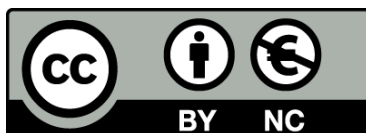




UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Estudio petrológico y geoquímico de los yacimientos potásicos de Cardona, Suria, Sallent y Balsareny (Barcelona, España)

Juan José Pueyo Mur



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0. Spain License.**

"ESTUDIO PETROLOGICO Y GEOQUIMICO DE LOS YACIMIENTOS
POTASICOS DE CARDONA, SURIA, SALLENT Y BALSARENY
(BARCELONA, ESPAÑA)".

Memoria realizada por D. Juan José
Pueyo Mur, para aspirar al Grado de
Doctor en Ciencias por la Universi-
dad de Barcelona.

Barcelona, Diciembre de 1974.

INDICE.-

<u>Introducción</u>	1
<u>Partes del trabajo, objeto y método</u>	3
<u>Agradecimientos</u>	5
<u>Primera parte.</u>	
<u>Situación geográfica y geológica</u>	7
<u>Estratigrafía y tectónica de los materiales</u>	8
Introducción.....	8
Descripción de materiales.....	10
Geología estructural del área.....	14
<u>Segunda parte.</u>	
<u>Introducción</u>	16
<u>Tectónica detallada de las evaporitas</u>	30
Resultados obtenidos en Sallent y Balsareny.....	30
Resultados obtenidos en Cardona.....	40
Discusión de los resultados. Comparación con otros autores y yacimientos.....	45

<u>Petrología de las sales</u>	47
1. Clasificación de los yacimientos salinos.....	47
2. Descripción de las especies petrológicas observadas.....	48
Halitita.....	50
Silvinita.....	127
Carnalitita.....	172
3. La fracción pelítica de los yacimientos salinos.....	205
4. Sulfatos y carbonatos en las evaporitas.....	210
5. Metamorfismo de las sales.....	235
Fases metamórficas.....	235
Significación de cada uno de los estudios metamórficos descritos en los yacimientos catalanes.....	243
Texturas y estructuras de metamorfismo.....	246
<u>Geoquímica de las sales y métodos analíticos</u>	250
Elementos mayores (de tipo metálico): Sodio, potasio, calcio y magnesio.....	250
Elementos menores.....	254
Bromo.....	254
Boro.....	265
Estroncio.....	267

Hierro.....	2 7 1
Rubidio.....	2 7 7
Otros elementos analizados.....	2 3 0
Métodos analíticos.....	2 8 1
Distribución de los elementos analizados a través de la zona potásica.....	2 9 1
Descripción de las muestras to- madas y localización de las mismas en las explotaciones.....	2 9 6
<u>Génesis de yacimientos y Conclusiones.....</u>	3 0 7
<u>Génesis de yacimientos.....</u>	3 0 8
Tipos de transformaciones que pue- den sufrir los yacimientos evapo- ríticos.....	3 2 6
<u>Conclusiones.....</u>	3 3 3
<u>Bibliografía.....</u>	3 3 7

INTRODUCCION. -

Muchos han sido los trabajos de investigación y prospección geológica y minera efectuados en este área durante el presente siglo, debidos principalmente a la existencia de los depósitos catalanes, considerados entre los más importantes del mundo.

Sin embargo, se ha observado de diez años a esta parte, un gran avance a nivel mundial en el conocimiento geológico detallado de las facies evaporíticas. Durante este lapso de tiempo han sido publicados una serie de trabajos de síntesis, resultado de la experiencia de determinados autores alemanes (Borchert, Braitsch, entre otros) y de varios simposium, en los que se ha venido enfocando diversos aspectos de las evaporitas marinas. Las principales aportaciones en este dominio se han deducido del Zechstein alemán, lugar de donde se han extrapolado conclusiones y métodos de trabajo a los demás yacimientos del mundo. En esta línea están investigaciones más recientes en yacimientos de EEUU, URSS, Francia, Italia, etc.

Otra gran contribución al conocimiento de las evaporitas la debemos a la proliferación de publicaciones sobre sedimentación actual en diversas zonas áridas y subáridas del planeta.

Gracias a ello ha ido conociéndose cada vez mejor el mecanismo de la deposición salina, y se han obtenido resultados correlacionables con los observados en los sedimentos evaporíticos fósiles.

El autor aplica las directrices y métodos más modernos utilizados hasta el momento en la investigación de las evaporitas y espera que este trabajo signifique un avance en el conocimiento de los yacimientos potásicos ca talanes.

PARTES DEL TRABAJO, OBJETIVO Y METODOS.-

Este trabajo está constituido por dos partes. En la primera, de caracter introductivo y general, se expone de modo resumido la situación de los yacimientos en el contexto geológico regional, y en la segunda se realiza un estudio más detallado de las evaporitas, fundamentalmente desde un punto de vista petrológico y geoquímico.

La finalidad del trabajo consiste, fundamentalmente, en el estudio detallado de las sales según criterios modernos, y en la aplicación conjunta de observaciones tectónicas, petrológicas y geoquímicas, para la resolución de la problemática de los estériles ("impoverished zones", Borchert-1964).

Los métodos de trabajo utilizados en el campo son los clásicos de cartografía geológica, medición de series estratigráficas con Jacob's Staff, fotogeología, recogida de muestras y toma de datos tectónicos. El trabajo de laboratorio ha sido, posiblemente, -el más costoso, ya que en muchos de los casos se ha tenido que poner a punto las técnicas analíticas.

Se ha analizado petrográficamente unas 500 láminas delgadas de todas las facies salinas encontradas obteniéndose además análisis químicos de todas ellas. Con ambos re-

sultados se ha seleccionado los especímenes más interesantes para su análisis difractométrico.

El análisis petrográfico incluye el estudio de estructuras primarias y secundarias en las rocas así como la identificación mediante platina universal de las mineralizaciones de sulfatos. Los análisis químicos de las sales han consistido en la determinación cuantitativa de elementos mayores (Na, K, Ca, Mg, Cl) y menores (Br, Fe, Sr y Rb en la sal y B en la fracción pelítica) utilizando métodos espectrométricos (emisión y absorción atómica, fluorescencia X). La difracción de rayos X se utiliza para identificar las diversas mineralizaciones sulfatadas que se presentan minoritariamente en estos yacimientos. Una vez identificadas dichas mineralizaciones, el reconocimiento sistemático de las mismas se efectúa al microscopio.

Las sales y pelitas muestreados en series a lo largo de la Formación salina se han utilizado exclusivamente para la determinación de trazadores geoquímicos (B en las pelitas y Br en las sales).

Los datos tectónicos han sido procesados con ordenador, obteniendo los resultados impresos como falsilla de Schmidt de ejes de pliegue y buzamientos.

Para una mejor comprensión de los resultados obtenidos por diversos autores en otros depósitos evaporíticos marinos, se ha recogido muestras en los yacimientos del Oligoceno del Alto Rhin (Mulhouse, Alsacia, Francia) y del Zechstein alemán (zonas de Werra y Salzdettfurth, al S de Kassel y S de Hannover, respectivamente). Los resultados de su análisis petrográfico y geoquímico se comparan con los obtenidos en la Cuenca potásica catalana.

AGRADECIMIENTOS.-

El autor desea expresar su más sincero agradecimiento al Profesor Alfredo San Miguel Arribas, director de este trabajo, quién en todo momento me ha ayudado y animado en las investigaciones.

Deseo hacer extensivo este agradecimiento a los siguientes personas y organismos:

- Profesor Manuel Font Altaba y Dr. Adolfo Travería Cros, del Departamento de Cristalografía y Mineralogía, por su importante ayuda tanto científica como técnica.

- Profesor Oriol Riba Arderiu, y D. Manuel Iglesias del Departamento de Estratigrafía y Geología Histórica, por sus informaciones relativas a la estratigrafía del área.

- Dr. José Ma. Guilemany Casadamón, del Instituto Emilio Gimeno, por los análisis efectuados con la microsonda sobre distribución estructural de algunos elementos químicos en las sales.

- Profesor Mariano Velasco Durantez y personal del Servicio de Espectroscopía que ha permitido efectuar y efectuado los análisis espectrométricos cuantitativos de las muestras salinas.

- Doctores Ramos, Ramírez, Meseguer, Matallana y Barrera, ingenieros y geólogos de UEE S.A. (Minas de Cardona, Sallent y Balsareny), Dombret y Zapico de SOLVAY S.A. (Minas de Suria), Billet y Gannat, de MINES DE POTASE D'ALSACE (Mulhouse, Francia) y Mayrhofer, de KALI UND SALZ AG. (Kassel, R.D.A.).

Una muy valiosa colaboración me han prestado desde el comienzo de mis trabajos mis compañeros del Departamento de Petrología, tanto profesores como personal no docente, entre los que hago especial mención de los doctores Vaquer, Ortí, Masriera, Esteban y Carreras. A todos ellos mi más sincero agradecimiento.

P R I M E R A P A R T E . -

	Cámbios climáticos importantes con dilución de las salmueras.		
S E C U E N C I A R E G R E S I V A - - - - -			
Régimen marino	Régimen de transición.	Régimen de transición.	Régimen continental.
Abierto y próximo a la línea de costa (Macizo del Ebro).	Brazo de mar aislado por un umbral. Deposición de la mayor parte del macrociclo evaporítico.	Brazo de mar interior en rápida desecación. Pérdida progresiva de salinidad. Ambiente reductor. Facies sulfatadas de final del macrociclo, y pelitas de transición.	Llanura aluvial. Fluvial meandriforme. Sedimentos detríticos progresivamente más gruesos. Molasa.
Miembros Igualada y Tossa.	Miembro de transición.	FORMACION COMPLEJO LACUSTRE DE SANAHUJA.	FORMACION MOLASA DE SOLSONA.
FORMACION SANTA MARIA DE MIRALLES.	FORMACION SALINA DE CARDONA.		

SITUACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA.-

El área estudiada se sitúa al N. de Manresa, en las cuencas de los ríos Llobregat y Cardener. Podemos considerarla enmarcada aproximadamente por las poblaciones de Clariana, Avinyó, Artés, Manresa y Sant Mateu de Bages. En la segunda parte, no obstante, nos centraremos en el estudio de la masa salina, en las explotaciones de Cardona, Suria, Sallent y Balsereny.

Geológicamente, está situada en el borde E de la Depresión del Ebro, y de modo más preciso, en la zona de contacto entre los materiales marinos paleoceno-eocenos y los continentales eoceno-oligocenos. Dicho contacto sigue una línea que pasa algo al S. de Manresa, Artés y Moyá, y a lo largo del mismo los materiales marinos se introducen bajo los continentales con los que se identifican en su parte superior.

En esta primera parte se dará una visión litoestratigráfica general del área. Se consideran los materiales marinos pelíticos de la base de las evaporitas como muro y se estudian los continentales que forman la cobertera y presentan una potencia total progresivamente en aumento hacia el N y NW, pasando desde el afloramiento de los materiales marinos al S de Artés, a los casi 1500 m que encontramos al N de Cardona. La geometría de dicho contacto, en el que se localiza la facies de transición evaporítica, muestra que se realiza de modo regresivo, quedando sometida esta parte de la Depresión a un régimen fundamentalmente lacustre y posteriormente fluvial, que la colmata totalmente.

ESTRATIGRAFIA Y TECTONICA DE LOS MATERIALES.-

Introducción.-

La zona en estudio presenta a grandes rasgos dos grandes grupos sedimentarios:

1) Los materiales marinos, constituidos por las pelitas y calizas de tonos gris azulados, inferiores a las sales (o equivalentes en su parte superior).

2) Los materiales continentales, superiores a las sales, de tonalidades rojas y ocres, que ocupan la mayor parte de la zona (centro y N de la misma) y que están constituidos por sedimentos de tipo detrítico (pelitas y areniscas) con algunas intercalaciones muy débiles de carbonatos.

El tránsito entre ambas facies se verifica según el siguiente esquema:

Los últimos datos en lo que respecta a la litoestratigrafía del área son los obtenidos por Riba, que ha definido (con otros: ver Ramírez del Pozo, Riba y Maldonado, en prensa) las unidades litoestratigráficas del tramo continental.

En lo que respecta a la datación cronoestratigráfica de los materiales, sigue vigente el criterio de Masachs (Masachs, 1952). Según dicho autor, las sales se sitúan en el Ludiense (Priaboniense superior continental), datación coincidente con la de Riba (1967) que los atribuye al Ludiense inferior, si bien, según este último autor, pueden abarcar el Bartonense e incluso algo del Biarritziense hacia la parte E de la cubeta. La datación de las sales se ha efectuado indirectamente, por interpolación entre dos formaciones de edad conocida (los materiales marinos infrayacentes de la Formación Santa María de Miralles con abundante fauna fósil, y los materiales continentales suprayacentes de las formaciones Molasa de Artés y Complejo lacuestre de Sanahuja datados por sus yacimientos de mamíferos.

Descripción de materiales.-

Empezando por los más antiguos se encuentran agrupados en las siguientes unidades litoestratigráficas:

1) Las margas azules marinas con finos niveles de areniscas y calizas margosas, con "ripples" de corriente y microfauna del S de Artés, que constituyen el muro de la formación salina y pertenecen a la Formación Santa María de Miralles, Miembro Igualda. Están datados (Ferrer, 1967) como Biarritzienses. Estos materiales pasan en su parte superior a calizas arrecifales (zona de Calders y Navarcles) equivalentes al Miembro Tossa, de edad priaboniense.

2) Los materiales evaporíticos compuestos por yesos en el borde de la cubeta ("yesos de Artés" y más al SW, "yesos de Odena") pasan en profundidad hacia el centro de la cubeta, a la Formación Salina de Cardona (que aflora al exterior en el diapiro de Cardona). Esta formación podemos desglosarla en cuatro miembros: a) El Miembro anhidrítico basal, constituido por anhidrita laminada, b) El Miembro halitítico ("sal de muro"), c) El Miembro potásico-magnésico (silvinita, halitita intercalada, carnalitita y "sal nueva") y d) El Miembro yesífero marginal, costituido por las facies yesíferas de borde de cubeta, antes mencionadas (de Artés, Odena, etc.).

3) Sobre la Formación Salina de Cardona encontramos una serie de color rojo, formada por arcillas, areniscas, limolitas y pequeñas intercalaciones calcáreas, que pueden presentar yesos interestratificados y nodulares en su base, lo que indica una pérdida progresiva de salinidad. Las areniscas muestran estructuras de "graded bedding", "burrowing", "tool marks" y "load marks". Consiste en un

tramo lacustre en el que se observa sedimentación turbidítica (Iglesias, 1970; tesis licenciatura no publicada), denominado Complejo Lacustre de Sanahuja. Presenta una potencia variable, siendo máxima en Cardona, donde alcanza los 500 m. También es visible en las zonas diapíricas de Suria y Sta. María de Oló.

En la parte inferior de esta formación se distinguen unas pelitas grises con débiles intercalaciones arenosas, de facies muy salobres (contienen halita y yeso en pequeños cristales) y que constituyen el llamado "miembro de transición". En Cardona está formado por arcillas gris verdosas con algunas intercalaciones yesosas en su base y finos niveles arenosos de color amarillento, con laminación subparalela, presentando una potencia total de unos 110 m de los que los 40 superiores tienen intercalaciones de materiales rojos rítmicos, característicos de la parte superior de esta Formación. En Suria, la serie es similar a la descrita en Cardona, con la diferencia de que se encuentran grandes cantidades de yesos y margas amarillas en la base, de potencia muy variable debido al diápirismo. En su parte superior son pelitas azuladas similares a las de Cardona, con una potencia medida al N de Suria de 120 m, de los que los 70 superiores presentan intercalaciones rojas progresivamente abundantes.

4) Encima de los materiales anteriores hay otras tres formaciones. Dos son molásicas y están situadas a ambos bordes de la cubeta: la Formación Molasa de Artés, adosada a la Cadena Costero-Catalana y la Formación Molasa de Solsona, adosada al Macizo Pirenáico. En posición intermedia tenemos otra, predominantemente calcárea, denominada Formación Calcárea de Tárrega.

Las formaciones molásicas son de origen fluvial siendo de colores rojo y ocre en su parte superior (para la Mo

lasa de Artés y la Molasa de Solsona, respectivamente), presentando granodescendencia hacia el centro de la cubeta. En los bordes son conglomeráticas en ambos casos (Coll Baix y S de Artés, para la primera, y Solsona y Clariana, para la segunda), siendo la Molasa de Solsona más extensa en sus afloramientos. En la zona de Artés los conglomerados presentan cantos pequeños y muy rodados (de cuarzo, lidita, arenisca, esquistos y micacitas) con un tamaño medio de 1.5 a 2 cm de diámetro, cemento calcáreo y matriz arenosa. Las areniscas son de grano grueso a muy grueso, con cantos en la base de los ciclos, presentan contactos basales erosionales y, como estructura interna, laminación cruzada. En la parte superior de algunos ciclos se observan "ripples" poco definidos y "burrows" verticales. Estos materiales van pasando a arcillas, areniscas, limolitas, con niveles calcáreos y algún lecho lignitoso. Los niveles calcáreos son micríticos, oscuros y fétidos, con restos vegetales y gasterópodos, y calizas arenosas. Las areniscas tienen laminación paralela y "convoluted" con "ripples" de corriente en la masa de los estratos y "burrows" en la parte superior. De modo muy aislado se encuentra algún canal con pocos cantos en la base y un incipiente "graded bedding". A unos 300 m de la base se encuentra el lecho de lignitos de Costa de la Vila, en el que Crusafont y Villalta encontraron una fauna de mamíferos que datan estos materiales como ludienses. La Formación Molasa de Solsona muestra un progresivo aumento en la cantidad y tamaño del detrítico hacia el N, encontrando bien representados estos materiales en la zona de Clariana. Están constituidos, fundamentalmente, por alternancias de areniscas y pelitas, siendo las primeras de grano grueso a muy grueso, con microconglomerados que pueden llegar a conglomerados en algunos niveles. Son abundantes los canales en cuyo fondo se acumulan cantos y "galet mou d", y corresponden a un régimen fluvial. Si bien su parte superior se sitúa en el Priaboniense superior, el grueso de la formación corresponde ya al Oligoceno, habiéndose correlacionado con los lignitos de Calaf, en los que se conoce de antiguo una fauna de mamíferos que los datan como sannoisienses (zona de Ronzon).

La Formación Calcárea de Tárrega se sitúa en la parte central de la cubeta, entre las dos molasas antes mencionadas, y está constituida por calizas predominantemente micríticas, lacustres, que son más antiguas hacia el E, y progresivamente más modernas hacia el W.

Geología estructural del área.-

En general, los materiales han sido poco perturbados tectónicamente y presentan buzamientos subhorizontales, salvo en las proximidades de los ejes anticlinales, que constituyen las principales alineaciones estructurales y cuya dirección en esta zona es la WSW-ENE.

Se observa como dicha dirección interfiere con los pliegues situados fuera del área Vilanova d'Aguda - Calaf - Moya-Solsona, hecho debido a la presencia de una masa evaporítica especialmente importante en esta zona y, por lo tanto, al distinto comportamiento de la cobertera respecto al zócalo.

Los accidentes tectónicos han sido atribuidos por Masachs (1952) a la Fase Sávica, si bien ha existido una tectónica diapírica que, cebada en el Oligoceno, dura todavía en la actualidad.

De S a N encontramos los siguientes accidentes:

1) El sistema de pequeños pliegues laxos, de dirección WNW-ESE, localizado en Artés y Sampedor, que interfieren con los grandes pliegues situados más al N. Hemos observado un pliegue laxo en las proximidades de Sampedor (al E) y tres más (dos anticlinales y un sinclinal) en los alrededores de Artés (un sinclinal y un anticlinal al NNE del pueblo, interfiriendo con el anticlinal fallado del Guix y otro anticlinal inmediatamente al SW de aquél).

2) La falta del Guix. Este accidente presenta la dirección dominante en la región. En realidad se trata de un cabalgamiento de vergencia SSE que tiene un salto máximo de unos

150 m. Presenta diversas formas en superficie, pues mientras en el Cogulló (vertice situado inmediatamente al W de las explotaciones de Sallent) constituye una falla inversa perfecta, en la margen opuesta se observan repliegues característicos de un frente de cabalgamiento. Este accidente se atenúa algo en profundidad, después de atravesar la masa salina. La sal queda afectada por una serie de pliegues en cascada de gran salto y vergencia SSE. Ejemplos de este tipo de pliegues los tenemos en la zona R de las explotaciones de Sallent, y en zonas situadas más al S de la misma.

3) Más al N se encuentra el anticlinal de Suria, que pasa entre Balsareny y Navás, siendo corriente observar en su charnela fallas de plano vergente al S y parte hundida también S. En la charnela de este pliegue se sitúa uno de los pozos de la explotación de Suria. Este pliegue, sencillo en el resto de su longitud, se complica extraordinariamente en Suria, donde hay una interferencia con otros dos accidentes: la falla de Tordell, situada al S extendiéndose hacia el E de Suria y elevando la parte S, y un anticlinal situado al N que, partiendo de la zona diapírica de Suria, se prolonga hacia el W. En el flanco elevado de la falla de Tordell está enclavado otro pozo de las explotaciones de Suria.

4) El sistema anticlinal de Cardona, constituido por dos ejes casi coincidentes que se extienden al NE y SW del diapiro de Cardona. Entorno a Cardona existe también una cierta complicación tectónica originada por fallas asociadas al diapiro, tanto de tipo radial como concéntrico. En el flanco S del anticlinal existe una importante discordancia progresiva, producida por el diapirismo sincrónico con la sedimentación de los materiales, perfectamente visible por foto aérea.

A continuación se añade un mapa tectónico esquemático del área.

S E G U N D A P A R T E . -

INTRODUCCION

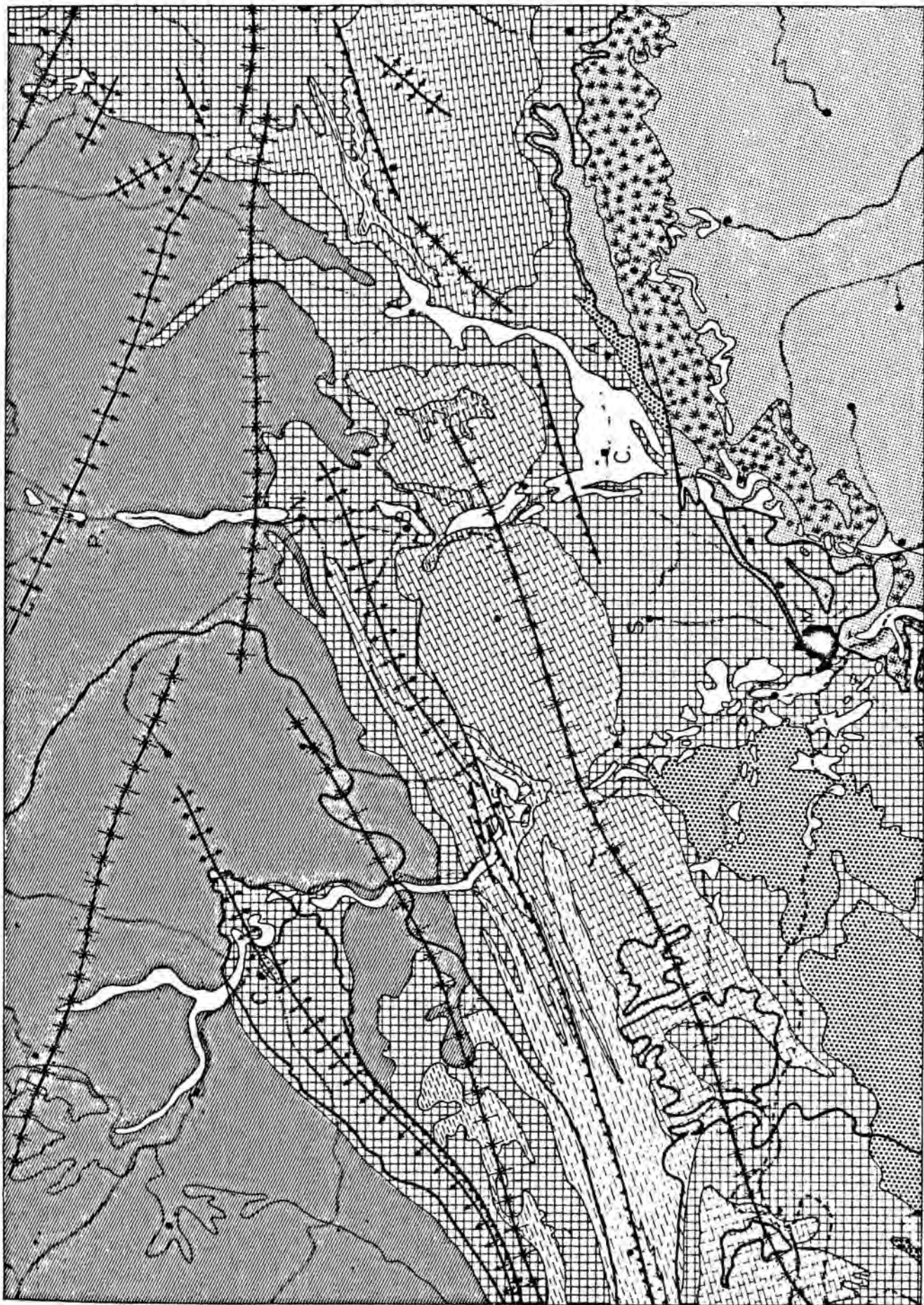
Esta segunda parte va a estar dedicada exclusivamente al estudio desde diversos aspectos de la denominada Formación salina de Cardona.

En este apartado vamos a ver la disposición de los materiales en el interior de dicha formación. Los lugares más aptos para determinaciones de este tipo son las explotaciones de Sallent y Balsareny, dado que en Suria y Cardona la influencia del diapirismo perturba los niveles salinos, presentándose éstos con fuerte inclinación e impidiendo la medición detallada de los mismos.

Se han realizado series en la zona potásica, única accesible en las explotaciones, conociéndose los demás detalles sobre potencia de materiales por datos de sondeo.

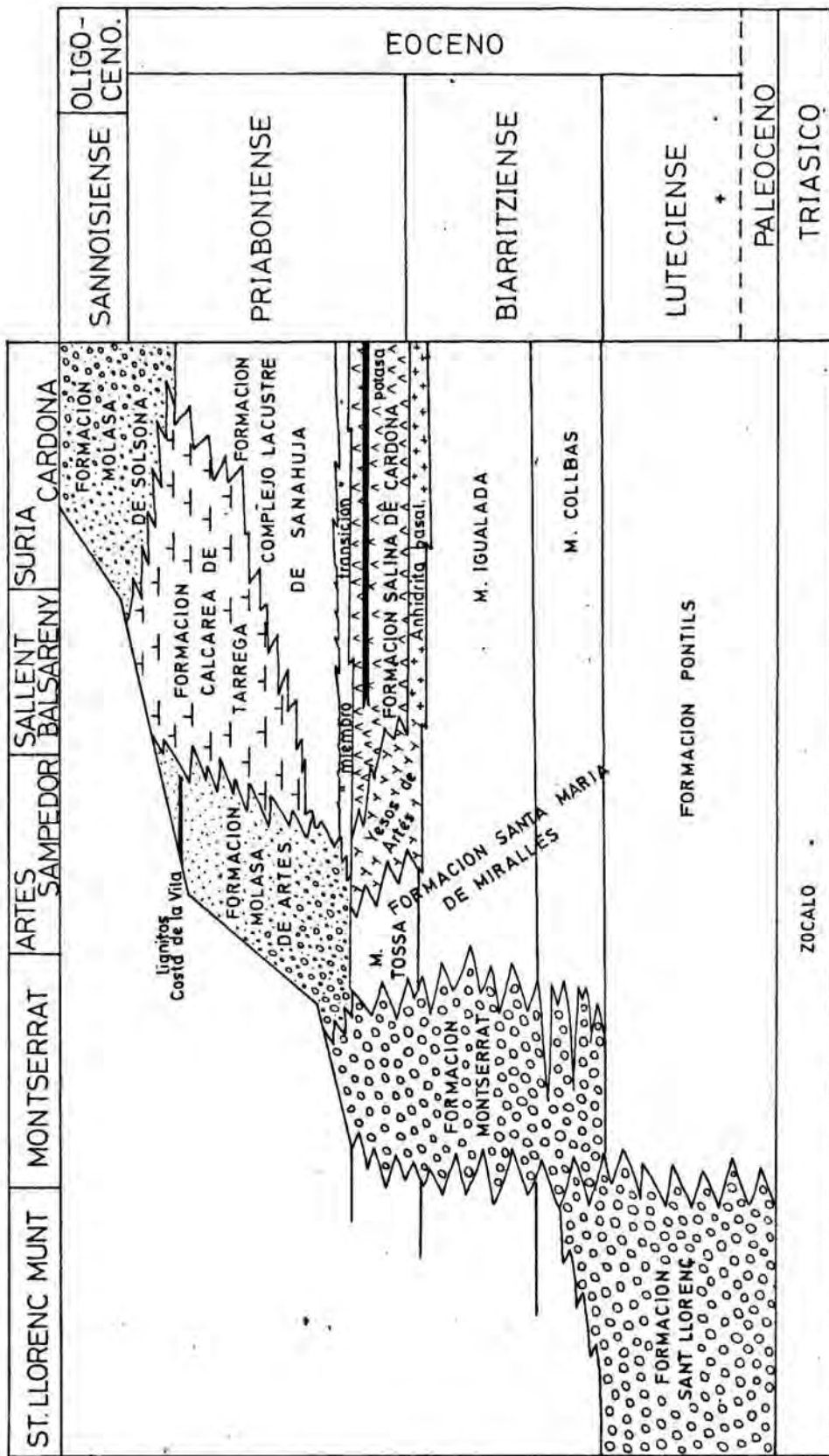
Se añade a continuación una síntesis de los sondeos efectuados en la zona potásica y que nos dan idea de la distribución regional de las evaporitas.

Los sondeos han sido esquematizados a escala 1:10000 y las columnas detalladas de la zona potásica a escala 1:5.



MAPA GEOLOGICO 1 : 200000 I. G. M. E. modificado,
y según Riba (1967).

- F. Molasa de Solsona.
- F. Molasa de Artés.
- F. Compl. Lac. Sanahuja.
- F. Calcareo de Tárrega.
- M. Margas de Igualada.
- M. Calizas de La Tossa.

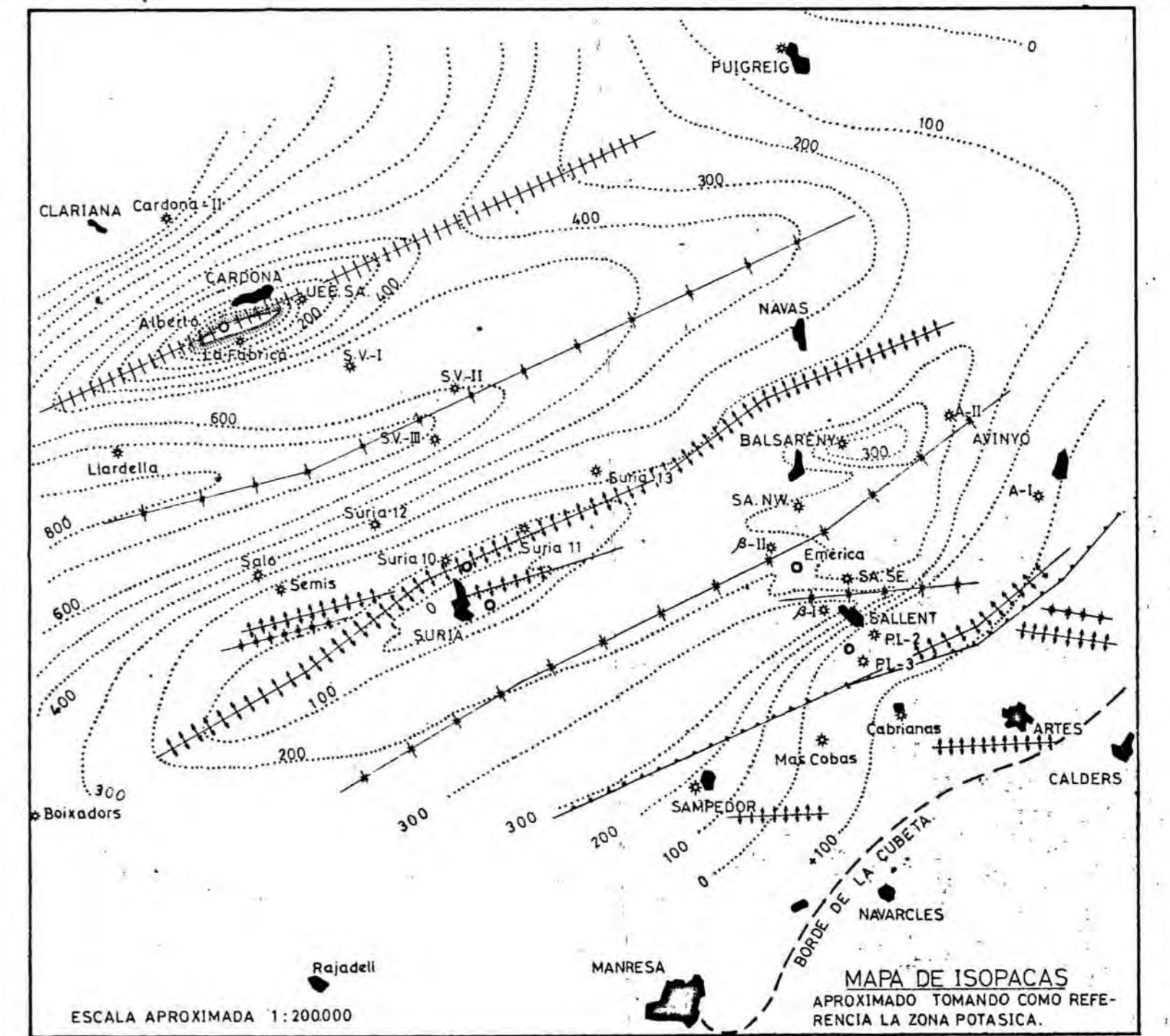
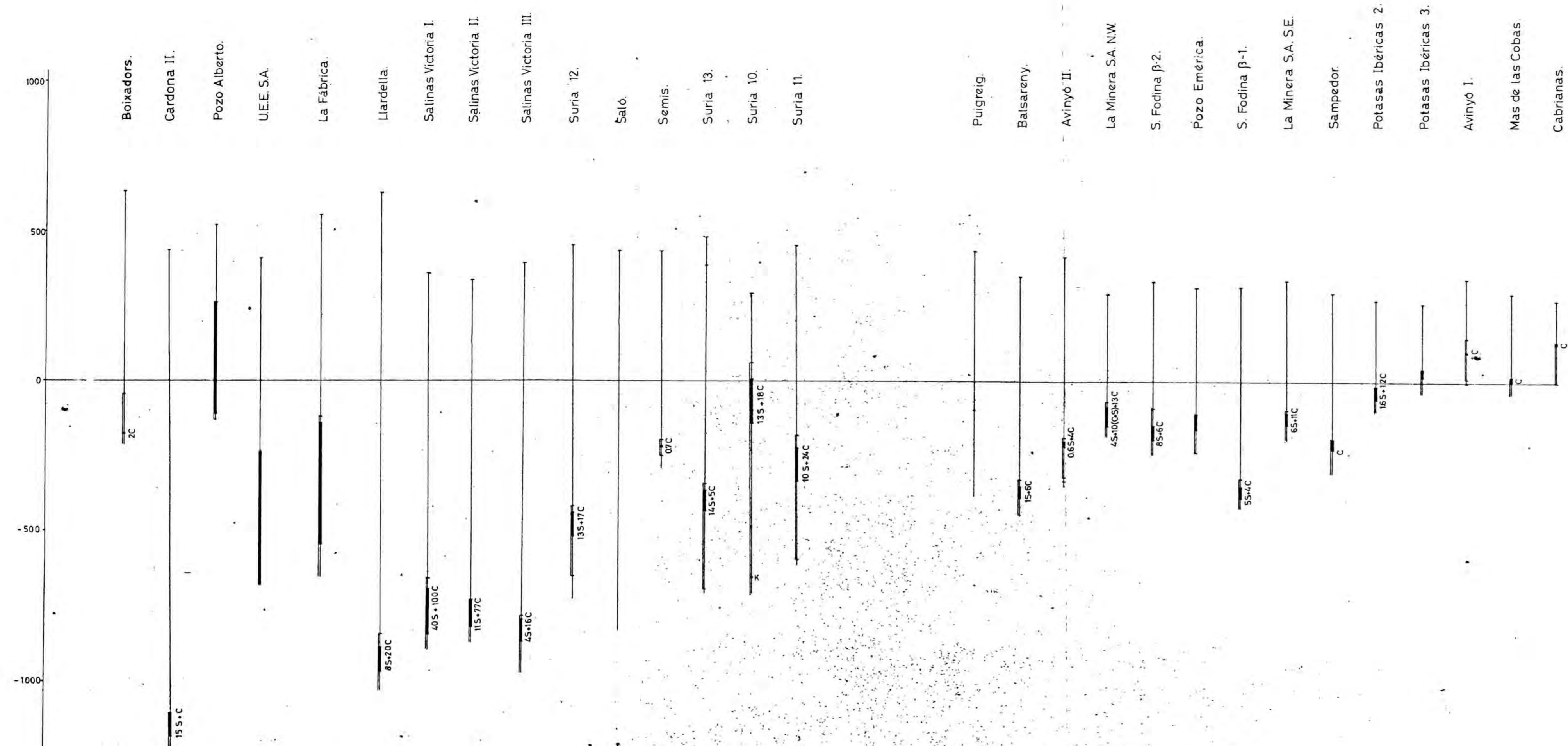


CUADRO SINTEITICO SIMPLIFICADO DE LA ESTRATIGRAFIA DEL AREA.
 (en parte según Rosell, Julià y Ferrer (1966) y Ramírez del Pozo, Maldonado y Riba (en prensa).)

SINTESIS DE LOS PRINCIPALES SONDEOS EFECTUADOS EN LA CUENCA POTASICA CATALANA.

Según datos de Marin (1950).

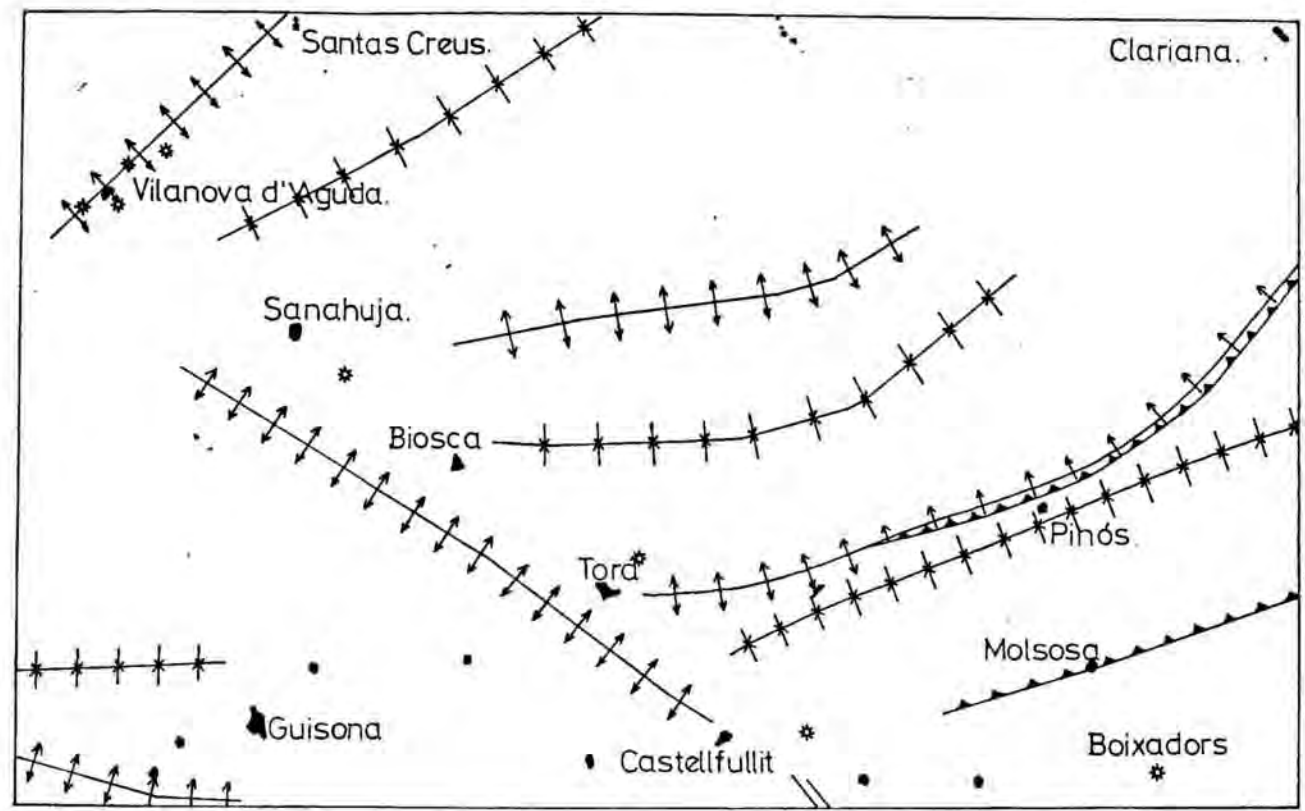
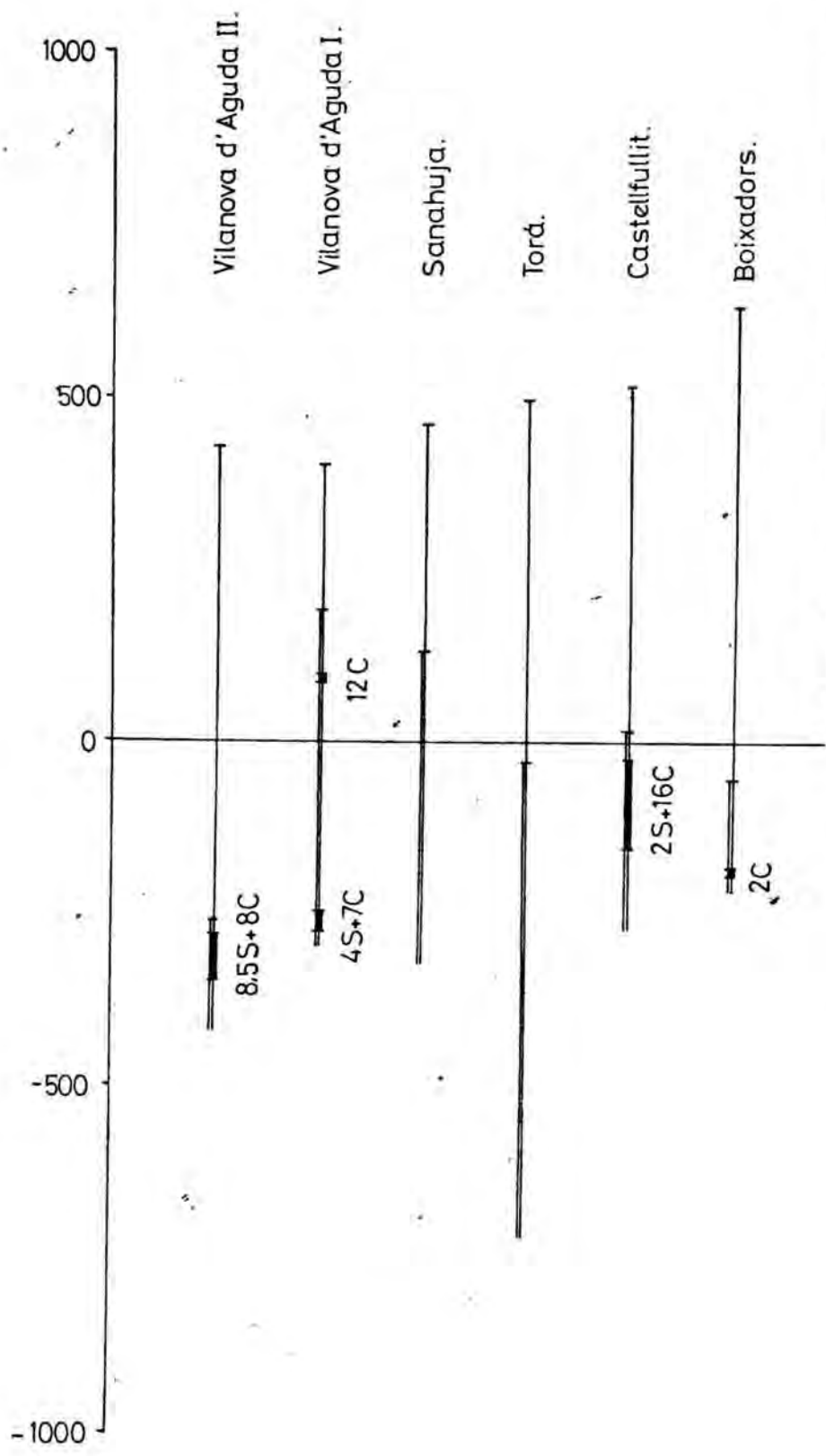
Escala 1:10000



ACLARACIONES Y SIGNOS CONVENCIONALES.

EL 0 DEL MAPA INDICA EL NIVEL DEL MAR.

- Principio del sondeo = superficie topográfica.
- Sal nueva.
- Zona potásica. 5S + 10C = 5 m. silvinita + 10 m. carnalita.
- Sal vieja.
- Anhidrita.
- Marino.
- Fin sondeo.



ACLARACIONES Y SIGNOS CONVENCIONALES

- | principio del sondeo.
- | sal nueva.
- | zona potásica.
- | sal vieja.
- | anhidrita.
- | marino.
- | fin del sondeo.

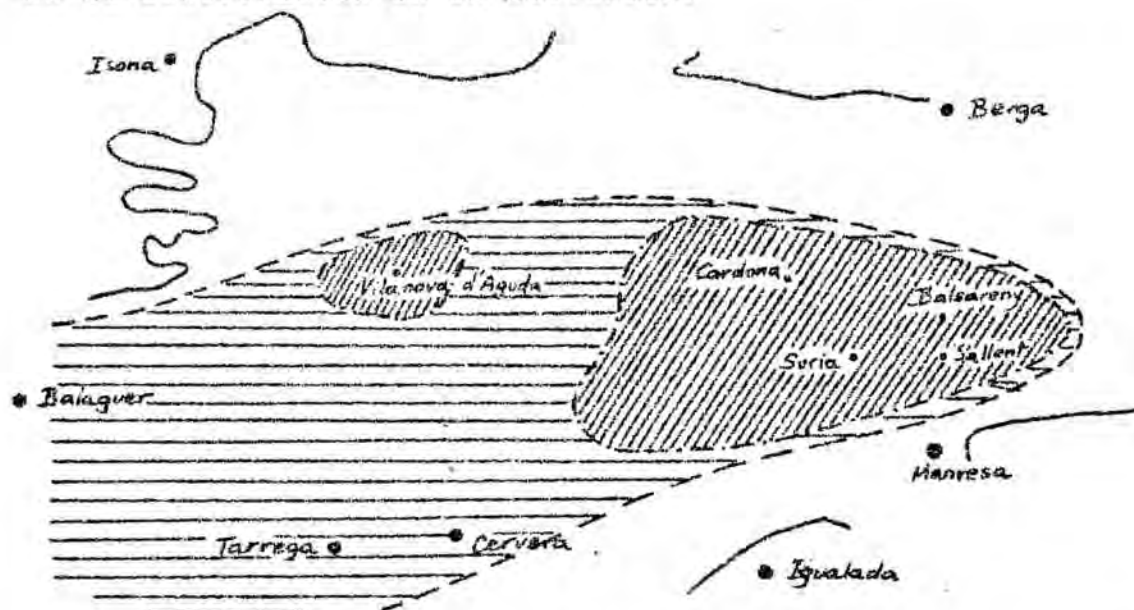
La sal se presenta (ver series) formando láminas de varios centímetros separadas por diastemas de arcilla gris oscura de un espesor medio de 1 mm. Debemos, no obstante, considerar la existencia de tres tipos de ritmo de deposición:

a) El macrociclo completo formado por la sucesión de sulfatos - sal común - sales potásicomagnésicas - sal común - (sulfatos), en el que las sales potásico-magnésicas indicarían el momento de máxima restricción de la cubeta, y la halitita bandeada final ("sal nueva") y sulfatos superiores, una tendencia a la disminución de las condiciones de salinidad de la cuenca. El hecho de presentarse un periodo de restricción prolongado y una fase de normalización relativamente corta ha sido observado por diversos autores (Strakhov y otros) dentro de otros macrociclos. Recordemos que el Zechstein evaporítico anglo-alemán presenta cuatro macrociclos similares de los que el Zechstein 3 se subdivide a su vez en tres submacrociclos: La Hauptanhydrit, el grupo Riedel y el grupo Ronnenberg.

La potencia del macrociclo en los depósitos catalanes es de 150 a 200 m en los lugares menos afectados tectónicamente (parte S. del yacimiento) si bien puede alcanzar los 300 m en partes más centrales de la cubeta. Su origen debemos de buscarlo en causas morfoestructurales (existencia de una cubeta ad ecuada, con un umbral que la comunica con el mar abierto) que originan una restricción, un progresivo aumento de la salinidad de la cubeta, y una colmatación con rápida evaporación final (probablemente debida al cierre del umbral al final de la deposición evaporítica) y paso al régimen lacustre superior.

La geometría de esta formación no ha sido bien determinada, pero si nos basamos en la síntesis de sondeos efectuada por Marín (1950) y expuesta antes gráficamente, vemos que

en la zona catalana se distinguen dos subcubetas, según muestra el esquema que sigue a continuación, y basándonos en la distribución de la silvinita.



Se sabe por diversos sondeos efectuados a lo largo de la Depresión del Ebro que el yacimiento evaporítico se continúa hacia la zona de Pamplona, donde vuelve a haber silvinita. Sin embargo, no se ha cortado hasta el momento niveles de silvinita en la parte central de la Depresión.

El modelo que creemos más adecuado para explicar el tipo de sedimentación evaporítica observado, es el que imagina la parte N de la actual Depresión del Ebro funcionando como una cubeta de deposición evaporítica marina (tipo "deep basin" - ver en "Génesis de Yacimientos" las características de este tipo de cubetas según los diversos autores) emplazada en una zona originalmente deprimida entre el Macizo del Ebro y el frente del Manto de Gavarnie.

La comunicación con el mar abierto se verificaría a través de un umbral probablemente situado hacia la parte oriental de la Depresión, y la presencia de sales potásico-magnésicas en ambos extremos de la fosa se debería a la existencia de zonas más profundas que condicionarían la acumulación de las salmueras más densas en el fondo de las mismas.

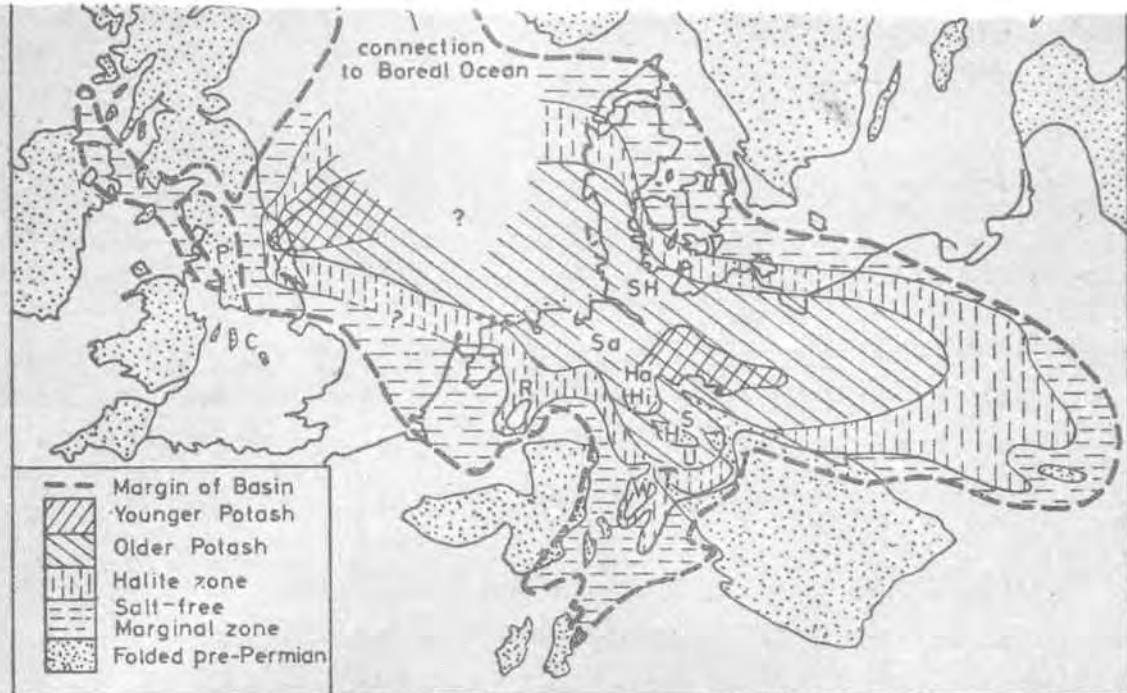


FIG. 5.3. THE ZECHSTEIN BASIN

Note that the Older Potash of England may be equivalent to the Younger Potash of Germany. C = Central England Stable Block; P = Pennines; Y = Yorkshire; R = Lower Rhine Basin; Sa = Lower Saxony Basin; SH = Schleswig-Holstein; Ha = Hannover; Hi = Hildesia; S = Stassfurt; H = Harz Mountains; U = Unstrut district; W = Werra-Fulda Basin; T = Thüringer Wald.

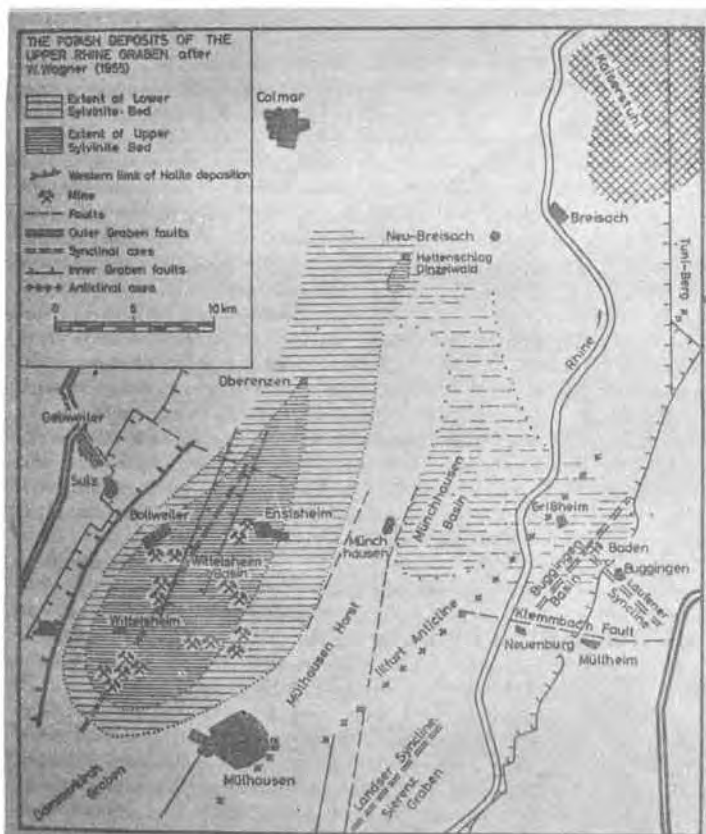
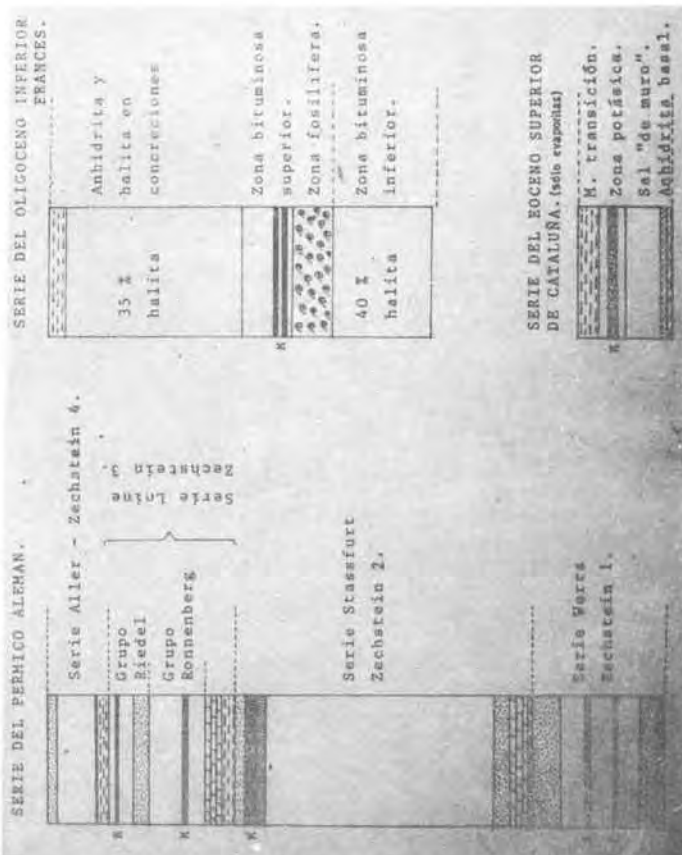


FIG. 17.1. DISTRIBUTION OF OLIGOCENE POTASH SALTS IN THE RHINE GRABEN. (After W. Wagner, 1955)

multiplying by ten, in order to allow time for the bituminous marl partings to form (these resulted from dilution by river water; F. Lotze, 1938), it is apparent that not enough time was available for contemporaneous subsidence to have played any part in the accumulation of the potash salts. That disposes of one argument in favour of readimentation. Moreover,



Los esquemas anteriores muestran comparativamente el espesor de los macrociclos de Cataluña, Stassfurt y Alsacia, indicando además el tipo de sedimentos que los encuadran. En el caso de las sales catalanas (y también en los otros ejemplos) se observan pulsaciones internas al macrociclo, debidas a un movimiento relativo del umbral, de tipo discontinuo y arrítmico. Esta parece la explicación más adecuada a la existencia de niveles de silvinita separados por episodios de halitita bandeada ("capa rica", "sal de 60", "capa A", "sal entre dos", "capa B").

b) Los ciclos evaporíticos rítmicos, compuestos por varios centímetros de espesor de halitita (3 a 4 cm por término medio en los yacimientos catalanes) y separados por diastemas arcillosas de 1mm de espesor por término medio.

Las ideas más recientes respecto al origen de los ciclos (Braitsch, 1962) parecen atribuirles causas puramente climáticas estacionales. Se trataría de ritmos (o varvas) cuyos componentes corresponderían a una fase más húmeda y fría (diastemas arcillosas grises) y a otra más árida y caliente (láminas de sal).

Refuerza esta hipótesis el hallazgo de posibles ciclos undecenales en la silvinita Ronnenberg (Siemeister, 1961). No obstante, el hallazgo de estos ciclos parece ser cosa poco corriente, o al menos, difícil de observar. No hemos observado ciclos de esta clase en los depósitos catalanes.

En Stassfurt, la relación anhídrita-halita es de 3/100, lo que demuestra que cada uno de los ritmos corresponde a la evaporación estática del agua marina. Esta re-

lación se cumple también de modo aproximado en nuestros depósitos. Si un ritmo aislado se concibe como una unidad de evaporación estática, un conjunto de ritmos similares se atribuye a variaciones estacionales (Zimmermann, 1915; Braitsch, 1962) que pueden ser monzónicas o por migración anual de salmueras (como sucede actualmente en el Mar Rojo).

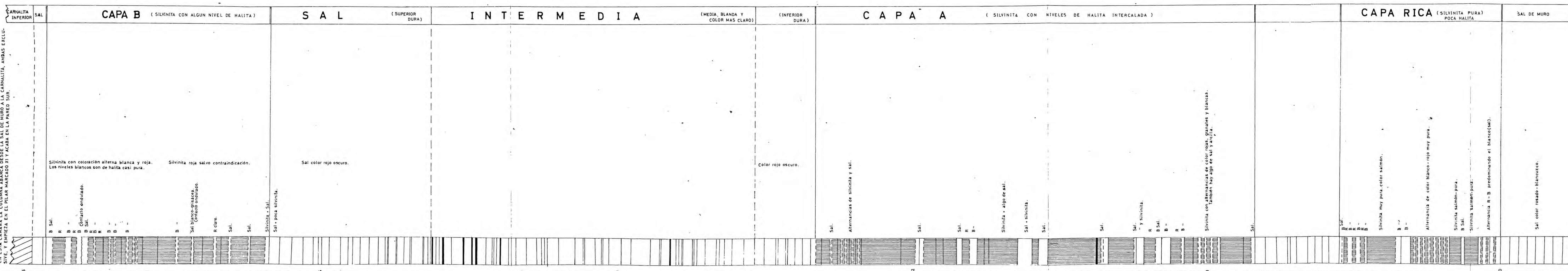
Las objeciones que puedan existir respecto a este modelo basadas en el anormalmente intenso ritmo de deposición necesario quedan contestadas si se tiene en cuenta que el observado en Kara Bugas, actualmente, es de 10 cm de halitita al año (Fiveg, 1954), aunque en este caso no se han encontrado las láminas de sulfato en la base de los ciclos.

En resumen, después de considerar diversas posibilidades, Braitsch propone que la ritmicidad es causada por aportes marinos continuos (sobre el umbral) y aportes continentales periódicos (estacionales). Se considera demostrada ya la conexión marina permanente, dado el enriquecimiento en materia orgánica de los lechos arcillosos, hecho que puede explicarse por la llegada de plancton en otoño (condiciones de salinidad aptas) y su muerte y sedimentación cuando vuelve a elevarse la salinidad (Richter Bernburg, 1960).

Se ha intentado restar importancia a los factores climáticos en la génesis de los depósitos evaporíticos rítmicos, atribuyendo dicho fenómeno a movimientos del umbral (Lotze, 1957) o a movimientos eustáticos (Ham, 1961). Sin embargo, a pesar de que ambos mecanismos son válidos, resulta incomprensible la acusada ritmicidad observada en los mismos.

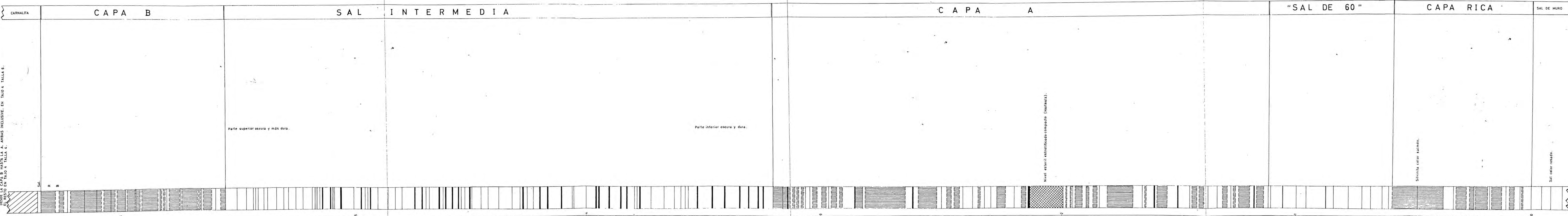
COLUMNA XI EN LA CAMARA B DE SALLENT.
Escala 1:5

EN ESTA CAMARA LA COLUMNA ABARCA DESDE LA SAL DE MURO A LA CARNALITA, AMBAS EXCLUIDAS, Y EMPIEZA EN EL PILAR MARCADO XI Y ACABA EN LA PARED SUR.



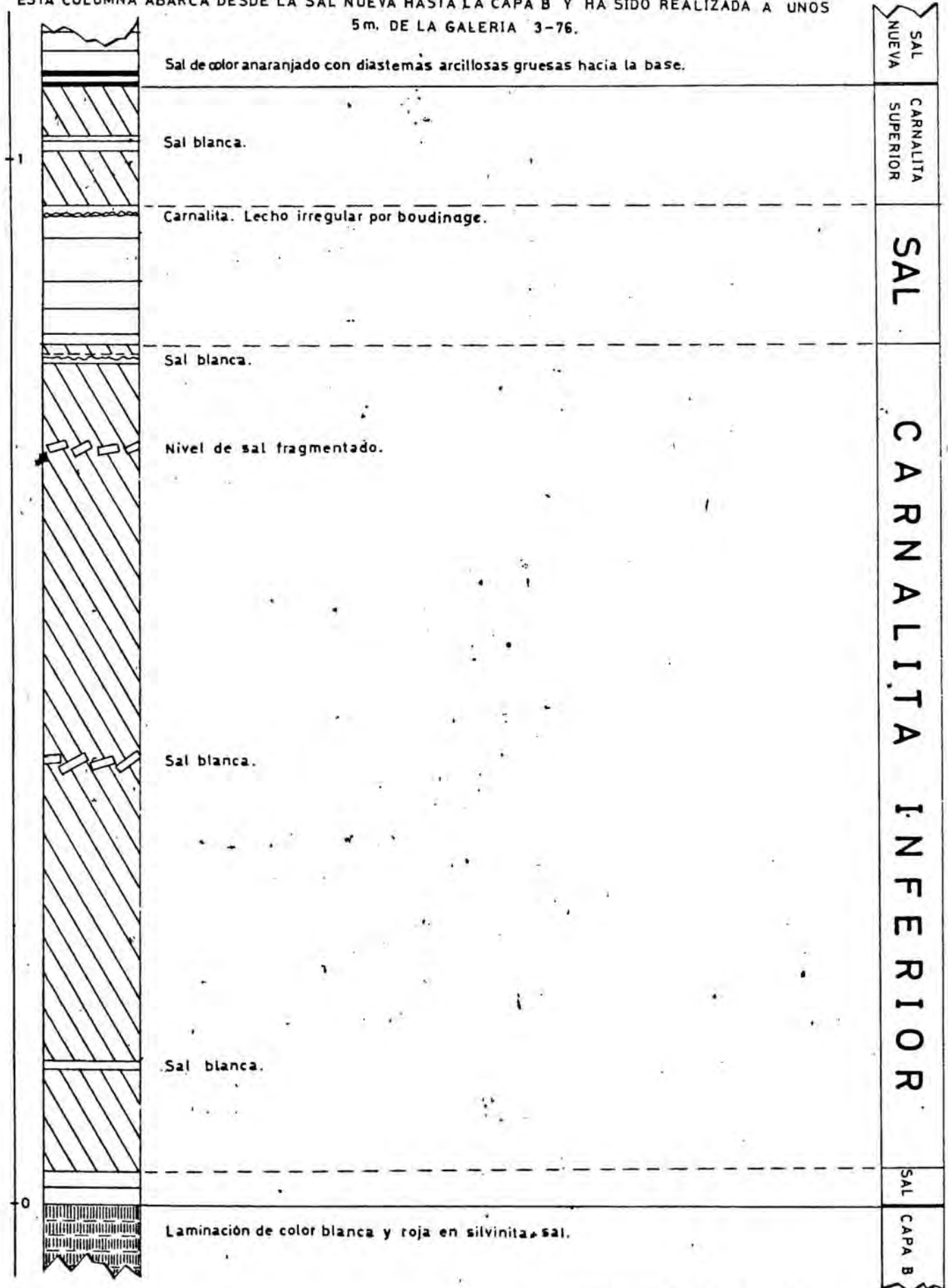
COLUMNA DE LA SAL DE MURO A LA CARNALITA
ESCALA 1:5

ESTA COLUMNA HA SIDO MEDIDA EN DOS PARTES DISTINTAS:
 DESDE LA CAPA B HASTA LA A, AMBAS INCLUSIVE, EN TAJO 4, TALLA 6.
 EL RESTO EN TAJO 4, TALLA 4.



COLUMNA X6 EN LA GALERIA CIRCULAR DEL VOLCADOR. SALIENT. Escala 1:5

ESTA COLUMNA ABARCA DESDE LA SAL NUEVA HASTA LA CAPA B Y HA SIDO REALIZADA A UNOS 5m. DE LA GALERIA 3-76.



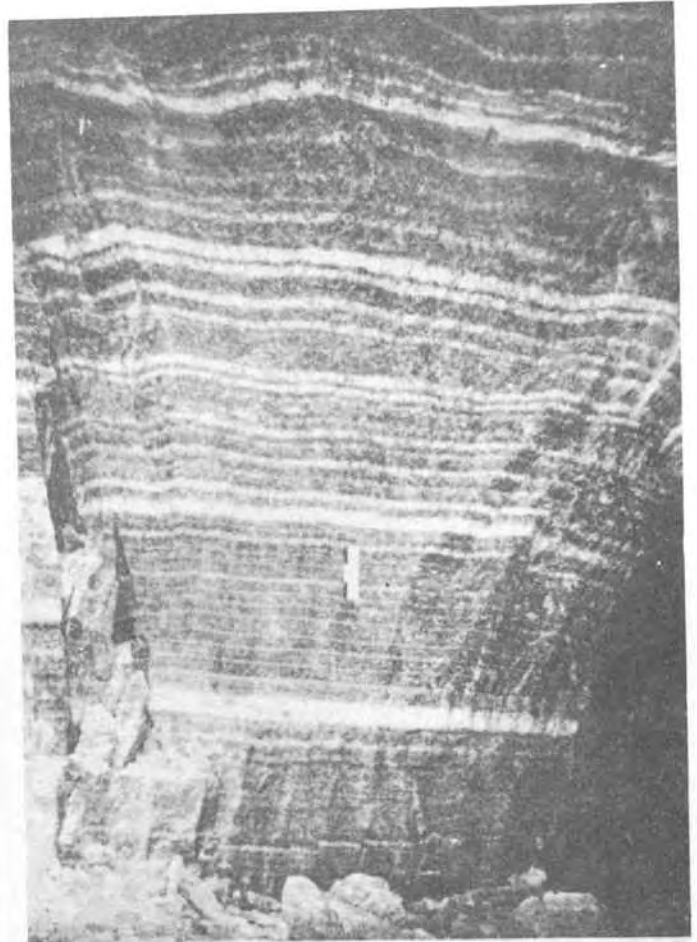
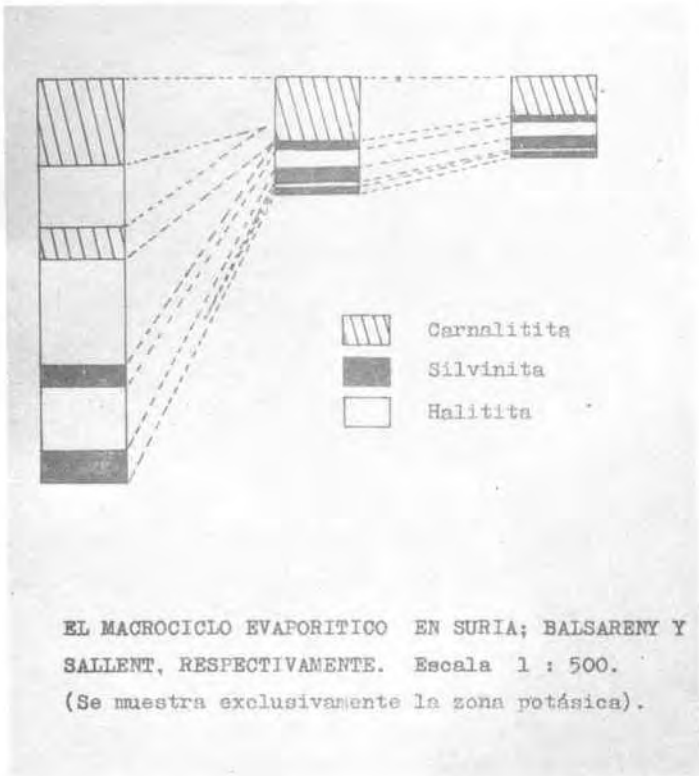
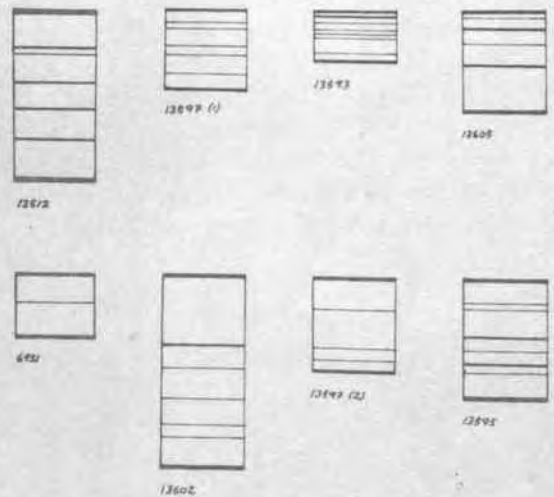


FIG. 11. RHYTHMIC (PROBABLY ANNUAL) BANDING IN THE RONNENBERG SYLVINITE



DIVERSOS MICROCICLOS OBSERVADOS AL MICROSCOPIO EN EL INTERIOR DE LOS CICLOS DE HALITITA BANDAADA.

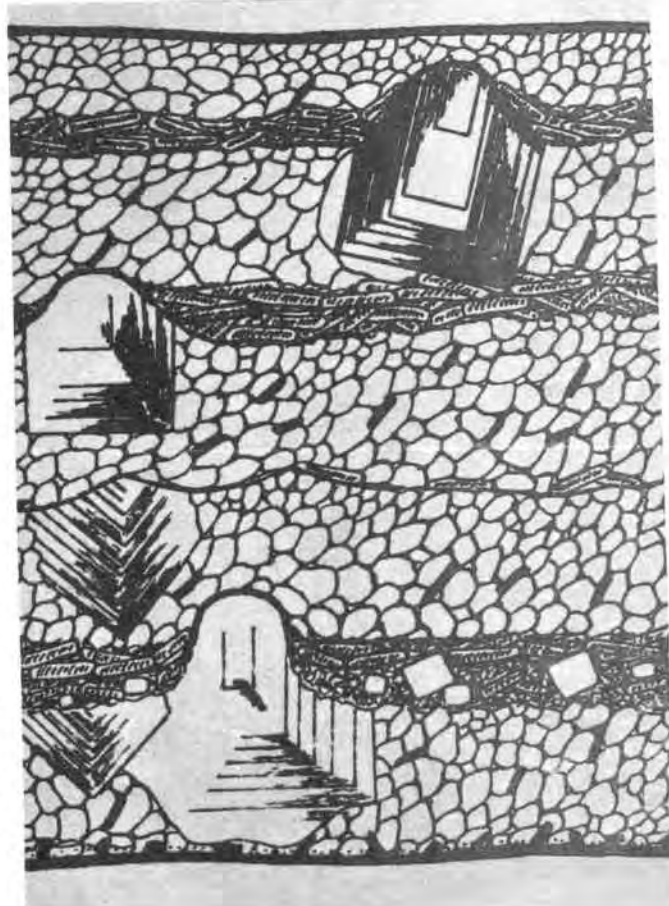
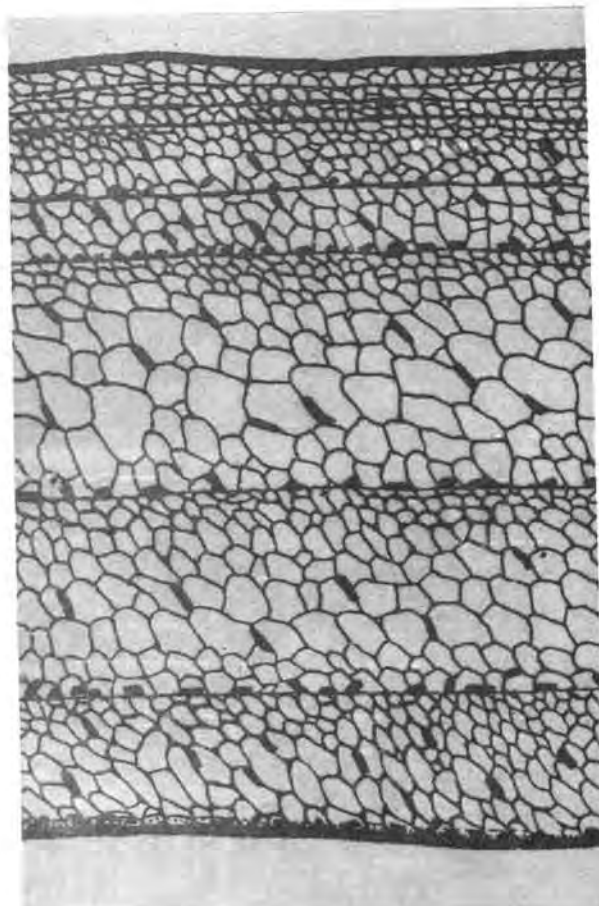
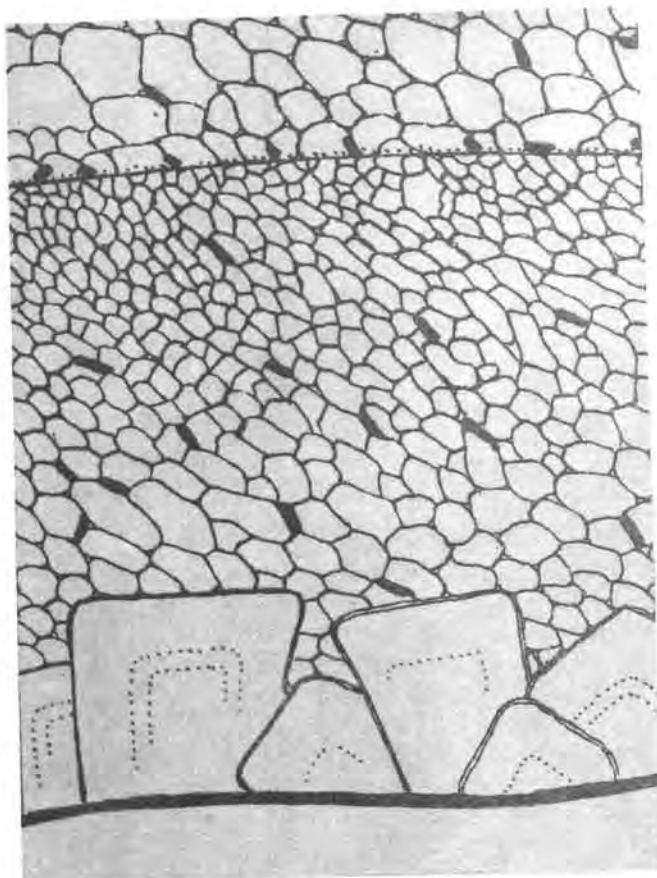
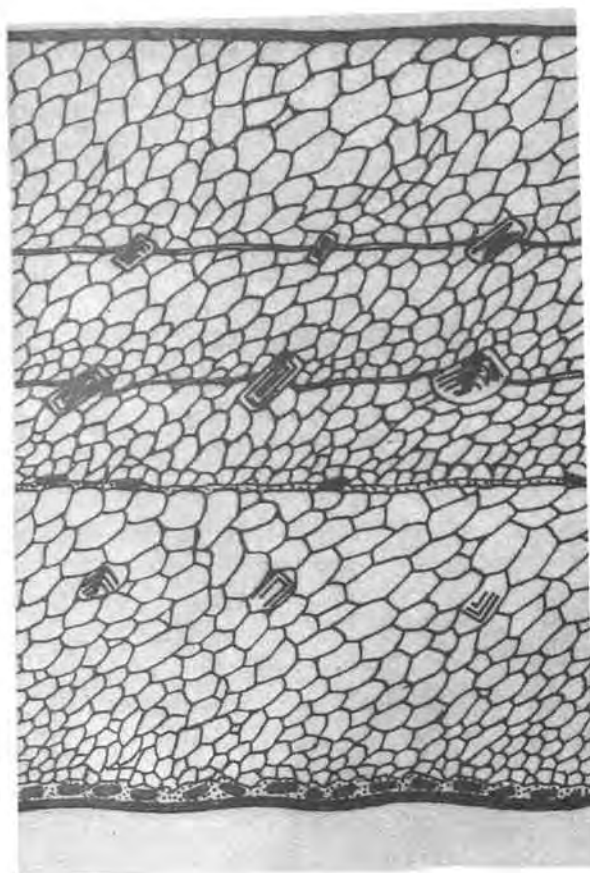


Escala natural (1:1).

Cada uno de los microciclos posee "graded bedding" inverso como estructura interna. Las líneas de separación más gruesas indican la existencia de una diastema arcillosa muy débil.

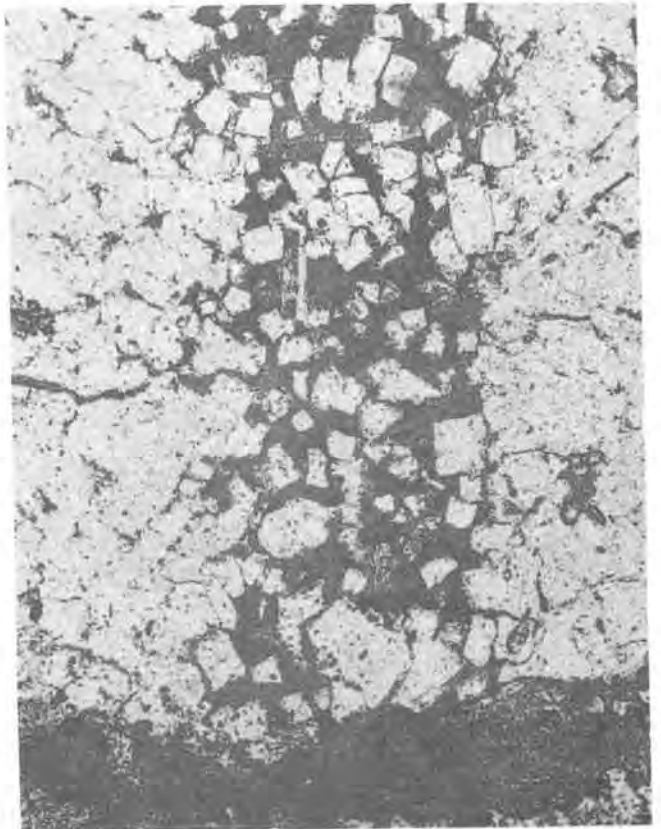
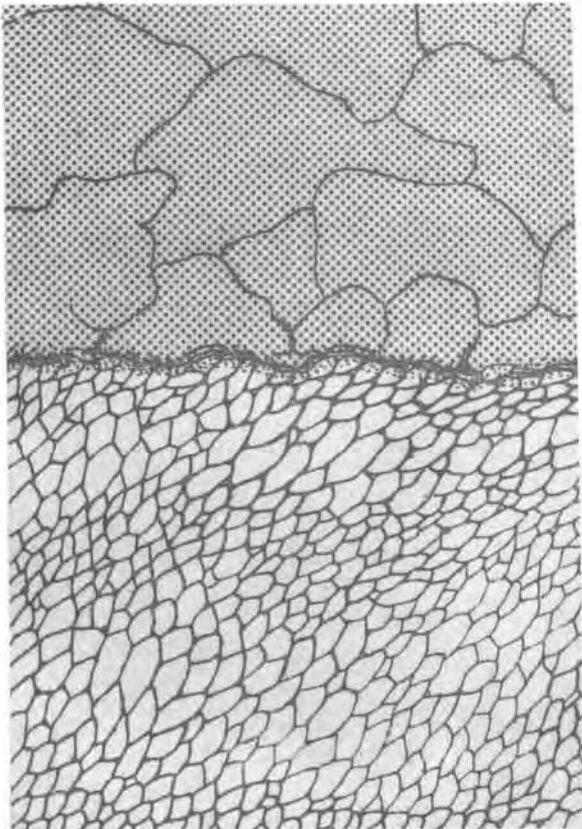
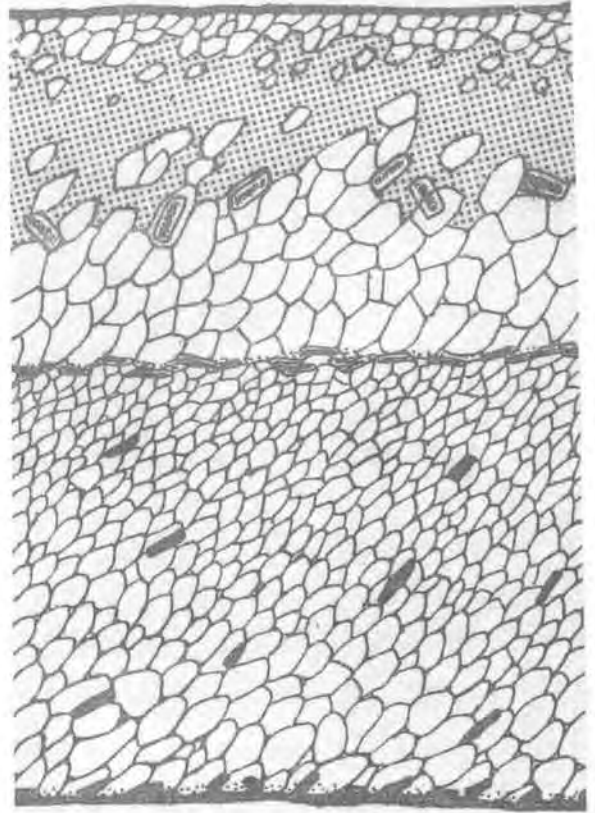
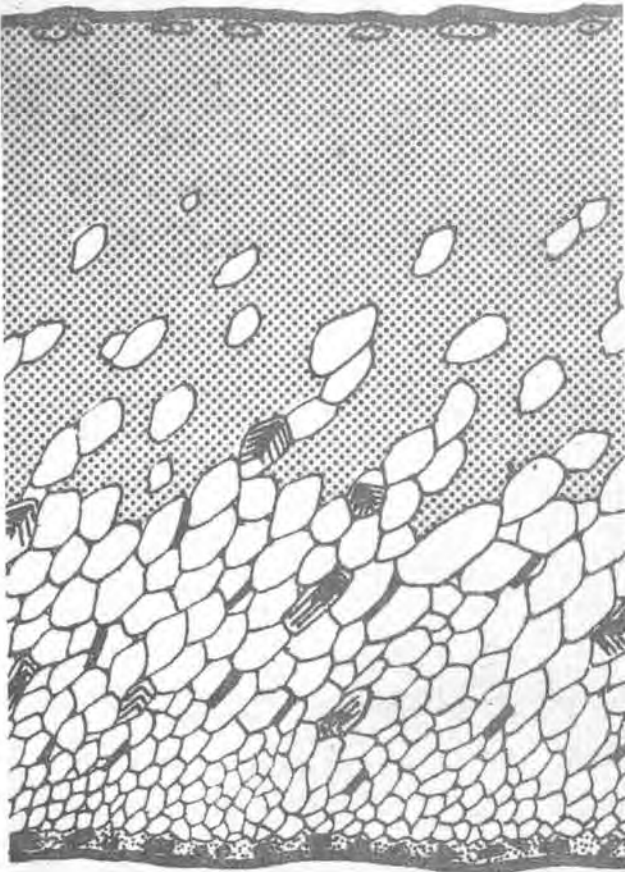
Diversos tipos de ciclos observados en halitita bandeda. Puede presentar "graded bedding" directo e inverso, si bien predomina el primero de ellos. Ello, y la existencia de enriquecimientos en sulfatos en la parte superior de los ciclos nos hace pensar en la existencia de "secuencias recesivas" (Richter-Bernburg, 1968) producidas por aporte brusco de salmueras concentradas, procedentes de subcubetas periféricas, y una progresiva disminución de la concentración por mezcla con el agua superficial de la cubeta.

Los esquemas de la derecha muestran dos casos particulares cuyo origen será explicado más detalladamente en el capítulo de Petrología. En la fotografía superior se observa como en la base del ciclo hay unos cristales subidiomorfos, de tamaño relativamente grande (aproximadamente 1 cm.), producidos por cristalización en el fondo, en condiciones de fuerte concentración. En la parte inferior se exponen alternancias de halita "clear" y "hopper crystal", observándose como los grandes "hopper" presentan resistencia a la disolución, originándose las formaciones en cúpula visibles en la figura. Todos los hechos aquí expuestos abogan en favor de la existencia de unas condiciones de extraordinaria quietud en el fondo de este tipo de cubetas.



Tipos de ciclos observados en la silvinita bandeada. El paso halita-silvita es progresivo gradacional, mientras que el contacto superior del ciclo es, normalmente, erosional por disolución. No obstante, hay casos en los que el contacto inferior de la silvita (halita-silvita) es erosional, como puede observarse en el tercer esquema.

La cuarta figura (microfotografía) muestra la constitución de una fina diastema arcillosa entre los microciclos internos a uno de los ciclos estacionales. Se aprecia como en el interior de la masa arcillosa, los cristales de halita son idiomorfos.

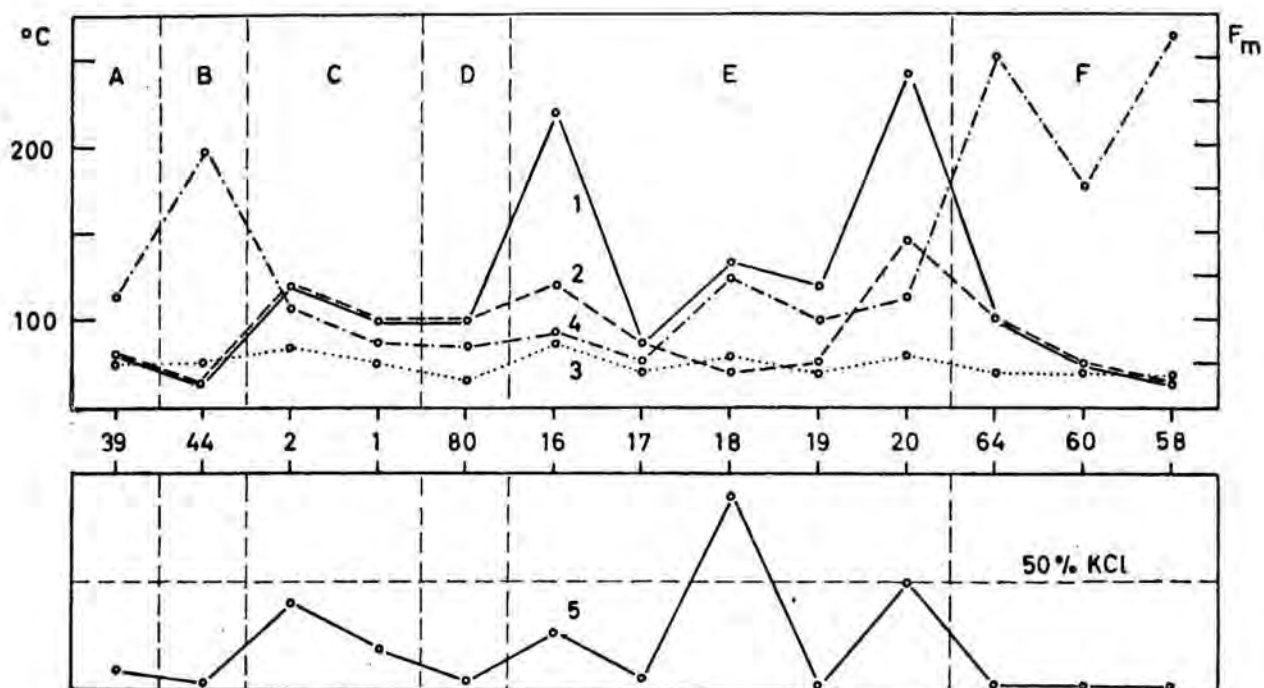


Cada ciclo presenta en su parte superior un contacto erosional formado por disolución en el periodo húmedo. El conjunto de los ciclos no presenta, por tanto, una sedimentación continua en el tiempo sino que entre la parte superior de cada uno de ellos y la inferior del siguiente existe una pequeña discordancia.

Estos ciclos afectan también a las rocas potásicas. Los presentes en la silvinita son de mayor potencia que los de halitita (unos 8 cm de promedio, aunque a veces llegan hasta 20 en los yacimientos catalanes). Respecto a estos ciclos ha habido una fuerte controversia (ver Petrología) respecto a si son primarios o la silvinita es un producto secundario del metamorfismo de la carnalita. Así, mientras Borchert se inclina por una génesis metamórfica, Braitsch cree que en los yacimientos exentos de sulfato magnésico son primarios.

Diversos autores han supuesto un origen primario de la silvinita en los depósitos evaporíticos de tipo catalán o alsaciano y han intentado explicar la alternancia silvinita - halitita atribuyéndole un origen puramente térmico, basado en el distinto calor integral de disolución de ambas especies mineralógicas (Braitsch, 1962; Solans y Montoriol, 1968; Montoriol y Mont Altaba, 1969).

No hemos podido observar con claridad, ciclos en la carnalinita (ver series adjuntas) debido a que se presenta disturbada por un diferente comportamiento mecánico respecto a la halitita. No obstante, hemos podido medir unos ciclos constituidos por halitita en la base (1 cm de potencia) y carnalita de 10 a 20 cm de espesor en la parte superior (galería circular del volcador, Sallent). No sabemos que significación puedan tener estos ciclos, aunque Lotze (1957) afirma que tales ciclos corresponden también a sedimentación estacional.



La figura superior es la representación gráfica de decrepitometrías efectuadas en muestras seriadas de Suria por Montoriol y Font Altaba (1969). En ordenadas se sitúa la temperatura y en abscisas un corte del yacimiento en donde A corresponde a la carnalítita del techo del yacimiento, C y E a las capas de silvinita, B y D a la halitita bandeada intercalada y F a la "sal vieja" (de muro).

Se han representado cuatro puntos de cada decrepitograma:

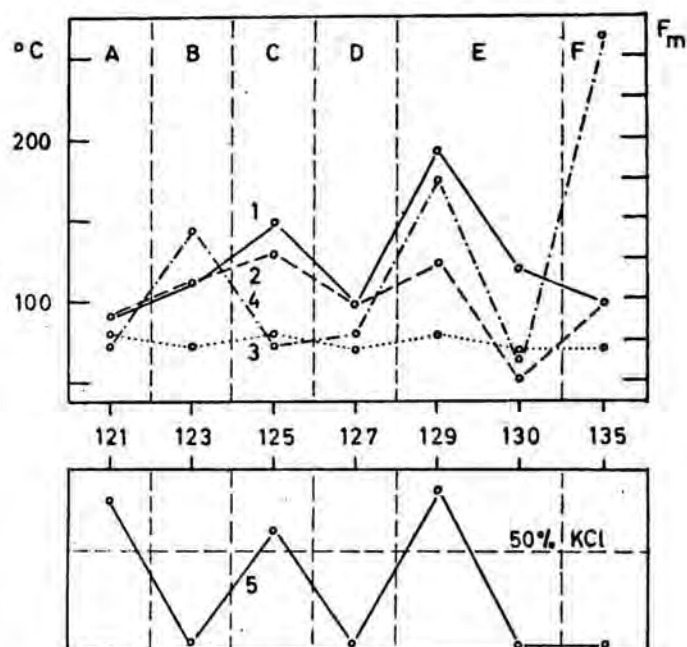
a) El n°3 ó cuando empiezan a ser audibles las primeras decrepitaciones.

b) El n°2 ó cuando están llenas las inclusiones de situación muy periférica.

c) El n°1 ó cuando estallan la mayoría de inclusiones, cualquiera que sea su situación en el grano.

d) El n°4 ó cuando se alcanza la máxima frecuencia de decrepitación.

La figura inferior es idéntica a la anterior, y ha sido realizada a partir de muestras del yacimiento de Balsareny.



c) Los microciclos observados al microscopio en el interior de los ciclos estacionales. Tienen algunos milímetros de potencia e indican la existencia de variaciones en el ritmo de deposición salina, originadas por sucesos anormales (fuertes lluvias en época árida, etc.). Serán objeto de estudio detallado en el capítulo de Petrología.

TECTONICA DETALLADA DE LAS EVAPORITAS

Se ha efectuado toma de datos en el yacimiento salino, especialmente de los pliegues que afectan la masa salina. Las zonas estudiadas han sido las que se encuentran en zonas actualmente en explotación y uso, y los resultados quedan expuestos en los diagramas y planos adjuntos.

Resultados obtenidos en Sallent y Balsareny.-

En ambas explotaciones se encuentran los pliegues agrupados en franjas discontinuas de rumbo zigzagueante, orientadas según la dirección E-W. En el interior de estas franjas se observan zonas de recristalización (denominadas "estériles" cuando afectan la zona potásica) coincidiendo normalmente con las partes más elevadas e intensamente replegadas. En algunos casos se observan pequeños planos de cizalla de sección lenticular y grietas asociadas.

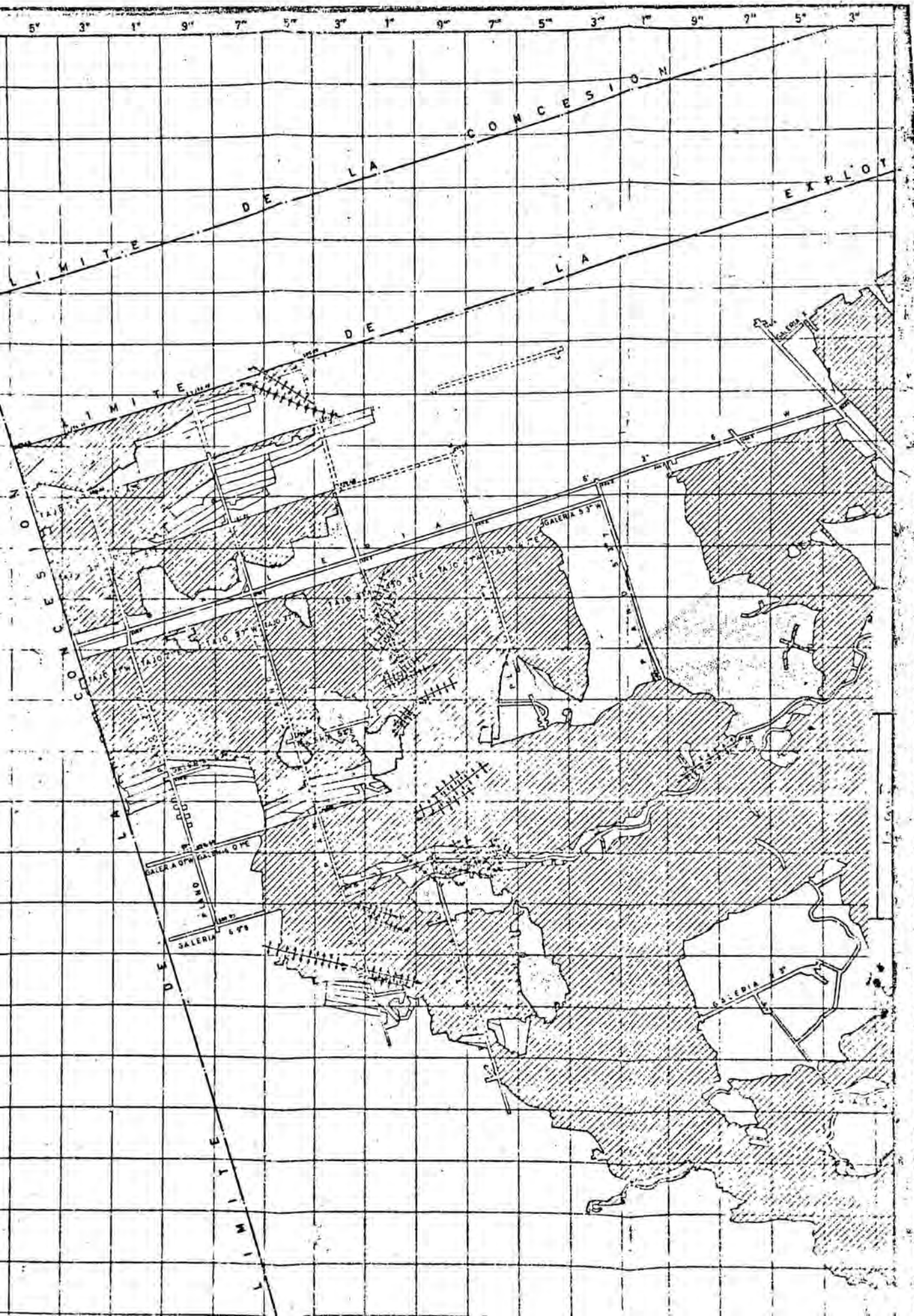
Como se verá en el capítulo de Petrología, los estériles se producen principalmente por acción de fluidos que percolan a través de la masa salina, haciéndolo frecuente-

mente por las zonas de discontinuidad originadas tectónicamente.

Las causas de esta percolación diferencial son dos:

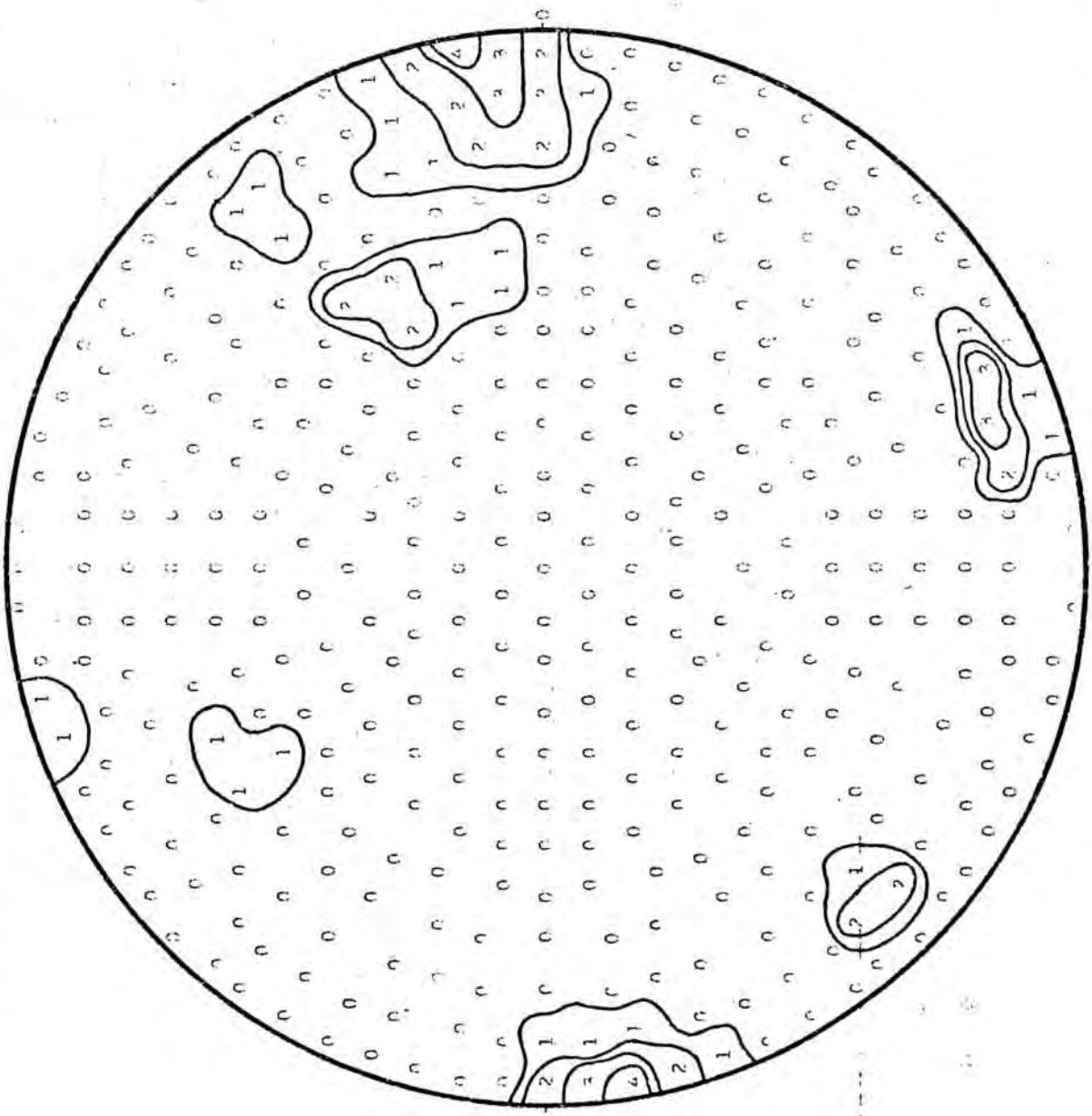
a) La existencia de estructuras anticlinales con fuerte plegamiento, que produce discontinuidades en las diastemas arcillosas ("boudinage") y la presencia de fisuras asociadas a los pliegues, observables periféricamente a los estériles. Se dice que la sal es impermeable, y ello es cierto para los hidrocarburos (sean éstos líquidos o gaseosos), pero los líquidos de tipo acuoso pueden percolar lentamente a través de ella, incluso sin producir mucha disolución cuando aquéllos están próximos a la saturación. Estos líquidos, como veremos en Petrología son ricos en sulfatos y están saturados en $ClNa$, produciendo disolución diferencial en los lechos potásicos. No obstante, en otros casos, se observa la acción de líquidos insaturados que producen disolución en los lechos de halita. Probablemente no se trate de líquidos distintos sino que corresponden a una misma salmuera en distinta fase evolutiva.

La estructura tectónica de las zonas estériles puede ser complicada en algunos casos por la presencia de cizallas de algunos metros (o centímetros) que presentan estructuras internas de apariencia milonítica. La presencia de las mencionadas cizallas, así como el "boudinage" es de extraordinaria importancia como condicionante de la producción de dichos fenómenos, localizados en determinados puntos, aunque no debe de buscarse una explicación puramente tectónica de los mismos. Podemos afirmar que los accidentes tectónicos son los que abren camino a las soluciones que, principalmente de abajo a arriba (Borchert), percolan a través de los depósitos.



019- LEP ***** SALLFMTA
 COUNTER 1.0 PERCENT HA= 0.2
 ROTATION 0.0 0.0 0.0 0.0 90.0 0

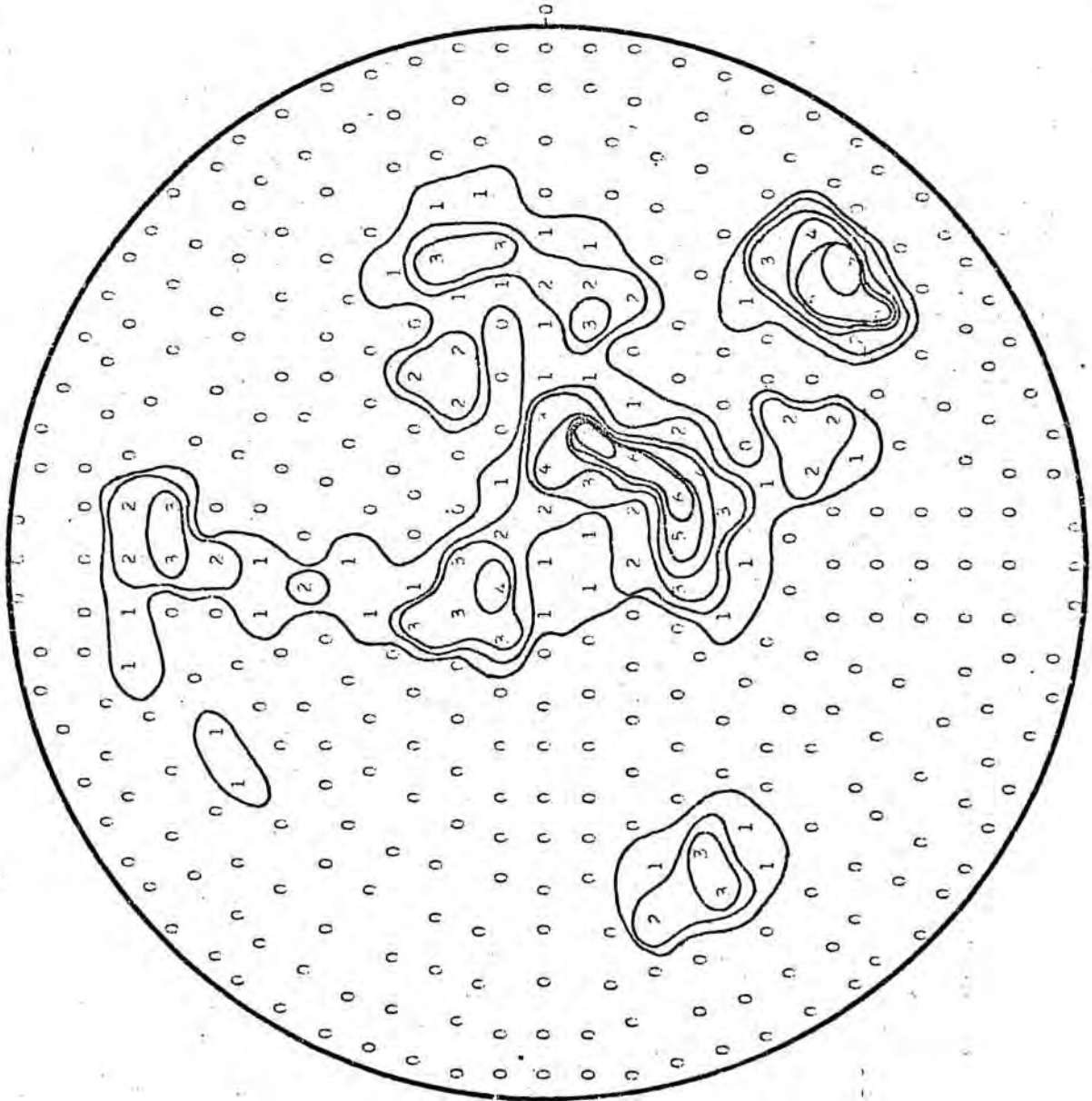
***** FABRIC 7 *****



POLE OF CLEAVAGE OR OPTIC AXIS

049- 1RZ
 COUNTER 1.0 PERCENT
 ROTATION 0.0 0.0 0.0 0.0 90.0 0

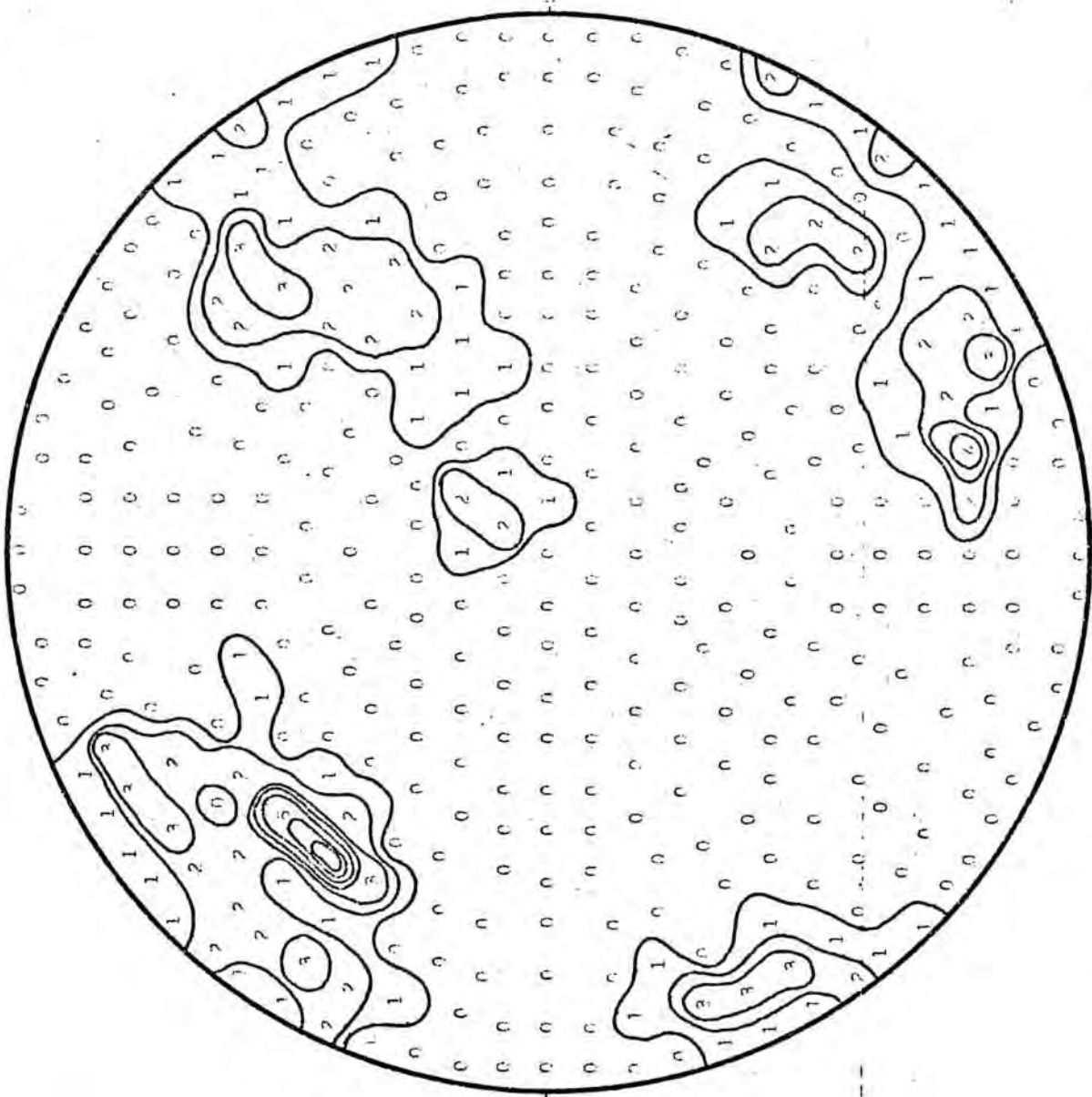
***** FARRIC 7 *****



POLE OF CLEAVAGE OR OPTIC AXIS

045-EP ***** SALIENTS
 COUNTER 1.0 PERCENT NA= 0.4
 ROTATION 0.0 0.0 0 0.0 90.0 0

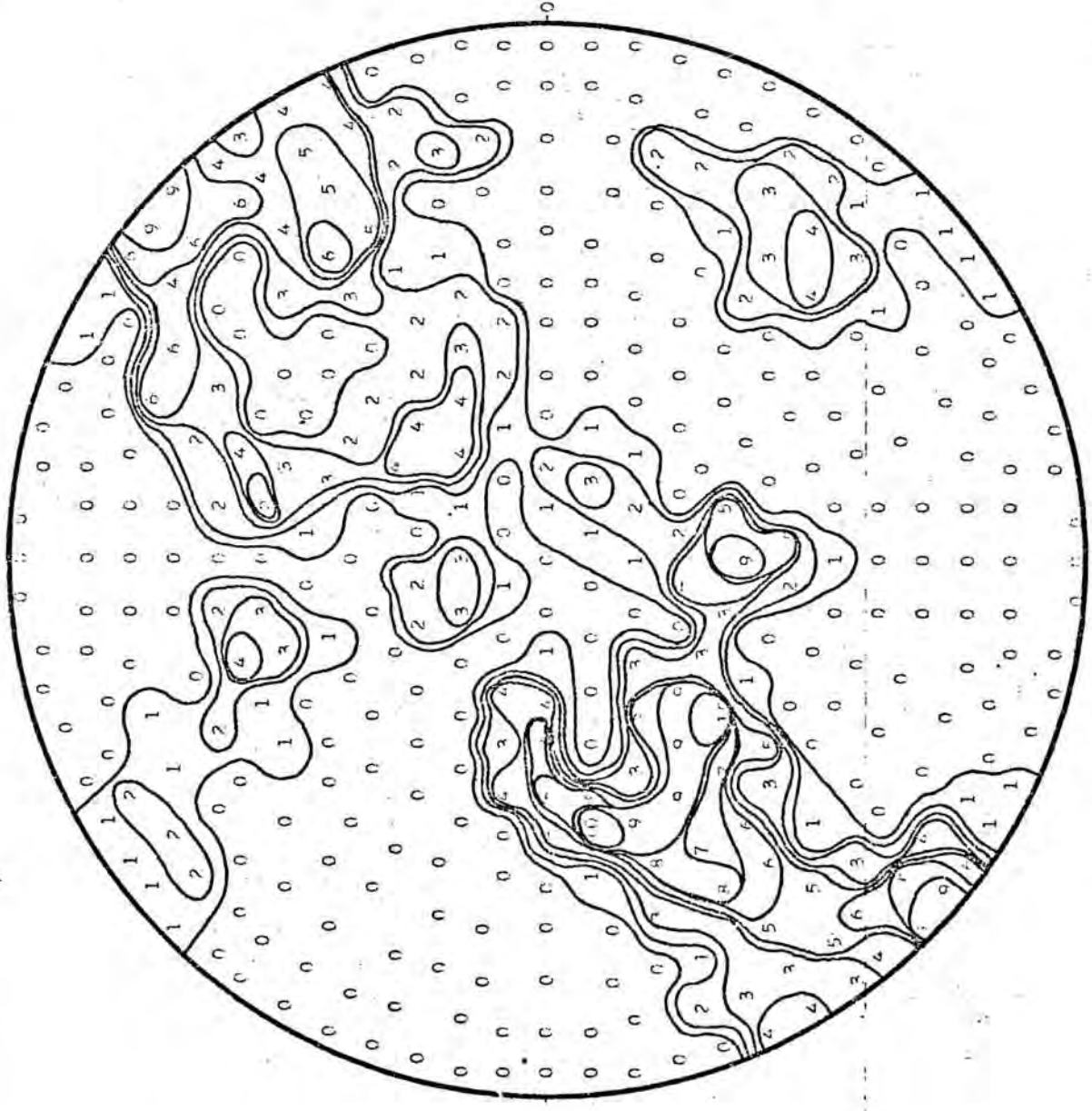
***** FACIES 7 *****



POLE OF CLEAVAGE OR OPTIC AXIS

143- JHZ ***** SALLENTR
 COUNTER 1.0 PERCENT NA= 1.4
 ROTATION 0.0 0.0 0 0.0 90.0 0

***** FARRIC 7 *****

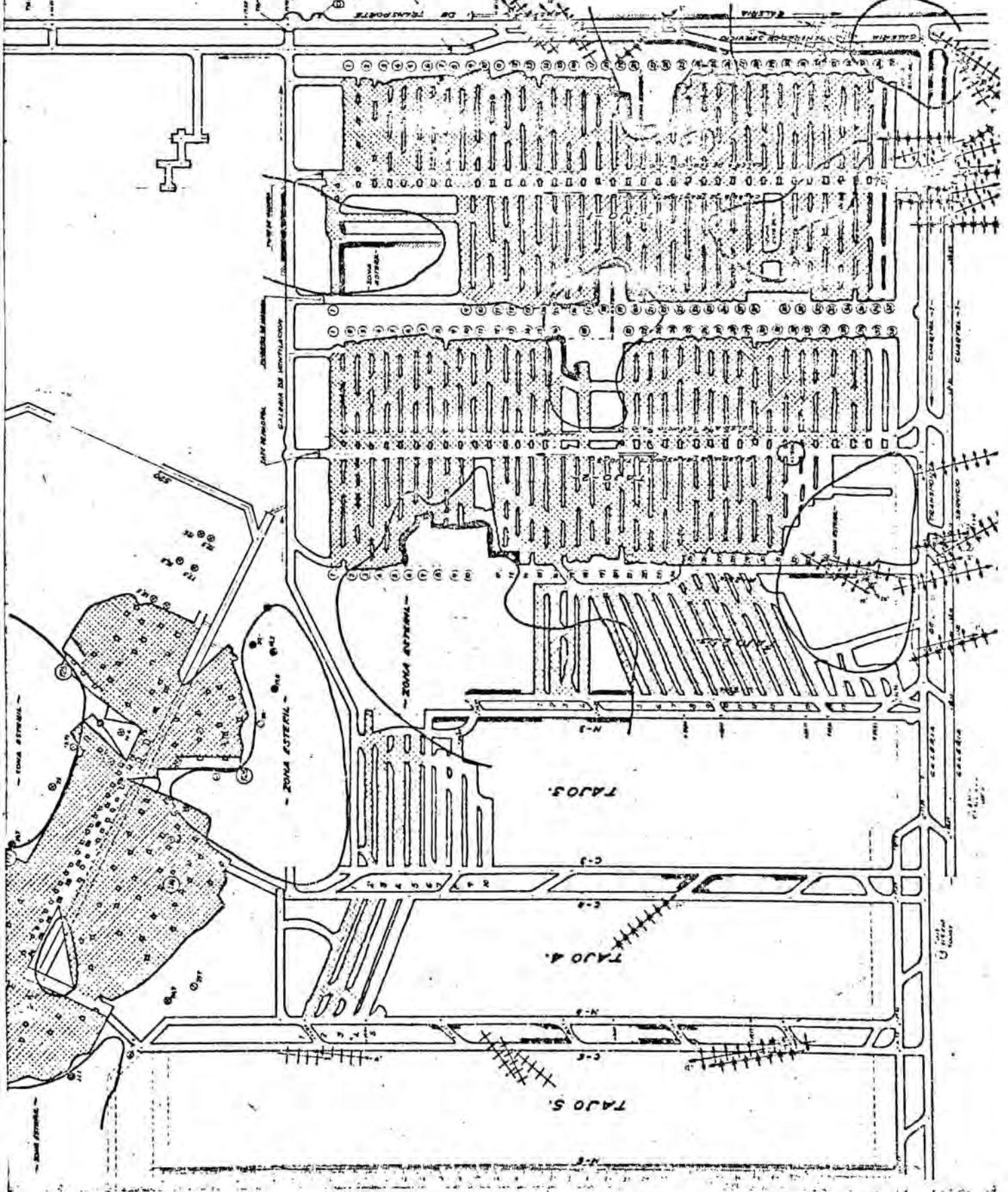


POLE OF CLEAVAGE OR OPTIC AXIS

EXPLICACION

- ESTRUCTURAS DE ACERAMICO
- ACERAMICO EN PARED
- ACERAMICO EN PISO
- ACERAMICO EN TUBERIA
- ACERAMICO EN CUBIERTA

PLANO DE DISTRIBUCION



ZONA ESTERIL

ZONA ESTERIL

ZONA ESTERIL

TALON

TALON

TALON

CARRERA 7

CARRERA 8

CARRERA 9

CARRERA 10

CARRERA 11

CARRERA 12

CARRERA 13

CARRERA 14

CARRERA 15

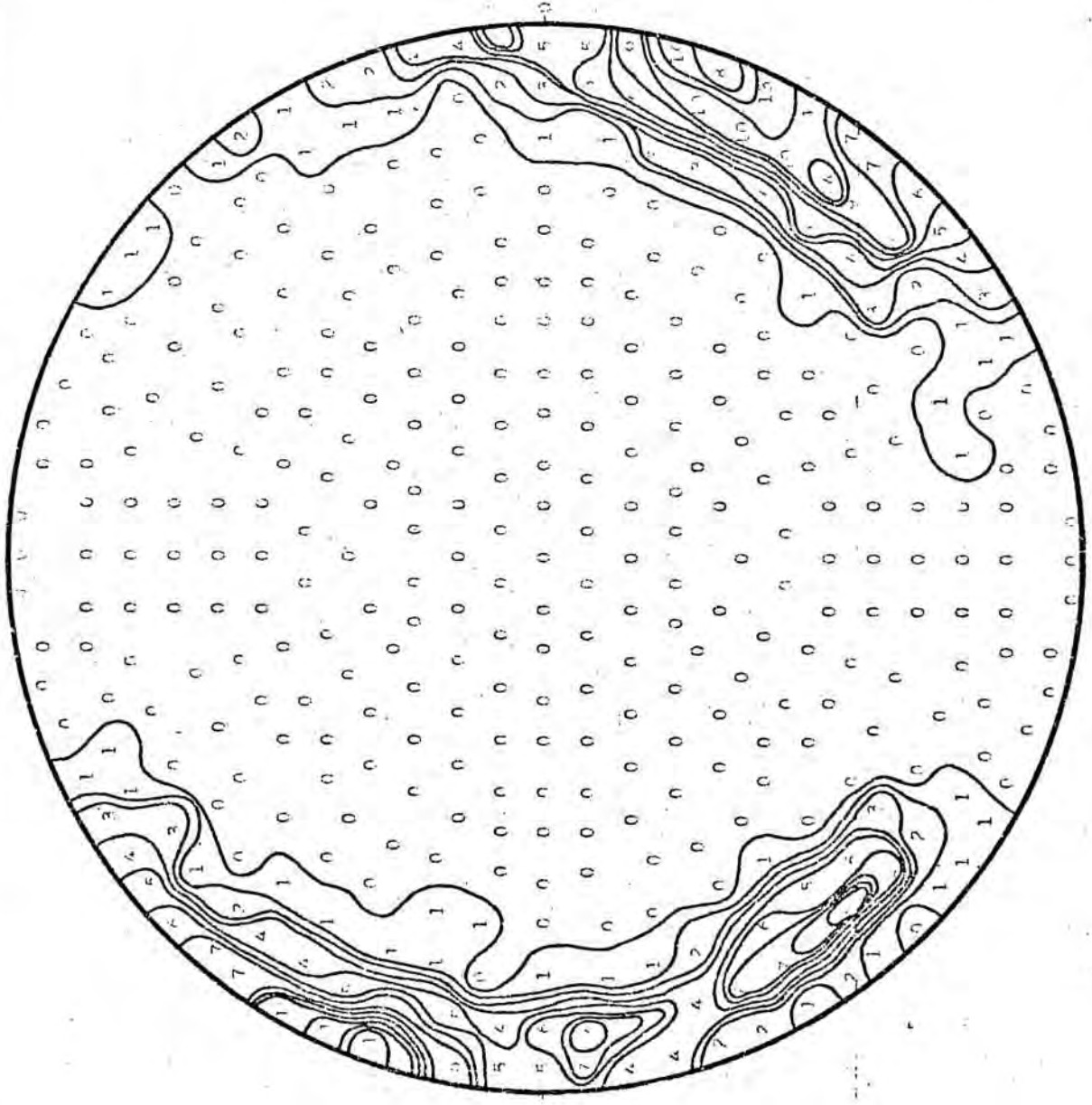
CARRERA 16

CARRERA 17

CARRERA 18

105- ZEP ***** SALSREIIV NA= 1.0
 COUNTER 1.0 PERCENT
 ROTATION 0.0 0.0 0 0.0 90.0 0

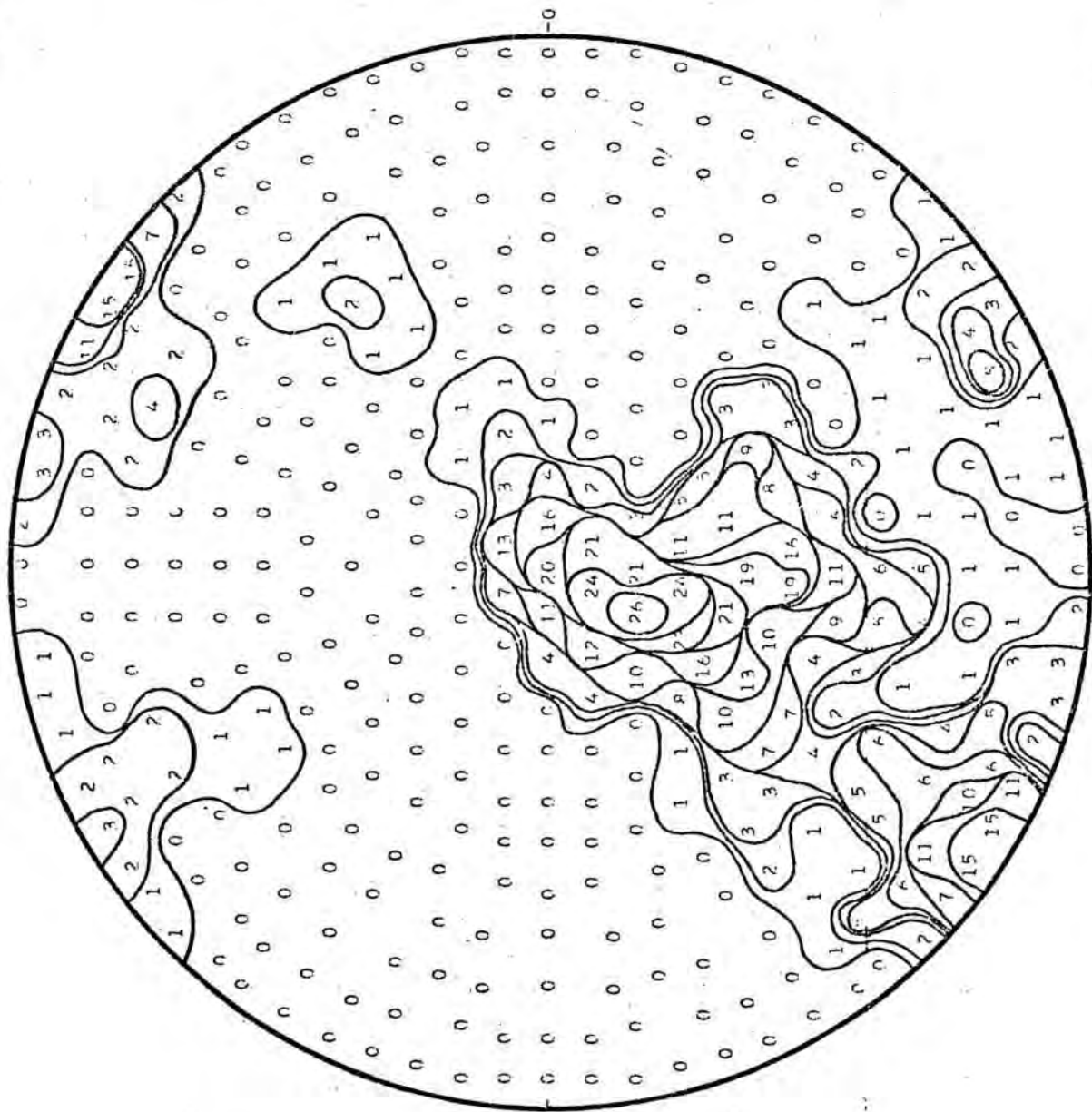
***** FABRIC 7 *****



POLE OF CLEAVAGE IN OPTIC AXIS

199- GHZ ***** RALSRENY
 COUNTER 1.0 PERCENT NA= 2.0
 ROTATION 0.0 0.0 0 0.0 90.0 0

***** FARRIC 7 *****



POLE OF CLEAVAGE OR OPTIC AXIS

Las zonas "estériles" tienen una forma circular a elíptica en planta, con bordes muy irregulares, y un diámetro medio de unos 50 m (con amplios límites de variabilidad). En Petrología se discutirá la significación de estos fenómenos, ya que si en su parte central presentan zonas de discontinuidad que han favorecido la llegada de salmueras, periféricamente existe una zona afectada exclusivamente por procesos de disolución.

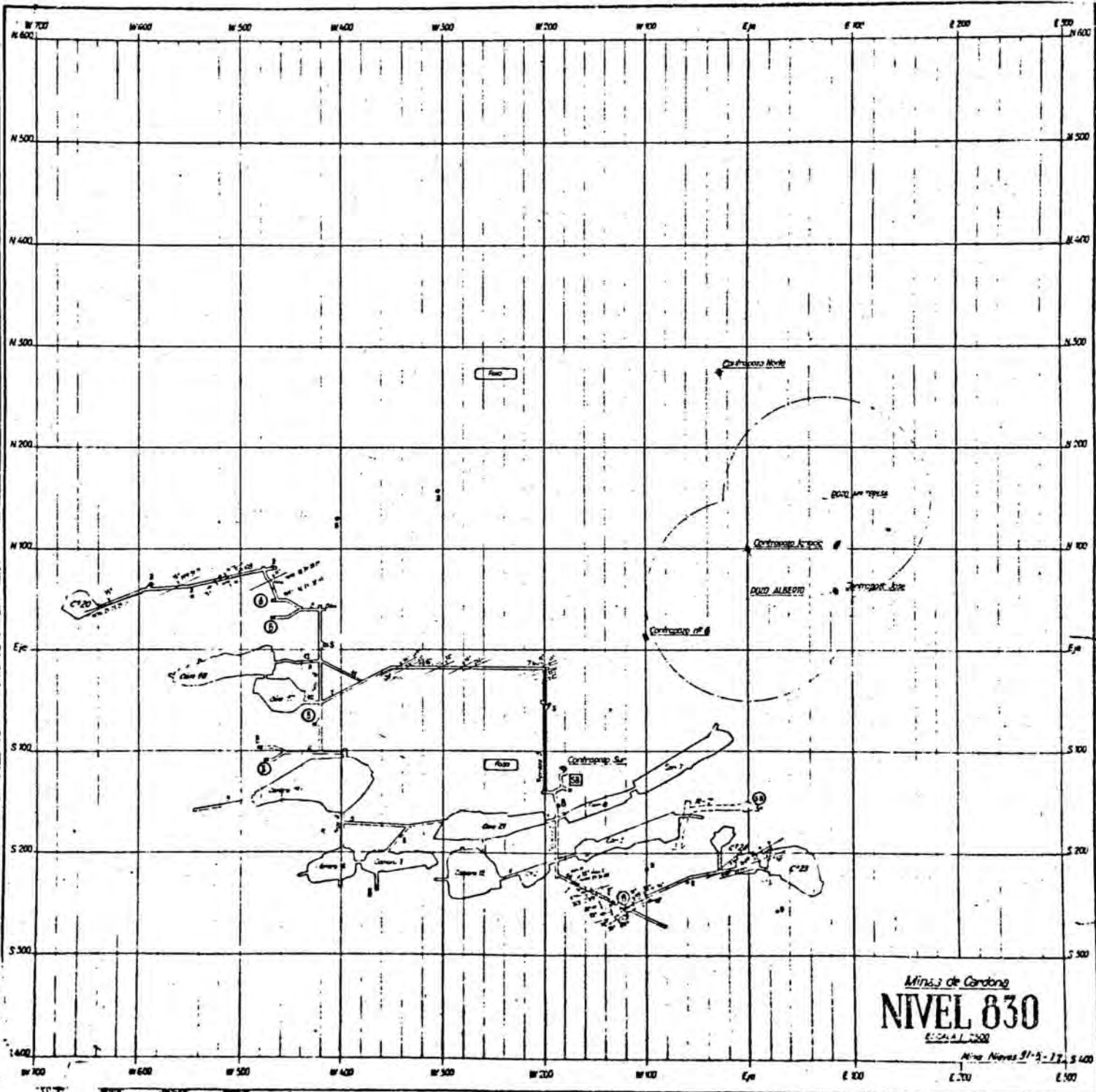
En casos excepcionales parece como si la tectónica fuera muy importante por sí misma como productora de "estériles", ya que se ha observado uno de estos fenómenos con estructura interna de aspecto milonítico y un espesor visible de 2m (plano 137, cargadores de baterías, Sallent). A pesar de lo mencionado, y de que se preserve la estructura milonítica, es innegable que a través del accidente han percolado salmueras, como lo demuestra su elevado contenido en sulfatos (ver Geoquímica).

Aparte de lo mencionado hasta el momento, en Sallent se observa (techo cámara B) como el lecho de carnalita es discontinuo, sufriendo procesos de "boudinage" a gran escala, presentando masas de 10 a 15 m de longitud y 2 ó 3 de potencia. Ello tiene un origen puramente tectónico y es la causa de que en algunos casos la "sal nueva" esté en contacto con la silvinita de la capa B.

Resultados obtenidos en Cardona.-

Se ha efectuado toma de datos descendiendo por el plano de San Onofre, a través del diapiro, que penetra en la estructura anticlinal infrayacente.

Se observa una gran constancia en las mediciones, salvo en la zona de influencia del diapiro, donde aparecen al-

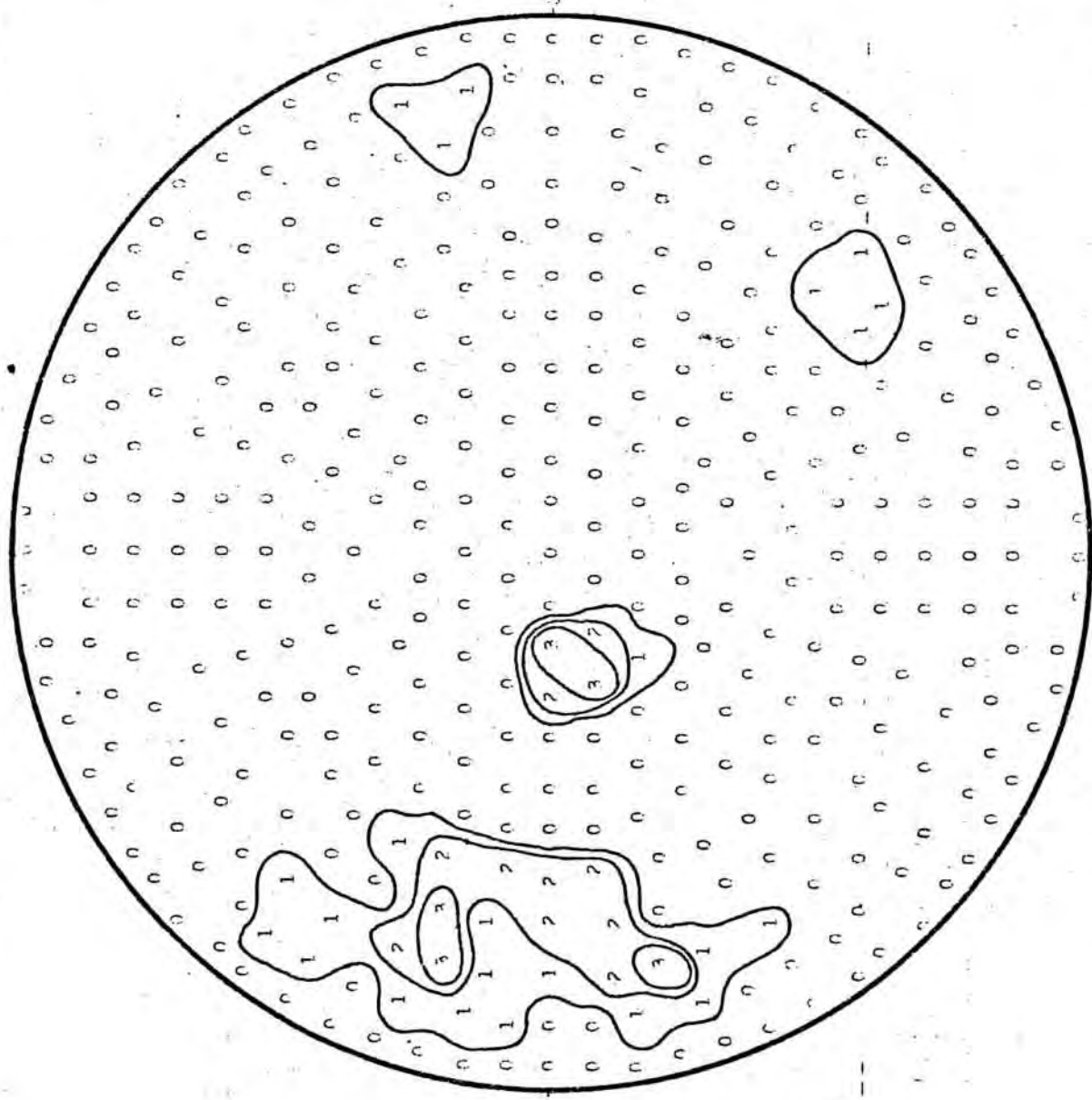


Mina J de Cardona
NIVEL 830
 ESCALA 1:500

Mina Nueva 31-5-17, S 400

017- JEP ***** CARDONIAA
 COUNTER 1.0 PERCENT NA= 0.2
 ROTATION 0.0 0.0 0.0 90.0 0

***** FABRIC 7 *****

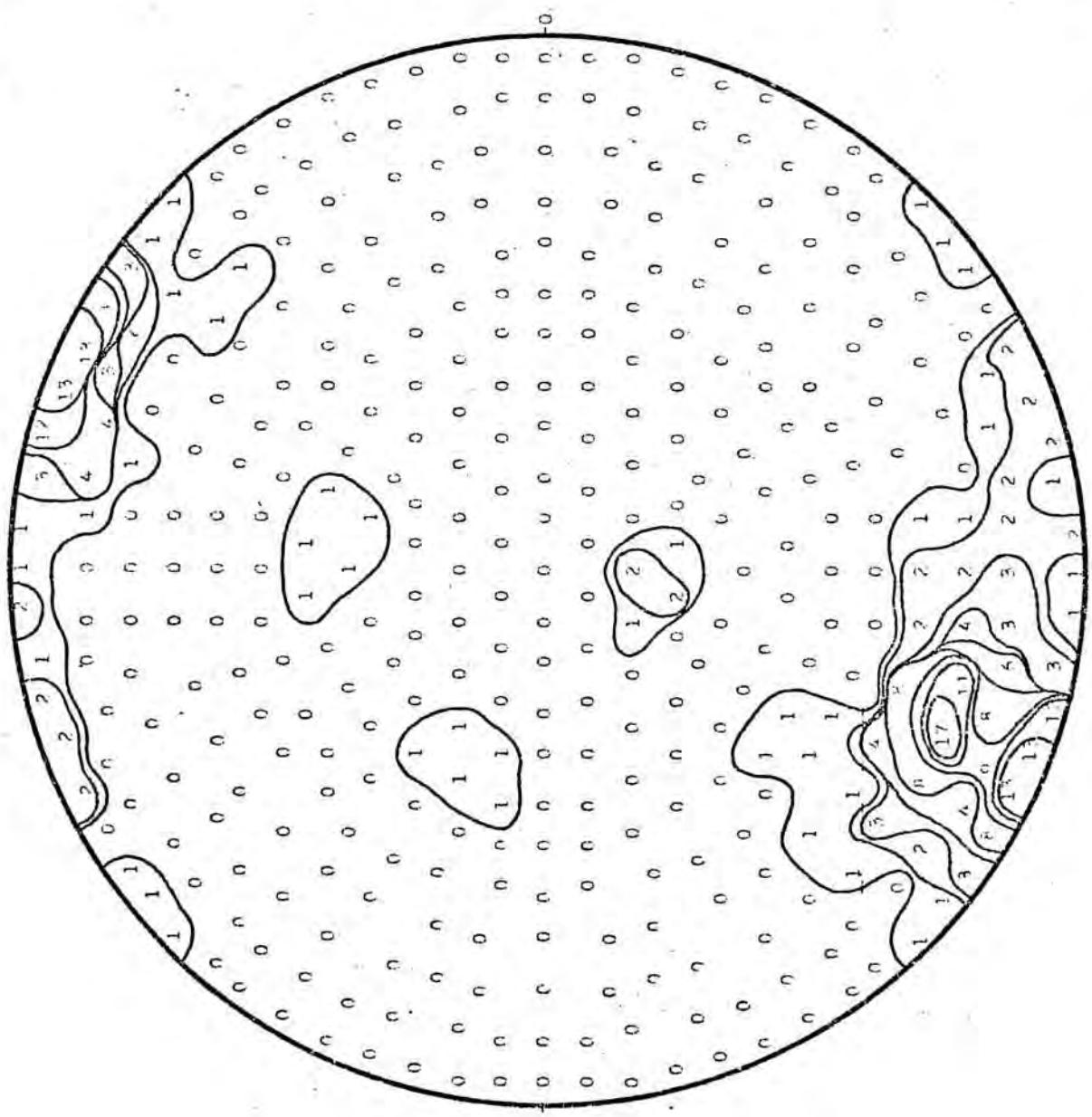


POLE OF CLEAVAGE IN OPTIC AXIS

***** END OF FABRIC 7 *****

061- 14Z
 ***** CARDMAA
 COUNTER 1.0 PERCENT MΔ= 0.6
 ROTATION 0.0 0.0 0 0.0 90.0 0

***** FABRIC 7 *****



POLE OF CLEAVAGE OR OPTIC AXIS

***** END OF FABRIC 7 *****

gunas direcciones aberrantes. Sobre el mencionado diapiro, los niveles superiores (zona potásico-magnésica y "sal nueva") han resbalado sobre la "sal de muro" produciendo la montaña de sal y quedando dicha "sal de muro" en la parte central como núcleo del mismo (cerro de San Onofre).

Es ya conocida la estructura en profundidad formando un triple anticlinal, hecho que obliga, debido a la verticalidad de las capas y a la complicación tectónica en el detalle, a la explotación por cámaras.

En este yacimiento es muy difícil de localizar la percolación de líquidos a través de la masa salina. No sucede como en Sallent y Ialsareny donde las estructuras anticlinales cizalladas eran paso obligado de la mayor parte de las salmueras.

Se observa, no obstante, en muchos lugares, la presencia de fenómenos metamórficos originados por circulación de líquidos que han transformado la carnalita en silvita. La verticalidad de las capas así como la surgencia al exterior de las mismas favorece la introducción de líquidos externos al sistema, que proceden tanto de la parte profunda del yacimiento (deshidratación del yeso) como de la superficie. En este caso es imposible prever los lugares donde puede haber aumento o descenso de la ley en ClK debido a los procesos mencionados, dada la gran cantidad de posibilidades existentes.

Discusión de los resultados. Comparación con otros autores y yacimientos.-

Bessert (1935) y K. Weber (1961) mencionan en los distritos de Werra y del South Harz la existencia de estructu

ras anticlinales asociadas a zonas de empobrecimiento denominadas "pinch outs" y les atribuyen un origen secundario por alteración-disolución favorecida y combinada con la tectónica. Borchert (1959) atribuye los procesos de alteración-disolución a salmueras originadas en el fondo del yacimiento por la transformación yeso - anhidrita, concediendo importancia a la tectónica como condicionante del modo en que se verifica dicha percolación, proporcionando los caminos principales de circulación de salmueras.

En el caso de nuestros depósitos se observa estructuras anticlinales parecidas, en cuyas charnelas se encuentran los estériles ("impoverished zones") y que se forman por acción de salmueras que percolan preferentemente por las mismas. Es un caso típico de cambio de facies causado por la tectónica.

Son abundantes las fisuras de pequeñas dimensiones que atraviesan los lechos de halitita y que se ponen de manifiesto en la arcilla de las diastemas arcillosas. Estas fisuras se encuentran rellenas de la especie petrológica "halitita fibrosa fisural" y, a través de las mismas pueden percolar también soluciones externas al yacimiento, principalmente soluciones de meteorización que, en caso de transportar sustancias radiactivas, causan tonalidades azul intensas debido a defectos de la malla cristalina originados por la radiactividad.

Baar (1958) y Borchert (1959) mencionan fenómenos de dislocación y grietas que se originan paralela o subparalelamente a la estratificación, y que pueden rellenarse de salmueras, gases y sal secundaria. Estos fenómenos han sido descritos por nosotros en los anteriores párrafos de este mismo capítulo, al referirnos a los depósitos catalanes.

PETROLOGIA DE LAS SALES.-

Clasificación de los yacimientos salinos.-

Es clásica la división propuesta por Valyashko y Soloveva (1953; ver Strakhov, 1958) de los depósitos evaporíticos marinos, basada en el metamorfismo de salmuera. Según las últimas clasificaciones de Borchert (1959) y Braitsch (1962), basadas en el fondo en la de Strakhov, los depósitos salinos pueden clasificarse como sigue:

Yacimientos salinos marinos	Con SO ₄ Mg (1).....ej: Stassfurt.	
	Sin SO ₄ Mg (2)	Con anhidrita..ej: Konigshall- (a) -Hindenburg.
		Con dolomita...ej: Alto Rhin (b) (Alsacia).

Los depósitos catalanes corresponden al tipo 2a, ya que no contienen SO_4Mg en cantidades significativas ni presentan dolomita en la base de los ciclos.

Hay otros criterios para la clasificación de los depósitos evaporíticos marinos, basados principalmente en parámetros geoquímicos. Estos quedan expuestos en el apartado "Génesis de yacimientos" que se incluye en el Capítulo de Conclusiones.

Descripción de las especies petrológicas observadas.-

La nomenclatura petrológica más extendida para las sales es la de Rinne (1908) y Sturmfels (1943), basada en la enumeración sucesiva de los minerales accesorios, secundarios y principales. Por ejemplo: la asociación

kieserite-bearing, anhidritic - silvite - halite

se refiere a una roca que está constituida fundamentalmente por halita y silvita (por este orden) en cantidades respectivas no inferiores al 20% en peso, por anhidrita como mineral secundario, con una abundancia del 5 al 20% y por kieserita como accesorio, con menos de un 5%.

En este trabajo, y para los yacimientos catalanes, hemos adoptado otra nomenclatura más simple, aunque también menos precisa, basada en la utilización del sufijo -ita siguiendo al nombre de la especie mineral más abundante o característica (halitita, silvinita, carnalitita). Está basada en criterios petrográficos, rehuyendo en lo posible las nomenclaturas basadas en términos genéticos. Estos se escriben entre paréntesis, los extranjeros entre comillas y los de uso vulgar entre comillas y paréntesis. Se han

utilizando términos de uso actual en petrología de evaporitas que, a nuestro juicio, se adaptan mejor a los yacimientos en estudio, proponiendo nuevos términos en los casos en que ello no ha sido posible.

T I P O S	P E T R O L O G I C O S	Halitita	Bandeada	{ Fuertemente recristalizada ("sal de muro") Débilmente recristalizada ("sal de muro", "sal entre dos", "sal de 60").
			Homogénea recristalizada	{ masiva color claro. estratificada color oscuro.
			Fibrosa fisural	
		Silvinita	Bandeada.	
			Homogénea por tectonización ("pintada"). (Transformada)	
			Anhidrítica con estratificación homogénea "Hartsalz" anhidrítico (Braitsch)	
		Carnalitita	Bandeada.	
			Homogénea	{ Macrogranuda Microgranuda (Alterada).

1) HALITITA.-

Aunque la delimitación de esta especie petrológica puede ser objeto de discusión, entendemos por halitita en sentido amplio, aquellas rocas constituidas fundamentalmente por halita y que contienen menos de un 5 % de silvita o carnalita. No nos referimos al contenido en potasio o magnesio total, ya que éstos pueden provenir de la polihalita (abundante en determinadas muestras) y de la arcilla intersticial).

Dentro de esta especie petrológica encontramos una serie de variedades que describimos a continuación.

a) Halitita bandeada ("banded halite"- Dellwig, 1955).

Esta variedad, definida por Dellwig (1955), es la más abundante en el yacimiento presentándola toda la halitita que no ha sufrido procesos tectónicos intensos o de disolución.

Cada uno de los ciclos está constituido por dos unidades, una inferior anhidrítico arcillosa (con halita intersticial) y otra superior, halítica, con "graded bedding" directo e inverso, y que consta de dos elementos alternantes: Láminas de halita sin inclusiones bifásicos ("clear halite" y láminas de halita rica en dichas inclusiones ("cloudy halite"). Las intercalaciones anhidrítico arcillosas son de 1 a 2 mm. de espesor, y las láminas de 1 a 6 mm., pudiendo alcanzar un espesor total máximo de 30 cm (Dellwig). El espesor total medio en los yacimientos catalanes debe de estar entorno a los 4 cm.

Dentro de esta textura incluimos la H.B. débilmente recristalizada y la H.B. fuertemente recristalizada.

La primera corresponde a la sal de los niveles superiores del yacimiento, o sea, a la halitita intercalada en la zona potásica, a la "sal nueva" y, a veces, a la parte más superior de la "sal de muro".

Presenta siempre aspecto sacaróideo y color anaranjado más o menos oscuro. La segunda se atribuye a la "sal muro" (y a cualquiera de las otras, cuando han estado sometidas a elevada presión: zona profunda del diapiro de Cardona), observándose un progresivo aumento en la intensidad de recristalización conforme descendemos a niveles más profundos.

La Halitita bandeada débilmente recrystalizada es igual a la definida por Dellwig (1955) y más exactamente descrita por Carozzi (1960) como de ambiente "offshore", lo que coincide con nuestra creencia de que la sedimentación evaporítica se ha producido en una cubeta relativamente profunda ("deep basin" - Schmalz, 1966), de varios centenares de metros por lo menos, en contraposición con las cubetas someras ("shallow basin") cuyas facies más características serían de "nearshore". Estas últimas muestran perturbaciones debidas al oleaje y, sobre todo, una marcada influencia de los cambios climáticos.

Presenta la textura ya descrita anteriormente. Las láminas de halita más oscura deben esta particularidad a la presencia de cristales alargados, ricos en inclusiones bifásicas orientadas ("hopper crystal"), que se han formado en la superficie del agua por evaporación (Dellwig, 1955), aunque Raup (1970) afirma que también pueden haberse originado por mezcla de dos salmueras de distintas propiedades fisicoquímicas. Las láminas claras están constituidas por cristales hialinos originados por cristalización en el fondo de la cubeta, cementando los "hopper crystal" cuando éstos están presentes, o encontrándose aislados en las interfranja^s claras. El bandeo debe de tener su origen en variaciones de la concentración de la salmuera de fondo, ya que los periodos de formación de halita hialina corresponden a los de máxima cristalización en el fondo de la cubeta. En algunos casos esta estructura se encuentra interrumpida por porfiroblastos aislados de halita roja de forma elíptica (hasta 2 cm. de longitud) y por cristales idiomorfos de anhídrita que, según Borchert (1964) han sido originados por recrystalización metamórfica.

* Las estructuras tipo "graded bedding" (directo o inverso) tienen su origen en variaciones de concentración en el fondo de la cubeta, no teniendo nada que ver con las de las rocas

detríticas. Afectan a la halita hialina ("clear halite") que es la que se forma por cristalización en el fondo de la cubeta. El tamaño de grano es proporcional a la concentración y la estructura resultante debe de considerarse como diagenética inicial dado que se completa por cristalización de las salmueras intersticiales mientras el sedimento está fosilizado por una débil capa de nuevas cristalizaciones.

Al microscopio tiene una estructura granuda equigranular, orientada (generalmente) un cierto ángulo respecto a la estratificación y presenta bordes de grano poligonales. La existencia de una orientación no coincidente con la estratificación (30 a 35 grados de inclinación) nos hace pensar en que se trata de una esquistosidad, hecho corroborado por Warren Carey (1964), lo que es una prueba en favor de la existencia de un metamorfismo no sólo mineralógico sino también estructural en los depósitos salinos.

En núcleos cruzados se observan sobre el fondo isotropo los cristales de anhidrita, normalmente idiomorfos, siendo más abundantes hacia los extremos de cada ciclo (en la base principalmente). La distribución de los sulfatos es primaria a grandes rasgos aunque han sufrido recristalización, siendo más recientes los más idiomorfos. Creemos que muchos de los cristales idiomorfos y alargados de anhidrita presentes entre los granos de halita y que adoptan su misma dirección (debida a la esquistosidad) han sido causados por las salmueras que contienen sulfato y percolan por estos yacimientos.

En los yacimientos catalanes existen estructuras internas a los ciclos que muestran aumento o disminución de la concentración de la salmuera del fondo de la cubeta. En muchos casos no encontramos "graded bedding" inverso (que implicaría un aumento progresivo de la concentración) sino "graded bedding" directo, asociado a enriquecimientos

de sulfatos en la parte superior de los ciclos. Esto demuestra (Richter-Bernburg, 1968) la existencia de "secuencias recesivas" en las que encontramos halita clara en la base de los ciclos y un aumento progresivo de anhidrita hacia la parte superior. Este tipo de ciclo es una evidencia a favor de que en el fondo de las cubetas sedimentarias existen procesos de redisolución que afectan extensas áreas, pero que pueden no perturbar en principio la estructura "de visu" del yacimiento, originando tan solo la formación de diastemas arcillosas más gruesas de lo corriente.

Sus características cuantitativas quedan expuestas en el cuadro que acompaña a las microfotografías de este tipo rocoso. Como minerales accesorios se encuentran anhidrita y arcilla (clorita e illita) en las láminas alternas de halita, y algo de dolomita, pirita, cuarzo y materia carbonosa en las intercalaciones anhidrítico-arcillosas de la base de los ciclos (ver Carozzi). En estos últimos se ha encontrado frecuentemente insectos y arácnidos englobados en los finos lechos anhidríticos de yacimientos similares por su composición a los catalanes (evaporitas del Alto Rhin, Mulhouse). Su presencia no ha sido comprobada en nuestros yacimientos, y parece explicarse por flotación de estos artrópodos durante largo tiempo y sedimentación por precipitación de sulfatos sobre su cuerpo. Las condiciones reductoras del fondo serían adecuadas para preservarlos.

No se encuentran fósiles en la sal propiamente dicha, hecho que podría explicarse por la destrucción a que los restos serían sometidos por la recristalización. No obstante, hemos encontrado al microscopio algunos vestigios vegetales en la sal (halitita), sobre todo oogonios y flotadores de algas.

COLOR

5. y 6. Sallent. Galería U, junto a un tape. Aspecto de los ciclos de halitita bandeada débilmente recristalizada ("sal entre dos"): La mayoría de los autores se inclinan por un origen estacional de los ciclos. Las finas diazemas arcillosas corresponden a la época húmeda y fría mientras que las láminas de sal representan los períodos relativamente áridos y calientes. Fotos Montoto.
7. Sallent. Cámara C-53. Serie B-C 53. Niveles 54 y 67 (N^os 7643 y 7651, respectivamente) empezando desde el techo de carnalitita. "Sal entre dos". Halitita bandeada débilmente recristalizada. Se observan microciclos en el interior de cada ciclo. Los microciclos muestran grano-clasificación con los tamaños más gruesos en las zonas intermedias y los más finos en las proximidades de las débiles intercalaciones arcillosas. Los ciclos mostrados son de unos 4 cm de espesor y tienen origen climático estacional, casi con toda seguridad, anual. Los microciclos, si bien son también de origen climático, se deben a fenómenos esporádicos.



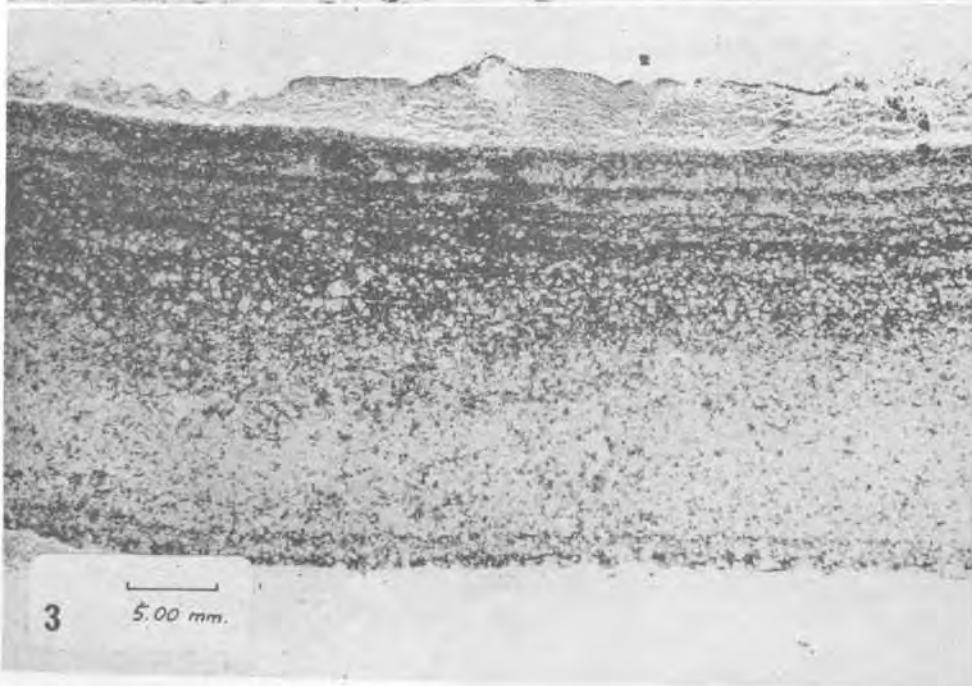
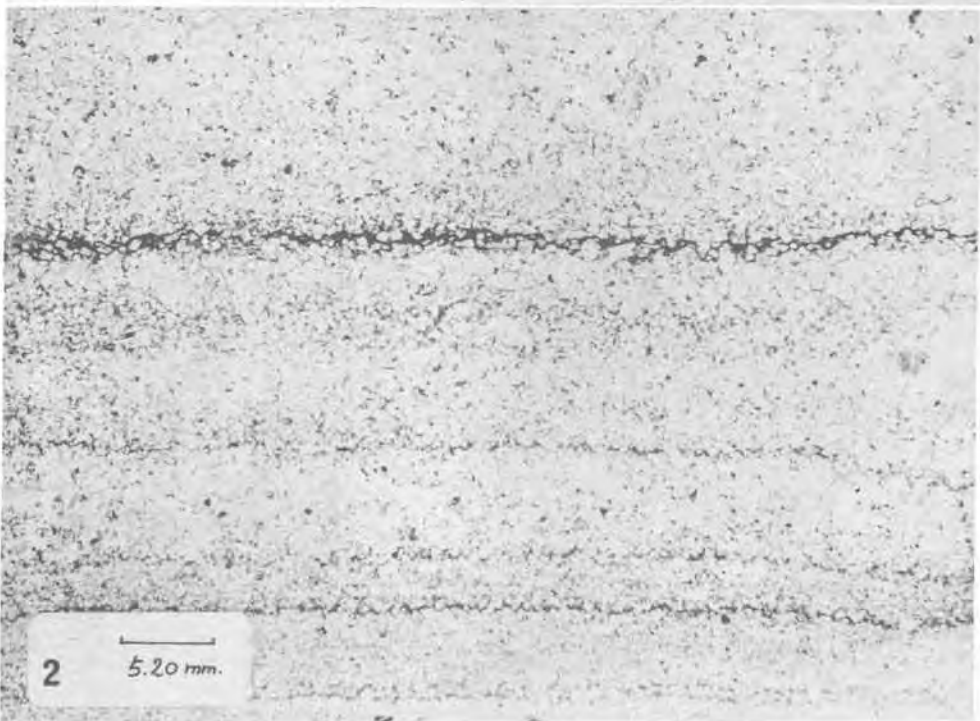
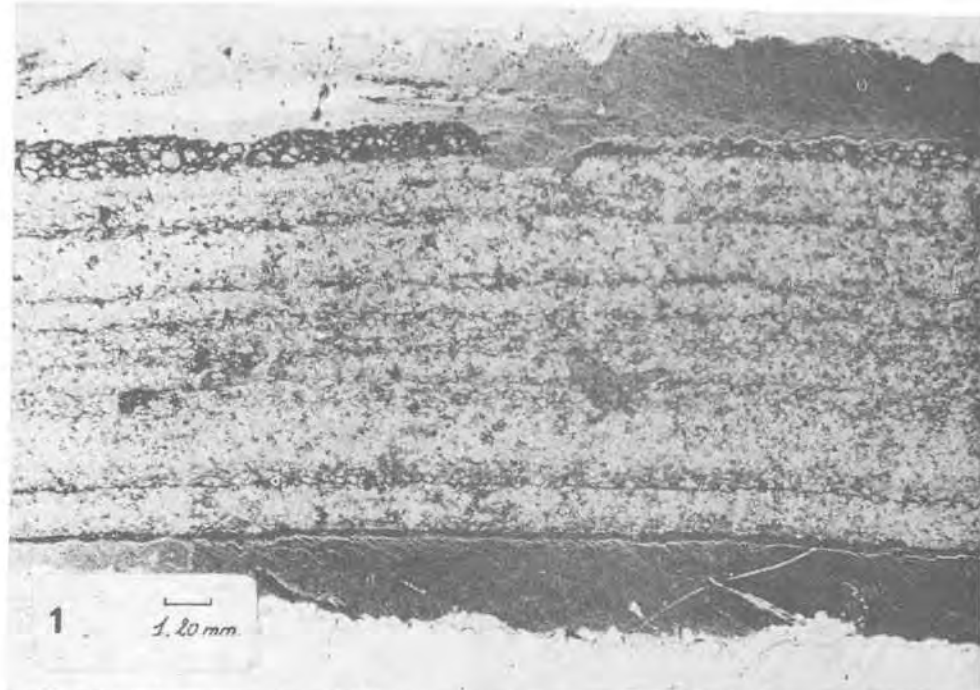
5



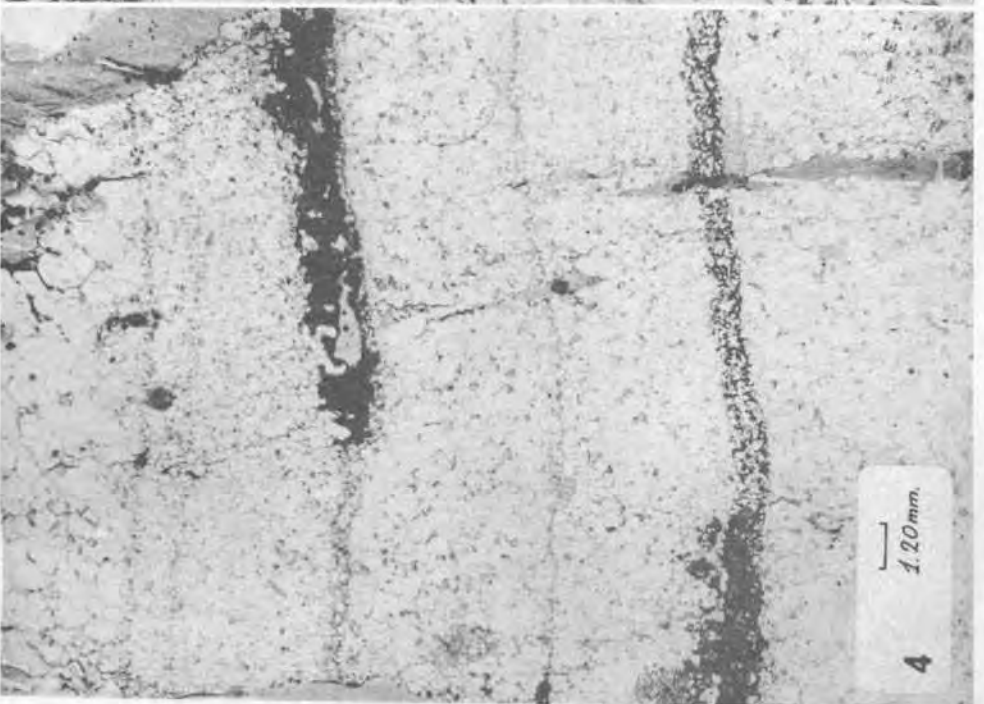
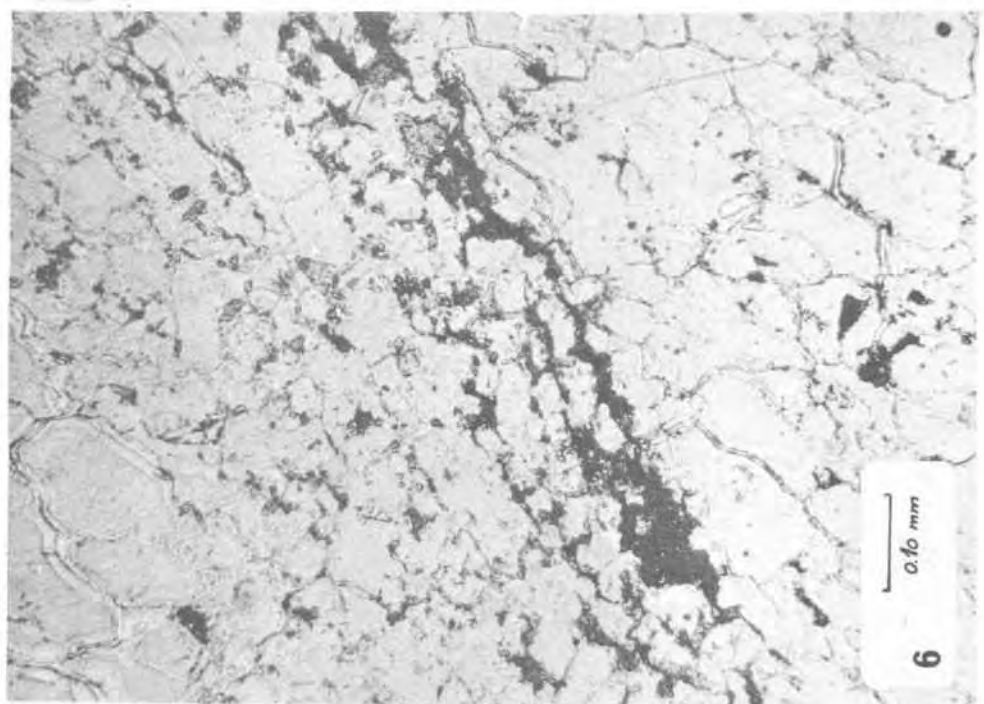
6



7



1. 13593. Nivel fino de halitita situado entre la capa B de silvinita y la formación de carnalinita. En la zona central se aprecian granos aislados de silvinita. Serie X-1, cámara B. Sallent.
2. 13602. Halitita bandeada de la parte superior del yacimiento ("sal nueva"). Serie "circular del volcador" Sallent.
3. 13603*. Halitita intercalada en la carnalinita. Segundo nivel empezando por la parte superior. Serie C. del volcador. Sallent.



4. 13512. Ciclo evaporítico constituido por diversos microciclos. El de la zona central se detalla en la siguiente microfotografía.

5. 13512. 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 10 x 64. Microciclo interno al ciclo evaporítico anterior. Obsérvese el "graded bedding" inverso característico. Balsereny.

6. 6931. 12.5 x 2 x 1. Coord: 14 x 56. Detalle de la base de un microciclo de halitita bandeada ("sal entre dos"). Se observa la parte superior de un microciclo, una lámina débil y discontinua de anhidrita y arcilla, y el comienzo del microciclo superior con tamaño de grano progresivamente en aumento. Balsereny.

89. Ciclo n° 89 (parte inferior capa A) Serie c-53. Sallent.

Todos los microciclos presentan "graded bedding" directo, con la particularidad de que el tamaño de grano aumenta ligeramente de la base hacia el centro del ciclo, desde donde comienza a disminuir claramente hacia la parte superior. Estos microciclos pueden interpretarse por la existencia de una serie de aportes de salmuera concentrada, procedentes de subcubetas periféricas.

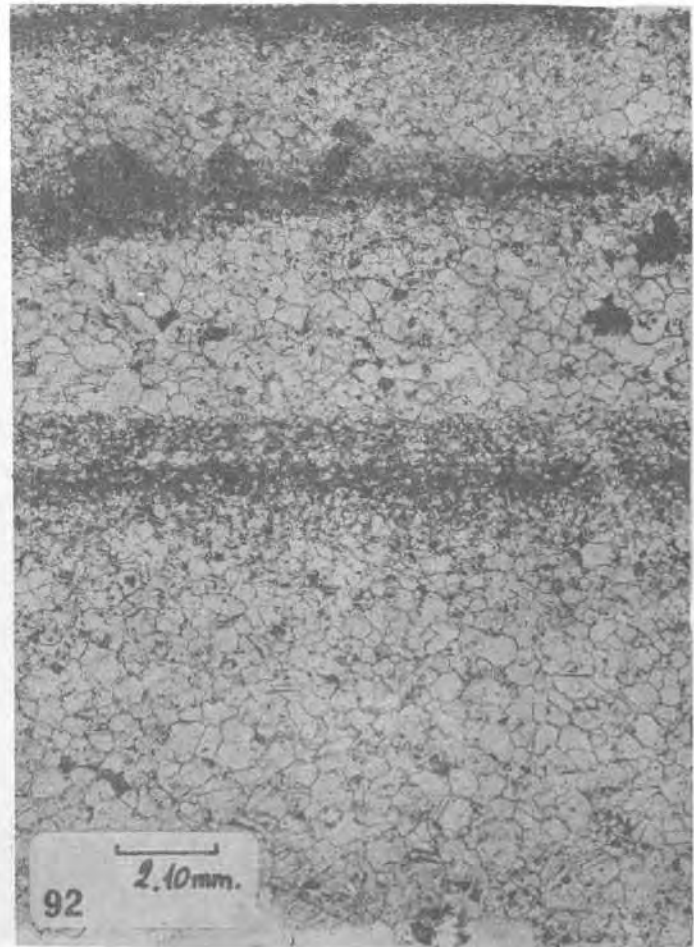
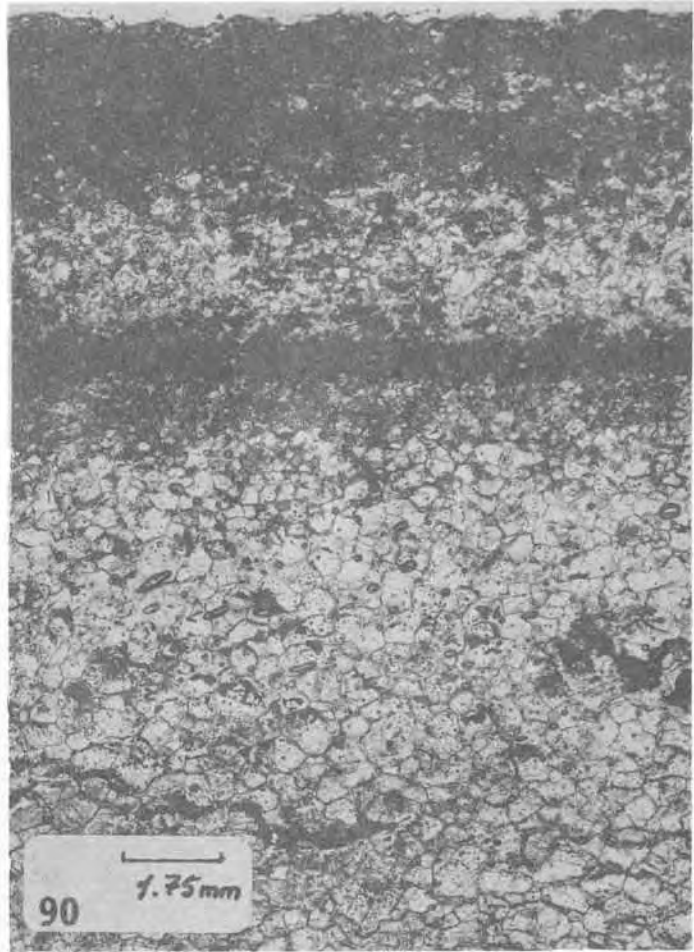
90. 7638. Ciclo n° 43 (Sal "entre dos") Serie c-53. Sallent.

Contacto de los microciclos. Se aprecia el fuerte cambio de granulometría existente. Los sulfatos se acumulan en la parte superior de los microciclos, lo que indica que se trata de microciclos recesivos.

91. 7651. Ciclo n° 67 (Parte inferior sal "entre dos"). Serie c-53. Sallent

92. 7632. Ciclo n° 32 (Sal "entre dos") Serie c-53. Sallent.

En ambas fotografías (91 y 92) se observa "graded bedding" directo. Las manchas oscuras de la parte superior de los microciclos (91) son rojo oscuras y se deben a la acumulación de hematites debida, probablemente, a disolución de sales potásico-magnésicas.



93. 7650. Ciclo n° 62 (Sal "entre dos"). Serie C-53.
Sallent.

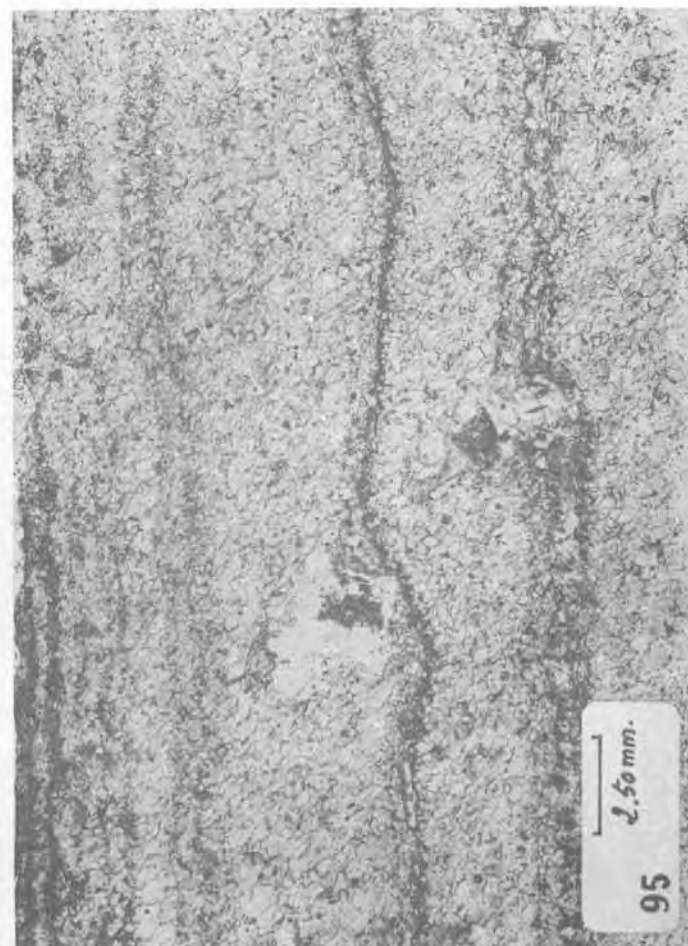
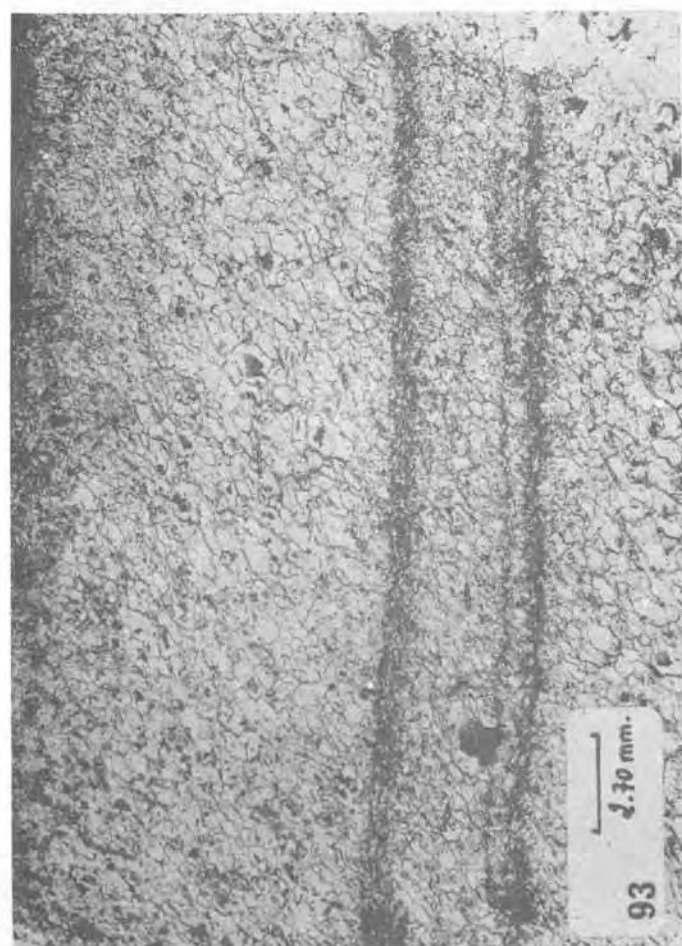
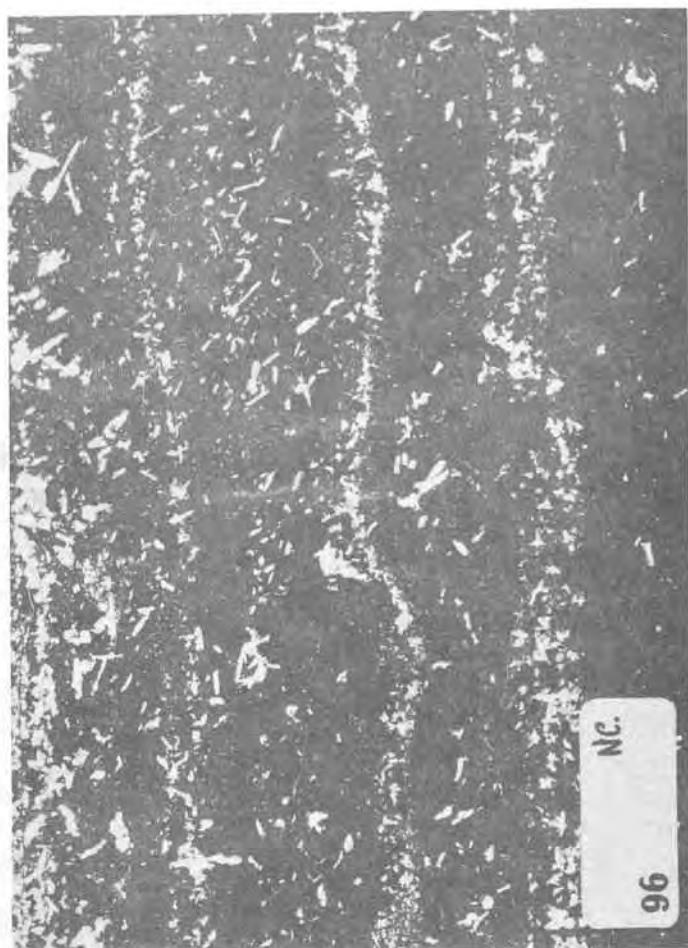
Se observa como los microciclos presentan la grano-clasificación característica de una precipitación a partir de salmueras de fondo, producidas en subcubetas periféricas más someras y que migran hacia la parte central. El máximo tamaño de grano está en la parte central-inferior del ciclo, y el mínimo en la parte superior.

94. 7650. NC. Id. Id.

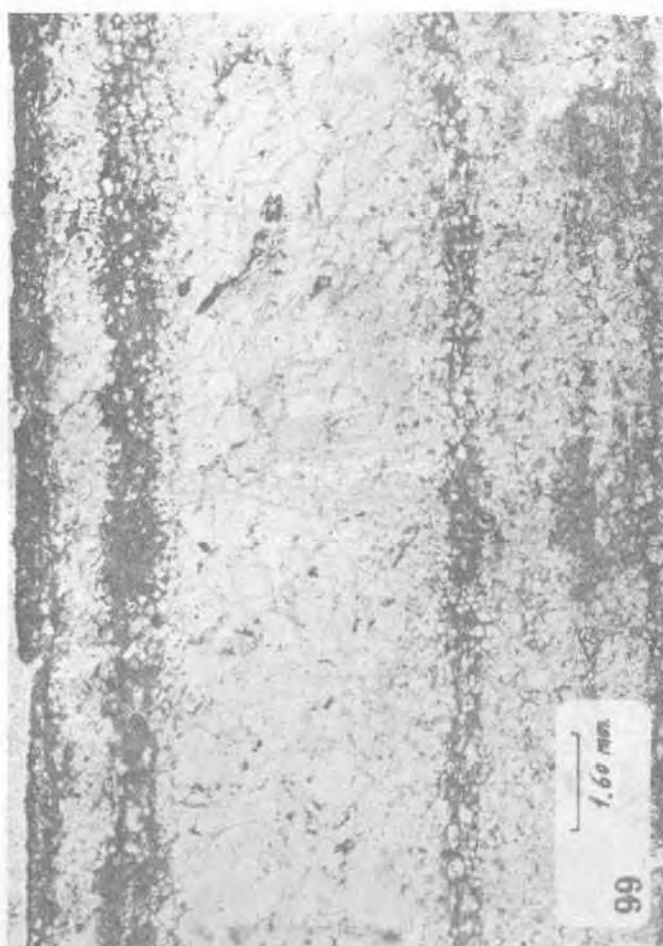
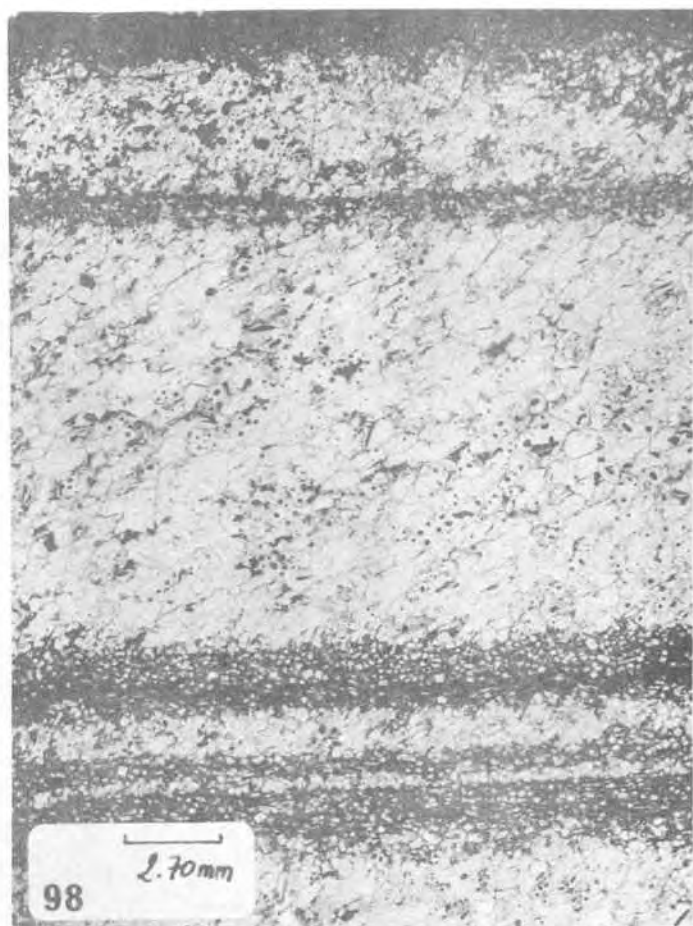
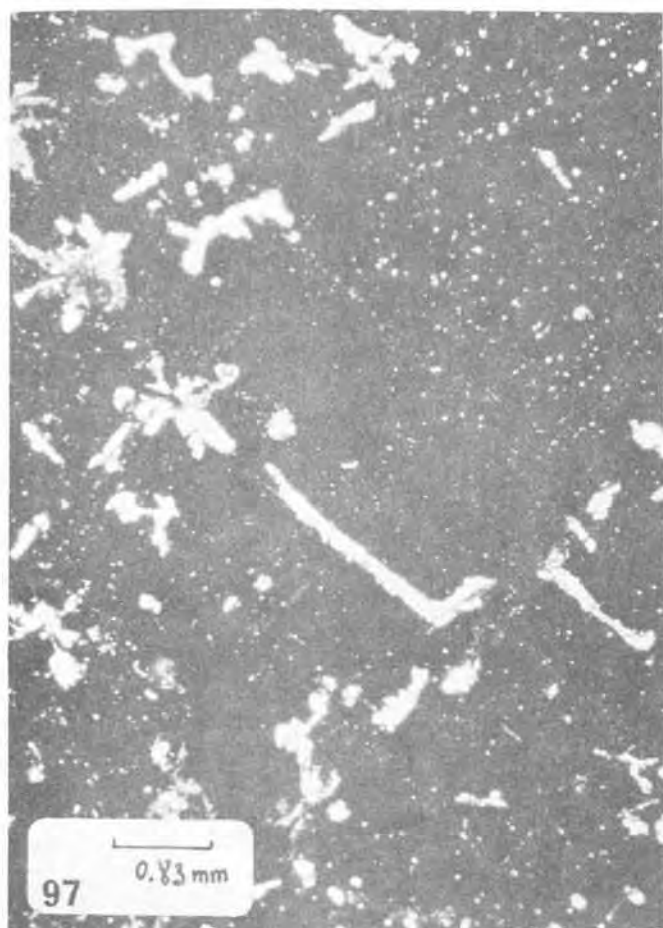
95. 7652. Ciclo n° 68 (Sal "entre dos"). Serie C-53.
Sallent.

Se observan las mismas estructuras, aunque deformadas por la presencia de grandes "hopper crystal". Hay dos tipos de "hopper": los gruesos, de 2 a 3 mm. ya mencionados, y otros de aspecto bacilar, alargados según la estratificación, que son los más abundantes. La longitud de estos últimos es inferior a 1 mm.

96. 7652. NC. Id. Id.



97. 7822 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 11 x 64.
Taudersalz Na 3 e . Salzdettfurth (Hannover S.).
Sulfatos en halitita dispuestos siguiendo sus planos
de exfoliación. El sulfato ha cristalizado a par-
tir de salmueras, en una fase diagenética tardía o
metamórfica (retrometamorfismo de Borchert).
98. 7642. Ciclo n° 53 (Sal "entre dos") Serie c-53.
Sallent.
Halitita bandeada que presenta alternancias "clear"
y "hopper". Se observa como la granulometría de la
halita en el microciclo central aumenta de abajo
hacia arriba, siendo máxima en la parte central y
disminuyendo un poco hacia la parte superior.
99. 7630. Ciclo n° 31 (Sal "entre dos") Serie C-53.
Sallent.
Id. al anterior. El microciclo central presenta
"graded bedding" inverso.
100. 7634. Ciclo n° 39 (Sal "entre dos") Serie C-53.
Sallent.



101. Ciclo n° 35 (Sal "entre dos") Serie C-53. Sallent LR.

Estructura basal de un ciclo originada por cristalización en un medio estático, en el fondo de la cubeta. Sobre los cristales idiomorfos de gran tamaño, sigue la precipitación salina con estructura en "graded bedding" normal.

102. 7640. Ciclo n° 45 (Sal "entre dos") Serie C-53. Sallent.

Se observa un microciclo formado por "hopper crystals" de gran tamaño, intercalados en la estructura normal de halitita descrita en anteriores microfotografías (alternancias de halita "clear" y "hopper" bacilares).

103. 7617. Ciclo n° 17 (Sal "entre dos") Serie C-53. Sallent.

Se observan las alternancias, ya descritas, de "hopper crystals" y "clear halite". En la parte superior del microciclo inferior hay estructuras "hopper" de gran tamaño, mientras que en la parte basal del microciclo superior la sedimentación comienza con una fina lámina arcillosa y "hopper" bacilares. Se puede ver como los "hopper" de gran tamaño desarrollan unas formaciones en cúpula producidas por disolución.

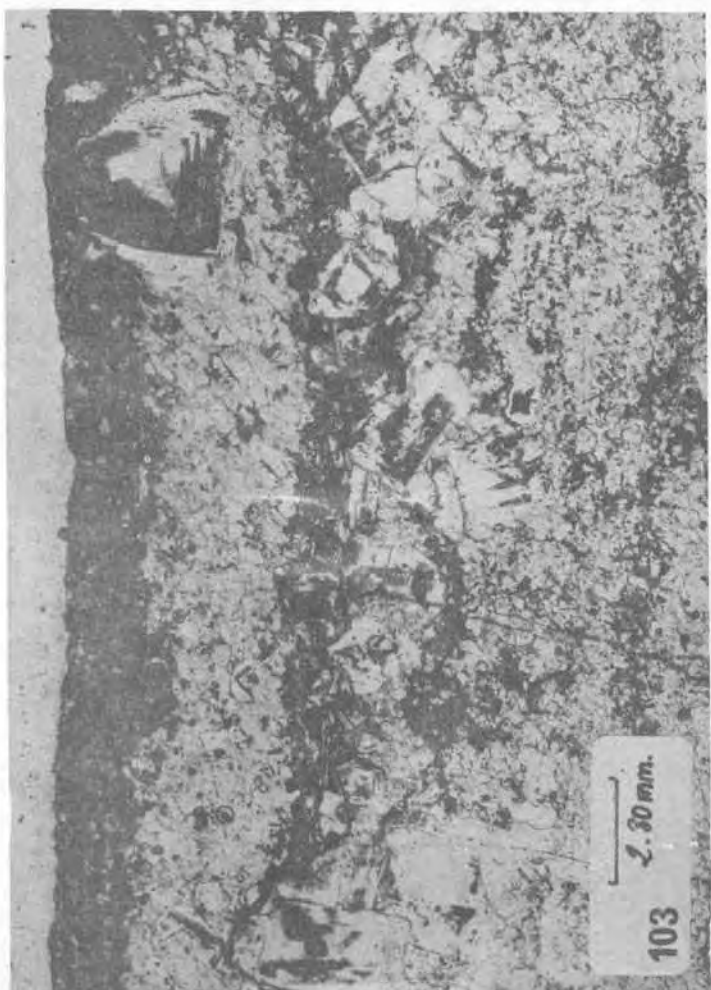
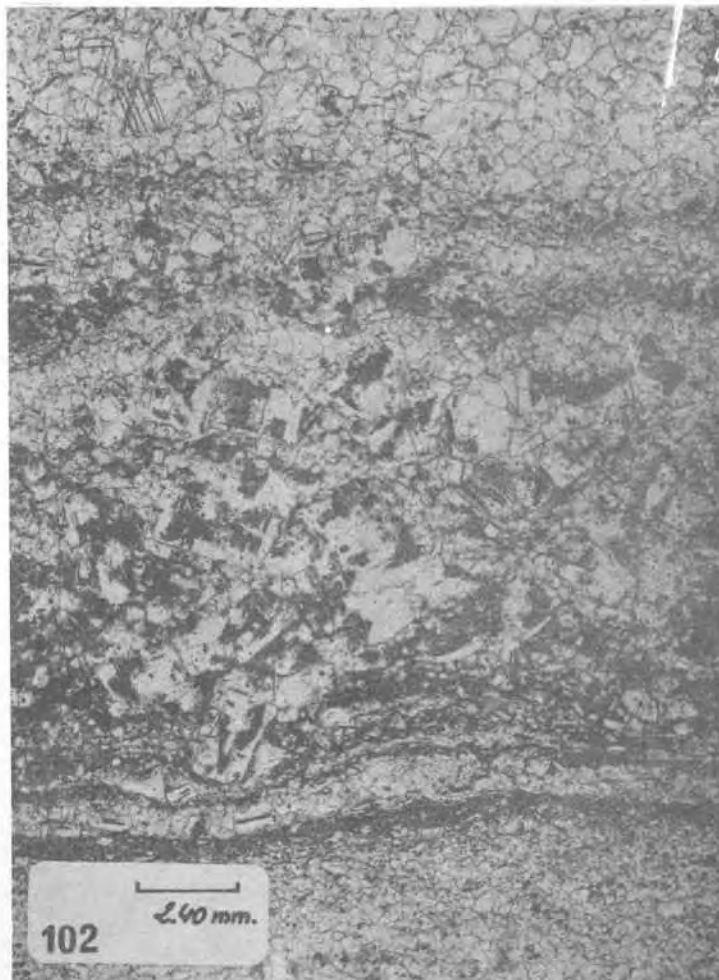
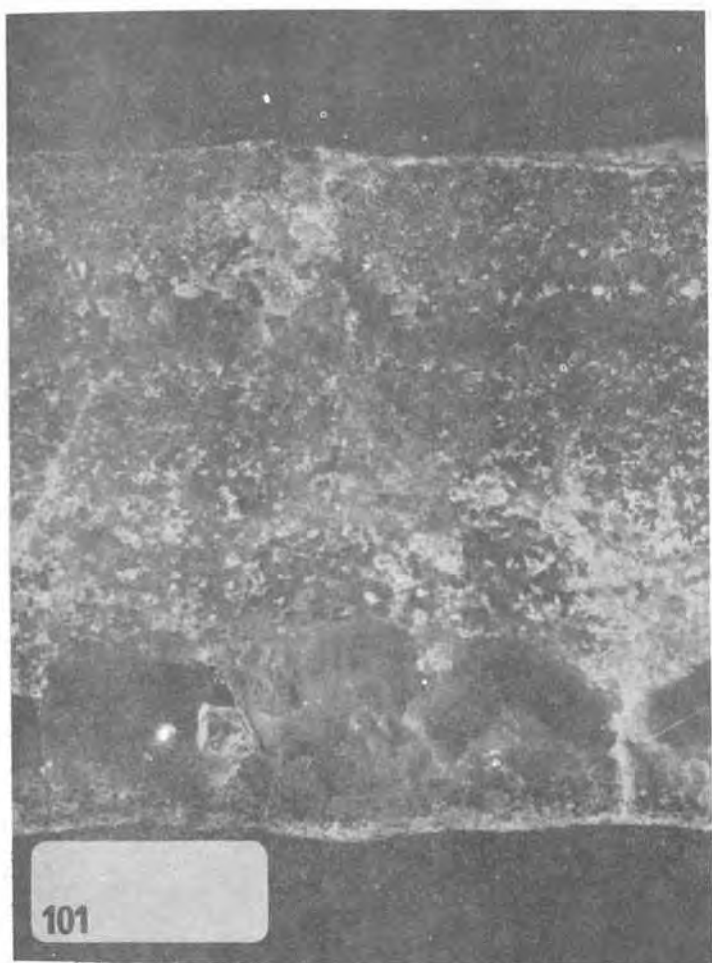
diferencial en el fondo de la cubeta, y en un ambiente totalmente estático. Ello confirma la hipótesis de que cada uno de los microciclos implica una detención momentánea de la sedimentación salina, que puede significar un episodio de disolución. La reanudación de la sedimentación tiene lugar mediante la precipitación de "hopper crystals" bacilares, siguiendo con halita "clear" y grandes "hopper" aislados o formando láminas continuas, en las partes superiores de cada microciclo.

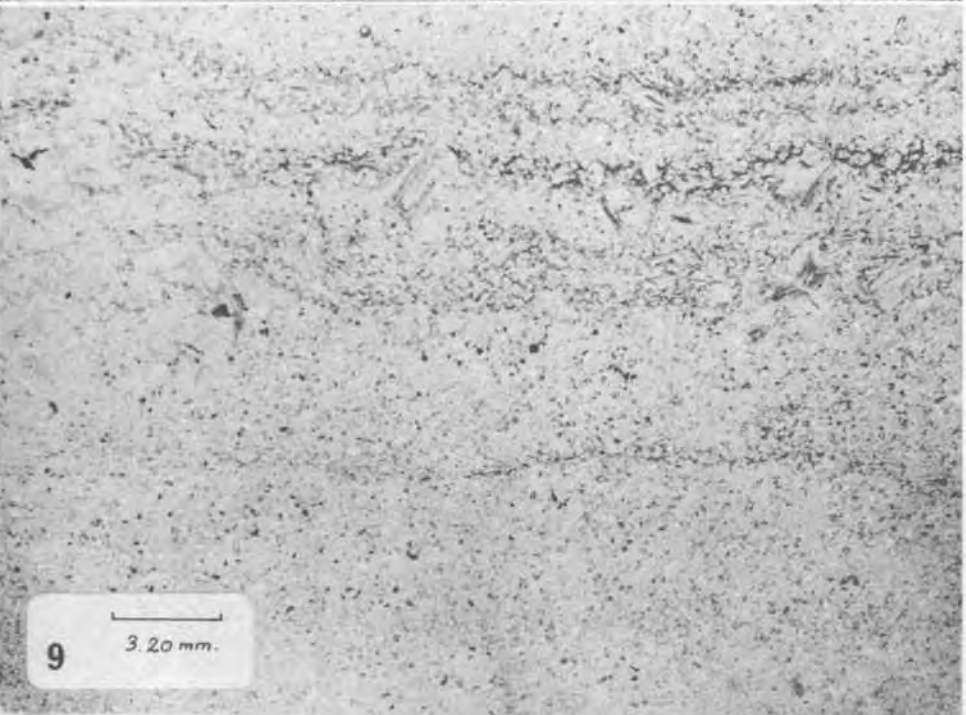
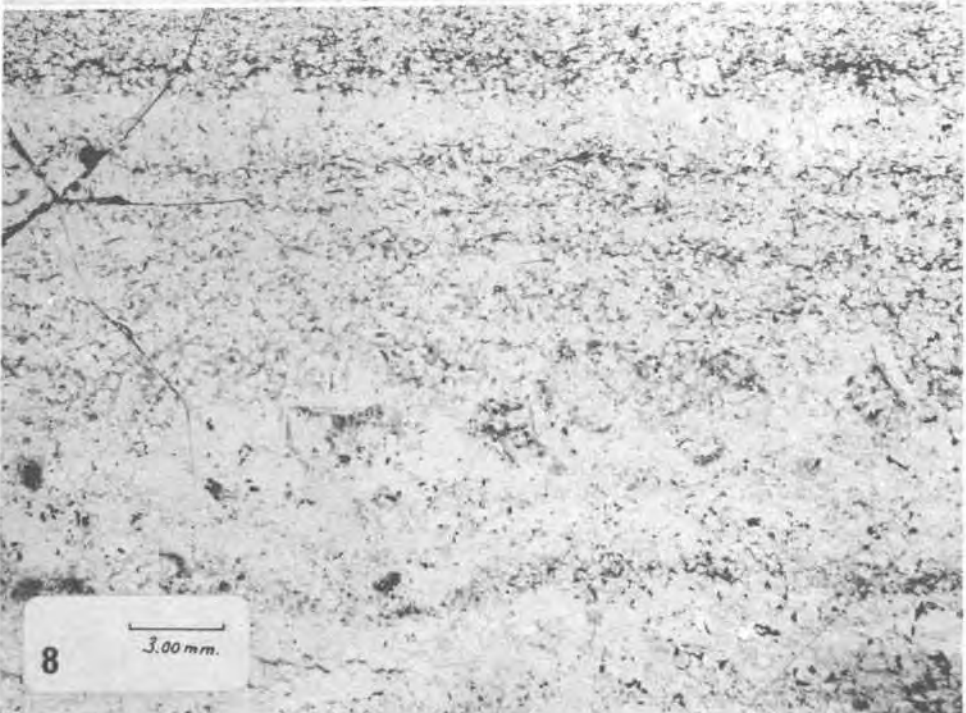
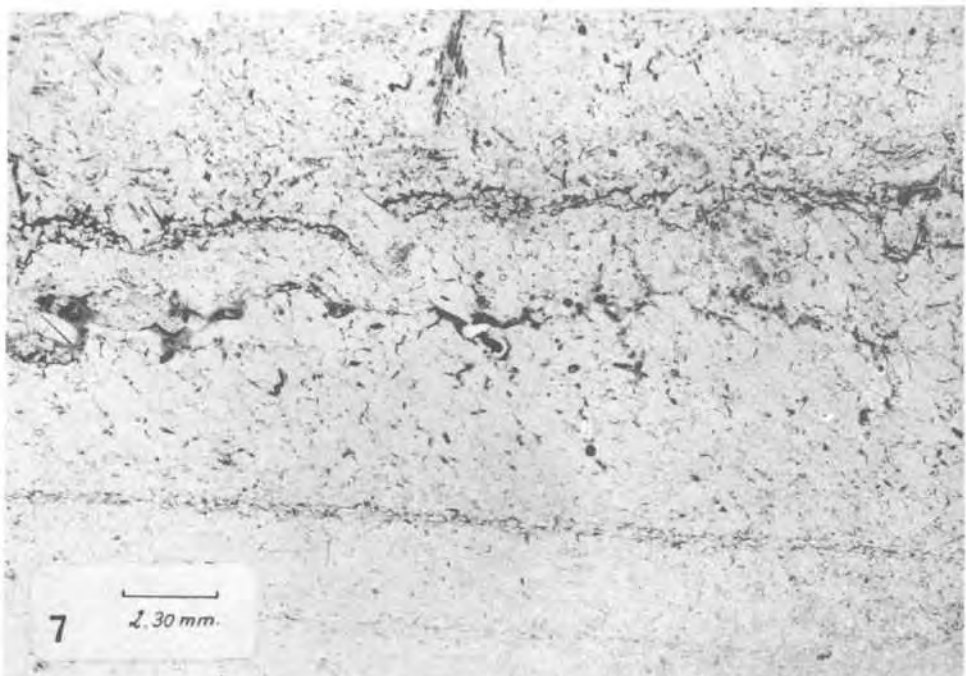
Este modelo nos hace pensar en que el distinto tamaño y forma de los "hopper crystals" es debido a que, al principio de la sedimentación evaporítica, estos cristales caen desde la superficie al fondo de la cubeta y son parcialmente disueltos en el trayecto, mientras que en una fase más avanzada de concentración no serían disueltos conservando su tamaño original y siendo envueltos por una capa de halita transparente en el fondo de la cubeta.

La existencia de una gran concentración de "hopper" en la base de los ciclos se debe a que todo el aporte sedimentario existente en ese momento está constituido por la sedimentación de los mismos, no habiendo formación de halita "clear" en el fondo de la cubeta (no hay todavía suficiente concentración para ello). Cuando se alcanza la concentración ade-

cuada en el fondo, comienza la formación de halita "clear" a un ritmo lo suficientemente grande como para diluir los "hopper", de forma que parece que el ritmo de sedimentación de los mismos varía mucho. No obstante, dicho ritmo debe de ser prácticamente constante, ya que el núcleo de algunos granos de "clear halite" se observa un "hopper" que ha servido de germen de cristalización. Esto es lógico que suceda dado que los "hopper", en su caída, atraviesan ahora salmueras muy concentradas en ClNa.

104. 7639. Ciclo n° 44 (Sal "entre dos") Serie C-53.
Sallent. Id. Id.

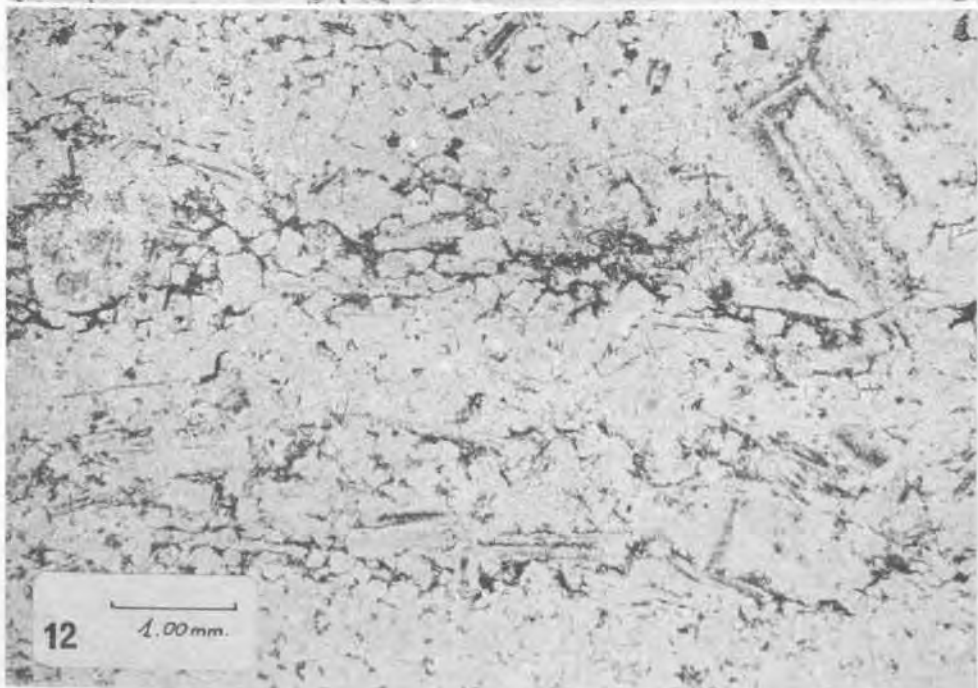
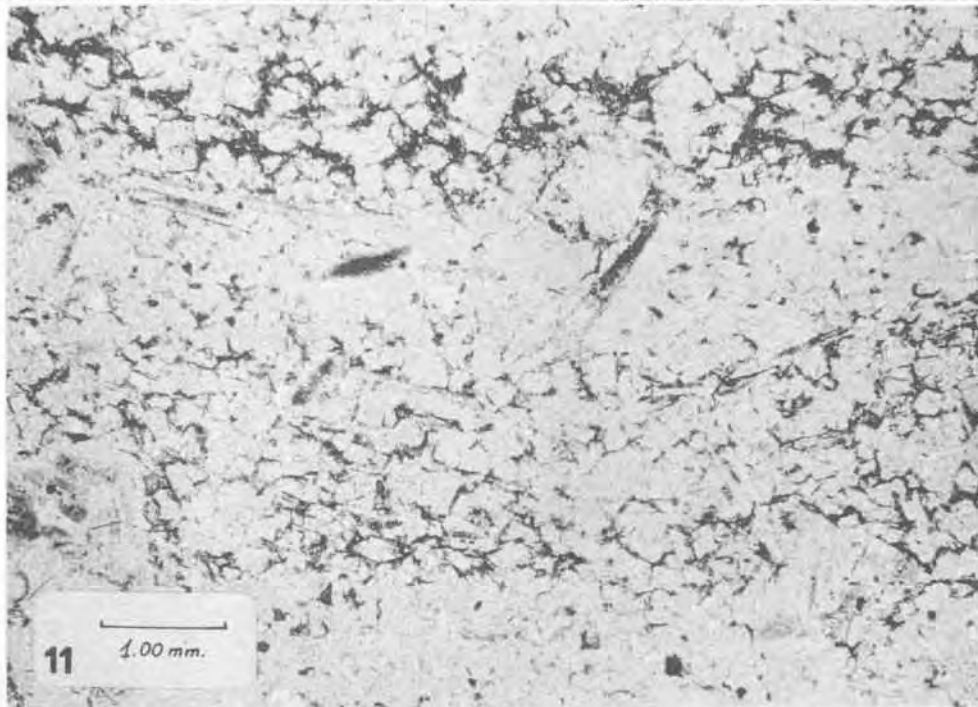
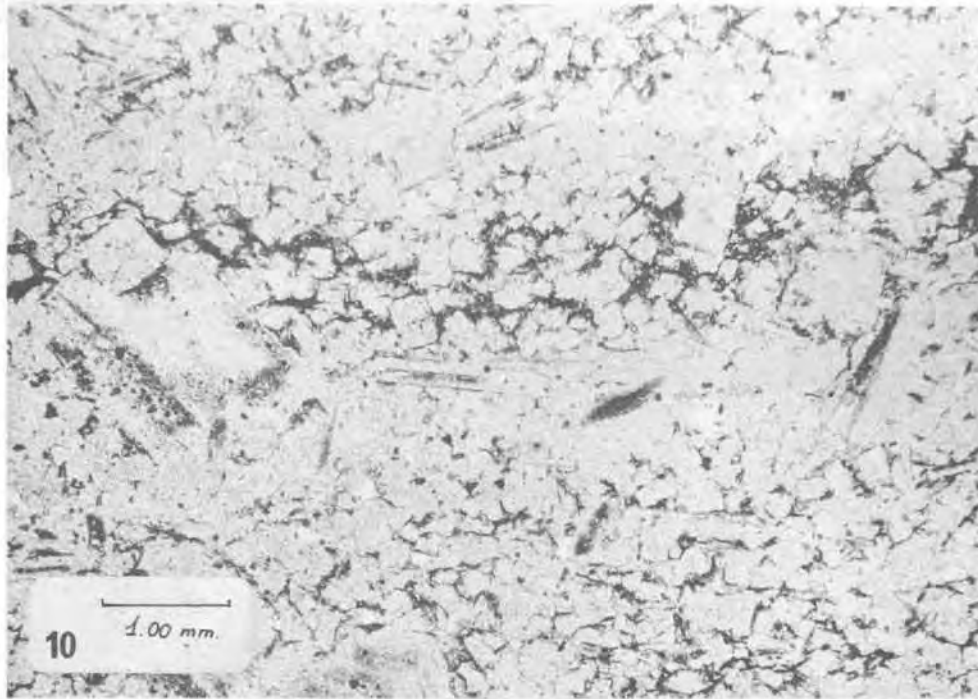




7. 13597 (2). Ciclo de halitita bandeada de la "sal intermedia inferior" ("sal entre dos"). Obsérvense microciclos y "hopper crystal" interestratificados. Serie X-1, cámara B. Sallent.

8. Id. en la sal intermedia superior (de la "sal entre dos"). Serie X-1. Sallent.

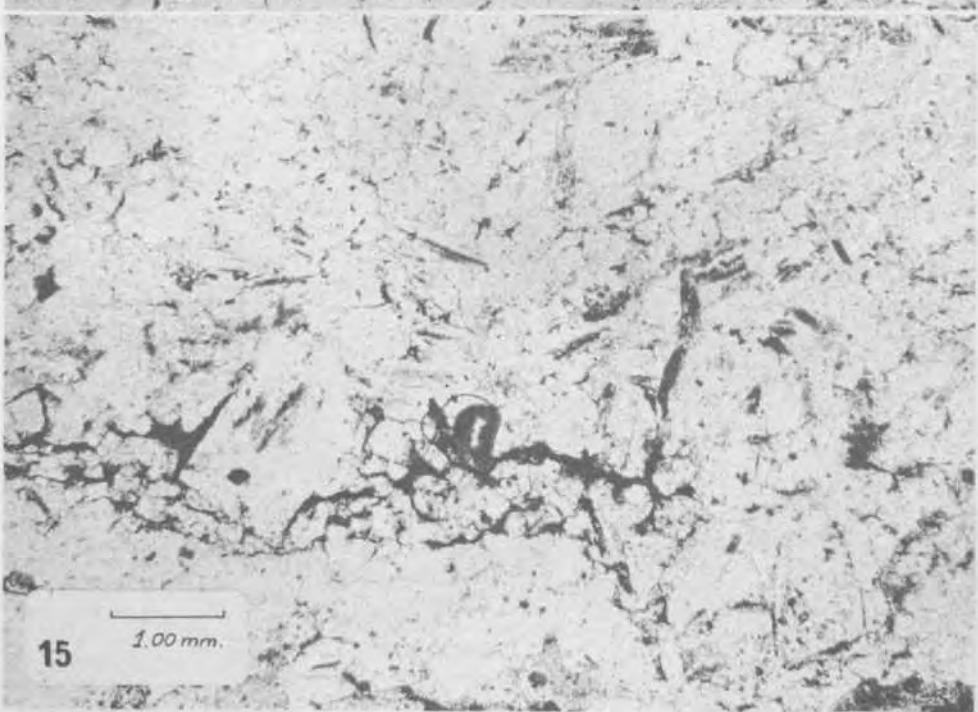
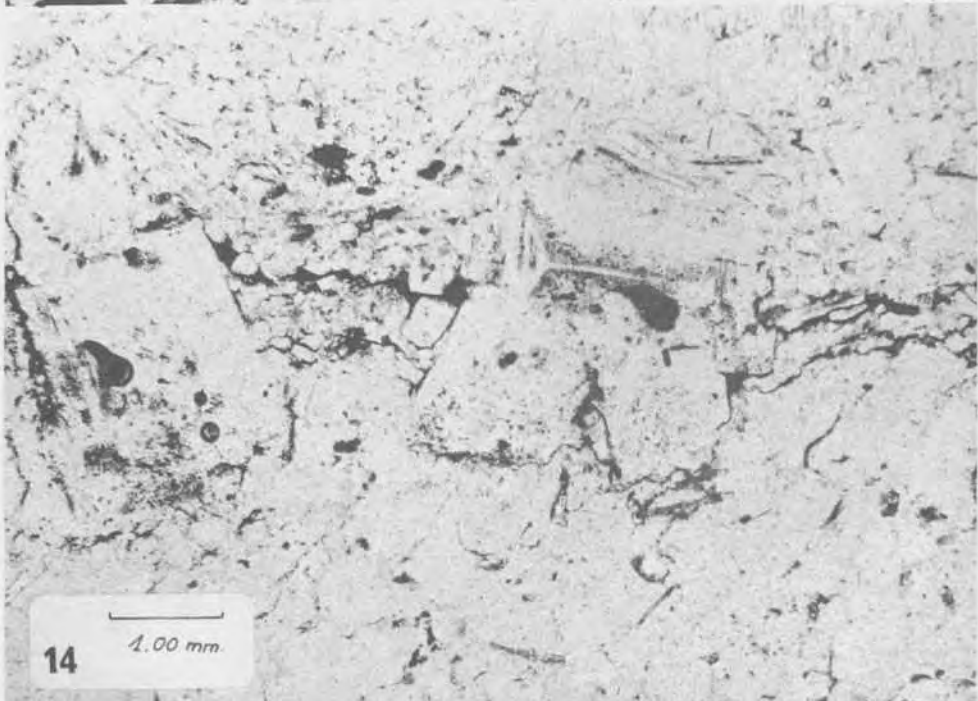
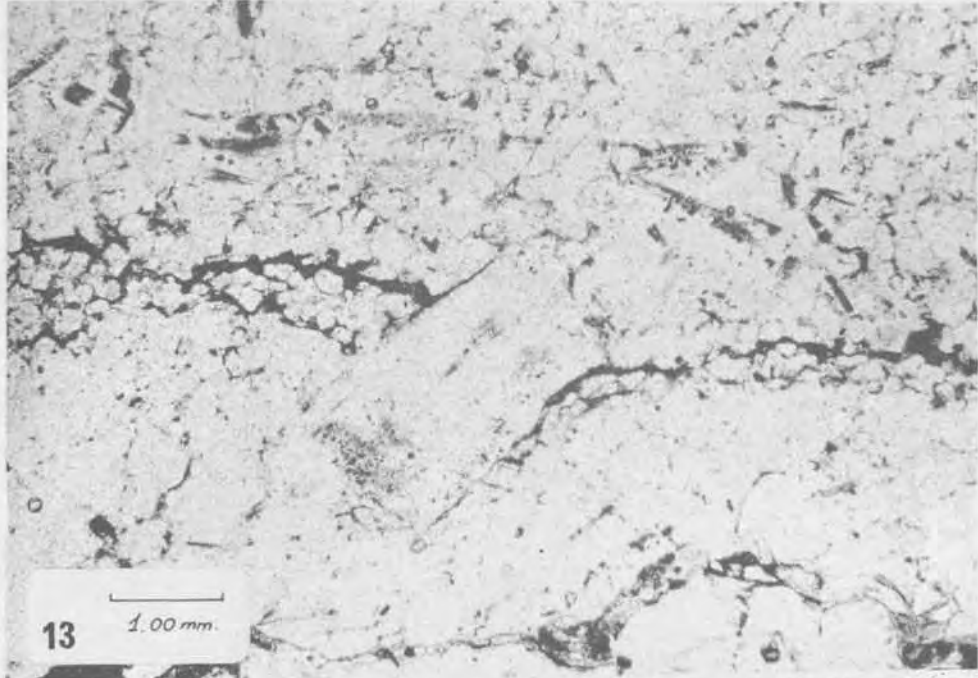
9. 13605. Ciclo de halitita bandeada intercalado en la carnalitita. Tercer nivel de halita empezando por la parte inferior. Serie circular del volcador, Sallent.



10. 13605. 12.5 a 1.25 x 1. Coord: 11 x 58.5. Detalle de los "hopper crystal" asociados a los microciclos evaporíticos. Estos cristales de aspecto interno sombreado se originan en la superficie de la cubeta, por evaporación. El sombreado se debe a la presencia de grandes concentraciones de inclusiones bifásicas, orientadas según las caras del cubo.

11. 13605. 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 10 x 70.

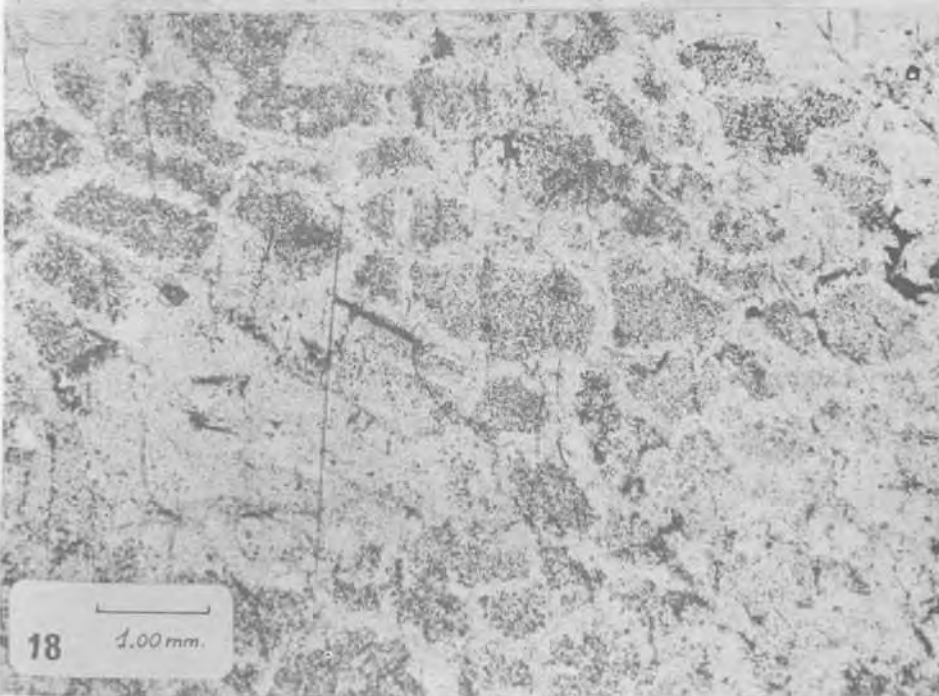
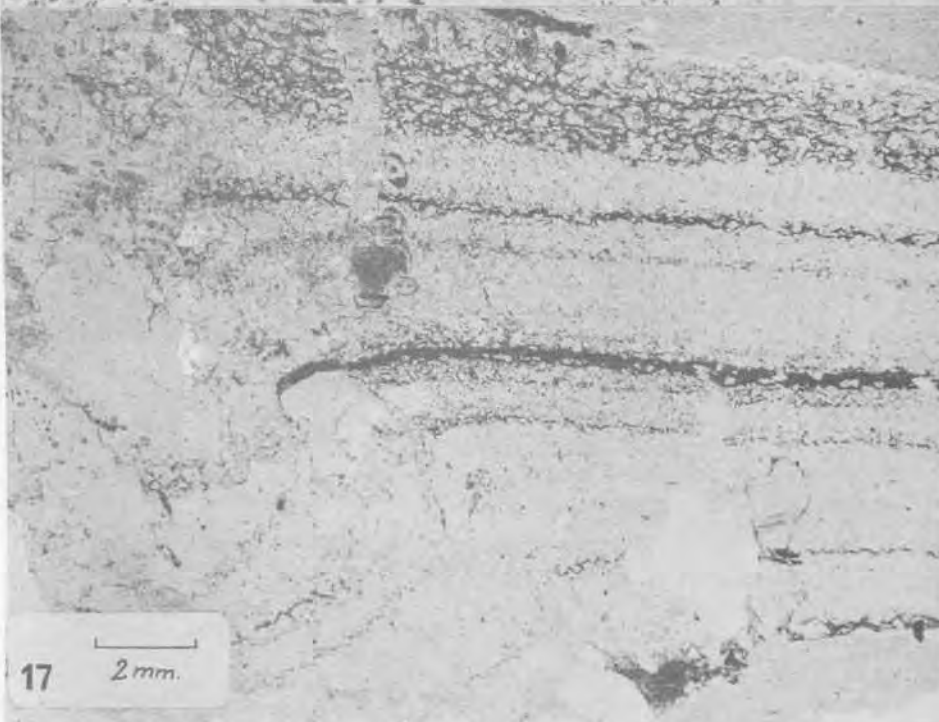
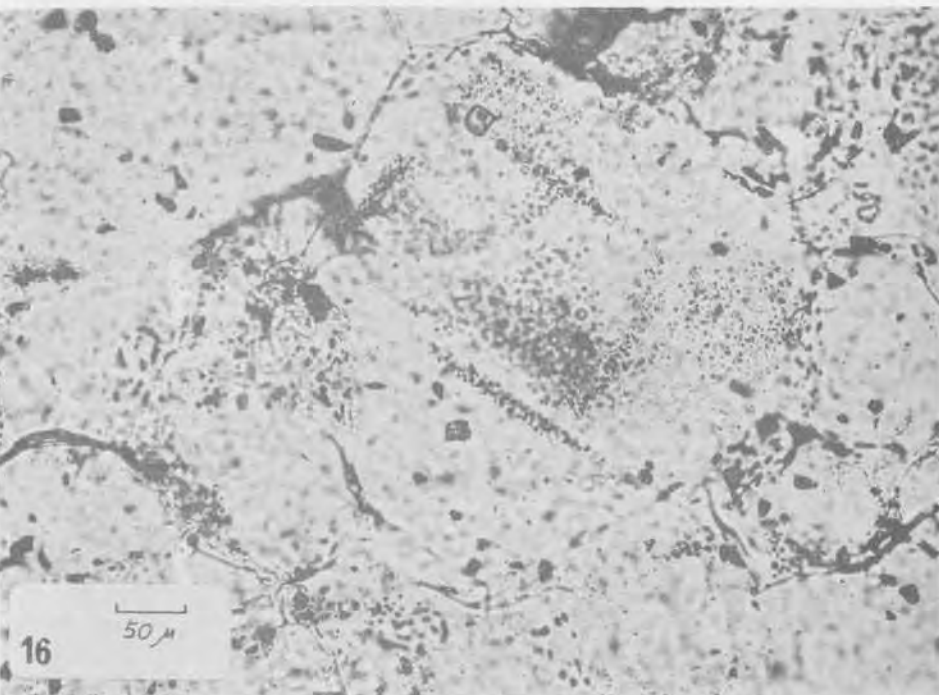
12. 13605. 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 12.5 x 61.



13. 13597 (2). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 19 x 52. Se observa detalladamente el paso entre dos microciclos consecutivos. Los "hopper crystal" se acumulan principalmente en las proximidades de la interfase rica en sulfatos y arcilla.

14. 13597 (2). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 20 x 76.

15. 13597 (2). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 16 x 13.



16. 13597 (2). Detalle de un "hopper crystal" de pequeño tamaño en la sal intermedia inferior ("sal entre dos") de la serie X-1. Sallent. Se observa la envoltura de halita hialina ("clear halite") de origen diagenético temprano.

17. 13597 (2). Porfiroblasto en la misma muestra de las microfotografías anteriores. Según Borehert (1964) corresponde a una fase metamórfica de recrystalización. Como puede observarse (izquierda de la microfotografía) el cristal, en su crecimiento, deforma la estructura.

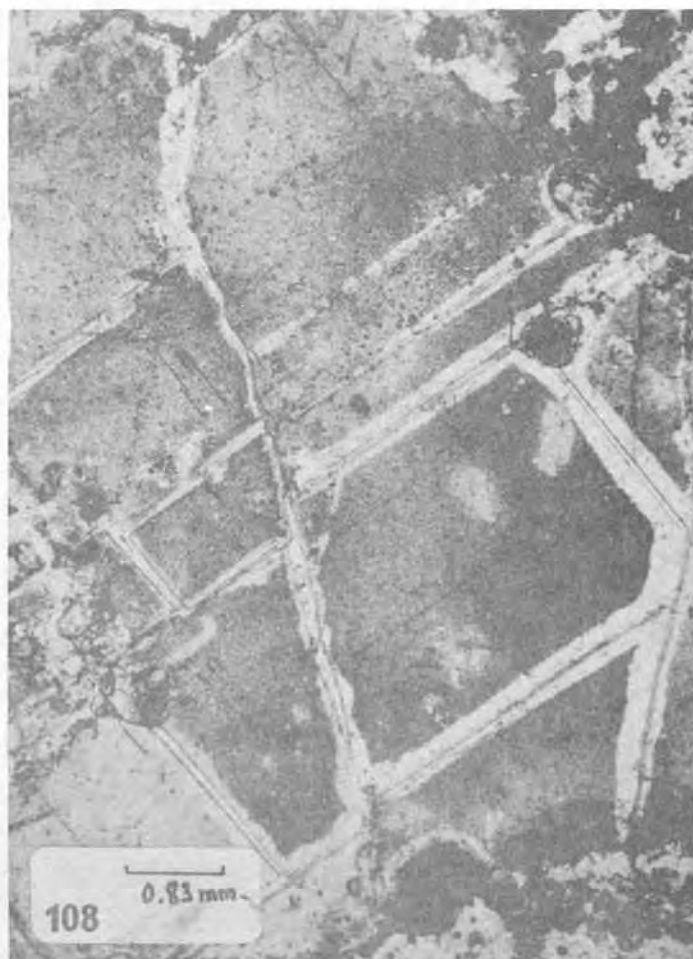
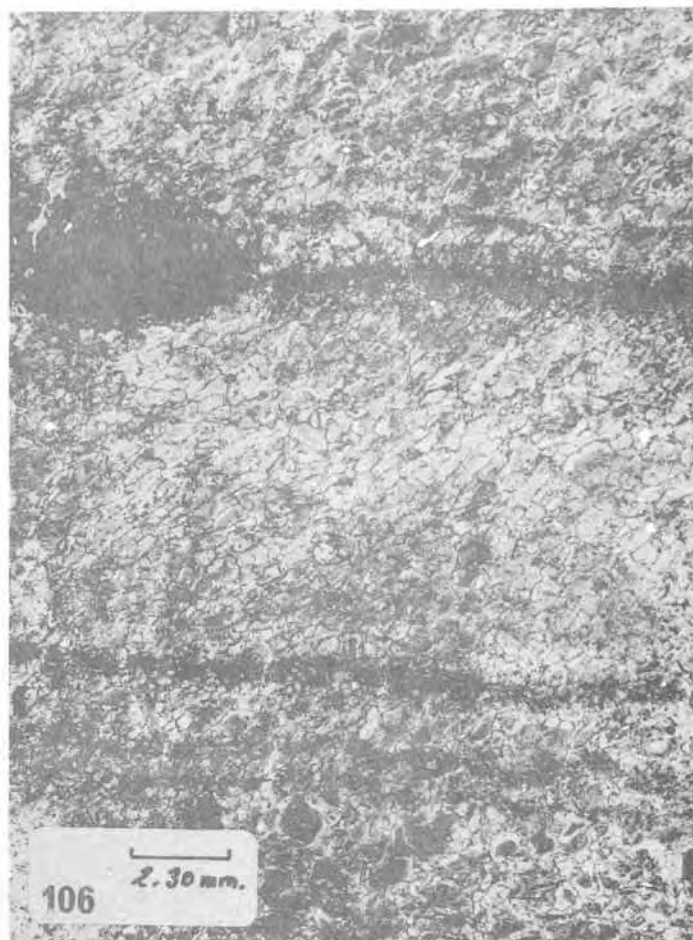
18. 13601. 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 18 x 57.5. Halitita bandeada fuertemente recrystalizada ("sal de muro"). Base cámara B, serie X-1. Sallent. Se aprecia una estructura intragranular granujienta y bordes de grano hialinos, lo que es evidencia de una percolación intergranular de salmueras.

105. 7680. Ciclo n°119 (Parte inferior capa A) Serie C-53 Sallent.
106. 7653. (1). Ciclo N°69 (Parte inferior sal "entre dos") Serie C-53. Sallent.
107. 7825 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 19 x 57. Orangeaugensalz Na 3 . Salzdettfurth (S. Hannover).
108. 7839 (3). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 11 x 65. Halitita asociada a carnalitita. Hildesheim (S. Kassel).

Las cuatro microfotografías, de diverso origen, son prueba de la existencia de líquidos de origen diverso que percolan por los espacios intergranulares. Todas las muestras han sido tomadas en zonas próximas a las sales potásico - magnésicas.

Las correspondientes a las microfotografías 105 y 106, en las inmediaciones de la capa A de Silvinita (Sallent), donde hay vestigios de preexistencia de carnalita en algunos niveles. Los líquidos podrían ser en tal caso autógenos y metamorfizantes. En la microfotografía 106 hay un vestigio de probable preexistencia de carnalita en la mancha ovalada de hematites de la parte superior izquierda.

Las dos microfotografías inferiores corresponden a muestras de sales del Zechstein alemán, relacionadas con carnalita. El proceso debe haber sido muy similar.



La halitita bandeada fuertemente recristalizada presenta diversas texturas caracterizadas por la existencia de una intensa recristalización de origen diagenético tardío o metamórfico que enmascara el bandeo preexistente. Se trata, pues, de halitita bandeada normal (débilmente recristalizada - facies diagenética inicial) que ha recristalizado totalmente.

La base anhidrítico-arcillosa de cada ciclo puede presentarse difusa cuando la recristalización rompe su continuidad. La halita superior presenta varios grados de recristalización, visibles en los planos que descienden desde San Onofre a través del diapiro. La máxima recristalización se encuentra en las partes más profundas de las explotaciones. En el nivel 920 de Cardona, la halitita bandeada presenta textura recristalizada hasta el extremo de que los ciclos están constituidos, desde la parte superior a la inferior, por un solo cristal que presenta exfoliaciones oblicuas a la estratificación (que llegan de distema a diastema) y planos orientados de inclusiones bifásicas.

La estructura al microscopio es macrogranuda equigranular con granos alotriomorfos de bordes más o menos irregulares. Normalmente presentan orientación, aunque no tan marcada como en el caso anterior.

Presenta "hopper crystal" de tamaño muy superior a los de la H.B. débilmente recristalizada. Ello nos hace pensar en que estos cristales no se han originado en la superficie del agua de la cubeta, sino que se han formado por crecimiento muy rápido en el fondo de la misma.

* En general, la "sal de muro" presenta los cristales de anhídrita de mayor tamaño que en la anterior especie (ver

Geoquímica). Esta diferencia también debe de ser atribuida a procesos secundarios de tipo diagenético o metamórfico.

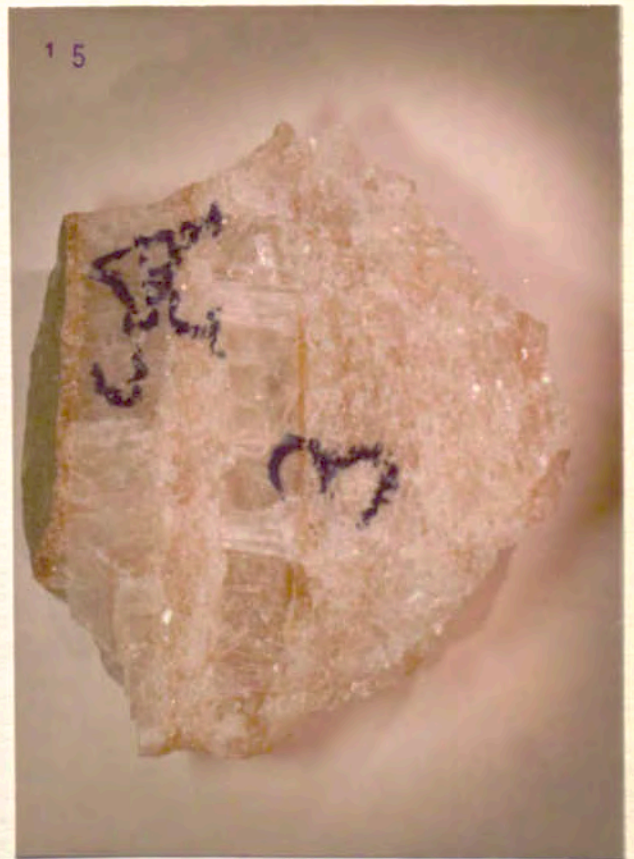
COLOR

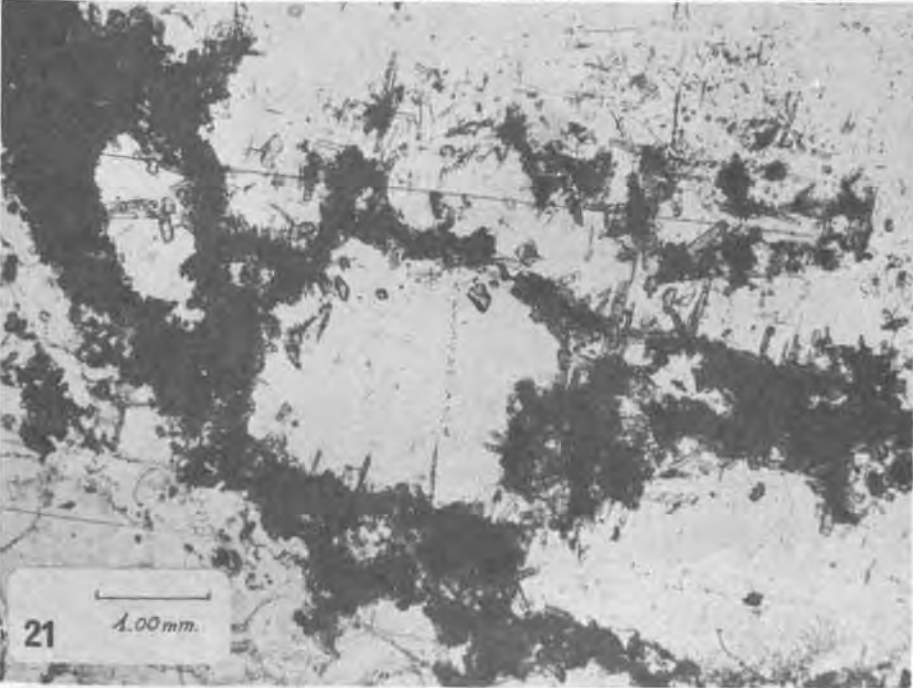
8. Cardona. Nivel 920. Talleres de reparaciones de después caseta facultativos.
Detalle de la "sal de muro" (Halitita bandeada fuertemente recristalizada). El tamaño de grano es muy grueso, pero permite observar la estructura laminada original del yacimiento. Las láminas, apenas perceptibles, son de 4 a 5 cm.
9. Cardona. Id. a la anterior.
En este caso los ciclos corresponden a sal de la zona potásica (casi con toda seguridad a la "sal veteada").
10. Cardona. Id. Id.
En este caso se observa como empiezan a formarse cristales de gran tamaño que se adaptan a la estructura laminada preexistente. Zonas alargadas y oscuras en parte superior e inferior izquierda.
11. Cardona. Rampa 2 de unión entre los niveles 720 y 920.
Situación: Cinta C, entre pulking 4 y 5.
Halitita bandeada fuertemente recristalizada ("sal de muro"). Todavía se observa el bandeo rítmico estacional. Las capas buzan casi verticalmente debido a que nos encontramos en el núclec del dia piro.



COLOR

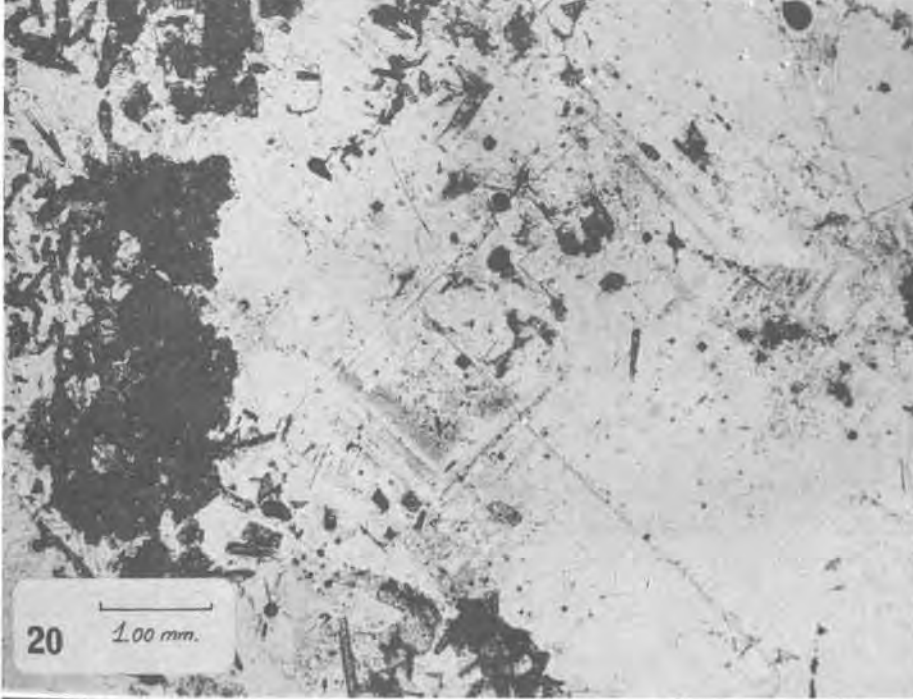
12. Cardona. Rampa de extracción de San Onofre. Cinta 5 bis, pulking 6. N^o 7200. Corresponde a la "sal de muro" de la parte central del diapiro, a 490 m de profundidad respecto a la superficie. Se observa como las dias temas han quedado difusas por la recristaliza ción de la masa rocosa.
13. Cardona. Nivel 920. Comedores. N^o 7223. Se observa un ciclo de halitita bandeada muy fuertemente recristalizada que corresponde a "sal veteada". Presenta toda su masa totalmente recristalizada, hasta el límite de formar un solo grano cristalino. A pesar de ello hay vestigios de laminación internos al ciclo que se manifiestan en forma de cambios de sombreado (vestigios de microciclos).
14. Cardona. Nivel 920. Zona de los comedores. N^o 7205. Como en el caso anterior, la recristaliza ción es prácticamente total y se observa como los planos de exfoliación son oblicuos a la estrati ficación.
15. Cardona. Rampa 2 bis de unión entre los niveles 720 y 920. Cinta A, pulking 3. N^o 7186. En este caso el grado de recristalización es menos avanzado y se constata como la recristaliza ción se efectúa preferentemente en las zonas que tienen una estructura primaria de grano más grueso (según planos paralelos a la estratifica ción) para pasar, posteriormente, al resto de la masa rocosa.





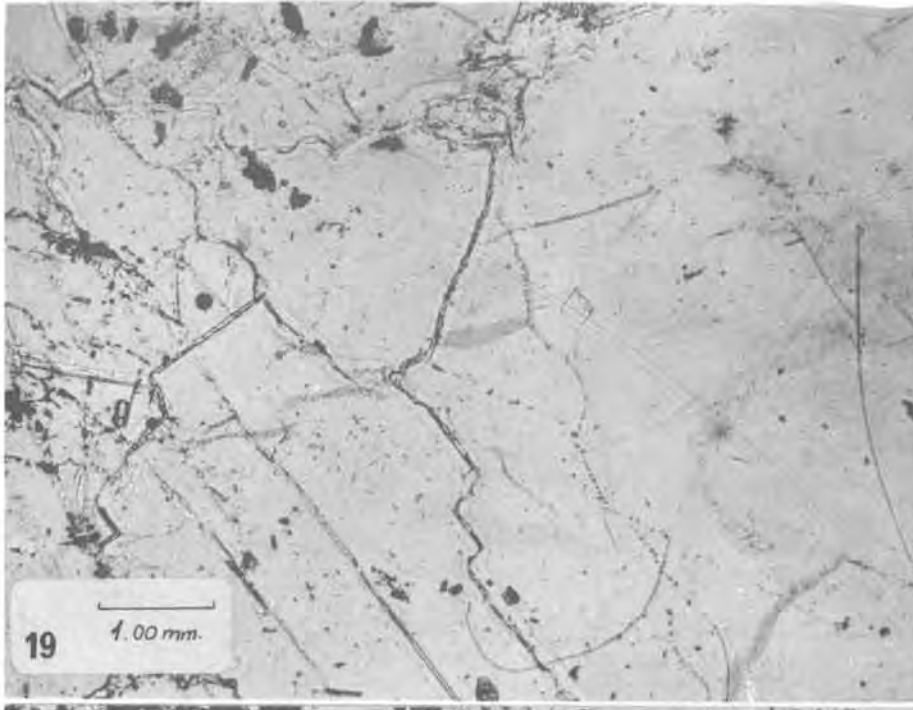
21

4.00 mm.



20

4.00 mm.



19

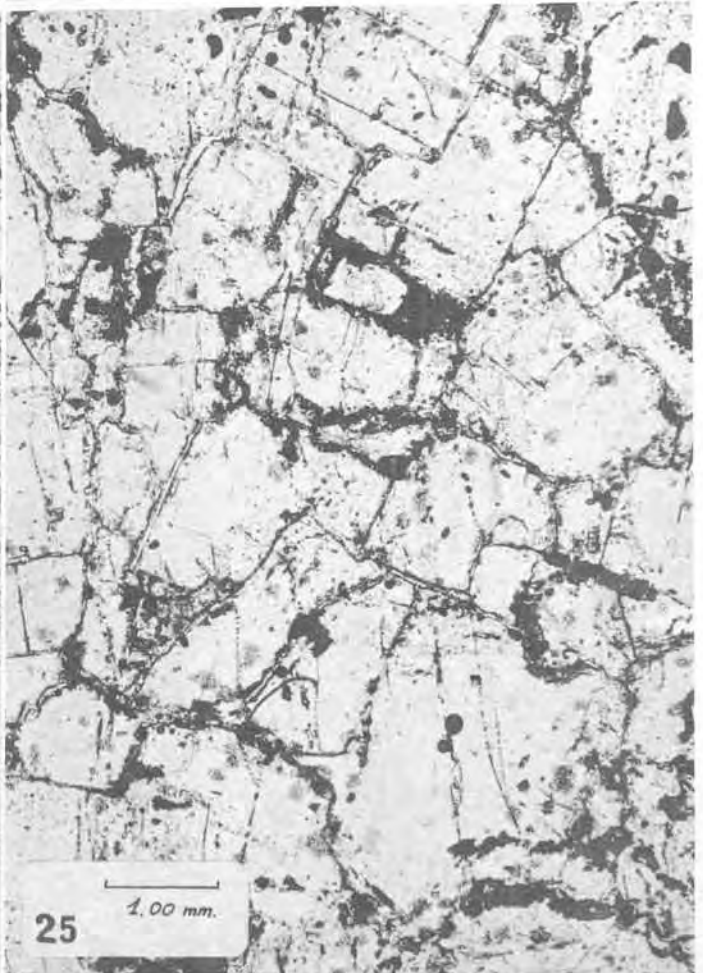
4.00 mm.

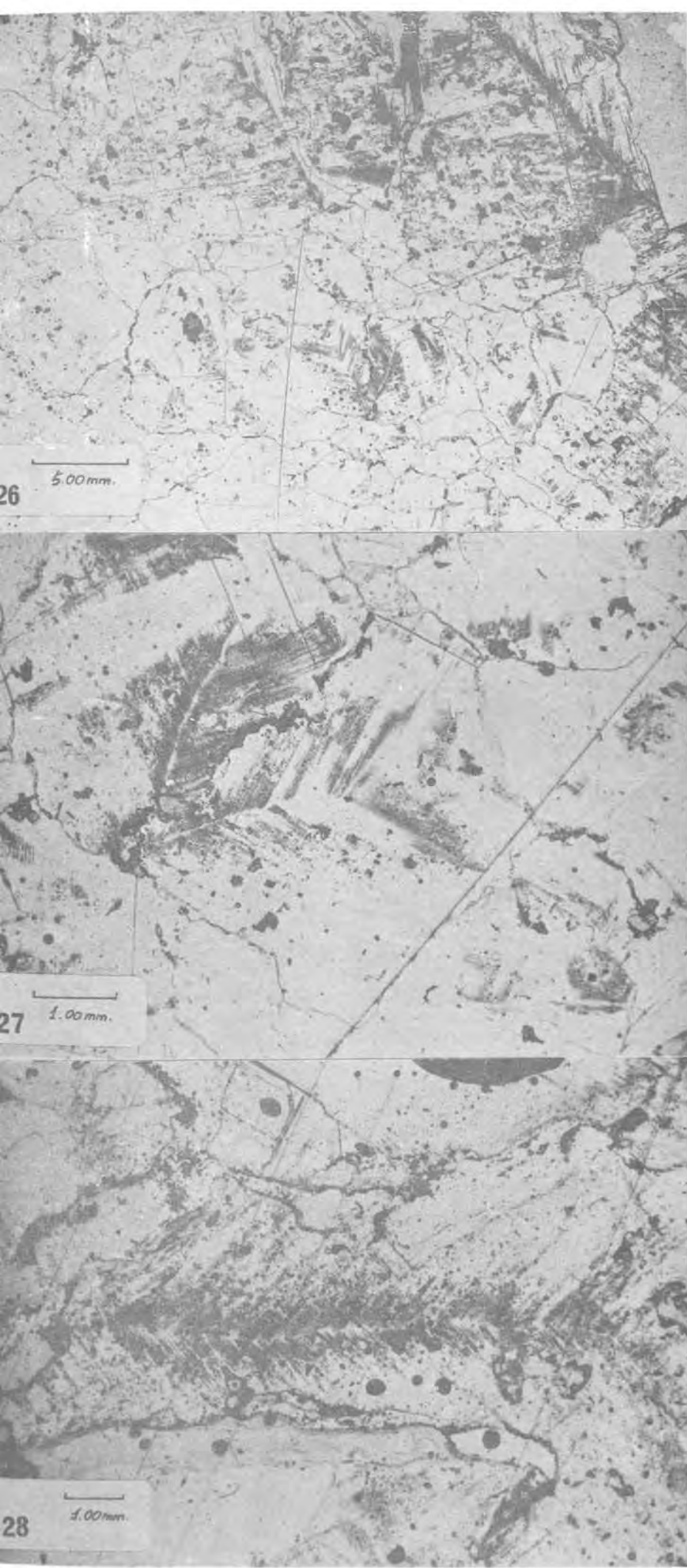
19. 7204 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 12.5 x 72.5. Estructura granuda hocrystalina con alineaciones de inclusiones bifásicas siguiendo antiguos bordes de grano.

20. 7204 (1). 12.5 x 1.25 x 1. 13.5 x 65,5 coord. "Hopper crystal" con acúmulos periféricos de anhidrita (oscuro). Cardona. Planos de extracción de San Onofre, cinta 5, p. 5^o.

21. 7219 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 19 x 57. Asociaciones halita-sulfatos formando intercrecimientos. Los cristales de halita son subidromorfos y presentan intercrecimientos orientados de sulfatos, dispuestos perpendicularmente a las caras del cubo. Ello es evidencia de procesos de recristalización diagenética tardía o metamórfica (tégase en cuenta que los sulfatos están constituidos principalmente por anhidrita). Cardona. Planos de extracción por San Onofre. Cinta 7, p. 3^o.

22. 7208 (2). Estructura de recristalización intensa en la sal de muro (cinta 7, p.2, planos de extracción de San Onofre, Cardona) de tipo holocristalino. Los sulfatos y arcillas de la parte superior son vestigios de la estratificación primaria, dispersos por la recristalización metamórfica. Se observan planos de deslizamiento intragranulares (que corresponden a planos de exfoliación) paralelos a la estructura.
23. 7217 (1). 12.5 x 2 x 1. Coord: 21 x 61. "Hopper crystal" en sal de muro envuelto por halita hialina (clear halita). El conjunto constituye un grano que se observa atravesado por una alineación de inclusiones bifásicas. Dicha alineación consiste en un plano de exfoliación abierto por distensión y resoldado posteriormente, englobando salmueras intersticiales. Cinta 8, p.3, planos de extracción de San Onofre, Cardona.
24. 7205 (1). Niveles de disolución observados en sal de muro (Cardona, nivel 920, gal. Talleres-Comedores). Parece observarse una estructura primaria ("graded bedding" inverso) enmascarada por una recristalización de fase metamórfica.
25. 7209 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 22 x 72. Estructura granuda holocristalina sudidiomorfa en sal de muro mostrando acumulación de inclusiones formando manchas. Cardona.

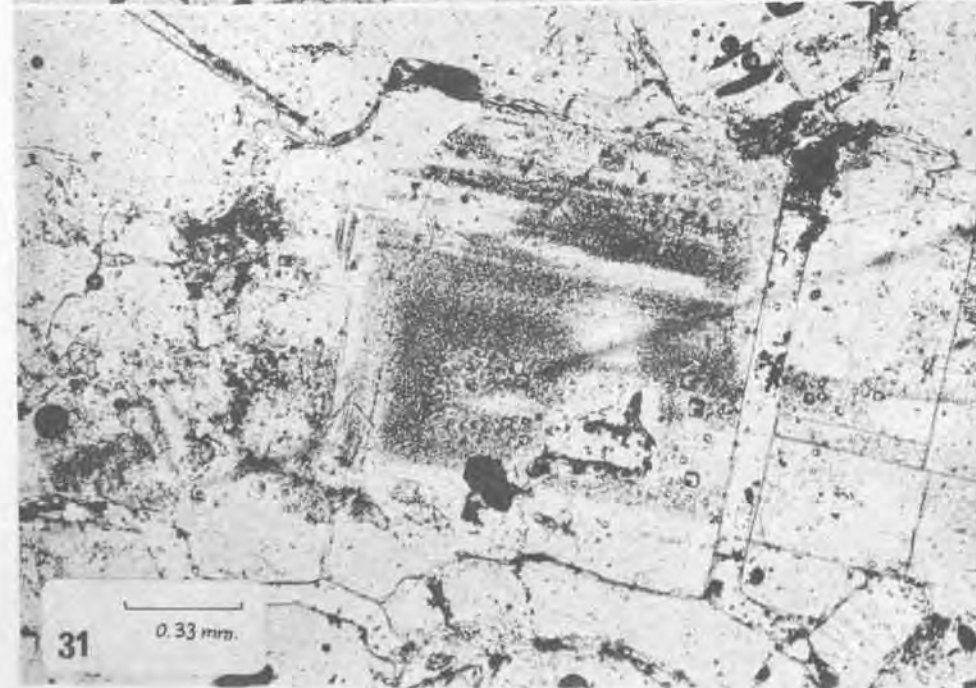
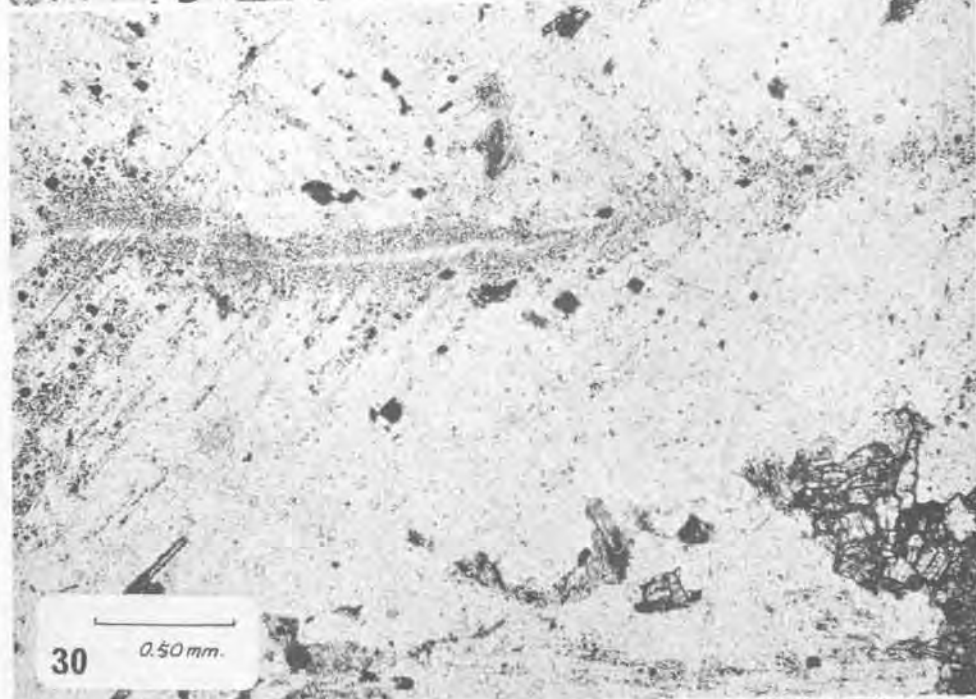
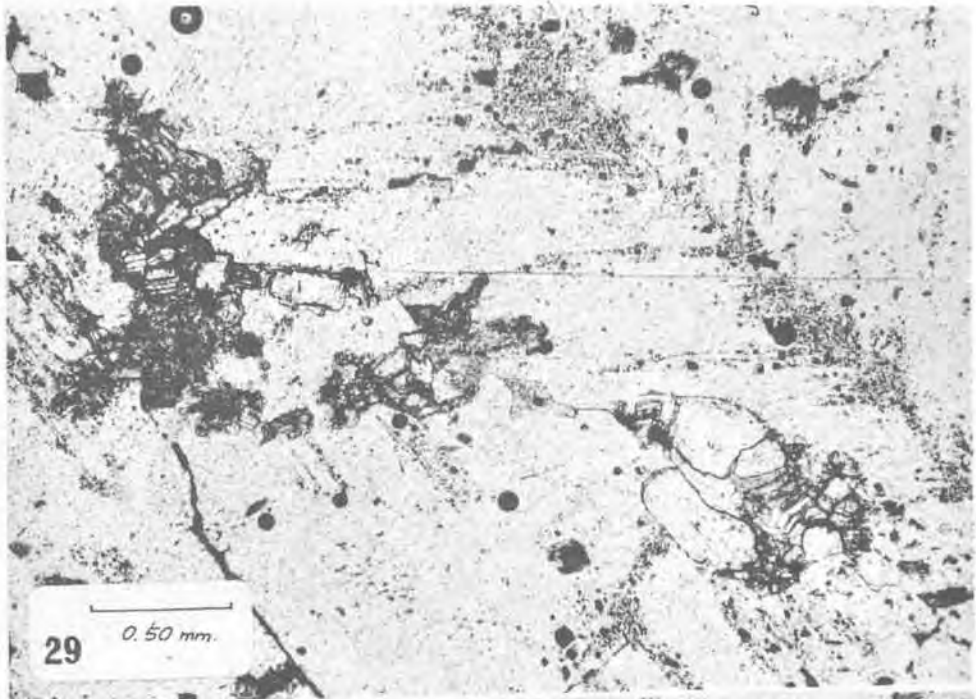




26. 13510. Muestra tomada de la "sal de muro". La estructura es holocris-
talina y presenta orientación según la antigua estratificación. Pozo
de extracción de Balsareny.

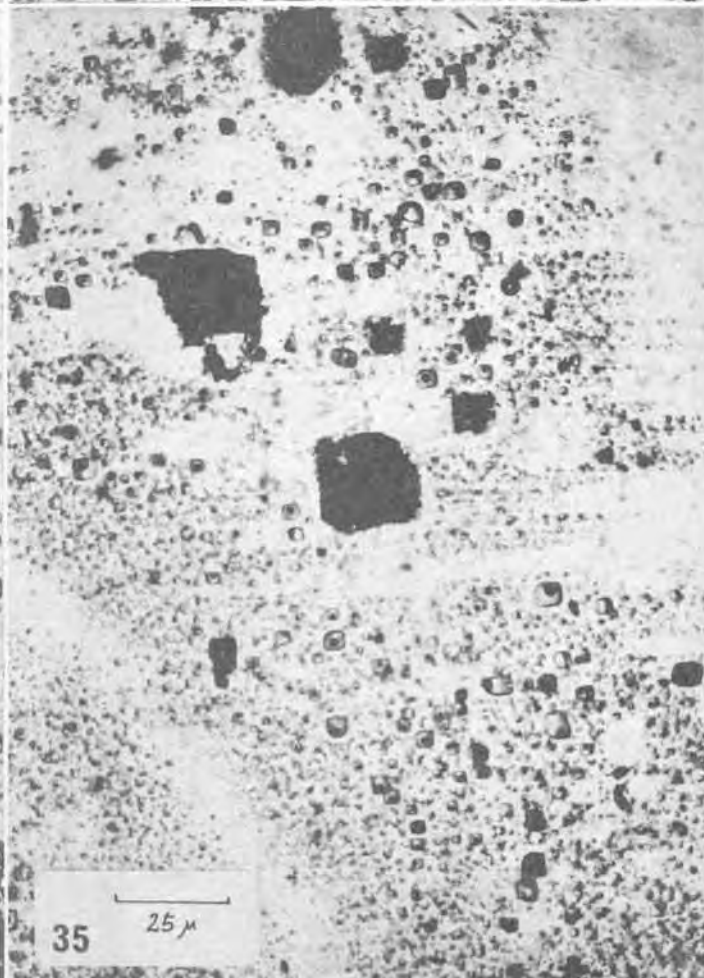
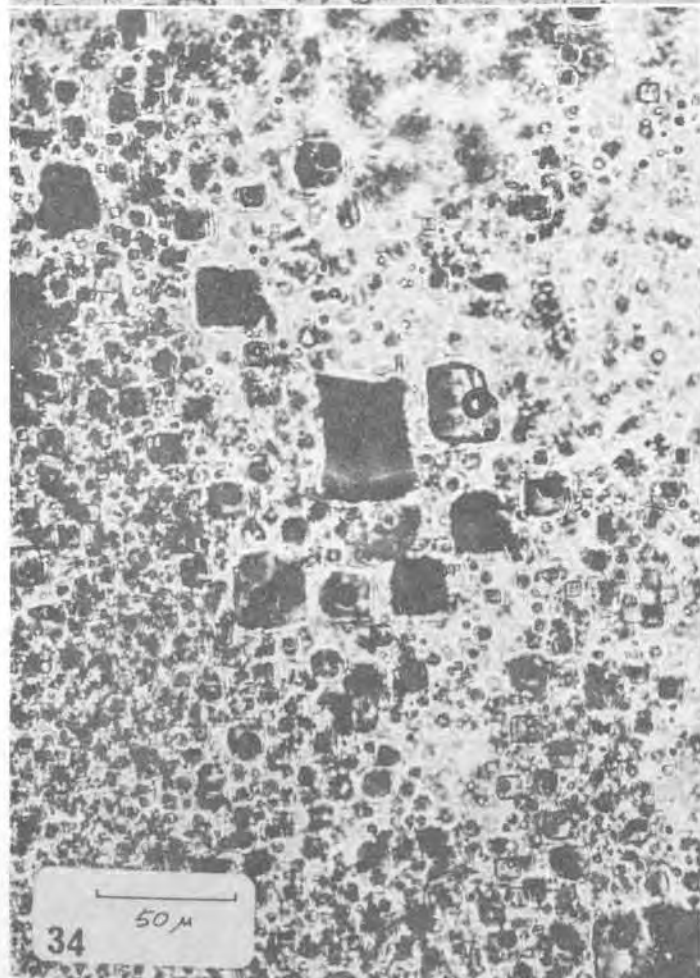
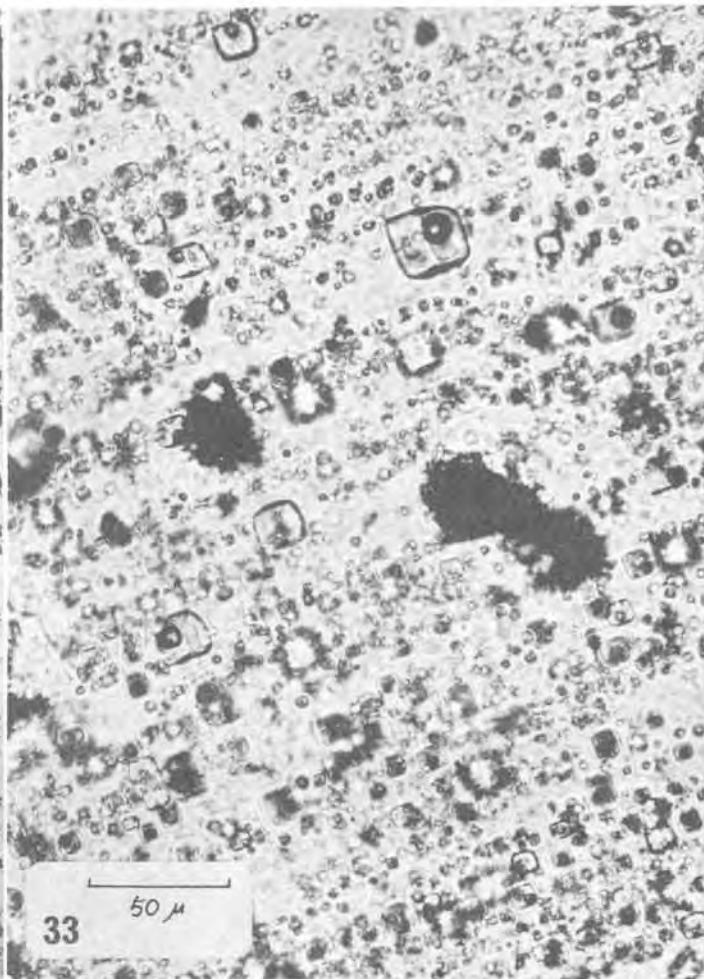
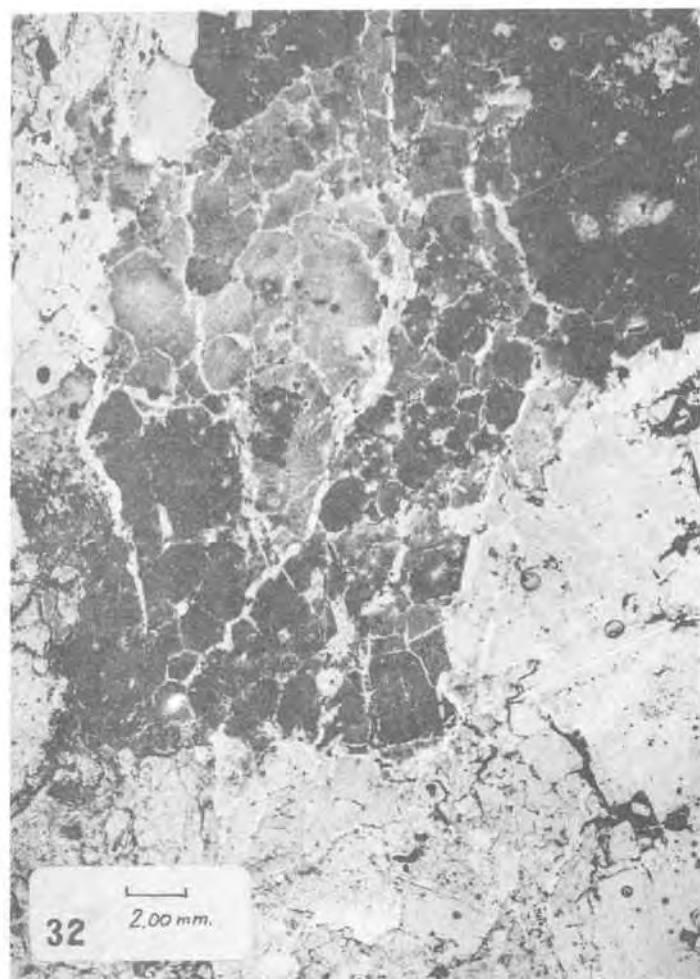
27. 13510. 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 14 x 66. Detalle de la anterior. Los
granos sufren porfiroblastesis y disolución de sus bordes debido a
la compresión, siendo favorecidas por la presencia de una fase lí-
quida intergranular y llegando a formar bordes de grano de aspecto
poligonal.

28. 6939 (2). 12.5 x 1.25 x 1. 15 x 61 coord. Niveles oscuros en la "sal
de muro"; ricos en arcilla y "hopper crystal". Base del pozo de ex-
tracción de Balsareny.

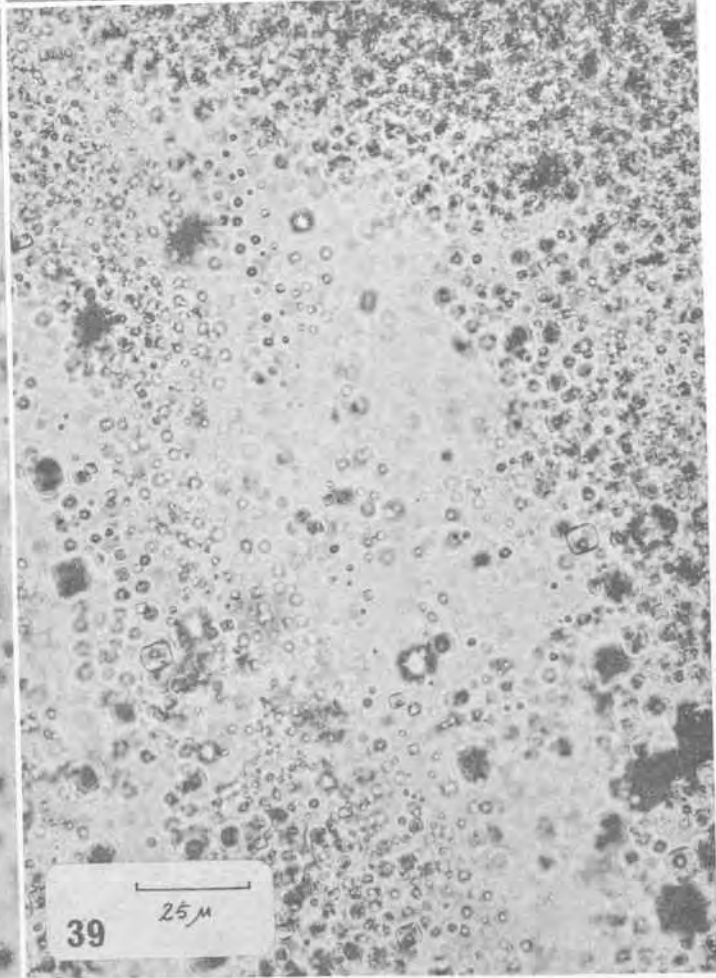
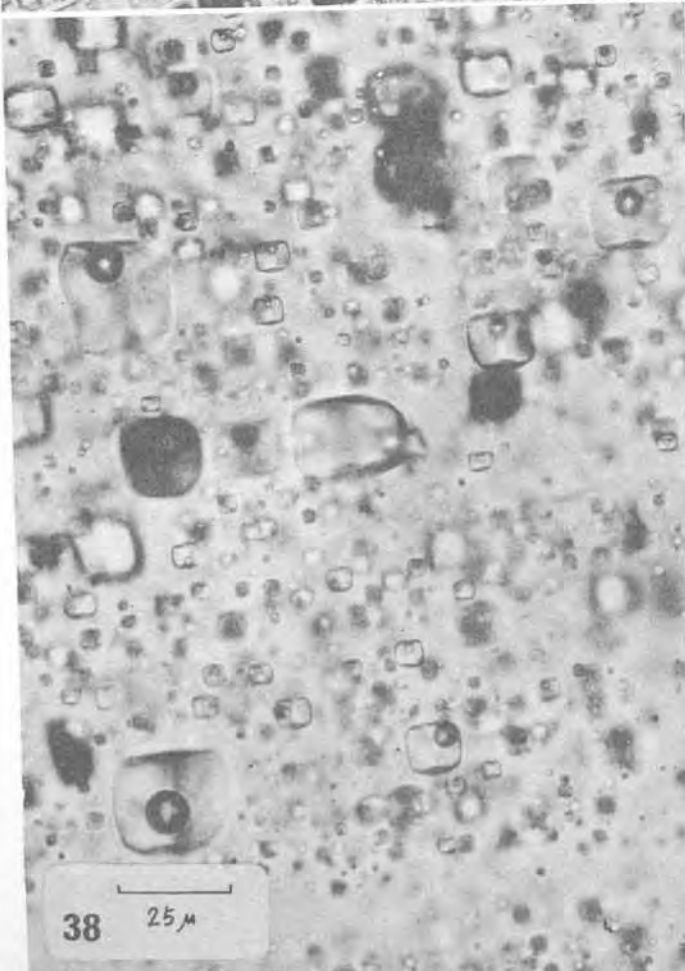
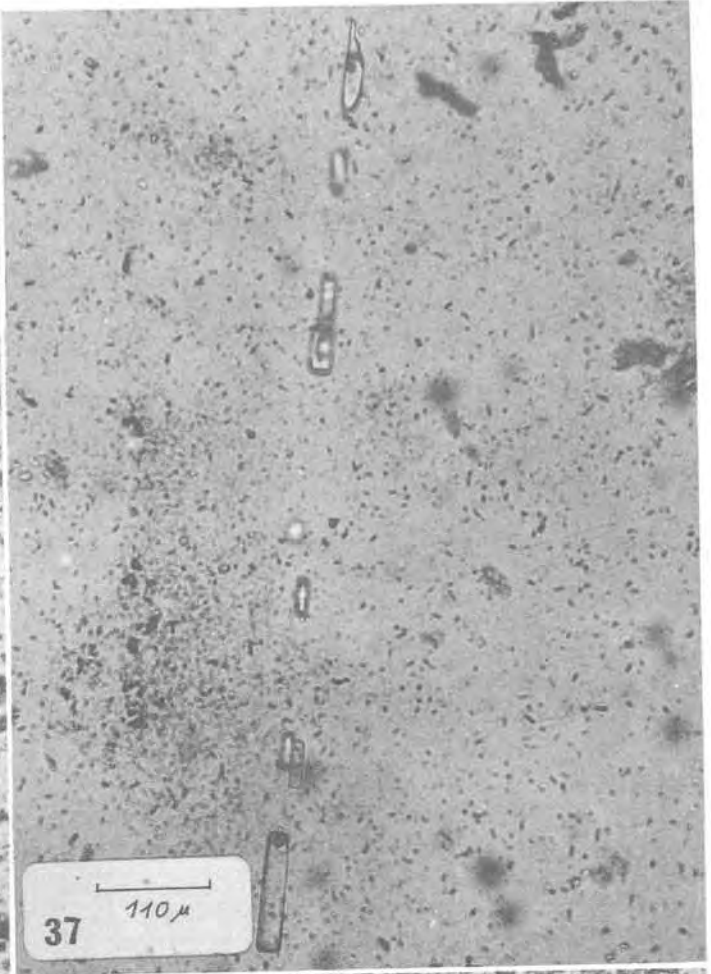
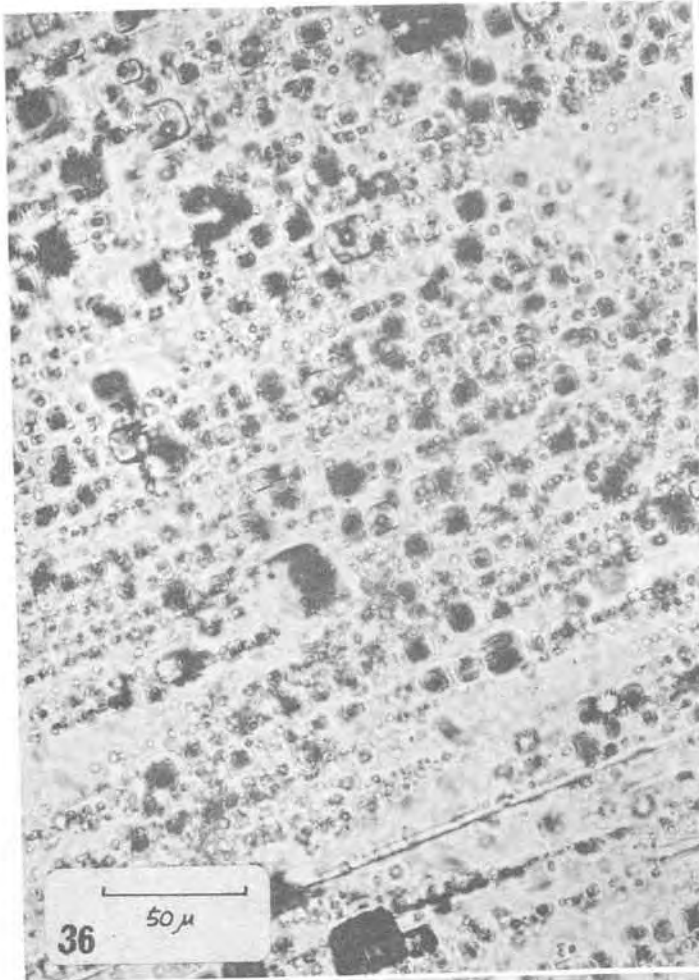


- 29. 13510. 12.5 x 1.25 x 2.5. "Hopper crystal" en sal de muro junto al pozo de extracción. Balsareny. Intersticialmente se observan anhidritas idiomórficas marginadas por la recristalización.
- 30. 13510. 12.5 x 1.25 x 2.5.
- 31. 6935 (4). 12.5 x 1.6 x 2.5. Coord: 22 x 56.5. Estructura "hopper" en sal de muro con nivel basal oscuro debido a la presencia de arcilla en posición intragranular. Balsareny.

32. 6935 (3). La sal de muro oscura estratificada debe su color a la presencia de inclusiones sólidas intergranulares. En este caso parece tratarse de materia carbonosa. Balsareny.
33. 13510. 12.5 x 1.25 x 25. Inclusiones bifásicas orientadas, de una estructura "hopper". Se observan además, cristales negativos en halita, repletos de arcilla, hematites y materia carbonosa. Balsareny.
34. 13510. 12.5 x 1.25 x 25.
35. 13510. 12.5 x 1.25 x 25.



36. 13510. 12.5 x 1.25 x 25. Id. a las anteriores.
37. 7223 (3). 12.5 x 1.25 x 10. Inclusiones bifásicas alargadas en sal de muro tomada en los comedores (Cardona). La estructura está totalmente recristalizada habiendo desaparecido los límites de grano. Sólo se observan alineaciones de inclusiones según antiguos planos de exfoliación abiertos en un estadio anterior.
38. 13510. 12.5 x 1.25 x 40. Las dos últimas microfotografías muestran las inclusiones bifásicas más pequeñas (de menos de 1 micra de arista). Se observa como las burbujas internas están sometidas a movimiento browniano.
39. 13510. 12.5 x 2.5 x 25.



109. 7203 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 18 x 70. Sal de muro. Cardona.

Estructura de la halitita bandeada fuertemente recristalizada, granuda, holocristalina con sulfatos e inclusiones bifásicas. Estas se presentan preferentemente según antiguos bordes intergranulares que han quedado soldados por recristalización.

110. Muestra de halita con inclusiones bifásicas de gran tamaño (varios milímetros) que se han formado secundariamente por recristalización en cavidades de la halitita primaria.

111. 7840 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Halitita fibrosa fisural. Mulhouse (Francia).

Se observa, en luz paralela, la doble capa de anhídrita y dolomita existente en los contactos de la halitita fibrosa fisural con la roca salina (normalmente halitita) encajante. Esta doble capa está relacionada con el quimismo de las salmueras percolantes.

En los yacimientos salinos, exentos de carbonatos, no se observa la capa de dolomita.

Cuadro de difractogramas de algunas muestras de halitita.

Halita bandeada débilmente recristalizada.-

	%		%		%		µg/g			
	ClNa	ClK	S04Ca	2H20	6H20	Br	Fe	Sr	Rb	
14	94.0	1.00	2.30	1.93	-	272		167	*	-
15						259	845	205		-
19	90.0	-	3.75	2.50	-	269	920	130		-
33	89.0	0.70	2.47	1.66	-	205	220	136		-
34*	90.0	1.20	2.45	2.67	-	243	890	161		-
38↑	95.	1.00	2.20	1.34	-	222	230	161		-
38	96.5	0.70	1.80	1.05	-	218	165	117		-
41	91.	-	2.25	2.50	-	279	1160	77		-
46						264	305	43		-
49	89.5	1.05	4.10	1.93	-	290	1380	81		-
50	84.	0.40	3.36	1.58	-	259	710	80		-
50*						269	1180	41		-
51	90.	-	2.90	1.88	-	280	420	90		-
52	86.	1.50	4.80	2.35	-	275	1860	92		-
55	89.	1.50	4.00	2.45	-	260	1005	119		-
63	95.5	1.05	2.15	1.44	-	286	420	36		-
64	94.	1.95	2.25	1.44	-	265	240	42		-
65	93.	0.65	2.15	1.22	-	234	160	27		-
65*	94.	1.80	2.30	1.50	-	236	180	31		-
66	88.	2.65	5.20	2.97	-	262	392	102		-
78↓	93.	1.00	0.60	1.23	-	317	98	8		3.4
86↓	80.	4.0	4.55	4.70	-	360	450	155		4.6
93	90.	1.25	1.68	2.02	-	215	270	90		-
103	90.	4.00	2.50	2.28	-	324	500	81		-
105	93.5	0.45	1.40	1.86	-	269	210	58		-
111	92.	1.80	3.10	2.08	-	238	360	104		-
112	94.	0.55	1.75	1.14	-	238	160	69		-
113	92.	0.45	2.15	1.46	-	235	155	85		-
114	93.	1.10	3.10	2.33	-	222	260	120		-
115	92.	1.50	2.75	1.75	-	235	320	110		-
116	87.	2.20	3.85	2.35	-	216	290	125		-
117	93.5	-	2.85	2.20	-	242	235	145		-
117*	92.	1.40	2.65	1.96	-	223	325	110		-
118	95.	1.0	1.80	1.16	-	245	165	74		-
124↓	91.	3.05	2.35	1.73	-	228	670	103		-
127	92.	1.55	3.32	2.08	-	195	173	186		-
131?	97.	0.65	1.25	0.77	-	235				-
7603	84.0	2.00	4.20	-	5.60	295	1920	152		6.5
7617	89.0	1.20	4.40	2.77	-	286	1470	183		-
7618	81.5	1.60	7.00	4.06	-	269	2140	185		-

	%	%	%	%	%	µg/g			
	ClNa	ClK	SO4Ca	SO4Mg. 2H2O	Cl2Mg. 6H2O	Br	Fe	Sr	Rb
7619	95.	-	2.80	1.96	-	259	570	181	-
7620				0.32	-				
7621	86.	0.70	7.35	3.00	-	300	2750	95	-
7622	90.	0.65	3.80	1.31	-	280	1170	44	-
7623	89.	0.60	4.20	2.72	-	289		109	-
7624	94.	-	3.65	1.50	-	258	870	81	-
7625	86.	-	4.90	2.72	-	292	1770	132	-
7626	85.5	0.55	5.20	2.45	-	265	945	124	-
7627	90.0	0.85	4.40	1.75	-	316	1560	86	-
7628						277	665	128	-
7629	86.	-	8.1	3.71	-	303	1935	205	-
7630	80.	0.85	8.25	4.56	-	260	2265	155	-
7631	92.	0.50	4.10	1.58	-	277	1150	91	-
7632	89.	0.05	3.70	0.79	-	269	680	80	-
7633	90.	0.40	2.15	1.76	-	286	1455	90	-
7634	90.5	0.85	5.5	2.92	-	326		117	-
7635	89.	0.20	3.15	2.50	-	297	1440	128	-
7637	91.	1.15	3.10	2.45	-	248	400	107	-
7638	92.	0.35	2.90	2.30	-	272	645	64	-
7639	89.	0.80	4.30	2.30	-	263	1260	87	-
7640	94.	1.05	2.75	2.39	-	262	860	112	-
7641	87.	6.0	4.20	2.55	-	406	620	47	3.9
7642	83.	2.45	7.4	5.2	-	291	1275	150	-
7643	90.	2.00	2.71	1.99	-	250	500	105	-
7644	82.5	1.75	7.15	3.27	-	243	1880	140	-
7645	88.	1.90	3.30	2.40	-	252	1270	133	-
7646	95.	0.45	1.90	1.19	-	263	450	61	-
7647	93.	1.00	2.55	1.56	-	258	225	95	-
7648	90.5	1.95	3.90	2.25	-	245	265	94	-
7650	91.	1.70	3.55	2.33	-	253	615	73	-
7651	93.5	2.00	4.00	2.77	-	248	1285	63	-
7652	86.	2.25	5.0	2.82	-	252	630	110	-
7653	92.	1.30	3.70	2.13	-	270	375	100	-
7657	85.	2.35	5.90	3.37	-	242	1090	105	-
7660	90.	3.90	2.95	2.55	-	242	260	110	-
7661	91.5	1.20	3.58	2.57	-	280	400	127	-
7665	91.	1.00	3.09	2.28	-	258	525	110	-
7666	89.	4.00	2.15	1.52	-	285	185	90	-
7668	94.5	-	2.10	2.87	-	621	240	58	7.7
7669	84.	4.05	4.30	3.02	-	213	290	123	-
7671	90.	0.40	2.90	2.43	-	255	310	96	-
7672	93.5	4.65	1.80	-	-	357	130	45	-
7673	91.	-	1.50	2.97	-	275	710	80	2.8
7677	89.	1.55	2.75	3.23	-	248	840	122	-

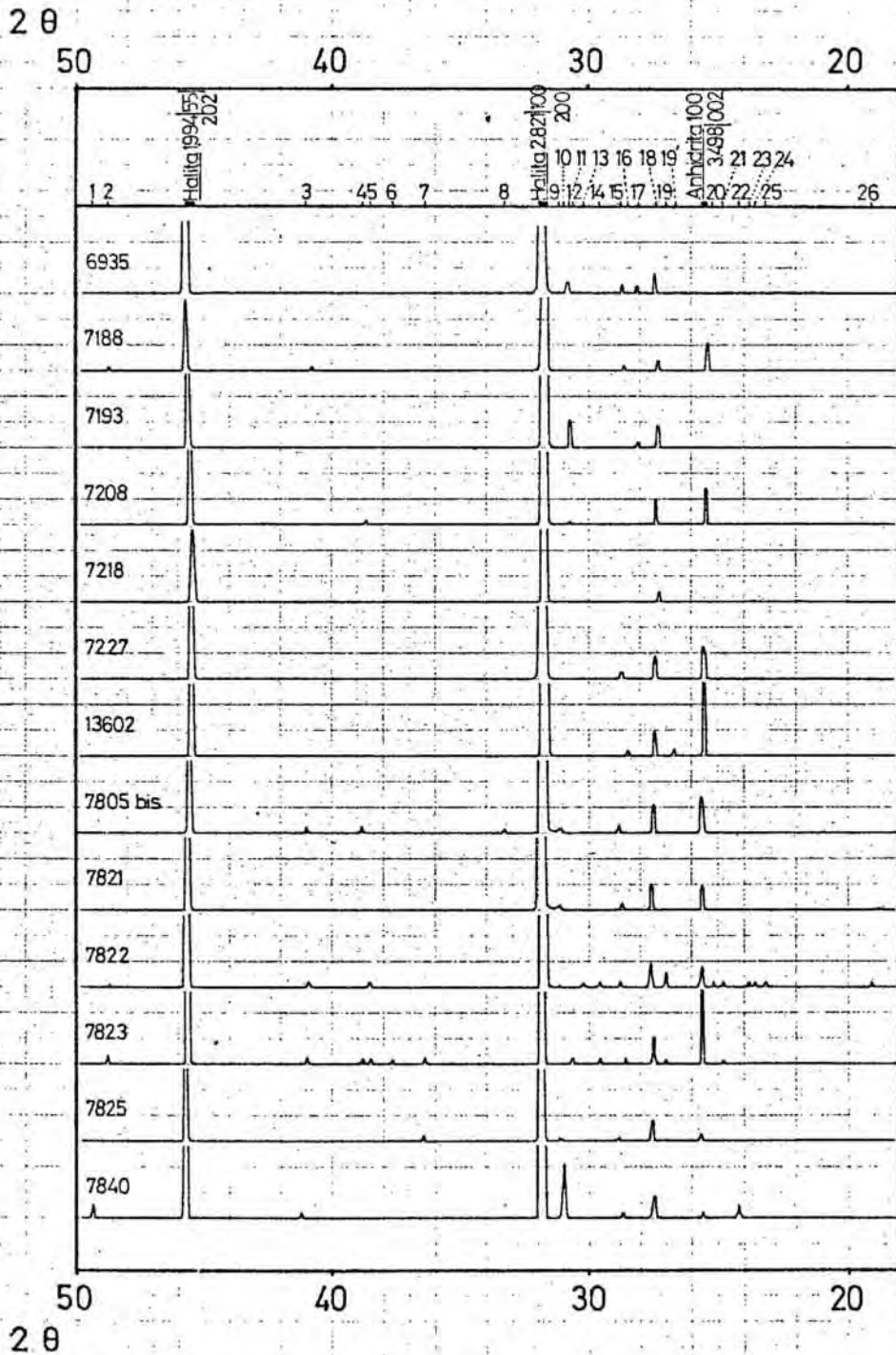
	%	%	%	%	%	μg/g			
	ClNa	ClK	S04Ca	S0Mg. 2H20	Cl2Mg. 6H20	Br	Fe	Sr	Rb
7680	90.	2.65	3.70	3.29	-	248	505	145	-
7681	89.	0.70	8.30	1.14	-	215	200	106	-
7683	91.	0.10	3.10	1.14	-	279	1120	97	-
7685	95.	-	1.82	1.71	-	282	820	108	-
7686	90.	-	5.2	3.56	-	285	1960	162	-
7687	82.	0.60	8.0	4.21	-	282	2300	130	-
7688	94.	1.70	2.45	1.66	-	222	255	163	-
7689	93.	1.75	3.00	1.66	-	225	155	192	-
7690	92.	1.70	5.1			300	1400	140	-
7692	93.	1.95	1.55	1.76	-	215	130	81	-
13593	88.7	4.58	2.66	2.51	-	319	450	223	-
13595	81.8	4.35	3.22	4.43	-	396	200	212	-
13596	89.3	2.48	3.31	4.43	-	530	300	100	-
13597,	89.7	1.11	2.40	2.89	-	336	60	84	-
13600,	92.0	3.39	1.70	0.731	-	373	100	78	-
13601	89.7	2.67	2.69	1.62	-	326	695	187	-
13602,	92.0	2.88	3.00	0.769	-	366	705	45	-
13603,	87.5	2.60	4.90	1.98	-	336	360	78	-
13605	93.5	3.35	2.54	0.769	-	342	305	12	-

Halita bandeada fuertemente recristalizada.-

	% ClNa	% ClK	% SO4Ca	% SO4Mg. 2H2O	% Cl2Mg. 6H2O	µg/g			
						Br	Fe	Sr	Rb
6935	93.5	1.55	1.67	3.25	-	250		71	-
6937	97.3	0.50	0.23	0.115	-	198	1	-	-
6939	92.3	2.10	2.65	2.26	-	208	160	103	-
7186	95.0	1.57	2.06	1.35	-	218	105	239	-
7187	96.5	0.43	0.92	1.70	-	144	4	32	-
7188	93.5	-	4.12	0.148	-	100	52	55	-
7189	96.4	0.93	1.15	0.805	-	189	60	26	-
7190	90.0	-	7.32	0.263	-	94	60	144	-
7191	95.3	0.95	1.43	0.781	-	189	25	46	-
7192	96.0	-	2.11	0.065	-	118	27	29	-
7193	95.6	0.88	1.35	2.39	-	141	20	26	-
7194	93.5	1.22	1.55	1.26	-	167	24	193	-
7195	96.0	-	3.82	0.107	-	84	30	91	-
7196	95.3	-	2.27	0.107	-	107	37	31	-
7197	96.0	-	3.62	0.016	-	64	41	29	-
7199	92.6	5.72	0.84	0.288	-	361	17	33	2.6
7200	96.3	0.17	0.82	1.26	-	159	9	17	-
7201	96.1	-	3.26	0.214	-	112	73	42	-
7202	85.3	1.95	2.07	7.69	-	168	250	103	-
7203	92.7	-	3.95	0.025	-	60	11	38	-
7204	92.7	-	4.43	0.197	-	101	55	76	-
7205	96.5	0.91	1.25	0.775	-	109	9	133	-
7206	96.0	-	3.08	0.065	-	111	40	53	-
7207	96.1	1.00	2.47	0.082	-	131	8	25	-
7208	94.0	-	1.78	0.082	-	94	14	43	-
7209	96.3	-	1.73	0.538	-	92	28	6	-
7217	99.0	-	0.84	0.016	-	107	6	3	-
7218	96.6	0.60	0.82	0.493	-	175	32	19	-
7219	90.2	-	5.02	0.074	-	34	65	62	-
7220	95.1	-	3.85	1.587	-	104	22	60	-
7221	90.0	1.78	2.09	4.25	-	154	45	78	-
7222	95.3	-	3.67	0.066	-	42	65	45	-
7223	92.5	2.14	1.68	3.62	-	154	2	228	-
7224	97.1	-	2.73	0.074	-	134	9	41	-
7225	97.8	-	2.14	0.078	-		40	16	-
7227	95.2	-	1.37	0.058	-	107	20	17	-
7228	96.6	-	1.27	0.115	-	67	4	-	-
7229	98.1	-	1.42	0.058	-	111	18	13	-
H1	95.6	0.15	2.14	0.192	-	306	60	24	-

DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS DE HALITITA

DIFRACCIÓN DE
100 - 100 -



1. Anhidrita, 4, 1.52 (100)
2. Anhidrita, 15, 1.66 (200)
- Halita, 51, 1.84 (100)
3. Anhidrita, 2, 2.208 (010)
4. Anhidrita, 22, 2.328 (200-200)
5. id.
- 6.
7. Anhidrita, 8, 2.473 (020)
- 8.
- Halita, 100, 2.821 (200)
- 9.
10. Dolomita, 100, 2.886 (104)
11. Polihalita, 100, 2.912 (220)
- 12.
13. Carnalita, 70, 2.92
14. Carnalita, 30, 3.01
15. Anhidrita, 3, 3.118 (200)
16. Silvita, 100, 3.146 (200)
17. Polihalita, 70, 3.175 (021)
18. Halita, 13, 3.258 (111)
19. Carnalita, 100, 3.30
- 19:
- Anhidrita, 100, 3.498 (002)
20. Carnalita, 50, 3.56
- 21.
22. Dolomita, 5, 3.69 (011)
- 23.
24. Carnalita, 55, 3.77
- 25.
26. Carnalita, 60, 4.15

Los números 6935, 7188, 7193, 7208, 7218 y 7227 corresponden a halitita bandeada fuertemente recristalizada, perteneciente a "sal de muro" de Cardona (serie de S. Onofre). La muestra 13602, a "sal nueva" (superior a la carnalitita) de la galería "circular del volcador" de Sallent, y las restantes corresponden a otros yacimientos: 7821, 7822, 7823 y 7825 a Salddetfurth (S. Hannover) y 7840 a halitita fibrosa fisural de Mina Amelie (Mulhouse).

- DIFRACTOGRAMA DE HALITITA BANDEADA DEBILMENTE RECRISTALIZADA
 ("Sal nueva").-

13602				ref. 210-6
2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita Anhidrita
6.5	13.6	4	(Clorita-Turingita 14.1-90)	
9.0	9.83	4		
9.5	9.31	4	(Illita)	
9.9	8.93	4		
12.5	7.08	4	(Clorita-Turingita 7.07-100)	
25.5		109		3.402-100
26.7	3.339	3		
27.4	3.30	11	3.267-13	
28.5	3.132	2		3.196-100
31.7	2.82	1000	2.821-100	
45.4	1.997	109	1.994-55	
52.25	1.740	7		1.749-11
53.8	1.705	2	1.704-5	
56.4	1.625	13	1.628-15	
66.2	1.412	40	1.410-6	

- DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS DE HALITITA BANDEADA FUERTEMENTE RECRISTALIZADA.-

6935		ref. 661-9		
2 θ	d \AA	Ir	Halita	Polihalita
27.4	3.255	29	3.258-13	
28.1	3.175	4		3.175-70
30.7	2.9125	10		2.912-100
31.7	2.8230	1000	2.821-100	
45.5	1.9954	215	1.994-55	
53.8	1.7038	7	1.701-4	
56.5	1.6286	33	1.628-15	
66.3	1.4098	40	1.410-6	
75.3		60	1.261-11	
84.0		20	-	

7188		ref. 612-6		
2 θ	d \AA	Ir	Halita	Anhidrita
25.4	3.507	50		3.498-100
27.3	3.267	23	3.258-13	
28.5	3.131	2		-
31.7	2.8230	1000	2.821-100	
40.8	2.212	5		2.208-20
45.4	1.9976	198	1.994-55	
48.6	1.8732	5		1.869-15
52.3	1.7492	9		1.749-11
53.8	1.7038	7	1.701-4	
56.4	1.6312	25	1.628-15	
66.2	1.4116	64	1.410-6	
75.2		57	1.261-11	

7193		ref. 663-9		
2 θ	d \AA	Ir	Halita	Polihalita
27.4	3.255	24	3.258-13	
28.1	3.175	8		3.175-70
30.7	2.9125	36		2.912-100
31.7	2.8230	1000	2.821-100	
45.5	1.9934	213	1.994-55	
53.8	1.7038	6	1.701-4	
56.5	1.6286	33	1.628-15	
63.8	1.4588	4		-
66.2	1.4116	46	1.410-6	
73.1		3		-
75.4	1.2606	40	1.261-11	

7191 ref. PhD 133

2 θ	d $\overset{\circ}{\text{A}}$	Ir	Halita	Polihalita
27.2	3.279	R	3.258-13	
27.8	3.209	DD		3.175-70
30.5	2.931	DD		2.912-100
31.5	2.840	FF	2.821-100	
45.3	2.0018	F	1.994-55	
53.5	1.7156	DD	1.701-2	
56.3	1.6340	R	1.629-15	
66.0	1.4154	R-D	1.410-6	
75.0		R	1.261-11	
83.7		R	-	

7205 ref. PhD 126-3

2 θ	d $\overset{\circ}{\text{A}}$	Ir	Halita	Polihalita
27.2	3.279	R	3.258-13	
27.8	3.209	DD		3.175-70
30.5	2.931	DD		2.912-100
31.5	2.840	FF	2.821-100	
45.3	2.0018	F	1.994-55	
53.5	1.7156	DD	1.701-2	
56.3	1.6340	R	1.629-15	
66.0	1.4154	R-D	1.410-6	
75.0		R	1.261-11	
83.7		R	-	

7219 ref. PhD 132-

2 θ	d $\overset{\circ}{\text{A}}$	Ir	Halita	Anhidrita
25.5	3.493	D		3.498-100
27.2	3.279	R	3.258-13	
31.5	2.840	FF	2.821-100	
45.3	2.0018	F	1.994-55	(1.749-11)
53.5	1.7156	DD	1.701-2	
56.3	1.6340	R	1.629-15	
66.0	1.4154	R-D	1.410-6	
75.0		R	1.261-6	
83.7		R	-	

7208		ref. 672-9			
2θ	dÅ	Ir	Halita	Anhidrita	Polihalita
25.4	3.507	49		3.498-100	
27.4	3.255	26	3.258-13		
28.6	3.121	5		3.118-3	
30.8	2.9030	3			2.912-100
31.7	2.8230	1000	2.821-100		
38.7	2.3267	4		2.328-22	
45.5	1.9934	156	1.994-55		
52.4	1.7460	4		1.749-11	
53.9	1.7010	6	1.701-4		
56.5	1.6286	42	1.628-15		
66.3	1.4098	63	1.410-6		
75.3		50	1.261-11		

7218		ref. 614-6			
2θ	dÅ	Ir	Halita	Anhidrita	
27.2	3.279	29	3.258-13		
28.4	3.143	2		3.118-3	
31.7	2.823	1000	2.821-100		
45.3	2.0018	197	1.994-55		
53.7	1.7060	7	1.701-4		
56.3	1.6340	34	1.628-15		
66.1	1.4136	53	1.410-6		
75.2		39	1.261-11		

7227		ref. 670-9			
2θ	dÅ	Ir	Halita	Anhidrita	
25.5	3.493	29		3.498-100	
27.4	3.255	21	3.258-13		
28.7	3.110	4		3.118-3	
31.7	2.8230	1000	2.821-100		
45.5	1.9934	142	1.994-55		
53.9	1.7010	6	1.701-4		
56.6	1.626	27	1.628-15		
66.3	1.4098	59	1.410-6		
75.3		34	1.261-11		
84.1		16	-		

7825

ref. 795-9

20	dA	Ir	Halita	Anhidrita	Silvita
25.7	3.467	5		3.498-100	
27.6	3.232	16	3.258-13		
28.8	3.100	3			(3.146-100)
31.85	2.8135	1000	2.821-100		
36.5	2.4620	3			
45.7	1.9850	139	1.994-55		
54.1	1.6950	3	1.701-2		
56.7	1.6234	16	1.628-15		
66.4	1.4079	23	1.410-6		
75.5	1.	24	1.261-11		

7840

ref. 780-9

20	dA	Ir	Halita	Dolomita	Anhidrita	Silvit.
24.2	3.677	7		3.69-5		
25.6	3.480	3			3.498-100	
27.5	3.243	13	3.250-13			
28.7	3.110	2				3.146-100
31.0	2.8850	41		2.886-100		
31.8	2.8135	1000	2.821-100			
41.2	2.1910	2			-	
45.7	1.9850	98	1.994-55			
49.4	1.8448	7			-	
54.0	1.6980	3	1.701-2			
56.6	1.6260	18	1.628-15			
66.4	1.4079	48	1.410-6			
75.4		22	1.261-11			

7822			ref. 792-9			
2θ	$d\text{\AA}$	Ir	Halita	Carnalita	Anhidrita	Silvita
19.1	4.646	2		4.65-50		
23.2	3.833	2		3.77-55		
23.8	3.738	2				
24.8	3.590	2				
25.2	3.534	2		3.56-55		
25.6	3.480	8			3.498-100	
27.0	3.303	5		3.30-100		
27.6	3.232	11	3.258-13			
28.8	3.100	3				3.146-100
29.6	3.018	2		3.01-30		
30.2	2.9595	2		2.92-70		
31.8	2.8135	1000	2.821-100			
38.5	2.3380	2		(2.37-23)	2.328-22	
40.9	2.2065	1			2.208-20	
45.7	1.9850	61	1.994-55			
48.7	1.8696	1			1.869-15	
52.5	1.7430	2			1.749-11	
54.1	1.6950	2	1.701-2			
56.7	1.6234	13	1.628-15			
66.4	1.4079	69	1.410-6			
75.5		19	1.261-11			

7823			ref. 793-9			
2θ	$d\text{\AA}$	Ir	Halita	Anhidrita	Silvita	
24.8	3.590	4				
25.6	3.480	181		3.498-100		
27.0	3.303	4				
27.5	3.243	38	3.258-13			
28.6	3.121	4			3.146-100?	
29.6	3.018	4				
31.3	2.8580	1000	2.821-100	(2.849-33)		
36.4	2.4685	6		2.473-8		
37.8	2.3795	4				
38.5	2.3380	4				
38.8	2.3205	6		2.328-22		
41.0	2.2015	7		2.208-20		
45.6	1.9892	174	1.994-55			
48.8	1.8660	10		1.869-15		
52.4	1.7460	20		1.749-11		
54.1	1.6950	10	1.701-2			
56.6	1.6260	46	1.628-15			

7805 bis

ref. 778-9

20	dA	Ir	Halita	Anhidrita
25.6	3.480	37		3.498-100
27.5	3.243	25	3.258-13	
28.8	3.100	4		
31.1	2.8755	4		
31.8	2.8135	1000	2.821-100	
33.3	2.6900	2		
38.8	2.3205	4		2.328-22
40.9	2.2065	3		2.208-20
43.5	2.08-5	2		
45.6	1.9892	150	1.994-55	
48.8	1.8660	3		1.869-15
52.4	1.7460	3		1.749-11
54.0	1.6980	5	1.701-2	
55.8	1.6474	2		1.648-14
56.6	1.6260	30	1.628-15	
66.3	1.4098	46	1.410-6	
73.2		2		
75.4		57	1.261-11	

7821

ref. 791-9

20	dA	Ir	Halita	Anhidrita	Silvita
25.7	3.467	26		3.498-100	
27.6	3.232	31	3.458-13		
28.8	3.100	6			3.146-100.
31.8	2.8135	1000	2.821-100		
45.7	1.9850	229	1.994-55		
54.1	1.6950	9	1.701-2		
56.7	1.6234	46	1.628-15		
66.4	1.4079	63	1.410-6		
73.3		4			
75.5		80	1.261-11		

7190 ref. PhD 150-3

2θ	dÅ	Ir	Halita	Anhidrita
25.5	3.493	D		3.498-100
27.2	3.279	R	3.258-13	
31.5	2.840	FF	2.821-100	
45.3	2.0018	F	1.994-55	(1.749-11)
53.5	1.7156	DD	1.701-2	
56.3	1.6340	R	1.629-15	
66.0	1.4154	R-D	1.410-6	
75.0		R	1.261-6	
83.7		R	-	

b) Halitita homogénea recristalizada.

La halita homogénea recristalizada se caracteriza por presentar cantidades variables de anhídrita que pueden llegar localmente hasta un 20 % en peso. También contienen otros sulfatos como la polihalita, la kieserita (en algún caso aislado) y otros insolubles (arcilla, hematites).

Dentro de este tipo petrológico encontramos dos variantes fácilmente distinguibles:

b 1) H.h.r. color claro-masiva.

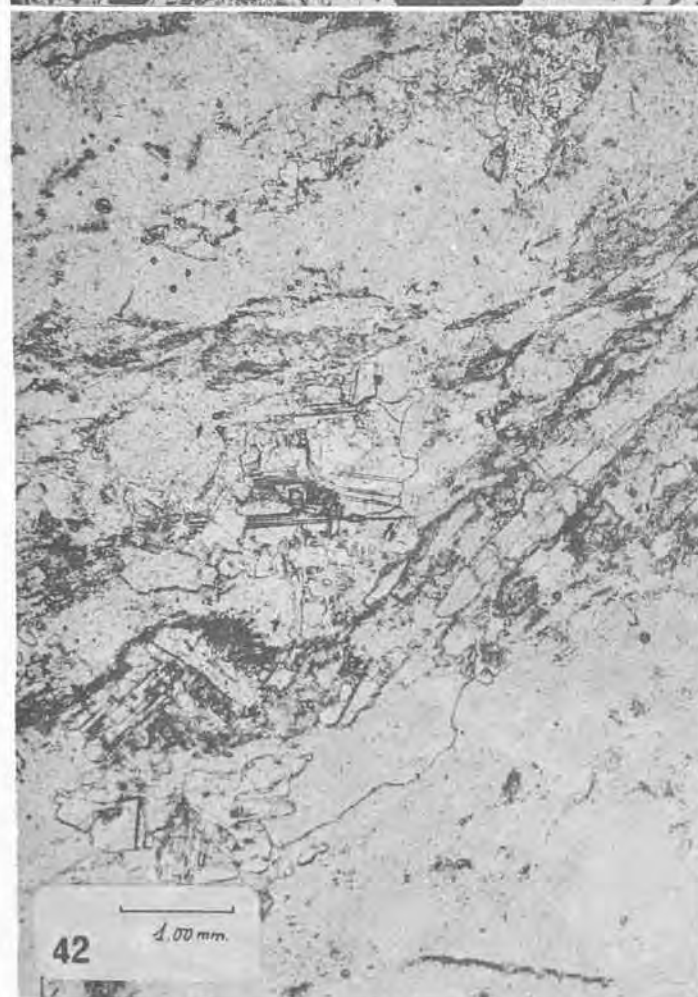
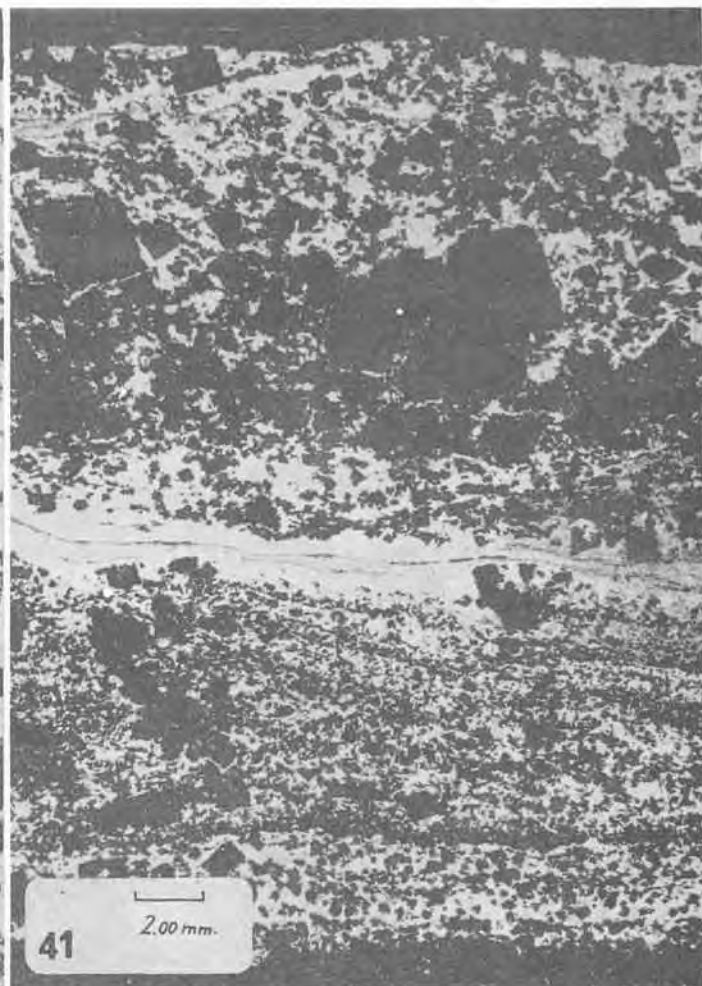
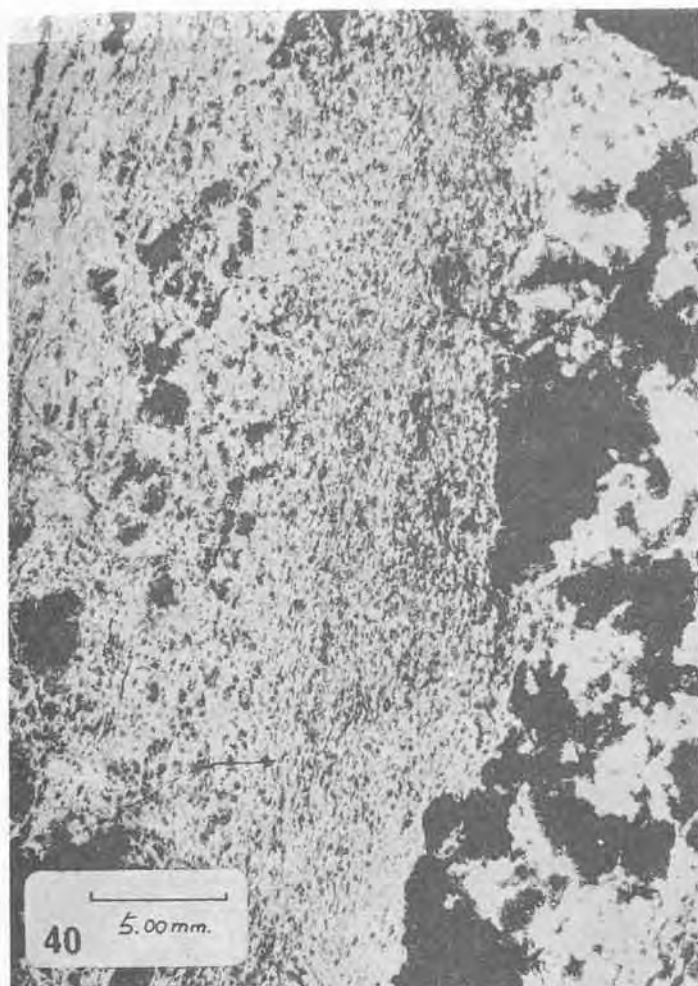
b 2) H.h.r. pardo oscura-estratificada (sal empobrecida-Borchert).

b 1) H.h. r. masiva de color claro.

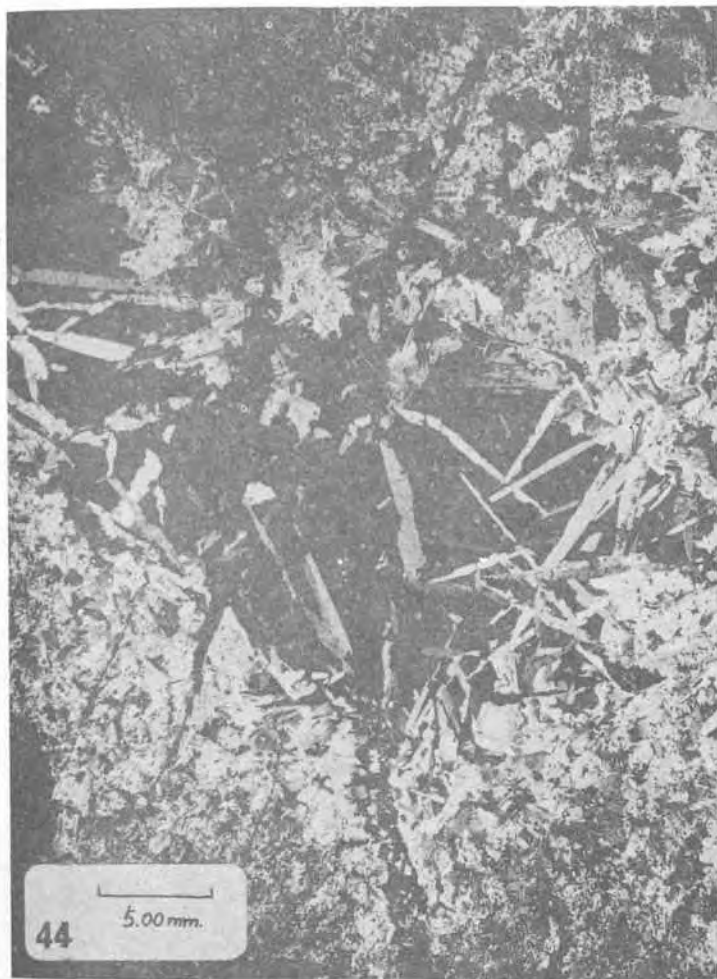
Esta variedad se encuentra en zonas de recristalización causadas por la tectónica y la presencia de abundantes salmueras intersticiales percolando a través de las fisuras originadas. Debe de tenerse en cuenta que cuando se produce deformación tectónica de los cloruros, las estructuras resultan más o menos fosilizadas por procesos de recristalización posteriores o simultáneas (Siemeister, 1961) y su observación es dificultosa.

Consiste en halita con sulfatos intersticiales de color blanco, débilmente anaranjado a grisáceo (debido a arcilla dispersa) que presenta una textura macrogranuda con grandes cristales fácilmente exfoliables. En su masa hay pequeños lentejones orientados de color blanco constituidos por halita porfiroblástica muy pura, con sulfatos dispuestos perifé

40. 13611 (1). NC. Acumulaciones de sulfatos en halitita recristalizada, formando nódulos blancos en zona de esterilización ("impoverished zone" BORCHERT). Plano 137. Cargadores de baterías, Sallent.
41. 13608 (2). NC. Veta de halitita sometida a procesos de disolución y recristalización en el seno de una zona estéril (por empobrecimiento de un "hartsalz" anhidrítico): X-5, gal. 376. Sallent.
42. 13615 (2). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 18.5 x 57.5. Detalle de las acumulaciones de sulfatos mostradas en la microfotografía n° 47. Los cristales subidiomorfos, con estructura orientada son principalmente de anhidrita y polihalita. Cargadores de baterías, junto plano 137, Sallent.
43. 13615 (2). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 10 x 57.



44. 13615 (1). NC. Recristalizaciones de halitita muy blanca en pequeños lentejones orientados en el interior de las zonas estériles. Se observan acumulaciones de sulfatos sobre las paredes de oquedades formadas por disolución en zonas fisuradas y cizalladas por la tectónica. Geoda de anhidrita idiomorfa. La parte central de la oquedad, en negro, está rellena de halita hialina cristalizada a partir del agua madre que aquélla encerraba. Cargadores de baterías junto plano 137. Sallent.
45. 13613. NC. Sobrecrecimientos fibrosoradiados de anhidrita a partir de masas anhidrítico-arcillosas formadas por disolución. C. baterías. Sallent.
46. 13611 (2). NC. Nódulos blancos de halitita recristalizada constituidos por halita idiomorfa exfoliable con masas de sulfatos intersticiales. Se observan estructuras fluidales atribuibles a la tectónica.
47. 13615 (2). N.C. Acumulaciones de sulfatos con estructura holocristalina granolepidoblástica de la microfotografía 43. El fondo isótropo es halita. Los sulfatos, tanto anhidrita como polihalita. Se observa la mencionada estructura fluidal producida por esquistosidad penetrante de plano axial.



ricamente. Estos han sido identificados difractométricamente como anhidrita y polihalita, pudiendo alcanzar proporciones muy significativas en determinadas muestras. Parecen haber sido formadas por aportes de las propias soluciones percolantes (soluciones sulfatadas que originan el retrometamorfismo de Borchert).

En las explotaciones se encuentra este tipo rocoso en el núcleo de alguno de los "estériles" (en aquellos en los que la deformación tectónica ha sido importante) en los que se encuentran zonas de fisuración, de cataclasis, de disolución y estructuras de colapso. Concretamente, ha sido observado en la zona de los cargadores de baterías, cerca del plano 137 de Sallent.

b 2) H.h.r. estratificada de color pardo oscuro.

(Sal empobrecida de Borchert)

Esta facies ha sido descrita detalladamente por Braitsch (1962) en los yacimientos salinos libres de sulfatos magnésicos (Konigshall Hindenburg).

Consiste en unos niveles interestratificados en la zona de la silvinita (normalmente de la capa A en los yacimientos catalanes) que presentan un color pardo rojizo oscuro, de aspecto muy similar al "hartsalz" anhidrítico y del que pasa lateralmente (ver Silvinita).

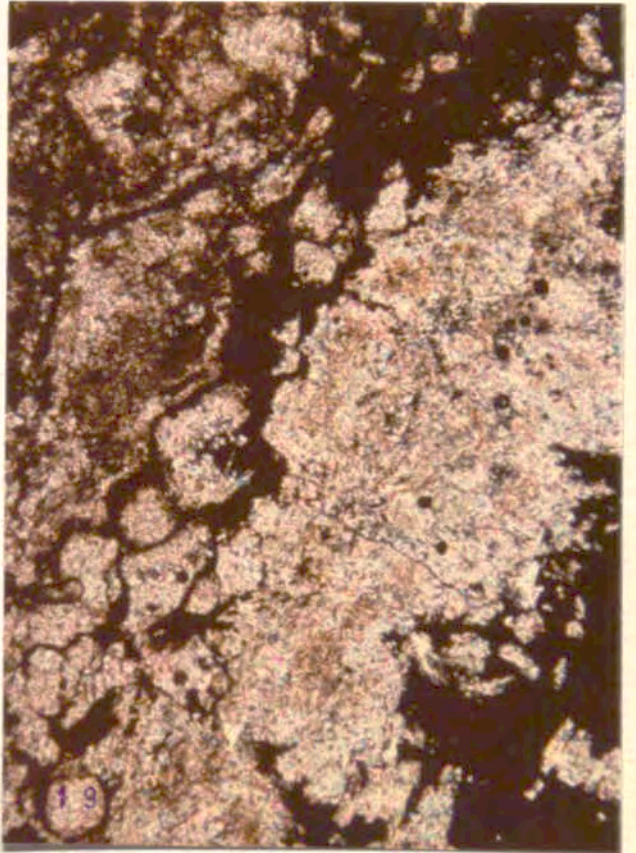
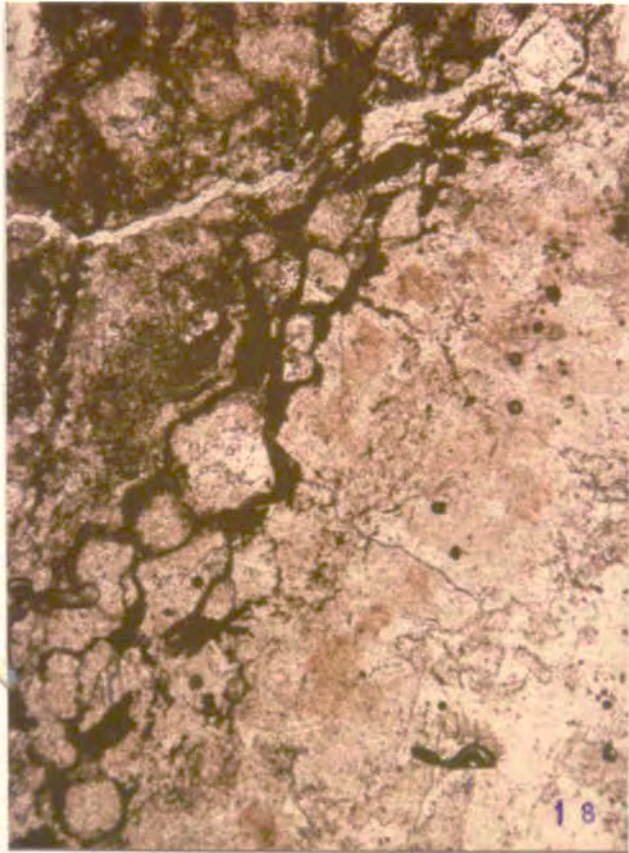
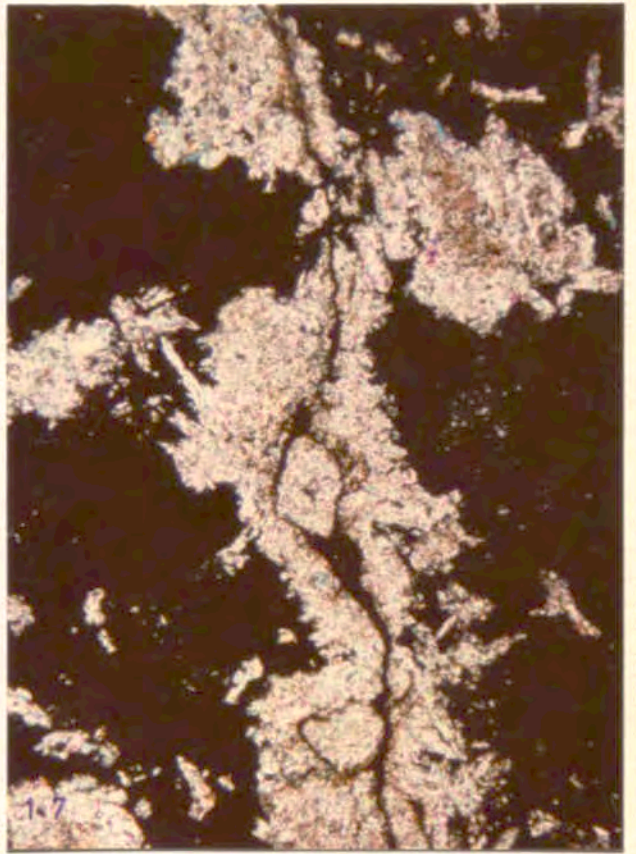
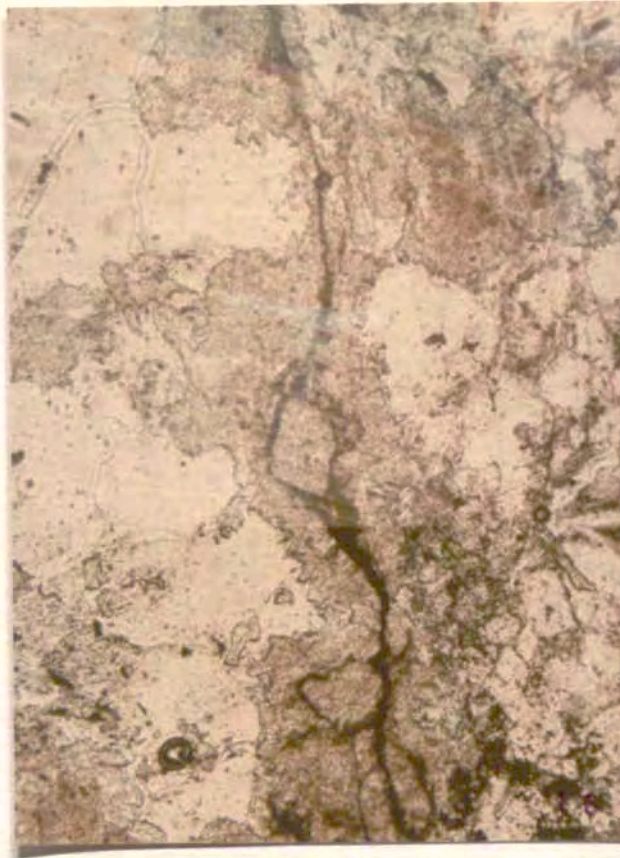
La diferencia entre ambas variedades de halitita no está en el proceso genético, que es muy similar, sino en la roca madre (una halitita en el primer caso y una roca potásica en el segundo) y en el color de la roca resultante, debido al distinto contenido en hematites procedente de la silvinita (ver Metamorfismo y Geoquímica).

COLOR

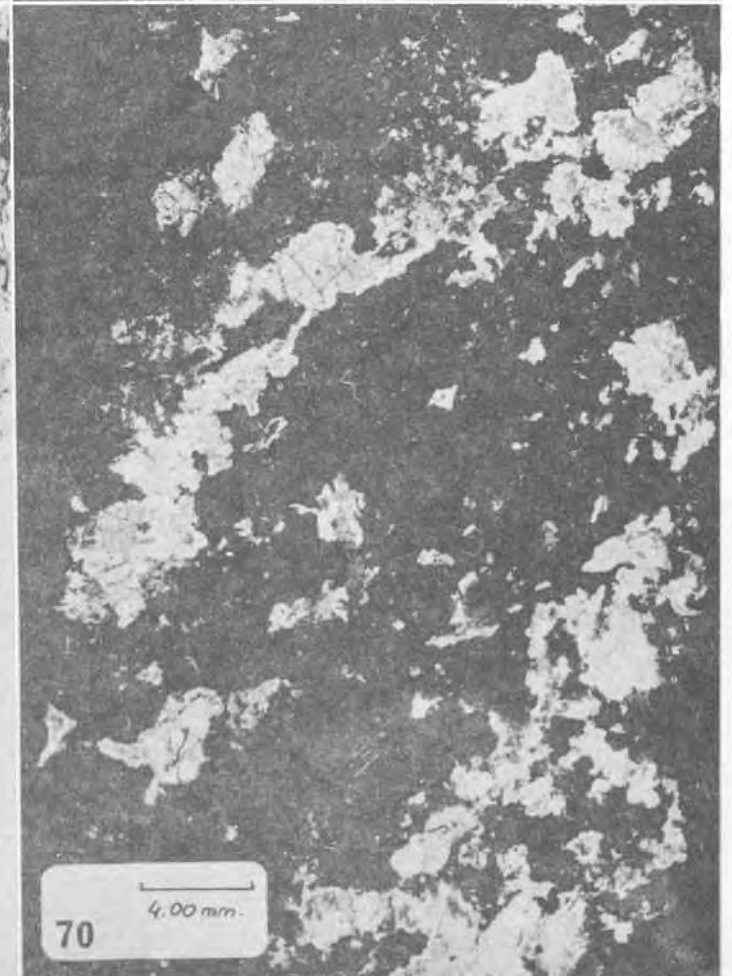
16, 17, 18 y 19. Microfotografías de zonas estériles correspondientes a muestras obtenidas de un sondeo de exploración (ref. 9-5-877.5 y 9-4-876.7). Las microfotografías de la izquierda con luz paralela y las de la derecha con nicoles cruzados.

Se trata de muestras de halitita homogénea recristalizada estratificada de color oscuro (según la clasificación que utilizamos en el texto). Se observan zonas de fisuración en las que se enriquecen los insolubles (arcillas y hematites, principalmente) y de sulfatos. Estos últimos se presentan a ambos lados de las fisuras, tapizando sus paredes, lo que es evidencia de que las salmueras percolantes eran ricas en sulfatos (salmueras insaturadas de Borchert causantes del retrometamorfismo).

Los sulfatos más comunmente encontrados son: anhidrita, algo de polihalita y vestigios (en alguna muestra) de kieserita.



67. 13616. Antiguo "hartsalz" anhidrítico con abundante arcilla intercalada, representando los últimos estadios de empobrecimiento del metamorfismo retrógrado de la carnalitita. Su aspecto macroscópico es el mismo que el "hartsalz" verdadero, o sea, de color rojo muy oscuro y dureza y compacidad superior a las otras sales. Sallent.
68. 13616. NC.
69. 13612. Muestra tomada en el borde del antiguo "hartsalz" X-5. Gal. 376, Sallent. Todavía conserva silvita, por lo que queda clasificado entre los anteriores estadios. Se ha encontrado anhídrita y polihalita, por lo que el resultado final de retrometamorfismo de la carnalitita se parece bastante al obtenido en las zonas de empobrecimiento (estériles, sensu stricto).
70. 13612. NC.



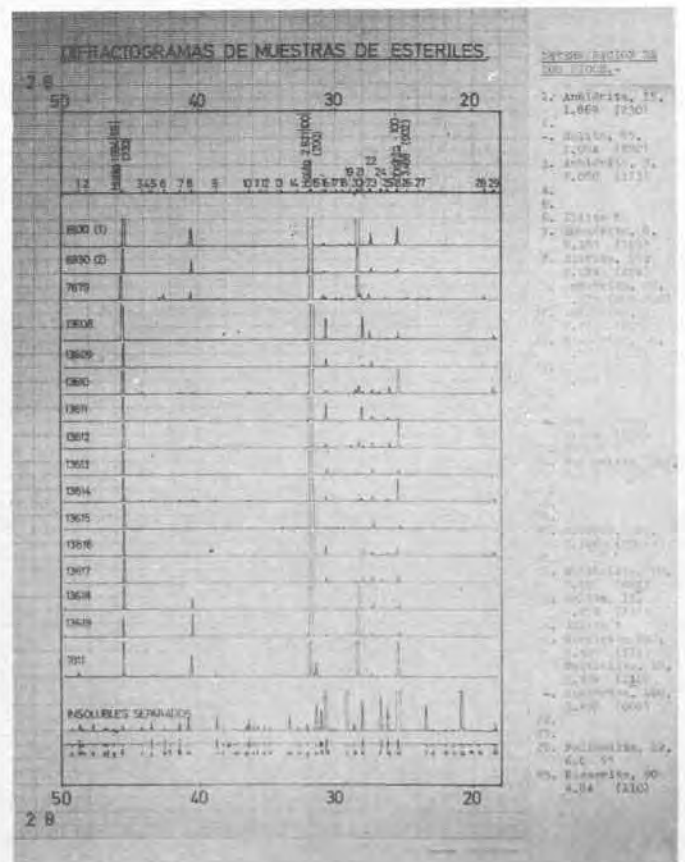
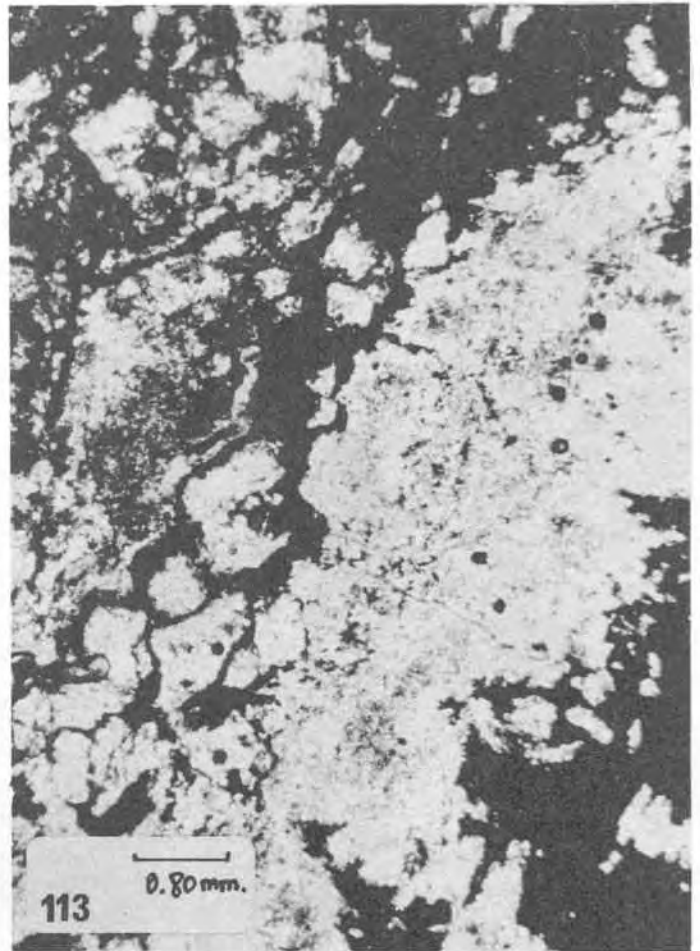
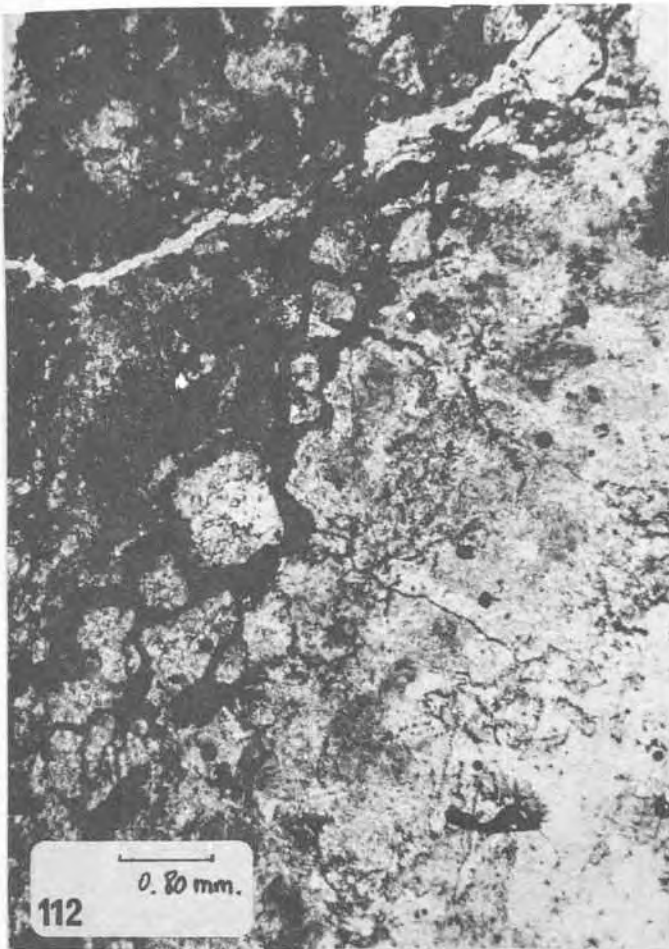
112. . Zonas de enriquecimiento en sulfatos asociados a fisuraciones. Balsareny.
113. . Id. Id. NC.
- 114 . NC. Se observa el fondo isótropo de halitita y como se acumulan los sulfatos periféricamente a las fisuras. Estas son de origen tectónico y están asociadas a los sistemas de pliegues que perturban la sal.

Cuadro de difractogramas correspondiente a diversas muestras de zonas estériles, tanto masivas como estratificadas. En general se trata de zonas enriquecidas en sulfatos por percolación de salmueras.

Las muestras 6930 (1) y (2), 7679, 13608, 13610, 13612, 13614 y 13617 corresponden a "estériles" estratificados, o sea a la facies descrita como "H.h.r. estratificada de color pardo oscuro". Las muestras 13609, 13611, 13613, 13615 y 13616 corresponden a "H.h.r. masiva color claro", mientras que las 13618 y 13619 son muestras situadas en el tránsito estéril-silvinita.

La muestra 7811 corresponde a un hartgalz anhidrítico de la mina Amelie (Mulhouse) denominado "silvite anhidritique".

Al final hay un difractograma del insoluble encontrado en 30 g de un estéril. Al concentrarse por disolución de los cloruros, gran parte de la anhidrita y polihalita ha pasado a yeso.



Muestras de estériles y zonas de percolación.-

	%	%	%	%	%			µg/g			
	ClNa	ClK	So ₄ Ca	SO ₄ Mg.	Cl ₂ Mg.	2H ₂ O	6H ₂ O	Br	Fe	Sr	Rb
6930	69.4	21.5	1.48	9.0	-			870	80		3.6
7558	73.7	6.49	10.66	8.0	-			118	100	282	-
7559	81.3	4.58	7.97	5.1	-			144	60		-
13608	80.8	4.0	3.31	8.0	-			319	110	425	-
13609	82.6	3.62	4.13	8.6	-			302	60	320	-
13610	78.0	7.48	5.33	6.0	-			342	45	230	-
13611	52.6	17.0	16.03	11.0	-			276	195	1430	-
13612	84.9	4.77	6.58	6.0	-			369	250	215	-
13613	94.1	0.95	2.33	0.16	-			342	6	456	-
13614	76.5	3.34	9.02	11.0	-			342	255	255	-
13615	96.6	0.95	0.38	1.76	-			329	1	-	-
13616	61.2	4.77	13.54	20.0	-			302	190	1820	-
13617	84.9	2.39	5.18	6.52	-			363	945	143	-
13618	78.2	16.18	2.83	3.0	-			1074	370	95	-

Halitita bandeada de otros yacimientos (Alto Rhin y Zechstein alemán).-

7805	90.	0.25	4.90	0.42	-			88	33	110	-
7820	95.5	-	1.80	1.44	-			316	40	45	4.4
7821	92.5	0.15	4.20	2.20	-			203	48	52	-
7822	89.	2.25	0.70	-	3.74			605	26	< 70	14.3
7823	90.	-	7.7	2.35	-			423	25	138	8.0
7825	95.	0.20	1.22	1.11	-			259	38	55	-
?1	96.	0.10	3.20	0.69	-			195	2060	45	-

DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS DE ESTERILES.

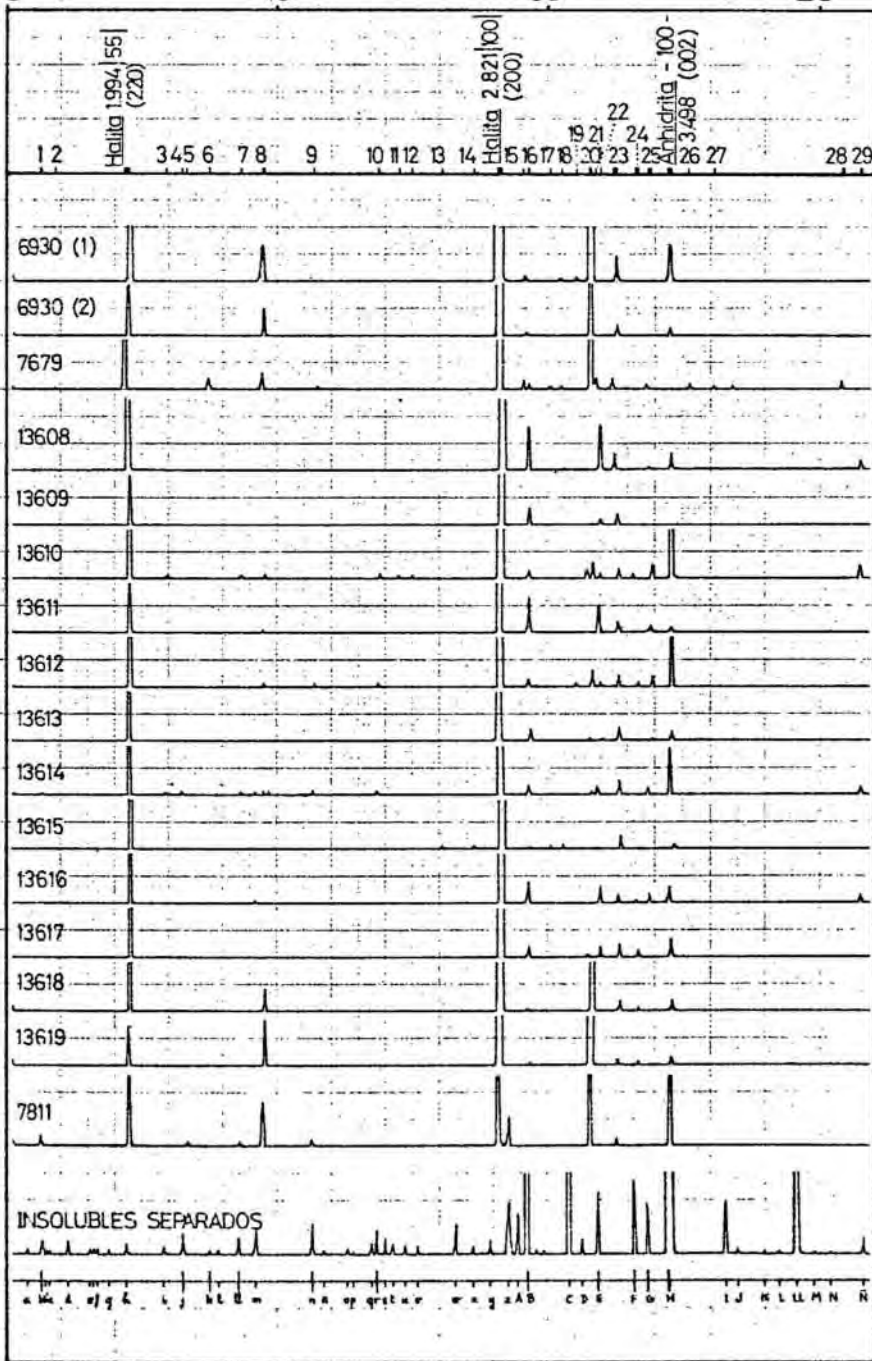
2 θ

50

40

30

20



50

40

30

20

2 θ

REFERENCIAL
103-108.-

1. Anhidrita, 15, 1.869 (230)
2. -- Halita, 55, 1.974 (220)
3. Anhidrita, 5, 2.080 (113)
- 4.
- 5.
6. Illita ?
7. Anhidrita, 8, 2.183 (103)
8. Silvita, 55, 2.224 (220)
9. Anhidrita, 28, 2.328 (202-220)
10. Anhidrita, 8, 2.473 (022)
11. Kieserita, 50, 2.527 (022)
12. Kieserita, 50, 2.567 (221)
- 13.
- 14.
15. -- Halita, 100, 2.821 (200)
16. Polihalita, 100, 2.912 (220)
- 17.
- 18.
- 19.
20. Silvita, 100, 3.146 (200)
- 21.
22. Polihalita, 70, 3.175 (021)
23. Halita, 13, 3.258 (111)
24. Illita ?
25. Kieserita, 100, 3.409 (111)
26. Polihalita, 10, 3.406 (210)
27. -- Anhidrita, 100, 3.498 (002)
- 28.
29. Polihalita, 70, 6.0 ??
30. Kieserita, 10, 4.24 (110)

Cuadro de difractogramas correspondiente a diversas muestras de zonas estériles, tanto masivas como estratificadas. En general se trata de zonas enriquecidas en sulfatos por percolación de salmueras.

Las muestras 6930 (1) y (2), 7679, 13608, 13610, 13612, 13614 y 13617 corresponden a "estériles" estratificados, o sea a la facies descrita como "H.h.r. estratificada de color pardo oscuro". Las muestras 13609, 13611, 13613, 13615 y 13616 corresponden a "H.h.r. masiva color claro", mientras que las 13618 y 13619 son muestras situadas en el tránsito estéril-silvinita.

La muestra 7811 corresponden a un hartsalz anhidrítico de la mina Amelie (Mulhouse) denominado silvite anhidritique".

Al final hay un difractograma del insoluble encontrado en 30 g de un estéril. Al concentrarse por disolución de los cloruros, gran parte de la anhidrita y polihalita ha pasado a yeso.

- DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS PERTENECIENTES A ZONAS ESTERILES. -

13617 ref. 239-6

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
25.4	3.49	11			3.498-100	
26.6	3.34	4				
27.3	3.25	8	3.258-13			
28.0	3.186	5				3.175-70
28.5	3.146	2		3.146-100		
30.6	2.912	9				2.912-100
31.7	2.822	1000	2.821-100			
45.4	1.993	94	1.994-55			
53.8	1.701	3	1.701-2			
56.4	1.620	13	1.628-15			
66.1	1.410	34	1.410-6			

13618 ref. 237-6

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
25.4	3.49	3			3.498-100	
26.6	3.39	2				
27.3	3.25	4	3.258-13			
28.3	3.153	213		3.146-100		
30.7	2.912	3				2.912-100
30.9	2.88	3				
31.7	2.822	1000	2.821-100			
40.4	2.225	9		2.224-59		
45.4	1.997	81	1.994-55			
48.5	1.877	1				
50.2	1.817	2		-		
53.8	1.704	1	1.701-2			
56.4	1.632	5	1.628-15			
58.6	1.573	7		1.573-8		
66.2	1.41	23	1.410-6			

NOTA: LAS MUESTRAS 13609, 13611, 13613 y 13615 CORRESPONDEN A HALITITA HOMOGENEA MASIVA Y LAS 13610, 13612, 13614, 13616, 13617 y 13618 A HALITITA HOMOGENEA ESTRATIFICADA (producida por empobrecimiento de hartsalz anhidrico).

13608

ref. 247-6

2θ	dÅ	Ir	Halita	Anhidrita	Polihalita	Kieserita
18.4	4.823	3				4.84-90
25.4	3.506	14		3.498-100		
26.2	3.416	3				3.409-100
27.3	3.260	15	3.258-13			
28.1	3.18	39			3.175-70	
30.6	2.91	38			2.912-100	
31.6	2.82	1000	2.821-100			
45.4	1.997	131	1.994-55			
53.8	1.704	4	1.701-2			
56.5	1.6288	22	1.628-15			

13609

ref. 245-6

2θ	dÅ	Ir	Halita	Polihalita	Illita
27.3	3.26	21	3.258-13		
28.6	3.18	8		3.175-70	
30.7	2.91	56		2.912-100	
31.7	2.82	1000	2.821-100		
45.3	1.990	151	1.994-55		
53.8	1.70	4	1.701-2		
56.4	1.63	27	1.628-15		
63.7	1.460	6			1.53-60 ?
66.1	1.41	49	1.410-6		

13610

ref. 238-6

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihal.	Kieser.
18.4	4.823	5					4.84-90
24.6	3.62	1					
25.4	3.506	180			3.498-100		
26.1	3.416	9					3.409-100
26.8	3.325	3					3.331-90
27.3	3.260	8	3.258-13				
28.1	3.18	4				3.175-70	
28.3	3.15	12		3.146-100			
28.5	3.13	7			3.118-3		
30.7	2.9125	7				2.912-100	
31.7	2.8225	1000	2.821-100				
35.0	2.564	2					2.567-80
35.5	2.528	2					2.527-90
36.3	2.478	1			2.473-8		
38.6	2.333	2			2.328-22		
40.4	2.224	2		2.224-59			
41.3	2.186	2			2.183-8		
44.0	2.058	2			2.080-9		
45.4	1.993	75	1.994-55				
52.3	1.752	12			1.749-11		
53.8	1.701	3	1.701-2				
53.4	1.628	12	1.628-15				
58.6	1.574	1			1.573-8		

13611

ref. 158-6

2θ	dÅ	Ir	Halita	Anhidrita	Polihalita
14.8	5.985	26			6.0-12
25.4	3.506	19		3.498-100	
26.1	3.415	19			3.406-12
27.35	3.260	56	3.258-13		
28.0	3.186	148			3.175-70
30.7	2.912	189			2.912-100
31.7	2.822	1000	2.821-100		
38.2	2.356	11			2.350-6
38.7	2.326	11		2.328-22	
40.75	2.214	11		2.1869-15	
45.5	1.993	270	1.994-55		
48.0	1.895	11			1.897-6
48.6	1.873	7			1.873-6
50.45	1.809	15			1.810-6
51.5	1.774	11			1.806-6
52.85	1.732	7		1.749-11	
53.9	1.701	15	1.701-4		
56.5	1.629	63	1.628-15		
63.8	1.459	19			

13612

ref. 228-6

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
25.4	3.51	70			3.498-100	
26.2	3.40	4				3.406-12*
26.6	3.35	1				
27.3	3.326	7	3.258-13			
28.0	3.180	3				3.175-70
28.3	3.15	10		3.146-100		
28.9	3.09	2				
30.7	2.91	5				2.912-100
31.0	2.88	?				
31.7	2.822	1000	2.821-100			
36.3	2.475	1			2.473-8	
38.6	2.333	1			2.328-22	
40.5	2.227	2		2.224-59		
45.4	1.997	104	1.994-55			
52.3	1.75	5			1.749-11	
53.8	1.704	2				
56.4	1.632	11	1.628-15			
66.2	1.412	24	1.410-6			

* = También 3.409 Kieserita 100, deducida por la longitud del pico en comparación con otros diagramas.

13613 ref. 230-6

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
25.4	3.51	3			3.498-100	
26.1	3.42	1				3.406-12
27.3	3.326	7	3.258-13			
27.9	3.2	2				3.175-70
28.4	3.14	2		3.146-100		
30.6	2.92	7				2.912-100
31.7	2.822	1000	2.821-100			
45.4	1.997	101	1.994-55			
53.8	1.704	2	1.701-2			
56.3	1.632	11	1.628-15			
66.2	1.412	29	1.410-6			

13614 ref. 205-6

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
18.5	4.796	4				4,802-6
19.2	4.624	4				
25.5	3.493	79			3.498-100	
26.2	3.402	8				3.406-12
26.7	3.339	4				
27.3	3.267	25	3.258-13			
28.1	3.175	13				3.175-70
28.3	3.153	7		3.146-100		
30.7	2.912	14				2.912-100
31.7	2.823	1000	2.821-100		(2.849-33)	(2.846-16)
36.3	2.478	4			2.473-8	
38.7	2.327	4			2.328-22	
40.5	2.227	5				
40.6	2.222	5		2.224-59		
40.8	2.212	5			2.208-20	
41.3	2.186	4			2.183-8	
44.1	2.053	4			(2.086-9)	
45.4	1.997	235	1.994-55			
48.7	1.869	4			1.869-15	
52.3	1.749	9			1.749-11	
53.8	1.704	6	1.701-2			
55.8	1.647	2			1.648-14	
56.5	1.627	34	1.628-15			

13615

ref. 207-6

2θ	$d\text{\AA}$	Ir	Halita	Anhidrita	Polihalita	Yeso
25.3	3.52	1		3.498-100		
27.25	3.272	7	3.258-13			
28.4	3.143	1			3.175-70	
28.9	3.089	1				3.059-57
30.5	2.912	6			2.912-100	
31.6	2.832	1000	2.821-100			
32.7	2.738	1				
33.8	2.648	1				
45.3	2.002	78	1.994-55			
53.8	1.704	2	1.701-2			
56.4	1.631	10	1.628-15			
66.1	1.414	42	(1.410-6)			
75.2	1.263	15	1.261-11			

13616

ref. 159-6

2θ	$d\text{\AA}$	Ir	Halita	Anhidrita	Polihalita
18.4	4.82	15			4.802-6
25.5	3.493	92		3.498-100	
26.2	3.402	31			3.402-12
26.7	3.339	11			
27.4	3.255	33	3.258-13		
28.0	3.186	61			3.175-70
29.3	3.048	8			
30.7	2.912	100			2.912-100
31.7	2.822	1000	2.821-100		
45.5	1.993	194	1.994-55		
52.3	1.749	14		1.749-11	
53.9	1.701	11	1.701-2		
56.5	1.628	43	1.628-15		
63.8	1.459	11			
66.2	1.412	42	1.410-6		
75.3	1.262	50	1.261-11		

9-5-877.5

ref. PhD 127-3

2θ	dÅ	Ir	Halita	Polihalita
14.8	5.985	D		6.0-12
26.0	3.427	DD		3.406-12
27.0	3.303	R	3.258-13	
28.0	3.186	R		3.175-70
30.5	2.910	R		2.912-100
31.5	2.8400	FF	2.821-100	
45.5	1.9934	F	1.994-55	
46.5	1.9526	DD		-
47.6	1.9102	DD		1.897-6
48.8	1.8660	DD		1.873-6
50.0	1.8240	DD		1.810-6
51.1	1.7872	DD		1.806-6
52.5	1.7430	DD		-
53.6	1.7098	D	1.701-4	
56.2	1.6366	R	1.628-15	
66.0	1.4154	R	1.410-6	
75.0		R-F	-	

9-4-876.7

ref. PhD 128-3

2θ	dÅ	Ir	Halita	Polihalita
27.2	3.279	R	3.258-13	
27.8	3.209	DD		3.175-70
30.5	2.9310	DD		2.912-100
31.5	2.8400	FF	2.821-100	
45.3	2.0018	F	1.994-55	
53.5	1.7126	DD	1.701-2	
56.3	1.6340	R	1.629-15	
66.0	1.4154	R-D	1.410-6	
75.0		R	1.261-11	
83.7		R	-	

c) Halitita fibrosa

Es muy poco importante si consideramos su escaso volumen en los yacimientos. Consiste en halitita de relleno de fisuras tectónicas, similar al yeso epigenético (o sea, formando fibras que se disponen perpendicularmente al plano de la fisura). Es fácil deducir que se ha producido por precipitación sobre las paredes de halita de los bordes de la grieta, de una nueva generación de halita, a partir de una salmuera intersticial y fisural saturada. Las fibras crecen desde ambas paredes hasta juntarse en el centro y obliterar la fisura.

En ciertos casos se observa como la halitita fisural presenta en ciertos lugares coloraciones azul intensas, originadas por defectos en la malla cristalina producidas por percolación de líquidos de origen externo, ricos en sustancias radioactivas (normalmente soluciones de meteorización). En los yacimientos catalanes es muy poco frecuente encontrar halitita azul, lo que se debe, a nuestro entender a la profundidad a que se encuentran. No sucede lo mismo, por ejemplo, en el caso de los yacimientos navarros.

En el interior de dichas fisuras (ver foto) se deposita en primer lugar una capa de anhidrita con cristales perpendiculares a las paredes y, posteriormente, cristales fibrosos de halita en la misma disposición. En el caso de yacimientos con dolomita (Mulhouse) se depositan los tres grupos minerales: primero los sulfatos (anhidrita), después los carbonatos (dolomita) y finalmente en el centro, halita. La presencia de una generación de dolomita intercalada debe de corresponder a la presencia de carbonato o bicarbonato procedente del carbonato primario de la base de los ciclos, que se ha solubilizado durante la deshidratación del yeso a anhidrita.

2) SILVINITA.-

Entendemos por silvinita en sentido amplio a toda roca que esté constituida fundamentalmente por silvita o por mezclas de halita y silvita y cuyo contenido en carnalita sea inferior a un 10 %.

Presenta las siguientes variedades petrológicas:

a) Silvinita bandeada:

Está formada por ciclos similares a los descritos para la halitita bandeada, cada uno de los cuales consta idealmente de un término inferior anhidrítico arcilloso, otro intermedio de halitita y otro superior de silvinita (aunque a veces puede observarse todavía otro más, constituido por halitita, que representaría la fase de descenso en la concentración de las salmueras de final de ciclo. También se observan ciclos inversos (como en la halitita bandeada) formados por silvinita desde la diastema basal arcillosa, que pasan gradacionalmente (o con contacto irregular) a halita semejante a la descrita en la Halitita bandeada. En otros casos se ve como todo el ciclo está constituido por silvinita y, a veces, por diversas láminas alternantes de ambas especies. Los primeros casos deben atribuirse a procesos de descendencia (ver Génesis de Yacimientos) y el último a variaciones térmicas generalizadas en el fondo de la cubeta.

La potencia de cada ritmo es mayor, por término medio, que en la halitita bandeada, oscilan entre menos de 10 cm y más de 30, y presentan variaciones muy fuertes de potencia, por lo que muchos autores han dudado de su origen anual.

La lámina inferior anhidrítico-arcillosa y la intermedia son similares a las descritas para la halitita bandeada presentando "graded bedding" directo o inverso. La lámina de silvinita está formada por una masa totalmente recristalizada en la que difícilmente se observan los bordes de los antiguos granos. Hay planos de exfoliación que atraviesan a veces toda la lámina, lo que da idea de la intensidad del proceso de recristalización. Los granos están repletos de inclusiones floculares de hematites que tienden a agruparse en los bordes y que le confieren al microscopio un aspecto granujiento.

En su masa se observa muy poca anhidrita, y ésta en proceso de disgregación. No se encuentran incluidos en silvinita cristales idiomorfos de anhidrita, cosa que sí sucede en la halitita. Hay también intercrecimientos orientados con halita (Gorgey, 1912) y masas opacas constituidas por acúmulos de arcilla y hematites.

Los granos de silvita (cuando son visibles) son normalmente mayores que los de halita, asociándose en estructuras granudas equigranulares orientadas, ya sea con la dimensión máxima de los granos paralela a la estratificación (estructura de comprensión vertical), ya sea presentando un cierto ángulo con la misma. Normalmente son alotriomorfos con bordes poligonales.

No obstante, en ciertos casos se observa como esta estructura ha sido prácticamente borrada por recristalización posterior (hecho que ya se ha explicado anteriormente) presentando entonces un aspecto homogéneo con exfoliaciones de gran longitud (que pueden atravesar la lámina de parte a parte) y un leve sombreado que correspondería en ciertos casos a la antigua textura granuda y que es causado por acumulaciones de flóculos de hematites.

COLOR

20. Mina Amélie. Mulhouse (Francia).
Halitita fibrosa en el intercalar "a". N^o 7840.
Esta variedad de halitita se encuentra rellenando fisuras en las que ha cristalizado a partir de salmueras saturadas. Es relativamente abundante en los yacimientos del Alto Rhin, pero poco abundante en los depósitos evaporíticos catalanes. El fragmento mayor muestra como una grieta del intercalar margoso "a" está rellena por halitita fibrosa.
21. Mina Amélie. Mulhouse (Francia).
Techo del banco B₁. N^o 7809. "Drapeau".
Probable ciclo anual de silvinita bandeada. Su composición parece ideal en un ciclo climático: diatema arcillosa en la base, lámina de halita, lámina de silvita, pequeña lámina de halita y contacto erosivo (de disolución) con el siguiente ciclo. En la base de la lámina de halita se observa una estructura de crecimiento sobre el fondo, similar a las descritas en los yacimientos catalanes. El tamaño de grano de la halitita es más grueso que en estos últimos yacimientos, mientras que la silvita presenta grano más fino y coloración más roja.
22. Mina Amélie. Mulhouse (Francia).
Estrato inferior de silvinita del banco B₁. N^o 7810
En esta fotografía puede verse el hecho antes mencionado sobre la relación de tamaño de grano entre la halita y silvita.



20



21



22

COLOR

- 23 y 24. Sallent. Cámara C-53.
Las dos fotografías superiores muestran respectivamente la parte inferior y superior de la capa A. Parece bastante corriente el modelo de ciclo observado en el "drapeau" (21) con una lámina de silvita interna al bandeado anual. No obstante, hay muchos casos discrepantes que presentan varias láminas de silvita dentro de cada ciclo (alternancias térmicas) y de ciclos con espesores enormes (hasta 20 cm) que creemos deben ser explicados por procesos de descendencia. El tránsito de la capa A a las halititas de techo y muro ("sal entre dos" y "sal de 60", respectivamente) es progresivo. Foto Montoto.
25. Sallent. Cámara C-53.
Silvinita de la "capa rica". El color del mineral es mucho más claro que en los niveles superiores (debido a la relativa escasez de hematites).
En la parte superior se observa la "sal de 60" (halitita bandeada débilmente recristalizada) y en el ángulo superior izquierdo, ya en la sombra, el primer nivel de la capa A.
26. Cardona. Nivel 920. Galería I. 30 m antes del tape.
Aspecto parcial de la zona potásica del yacimiento. El buzamiento es prácticamente vertical (fotografía del techo de la galería).



115. 13598. Parte superior de silvinita capa A. Serie
Xl. Sallent.

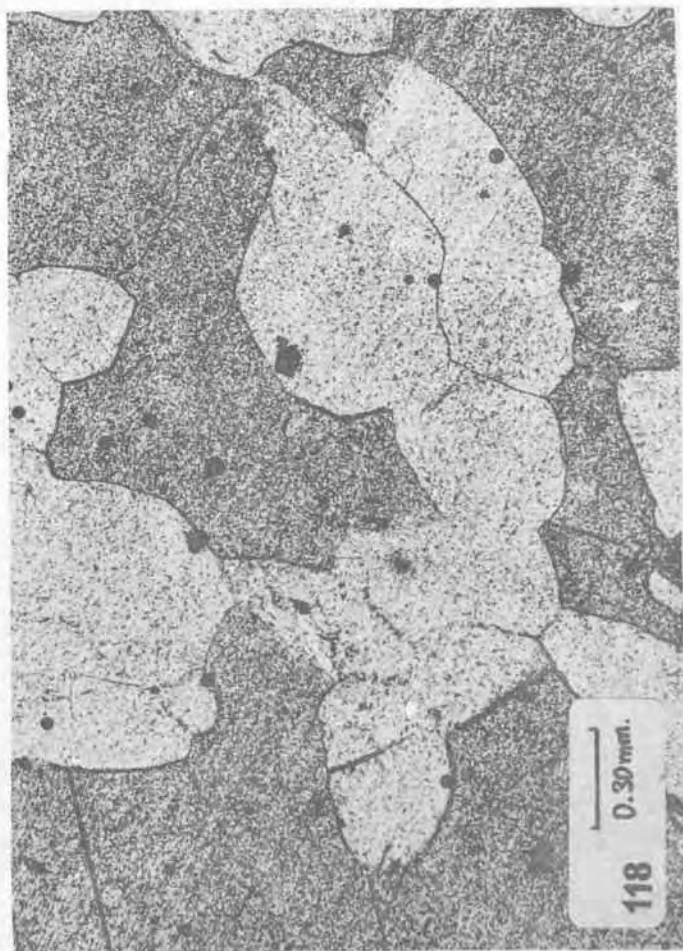
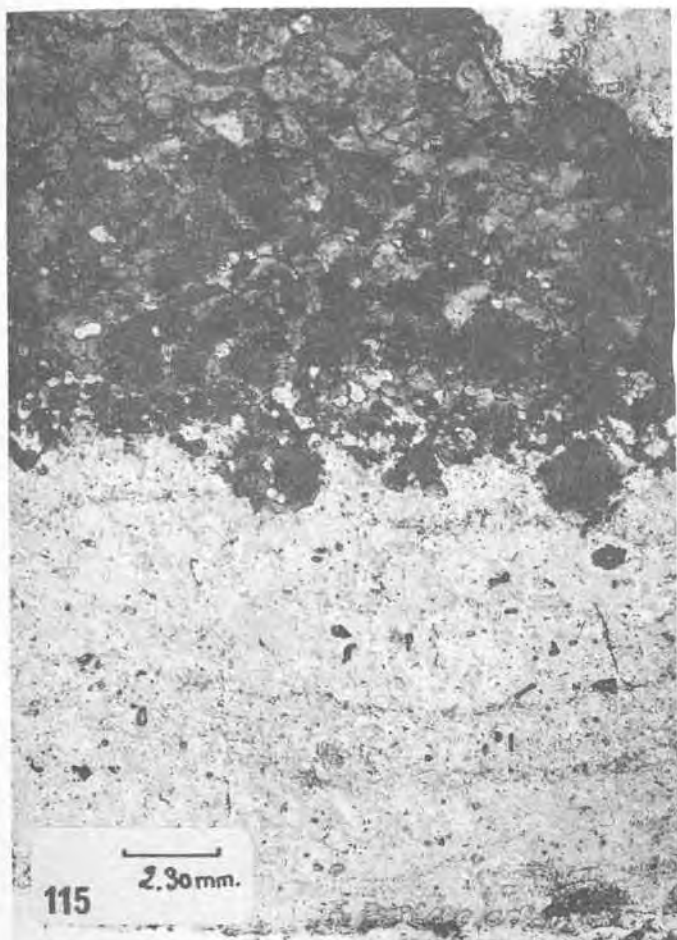
La mitad inferior está constituida por varios microciclos de halita (ver NC). Hay un contacto transicional y se pasa a la silvinita de la parte superior.

116. 13598. Id. Id. NC.

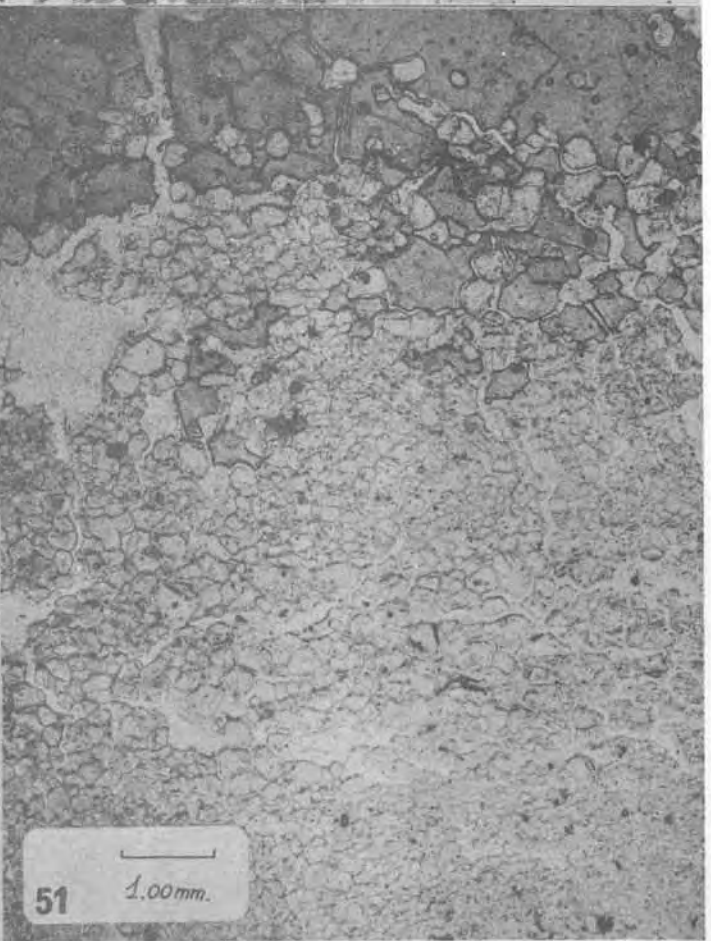
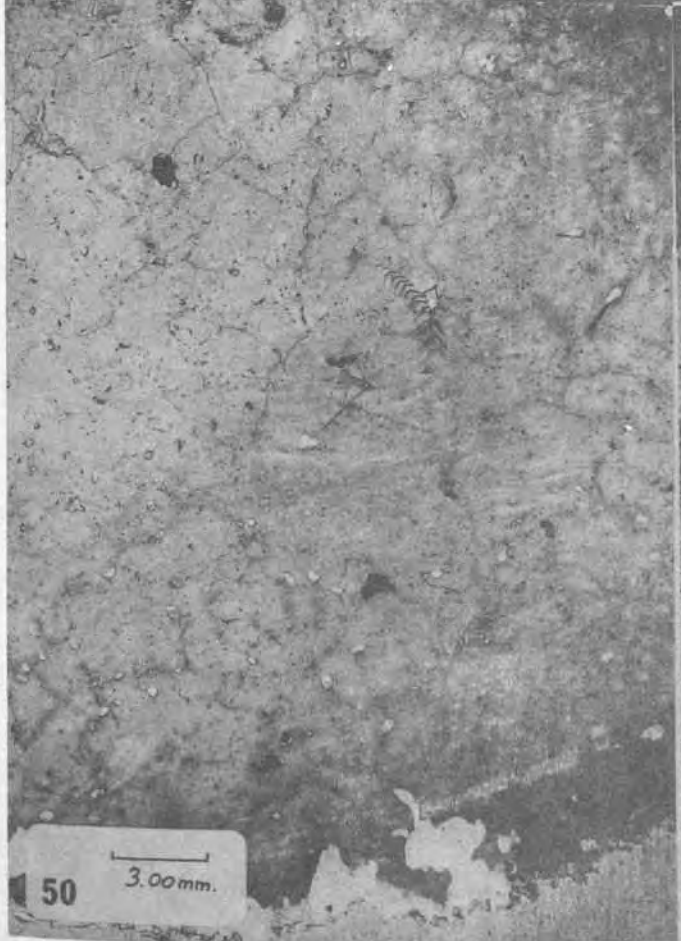
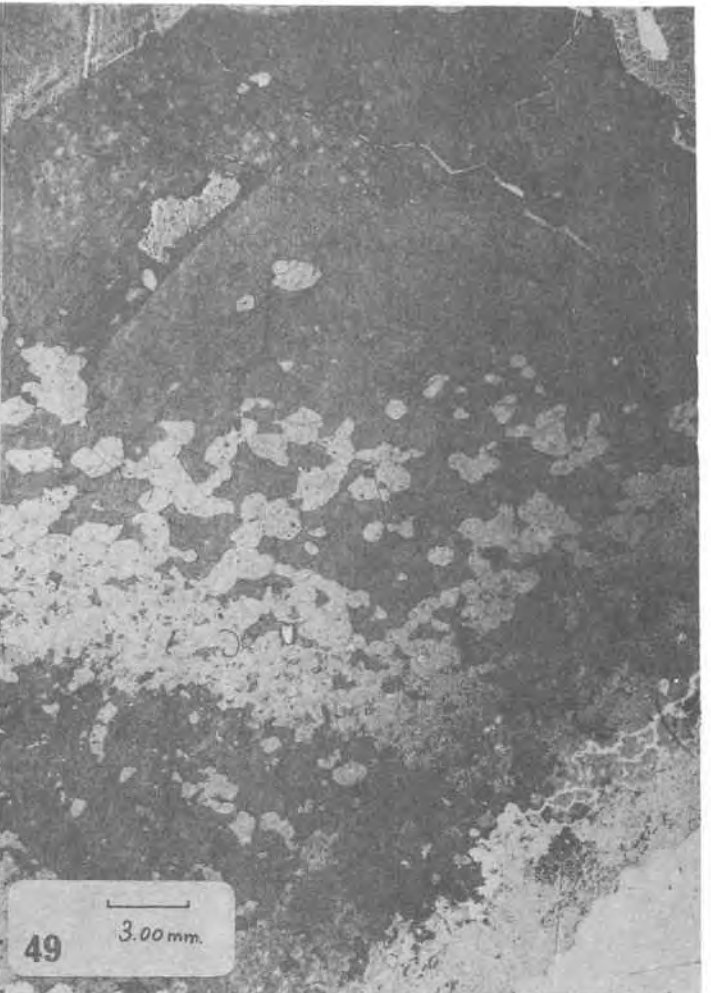
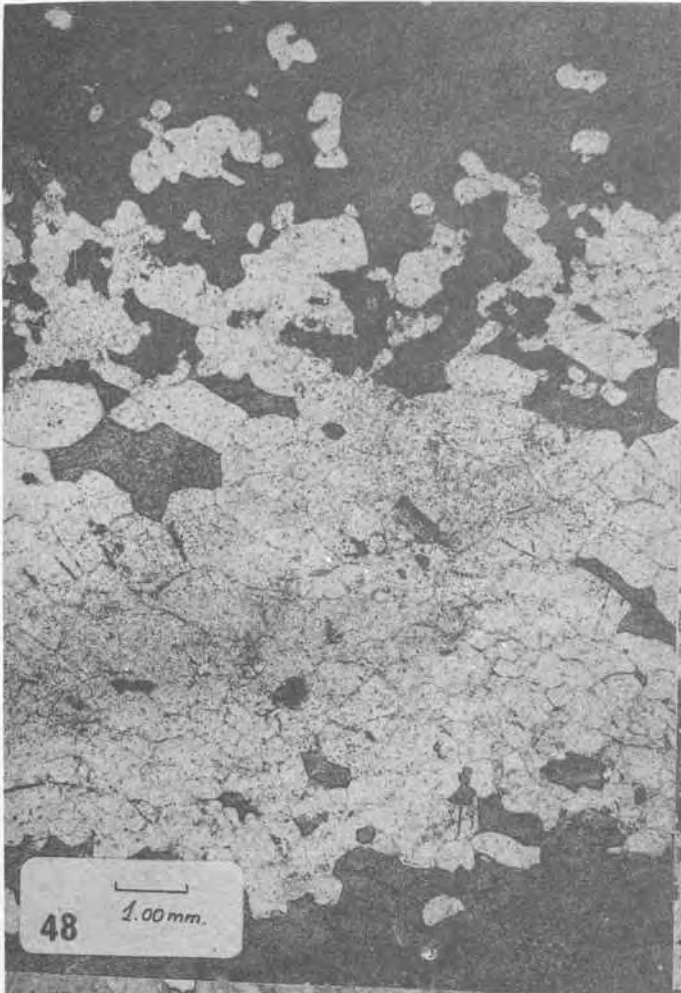
Se observa la distribución de sulfatos de la base a la parte superior del ciclo. Los microciclos son progresivamente más pobres en sulfatos y ricos en sal potásica.

117. 13619. Detalle del paso progresivo halita-silvinita en un ciclo de silvinita. La silvinita es más oscura y tiende a presentar bordes cóncavos, mientras que la halita los presenta convexos.

118. Detalle de la anterior.

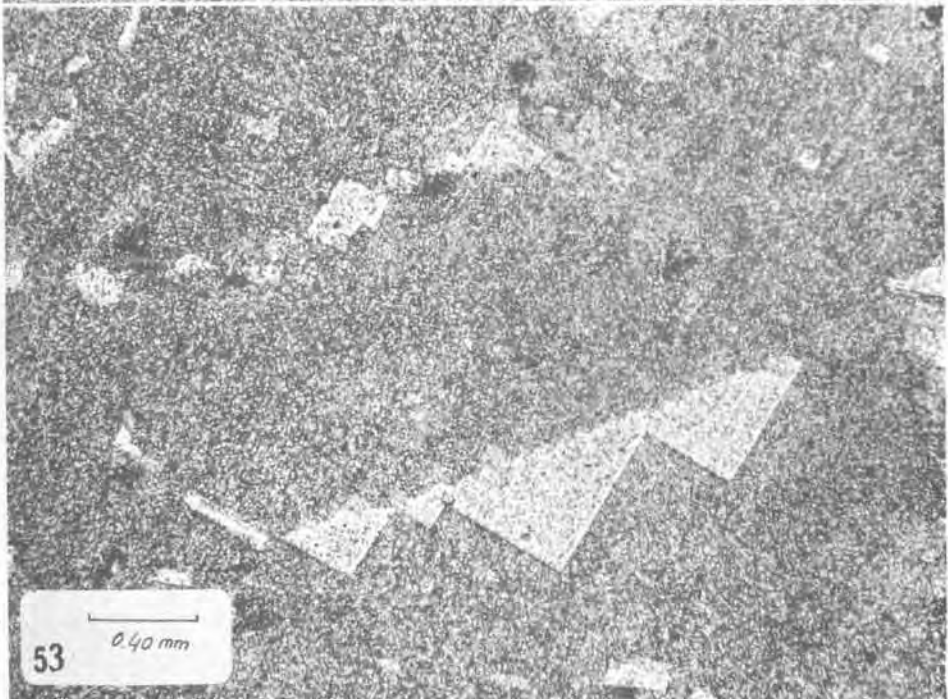


48. 13511 (3). Ciclos halita-silvita (silvinita bandeada) observados en la capa A de Balsareny. Se aprecia la existencia de un contacto basal brusco silvita-halita y de una transición halita-silvita gradacional. El conjunto presenta "graded bedding" inverso causado por el proceso cíclico climático que los ha originado ("varvas estacionales"). Se observa que mientras la halita de la base de los ciclos presenta bordes de grano nítidos, no sucede así con la silvinita que presenta bordes de grano muy difulminados, sólo visibles parcialmente (foto 50) por enriquecimientos en floculos de hematites. Ello nos da idea de que la silvinita ha sufrido procesos de recristalización distintos de la halita, que se presenta recristalizada raras veces en la zona potásica (foto 17).
49. 13511 (1).
50. 13513.
51. 6934 (2).

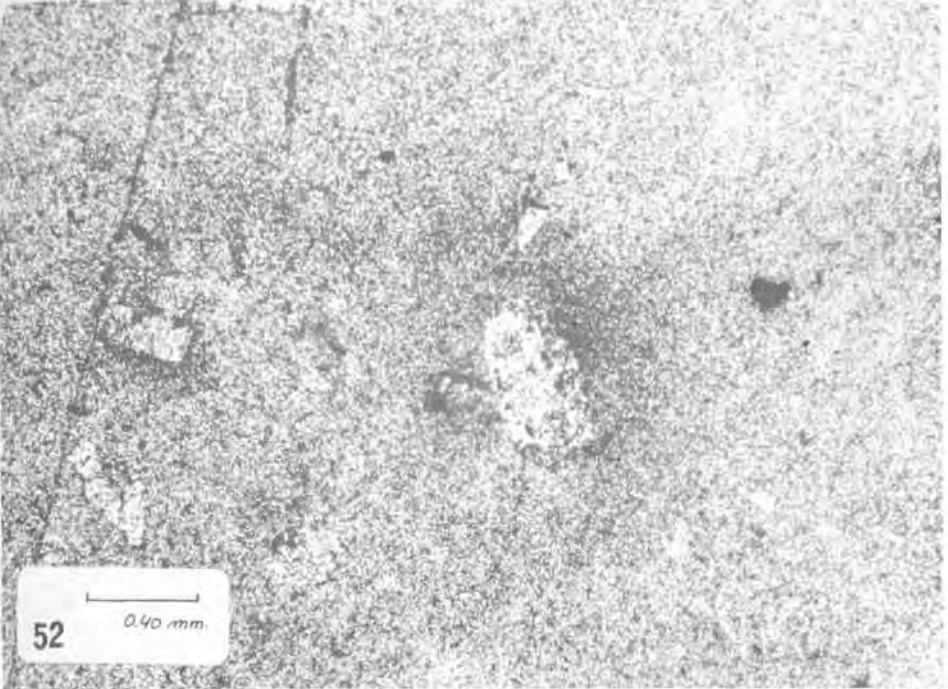




54 0.40mm.



53 0.40mm.



52 0.40mm.

52. 13513 (1). La silvita presenta una microestructura finamente granuda, muy homogénea, y un color más oscuro al microscopio. Ello se debe a la presencia de enormes cantidades de finos flóculos de hematites dispersos en su masa. Presentan además vestigios de cristales de sulfatos muy corroídos (52), y estructuras de intercrecimiento formando epitaxias con halita (53).

53. 13513 (1).

54. 13513 (5). Se observan grietas en "chevron" de 90° formadas por apertura de los planos de exfoliación principales del cubo, originada por compresión. Las grietas están repletas de hematites.

123. 6932 (4). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 16.5 x 64.5.
Silvita de la capa A. Balsareny.

Se observan crecimientos orientados de halita y silvita. La textura mostrada significa una fase de transición a las silvinitas sin bordes intergranulares, totalmente recristalizadas (ver 13513). En este caso se observan los granos claramente. Su tamaño es de 1.5 a 2 mm.

124. 6932 (3). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 12.5 x 64.5. Silvinita capa A. Balsareny.

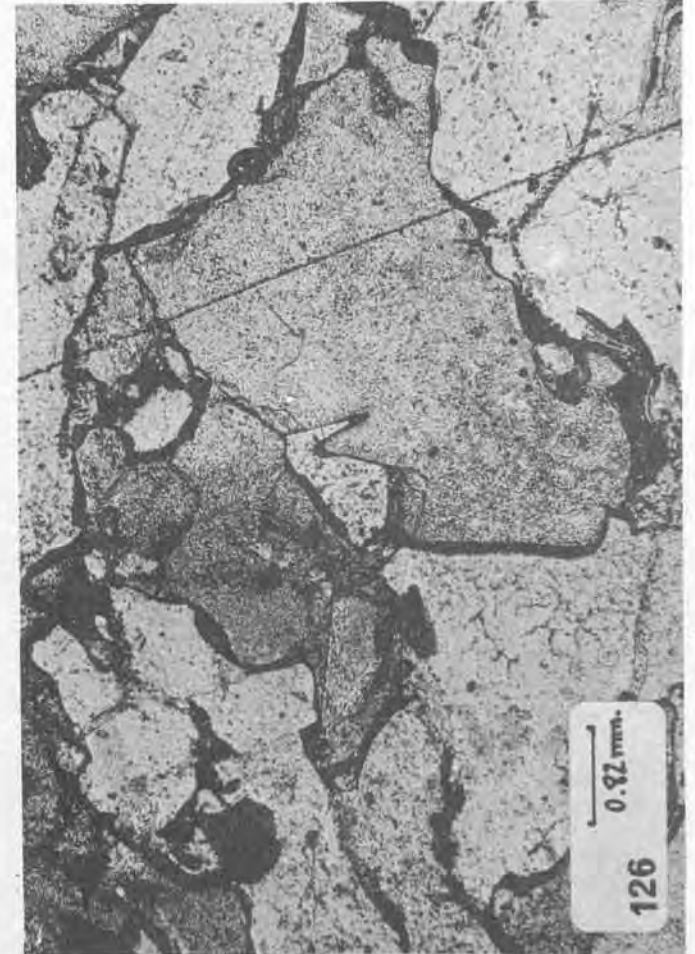
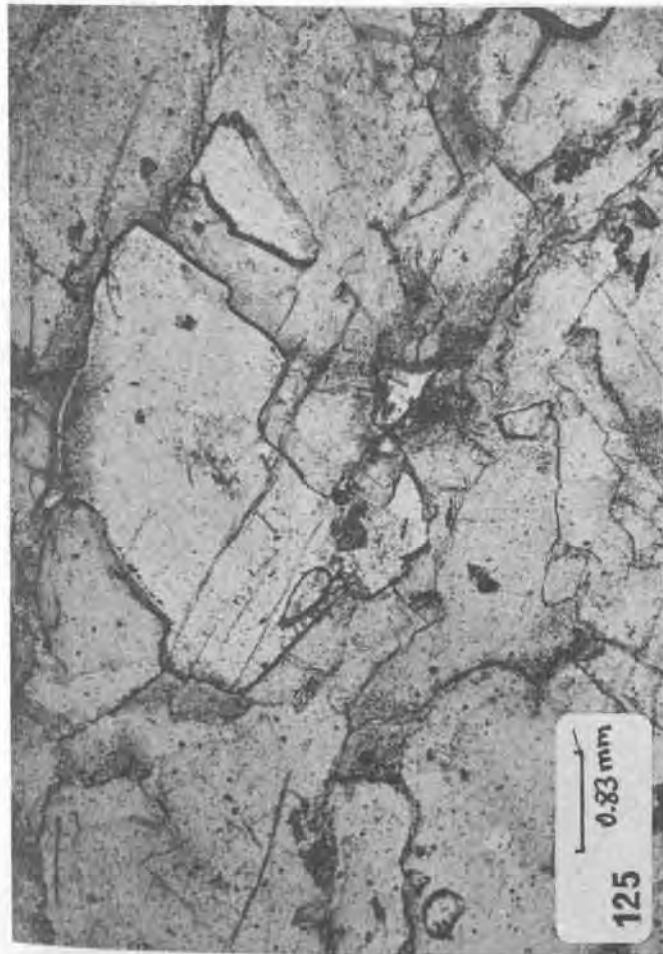
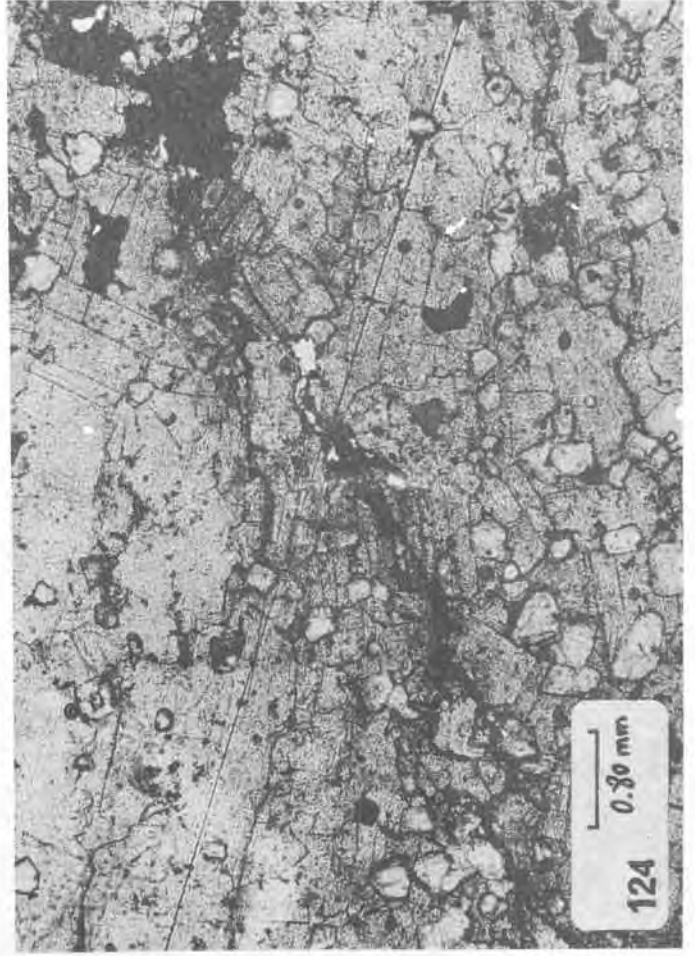
Fisuras rellenas de hematites y arcilla por recristalización de la silvita.

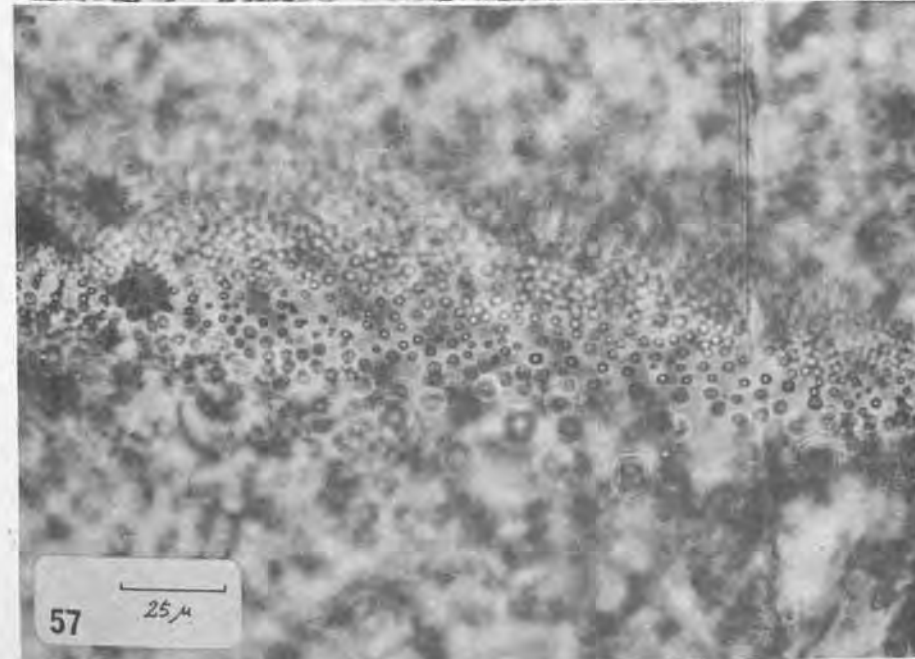
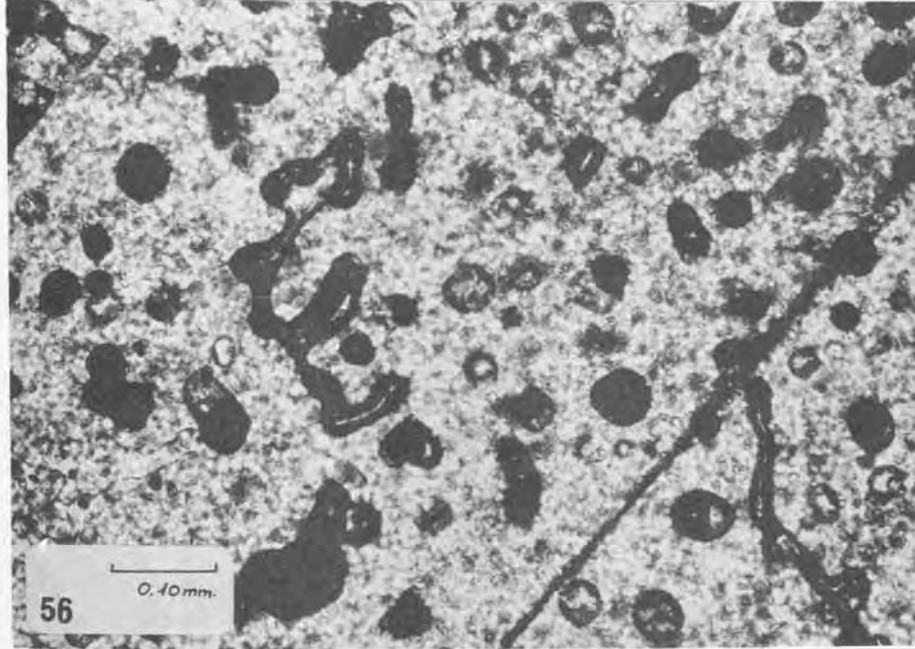
125. 7216 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Cardona, nivel 830, C-23. Silvita blanca.

Se observa como las alineaciones de inclusiones atraviesan los granos, incluso de distinta composición.

126. 7198 (3). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 16 x 71.
Cardona, nivel 920, gal. 1. Silvita blanco-rosada.

Los tonos rosados y blancos son debidos a la presencia de menos flóculos de hematites que en la silvita normal de color rojo oscuro.





55. 13599 (1). Inclusiones bifásicas subesféricas y filamentosas observadas en ciertas muestras de silvita. Parte inferior de la capa A. Serie x-1, cámara B. Sallent.

56. 13599 (1).

57. 13599 (1). 12.5 x 2 x 25. Coord: 17 x 74. Inclusiones bifásicas en silvita, de aspecto cúbico y orientadas según planos intergranulares persistentes. Son muy similares a las observadas en carnalita. Su tamaño es próximo a 1 micra.

119. 13513 (1). Sallent. Ciclo de silvinita.

Se observa como el ciclo comienza sobre otro (también de silvinita) en forma brusca, mediante un contacto neto, probablemente erosional por disolución, mientras que el paso halita-silvita es gradacional. La parte superior está formada exclusivamente por silvita, sobre la que hay otro contacto erosivo.

120. 7678. Ciclo n° 108 (Parte inferior capa A). Serie C-53. Sallent. Ciclo de Silvinita.

En la base está constituido por halita, apreciándose de abajo a arriba la siguiente sucesión de eventos:

- microciclo de h.b. con "graded bedding" inverso.
- nivel de "hopper" bacilares con otro microciclo similar al anterior.
- segundo nivel de "hopper" de tamaño algo mayor, con otro microciclo de grano más grueso.
- zona de "hopper crystals" grandes (aproximadamente de 2 mm.) mezclada con silvita.
- zona de silvita.
- zona de silvita con halita.
- zona de disolución (arcilla oscura parte superior).

Esta sucesión indica la existencia de una serie de aportes progresivamente más concentrados que al final remiten algo, llegando a haber procesos de disolución.

121. 7658. Ciclo n° 74. (Parte superior capa A) Serie C-53. Sallent.

En este caso el contacto halita-silvita es brusco y está causado, al parecer, por un nivel de disolución. Creemos que puede deberse a un cambio de temperatura. Como es sabido, las variaciones de temperatura condicionan la precipitación de halita o silvita, y pueden producir alternancias de ambas sales.

122. 7655 (1). Ciclo n° 71 (Parte superior capa A) Serie C-53. Sallent.

En la parte superior de la capa A se observan asociaciones halita-silvita-carnalita, como muestra esta microfotografía. Hay también vestigios de disolución de carnalita (disolución sinsedimentaria?) concentrados en la mancha estratiforme de carnalita muy rica en hematites que se observa en la parte central. Sobre esta carnalita rica en hematites hay otra carnalita más transparente (color claro en la foto.)



127. 12606 (1). Nivel de silvita intercalado en carnalita. Serie "circular del volcador". Sallent.

En la parte superior se observan vestigios de transformación carnalita-silvita, puestos de manifiesto por la presencia de grandes cristales de silvita con oquedades repletas de pasta microcristalina de carnalita y hematites.

128. 7679 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Ciclo n° 110 (Silvinita capa A). Serie C-53. Coord: 14-71. NC. Sallent.

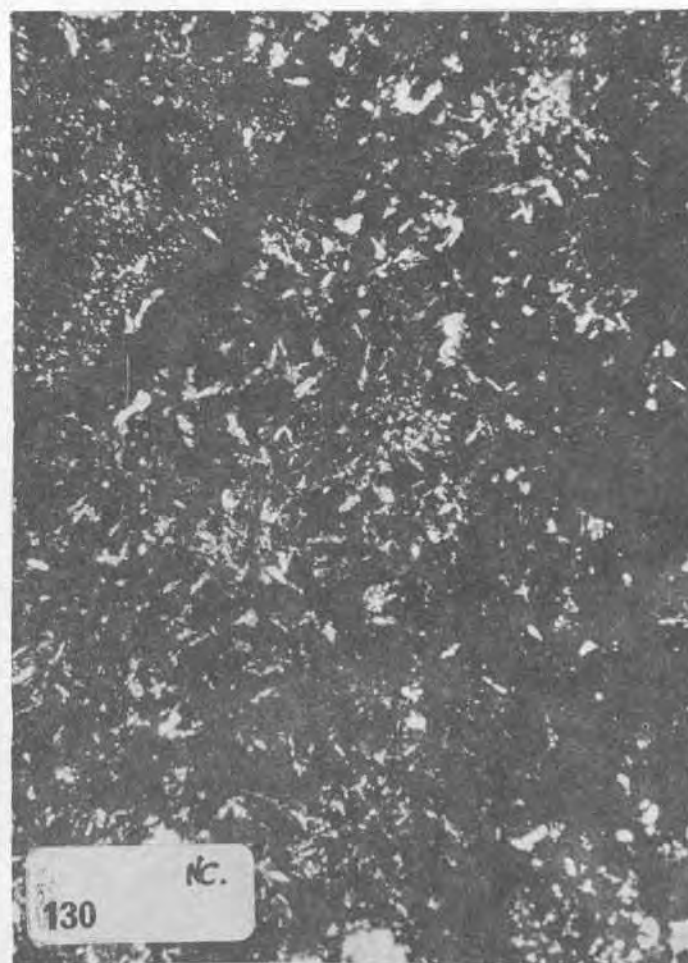
Estructura caracterizada por la presencia de una envoltura de sulfatos que rodea los granos de silvita y halita. La roca es una silvinita. La presencia de sulfatos intersticiales es evidencia de percolación de líquidos saturados en sulfatos, lo que parece confirmar las hipótesis de Borchert,

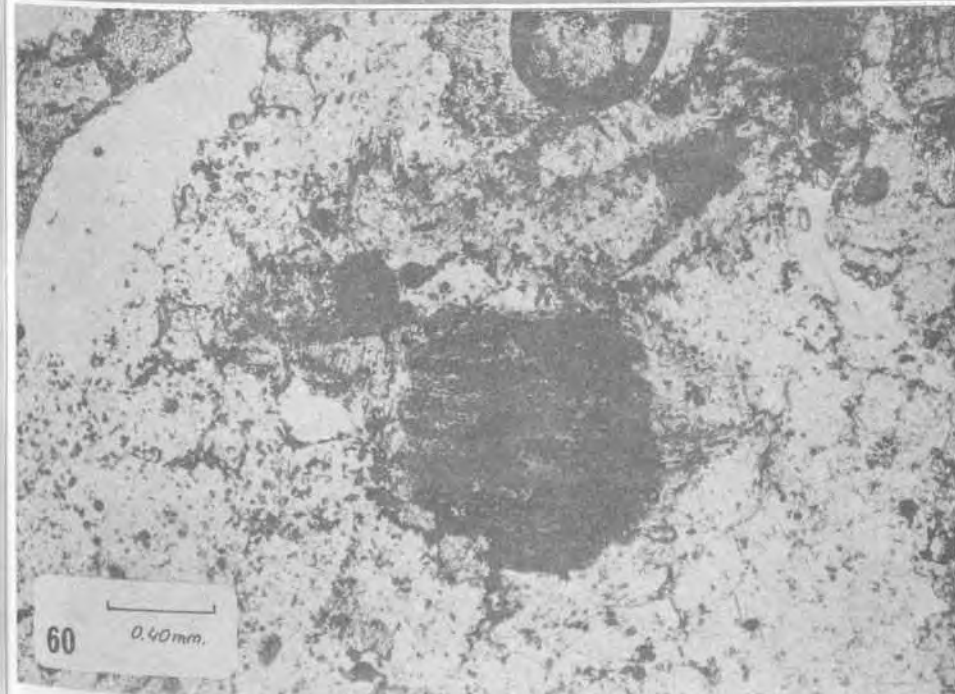
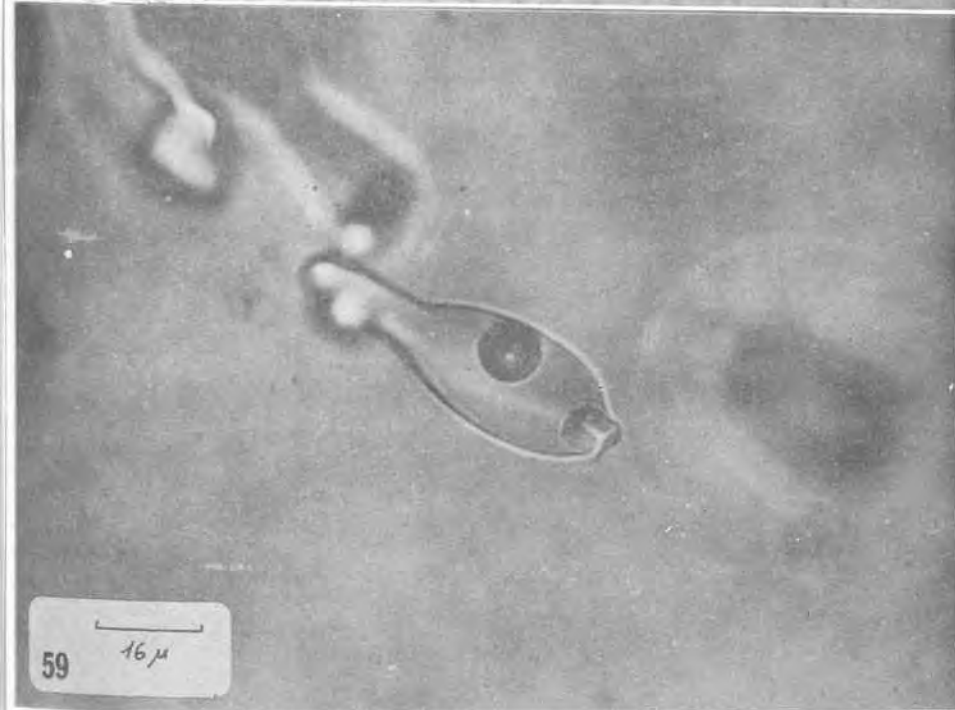
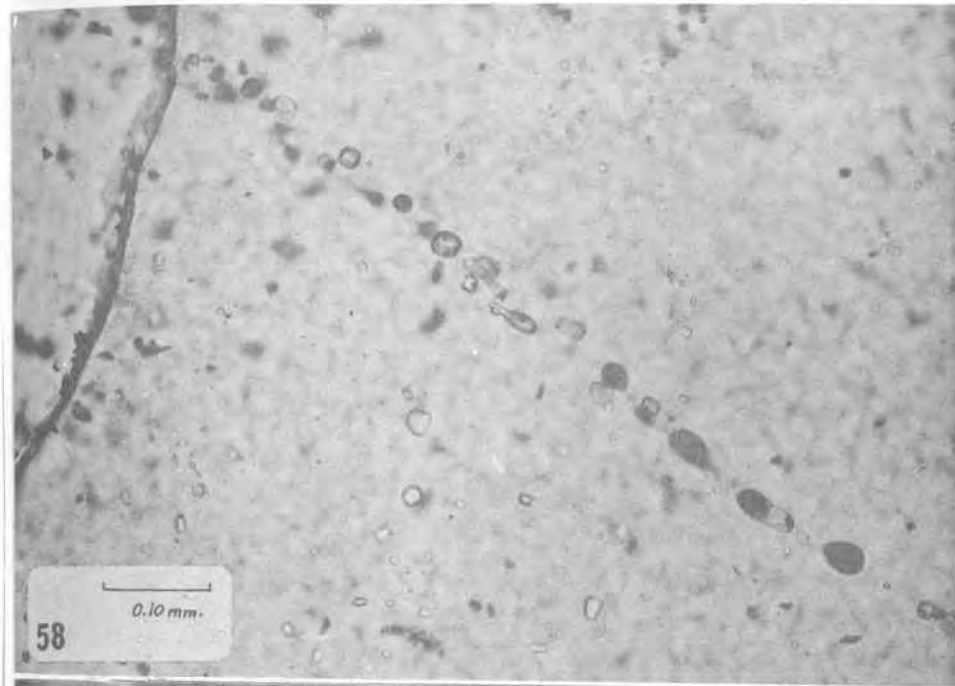
129. 7678 (1). Ciclo n° 108. Serie C-53. Silvinita bandeada capa A. Sallent.

Se observa la asociación de "hopper" de tamaño relativamente grande y silvita, lo que parece ser indicativo del comienzo de la sedimentación de la silvita.

130. 7678 (1). Id. Id. NC.

Se observa en nícoles cruzados la presencia de sulfatos intersticiales, lo que es evidencia de percolación de salmueras.





58. 6934 (5). 12.5 x 1.25 x 10. Dentro de la halita de los ciclos halita/silvita (silvita bandeada) se observan alineaciones de inclusiones siguiendo antiguos planos de exfoliación abiertos.

59. 6934 (5). 12.5 x 2 x 40. Detalle de la microfotografía anterior, mostrando una inclusión trifásica.

60. 6934 (2). 12.5 x 1.25 x 2.5. Vestigio orgánico encontrado en la base de uno de los ciclos estacionales. El objeto en cuestión parece tratarse de un oogonio de alga, y haber quedado preservado por una envoltura anhidrítica que le ha protegido de la recristalización de la sal. Es relativamente poco frecuente este tipo de hallazgos. Capa A. Balsereny.

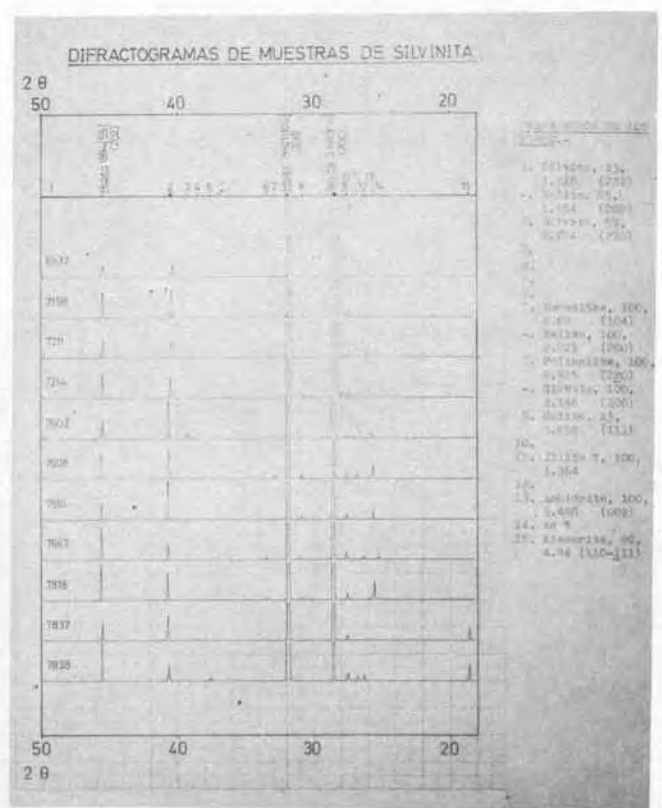
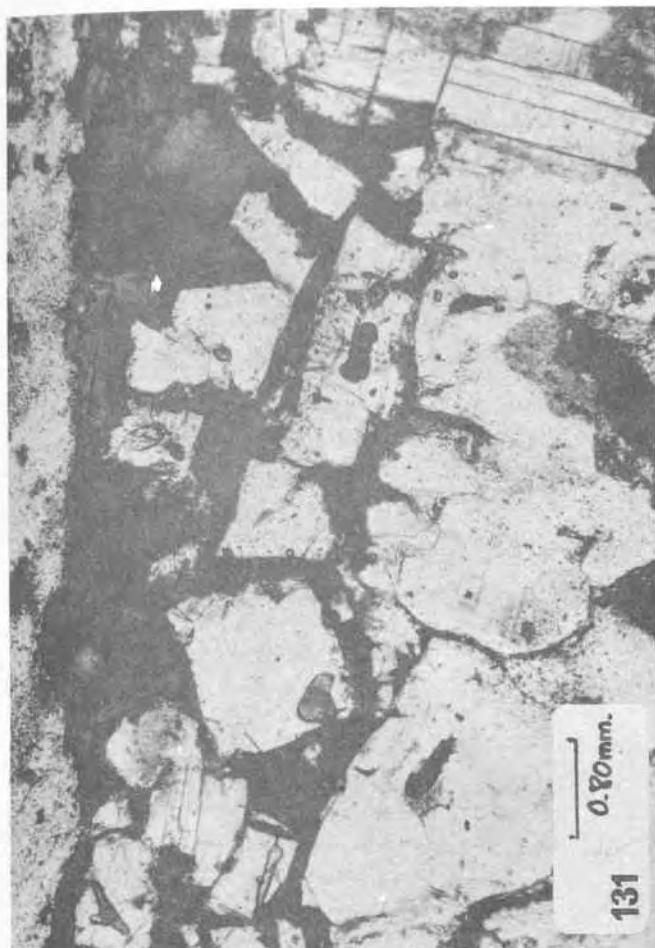
131. 7809 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Silvinita. Techo del "sillon" B. ("Drapeau"). Mina Amélie - Mulhouse.

Se observa la disposición estructural de los granos. La halita presenta cristales idiomorfos a subidiomorfos muy desarrollados (de gran tamaño si los comparamos con la halita de la h.b. débilmente recristalizada de los depósitos catalanes). Por el contrario, la silvita presenta un tamaño de grano extraordinariamente fino.

132. 7809 (1). Id. "Hopper crystals" en silvinita. La textura de la roca tiende más al idiomorfismo que en las sales de Cataluña.
133. 7820 (1). 12.1 x 1.25 x 1. Coord: 17 x 69. Silvinita. Detalle textural. Salzdettfurth (S. Hannover). Q.I. sur 754 m 5.

Cuadro de difractogramas correspondientes a muestras de silvinita.

Las muestras 6932, 7198, 7211, 7214, 7602, 7608, 7610 y 7667 pertenecen a los yacimientos catalanes mientras que las 7818, 7837 y 7837 pertenecen al Zechstein alemán.



b) Silvinita homogénea por tectonización (s. "pintada"):

Se presenta en zonas fuertemente tectonizadas (ej: yacimiento de Cardona) y se caracteriza por la pérdida de las estructuras primarias a causa del distinto comportamiento mecánico entre la halita y la silvita, al ser sometidas a fuertes tensiones de tipo diapírico. En los yacimientos catalanes recibe el nombre de "silvinita pintada".

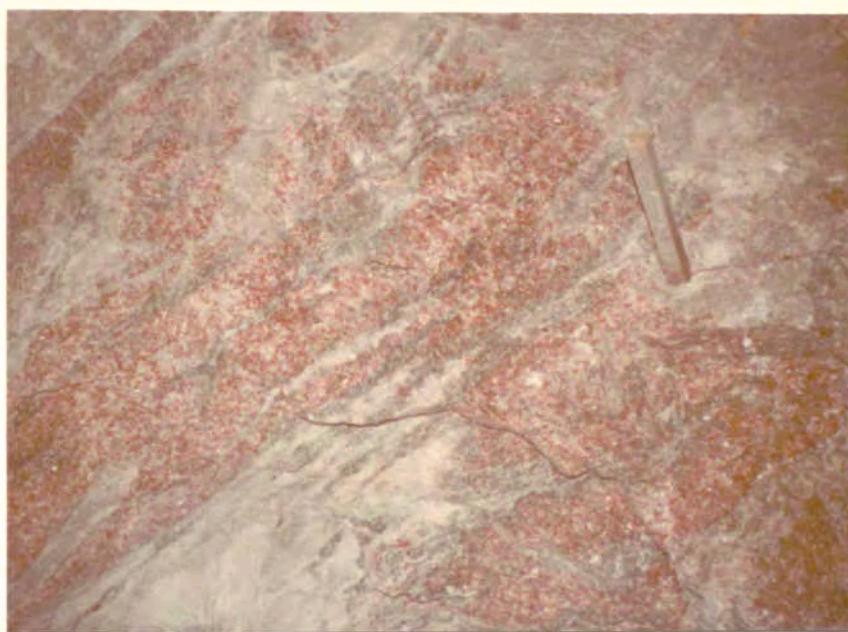
En algunos casos hemos observado como esta silvinita ha sufrido procesos de transformación a partir de carnalita (probablemente debido a metamorfismo de disolución), hecho comprobado por la presencia de laminillas hexagonales de hematites. Es sabido que estos vestigios son característicos de la carnalita por formar epitaxias ambos minerales.

Además, la presencia de la S. homogénea en zonas diapíricas con fuerte buzamiento de los estratos hace pensar en la posibilidad de que haya existido percolación, no sólo de abajo a arriba, sino también de arriba abajo producida por aguas superficiales.

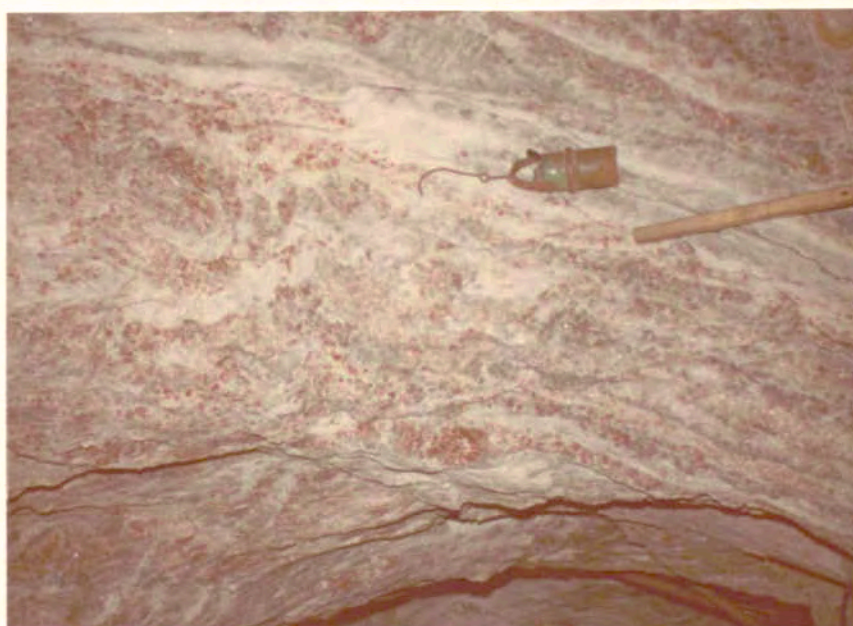
COLOR

27. Cardona. Nivel 830. Cámara 23. Junto entrada. Silvinita "pintada".
28. Cardona. Nivel 830. Cámara 20. Junto entrada. Silvinita "pintada". El buzamiento es N 335, incl. 75°.
29. Cardona. Id. a la anterior.
Detalle de la silvinita "pintada" tomada en la anterior localidad. N° 7213-7214.
Se observa como está constituida por una mezcla de fragmentos de halita y silvita. Este tipo de estructura es de origen tectónico. Hay, también evidencia de que muchos de los granos de silvita han sufrido transformación carnalita - silvita de donde se deduce que la roca original consistía en una alternancia carnalita-halita que ha sido afectada por el diapirismo (estirada y fragmentada) y por una transformación metamórfica (probablemente en presencia de salmueras). La silvita presenta tendencia al idiomorfismo.

27



28



29



c) Silvinita "transformada" a partir de carnalitita:

La principal característica de este tipo rocoso es la existencia de una serie de evidencias sobre su origen metamórfico. La principal de ellas es la presencia de inclusiones hexagonales de hematites (Stürmfels, 1943; Braitsch, 1962) hecho exclusivo, en principio, de la carnalitita granolepidoblástica. Parece ser que las inclusiones son relictas y que soportan el metamorfismo de disolución de la carnalitita siendo acumuladas posteriormente en los bordes de grano de la silvita resultante.

Presenta tonalidades rojizas más intensas lo que, con juntamente con su textura, la hace similar a la carnalitita con la que es fácil de confundir a simple vista.

Presenta una estructura de grano muy grueso, con grandes cristales idiomorfos e hialinos de silvita empastados por otra generación de silvita de color rojo intenso (debido a la hematites de la carnalitita). Se observan fragmentos de los niveles arcillosos dispersos desordenadamente en su masa, lo que hace pensar en que ha existido una pérdida total de la estructura primaria durante la disolución incongruente (metamorfismo) de la carnalitita.

La silvinita transformada puede pasar lateralmente (como se observa en el yacimiento de Suria) a muestras denominadas "sulfatadas" que presentan una composición y estructura similar a la halitita homogénea estratificada de color rojo oscuro, que procede también, como veremos a continuación del empobrecimiento de los "hartsalz" anhidríticos.

d) Silvinita anhidrítica homogénea estratificada
 ("Hartsalz" anhidrítico):

Forma determinados niveles dentro de la silvinita bandeda, cuantitativamente poco importantes, que se diferencian de la silvinita normal por su color oscuro y su mayor dureza y compacidad. A veces, debido a un comportamiento mecánico distinto de la roca encajante, se apilotona formando masas de sección elíptica a lenticular (1 a 2 m de tamaño) como hemos observado en Sallent.

Está constituido fundamentalmente por halita, cantidades variables de silvita, anhidrita y otros sulfatos (polihalita y yeso) y arcillas.

Su textura y composición oscila entre una facies de halita, silvita y anhidrita de grano fino y bordes denticulados, sin vestigio de estratificación primaria (estructura sacaroidea), y otras facies en las que abundan mucho más las arcillas intersticiales y desaparece progresivamente la silvinita, para pasar por último término a la facies de halitita homogénea recristalizada estratificada de color oscuro antes descrita.

Un hecho muy común es encontrar cristales de anhidrita muy finos, dispuestos intersticialmente entre los granos de halita y silvita de forma que parecen envolver a los mismos. Esto demuestra que la génesis de esta facies está ligada a percolación de líquidos cargados $SO_4^{=}$ y $Ca^{''}$ (aparte de otros iones) y que deben de tener su origen en los niveles inicialmente yesíferos de la base de los yacimientos (metamorfismo de disolución de Borchert).

Estos tipos rocosos deben de originarse por acción de salmueras que percolan siguiendo planos de estratificación. Braitsch (1971) describe esta facies en los yacimientos de Königshall Hindenburg y le atribuye un origen a partir de carnalita bandeada por metamorfismo de disolución, en lo que coincide con Borchert plenamente.

No obstante, Herrmann (1961) cree que esta facies puede tener un origen primario, y aplica esta hipótesis a los mencionados yacimientos en los que atribuye a la anhidrita un origen diagenético inicial.

COLOR

30. Sallent. Serie Cámara C-53. Silvinita capa A, parte superior.
El nivel oscuro, de color pardorrojizo ha sido afectado por percolación lateral de salmueras. Se ha enriquecido en arcilla y, sobre todo, en sulfatos que le confieren una dureza y compacidad superiores al resto de la sal. Se trata de un "hartsalz" anhidrítico que pasa lateralmente, por empobrecimiento, a halitita homogénea estratificada de color oscuro.
31. Sallent. Serie cámara C-53. Id. a la anterior, ligeramente desplazados horizontalmente.
Se observa el mismo nivel aunque afectado por un plegamiento incompetente. Los planos axiales son subhorizontales. Este fenómeno sólo afecta a este nivel en algunos puntos, sin perturbar prácticamente las partes superior e inferior de la serie salina, y creemos que puede ser evidencia de que en el momento de su formación ha existido una fase líquida (salmuera) causante del mismo.
32. Mina Amelie. Mulhouse (Francia).
Nivel margoso del muro de la capa superior de silvinita, con anhídrita intercalada. Los yacimientos del Alto Rhin presentan intercalaciones margoso-anhidríticas de poca potencia.
Se observan laminaciones de color en la marga (varvas estacionales) y un nivel de anhídrita (oscuro y de grano muy fino). Lateralmente, este nivel se hace mucho más grueso al pasar la parte inferior margosa a anhídrita (fragmento de la izquierda).

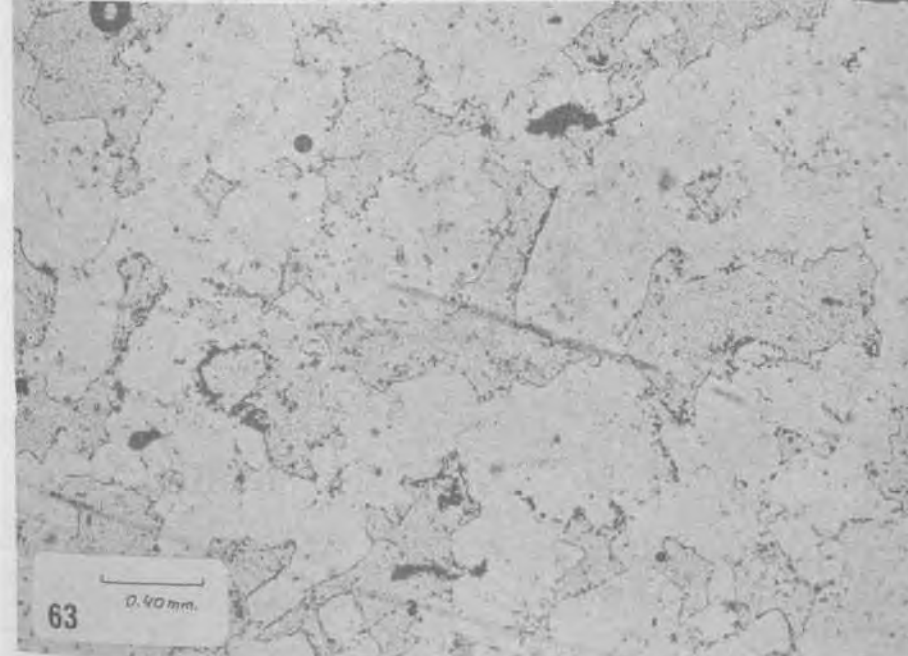
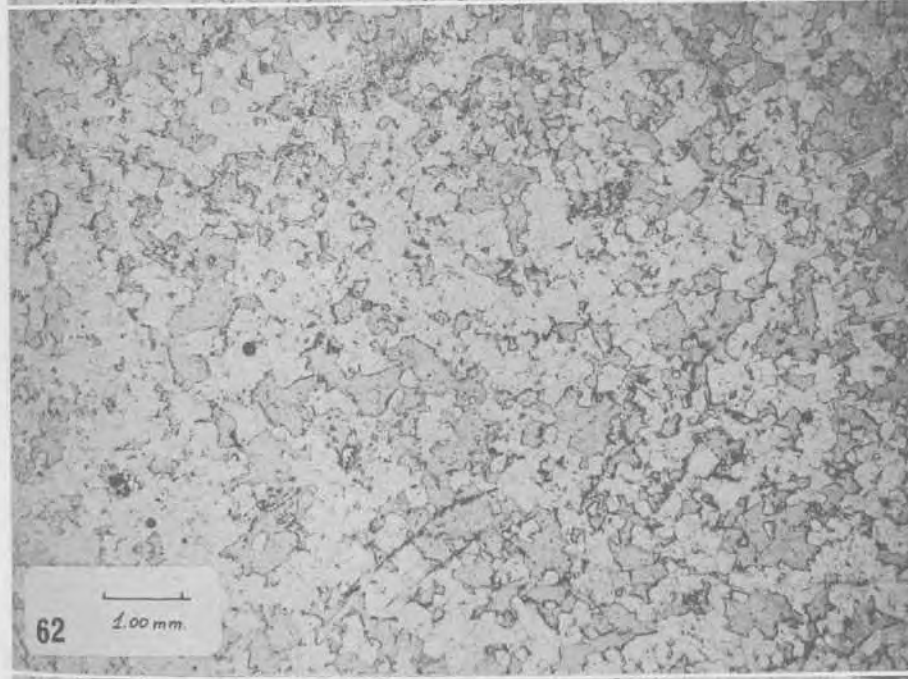
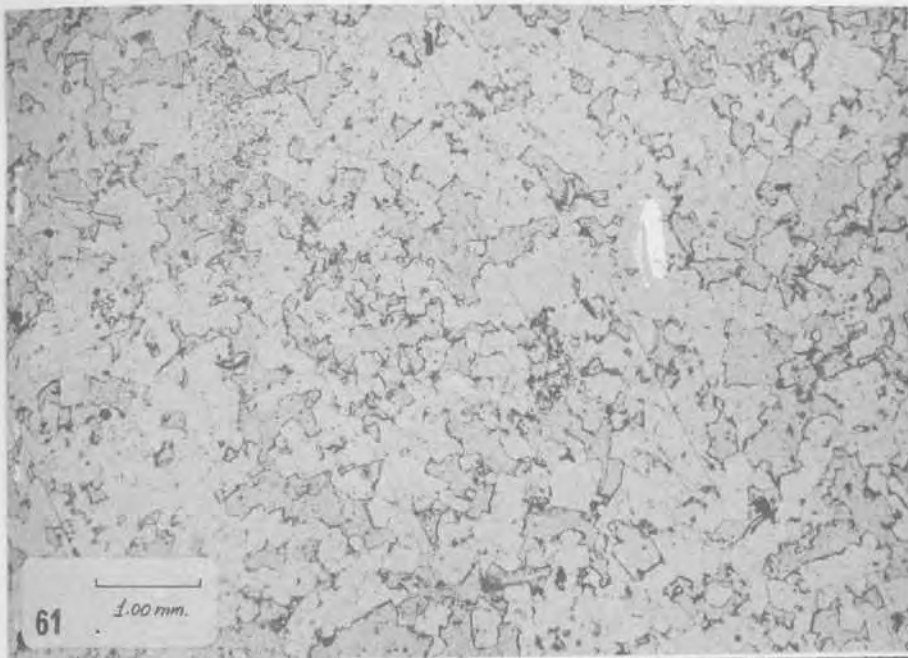
30



31



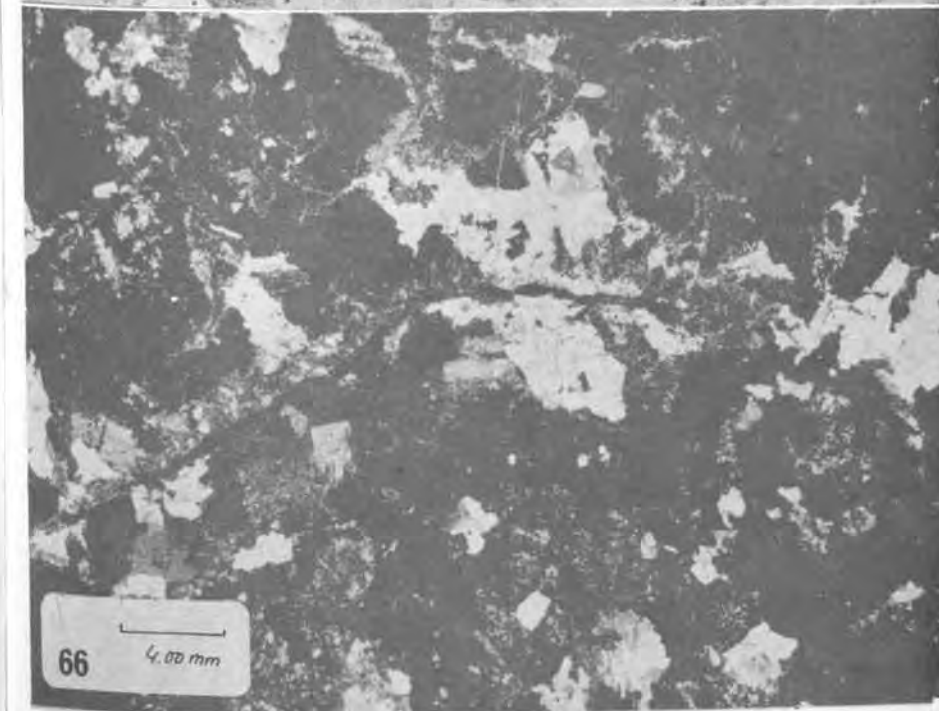
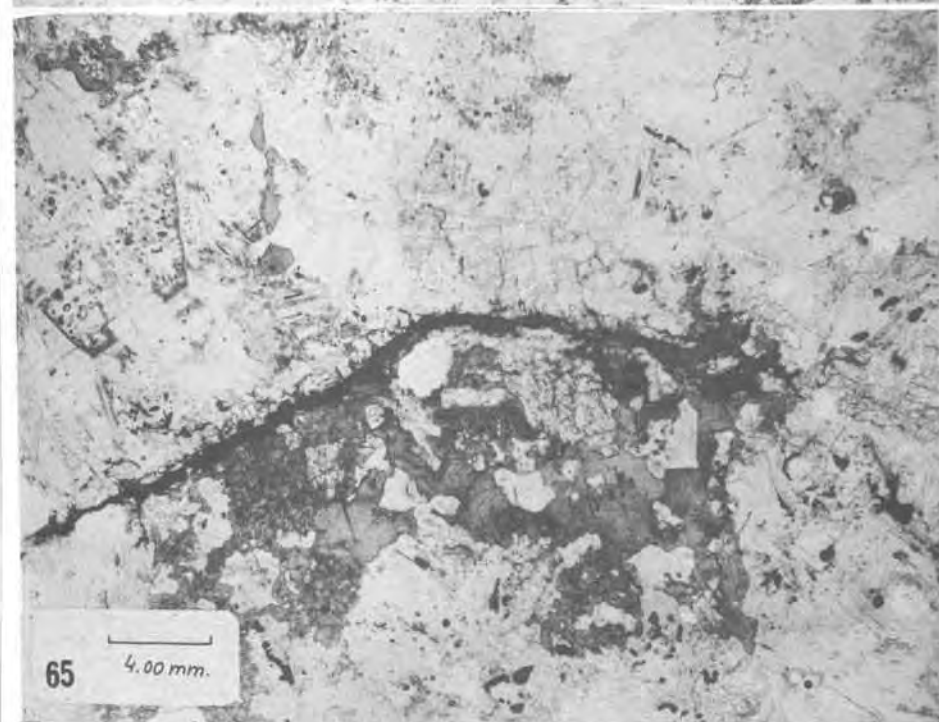
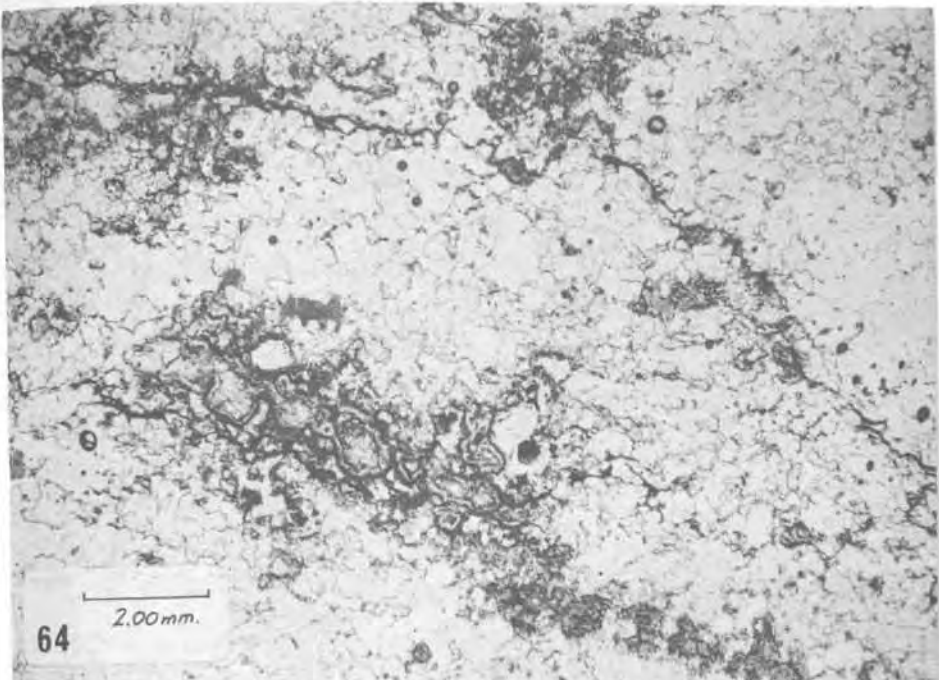
32



61. 6930 (1). 12.5 x 1.25 x 1. Coord: 16 x 64. Estructura granuda holo-
 cristalina saturada de un "hartsalz" anhidrítico originado por retro-
 metamorfismo de carnalitita. Su color es rojo oscuro y su dureza y
 compacidad supera los demás tipos de sal. El "hartsalz" mostrado in-
 dica una fase relativamente inicial del retrometamorfismo. Intercala-
 do en la capa A de silvinita. Balsareny.

62. 6930 (1).

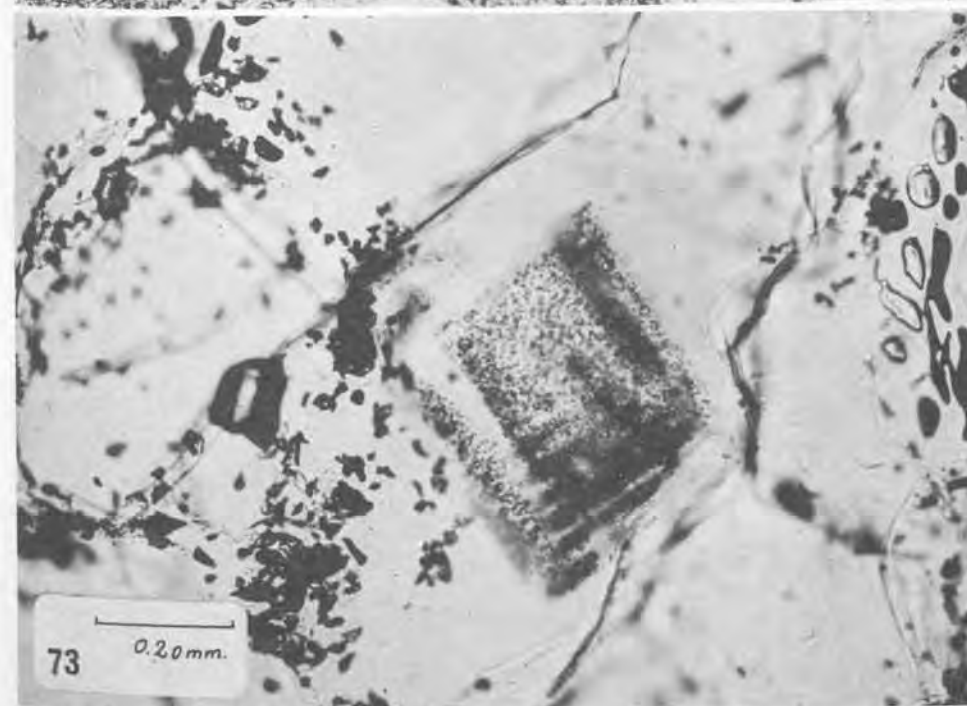
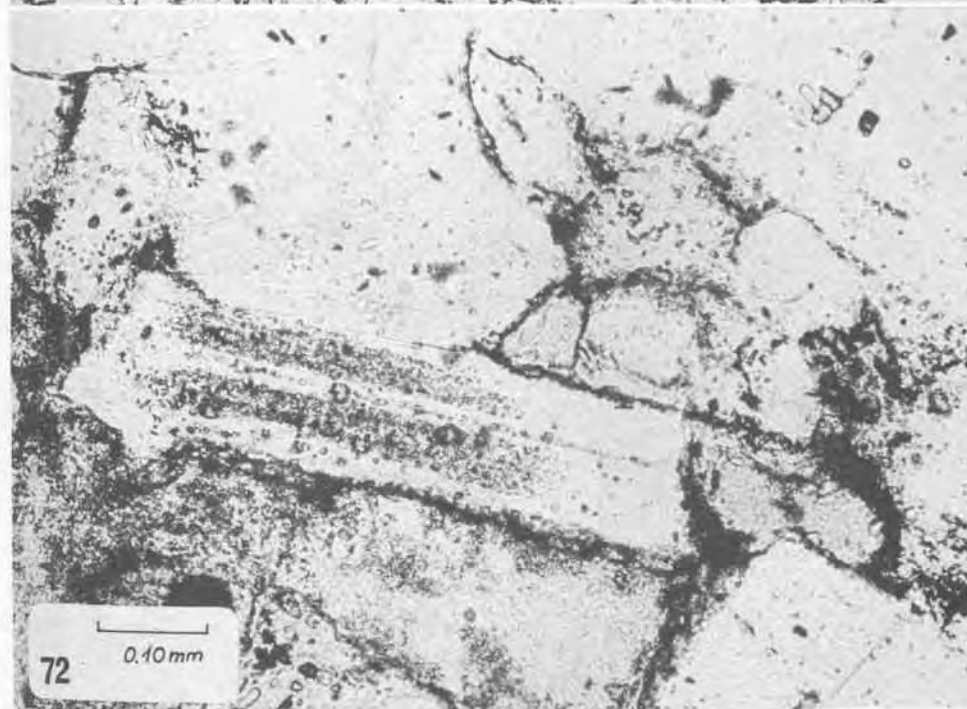
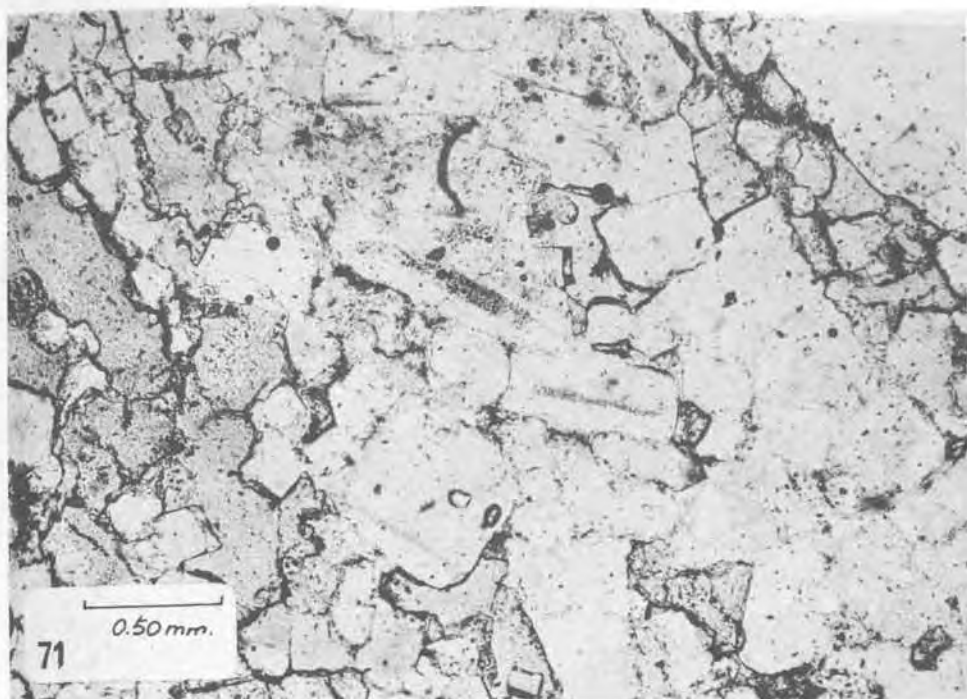
63. 6930 (1). 12.5 x 1.25 x 2.5. Coord: 12 x 66.5.



64. 6930 (4). "Hartsalz" anhidrítico en capa A, afectado por procesos más intensos de retrometamorfismo. Aparecen fisuras en las que se enriquecen los insolubles (arcillas, anhidrita y hematites). Balsereny.

65. 13610. Antiguo "hartsalz" anhidrítico totalmente empobrecido. La silvita, presente en los casos anteriores, ha sido eliminada. Nos encontramos en un estadio avanzado del retrometamorfismo. Hay abundantes fisuras en las que se enriquecen los insolubles. La halita recristaliza en presencia de la fase fluida saturada en $ClNa$ y se forman grandes cristales ricos en inclusiones bifásicos. X-5, gal. 376. Sallent.

66. 13610. NC.



71. 6930 (3). 11.5 x 1.5 x 2.5. Coord: 25 x 70. Detalles del "hartsalz" anhidrítico expuesto en las microfotos 61, 62 y 63, donde se observa la existencia de "hopper crystal" en la halita. Se trata de estructuras primarias preservadas, ya que la halita no sufre procesos de disolución importantes, dado el estado de saturación en ClNa de la salmuera percolante. Balsereny.

72. 6930 (3). 12.5 x 1.25 x 10. Coord: 24 x 61.5.

73. 6932 (1). 12.5 x 1.25 x 10.

Silvinitas.-

	% ClNa	% ClK	% SO4Ca	% SO4Mg. 2H2O	% Cl2Mg. 6H2O	µg/g			
						Br	Fe	Sr	Rb
1	49.	46.	2.22	0.53	?	1460	440	130	24.2
4	27.5	69.	0.50	0.51	-	-	100	27	13.9
79	55.	38.2	1.38	0.87	-	1027	142	46	-
80	79.	12.0	2.71	2.77	-	440	260	115	-
88↓	55.	36.0	3.29	2.87	-	826	290	107	4.7
89	79.5	14.5	3.10	2.85	-	590	185	103	7.0
90↑	61.	32.	2.95	2.77	-	900	210	120	7.7
90	92.	7.0	0.70	0.94	-	438	170	17	3.8
92	70.	21.0	5.10	3.37	-	608	450	132	10.0
94	34.	60.5	1.67	1.50	-	1356	355	115	4.3
98	73.5	20.0	1.90	3.07	-	619	435	105	8.3
99	73.	22.5	1.30	1.76	-	706	375	43	10.0
101	74.5	20.0	0.35	0.72	-	729	130	17	0.7
102	69.5	19.5	3.97	4.46	-	678	460	103	-
104						1309			
109	42.	55.	0.85	0.99	-	1276	130	39	1.5
120*	33.	56.5	0.74	2.55	-	1376	90	41	3.1
121↓	30.5	62.2	1.00	1.23	-	1410	360	41	7.1
123↑	71.	20.0	2.50	2.28	-	702	220	175	10.9
124	69.	25.0	2.25	2.30	-	598	150	170	10.0
6932	46.3	51.4	0.60	1.54	-	1276	50	28	5.0
6933	33.4	59.1	-	3.98	-	1356	565	110	9.6
6934	62.3	36.9	0.87	0.797	-	967	82	43	8.4
7198	40.7	57.0	0.66	0.395	-	994	20	63	-
7210	29.5	61.3	2.52	-	2.70	1054	85	53	46.
7211	51.1	46.6	1.27	-	3.51	866	835	32	21.4
7213	63.5	31.1	1.50	-	2.47	577	360	52	9.0
7214	61.0	32.0	3.22	-	2.94	806	630	160	10.3
7216	41.0	57.2	0.59	0.558	-	1054	22	64	1.2
7602	42.	51.5	2.02	2.17	?	1035	970	58	9.6
7604	37.0	60.0	1.30	1.11	-	1309	295	50	12.4
7605	75.	15.0	2.70	2.83	-	566	420	160	11.7
7606	33.0	62.2	0.83	1.76	-	1410	290	49	8.5
7607	47.	47.0	0.15	1.50	-	1140	450	105	4.1
7608	53.	35.0	1.83	1.99	-	1100	1065	110	17.4
7609						1383			
7610	40.	36.5	1.31	1.41	-	1160	420	115	17.9
7611	33.	61.0	0.89	0.66	-	1444	195	49	8.8
7612	50.	42.0	2.87	2.65	-	1051	690	195	-
7613	67.	25.0	2.83	3.27	-	770	770	210	5.5
7615	38.	57.	1.72	1.52	-	1141	400	135	7.7
7616	45.	51.	1.17	1.37	-	1141	160	48	4.0
7654	75.5	7.55	3.45	8.66	-	742	570	100	6.4

	%	%	%	%	%	µg/g			
	ClNa	ClK	SO4Ca	SO4Mg. 2H2O	Cl2Mg. 6H2O	Br	Fe	Sr	Rb
7655	76.	17.0	2.40	3.74	-	344	945	88	4.7
7656	52.	40.	1.66	1.58	-	1029	240	41	-
7658	45.	50.	2.31	1.83	-	1050	465	120	8.8
7659	70.	26.	2.10	1.61	-	829	480	120	12.6
7662	33.5	57.2	2.67	2.13	-	1343	164	125	4.6
7664	25.5	61.	0.75	0.89	-	1410	160	25	5.1
7667	70.	24.5	1.80	2.55	-	759	550	85	10.5
7670	49.5	38.5	1.03	2.33	-	1242	185	45	13.0
7674	56.	40.2	1.68	2.00	-	1054	275	61	-
7675	55.	38.5	1.88	1.76	-	1108	305	85	7.4
7676	64.	33.	0.74	1.91	-	825	215	50	7.6
7678	76.	20.	1.80	1.96	-	698	340	130	10.9
7679	75.5	18.0	2.65	4.21	-	725	310	135	10.1
7693	26.	67.5	1.01	1.05	-	1351	20	159	10.8
13594	34.0	62.5	1.92	1.08	-	1971	65	160	4.1
13598	12.7	87.0	0.53	0.304	-	2132	11	9	15.5
13599	68.7	28.4	0.67	1.715	-	1309	812	27	5.2
13600	42.8	43.8	3.19	7.41	-	1410	100	205	-
13619	47.0	46.0	1.71	2.98	-	1830	120	55	0.6
13620	12.2	84.	0.53	1.62	-	2390	20	21	16.
S1	30.5	65.8	0.16	1.984	-	2014	38	20	6.4
S2	51.3	37.0	2.93	5.24	-	1544	60	205	14.8

Silvinitas de otros yacimientos (Alto Rhin y Zechstein alemán).-

72	35.5	54.2	4.40	0.084	-	425	150	8.3	
7810	68.	25.	6.2	0.074	-	913	140	305	17.0
7811	52.	25.	20.	0.025	-	974	58	150	5.8
7812	63.5	26.	1.46	0.16	-	1363	55	150	21.3
7818	61.5	37.8	0.42	0.59	-	940	45	7	14.5
7837				1.14	-	1014	15	-	106.
7838	72.5	18.0	0.22	6.83	-	594	12	45	33.8

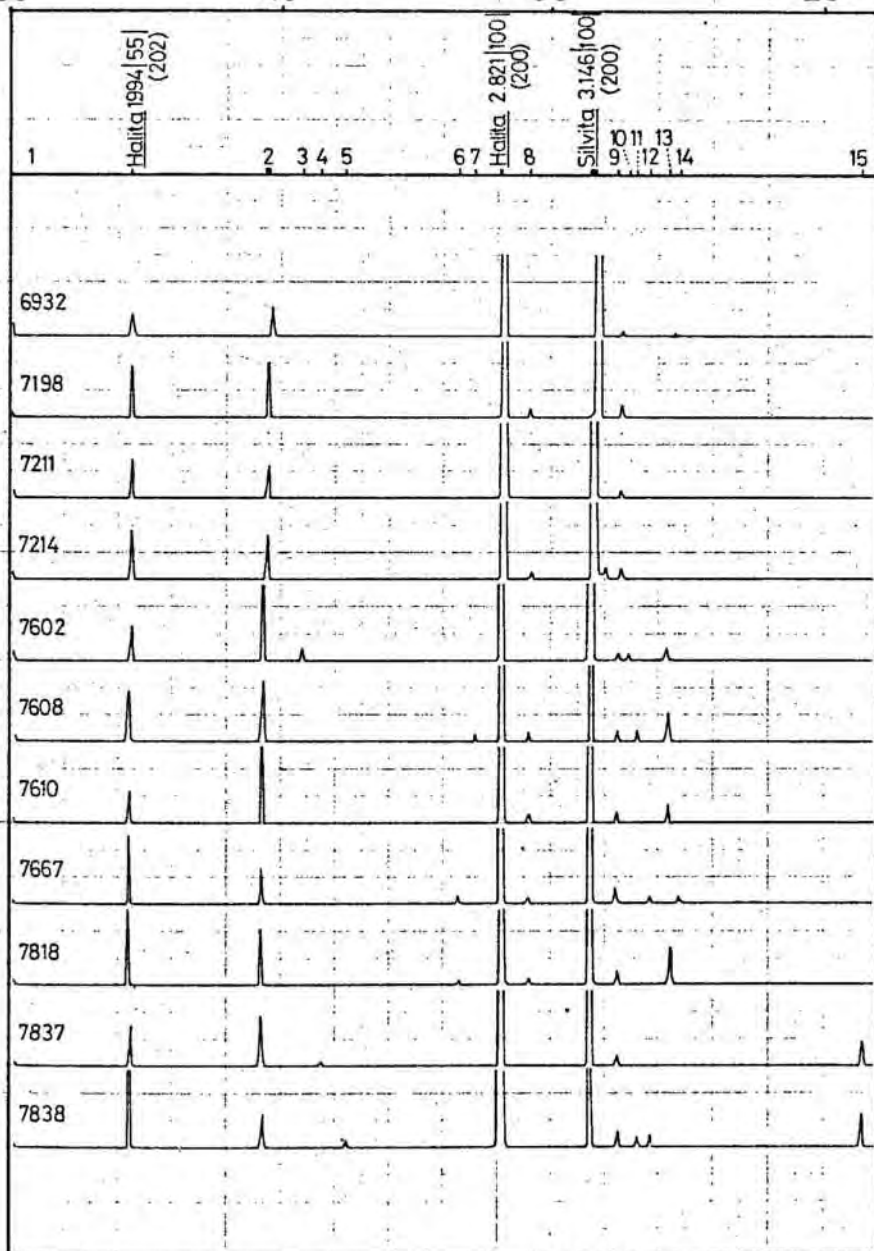
DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS DE SILVINITA

2 θ
50

40

30

20



50
2 θ

40

30

20

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS.-

1. Silvita, 23, 1.516 (202)
2. Halita, 55, 1.994 (202)
2. Silvita, 55, 2.224 (220)
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
7. Heratites, 100, 2.69 (104)
8. Halita, 100, 2.821 (200)
8. Polihelita, 100, 2.915 (220)
8. Silvita, 100, 3.146 (200)
9. Halita, 13, 3.258 (111)
- 10.
11. Illita ?, 100, 3.304
- 12.
13. Anhidrita, 100, 3.498 (002)
14. id ?
15. Kieserita, 00, 4.84 (110-111)

Cuadro de difractogramas correspondientes a muestras de silvinita.

Las muestras 6932, 7198, 7211, 7214, 7602, 7608, 7610 y 7667 pertenecen a los yacimientos catalanes mientras que las 7818, 7837 y 7838 pertenecen al Zechstein alemán.

- DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS DE SILVINITA. -

7679					ref. 768-9	
2 θ	d \AA	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
19.2	4.622	4				6.0-12
23.2	4.833	3				
24.8	3.590	4				
25.2	3.534	3			3.498-100	
26.3	3.398	4				3.406-12
27.6	3.232	15	3.258-13			
28.2	3.164	47				3.175-70
28.7	3.110	368		3.146-100		
30.7	2.9125	11				2.912-100
30.9	2.8935	14				
31.8	2.8135	1000	2.821-100			
38.5	2.3380	3				-
40.7	2.2170	27		2.224-59		
42.5	2.1270	16				
45.7	1.9850	211	1.994-55			
50.5	1.8072	6		1.816-23		
54.1	1.6950	4	1.701-2			
56.7	1.6234	20	1.628-15			
58.8	1.5704	42		1.573-8		
66.4	1.4079	53	1.410-6			
73.9		6				
75.5		20	1.261-11			

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita
25.4	3.50	22			3.498-100
27.4	3.255	8	3.258-13		
28.4	3.142	393		3.146-100	
28.9	3.089	1			Yeso?
29.4	3.033	1			"
30.8	2.903	2			Polihalita
31.8	2.818	1000	2.821-100		
40.6	2.222	17		2.224-59	
45.5	1.993		1.994-55		
50.2	1.816	4		1.816-23	
53.9	1.701	1	1.701-2		
56.5	1.629	16	1.6288-15		
58.7	1.573	12		1.573-8	

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita
25.4	3.507	9			3.498-100
27.3	3.267	24	3.258-13		
28.4	3.143	185		3.146-100	
31.7	2.8230	1000	2.821-100		
40.5	2.2275	62		2.224-59	
45.4	1.9976	123	1.994-55		
50.1	1.8206	19		1.816-23	
53.8	1.7038	5	1.701-2		
56.2	1.6366	35	1.6288-15		
58.5	1.5776	13		1.573-8	
66.4	1.4079	35	1.410-6		
73.7		9		-	
75.3		32	1.261-11		

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Polihalita
27.4	3.255	4	3.258-13		
28.4	3.143	48		3.146-100	
30.7	2.9125	3			2.912-100
31.7	2.8230	100	2.821-100		
40.5	2.2275	26		2.224-59	
45.5	1.9934	21	1.994-55		
50.3	1.8140	10		1.816-23	
53.9	1.7010	1	1.701-4		
58.7	1.5728	3		1.573-8	
66.4	1.4079	18	1.410-6		
73.7		7		-	
75.3		5	1.261-11		

2 θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita
27.4	3.255	3	3.258-13	
28.4	3.143	72		3.146-100
31.7	2.8230	100	2.821-100	
40.5	2.2275	14		2.224-59
45.5	1.993	20	1.994-55	
50.2	1.816	3		1.816-23
56.5	1.629	5	1.628-15	
58.7	1.5728	4		1.573-8
66.5	1.4060	6	1.410-6	
73.7		3		-
75.3		5	1.261-11	

7214

ref. 669-9

2 θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Polihalita
27.4	3.255	3	3.258-13		
28.0	3.186	2			3.175-70
28.4	3.143	32		3.146-100	
30.7	2.9125	3			2.912-100
31.7	2.8230	100	2.821-100		
40.5	2.2275	14		2.224-55	
45.4	1.9976	18	1.994-55		
50.2	1.816	4		1.816-23	
56.5	1.629	4	1.628-15		
58.7	1.5728	2		1.573-8	
66.4	1.4079	9	1.410-6		
73.7		3		-	
75.3		4	1.261-11		

7608

ref. 763-9

2 θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
25.7	3.467	59			3.498-100	
26.8	3.327	18	(Illita? 3.364-100)			
27.6	3.232	18	3.258-13			
28.6	3.121	1000		3.146-100		
30.8	2.903	8				2.915-100
31.8	2.813	590	2.821-100			
32.8	2.730	5	(Hematites? 2.69-100)			
40.7	2.217	128		2.224-59		
43.4	2.085	5				
45.6	1.989	107	1.994-55			
50.4	1.8106	26		1.816-23		
54.1	1.6950	5	1.701-2			
56.7	1.6234	11	1.628-15			
58.8	1.5704	49		1.573-8		
66.6	1.4042	54	1.410-6			
73.9		16		-		
75.5		13	1.261-11			

7610

ref. 762-10

2 θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
25.6	3.480	3			3.498-100	
27.6	3.232	2	3.258-13			
28.6	3.121	100		3.146-100		
30.8	2.903	1				2.912-100
31.8	2.813	69	2.821-100			
40.7	2.217	16		2.224-59		
45.6	1.989	6	1.994-55			
50.3	1.814	3		1.816-23		
56.6	1.626	2	1.628-15			
58.8	1.5704	6		1.573-8		
66.5	1.4060	7	1.410-6			
73.8		2		-		
75.4	1.2606	2	1.261-11			

7667

ref. 767-9

2 θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
25.2	3.534	8			3.498-100	
26.3	3.398	7		(Illita?)		
27.6	3.232	14	3.258-13			
28.5	3.131	165		3.146-100		
30.8	2.903	5				2.912-100
31.8	2.813	1000	2.821-100			
33.4	2.682	4				
40.7	2.217	38		2.224-59		
45.6	1.989	81	1.994-55			
50.3	1.814	9		1.816-23		
54.0	1.698	4	1.701-2			
56.6	1.626	22	1.628-15			
58.8	1.5704	7		1.573-8		
66.4	1.4079	35	1.410-6			
73.8		5		-		
75.3		30	1.261-11			

13619

ref. 234-6

2 θ	d \AA	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
25.4	3.51	10			3.498-100	
26.6	3.351	3				
27.3	3.267	7				
28.4	3.14	913		3.146-100		
30.6	2.92	9				2.912-100
31.7	2.82	1000	2.821-100			
40.4	2.232	90		2.224-59		
45.4	1.997	75	1.994-55			
50.1	1.81	19		1.816-23		
53.8	1.704	4	1.701-2			
56.4	1.632	13	1.628-15			
58.5	1.57	54		1.573-8		
66.2	1.41	41	1.410-6			

7210

ref. PhD 134-3

2 θ	d \AA	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita
25.2	3.534	D			3.498-100
27	3.303	D	3.258-13		
28	3.186	F		3.146-100	
31.5	2.840	R	2.821-100		
40.2	2.2435	R-F		2.224-59	
45.1	2.0102	R	1.994-55		
50.0	1.8240	R		1.816-23	
56.1	1.6392	D	1.628-15		
58.2	1.5850	D		1.573-8	
61.0	1.5188	R		-	
73.5		R-D		-	
75		R-D	1.261-11		
83.5		D	-		

6932

ref. 615-6

2 θ	d \AA	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita
25.4	3.507	7			3.498-100
27.2	3.279	14	3.258-13		
28.3	3.153	1000		3.146-100	
31.7	2.823	712	2.821-100		
40.8	2.2275	96		2.224-59	
45.4	1.9976	75	1.994-55		
50.1	1.8206	21		1.816-23	
56.2	1.6312	10	1.629-15		
58.5	1.5776	55		1.573-8	

7811

ref. 769-9

170

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita
23.0	3.867				
25.5	3.493	1000			3.498-100
27.4	3.255	17	3.288-13		
28.45	3.131	500		3.146-100	
31.5	2.8400	63			
31.75	2.8135	917	2.821-100		
38.7	2.3265	13			2.328-22
40.6	2.2220	90		2.224-59	
40.8	2.2120	33			2.208-20
41.35	2.1835	8			2.183-8
43.3	2.0895	7			
45.5	1.9934	183	1.994-55		
48.75	1.8678	17			1.869-15
50.3	1.8140	20		1.816-23	
52.3	1.7492	27			1.749-11
53.9	1.7010	5	1.701-2		
55.8	1.6474	7			1.648-14
56.5	1.6286	20	1.628-15		
58.7	1.5728	13		1.573-8	
66.5	1.4060	48	1.410-6		
74.3		13		-	
75.35		30	1.261-11		

7818

ref. 779-9

2θ	dÅ	Ir	Halita	Silvita	Anhidrita	Polihalita
25.6	3.480	46			3.498-100	
25.7	3.243	15	2.258-13			
28.5	3.131	475		3.146-100		
30.8	2.9030	4				2.912-100
31.8	2.8135	1000	2.821-100			
33.3	2.6900	4				
40.7	2.2170	88		2.224-59		
45.6	1.9892	108	1.994-55			
50.3	1.8140	16		1.816-23		
52.3	1.7492	4			1.749-11	
54.1	1.6950	4			-	
56.6	1.6260	14	1.628-15			
58.7	1.5728	26		1.573-8		
66.3	1.4098	75	1.410-6			
73.8		10		-		
75.4		25	1.261-11			

7837

ref. 782-9

2 θ	d \AA	Ir	Halita	Silvita	Kieserita
18.6	4.770	19			4.84-90
27.5	3.243	10	3.258-13		
28.5	3.131	1000		3.146-100	
31.8	2.8135	494	2.821-100		
38.3	2.3500	6			
40.7	2.2170	67		2.224-59	
45.5	1.9934	46	1.994-55		
50.3	1.8140	12		1.816-23	
56.6	1.6260	7	1.628-15		
58.8	1.6240	34		1.573-8	
66.5	1.4060	28	1.410-6		
73.8		10		-	
75.3		10	1.261-11		

7838

ref. 782-9

2 θ	d \AA	Ir	Halita	Silvita	Kieserita
18.6	4.770	12			4.84-90
26.3	3.398	3			3.409-100
26.8	3.327	2			3.331-90
27.6	3.232	5	3.258-13		
28.5	3.131	140		3.146-100	
31.85	2.8135	1000	2.821-100		
37.6	2.3920	1			
40.7	2.2170	13		2.224-59	
45.7	1.9850	44	1.994-55		
50.3	1.8140	2		1.816-23	
54.0	1.6980	1			
56.7	1.6234	5	1.628-15		
57.6	1.6000	1			
58.8	1.6240	7		1.573-8	
66.5	1.4060	75	1.410-6		
73.9		1		-	
75.4		9	1.261-11		