

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 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Índex

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ	19
2.1. Introducció	20
2.2. Característiques de la sal gemma i de la potassa	21
2.2.1. Característiques de la sal	22
Antecedents de la sal	22
Caracterització fisicoquímica de la sal	23
2.2.2. Característiques de la potassa	23
Antecedents de la potassa	23
Caracterització fisicoquímica de la potassa	25
2.2.3. Dissolució relativa entre els diferents minerals salins	25
Dissolucions de les sals segons Joaquín del Valle	25
Experiències de dissolucions al laboratori	26
Distribucions d'aigües salades a la Catalunya central	28
2.3. Mineralogia	35
2.4. Gènesi estratigràfica	39
2.5. Altres jaciments salins	42
2.6. Aplicacions dels minerals salins	45
La sal	45
La potassa	47
2.7. Explotacions potàssiques	49
2.7.1. Arreu del món	50
2.7.2. A la Península i al Bages	51
2.7.3. Explotacions de potassa a Cardona	53

2.1. Introducció

La vall Salada de Cardona està situada en el marge dret del riu Cardener (vegeu la figura núm. 2), sota el castell de Cardona. El primer que sobresurt d'aquesta vall és que bona part dels seus vessants estan formats per sals clorades i potàssiques, fàcilment detectables pel gust; les seves anàlisis demostren la presència de clorurs, sodi, potassi i magnesi, entre altres elements minoritaris. Malgrat l'aflorament de materials salins, la vall Salada està entapissada per una vegetació pròpia de la zona i d'ambient salins (vegeu Vendrell 2001).

Endinsant-nos per la vall, en direcció oest, observem que estem sobre un anticlinal no simètric pels cabussaments dels seus vessants, entre 30 ° i 50 ° al nord i 70 ° al sud (vegeu figura núm. 3). En l'extrem oest aflora el diapir salí conegut com a Muntanya de Sal o Muntanya Roja. En aquest indret i en la seva perifèria és on s'observen majoritàriament les morfologies típiques càrstiques. En aquestes geomorfologies de dissolució sobresurt principalment la bòfia Gran, situada a l'extrem oest del plegament en forma de dom salí. A la capçalera de la vall hi ha una surgència d'aigua que, passant a través de la Muntanya de Sal, surt pel forat Micó i pocs metres avall torna a desaparèixer. De fet, dins la vall hi ha dues subvalls, i al mig queda el turó de Sant Onofre. (Les característiques geològiques i hidrogeològiques s'estudien al capítol 3).

Més detalladament, cap a l'interior de les galeries es troben tota una classe de minerals sedimentaris, característics dels jaciments salins.

De fet, el que també impressiona negativament en aquesta vall són els amuntegaments de materials salins resultants de la separació del mineral aprofitable de la ganga que s'ha fet al llarg de la vida de la mina i les seves fàbriques d'enriquiment.



Figura núm. 2. Sota el castell de Cardona hi ha la vall Salada. A segon terme es troba la Coromina, amb la planta de tractament de la sal

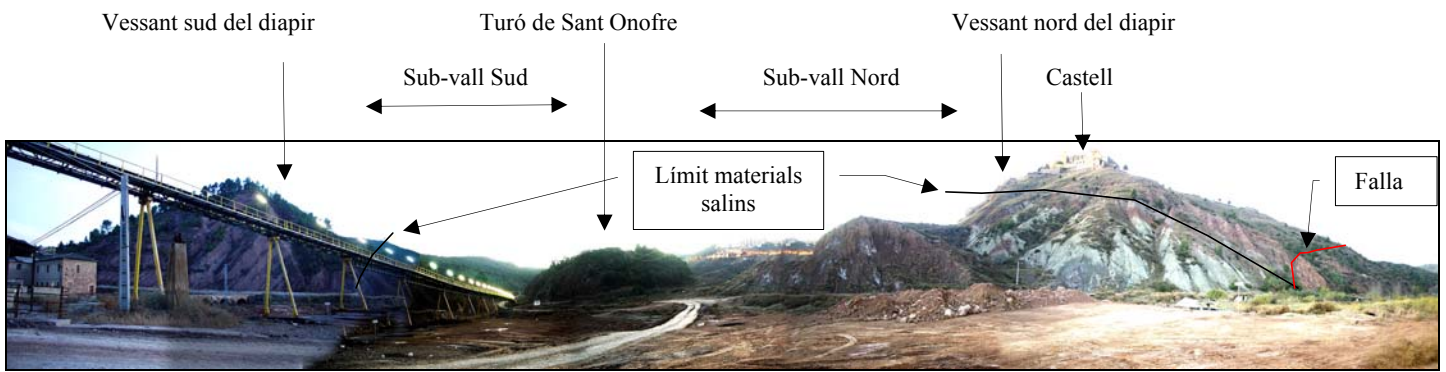


Figura núm. 3. Vista general de la vall Salada al mig del sinclinal

2.2. Característiques de la sal gemma i de la potassa

La sal gemma està formada per clorur de sodi i és coneguda com a *sal comuna* o *sal*, i mineralògicament com a *halita*; també és coneguda com a *sal de roca* i, des del punt de vista del seu origen, com a *sal de mina*, *sal de dissolució*, *sal d'evaporació*, *sal vacuum*, *sal marina*, *sal de font*, etc. Continuant amb la descripció que fa la *Gran enciclopèdia catalana* de la sal gemma, diu que és incolora, tot i que, a causa de les impureses que conté, pot presentar-se lleugerament colorada. Té un esclat de vidre i és transparent o translúcida. La seva densitat és de 2,164, i la duresa, de 2,5.

La potassa és un nom que es dóna genèricament a diversos minerals que contenen KCl, com la carnal·lita, la caïnita, la silvina, la silvinita, etc. Encara que aquesta definició, segons la *Gran enciclopèdia catalana*, és relativa al món de ciències de la Terra, el nom de *potassa* també és reconegut com la part dels adobs agrícoles que tenen relació amb l'element químic potassi. De totes maneres, tant un significat com l'altre tenen el mateix denominador comú, que és l'origen.

Des d'un punt de vista fisicoquímic, els tres elements químics per excel·lència que dominen el jaciment de Cardona són el clor i el sodi, que componen la sal comuna, i el clor, que entra igual que el potassi en la composició de les sals potàssiques (vegeu més endavant, en l'apartat 2.2, els minerals majoritaris que s'hi troben). Les característiques del clor, el sodi i el potassi es poden veure a la taula núm. 2 següent.

	CLOR	SODI	POTASSI
Símbol químic	Cl	Na	K
Estat natural	gas	sòlid	sòlid
Configuració electrònica externa	(1 0)3s ² p ⁵	(10)3s ¹	(18)4s ¹
Nombre atòmic	17	11	19
Pes atòmic	35,45	22,99	39,10
Radi de l'àtom [Å]	0,99	1,90	2,02
Radi de l'ió [Å]	1,81	0,97	1,33
Potencial ionització [ev]	13,01	5,14	4,34
Densitat (a 20 °C) [gr / cm ³]	1,557*	0,971	0,862
Solubilitat (a 20 °C) [gr/cm ³]	0,732	-	-
Punt de fusió	- 102	98	63,5
Punt d'ebullició	- 33,7	882,9	757,5
Calor específica [cal/°C . gr]	-	0,293	0,18

* Clor líquid

Taula núm. 2. Característiques fisicoquímiques del clor, el sodi i el potassi (IGME 1997)

A continuació es desenvolupen els dos minerals més comuns i més significatius de la vall per separat.

2.2.1. Característiques de la sal

Antecedents de la sal

El nom *sal* prové de la mateixa paraula llatina, la qual té l'origen en el grec *hals*, que vol dir "del mar". El nom *halita* té la mateixa etimologia.

L'origen de la importància de la sal per a les persones segurament té relació amb el gust saborós que resulta de la incorporació en petites dosis al menjar, així com amb la conservació d'aliments en altes dosis, com per exemple el *garum* del fenicis, grecs i cartaginesos.

La utilització de la sal es documenta gràficament des de l'any 2000 aC (vegeu taula núm. 3), quan l'emperador xinès Yu disposava que tota la sal per al consum de la cort imperial procedís de la província actual de Pequín. També a la mateixa Xina s'han trobat pous excavats de centenars de metres que tenien relació amb la captació d'aigües salades.

A Cardona, a la mateixa vall Salada s'han trobat restes arqueològiques datades del neolític, segurament relacionades amb l'aprofitament de la sal.

Més tard, durant la dominació romana, la sal va ser emprada en el bescanvi; de fet encara avui dia es troben caravanes als Andes peruans de llames carregades de sal que és intercanviada per altres comestibles a centenars de quilòmetres de distància.

També es troba la mateixa etimologia en la paraula *salari*, que prové del *salarium argentum* o pagament amb sal a les legions. Arqueològicament s'han trobat conreus miners al costat de la mar Morta anteriors a l'edat del bronze. A Àustria, a la mina de sal de Hallstatt, Salzburg, hi ha restes humanes momificades datades a l'edat del ferro (1.400 anys aC).

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Activitat salinera/ Segles	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20											
Edicte de l'emperador xinès Yu	X																																																			
Persones momificades en mines de sal de Hallstat, Salzburg					X																																															
Pous xinesos molt profunds per sal																	X																																			
Evaporació solar pels Miyes																			X	X	X	X	X																													
Restricció de la lliure explotació de sal pels reis cristians d'Espanya																																																				
Alfonso XII: salines propietat dels reis de Castella i Lleó																																																				
Corts d'Aragó recauden impostos per venda de sal																																																				
Explotació de mines subterrànies de sal en Ucrania																																																				
Inundació d'un pou mar de salmores a Saltville (Virginia)																																																				
Traveses oceàniques a Amèrica, Àfrica y Oceania, gràcies a la sal																																																				
Després del reinat de Isabel II es liberalitza les mines de sal de l'Estat																																																				
Desenvolupament de la indústria química i demanda del NaCl																																																				

Taula núm. 3. Utilització de la sal al llarg de la història (extret de ITGME 1997)

Caracterització fisicoquímica de la sal

La sal com a clorur sòdic (ClNa) és una sal neutra que conté un 39,3 % de sodi i un 60,7 % de clor. Es presenta com una substància de color blanc a gris, translúcida o transparent, densa ($2,19 \text{ g/cm}^3$) i fràgil. Es fon a $801 \text{ }^\circ\text{C}$ i bull a $1.440 \text{ }^\circ\text{C}$.

Es dissol bé en aigua ($26,4 \text{ g/100 g de H}_2\text{O}$) i dóna solucions amb ions de Cl^- i Na^+ hidratats (rodejats per les molècules de H_2O).

Per a l'estimació del grau de concentració en sal d'una salmorra s'utilitza habitualment l'areòmetre calibrat en graus Baumé. (Per a processos de precipitació de clorur sòdic a partir de solucions concentrades naturals, l'equivalència sol ser de $25\text{-}27 \text{ }^\circ$ Baumé igual al 97 % de NaCl i 0,2 % de MgCl_2).

2.2.2. Característiques de la potassa

Antecedents de la potassa

Encara que s'ha comprovat l'existència de sals potàssiques (en forma de salitre o nitrat potàssic, KNO_3) en vidres del segle XVII aC a Mesopotàmia o del segle XVI aC a Egipte, així com per a la preparació de pólvora negra a la Xina, no és fins al segle XIX que es descriuen procediments per obtenir potassa a partir de la calcinació de vegetals en recipients (*pot*, en anglès i alemany), per obtenir cendres (*ash* o *asche* en anglès i alemany). Aquesta potassa, *potash* o *pottasch*, s'ha utilitzat per a l'adobament de pells, en l'elaboració del vi com a tàrtar potàssic ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{HK}$) i en la fabricació del sabó i vidre.

La potassa com a mineral extret de la mineria va començar, a la segona meitat del segle XIX, a Stassfurt (Alemanya). Allà, a partir dels materials de runams de sal, el químic Justus von Liebig

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

va demostrar que la barreja de restes d'halita, sals potàssiques i magnèsiques es podia utilitzar com a adob en l'agricultura. Posteriorment es van explotar per a adob la carnal·lita ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$), encara que pel seu contingut de verí per a les plantes, com és el magnesi, es va provar també l'escassa caïnita. D'aquesta manera, a la regió d'Stassfurt el 1864 ja hi havia 14 mines i dues plantes de tractament. (Vegeu la taula núm. 4).

	1850	1870	1890	1910	1930	1950	1970	1990	2010
Primers tractaments de la carnal·lita dels runams de sal de Stassfurt		1861							
Dues fàbriques de potassa per al tractament de Carnal·lita a Alemanya		1862							
Descobriments del jaciment de potasses a Alsàcia (França)				1904					
Dufrénoy indica indicis de polihalita a Cardona				1910					
Indicis de potassa en una mina de sal a Sùria				1912					
Sondeigs d'investigació i obertura del Pou I a Sùria				1918					
Sondeig d'investigació de la concessió Enrique a Sallent				1918					
Explotació de carnal·lita per Minas de Potasas de Sùria, S.A.					1925				
Preparació d'una explotació de potassa a Cardona per Unión Española de Explosivos S.A.					1929				
Comença l'extracció de potasses a Cardona					1931				
Comença l'explotació del jaciment de potasses de Sallent					1932				
Comença el tractament de silvinita en comptes de carnal·lita a Sùria					1935				
Comença l'explotació a Balsareny per Potasas Ibéricas S.A.						1948			
Construcció del Pou II i el Pou III del Grup Cabanases a Sùria						1954			
Començament de l'extracció de silvinita del grup Cabanases a Sùria							1960		
Construcció del Pou IV en el grup Sùria							1966		
El grup ERCROS S.A. es fa càrrec de l'explotació de Cardona								1989	
El grup INI es fa càrrec de Suria K, S.A.								1990	
Es tanca la producció potàssica a l'explotació de Cardona								1991	
Comença l'explotació subterrània de clorur sòdic a Cardona								1993	
Inauguració del túnel per desviament del riu Cardener									2000
S'aprova el projecte de recuperació de la vall Salada en 3 anys									2001

Taula núm. 4. Evolució de l'explotació de la potassa des del començament a Alemanya fins als darrers anys a Cardona (extret de IGME 1997)

Caracterització fisicoquímica de la potassa

El clorur potàssic (KCl), com el sodi, és un halur alcalí. La seva densitat és d'1,98 g/cm³ i els seus punts de fusió i d'ebullició se situen, respectivament, a 768 °C i 1,411 °C. És una mica menys soluble en aigua (25,5 g / 100 g de H₂O) que en el clorur sòdic. (Vegeu l'apartat següent, relatiu a les dissolucions dels minerals).

2.2.3. Dissolució relativa entre els diferents minerals salins

En relació amb la dissolució de l'halita, la silvinita i la carnal·lita, s'han de considerar una sèrie de relacions entre aquests minerals molt importants pel que fa al seu comportament hidrogeològic. Per una banda, hi ha les manifestacions de Joaquín del Valle, i per altra banda, hi ha les experiències fetes al laboratori del Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals amb resultats no del tot iguals. També es poden altres característiques dels mineral salins en Bradshaw et al. (1968).

Dissolucions de les sals segons Joaquín del Valle

Seguint les experiències manifestades per Joaquín del Valle (1999), amb motiu dels estudis que es van realitzar per preparar el projecte d'inundació de la mina Enrique a Sallent, es pot resumir el següent:

Halita

- L'halita internament és impermeable i no està afectada normalment per diàclasis que originin una porositat secundària.
- La dissolució de l'halita només pot tenir lloc per la seva superfície externa, per la qual cosa el procés és relativament lent. Aquesta pot ser la causa que a la vall Salada l'halita sobresurti morfològicament a manera de sal de mur als relleus de Sant Onofre i la mateixa Muntanya de Sal, mentre que la sal de sostre té un paper més preponderant en la morfologia dels talussos que rodegen l'esmentada vall.

Silvinita

- Quan en les sals sòdiques també hi ha sals potàssiques i magnèsiques, es complica el procés de dissolució en forma de dissolució diferencial. Principalment això passa en la carnal·lita.
- Si es tracta de la silvinita, sigui primària o transformada, l'aigua dissol preferentment el ClK, i queda una massa, inicialment porosa i permeable d'halita, que posteriorment, per efecte de la pressió intergranular, es consolida i perd així la porositat. Altres vegades també pot recristal·litzar i originar el mateix efecte impermeabilitzant.
- Aquesta halita (transformada de la silvinita) pot impedir l'accés de l'aigua fins a la resta de la silvinita, amb la qual cosa la continuació del procés pot ser similar al de l'halita massiva.

Carnal·lita

- Si es tracta de carnal·lita, el procés encara és més complex, ja que sis molècules d'aigua són alliberades quan es dissol, i d'aquesta manera augmenta el volum de la salmorra.

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

- Per aquest motiu, un metre cúbic d'aigua, o de salmorra no saturada, en clorur magnèsic es converteix com a mínim en 1,9 metres cúbics de salmorra.
- Si la salmorra acumulada pot emigrar, el procés continua.
- En una primera fase es dissol el Cl_2Mg , i el ClK i el ClNa queden en forma de silvinita "transformada", que és porosa. La continuació del procés és la dissolució de la silvinita, de la qual cosa resulta un residu d'halita, com s'ha esmentat anteriorment.

Joaquín del Valle va experimentar que un m^3 d'aigua dolça ataca $1,56 \text{ m}^3$ de carnal·lita i es produeixen $2,21 \text{ m}^3$ de salmorra saturada i $0,46 \text{ m}^3$ de sòlids. L'aigua evacua $1,10 \text{ m}^3$ de roca dissolta, de manera que, si se suma la salmorra originada als sòlids que queden, resulta que en l'operació es passa d'un volum de $2,56 \text{ m}^3$ a $2,67 \text{ m}^3$, amb un augment del 4,3 %.

Si s'utilitza una salmorra saturada en sal comuna (que pot representar el cas de l'aigua infiltrada a través de l'halita porosa de transformació), s'observa que un metre cúbic de salmorra saturada en ClNa ataca $1,344 \text{ m}^3$ de carnal·lita, cosa que origina $1,9 \text{ m}^3$ de salmorra de carnal·lita i $0,547 \text{ m}^3$ de sòlids. Es passa de $2,344 \text{ m}^3$ a $2,447 \text{ m}^3$, amb un augment similar (4,4 %) de volum. Aquest augment de pressió facilita l'evacuació de la salmorra al freàtic.

De fet, l'experiència demostra que aquest procés no es prolonga indefinidament, ja que s'arriba a un equilibri, si no es trenca per l'activitat humana. És possible que la paralització del procés sigui pel fet que, en la transformació final de la carnal·lita en halita, es pugui originar una escorça protectora que eviti la comunicació de les salmorres amb la carnal·lita.

Experiències de dissolucions al laboratori

Al laboratori del Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals s'han realitzat les experiències següents:

- a) S'han agafat mostres dels minerals carnal·lita, silvinita, halita, els llots o fangs que es dipositen a l'interior de la mina Las Salinas i la salmorra que s'extreu de la rampa de Sant Onofre (fons de mina). La finalitat de l'experiència és de veure com pot ésser el bescanvi iònic entre la salmorra que arriba al fons de la mina i els altres productes salins que hi ha en aquell entorn. Per això s'han dissolt els diferents sòlids d'allà amb la salmorra, tot deixant-los en repòs durant tres dies. Posteriorment s'han analitzat, amb els valors següents (vegeu figura núm. 4):

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

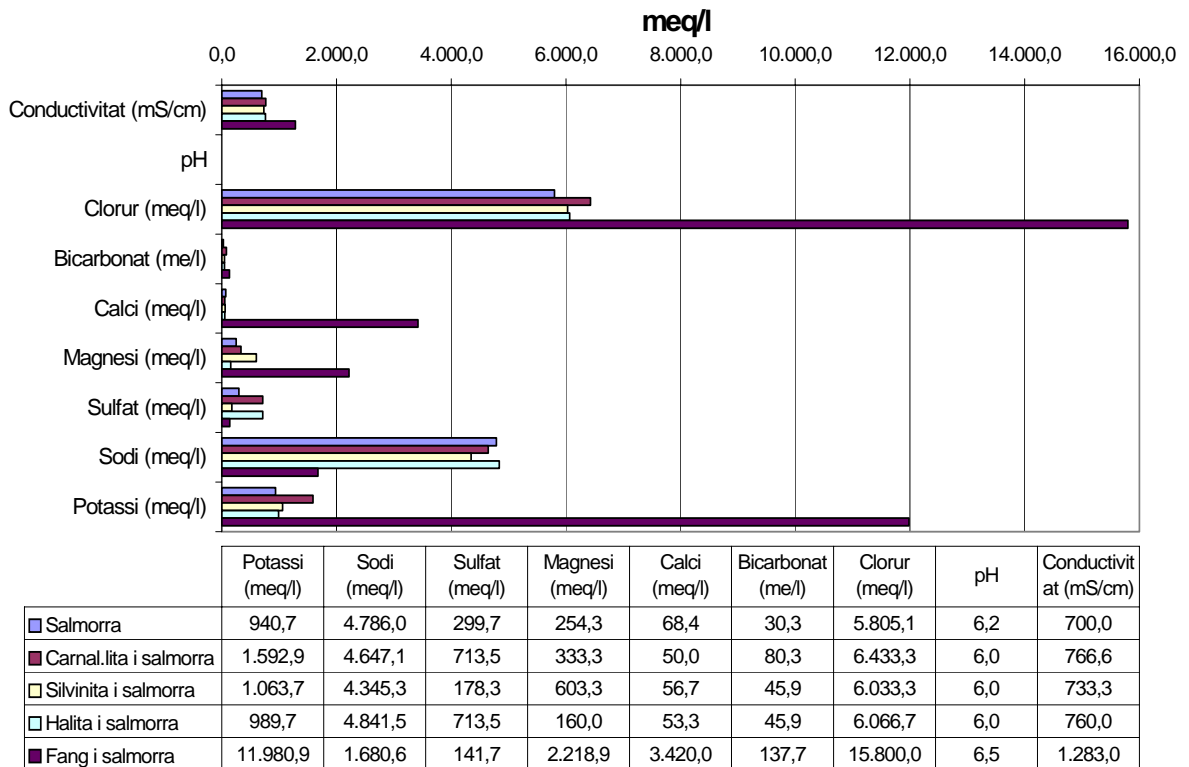


Figura núm. 4. Paràmetres majoritaris resultants del bescanvi produït entre la salmorra i els diferents materials salins que es troben en la vall Salada. Els fangs acumulats són els que donen valors més alts en clorurs i en potassi

A fi de comprovar les experiències d'atac químic de la salmorra a la carnal.lita, realitzada per Joaquín del Valle, es va intentar reproduir-la en el laboratori, per això es va barrejar carnal.lita granulada amb salmorra amb un volum determinat. Aquesta experiència no va tenir èxit ja que es va intentar fer l'experiment de varies formes amb diferents aparells per tal d'obtenir la màxima precisió possible per tal d'observar l'augment de volum que tenia d'originar la dissolució de la carnal.lita. L'experiència no va funcionar (vegeu figura núm. 5) ja que possiblement el poder de l'evaporació de l'aigua al recipient era major que no pas els desprendiments de les 6 molècules d'aigua que la carnal.lita podria aportar a la solució. S'ha repetit l'experiència substituint el granulat de carnal.lita per un dissolució. En aquest cas no hi hagut cap variació de volum.

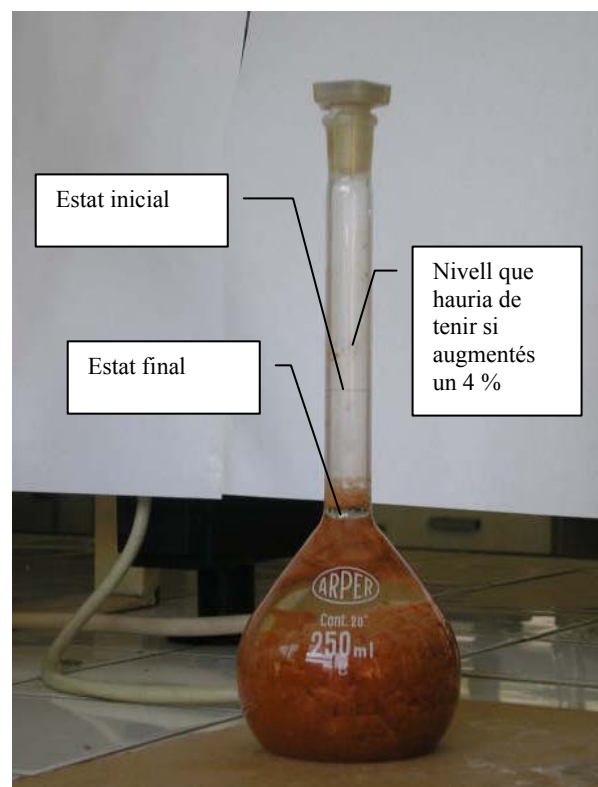


Figura núm. 5. Resultat visual de l'experiència per la determinació de canvi volumètric en la dissolució de la carnal.lita amb salmorra. En principi l'objectiu era comprovar que al cap d'un temps s'observés un augment de volum d'un 4.4% aproximadament (segons Joaquín del Valle 1999). El que va passar va ser just el contrari, s'observa una disminució del volum possiblement a causa de l'evaporació.

- b) Una altra experiència que s'ha fet, ha consistit a veure el poder de dissolució volumètrica de mostres de minerals de carnal.lita, halita i silvinita amb salmorra al cap de tres dies (vegeu figura núm. 6). Ha resultat que la mostra de mineral de silvinita no en queda res, s'ha dissolt completament. El mineral halita a disminuït casi el doble del seu volum inicial i el mineral carnal.lita a disminuït casi $\frac{3}{4}$ del volum inicial.

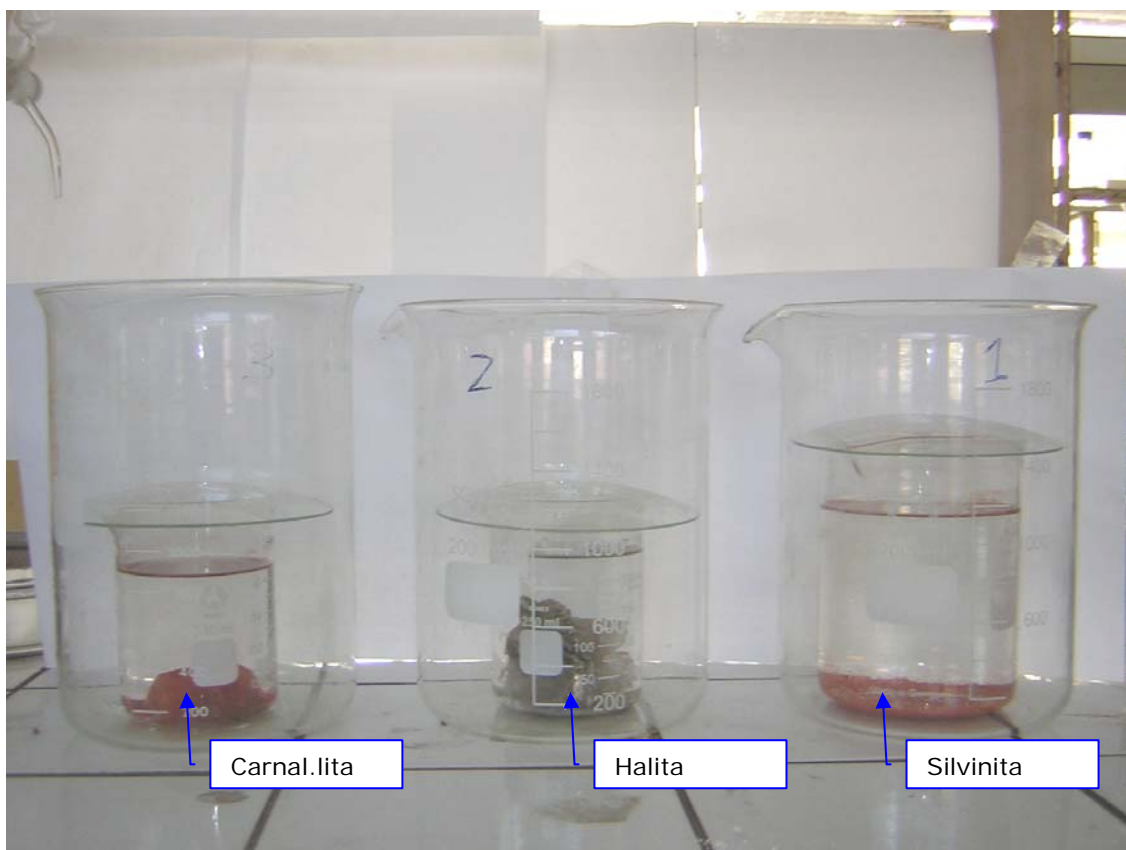


Figura núm. 6. La carnal.lita no s'ha diluït per cap cara preferent; s'ha diluït uniformement igual per tot arreu. En canvi l'halita a tingut més tendència a diluir-se per una cara. La silvinita s'ha diluït tota, uniformement i ràpidament.

Distribucions d'aigües salades a la Catalunya central

Es considera adient adjuntar les localitzacions d'altres surgències d'aigües salades a la Catalunya central, a més de les de l'entorn de Cardona (vegeu taula núm. 5). Així mateix, s'han grafiat els punts de l'inventari segons els seus orígens: natural, miner o altres (vegeu les figures núm. 6, 8 i 9).

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Taula núm. 5. Resum dels 79 punts d'aigua salada

Núm	Tipus	Toponímia	Municipi	Cond. (µS/cm)	Cota	Nivell	Total	MAPA	Coordenades X/Y
1001	2	Torrent forat Micó	Cardona	196.500		414	414	277-101	390303/4640150
1003	2	Pou Cal Mujal	Cardona	1.300	590	-4,5	585,5	277-101	387500/4639500
1004	2	Font Bòfia sota camí mina	Cardona	297.000		426	426	277-101	390590/4640622
1005	2	Font dels Fangars	Cardona	3.440		436	436	277-101	390721/4640931
1006	2	Pou font del Guix	Cardona	1.470	550	-1,23	548,7	277-101	388350/4638825
1007	1	Torrent Las Salinas	Cardona	166.800		445	445	278-101	391470/4640650
1008	2	Font Calda	Cardona	1.930		445	445	278-101	391000/4641620
1009	2	Font de la Pinsota	Cardona	1.289		450	450	278-101	390975/4641175
1010	2	Pou Bulsegura	Cardona	1.575	577	-3,6	573,4	277-101	389240/4639675
1012	3	Surgència Sant Onofre	Cardona	127.000		392	392	277-101	390406/4640240
1014	2	Mina Mare de la Font	Cardona	990		500	500	277-101	389525/4640875
1016	2	Rierol Cal Bocanegra	Cardona	905		448	448	277-100	389400/4642350
1019	2	Font del Notari	Cardona	920		455	455	277-101	389700/4641360
1023	2	Toll Tresserres	Cardona	1.163		580	580	277-102	390500/4638750
1024	2	Font de la Piona	Cardona	14.500		421	421	277-101	390664/4640682
1025	2	Font zona sota castell	Cardona	3.300		393	393	277-101	391175/4640943
1026	3	Bassa muntanya sal	Cardona	564.000		407	407	277-101	396347/4631215
1028	2	Font de la Bòfia	Cardona	535.000		443	443	277-101	390114/4640070
1033	1	Bassa sota runam nou	Cardona	120.000		389	389	278-101	391282/4640857
1038	2	Pou Vinya de l'Andreu	Cardona	3.900	460	-5	455	277-100	391500/4643100
1048	2	Font de la carretera 2	Cardona	4.560		401	401	278-101	391410/4641125
2002	2	Surgència Pla Hortes	Súria	586		350	350	279-105	396695/4631065
2003	3	Font de Sal / Trist	Súria	109.300		286	286	279-104	396125/4632950
2004	1	Pou Salat a Riera d'Hortons	Súria	123.700	297	-4,1	293,5	279-104	396178/4633105
2005	1	Pou Cases Noves	Súria	1.529	294	-4,5	289,5	279-105	397104/4631992
2006	3	P. Reguant Casa Camp	Súria	1.638	286	-5	281	279-105	407576/4633133
2011	2	Pou Cal Jover	Súria	1.042	293	-4,7	288,3	279-105	395076/4632143
2013	1	Font Fusteret (de la Serra)	Súria	249.000		295	295	279-105	397596/4630724
2015	1	Font C-55	Súria	1.443		266,6	266,6	279-105	397352/4630017
3001	1	Pou Casa l'Illa	Sallent	99.100	260	-5	255	282-106	408850/4629375
3002	1	Pou Mas Martorell	Sallent	891	320	-1,53	318,47	282-106	406743/4627882
3003	1	Pou Casa Mujal	Sallent	2.100	260	-1,18	258,82	282-106	408390/4627860
3004	1	Pou Coll St. Ponç	Sallent	1.903	307	-10	297	282-107	407110/4626595
3005	3	Font de la Torra	Sallent	2.030		280	280	282-105	406863/4631904
3006	1	Pou Pal 1	Sallent	5.520	276	-2,5	273,5	282-105	407811/4631789

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Núm.	Tipus	Toponímia	Municipi	Cond. (µS/cm)	Cota	Nivell	Total	MAPA	Coordenades X/Y
3007	1	Pou Pal 2	Sallent	17.250	276	-4	272	282-105	407734/4631834
3008	3	Font del Sastre	Sallent	1.758		255	255	282-104	404442/4626134
3009	1	Font de l'Alou	Sallent	1.503		301	301	282-104	407534/4633844
3010	1	Pou Triangular	Sallent	5.100	273,4	-2,34	271	282-105	407927/4631556
3011	1	Pou nº 2	Sallent	3.410	274,1	-2,82	271,3	282-105	407924/4631536
3012	1	Pou nº 3	Sallent	4.250	273,5	-3	270,5	282-105	407931/4631586
3014	1	Torrent Soldevila	Sallent	107.400		322	322	282-105	406636/4629863
3015	1	Soldevila dar. bassa	Sallent	2.960		331	331	282-105	406258/4630047
3016	1	Tor. costat Pou mina	Sallent	12.310		265	265	283-105	408842/4630516
3017	1	Surgència de l'Illa	Sallent	125.000		260	260	283-106	408776/4629701
3018	2	Pou de l'Oliva de Cabrianes	Sallent	1.750	249	-20	229	283-107	410090/4627126
4000	2	Riera Salada de l'Abadal	Avinyó	35.700		307	307	284-105	413647/4632264
4001	2	Pou Coromina	Avinyó	1.706	325	-3,45	321,55	285-103	415624/4635161
4002	2	Pou Cirerer	Avinyó	1.392	325	-11,1	313,9	285-103	416009/4634913
4003	2	Pou Salat	Avinyó	2.550	329	-4	325	285-103	416012/4635006
5000	1	Pou Casa l'Hortelà	Santpedor	2.470	288	-2,5	285,5	281-108	404780/4624785
5001	1	Pou drenatge municipal	Santpedor	14.900	317			281-107	403684/4626552
5002	1	Sorgència de Cal Lluçà	Santpedor	52.700		327	327	282-107	405096/4627775
5003	1	Pou Granja Periques	Santpedor	2.110	357	-15	342	281-107	403679/4627786
5004	1	Pou Granja Vall	Santpedor	2.500	330	-9,3	320,7	281-107	402778/4626560
5005	1	Pou Elèc. Pintó	Santpedor	2.540	321	-84	237	282-107	405214/4626045
5009	3	Pou Tints Singla	Santpedor	5.320	300	-40	260	282-107	394635/4624551
6000	1	Pou 1	Callús	1.426	244,1	-4,5	239,6	280-107	398754/4627139
6001	1	Pou 2	Callús	1.521	245	-4	241	280-107	398758/4626827
6002	1	Sorgència Horts Filosa	Callús	26.000		320	320	280-107	400460/4627455
6003	1	Pou sota Vallbona	Callús	3.200	375			280-107	400670/4627859
6007	1	Pou Cal Pasqual	Callús	1.750	358	-20	338	280-105	400702/4630259
7005	2	Molí Vell	Fonollosa	???10.900	465	-100	365	277-108	390515/4624451
7006	3	Molí de Boixeda	Fonollosa	???8.600-10.900	346	-25	321	278-108	388875/4624959
7007	3	Z. Vilaseca Serarols	Fonollosa	?8.600-10.900	562	-90	472	277-108	389731/4625763
7013	2	Cal Fadrí d'en Cinto (Cal Mateu)	Fonollosa	4.240	620			277-107	391184/4640780
7021	2	Pou les Garrigues	Fonollosa	1.408	550			277-107	388887/4625394
7022	2	Pou Turell	Fonollosa	1.881	580			277-107	388782/4624999
7023	2	Pou de la Vall	Fonollosa	1.591	562	-17	545	277-108	387252/4624104
8000	3	Vidrieres Costa	Sant Joan Vilatorrada	2.430	243	-4,5	238,5	280-108	400303/4623371

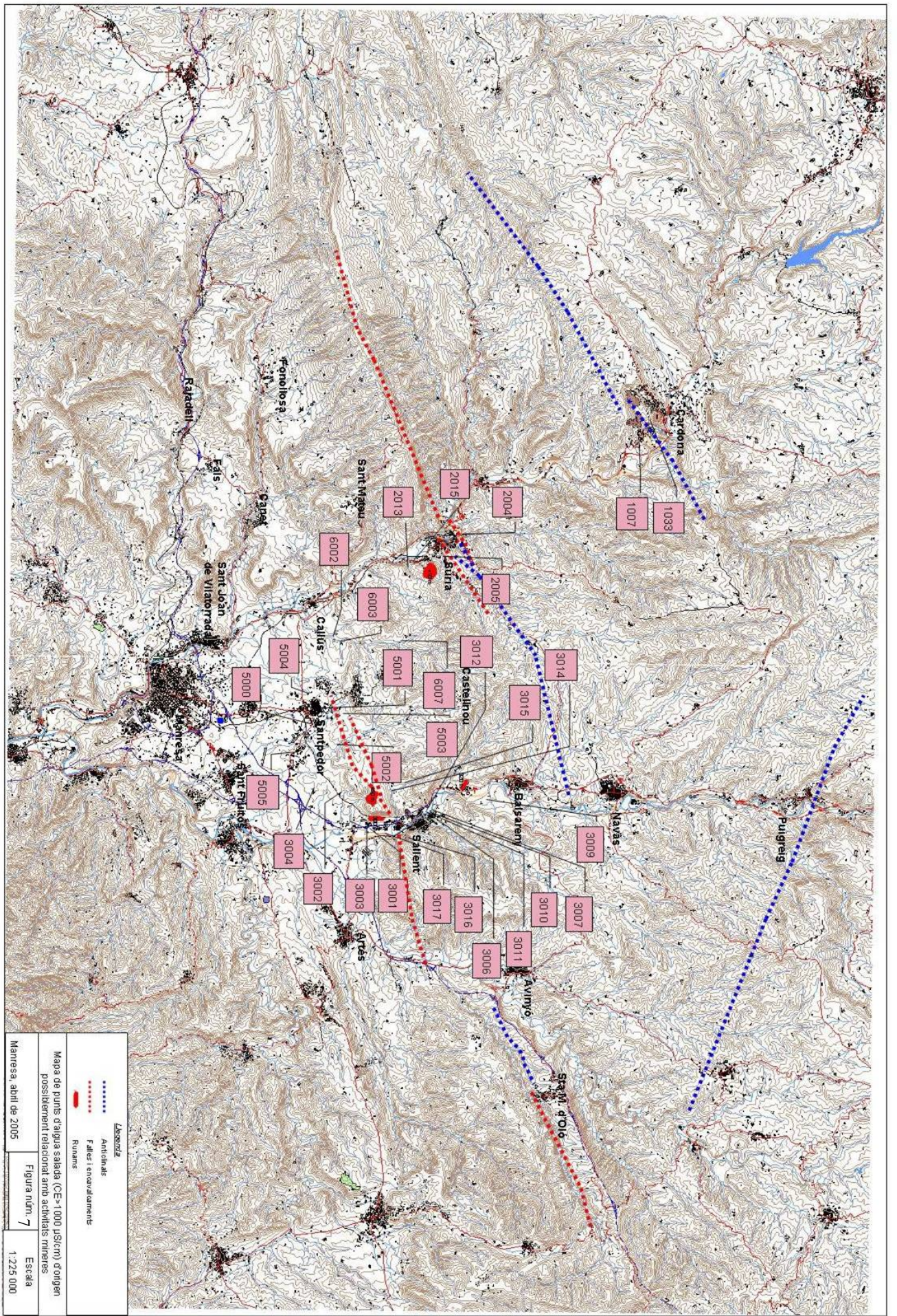
Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Núm.	Tipus	Toponímia	Municipi	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cota	Nivell	Total	MAPA	Coordenades X/Y
10000	2	Surgència Riera Cornet	Manresa	1.760		190	190	281-111	402373/4616170
10001	2	Pou Can Biosca	Manresa	102.000	260	-25	235	280-110	401454/4619108
11007	2	Pou Cal Dalmau	Rajadell	1.595	410	-8	402	278-109	392405/4622077
12000	2	Torrent salat	Oló	37.200		480	480	286-103	420250/4636205
13001	3	Pou Colomer	Artés	1.896	240			283-107	409176/4626068
13002	3	Pou Casanovas	Artés	1.799	278	-4	274	284-106	413546/4629519
14001	2	Font Cal Garges	Castellnou	1.278		380	380	280-104	399050/4633500
16002	2	Fontanet	Sant Mateu	1.750	445	-50	395	278-107	393938/4627555
16003	2	Pou Pratbarrina	Sant Mateu	1.114	710	-5,35	704,65	275-106	383862/4629540

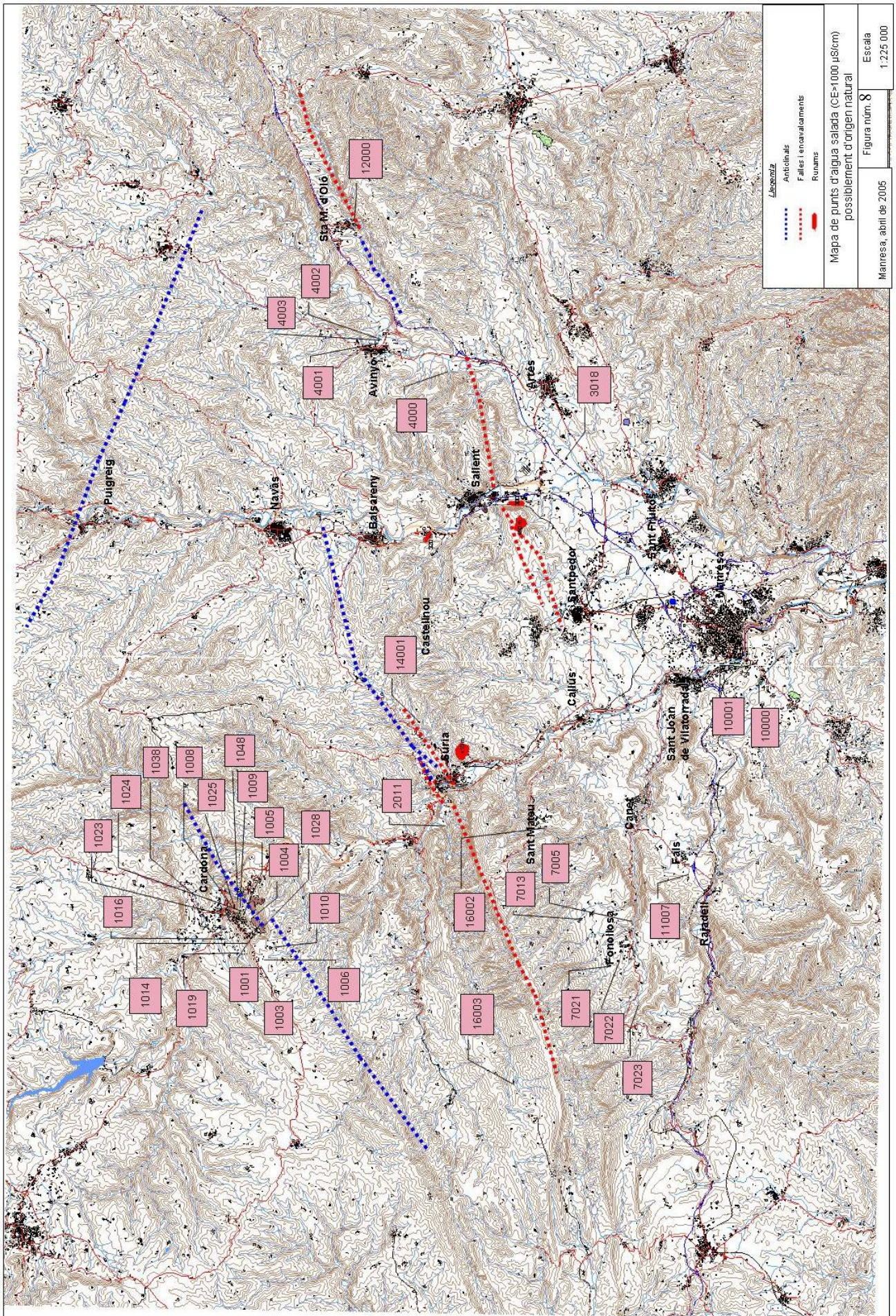
LLEGENDA

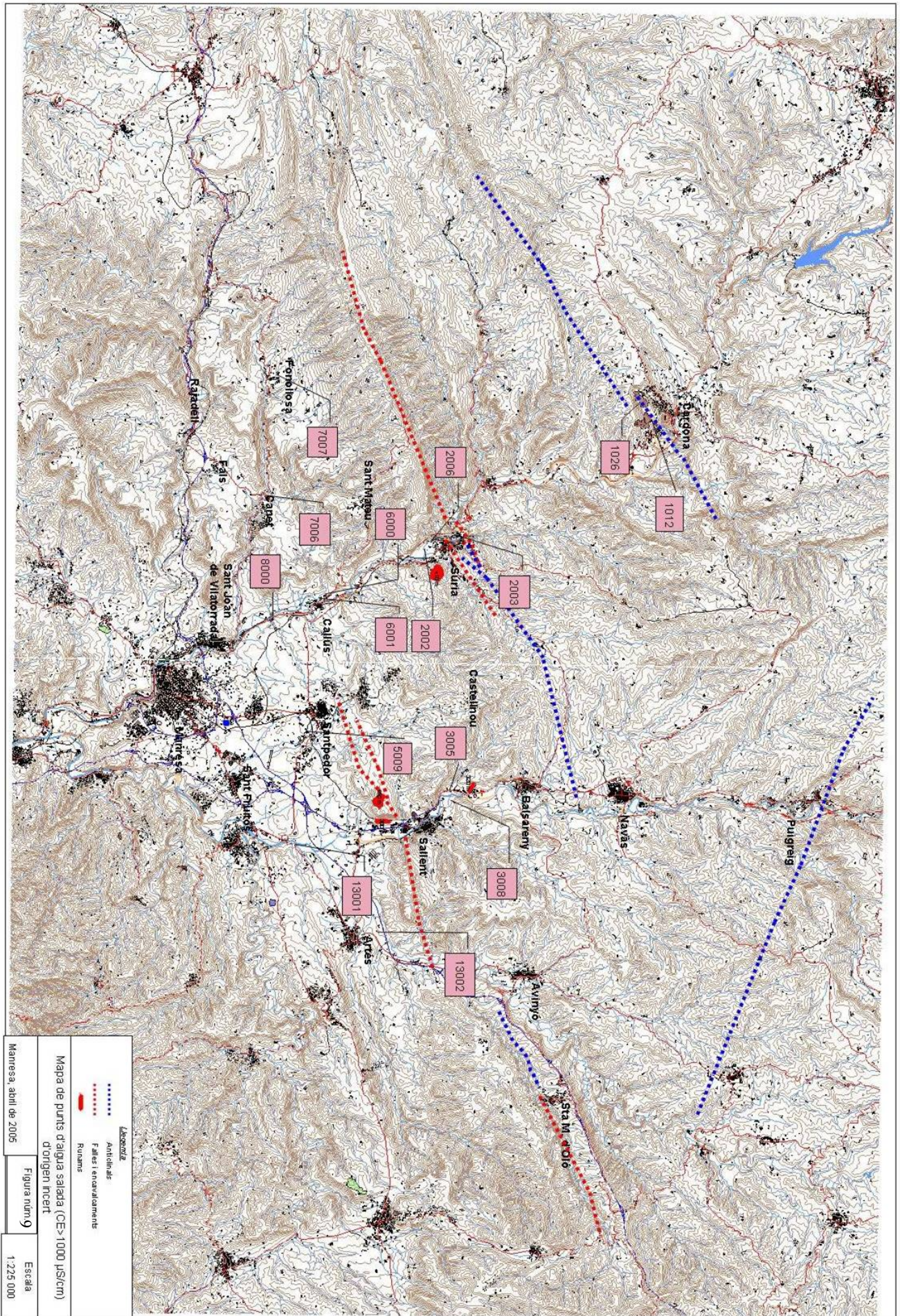
- 1 - Origen activitats mineres
- 2 - Origen natural
- 3 - Origen incert

Municipi	Numeració
Cardona	1--
Súria	2--
Sallent	3--
Avinyó	4--
Santpedor	5--
Callús	6--
Fonollosa	7--
Sant Joan Vilatorrada	8--
Sant Fruitós	9--
Manresa	10--
Rajadell	11--
Sta. M. d'Oló	12--
Artés	13--
Castellnou de Bages	14--
Balsareny	15--
Sant Mateu	16--
Salo	17--



Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ





2.3. Mineralogia

A Cardona, com a les explotacions de potassa del Bages i a les de la Península, s'explota per aprofitar la silvita i la silvinita (silvina més carnal·lita), encara que en els fronts de treball és inevitable l'obtenció conjunta d'una certa quantitat de carnal·lita i de sal gemma en forma d'halita. Per aquest motiu, a continuació es poden veure taules succintes dels minerals més corrents i que afecten més la hidrogeologia de la vall Salada.

HALITA

Fórmula química: **NaCl**

Composició: **39,34 % Na, 60,65 % Cl** (62,0 % Na = equivalent)

Sistema cristal·lí: Cúbic; cristalls d'exfoliació perfecta, agregats fibrosos o granulars i crostes

Densitat: De 2,1 a 2,6

Duresa: De 2 a 2,5

Ratlla: Blanca

Color: Incolor o de diversos colors segons el seu contingut en inclusions o impureses segons el següent:

<u>Coloracions</u>	<u>Possibles causes</u>
Transparent	Cristal·lització lenta; poques impureses
Blanca	Cristal·lització ràpida; poques impureses
Grisa	Impureses d'argila o anhidrita
Groga	Impureses d'hidròxid de ferro
Negra, negrosa	Intercalació de matèria orgànica
Taques grises	Inclusions líquides
Franges o punts blaus	Radiació β (isòtops de potassi o rubidi en la xarxa). (Vegeu la figura núm. 10)

Solubilitat: Molt soluble (vegeu l'experiència de laboratori). Higroscòpica, encara que molt menys que el KCl.

Paragènesi: Silvina, carnal·lita, anhidrita i guix. L'halita no dona barreges isomòrfiques ni amb la silvina, malgrat que els dos minerals cristal·litzin en el mateix sistema i el seus enllaços químics siguin similars.

Etimologia: Del grec, *hals* = "del mar" i *lithos* = "pedra".

Observacions: Luminescència roja; es reconeix a la flama pel color groc sòdic.

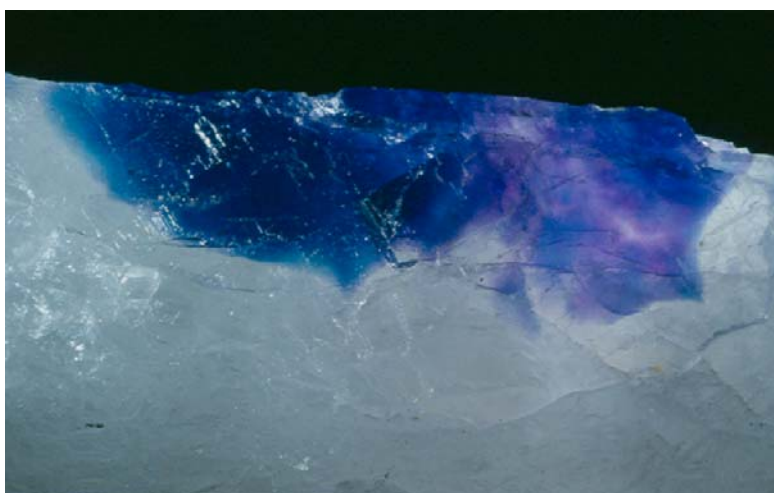


Figura núm. 10. El color normal de l'halita és transparent. Aquest exemplar de color blau és una mostra de museu (fotografia de Q. Sanz 1987)

SILVINA

Fórmula química:	KCl
Composició:	52,4 % K, 47,6 % Cl
Contingut equivalent en K ₂ O:	63,17 %
Sistema cristal·lí:	Cúbic; forma masses cristal·lines granulars, fibroses o terroses i crostes
Densitat:	1,99
Duresa:	2
Ratlla:	Blanca
Color:	Incolor, transparent, translúcid; quan té impureses llavors pot ser blanc, gris lletós, groguenc, vermellós, gris o blavós. (Vegeu la figura núm. --)
Brillantor:	Vítria
Solubilitat:	Soluble en aigua (vegeu l'experiència de laboratori). Higroscòpica
Paragènesi:	Halita, carnal·lita, kieserita i polihalita
Diferenciació:	Flama violeta (típica del K); sabor salat o una mica amarg, picant i fresc; es fon fàcilment a la flama.
Etimologia:	Al·ludeix a François Sylvius de la Bøe (1614-1672), de Leiden, el qual va utilitzar aquest mineral molt (<i>Sal digestivus Sylvii</i>) amb finalitats medicinals.
Observacions:	Mineral primari, encara que també s'admet la seva aparició per pèrdua de Mg de la carnal·lita. La barreja de silvinita i halita és el mineral SILVINITA (KCl + NaCl), important mena potàssica.



Figura núm. 11.
Silvina (fotografia de
Q. Sanz 1987)

CARNAL·LITA

Fórmula química:	KCl · MgCl₂ · 6H₂O Fórmula que representa sals dobles, isomòrfiques, amb substitució de MgCl ₂ per MgBr ₂ o de Mg per Fe i de K per Rb, Cs o NH ₃ ⁺
Composició:	26,9 % Cl, 34,2 % MgCl₂, 38,9 % H₂O
Contingut equivalent en K ₂ O:	19,95 %
Sistema cristal·lí:	Ròmbic holoèdric; hàbit massiu, granular, fibrós, rarament en cristalls
Fractura:	Concoide
Densitat:	1,6
Duresa:	2,5
Ratlla:	Blanca
Color:	Incolor o blanc, translúcid, moltes vegades rosat, vermellós o fins i tot vermell fosc; rarament groc vinós (per presència d'hematites)
Solubilitat:	Molt soluble i higroscòpica
Paragènesi:	Silvina, halita i anhidrita; la carnal·lita és amb freqüència roca encaixant d'altres menys potàssiques.
Diferenciació:	Sense exfoliació i fràgil; de color violeta a la flama; sabor amarg; deliqüescent.
Etimologia:	Descoberta a Stassfurt; en homenatge a Rudodlf von Carnall (1804-1847), intendent de mines d'aquella ciutat.
Observacions:	Mineral primari; el mineral barrejat amb halita en alguns llocs s'anomena CARNAL·LITITA (KCl · MgCl ₂ · 6H ₂ O + NaCl)



Figura núm. 12.
Carnal·lita (fotografia
de Q. Sanz 1987)

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Altres explotacions mundials, a més dels minerals esmentats, es beneficien de menes com langbeinita, caïnita o polihalita. A la taula núm.6 següent s'indiquen els percentatges equivalents en K, K₂O, KCl i K₂SO₄.

MINERALS	CONTINGUTS EQUIVALENTS (%)			
	K	K ₂ O	KCl	K ₂ SO ₄
POTÀSSICS				
SILVINA	52,44	63,17	100,00	-
GLASERITA	35,29	42,51	-	78,63
SILVINITA (SILVINA + CARNAL·LITA)	Variable	35 a 10	Variable	-
LANGBEINITA	18,84	22,69	-	41,99
CAÏNITA	15,71	19,26	29,94	-
CARNAL·LITA	14,07	16,95	26,83	-
POLIHALITA	12,97	15,62	-	28,90

Taula núm. 6. Relació de minerals potàssics i continguts en K, K₂O, KCl i K₂SO₂ (IGME, 1997)

2.4. Gènesi estratigràfica

En la formació original de la Terra hi estaven inclosos el sodi i el potassi. En la seva evolució i consegüent consolidació, els materials que formaven l'escorça (SiAl) estaven formats per materials silícics i alcalins. L'hidrotermalisme que va comportar aquests canvis també va originar pluges, amb la consegüent meteorització física i química de les primitives roques silicatades. A partir d'aquests moments ja hi va haver una remobilització de gairebé tot el sodi i de bona part del potassi que hi havia en aquelles primitives roques silicatades. Els processos hidrotermals relacionats amb el magmatisme terminal que van lixiviar el sodi i el potassi van ser mitjançant fluids i volàtils formats per clorurs, fluorurs i sulfats principalment.

L'abundància del sodi i potassi en la litosfera (SiAl) és elevada (juntament amb l'alumini forma el 12,7 %). En el SiMa els continguts disminueixen molt, segons analítiques de meteorits, d'acord amb la taula núm. 6 següent:

Element	Material	Abundància (g/t)
Sodi	Roques ígnies	28.300
	Meteorits	5.950
Potassi	Roques ígnies	25.900
	Meteorits	1.540

Taula núm. 7. Abundància de sodi i potassi en la litosfera (G. P. Merrill 1916)

Isotòpicament s'ha de considerar que del sodi és només estable l'isòtop amb pes atòmic 23 (els de pes atòmic 20, 21, 22, 24 i 25 són inestables), mentre que del potassi els isòtops estables són (vegeu la taula núm. 8):

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Pes atòmic isòtop potassi	39	40	41
Abundància relativa	93,38 %	0,012 %	6,61 %

Taula núm. 8. Isòtops del potassi (IGME 1997)

Els isòtops han estat utilitzats per diferent autors (Manzano et al. 2001, Otero i Soler 2001, 2002 i 2003, Vázquez-Suñé 2002 i Vitòria et al. 2001) a fi de quantificar l'origen miner i agrícola de la salinització de les aigües fluvials. Els isòtops més utilitzats són del carbó, l'hidrogen, l'oxigen, el nitrogen i principalment del sofre.

El resultat de la meteorització del sodi i el potassi en les roques ígnies i metamòrfiques és el trasllat d'aquests ions per dissolució, que o bé queden dissolts en la hidrosfera o es deposen en un medi sedimentari.

El sodi té un gran poder de dissolució i pràcticament té un alliberament complet dels materials silicats originaris. En canvi, pel que fa al potassi, el seu alliberament és més restringit i a la vegada també és més retingut pels minerals originals o de nova formació.

D'aquesta manera, l'evolució del contingut de potassi i sodi en l'aigua del mar ha evolucionat al llarg del temps, per la retenció dels ions en els sediments, més fàcil per al potassi que per al sodi. Així (vegeu la taula núm. 9):

Element	Precàmbric	Actual
Sodi	16,94 g/l	10,5 g/l
Potassi	15,83 g/l	0,38 g/l

Taula núm. 9. Contingut en sodi i potassi en l'aigua de mar al llarg del temps (ITGME 1997)

L'estratificació evaporítica, en la qual es dipositen per precipitació els compostos del sodi i el potassi, es fa d'acord amb les seves propietats geoquímiques. L'halita és el mineral freqüent en totes les evaporites; els dipòsits de sals potàssiques i magnèsiques són propis dels ambients marins, i els minerals de sulfat de sodi són propis dels ambients continentals.

L'ordre de sedimentació en un ambient salobre, deguda a una evaporació natural, depèn de la inversa de la seva solubilitat: comencen a dipositar-se els menys solubles. D'aquesta manera, en primer lloc es dipositen sals de calci i sodi (carbonats, sulfats i clorurs), i després sals de potassi i magnesi (clorurs i sulfats).

Malgrat la simplicitat teòrica, la precipitació mineral és complexa a causa de l'equilibri físicoquímic en les condicions naturals. Així, el sulfat càlcic precipita com a anhidrita (CaSO_4) i posteriorment com a guix ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) o a la inversa, pel que sembla segons la temperatura. El que sí que es creu que passa és que, quan s'ha evaporat el 9,5 % d'un volum d'aigua de mar, la major part del sulfat càlcic ha precipitat.

El clorur sòdic comença a precipitar conjuntament amb el sulfat càlcic a temperatures inferiors a 7° C, o conjuntament amb l'anhidrita si és per sobre d'aquesta temperatura, encara que també es poden trobar potents dipòsits de qualsevol d'aquests minerals sense la presència dels altres.

En general, es poden trobar les fàcies següents (vegeu la taula núm. 10):

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Fàcies de:	Característiques
Sulfat càlcic	Precipitació (a partir del 9,5 % de volum de l'aigua inicial) de guix o anhidrita, que concentra la majoria de calci dissolt.
Sals sòdiques	Típiques en ambients continentals, però també en conques marines. Està formada per l'associació de clorur sòdic, bicarbonat sòdic i sulfat sòdic.
Clorurades	Representades per l'halita. En fases finals per clorurs i altres sals potàssiques.
Potàssiques	Indicador que s'ha completat el cicle de precipitació de sals.

Taula núm. 10. Fàcies característiques dels precipitats evaporítics en conques marines (adaptació de l'ITGE 1997)

L'explicació de grans formacions evaporítics antigues en què es troben espessors d'algun miler de metres fins i tot en més d'un miler de quilòmetres (com és el jaciment del centre-nord d'Europa en l'àrea mediterrània, la conca evaporítica del Messinià, Miocè superior) pot tenir el següent model genètic (vegeu la taula núm. 11):

Etapa	Característiques
1. Formació d'una conca de drenatge en ambient desèrtic	Formació d'una conca, com un mar interior, separada de l'oceà per una barrera poc significativa. Ambient desèrtic, sense gaires precipitacions, i per tant sense gaires aportacions de sediments. Progressiu enfonsament relatiu del seu fons fins a algun centenar de metres.
2. Inundació marina	Aixecament del nivell del mar. Inundació completa de la conca. Sistema de flux i reflux amb l'oceà.
3. Descens del nivell de l'oceà	Lent descens del nivell del mar i augment local de la concentració marina. Es dipositen carbonats en aigües somes, guixos en les plataformes i talussos, i sal (també l'halita) en els litorals. Es trenca la connexió entre l'oceà i la conca. Descens més fort del nivell i redissolució de les evaporites formades anteriorment. Obtenció d'una densa salmorra en aigües profundes. Existència de subconques amb la corresponent producció de diferents seqüències sedimentàries.
4. Rebliment final i dessecació	Sedimentació de dipòsits salins. Recobriments per sediments continentals. Enfonsaments per les consegüents subsidències. Evolució cap a un nou cicle evaporític.

Taula núm. 11. Model genètic de les formacions evaporítics antigues (IGME 1997)

2.5. Altres jaciments salins

A la Terra es troben materials evaporítics als indrets que s'especifiquen a la figura núm. 13.

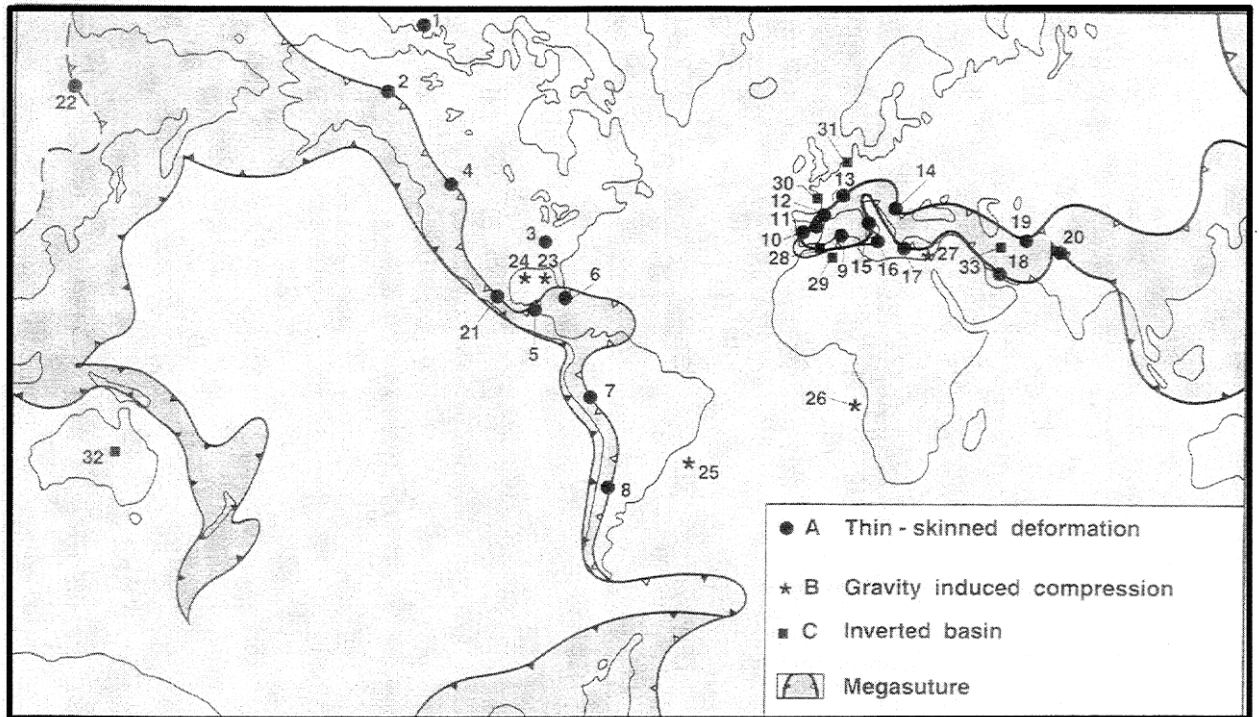


Figura núm. 13. Mapa de localització de deformacions compressives amb nivells d'evaporites, que normalment són de sal (extret de Sans M. 1999, i original de Letouzey et al. 1995)

Llegenda de la figura anterior

Descripció de les zones i dels indrets segons la figura anterior

A) Nivells de deformació en cinturons *fold-and-thrust* (cercles negres en la figura)

1. Parry Island (Canadà, Ordovicià);
2. Franklins (Canadà, Cambrià);
3. Apalatxes (EUA, Silurià);
4. Wyoming (EUA, Juràssic superior);
5. Guatemala (Juràssic mitjà o Cretaci);
6. Cuba (Juràssic mitjà);
7. Santiago (Perú, Permià);
8. Neuquén (Argentina, Juràssic-Cretaci);
9. Rift-Tell (Algèria, Marroc i Tunísia, Triàsic);
10. Bètica (Espanya, Triàsic);
11. Ibèrica (Espanya, Triàsic);
12. Pirineus (Espanya, Triàsic i Eocè-Oligocè; França, Triàsic);
13. Alps meridionals, Jura (França, Triàsic);
14. Carpats (Romania, Miocè inferior);
15. Apenins (Itàlia, Triàsic);
16. Messianià (Mediterrani oriental, Miocè superior);
17. Ridge mediterrani (Mediterrani oriental, Miocè superior);
18. Zagros (Iran, Infracambrià);
19. Tadjiks (CEI, Juràssic);
20. Salt Range (Pakistan, Infracambrià);
21. Sierra Madre Oriental (Mèxic, Juràssic);

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

22. Verkhojansk (CEI, Cretaci).

B) Sistemes de *gravity gliding* al peu de sistemes progradants (estrelles a la figura):

23. Mississipi Fan;
24. Perdido (golf de Mèxic, Juràssic mitjà);
25. Campos, Santos (Brasil, Cretaci inferior);
26. Àfrica occidental (Angola, Gabon, Cretaci inferior);
27. Delta del Nil (Mediterrani, Miocè superior).

C) Conques invertides intracratons (quadrats negres a la figura):

28. Atles (Algèria, Marroc, Tunísia, Triàsic);
29. Conca triàsica (Algèria, Triàsic);
30. Conca d'Aquitània (França, Triàsic);
31. Mar del Nord meridional (Permià);
32. Amadeus (Austràlia, Precambrià);
33. Iran central (Eocè-Miocè).

Els indrets amb materials evaporítics tectonitzats anteriors, juntament amb altres jaciments més recents, com les salines i similars, no tots donen geomorfologies o característiques hidrogeològiques com la que es troba a la vall Salada de Cardona, ja que hi falta l'altre element majoritari, l'aigua, en un nivell gairebé a flor de la superfície. Així, els processos de dissolució, juntament amb altres processos deformadors, com pot ser la pujada diapírica, poden modelar conductes càrstics diversos en l'espai i en el temps.

Altres indrets salins amb presència de conductes càrstics (F. Cardona i J. Viver, J. 2002) poden ser els que es troben a:

- Israel. Representat pel mont Sedom, que és una muntanya (-180 m) a manera d'altiplà d'11 km × 1,5 km al sud de la mar Morta (-410 m). Aquí també hi ha la presència d'un *cap rock* detrític de poc gruix, encara que també els marges del diapir salí afloren en el vessant de la mar Morta, la qual forma el nivell base del carst. Aquí, entre altres coves, es troba la cavitat en sal més llarga del món: és la Malham Cave, de 5.685 m. Com que les precipitacions són molt minses (de l'ordre dels 50 mm/any), és molt possible que aquestes cavitats es produïssin en altres temps més plujosos.
- Romania. Aquí s'han de diferenciar dues grans àrees salines: la zona subcarpàtica, amb una extensió de 90 km², i la zona de Podisul Transilvaniei, de 60 km². A la primera zona es troba el Plateau de Mededic, amb una cavitat de 3.232 m de desenvolupament. En aquesta regió també hi ha una problemàtica de bòfies, enfonsaments, així com carstificacions originades per activitat minera.
- L'Iran. A la zona del desert de Laristan, al SE de la serralada dels monts Zagros, i a causa de la pressió tectònica que dona lloc al contacte entre les plaques Eurasiàtica i Aràbiga, hi ha nombrosos afloraments de sal que poden arribar als 20 km de diàmetre. Tant és així que en alguns indrets la sal flueix a l'exterior en forma de glaceres de sal.
- Algèria. Al Magreb es troben muntanyes de sal que allà s'anomenen *rochers de sel*, com és el d'El-Djelfa, d'1,5 km de diàmetre, el de Metlili, de 0,5 km de diàmetre, i El Outaia, amb una base de 6 × 3 km i una alçada de 300 m. Les cavitats aquí són més modestes, probablement per la pluviometria.
- El Marroc. Tot i que no es té constància de cavitat càrstica, hi ha el *rocher de sel* de Souq el Arbâa, amb una morfologia força carstificada.

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

- El Tadjikistan. Hi ha constància des del 1980 que en aquest país (llavors era de la Unió Soviètica) existien tres cavitats que superaven un quilòmetre de desenvolupament i tres de més de 100 m de desnivell.
- Xile. Es té constància de cavitats importants en sal, però encara no han estat topografiades.
- Polònia. Prop de Cracòvia, a Wieliczka (figura núm. 14) es troba el famós jaciment de sal explotat des de l'edat mitjana. Allà, també a causa de la presència de sal i de la seva explotació, hi ha enfonsaments que fins i tot han paralitzat línies del ferrocarril i cavitats carstificades associades a la mina de sal.



Figura núm. 14. A l'antiga mina de sal de Wieliczka (Polònia), hi ha presència d'aigua, que també ha modelat sistemes càrstics

- Espanya. A més de la vall Salada de Cardona, hi ha els minúsculs afloraments de Minglanilla (Conca) amb l'engolidor del Castellar, els avencs (figura núm. 15) en guix i possiblement en sal del Pinós (Alacant), i a la província de Saragossa.



Figura núm. 15. Avenc a dalt del Cabezo del Pinós (Alacant)

2.6. Aplicacions dels minerals salins

La sal

La sal com a clorur sòdic, formant part com a matèria primera, s'explota directament en mina subterrània mitjançant el mètode de cambres i pilars. També s'aprofita com un subproducte extret de les terreres encara existents, com és el cas de la terrera Nova de Cardona. Pel primer mètode s'obté una granulometria mitjana utilitzada com a producte per al desgel principalment o com a dissolució per diferents tractaments fisicoquímics, que s'exposen a continuació per productes a la taula núm. 12.

Taula 12. Aplicacions del clorur sòdic i derivats (extret de l'ITGME 1997)

Producte	Subproducte	Aplicació
Clorur sòdic		Química de base. Saboritzant, conservant i potenciador del color, regularització de: fermentació, color i textura en la indústria de l'alimentació. Amb blocs de sal o granulats com a nutrients en animals. Preparació en medicaments i solucions salines. Desgel en vies de comunicació. Lluita contra la pols. Estabilització de sòl en embassaments i dipòsits. Fluïdificant en aliatges d'alumini d'alta puresa. Potenciador d'alcalinitat en polpa de paper i llots de sondejors. Floculants en llots de sondejors. Antioxidants en la neteja de l'acer. Dissolvents en la concentració de menes i tints. Antiséptics en adobs i tractaments de pells. Coagulant en la fabricació de neoprens i gomes.

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

<p>Clor (principalment per electròlisi de salmorres, com la que es fa a Torrelavega)</p>		<p>Compostos químics inorgànics, com l'àcid clorhídric. Compostos químics orgànics: monòmer de clorur de vinil (VCM), base de clorur de polivinil (PVC), diclorur d'etilè (EDC), dissolvents clorurats o clorometans, propel·lents en aerosols i refrigerants (CFS), hidroclorurs per a manufactura de gomes, plàstics i productes farmacèutics. Compostos químics orgànics per oxiclорació. Blanqueig en tèxtil i paper. Desinfecció i potabilització d'aigües. Reciclatge de residus sòlids i líquids. Esterilització de pols.</p>
<p>Sodi (per electròlisi de clorur sòdic fos)</p>		<p>Antidetonant en plom En esponges de titani, tori i circoni per a catalitzadors. Per a tints. Productes farmacèutics. Perfums. Herbicides. Components refrigerants. En luminotècnia.</p>
<p>Àcid clorhídric (a partir de clorur sòdic i àcid sulfúric)</p>		<p>Decapant de l'acer. Obtenció del clorur fèrric com a subproducte. Flotació de menes. Refinació de zinc i tàntal. Indústria metal·lúrgica. Reactiu químic. Dessulfurador i acidulant en pous de petroli. Refinació del sucre, indústria cervesera, fabricació del glutamat monosòdic i de la gelatina. Catàlisi en la producció d'anilina per reducció de nitrobenzè. Descalcificant i desincrustant. Control del pH. Medicina veterinària.</p>
<p>Hidròxid sòdic o sosa càustica (en l'electròlisi de salmorres)</p>	<p>Ortofosfat sòdic</p> <p>Silicat sòdic</p> <p>Hipoclorit sòdic</p>	<p>Extracció d'alumini a partir de la bauxita. Purificació de les aigües per a la precipitació de metalls solubles com el calci i el magnesi. Producció de sabons i glicerol per reacció amb àcids grassos. Elaboració de: fosfat sòdic tribàsic, clorur sòdic d'elevada puresa, cloroacetat de sodi, cianur sòdic... Font de monòxid de sodi, com a agent per a polimerització, deshidratant i base forta.</p> <p>Elaboració de detergents. Productes per a alimentació.</p> <p>Detergents. Tractament de menes minerals. Catalitzadors. Pigments. Adhesius. Paper.</p> <p>Agent blanquejador. Purificació d'aigües. Productes medicinals. Matèria primera per a obtenció de: bifluorur sòdic (antisèptic, conservant i impressió sobre vidre), bisulfat sòdic (fundent en mineral·lúrgia, manufactura de tints, soda aluminica i ciments magnèsics), clorat sòdic (tractaments de menes, herbicides, defoliant, ús medicinal, explosius, pells, mordent tèxtil, fabricació de perclorat amònic, perclorat sòdic, iodat sòdic i diòxid de clor), sulfur sòdic (tints, raió, polpa de paper, flotació de menes, tenyida de llana, reactiu fotogràfic, sabó i gomes).</p>
<p>Carbonat sòdic (es troba en la naturalesa i també s'obté per síntesi amb amoníac i sal)</p>		<p>Fabricació de vidre i ceràmica. Compostos químics, com l'alumini. Polpa de paper. Sabons i detergents. Tractaments d'aigua.</p>

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

comuna)	Bicarbonat sòdic	Química, alimentació, fleca, productes farmacèutics, detergents, tèxtils, extintors de foc.
	Benzoat sòdic	Conservació d'aliments i de tabac, antisèptic, productes medicinals i inhibidor de plagues com el mildiu.
	Sesquicarbonat sòdic	Detergents i tractaments d'aigües.
	Fluorur sòdic (també a partir de l'hidròxid sòdic)	Insecticida i fungicida.
	Bromur sòdic	Bromur de plata per a ús en fotografia i farmàcia.
Sulfat sòdic (s'obté de minerals i de salmorres de grans llacs o de síntesi com a subproducte de moltes de les reaccions anteriors)		Fabricació de detergents. Obtenció del paper kraft. Fabricació del vidre.
Nitrat sòdic (producte natural denominat <i>calitx</i> , que prové de sulfats i matèria orgànica o per síntesi amb amoníac i àcid nítric)		Matèria primera per a fertilitzants. Tractament de menes del níquel. Neteja de vidre. Conservants d'aliments carnis i de peix. Manufactura d'explosius.

La potassa

Els principals minerals de potassa són: silvina, silvinita, carnal·lita, caïnit, langbeinita. Són minerals que normalment es troben subterràniament, ja que solen ser solubles i fàcilment meteoritzables.

La potassa o clorur potàssic és un dels compostos fonamentals que formen els fertilitzants majoritaris: nitrogen, fòsfor i potassi (NPK). Un 95 % de la producció mundial és per a adobs agrícoles i el 5 % restant és per a la indústria.

El potassi en les plantes vegetals actua en l'economia de l'aigua i en la turgència de les cèl·lules. Existeix una forta interacció del potassi amb el nitrogen, ja que actua amb la funció reguladora del metabolisme d'aquest darrer.

S'han observat (Domingues Vivancos 1983) efectes favorables del potassi en la resistència de les plantes al fred i a les gelades. També és notable el seu efecte sobre la resistència a la sequera, com a element regulador de l'activitat dels estomes per reduir la transpiració. Finalment, també s'han comprovat efectes positius del potassi sobre la resistència a paràsits.

Els diferents adobs potàssics es comparen mitjançant el contingut en K_2O , per a la qual cosa s'han de considerar els següents factors de conversió:

$$\text{Contingut en KCl} \times 0,61 = \text{contingut en } K_2O$$

$$\text{Contingut en } K_2O \times 1,64 = \text{contingut en KCl}$$

$$\text{Contingut en } K_2O \times 1,2046 = \text{contingut en K}$$

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Així mateix, per als fertilitzants potàssics, el contingut en K_2O equivalent és:

Clorur potàssic¹ → 60-63 %

Sulfat potàssic → 50-54 %

Nitrat potàssic → 46-47 %

Sulfat potàssic - magnèsic → 22-30 %

A més de les aplicacions com a adob vegetal, la potassa té les següents aplicacions resumides conjuntament en la taula núm. 13 següent.

Taula 13. Aplicacions del clorur potàssic i derivats (extret de IGME 1997)

Producte	Subproducte	Aplicacions
Clorur potàssic S'obté directament de mineral potàssic en brut		Fertilitzant potàssic per excel·lència. Base en la producció d'altres adobs i compostos. En forma de granulat com a anticongelant en carreteres.
Sulfat potàssic Adob per a conreus que no toleren els clorurs (tabac, vinya, cítrics...)	Derivats del sulfat potàssic alumínic "alumpotassa"	Productes medicinals. Fabricació de vidre. Accelerador en productes del guix. Bisulfat potàssic. Format potàssic. Persulfat potàssic. Sulfur potàssic.
Sulfat potàssic-magnèsic Fertilitzant obtingut per síntesi i en alguns països per al tractament de mineral potàssic		En mescles fertilitzants per a conreus específics.
Nitrat potàssic Per la reacció entre clorur potàssic i àcid nítric	Òxid potàssic	Fabricació d'explosius. Pirotecnia. Fabricació de vidre i ceràmica. Obtenció de plàstics. Productes de drogueria i tabac.
Hidroxid potàssic Producte de la reacció entre clorur potàssic i sosa càustica	Aluminat potàssic Bromat i bromur potàssic Fluorsilicat potàssic Iodur potàssic Laurat potàssic Manganat potàssic	Aplicacions en la indústria del petroli i el gas. Tractament de metalls. Fabricació de bateries elèctriques. Sabons. Tintes d'impremta. Blanquejament tèxtil. Tractament d'aigües. Tints impremta i espessidors de pasta de paper. Agents oxidants, i en la indústria farinera. En esmalts, mica sintètica i insecticides. Medicaments, fotografia, additius per a la sal comestible. Emulsionant, base per al xampú i sabó líquid. Per al permanganat, agent blanquejador, desinfectant,

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

	Permanganat potàssic	bateries, fotografia, tints d'impremta, purificació d'aigua. Blanquejador, desoxidant per a l'acer, recobriment de varetes de soldadura, elaboració de sacarina, refinació del zinc i tractament d'aigües.
Potassi metàl·lic Es pot obtenir de: a) Per electròlisi d'hidròxid potassi fos b) Per reducció de carbonat potàssic Procés Greisheim a altes temperatures Per reducció de clorur potàssic mitjançant sodi	A principis del segle XX: En l'actualitat: Aliatges <i>nak</i> o NaK	Per a l'obtenció d'alumini, magnesi, bor i silici Indústria magnetohidrodinàmica. Làser. Processos catalítics. Síntesi de: amida de potassi, superòxid de potassi i reactius de dissolució en amoníac líquid. Censors de temperatura. Contactes elèctrics. Vàlvules electromagnètiques de control. Fluid refrigerant en reactors nuclears i químics.
Carbonat potàssic De carbonat potàssic i àcid fosfòric	Acetat potàssic Bicarbonat potàssic Bromur potàssic Cianur potàssic Peròxid de potassi Tripolifosfat potàssic (KTPP) Fosfat potàssic monobàsic Fosfat potàssic dibàsic Fosfat potàssic tribàsic	És utilitzat en vidre especial (pantalles TV i vidre òptic). Ceràmica. Agent deshidratant. En banys electrolítics. En cristall, acetona, agent deshidratant, control del pH. En panificadores, medicina, assecatge en pirotècnia. Productes medicinals. Explosius i llumins. Recuperació de plata i or, fumigants, tractaments tèrmics de l'acer, en banys electrolítics, insecticida, fotografia i fabricació del paper. Càrrega en detergents, desfloculant i ablaniment de l'aigua. Panificadores, fertilitzants, medicina, component per al KTPP. Anticorrosiu d'anticongelants, fertilitzants, per al KTPP. Fertilitzants, ablaniment de l'aigua i càrrega en sabons líquids.

2.7. Explotacions potàssiques

Els jaciments mundials de sals potàssiques més grans són a (vegeu la figura núm. 14):

Edat geològica	Situació
Paleozoic superior	Europa: des d'Alemanya fins a Rússia Amèrica del Nord: EUA i el Canadà
Mesozoic i Cenozoic	Rússia França Alemanya EUA Espanya Itàlia
Quaternari	EUA (Ilac Searles) Mar Morta

Taula núm. 14. Jaciments de sals potàssiques segons l'edat geològica (IGME 1997)

2.7.1. Arreu del món

Darrerament, l'evolució de la producció mundial de potasses es pot veure a la taula núm. 15.

País	2000	2001	2002	2003	2004
Bielorússia	3.786	3.700	3.800	4.230	4.300
Brasil	352	319	337	337	340
Canadà	9.202	8.237	8.361	9.131	9.150
Xile	330	390	350	370	360
Xina	380	385	450	500	550
França	320	244	130	--	--
Alemanya	3.407	3.550	3.450	3.600	3.500
Israel	1.750	1,770	1.920	1.960	2.060
Jordània	1.160	1.180	1.170	1.230	1.230
Rússia	3.700	4.300	4.400	4.740	5.000
Espanya	653	471	407	510	500
Ucraïna	85	75	60	60	50
Regne Unit	600	532	540	620	600
Estats Units	1.300	1.200	1.200	1.100	1.300
Total	27.000	26.400	26.600	28.400	28.900

Taula núm. 15. Producció mundial de potassa vendible, en milers de tones mètriques equivalents en K₂O (J. C. Willet 2005)

Pel que fa a les reserves de potassa al món, segons el Servei Geològic dels Estats Units d'Amèrica, són les que s'expressen a la taula núm. 16.

País	Producció minera		Reserves	Reserves base
	2003	2004		
Estats Units	1.100	1.200	90.000	300.000
Bielorússia	4.200	4.650	750.000	1.000.000
Brasil	340	360	300.000	600.000
Canadà	9.200	9.500	4.400.000	9.700.000
Xile	360	400	10.000	50.000
Xina	500	550	8.000	450.000
Alemanya	3.600	3.670	710.000	850.000
Israel	1.960	1.940	40.000	580.000
Jordània	1.200	1.130	40.000	580.000
Rússia	4.700	5.400	1.800.000	2.200.000
Espanya	510	600	20.000	35.000
Ucraïna	60	60	25.000	30.000
Regne Unit	620	580	22.000	30.000
Altres països	—	—	50.000	140.000
Total món (arrodonit)	28.400	30.000	8.300.000	17.000.000

Taula núm. 16. Producció mundial minera i reserves de potassa, en milers de tones mètriques equivalents en K₂O (J. P. Searls 2005)

2.7.2. A la Península i al Bages

Els jaciments potàssics a la Península són del Cenozoic i genèticament tenen l'origen en conques marines; són els jaciments potàssics i de sal gemma de Barcelona i Navarra.

Des d'un punt de vista d'explotació, s'ha de tenir en compte que, durant l'Eocè i a causa de l'orogènia alpina, hi hagué un aixecament del sector sud-oest d'un golf que seria com una prolongació del golf de Biscaia fins gairebé a Girona, conegut com a conca de l'Ebre. Aquest tancament del sud de Pamplona fou gradual, per la qual cosa les diferents pulsacions d'aigua marina en la sedimentació evaporítica que es produí ocasionaren unes sedimentacions complexes en superfície i en profunditat (vegeu la figura núm. 16).

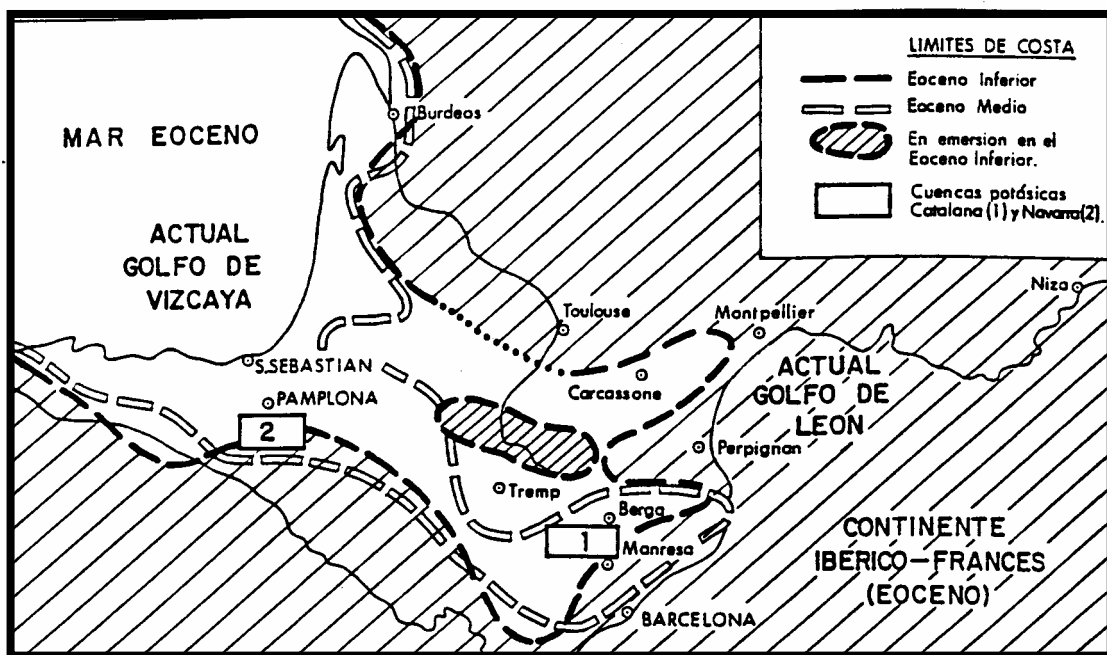


Figura núm. 16. Esquema paleogeogràfic de la conca potàssica eocènica, on se situen les explotacions de Catalunya i Navarra (Ramos 1990)

Existeixen diferents hipòtesis paleogeogràfiques, com la de J. del Valle (1997), que creu que hi va haver dues conques, una de catalana i una altra de navarroaragonesa, amb una separació a l'altura de Balaguer.

Així, dins el Paleogen, gran part de la conca de l'Ebre quedà inicialment coberta per espessors considerables de guixos i anhidrita. A Catalunya aquests sediments entren en contacte discordant amb el sòcol hercinià o amb el Muschelkalk.

A Catalunya també, en l'Eocè superior se sedimenten margues amb intercalacions de calcàries, i a mesura que es va retirant el mar cap a l'oest s'originen cicles de sedimentació d'evaporites. Concretament, és en el Priabonià que precipiten l'halita i les sals potàssiques. En canvi, en els jaciments de Navarra va ser en el Ludjà-Oligocè.

Pel que fa a l'existència de jaciments de sal gemma a la Península propensos a ser afectats per l'aigua en profunditat, poden ser del Mesozoic i del Cenozoic. D'aquesta manera, hi ha

mineralitzacions de clorur sòdic, afectades per l'orogènia alpina, en les formacions de margues versicolors amb intercalacions evaporítiques del Keuper i l'halita en el trànsit del Keuper-Lias. Pel que fa al Cenozoic, hi ha mineria subterrània a les províncies de Saragossa i Osca, a més de les explotacions de sal de font que hi ha en altres conques del Tajo i del Duero, a més de les de la depressió de Lorca, vall del Guadalquivir. Així mateix, es troben les diverses salines que es forneixen de l'aigua del mar i que en alguns indrets poden presentar petites carstificacions per l'aigua de la pluja, però sense interès des del punt de vista d'aquest treball.

Pel que fa a la relació d'un diapir salí amb l'aigua, s'ha trobat el que hi ha a Alacant, concretament al municipi del Pinós. Aquest diapir del Triàsic té una planta el·líptica de 3,6 km per 2,8 km i una altura relativa de 300 m. El seu cim té una cota de 893 m i és conegut com a Cabezo o Cerro de la Sal (vegeu les figures núm. 17 i 18). La seva superfície presenta depressions i dolines ocasionades principalment per la dissolució de les precipitacions en els materials evaporítics del Keuper.

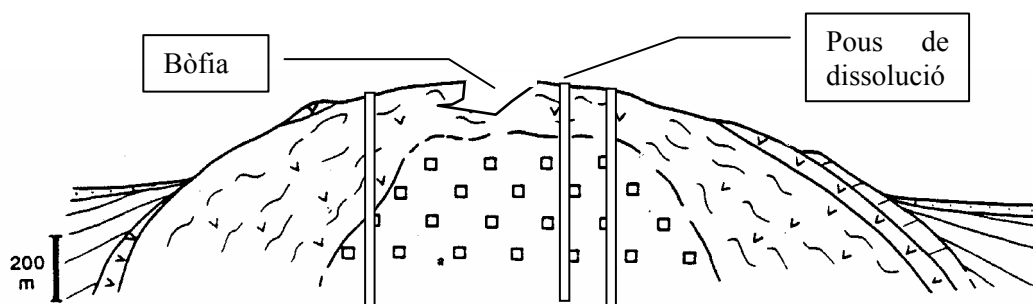


Figura núm. 17. Explotació de sal per dissolució al Pinós (Alacant), que forneix de salmorra les salines de Torrevella



Figura núm. 18. Vista panoràmica del diapir del Pinós amb la seva típica forma arrodonida al mig de l'esplanada

En referència als procediments d'explotacions mineres de sals subterrànies a la Península, són per mètodes de cambres i pilars, així com per mètodes de dissolució:

Cambres i pilars. Amb aquest mètode s'exploten jaciments afectats pel plegament alpi, on les capes estan deformades o fins i tot desplaçades per fenòmens de diapirisme. També s'aplica aquest mètode en jaciments pràcticament horitzontals postorogènics. Aquest mètode es pot dividir en submètodes segons les característiques del jaciment. Concretament, a Cardona en una bona part de l'explotació Nieves, quan es podia, s'utilitzava el conreu per banqueig de nivells i embuts (vegeu la figura núm. 24), i més darrerament s'utilitzaven també minadors (vegeu la

figura núm. 19). Un dels motius que van accelerar el tancament de la mina va ser el fet de trobar nivells potàssics massa inclinats per treballar amb els minadors de manera rendible. Altres exemples d'aquest mètode en general es troben a Remolinos (Saragossa), Sùria, Sallent i Cardona (al Bages). També hi havia l'exploració de Subiza (a Navarra), actualment tancada.

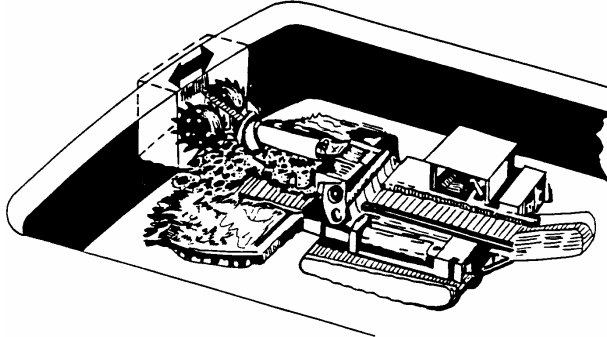


Figura núm. 19. Minador continu que permet una extracció selectiva (IGME 1977)

Mineria per dissolució. Aquest mètode en sal s'utilitza en jaciments de sal gemma a profunditat mitjana o gran, difícilment explotables per altres mètodes. La seva explotació comporta una espessor de sal considerable, trams impermeables al sostre del dipòsit, continuïtat lateral suficient, etc. Hi ha experiències d'aquest mètode d'explotació en el jaciment de Polanco (Cantàbria), on s'ha arribat a profunditats de 1.600 metres i s'han extret més d'1,5 milions de tones de ClNa per any mitjançant concentracions de 315 g/l. Allà hi ha recentment experiències greus de subsidències en la superfície. També hi ha una explotació per dissolució a Jumilla (Múrcia) i, com ja s'ha dit anteriorment, a l'explotació minera del Pinós, amb una gran activitat dirigida a les salines de Torrevella.

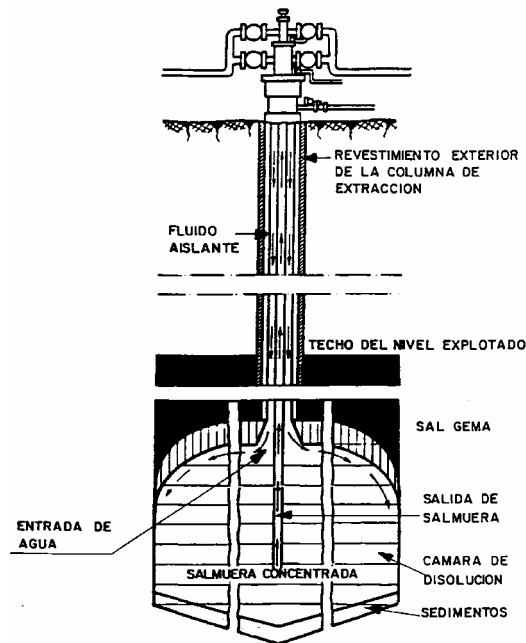


Figura núm. 20. Mètode d'explotació subterrània per dissolució de sal gemma (ITGME 1977)

2.7.3. Explotacions de potassa a Cardona

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

La història de l'explotació de sal a Cardona va ser projectada en un volum anomenat *Les salines de Cardona*, dins la col·lecció *Història de Cardona*, però la malaurada desaparició del seu promotor, Mn. Joan Serra Vilaró, en va impedir la continuació. De fet, hi ha altres estudiosos que han fet i fan importants aportacions al coneixement històric de la sal a Cardona; n'és un bon exemple Catalina Méniz Márquez, bibliotecària de l'empresa ERT que hi havia a Cardona, que va fer la tesi doctoral *Aportación a la historia de la sal. Minas de Cardona* (Galera 1994).

Un bon resum de la història de la sal a Cardona la dona el malaurat cardoní, professor i company de la UPC a Manresa Ramon Arnau i Reigt, que en la publicació *La mineria del Bages. Visió retrospectiva* (1981) parla dels fets que es descriuen a continuació.

La primera explotació seriosa de les salines de Cardona cercant atuells neolítics fou realitzada per l'enginyer Agustí Marín, a partir de l'any 1914, i de les seves troballes va deduir que l'home neolític ja n'extreia la sal. Confirma aquest fet el treball de Joan Manuel López de Azcona publicat a *Notas y comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España* l'any 1933, titulat "Indústria neolítica en Cardona", on diu haver trobat a les salines una trentena d'atuells neolítics.

Tots els historiadors de Cardona diuen que dels escrits de Plini el Vell (segle I) es dedueix que en la seva època les salines eren objecte d'explotació, però cap d'ells no el citen textualment. Pere de Marca diu a *Marca Hispánica* (edició del 1965), pàg. 246: "La Udura de Ptolemeu l'assignem a Cardona...", i sembla aplicar-li un text de Plini que diu, traduït: "A la Hispània interior, a Egelasta, s'extreu [la sal] en blocs gairebé translúcids, i des de fa temps s'endú la palma per a la major part dels metges, entre totes les altres menes de sal". Tant si Plini es refereix en aquest text a Cardona com si no, tenim prou testimonis per poder afirmar que els romans explotaren les nostres salines. En les *Nits àtiques* Aulus Gel·li (segle II), escrivint sobre els hispànics que viuen ençà de l'Ebre diu: "...Una gran muntanya de sal pura que va creixent a mesura que n'extreus". És interessant de constatar que ja en aquella època s'observés la formació del diapir i que les forces que el produïren segueixin actuant, cosa que fa que, efectivament, la muntanya creixi compensant l'extracció de sal, que en l'actualitat es limita a l'erosió, que és important perquè les sals són dissoltes en gran quantitat per l'aigua de la pluja.

Cardona passà dels romans als gots i d'aquests als àrabs. Fou conquerida i reconquerida pels francs, però des de l'època romana no tornem a tenir notícies de la sal, fins que, el dia 4 d'abril de l'any 986, durant el domini dels francs, el compte de Barcelona Borrell II donà als veïns de Cardona la Carta de repoblament, document històric de gran valor que es conserva a l'arxiu municipal de Cardona. En aquesta carta confirma i amplia les franquícies que el seu avi, Guifré el Pelós, havia atorgat un segle abans als cardonins. Lliurà a tots els veïns la quarta part del teloneu (impost per raó de la sal) i els dispensà de qualsevol altre tribut o cens que no fossin els deguts a l'Església, i els concedí la sal que poguessin arrencar els dijous, com ja es practicava de feia temps.

La majoria de les notícies que es tenen de les salines es relacionen amb els plets i renyines entre els senyors i el poble. A causa de suposats abusos, el vescomte Hug Folc el dia 14 de juny de 1352 dictà un decret que modificà la forma de recol·lecció de la sal, i concedí a cada família una aimina de sal (vuit quintars i mig) per any.

Els amos de la sal han estat sempre els senyors de Cardona, fins que el duc de Medinaceli la vengué a la companyia explotadora de la potassa. Els drets dels cardonins sobre la sal han estat molt sovint trepitjats, però ells es jugaven la pell anant a robar la sal, ja que l'extracció il·legal fou sempre durament castigada. L'any 1658, per ordre del governador general del Ducat de Cardona i de Sogorb, es publicà un ban que prohibia l'entrada a l'areny de la sal a tot estrany els dies que no n'hi hagués venda, sota pena de la vida si la intromissió era de nit, i de cent assots i altres penes, segons la quantitat robada, si es feia durant el dia. No és estrany, doncs, que els

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

corominesos, veïns de Cardona, quan anaven a robar sal, invoquessin sant Pelegrí, que tenia la capella en un turó de la vall Salada, amb l'oració que encara es conserva:

Gloriós Sant Pelegrí,
en l'areny i pel camí,
gardeu-nos de prendre mal
quan anem a robar sal.

Durant el regnat de Felip V, i per Reial cèdula de 21 de gener de 1715, s'establia l'estanc de la sal, amb la qual cosa els cardonins, de fet, perdien el privilegi de prendre la sal que per dret els corresponia. El poble no es resignà, i cada any, per Carnaval, una comissió es presentava als empleats del duc i li feien petició dels deus drets. El plet no quedà resolt del tot fins que el dia 28 de febrer de 1858 es firmà l'Espectura de concòrdia, per la qual les antigues prestacions en espècie quedaven substituïdes per cent mil rals en concepte d'endarreriments i quinze mil d'annals, que s'entregarien a la Junta d'Aimines, encarregada d'administrar aquests recursos destinats a obres socials de la població. Aquest dret és pagat actualment per l'empresa propietària de les mines (encara el 2005).

Aquestes que s'han escollit i moltes altres referències apareixen en la història de Cardona, cosa que ens confirma que des de molt antic, i sense interrupció, la sal ha estat explotada en aquestes contrades.

En el *Viatge pintoresc i històric*, de Laborde (vegeu la figura núm. 116), llegim que el 1806 a les salines hi havia dues cases de l'oficina d'expedicions. L'una, feta de pedra, era propietat del rei, que hi tenia un administrador, un delegat i un caixer. L'altra, feta de fusta, era propietat del duc de Cardona, el qual hi tenia un revisor comptable, l'encarregat de pesar la sal i un agent per vigilar els cent homes que hi treballaven. El transport es feia amb mules, ja que ens diu que cada dia cent mules en sortien carregades. La sal era distribuïda per l'Administració i consumida per part de Catalunya i pel comtat de Foix, a França. També ens diu que el consum total, per any, no estava mai per sota de les 70.000 fanèques, que pesen 5 roves, de 26 lliures catalanes cadascuna. El preu de cada faneca era d'onze pessetes i mitja, més o menys, i el total de les rendes que el rei en retirava era de més de 3.000.000 de rals amb totes les despeses pagades, incloent-hi 52.234 rals que es pagaven al duc com a danys i perjudicis dels seus antics drets sobre aquesta propietat.

En un gravat del mateix llibre (vegeu la figura núm. 21) es veu l'explotació de la sal, que es feia per bancs de l'alçada d'un home, deixant del mateix mineral escales i rampes d'accés entre els diversos bancs. Ens diu que s'extreia sal d'una superfície que tenia cosa de 150 peus de llargada per 60 d'amplada, que hom l'arrencava amb picots i de vegades feia servir la pólvora del canó.



Figura núm. 21. Explotació de sal en temps passat (Arnau 1981)

En el *Mamotreto cardonense*, escrit per mossèn Joan Riba l'any 1852, hi consta la producció de sal d'aquella època. La mitjana dels anys 1846 al 1850 és, aproximadament, d'unes 80.000 faneques anuals, amb la qual cosa podem constatar que la producció era aproximadament igual a la que ens dona Laborde de principis del mateix segle.

A finals del segle XIX, el mercat de la sal s'anà fent cada dia més competitiu. Per treure la sal de la regió calia transportar-la al port de Barcelona amb un mal sistema de comunicacions, cosa que encaria fortament el producte. Thos i Codina ens diu que, l'any 1902, el cost del transport de la sal de Cardona a Barcelona era molt superior al de les salines de mar del nostre litoral, posada al peu del vaixell. Cap dels diferents projectes de fer passar per Cardona el ferrocarril no es féu realitat. El cas és que el negoci de l'explotació de la sal, la majoria de les vegades, no era bo i per això no s'invertien els diners que feien falta per muntar instal·lacions com calia per obtenir produccions importants.

A l'arxiu de les mines hi ha documents que ens demostren l'escassetat de mitjans amb què es trobava l'enginyer Viader, nou administrador de les salines. Viader proposa a la duquessa, el 26 d'octubre de 1900, l'adquisició d'un carro i d'un cavall per transportar terres de desmunt, i espera que de l'animal que es compri se'n podrà treure més profit que del que lloguen, que sol ser vell i dolent. També demana autorització per comprar un cabrestant de segona mà que costaria 125 pessetes.

La primera explotació subterrània que feren s'anomenà mina del Duc. Disposem dels plànols d'aquesta mina, que l'enginyer Silví Thos i Codina publicà en el seu treball *Las salinas de Cardona*, l'any 1902, on es pot veure que la mina, de 50 metres de fondària, constava d'una cambra de 25 metres d'alçada, deixant 25 metres de massís fins a la superfície exterior (vegeu la figura núm. 22). Tenia un pou equipat amb escales i un torn amb el qual s'extreia la sal a l'exterior. L'explotació es feia pel mètode de buits (o cambres) i pilars, arrencant per bancs. Per aquelles dates s'havien tret de la mina del Duc unes 50.000 tones de sal. Més tard s'establí el sistema d'explotació dit de Carrara, en què hom serrava la roca amb una serra de filferro que donava la volta a la cambra moguda per un torn, ajudant-la a tallar amb un raig d'aigua i arena sobre la sal. Els blocs tallats es feien caure amb explosius i seguidament, amb una serra múltiple, es tallaven en totxos, que eren exportats a l'Àfrica. Dels trossos de sal que quedaven, que no eren prou grossos per fer-ne totxos, en feien boles d'uns tres quilos per al bestiar o els molien per obtenir sal de taula. Les boles es feien amb gran rapidesa i perfecció, emprant una escoda.

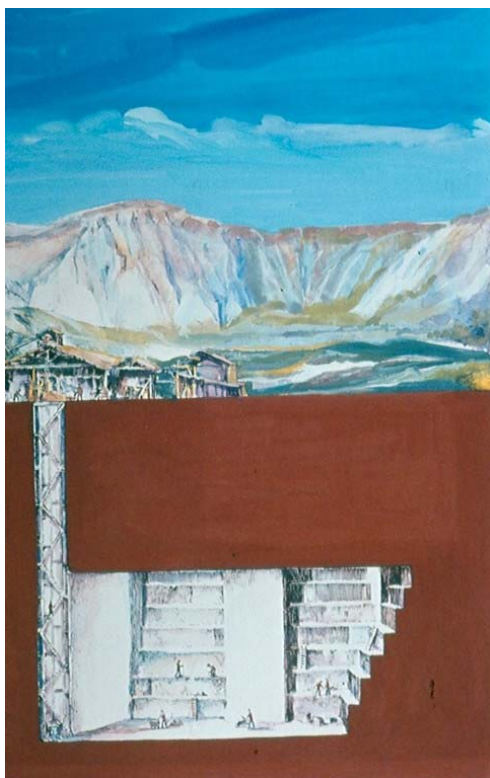


Figura núm. 22. Secció de la mina del Duc (Arnau 1981)



Figura núm. 23. Interior de la mina del Duc (Arnau 1981)

L'any 1930, la mina del Duc tenia tres cambres. D'aquesta explotació se n'havien tret, en total, unes 150.000 tones de sal comuna. Al sud de les labors aparegué la silvinita, que es decidí explotar per fer les proves de posar en marxa la nova planta de dissolució. El sistema de dissolució fou emprat fins a l'any 1969, quan es passà al procediment de flotació. L'explotació de la silvinita a la mina del Duc es feia per realçament en galeries, que arribaren a tenir uns 400 metres de longitud (vegeu la figura núm. 23). Hi ha plànols d'un projecte de l'any 1934 que demostren que, per aquelles dates, tenien problemes d'entrades d'aigua a l'explotació, cosa molt greu en una mina de sal. Poc després la mina s'hagué d'abandonar per inundació.

El mateix 1930, la nova mina de Cardona començà a produir potassa. L'explotació s'ha fet per grans cambres, que han arribat a tenir una fondària de més de mil metres.

Amb la intenció d'explotar un antic jaciment de sal gemma, l'any 1912 els enginyers Macari I Viader començaren l'aprofundiment d'un pou, a un quilòmetre al sud de Súria. L'aigua de les capes que travessaven fou un inconvenient gran per realitzar l'obra. Treballant-hi els anys 1912 i 1913, solament aconseguiren aprofundir 60 metres. El pou, anomenat el Salí, es donà per acabat als 68 metres; començava una galeria que arribà a tenir solament trenta metres, ja que es ficaren, sense saber-ho, en el jaciment de sals potàssiques. La sal que treien tenia mal gust; la feren analitzar i s'adonaren que allò que donava un gust amargant era carnal·lita. Així quedava descoberta, per casualitat, la conca potàssica.

Cal dir, però, que el prestigiós enginyer de mines Silví Thos i Codina uns anys abans havia cridat l'atenció al govern sobre la conveniència de fer investigacions en aquesta zona per buscar sals potàssiques.

El descobriment de la potassa fou molt celebrat. Solament a Polònia, Alemanya i França s'havien trobat jaciments potàssics.

Capítol 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

L'any 1918 la societat Solvay començava a aprofundir el primer pou i explotava la carnal·lita, de la qual s'obtenia la potassa per dissolució. Les dificultats del tractament de carnal·lita feren que l'any 1936 es passés a l'explotació de la silvinita; se seguí separant el clorur potàssic per dissolució, fins que el 1950 s'adoptà el mètode de flotació.

Finalment, l'any 1990 es tanquen les mines.

Les empreses comercials que s'han anat succeint des del 1920 han estat la Sociedad General de la Industria y el Comercio, que l'any 1924 va passar a formar part d'Unión Española de Explosivos, SA (UEE), empresa antecedent d'Unión Explosivos Río Tinto, SA (ERT) i d'Ercros.

Així doncs, l'extracció de potassa s'ha realitzat des del 1929 fins al 1990, quan Ercros va abandonar aquest negoci amb la venda de la seva filial Potasas del Llobregat a l'Instituto Nacional de Industria (INI). Aquest mateix any es va iniciar l'explotació de la sal dipositada al runam que s'havia anat formant amb els residus de l'extracció de potassa. El 1994 Ercros obre una nova mina a uns 50 metres de profunditat per sota de la vall Salada, Las Salinas, per a extracció de sal gemma.

En l'actualitat, l'activitat minera a Cardona se centra en l'obtenció de sal sòdica a partir de la sal de runam, principalment per a usos en processos electrolítics per a la producció de clor i sosa, i en l'extracció de sal gemma de la mina Las Salinas per a usos d'elaboració de pinsos, en la indústria pelletera i per al desgel de carreteres.

Recentment, a l'estiu del 2005, l'empresa Ercros passa a ser minoritària i és absorbida per Ibérica de Sales, SL.

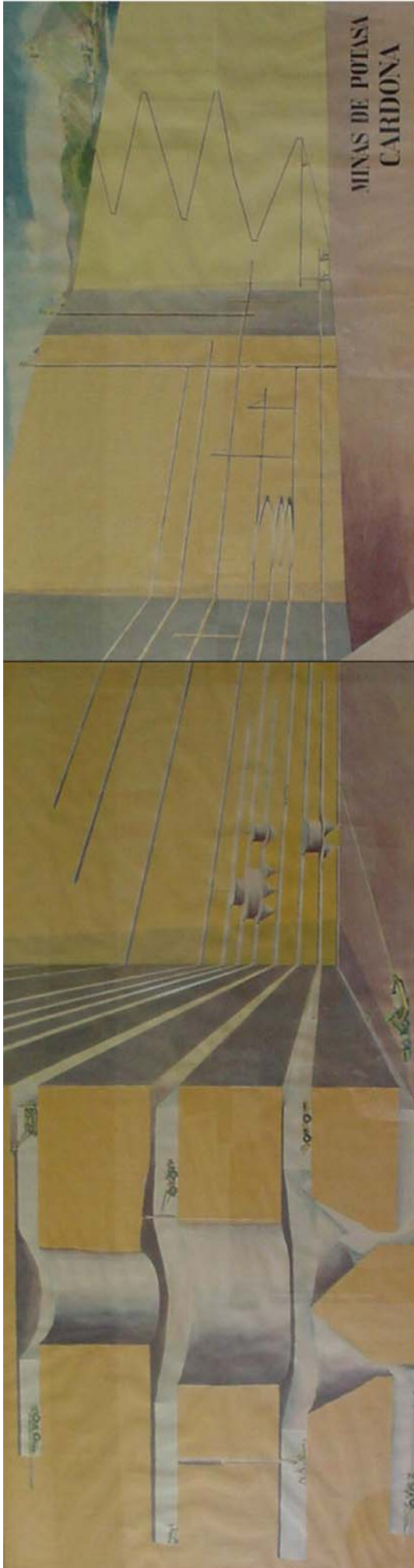


Figura núm. 24. Dibuix de la mina de Cardona realitzat pel professor Arnau (Original en el Laboratori de Mines de l'EUPM)

