

La Serie Universitaria de la Fundación Juan March presenta resúmenes, realizados por el propio autor, de algunos estudios e investigaciones llevados a cabo por los becarios de la Fundación y aprobados por los Asesores Secretarios de los distintos Departamentos.

El texto íntegro de las Memorias correspondientes se encuentra en la Biblioteca de la Fundación (Castelló, 77. Madrid-6).

La lista completa de los trabajos aprobados se presenta, en forma de fichas, en los Cuadernos Bibliográficos que publica la Fundación Juan March.

*Los trabajos publicados en Serie Universitaria abarcan las siguientes especialidades:
Arquitectura y Urbanismo; Artes Plásticas;
Biología; Ciencias Agrarias; Ciencias Sociales;
Comunicación Social; Derecho; Economía; Filosofía;
Física; Geología; Historia; Ingeniería;
Literatura y Filología; Matemáticas; Medicina,
Farmacia y Veterinaria; Música; Química; Teología.
A ellas corresponden los colores de la cubierta.*

Edición no venal de 300 ejemplares
que se reparte gratuitamente a investigadores,
Bibliotecas y Centros especializados de toda España.

Fundación Juan March



FJM-Uni 109-Gar
Las sales sódicas calcosódicas y magn
García del Cura, María Angeles.
1031602



Biblioteca FJM

Fundación Juan March (Madrid)

SERIE UNIVERSITARIA



Fundación Juan March

M.^a Angeles García del Cura

Las sales sódicas,
calcosódicas y magnésicas
de la cuenca del Tajo

FJM
Uni-
109
Gar
109

Fundación Juan March

Serie Universitaria

109



M.^a Angeles García del Cura

Las sales sódicas,
calcosódicas y magnésicas
de la cuenca del Tajo



Fundación Juan March
Castelló, 77. Teléf. 225 44 55
Madrid - 6

Fundación Juan March (Madrid)

*Este trabajo fue realizado con una Beca de la
Convocatoria de España, 1977, individual.*

Departamento de GEOLOGIA

*Centro de trabajo: Departamento de Petrología y Geoquímica del Instituto
"Lucas Mallada" del C.S.I.C. Facultad de Ciencias. Universidad Complutense. Madrid.*

Depósito Legal: M-35007 - 1979

I.S.B.N. 84 - 7075 - 150 - 6.

Impresión : Gráficas Ibérica, Tarragona 34 - Madrid - 7

Agradecemos al Dr. F. MINGARRO MARTIN la dirección del presente trabajo y a la Dra. VIRGILI su supervisión.

Agradecemos al Dr. ORDÓÑEZ su inapreciable ayuda en especial en cuanto a la prestación de sus conocimientos respecto a la físico-química de las sales y su ayuda en los trabajos de campo y a D. HILARION GOMEZ su apoyo y consejo que han hecho posible la realización de este trabajo.

Agradecemos a los Drs. LOPEZ-AGUAYO y BRELL su ayuda en el estudio mineralógico y a T. MONTERO y J. ARROYO por la realización de la mecanografía y delimitación respectivamente de éste trabajo.

I N D I C E

	<u>Página</u>
I.— INTRODUCCION	5
II.— CARACTERES GENERALES DE LA UNIDAD SALINA	11
III.— MINERALOGENESIS DE LAS SALES SODICAS	16
a) Las sales sódicas primarias	16
b) Las fases metamorfogénicas	17
c) El problema yeso-anhidrita y thenardita-mirabilita	19
d) Modelos actuales de sales sódicas	22
e) Formaciones antiguas de sales sódicas	24
IV.— PROSPECCION, VALORACION Y EXPLOTACION DE LAS FACIES DE SALES SODICAS	27
a) Prospección	27
b) Valoración:	30
1) Sustancias de interés económico actual o potencial	30
2) Recursos sódicos identificados y estimación de los mismos	31
c) Explotación	32
V.— CONSIDERACIONES FINALES	36
VI.— BIBLIOGRAFIA	38

I.- INTRODUCCION

Las sales sódicas fueron descubiertas a la Ciencia en España y más concretamente en la Cuenca del Tajo: la glauberita fue citada por primera vez en Villarrubia de Santiago por DUMERIL (1807), cita en GALVAN (1959), siendo descrita por A. BROGNIART en 1808. Rafael de RODA, a mediados del siglo XIX citó por vez primera la --thenardita que descubrió en Espartinas la cual fue analizada por CASASECA.

En 1861 MAESTRE, cit. en VILANOVA (1875) describe la paragénesis yeso-glauberita-sal gema- thenardita como constitutiva de los materiales explotados en Villarrubia de Santiago.

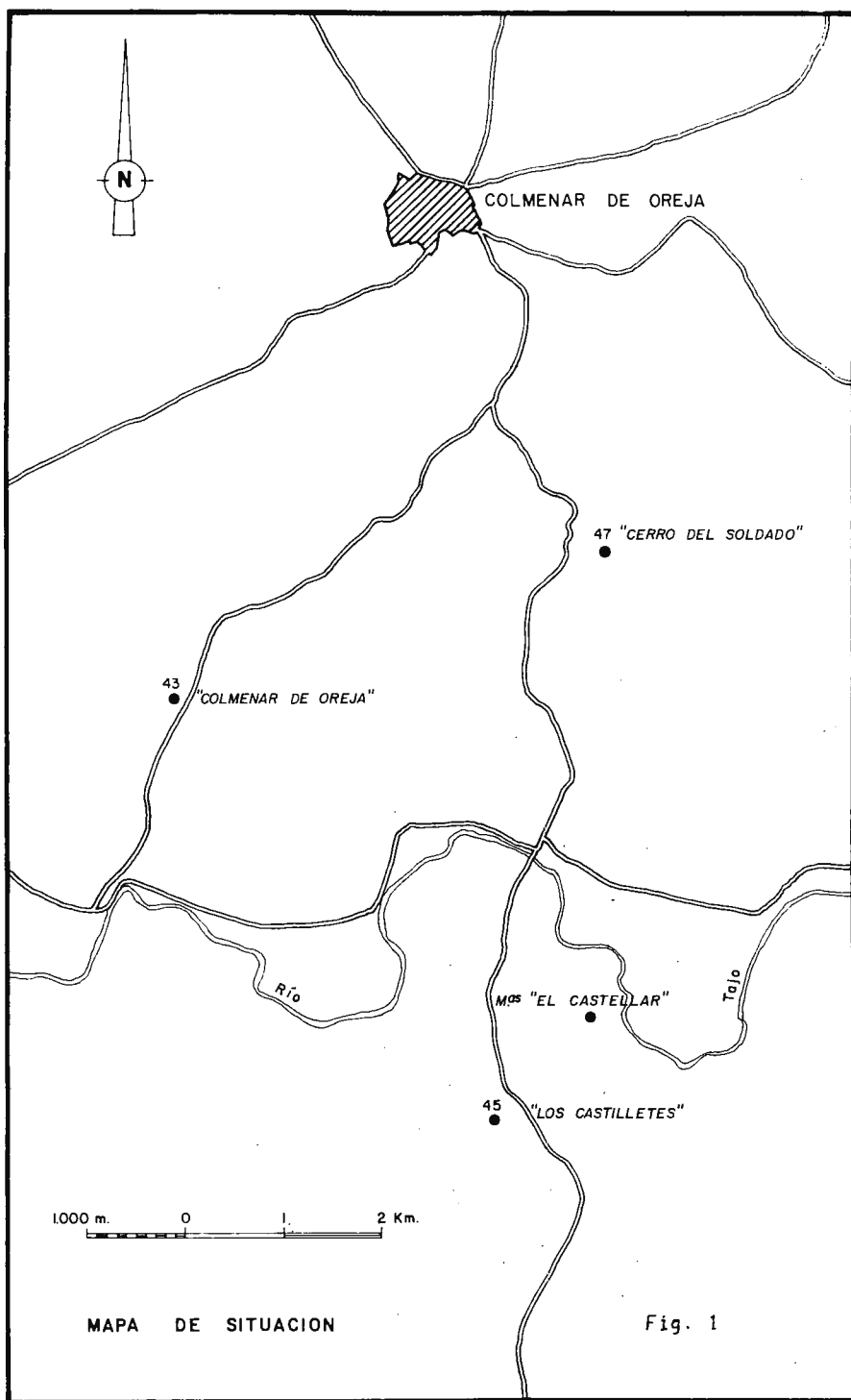
Por su significado histórico respecto al estudio de los minerales salinos s.l. de la Cuenca del Tajo cabe citar los siguientes trabajos: BROGNIART (1822); AREITO y LARRINAGA (1873); GIL y MAESTRE (1874); VILANOVA (1875); PUERTA (1904); FONTANALS (1921); PEREZ FOURNIES y MENENDEZ ORMAZA (1923).

En 1959 GALVAN en su tesis Doctoral describe las características físicas de los minerales más comunes en la serie salina de la Cuenca del Tajo.

En 1971 SAN MIGUEL y MONTOTO estudian las deformaciones en estos materiales.

La mina de Villarrubia de Santiago, que actualmente explota the nardita y glauberita, es el indicio salino más importante en la -Cuenca del Tajo. El estudio de algunos de sus frentes de explotación, así como el muestreo y análisis de los sondeos próximos, - (fig. 1), amablemente cedidos por Unión Salinera de España, S.A.: de Colmenar de Oreja (150 m), Los Castilletes (119,7 m) y El Cerro del Soldado (260,1 m), han constituido la fuente de datos principal para este trabajo.

La descripción mineralógica y petrográfica detallada de dichos



sondeos puede encontrarse respectivamente en: ORDOÑEZ, LOPEZ AGUAYO y GARCIA DEL CURA (1977); GARCIA DEL CURA et al (1978) y fig.2, y GARCIA DEL CURA, ORDOÑEZ y LOPEZ AGUAYO (1979).

Otras explotaciones de sales sódicas que han existido en la Cuenca del Tajo son la mina "Vicente" en el término de Ciempozuelos, que en 1968 produjo 50 Tm. de mineral lavado con una ley de 97% de SO_4Na_2 . Dicha mina se cerró posteriormente. H. y F. HERNANDEZ PACHECO (1926) dan en ella un espesor de glauberita de 10-12m.

La mina "Consuelo" situada en el término de San Martín de la Vega, no ha sido explotada después de 1936. No se han podido obtener datos acerca de su producción, si bien las obras de explotación, realizadas por el método de cámaras y pilares, parecen de poca envergadura. La entrada a la explotación se sitúa en la cota 540 m. A simple vista se observa un nivel de thenardita ligeramente superior a 1 m. que no aparece en los sondeos próximos. En la entrada de la explotación junto con glauberita yesificada en diferentes grados y la citada thenardita se han identificado por difracción de rayos X bloedita y en cantidades menores cuarzo, calcita y yeso.

Sondeos realizados en esta zona, a ambos lados del río Jarama, han mostrado que la Unidad Salina está aquí notablemente lavada, posiblemente debido a la presencia de un valle de la magnitud del que presenta el río Jarama, sin olvidar el efecto de las fallas que en esta zona existen. Así los niveles de sulfato sódico, aparecen siempre hidratados. Se encontraron niveles menores de un metro sin continuidad lateral entre las cotas 485 m. y 550 m. de sulfato sódico hidratado, y hacia la cota 510, en la zona de la mina y de Valromeroso un nivel de yeso con sales sódicas hidratadas del que se han observado potencias de 3 a 6,1 m. Los indicios de halita y glauberita han sido numericamente similares, si bien se han encontrado niveles con potencias mayores, pero en los que la anhidrita y/o el yeso y los carbonatos eran constituyentes cuantitativamente importantes. El punto más alto en el que se han encontrado indicios de sulfato se sitúa entre las cotas 575-578m

SONDEO DE
"LOS CASTILLETES"

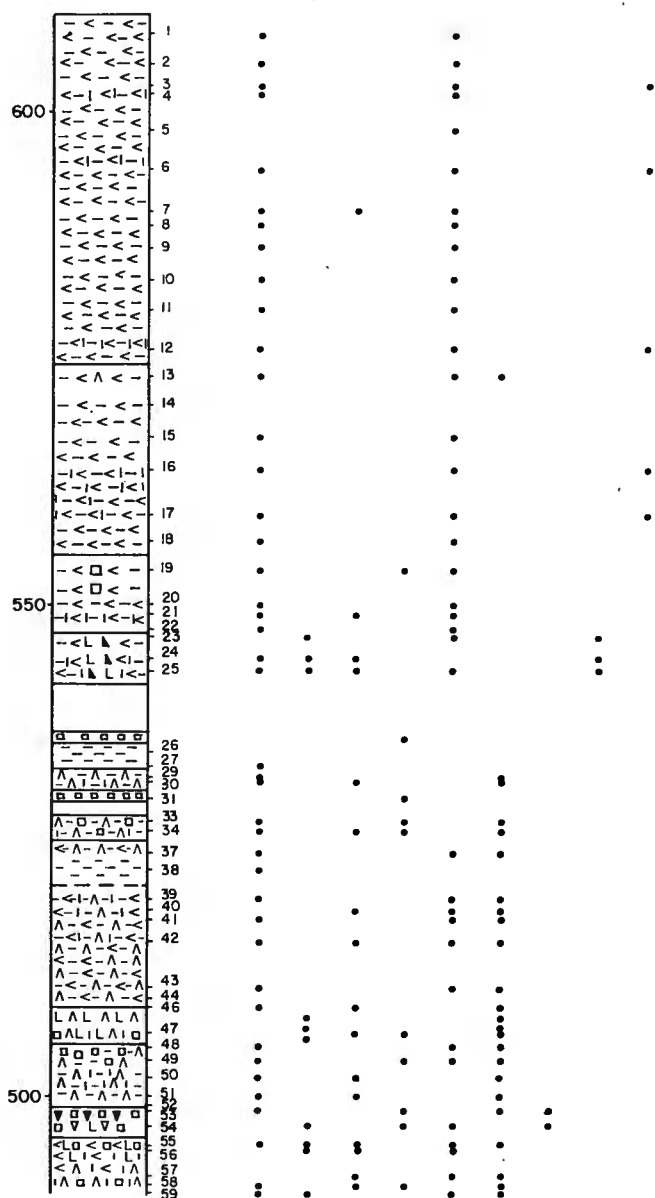


Fig. 2

^ ANHIDRITA. L GLAUBERITA. I CARBONATOS. < YESO. □ HALITA.
- MINERALES DE ARCILLA Y/O MINERALES DETRITICOS.
▼ POLIHALITA. ▲ THENARDITA.

y se encuentra en la zona estricta de la mina que según nuestras observaciones fotogeológicas se corresponde con un bloque tectónico que según todos los indicios parece estar levantado, contribuyendo así a la hipergenización de la mineralización.

Otro punto de explotación de las sales sódicas en la Cuenca del Tajo es Espartinas, donde se explotan a partir de las aguas de lixiviación que disuelven los minerales sulfatados. En invierno a partir de dichas aguas se precipita sulfato sódico, mientras que en verano se obtiene, por evaporación, cloruro sódico.

Por el mismo sistema se obtiene actualmente sulfato sódico en las Salinas de Carcaballana (Villamanrique de Tajo).

Otras salinas o surgencias de agua con alto contenido en iones, que a veces han sido explotados, incluso para aguas mineromedicinales son las de Valdilecha, Carabaña, Belmonte del Tajo y Loeches.

Además de las citadas explotaciones son también indicios de sales sódicas en la Cuenca del Tajo las eflorescencias saladas que en época seca aparecen en San Martín de la Vega y en Tielmes, cuya composición fundamental suele ser mirabilita junto con blöedita y halita e indicios de yeso, si bien en Tielmes hemos identificado en dichas eflorescencias yeso, epsomita y löweita.

En cuanto a la relación de los materiales salinos de interés económico con el resto de los materiales que constituyen el relieve de edad terciaria de la Cuenca del Tajo, basándonos en datos bibliográficos y nuestras observaciones personales de campo se ha realizado para el presente trabajo el siguiente "Ensayo de Columna Litoestratigráfica de la Zona Central de la Cuenca del Tajo" (fig. 3).

ENSAYO DE COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA DE LA ZONA CENTRAL DE LA CUENCA DEL TAJO.-

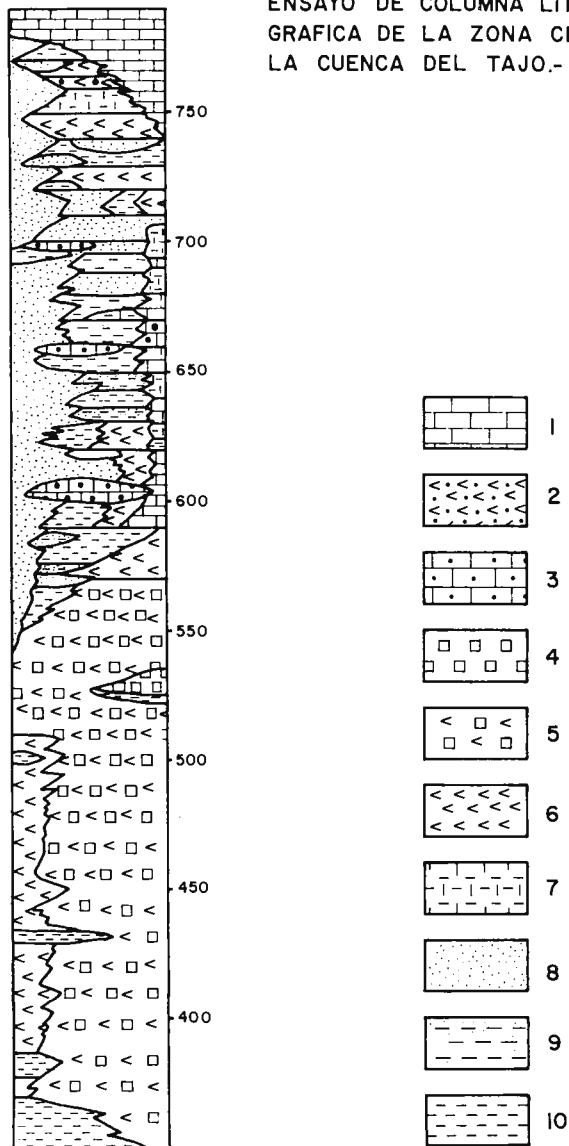


Fig.3

- | | |
|---|--|
| 1.- Calizas | 6.- Sulfato cálcico y margas con sulfato cálcico |
| 2.- Yeso silificado | 7.- Margas |
| 3.- Calizas y/o dolomitas silificadas | 8.- Samitas con algún nivel conglomerático |
| 4.- Sales (glauberita, thenardita, halita) | 9.- Samitas aleuríticas |
| 5.- Sulfato cálcico y/o margas con sulfato cálcico con otras sales (glauberita, thenardita, halita, polihalita, magnesita,....) | 10.- Lutitas |

II.- CARACTERES GENERALES DE LA UNIDAD SALINA

La Unidad Salina presenta una composición original rítmica, en la que la magnesita, unas veces con detríticos y otras sin ellos constituye una de las unidades de dichos ritmos.

Los ritmos: magnesita (o margas magnesíticas) - anhidrita, - son los más abundantes en la Unidad Salina; si bien aparecen calcitizados y yesificados en la cobertera hipergénica, existiendo - también algunos niveles de yesificación secundaria (yeso pseudomórfico de anhidrita) en el interior de la Unidad Salina. A veces la unidad magnesítica s.s. es sustituida por anhidrita con cantidades variables de magnesita presentando entonces un mayor tamaño - de cristal y a veces diferente hábito cristalino.

Las unidades anhidriticas, pueden presentar cantidades variables de glauberita y/o halita, llegando en algunos ritmos a estar totalmente sustituida la unidad anhidritica por glauberita en -- unos casos y por halita en otros. Otras veces la unidad anhidritica da paso a estas unidades salinas.

En las unidades thenardíticas el episodio sulfatado (thenardita o thenardita más glauberita) aumenta sensiblemente de potencia, restringiendose muchas veces el episodio magnesítico, al tiempo - que suele aparecer geométricamente alterado por procesos de blastesis de dichas sales.

A profundidades mayores de la cota actual de 500 m. encontramos niveles de polihalita que unas veces se diferencian por la - cantidad de magnesita que contienen y otras por la cantidad de halita, llegando a presentarse ritmos polihalita - polihalita + halita. Estos niveles alternan con niveles de anhidrita y niveles - de glauberita.

Todos estos tipos de ritmos citados se ven interferidos por la movilización de sales, preferentemente glauberita y, con menor importancia cuantitativa, thenardita y posiblemente polihalita que

aparecen en algunos niveles como fase cementante.

La identificación de estos niveles se han hecho preferentemente mediante el microscopio petrográfico, ya que a simple vista es muy difícil separar y diferenciar las diferentes litologías de una muestra de sondeo, para permitir su aislamiento y estudio por difracción de rayos X se obtiene una composición mineralógica global que para unificar datos es la que aparece en la figura, 3 -- Estos datos composicionales pueden darnos idea de ciclos a la meso escala, mientras que al microscopio observamos las unidades petro-mineralógicas s.s.

La figura 4 muestra un análisis cluster de la mineralogía - del sondeo 47. El gráfico está construido a partir de una matriz - de asociación de los diferentes minerales excluida la cobertera hi pergénica, tomando los coeficientes de asociación máximos. Los fac tores biunívocos de asociación aparecen en la tabla, donde en orde nadas se han puesto las muestras que contienen el mineral citado y en abscisas el coeficiente de asociación con los minerales acompa ñantes.

Se ve en el cluster como la polihalita está asociada con la halita mediante un factor de 0,6 por uno y el conjunto de ambos con la gluaberita con un factor de 0,4 por uno.

Si se observa la tabla se ve como los coeficientes de asociación mayores corresponden a los coeficientes biunívocos de los detríticos con magnesita (simétricos) y con anhidrita lo que corresponde con los ritmos mayoritariamente observados al microscopio. La co rrelación yeso-anhidrita es también muy elevada. Los altos coefi-- cientes de asociación de la magnesita con todos los minerales re-- flejan el caracter ubiquisto de este carbonato en la Unidad Salina.

Según las características texturales y estructurales de los diferentes minerales observadas en la Unidad Salina se pueden hacer las siguientes afirmaciones:

	Detríticos	Glauberita	Magnesita	Halita	Yeso	Anhidrita	Polihalita
Detríticos	1	0,26	0,82	0,30	0,52	0,91	0
Glauberita	0,26	1	0,73	0,60	0,56	0,69	0
Magnesita	0,31	0,28	1	0,5	0,45	0,88	0,05
Halita	0,16	0,32	0,69	1	0,32	0,74	0,09
Yeso	0,35	0,38	0,79	0,41	1	0,82	0,02
Anhidrita	0,32	0,25	0,82	0,50	0,43	1	0,04
Polihalita	0	0	0,5	0,66	0,16	0,5	1

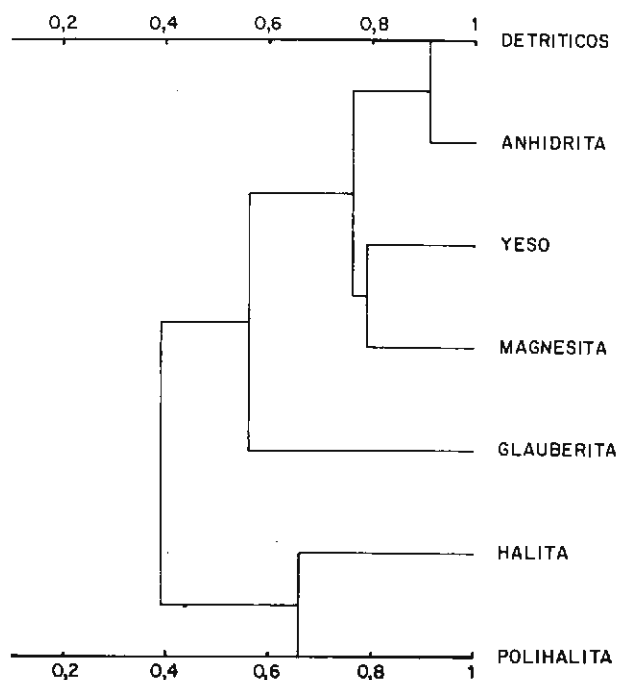


Fig. 4

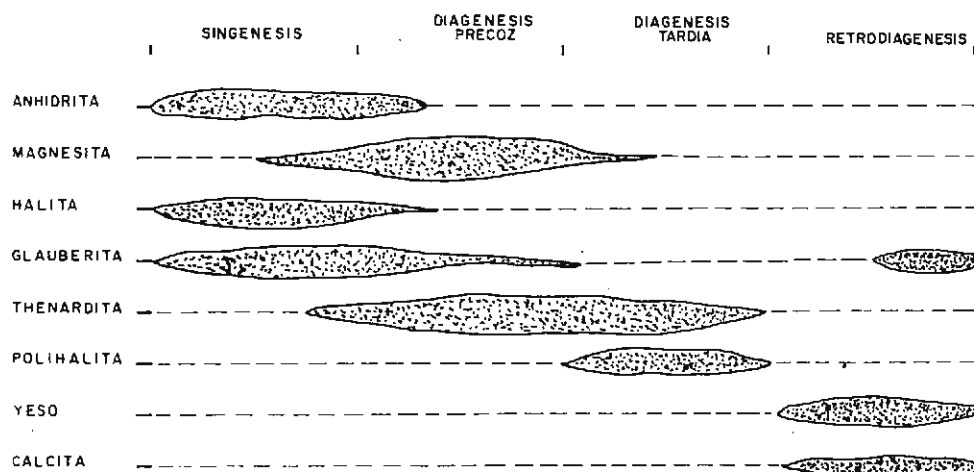


Fig. 5

La anhidrita presenta texturas y estructuras características de etapa singenética y diagenética precoz. En algunos casos, cuando aparece asociada a magnesita, presenta texturas que pueden -- considerarse metamórficas.

El yeso presenta texturas típicamente hipergénicas: pseudomorfismo de anhidrita, reemplazamiento de otros minerales como halita y texturas porfidotópicas y poiquilotópicas.

Magnesita presenta una textura que apenas denota recristalización, a este respecto hay que tener en cuenta que es la fase menos lavil del sistema. Su estructura es primaria salvo cuando se ve afectada por procesos de blastesis de sales, lo que ocurre frecuentemente en las facies thenardítico-glauberíticas o por procesos de plegamiento asociados a fenómenos internos de la Unidad Salina que originan varias "tectofacies" neísica, migmatítica,...

La glauberita presenta texturas que pueden considerarse singenéticas (cristales lenticulares orientados,...). Si bien también presenta texturas correspondientes a fase cementante (que pueden considerarse retrodiagenéticas) y de alteración metamórfica -- (presencia de cristales esqueléticos por disolución). También hemos observado en ella estructuras metamórficas como cristales idiomorfos porfídicos sin impurezas en el seno de facies poliherálticas.

La thenardita presenta generalmente texturas de recristalización y cementación, la textura más frecuente es la de mosaicos anhedrales macrocristalinos. No obstante en alguna muestra hemos encontrado indicios de estructura en peine (cristales idiomorfos alineados). El predominio de texturas de recristalización es un argumento a favor de la existencia de una fase mineral precursora de la thenardita, que es la que tendría texturas y estructuras primarias.

La halita presenta texturas primarias y otras, correspondientes

a fase cementante, coexistiendo. Su estudio petrográfico debido a su solubilidad y dureza presenta ciertas dificultades.

- .- La polihalita por su textura puede considerarse una fase secundaria formada a partir de una fase precursora que se encontraría difundida en el seno de magnesita.

De estos datos puede deducirse la siguiente hipótesis mineralogénica (fig. 5) que a grandes rasgos coincide con la expuesta por ORDÓÑEZ, LOPEZ AGUAYO y GARCIA DEL CURA para el yacimiento de Villarrubia de Santiago.

III.- MINERALOGENESIS DE LAS SALES SODICAS

La mejor manera de abordar el estudio de un sedimento químico - es mediante diagramas de equilibrio de fases, deduciendo a partir de ellos las secuencias genéticas teóricas, así como la posible - evolución durante el enterramiento, a medida que las condiciones - postsingenéticas van variando.

III.a.- Las sales sódicas primarias.

En el diagrama $\text{SO}_4\text{Na}_2\text{-SO}_4\text{Mg-Cl}_2\text{Na}_2\text{-Cl}_2\text{Mg}$ se pueden representar todas las fases sódicas salinas reconocidas en la Cuenca del Tajo, a excepción de la glauberita y la magnesita. La magnesita no aparece representada como consecuencia de considerarse que precipita antes de llegar el medio a saturarse en halita y por lo tanto carece de sentido que aparezca en dicho diagrama como fase estable primaria. La glauberita tiene una problemática más compleja, ya que en agua dulce se cumple que al ponerse en solución la glauberita, precipita directamente yeso y el sulfato sódico pasa a solución (disolución incongruente de la glauberita).

Las sales primarias, de acuerdo con el esquema citado serán mirabilita, thenardita, halita, blöedita y sales del grupo de los -- sulfatos magnésicos, en el punto eutónico bischofita. fig. 6.

La ausencia de sales magnésicas s.s. en la zona estudiada, y la rareza de las sales sódicas magnésicas (blöedita) nos lleva a pensar que en ningún momento se alcanza el eutónico, y la secuencia -- teórica de halita-sales sódicas induce a pensar en aguas cuya compo -- sición cae en el campo de la halita, relación SO_4^{2-} (excluido el com -- binable con yeso) / SO_4^{2-} (excluido el combinable con yeso) + $2Cl^-$

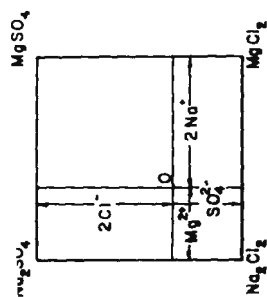
$< 0,2$. El problema de la ausencia de blöedita podría explicarse bien porque no se alcance la saturación en este mineral o bien por -- que al ser los sistemas naturales abiertos, la salmuera sufre trans -- formaciones que impiden la formación de este mineral salvo en oca -- siones muy concretas.

Las fases presentes también indican que la relación entre Mg^{2+} / $2Na^+ + Mg^{2+}$ siempre es menor de 0,8 y con valores posiblemente del orden de 0,2.

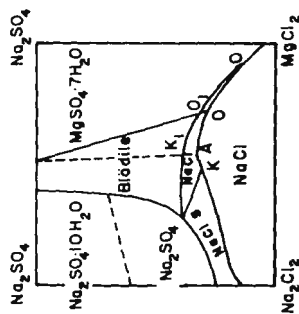
III.b.- Las fases metamorfogénicas

Estas fases, generadas al reaccionar las fases primarias con la salmuera modificada, ponen de manifiesto la diferencia existente -- entre los sistemas naturales abiertos y los sistemas experimenta -- les cerrados. Mientras una salmuera se concentra, la composición -- de las fases líquidas residuales va cambiando como consecuencia -- del aporte de las aguas continentales con una composición sensibl -- e mente diferente a la de las salmueras. Las aguas continentales son muy ricas en $(HCO_3)_2Ca^0$, mientras que en la salmuera el catión Ca^{2+} practicamente se elimina como fase en solución en las primeras eta -- pas de formación de evaporitos.

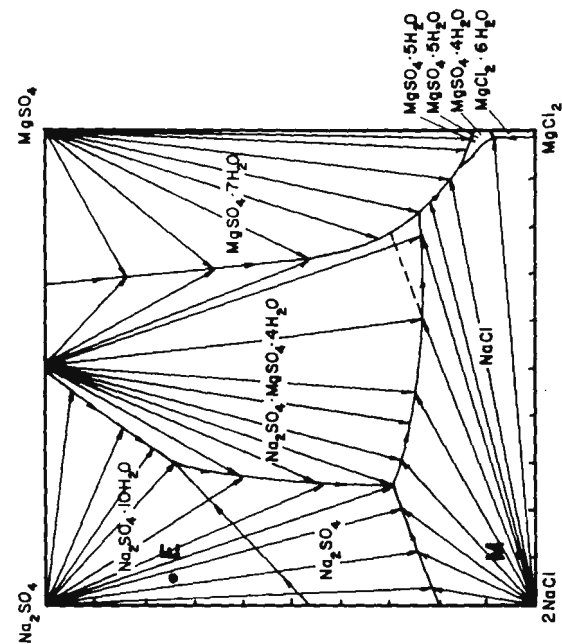
Cabe pensar de acuerdo con STRAKHOV (1970) en que se haya produ -- cido una continentalización de la salmuera y pudiera muy bien dar --



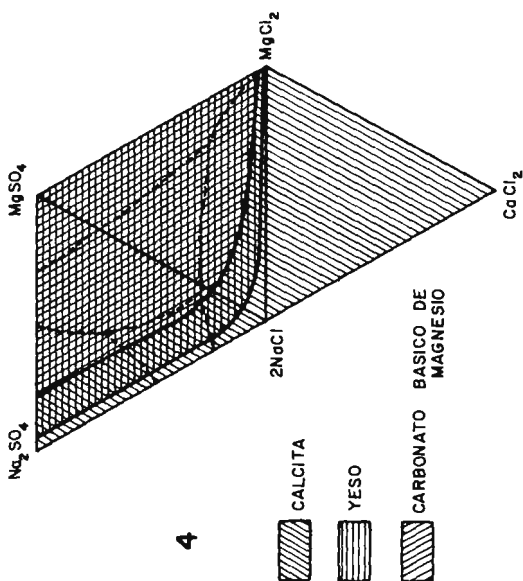
1



3



2



4

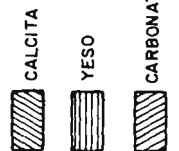
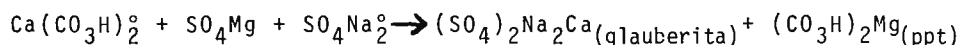


Fig. 6

se:



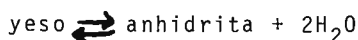
En el supuesto anterior la glauberita y los carbonatos magnésicos hidratados, precursores estos últimos de la magnesita, podrían formarse a partir de la salmuera, única y exclusivamente por el aporte de aguas continentales ricas en bicarbonatos. La escasez de bløedita podría justificarse por el empobrecimiento relativo en la salmuera del catión magnesio por efecto de la precipitación de los carbonatos magnésicos hidratados. La presencia de polihalita cabe atribuirle a procesos postsedimentarios.

BORCHERT (1965) señala que en metamorfismo progresivo los niveles de halita-bløedita, pasan por una transformación a thenardita hacia los 20°C, que en presencia de líquidos intersticiales podría dar lugar a vanthofita (55°C) y thenardita; la desaparición de ésta llevaría consigo la formación de loweita a temperaturas aún menores y por un proceso de desecación interna podrían generarse sales potásicas, del tipo de la kainita, o posiblemente polihalita (?). Según esta teoría durante los procesos de enterramiento la halita-bløedita-glauberita serían las fases primarias; durante el enterramiento se generaría la thenardita (fase cementante), en zonas más profundas podría alcanzarse la estabilidad de la polihalita.

III. c.- El problema yeso-anhidrita y thenardita-mirabilita.

Los sulfatos cálcicos presentes en las columnas litoestratigráficas evaporíticas estudiadas consisten en yeso, anhidrita o yeso-anhidrita.

Desde hace muchos años se viene considerando la posibilidad de precipitación directa de anhidrita, es decir, la existencia de anhidrita como sedimento primario, y efectivamente el sistema:



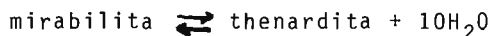
presenta unos valores de la $K = 10^{-0,21}$, lo que implica que en medios de $a_{\text{H}_2\text{O}} = 1$, la fase estable es el yeso, a temperatura de 25°C , ahora bien los medios más concentrados se alejan bastante - de estos valores, así en medios marinos la actividad del agua $a_{\text{H}_2\text{O}} = 0,96$, y en un salmuera de origen marino, en el punto de saturación en halita la $a_{\text{H}_2\text{O}} = 0,74$. La ecuación:

$$\frac{1}{a_{\text{H}_2\text{O}}^2} = 10^{-0,21}, \text{ permite fijar que la actividad del agua es } 0,77$$

en el equilibrio yeso-anhidrita, es decir que en la salmuera saturada en halita la fase primaria estable es la anhidrita.

La presencia de halita a lo largo de toda la columna es un dato a favor de la hipótesis de que la anhidrita sea el sulfato cálcico primario.

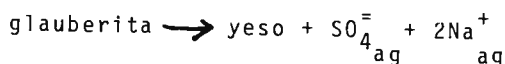
Ahora bien el sistema mirabilita-thenardita da para la transformación



una constante de equilibrio de $10^{-0,63}$, siendo por tanto en el - equilibrio la actividad del agua 0,86, como hemos visto anterior-mente que el agua estaría saturada en halita pudiendo suponerse - una actividad del agua de 0,74, menor que la de 0,86 se puede suponer razonablemente que la fase estable primaria sería thenardita, a 25°C que corresponde a este sistema. Variaciones en la temperatura afectan intensamente a los diagramas de equilibrio. No debemos olvidar que la solubilidad de la thenardita disminuye a temperaturas bajas siendo entonces la thenardita el mineral primario (a temperaturas próximas a 0°C), mientras que a temperaturas intermedias lo es la mirabilita.

En las condiciones físico-químicas que estamos analizando las fases estables serían las anhidras y por lo tanto no cabe esperar cambios durante los procesos de enterramiento, salvo en el carbonato magnésico hidratado que puede sufrir procesos de deshidratación.

La glauberita no puede ser estudiada bajo este punto de vista, pues no se conocen los valores de la energía libre de este mineral. Lo que sí es seguro que en agua meteóricas (dulces):



Lo que implica que sólo bajo condiciones de alta salinidad podría producirse una precipitación primaria de glauberita.

El diagrama de $\text{SO}_4\text{Ca}-\text{SO}_4\text{Na}_2-\text{ClNa}-\text{H}_2\text{O}$ a 25°C y 1 atm. realizado -- por EUGSTER & HARDIE (1978) según datos experimentales de D'ANS (fig. 7) aporta datos interesantes para la interpretación de la

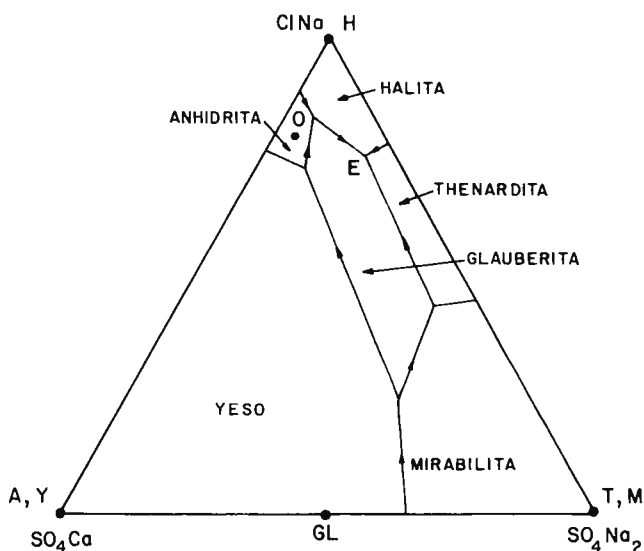


Fig. 7

paragénesis que nos ocupa. Suponiendo que la anhidrita fuera el sedimento primario, la evolución de la composición de la salmuera la podríamos representar desde O hasta E, y las fases primarias serían anhidrita, anhidrita-halita, halita-glauberita, halita-glauberita thenardita. En los medios naturales la secuencia puede darse con -

caracter zonado desde la zona más diluida (áreas playeras y some--
ras con anhidrita, y anhidrita-halita), hasta las zonas más concen--
tradas (asociadas a la zona de alimentación (?)). Los carbonatos -
magnésicos hidratados, se generarán como fase carbonatada coexis--
tiendo con las otras fases.

La circulación de aguas meteóricas de actividad de agua de or--
den de 1, durante la etapa infiltracional, va a ser un factor básic--
o en la evolución de las fases minerales hasta la situación en -
que se encuentran actualmente. La presencia ya citada de yeso en
las decenas de metros más próximos a la superficie, acompañado de
una disolución total o parcial de las sales sódicas, se explicaría
por dicho motivo.

Más difícil de explicar es la presencia de yeso que aparece en
los niveles más ricos en sal, donde la fase de sulfato cálcico más
abundante es la anhidrita. La reacción glauberita $\rightarrow$ yeso + $\text{SO}_4^{=}$ +
+ 2Na^+ ocurre casi espontáneamente, por lo cual parte del yeso pue--
de deberse a un proceso de yesificación de la glauberita, e inclu--
so a que los niveles más permeables a las aguas infiltracionales
sean los que contienen más sales solubles y por lo tanto tengan --
una mayor facilidad de circulación por estas zonas.

La transformación de thenardita a mirabilita es también espontá--
nea y se observa en frentes de explotación, afloramientos,.. aun--
que realmente pocas veces se ha encontrado mirabilita en sondeos.

III.d.- Modelos actuales de sales sódicas

Quizás el modelo actual más completo de sales sódicas sea el --
Golfo de Kara Bogaz en la orilla oriental del mar Caspio. Constitu--
ye el golfo salado más extenso del mundo, con unas dimensiones de
200 por 50 Km. con un área de 18.000 Km^2 , una profundidad máxima -
de 13 m. y una profundidad media de 9 m. Este Golfo se encuentra -
separado del mar Caspio por una barrera que se eleva sobre el ni--
vel del mar entre 2 y 20 m. Ningún río permanente vierte sus aguas

al Golfo que se alimenta a través de un estrecho de una profundidad máxima de 3 m. con una longitud de 5 Km y una anchura de 500 m. Los aportes anuales, en la actualidad, son del orden de $9,5 \text{ Km}^3$, a principios de siglo eran del orden de $21,18 \text{ Km}^3$. La diferencia de cota entre el agua en el Golfo y en el mar Caspio llega a ser de casi medio metro; no existen posibilidades de salida de la salmuera hacia el mar Caspio. La salmuera aumenta en densidad desde la zona de alimentación hasta la costa, de manera que el agua que entra tiene una densidad inferior a $1,10 \text{ g/cm}^3$ mientras que en la costa las salmueras alcanzan $1,14 \text{ g/cm}^3$.

	AGUA DEL MAR CASPIO	AGUA DEL GOLFO DE KARA-BOGAZ
	mg/l	mg/l
Cl^-	1181	1418
Na^+	1061	1106
$\text{SO}_4^{=}$	376	304
Mg^{2+}	376	596

Como han puesto de manifiesto diversos autores, la sedimentación en el golfo de Kara-Bogaz, es halítica en las zonas más próximas a la orilla del lago, pasando a halita-epsomita y glauberita en las zonas intermedias para dar en la zona próxima al canal de alimentación mirabilita.

El estudio de la físico-química de los procesos, de precipitación de sales en función de la salinidad, refleja claramente que la saturación en SO_4Ca se alcanza para salinidades del 5% y que cuando la salinidad alcanza el 29% comienza la precipitación de halita a la vez que en la salmuera existe un enriquecimiento en SO_4Mg y Cl_2Mg .

La evolución de la salmuera viene condicionada por una continentalización debido a la influencia de las aguas continentales, así se explicaría la precipitación de glauberita $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2 + \text{SO}_4\text{Mg} + \text{SO}_4\text{Na}_2 \rightleftharpoons (\text{Su}_4)_2\text{Na}_2\text{Ca}(\text{glauberita}) + \text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ que

se dará en aguas sobresaturadas en yeso o anhidrita.

Las variaciones en la cantidad de agua que entra en el Golfo de Kara-Bogaz varía desde 23 Km^3 a 7 Km^3 en función de la climatología. En la fig. 8 aparece la relación entre las fluctuaciones de nivel del Mar Caspio, la salinidad del Golfo de Kara-Bogaz y la mineralogía presente en los sedimentos. Se puede extraer una consecuencia importante: que a los ciclos anuales comunmente observables en los sedimentos se les superponen unos ciclos climáticos seculares, que indudablemente dejaron su impronta en el registro estratigráfico.

III.e.- Formaciones antiguas de sales sódicas

Quizás el ejemplo más comparable a la Cuenca del Tajo tanto por la paragénesis de sus sales como por la misma sucesión litoestratigráfica son las formaciones de halita-glauberita del Tien Shan -- (URSS-China). En esta región existe una serie de cuencas Neógenas y Cuaternarias, algunas de las cuales presentan en la parte basal depósitos paleoqenos. La dimensión de las cuencas oscila, en anchura entre 10-30 Km y en longitud entre 40-250 Km. El espesor general de sedimentos oscila entre 1500-5000 m.

Se distinguen tres tipos fundamentales de facies: clásticas, de transición y salinas. Las facies clásticas son samitas o conglomerados asociados con arcillas, carbonatos y yesos, son auténticas - "facies rojas s.l." y corresponden a depósitos aluviales. Los depósitos de transición son facies detríticas de tipo arcilloso con colores pardos, verdosos, grises, en los que se encuentran depósitos lenticulares de yesos e incluso algún que otro lecho de halita, genéticamente son depósitos lacustres costeros o facies deltáicas lacustres. Las facies salinas están formadas por yesos y otros minerales sulfatados, presentando el conjunto tonos grisáceos. Las facies detríticas asociadas presentan una fracción clástica fina, menor de 0,01 mm. Los minerales sulfatados aparte de yeso y anhidrita son glauberita, thenardita en cantidades importantes, y mucho -

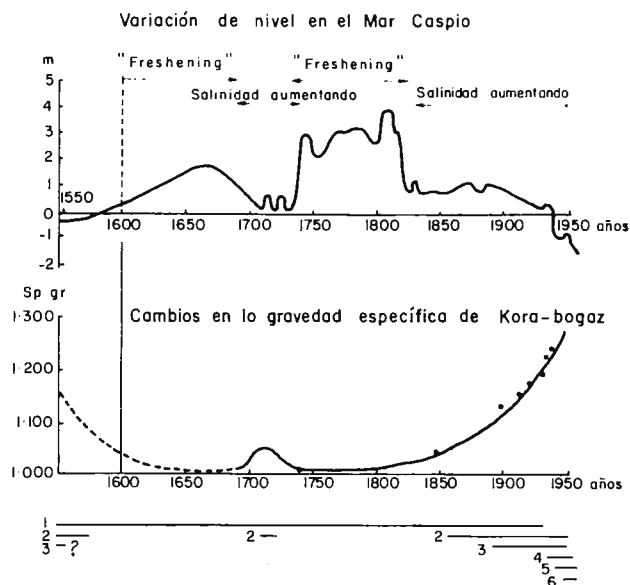
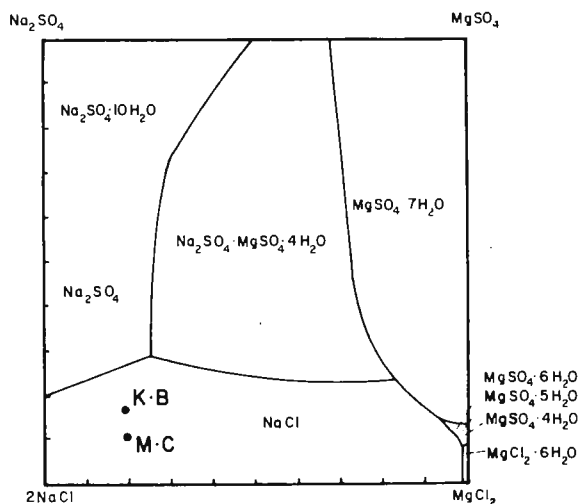


Fig. 8



K.B.- Composición del agua del Golfo de Kara Bogaz

M.C.- Composición del agua del Mar Caspio

más restringida bloedita. La halita es común en toda la formación salina. Es de notar la ausencia de sales potásicas y magnésicas.

Los carbonatos relativamente abundantes son microcristalinos, y son magnesita fundamentalmente en las rocas salinas. La acumulación de este mineral llevó a SCHERBINA (1956) a señalar que el "lago" - tenía un alto contenido en sulfato magnésico y que podría ser un - brazo del mar Caspio-Arábigo.

La deposición de sales refleja fluctuaciones periódicas, alternándose yesos con glauberita, halita, thenardita. La deposición tuvo lugar según todos los indicios en aguas estancadas y de baja - oxigenación.

La deposición salina cesa por una desalinización (freshening) - de los "lagos" que quedará reflejada en una primera evolución hacia facies yesíferas, para luego pasar a facies margosas y carbonáticas con fauna dulceacuícola.

Desde el punto de vista estructural las formaciones de halita - glauberita de Asia Central, corresponden a cuencas relictas, con alguna, comunmente restringida, comunicación con el mar abierto, en zonas subsidentes.

En consecuencia parece que existe un marcado paralelismo entre las cuencas evaporíticas descritas por SCHERBINA y la cuenca del Tajo. Hay que añadir que según dicha autora no todas las cuencas - del Tien-Shan son iguales, aunque sí presentan unos rasgos comunes que son los que hemos tratado de señalar.

IV.- PROSPECCION, VALORACION Y EXPLOTACION DE LAS FACIES DE SALES SODICAS.

En este apartado se intenta sintetizar la información existente acerca de estos aspectos de las sales sódicas incluyendo la situación actual de los métodos de prospección y explotación de dichos materiales junto con ideas personales al respecto, en un intento - de contribuir a un aprovechamiento más racional de los recursos na - turales, que es, en última instancia el fin que persigue nuestra - investigación.

IV. a.- Prospección

La prospección efectiva a gran escala o estratégica de sales só dicas en la Cuenca del Tajo está ligada a los grandes rasgos paleo geográficos de la Cuenca y sólo podrá ser acabada cuando se tenga un conocimiento preciso de los mismos. Datos de sondeos mecánicos profundos, así como datos de prospección sísmica pueden ir dandó-- nos una imagen real de la Cuenca de la que hasta el momento se ca-- rece. Estos datos permitirán un mejor encaje de un modelo sedimen-- tológico del que hasta el momento sólo se tienen ideas poco funda-- das e hipótesis aún sin verificar.

A escala de concesión minera se pueden dar una serie de métodos de prospección con posibles buenos resultados. Así se pueden citar las "eflorescencias salinas", bien en forma de "barbas de halita", "sulfatos pulverulentos" e incluso, asociadas a manantiales: "cola-- das de mirabilita". Las eflorescencias desaparecen fácilmente con un contenido en humedad en el aire relativamente bajo, por lo que sólo en días secos se pueden observar.

Los niveles arcillosos con halita, de tonos rojizos: "arcillas rojas con halita", aparecen casi siempre a muro de las formacio-- nes de sales sódicas, constituyendo un criterio de prospección.

La hidroquímica de las aguas subterráneas (pozos, manantiales), especialmente en estaciones secas son también un buen criterio de prospección.

La hidrogeología y la morfología son fundamentales a la hora de definir la posibilidad de una zona para sales. Así cuando una morfología suave se expone a la meteorización, amplía la superficie expuesta y favorece la infiltración, pudiendo considerarse como un factor negativo. En la Cuenca del Tajo hasta más de 40 m. de profundidad llegan los procesos de yesificación de la anhidrita, es decir que hasta esa profundidad llegan las aguas meteóricas y en consecuencia la sal estará hidratada o disuelta. La circulación general de las aguas es muy importante y es un factor decisivo en la destrucción de los depósitos salinos; así en la Cuenca del Tajo en la que la circulación regional es NE-SW los mejores afloramientos salinos están orientados al N y los manantiales son más abundantes en las laderas de los valles orientadas al S.

Los sondeos mecánicos en la etapa de prospección son de gran interés, aunque presentan graves dificultades debido a la solubilidad de las sales, por lo que el agua utilizada debe estar saturada en sal. Con todo, las sales sufren transformaciones y existe dificultad a la hora de hacer una valoración. Por ello, tanto para el reconocimiento como para la valoración recomendamos las diagramas, ya que los perfiles de pozos presentan menor costo que la recuperación de testigo continuo. Por otra parte, la recuperación de ripios ha demostrado ser poco útil e inducir a equívocos en el caso de materiales salinos solubles. Puesto que para utilizar esta técnica es necesario que el mineral constituya un porcentaje significativo dentro de la roca queda así restringida la técnica a concentraciones con posibilidad de rendimiento económico.

La siguiente tabla muestra las propiedades susceptibles de ser determinadas con vistas a la prospección de sales. Como se ve las sales se subdividen a estos efectos en dos categorías las sódicas y las potásicas debido a que estas últimas por la radioactividad que presentan debido al isótopo K^{40} presentan propiedades que faci

litan aún más su obtención.

RESPUESTAS CARACTERISTICAS DE LOS PERFILES FRENTE A LAS EVAPORITAS

		Densidad Aparente del perfil	t Promedio	ϕN^x (GNT) u.p.	Deflección Rayos Gamma (APIU)	$K_{20\%}$ Aparente
Mineral						
No Radioactivas	Halita	2,032	67	0	0	-
	Anhidrita	2,977	50	0	0	-
	Yeso	2,351	52,5	49	0	-
	Trona	2,100	65	40	0	-
Radioactivas	Silvina	1,863	74	0	500	63,0
	Carnalita	1,570	78	65	200	17,0
	Langbeinita	2,820	52	0	275	22,6
	Polihalita	2,790	57,5	15	180	15,5
	Kainita	2,120	-	45	225	18,9

Las masas de evaporitas se caracterizan por no ser porosas ni - electricamente conductoras, dando por tanto unas lecturas muy altas de resistividad. Debido a las características de su porosidad, a veces un sólo perfil de porosidad: Sónico, densidad o neutrón -- sirve para identificarlas.

Cuando las sales son solubles en el fluido que se utiliza para la perforación pueden originarse derrumbamientos, representando en -- entonces el Registro de Calibre un importante instrumento para su de -- tección.

Cuando los evaporitos representan un porcentaje menos importante de la roca, por ser intercalaciones en el conjunto rocoso o presentar minerales asociados cuantitativamente importantes hay que -- recurrir a la interrelación de varios perfiles: sónico, rayos γ , -- neutrónico, densidad que pueden utilizarse para la solución de -- ecuaciones lineales simultáneas, lo cual puede hacerse matemática

o gráficamente.

IV. b. Valoración

1. Sustancias de interés económico actual o potencial.

En la Cuenca del Tajo, Minas de "El Castellar", actualmente se explota una mezcla de thenardita y glauberita (H. GOMEZ, com, personal), mediante minería subterránea y posterior tratamiento en el que la disolución es el proceso principal. Aunque por su composición lógicamente la thenardita es una mena más rentable, no debe menospreciarse a la glauberita como mena potencial de sulfato sódico. Así en Cerezo del Río Tirón (Burgos) la glauberita es la mena única explotada mediante un proceso de disolución en piscinas superficiales realizadas sobre la misma capa que se intenta beneficiar, proceso de bajo coste que permite actualmente el aprovechamiento económico de la glauberita.

La halita es también abundante en la cuenca del Tajo, y aunque la minería de halita no parece por el momento de excesivo interés no estaría de más un replanteamiento de la industria química española en el sentido de que, con un cierto grado de realismo, tuviese en cuenta que quizá estos minerales de escaso interés económico cuando el transporte es largo, pudieran aprovecharse en la zona como subproducto de la explotación de sulfato sódico. Quizá en un plan de ordenación de territorio habría que considerar como muy favorable el hecho de estar en una zona bien comunicada, con fuentes de energía próximas, abastecimiento de agua asegurado y centros de consumo también próximos.

La polihalita aparece con bastante frecuencia. La polihalita se la puede considerar como materia prima potencial de sulfato magnésico y sulfato potásico. Ya que tienen la propiedad de disolverse incongruentemente para dar un precipitado de yeso y dejar en solución el SO_4^{2-} , Mg^{+2} y K^{+1} .

La explotación de las sales puede crear grandes cavidades que pueden convertirse en almacenes de roca (store rock), que en un área industrial pueden presentar un gran interés económico. Dependiendo de las técnicas de construcción podrían servir desde almacén de gases, hasta que el almacenaje de deshechos industriales e incluso residuos de las centrales nucleares, y todo ello en condiciones de gran seguridad.

2. Recursos sódicos identificados y estimación de los mismos.

La falta de conocimientos sobre la geología de la Cuenca del Tajo nos impide hablar de reservas en el sentido que las define U.S.G.S. (1976), ya que según dicha definición reserva (U.S.G.S., 1976) es "todo recurso natural de interés económico identificado con un cierto grado de aproximación". Por ello creemos más adecuado hablar de recursos identificados, no incidiendo en absoluto en el tema económico, ya que toda mena potencial se la puede considerar subeconómica.

Hemos distinguido en la estimación de los recursos de sulfato sódico las zonas siguientes:

	Superficie aproxim.(1)
I.- Zona Ciempozuelos-Borox	180 Km ²
II.- Zona San Martín de la Vega	96 "
III.- Zona Carabaña-Colmenar	380 "
IV.- Zona Villarrubia-Aranjuez	184 "

Estas zonas están delimitadas por los valles del Rio Jarama, Tajuña y Tajo.

Con datos muy conservadores se puede estimar que existe un mínimo de 3 m. de potencia total de glauberita, en niveles continuos de 1 m. o más, con una riqueza en sulfato sódico del 40% (r.i. en

(1) Superficie ocupada por la serie salina entre las cotas 550-50 m.

agua del orden del 20%). Lo cual nos da unos recursos estimados - del orden de:

Tm(millones de Tm) de SO_4Na

Zona I	540
Zona II	288
Zona III	1140
Zona IV	552
	2520

Así que no sería aventurado esperar de toda la cuenca cantidades de más de tres veces superiores a las indicadas considerando el conjunto de la cuenca. Máxime si tenemos en cuenta que los valles de los ríos discurren por auténticos pasillos estructurales de hundimiento, por lo que la serie salina en estas zonas estará muy completa.

IV. c. Explotación

En la actualidad la explotación se hace siguiendo dos métodos En minas subterráneas mediante el método de cámaras y pilares, - con unas anchuras en las cámaras de 7-10 m y de 3 m para los pilares o macizos. El otro método que representa una producción mínima es el de lixiviado natural con evaporación también natural. El método consiste en aprovechar los escasos manantiales que proceden de la serie salina, conducirlos a una salina para así obtener un precipitado cuando las condiciones meteóricas lo permiten. El método de minería subterránea es caro, si bien como contrapartida tiene el hecho de permitir una producción continua y regular, no genera un movimiento excesivo de escombros y perturba muy poco el medio ambiente. El otro método es muy primitivo y si bien los costes son bajos el rendimiento económico es inseguro, y depende de la climatología.

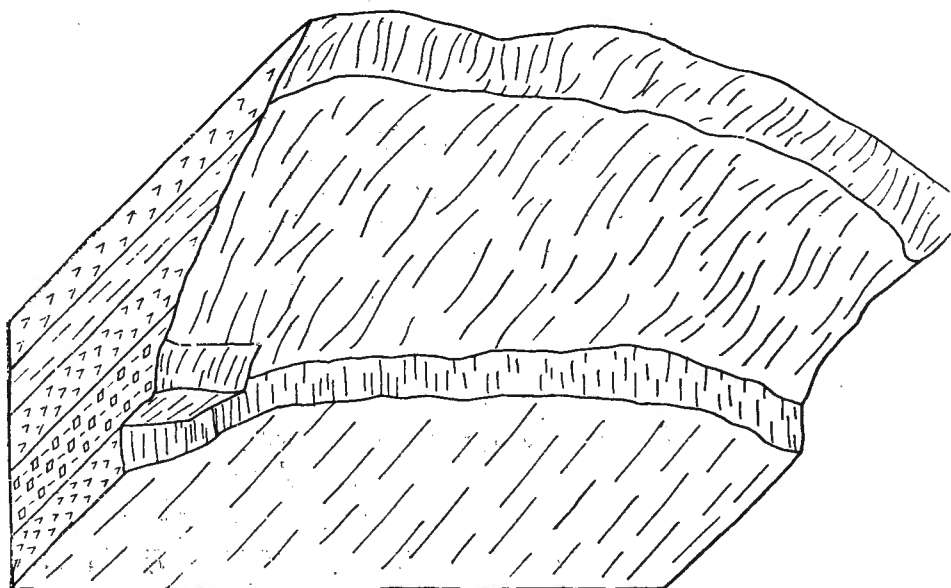
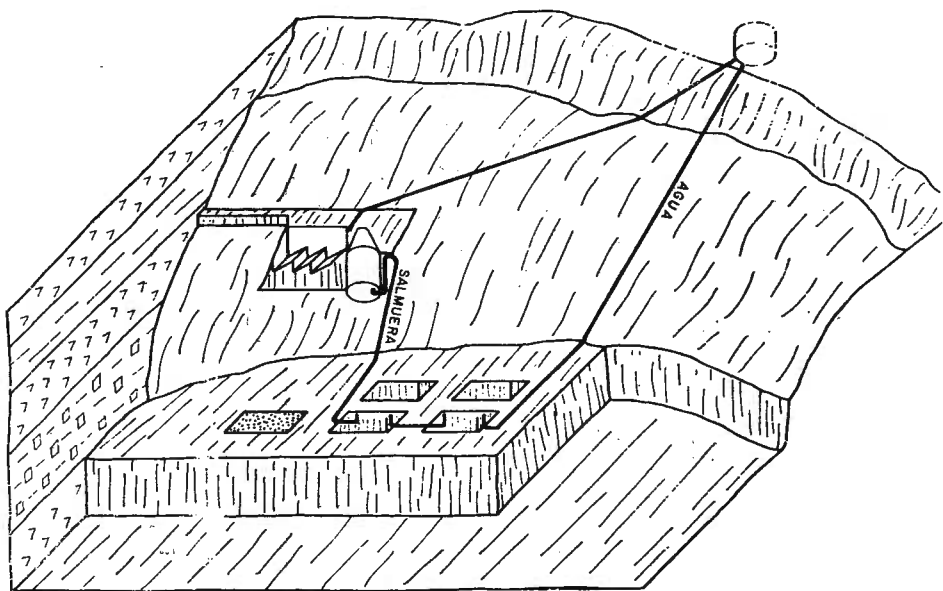
Se pueden proponer varias alternativas.

1.- Explotación por lixiviado forzado y evaporación en planta industrial de las salmueras.

Localizado un cuerpo salino a explotar, logicamente situado por encima del nivel freático regional, se estudiaría el flujo local - de aguas (mediante trazadores). Se estudian los puntos de surgencia idóneos para recoger las aguas que atraviesan el cuerpo salino. Se inyectaría agua en los sondeos realizados en la parte superior de cuerpo salino recogiendo la salmuera resultante por las surgencias naturales o artificiales, dichas salmueras se pueden preconcentrar haciéndolas circular inyectándolas de nuevo en la parte superior del cuerpo salino, recogidas pueden ser conducidas a una planta semejante a las actualmente montadas. Los niveles arcillosos - darán los acuitardos precisos para realizar una explotación en fases sucesivas. Tiene la ventaja de que los residuos insolubles que dan en el terreno, no hace falta tener grandes stocks de material elaborado, ya que en cualquier momento se puede forzar la producción sin más que aumentar la inyección de agua. El más grave inconveniente es la posibilidad de contaminación de acuíferos aunque dada la naturaleza de las secuencias salinas este riesgo es más potencial que real.

2.- Explotación por disolución en estanques excavados sobre la capa.

En niveles próximos a la superficie del terreno se ha ideado un sistema de explotación fig. 9, consistente en excavar el estril que recubre el nivel explotable, y sobre la propia superficie de dicho nivel explotable realizar una excavación de dimensiones - de hasta doscientos metros de longitud, una anchura de 75 m. y una profundidad de más o menos la que tiene el nivel explotado. Mediante voladuras se diseña el estanque, del que no se extrae el material excavado, introduciéndose agua que se satura en contacto con la sal, siendo bombeada la salmuera resultante a la planta de concentración. Este método tiene la ventaja de que los residuos insolubles quedan en la explotación, no hace falta tener grandes ---



stocks de material elaborado, es de una gran flexibilidad frente a una demanda variable, exige pocos gastos de mantenimiento y pocos problemas de seguridad e higiene en el trabajo. Desde el punto de vista del medio ambiente, lo puede alterar gravemente, ya que el recubrimiento, sobre todo si es potente exige amplias zonas de vertido, los acuíferos se pueden contaminar y desde luego el devolver las características geomorfológicas originales a la zona resulta poco menos que imposible. El método se utiliza actualmente por CRIDESA en Cerezo del Río Tirón (Burgos), donde las salmueras van en circuito cerrado, de tal manera que el circuito de salida de fábrica está subsaturado en sulfato sódico se lleva a los estanques de donde vuelve a saturar sulfato sódico y así sucesivamente.

3.- Lixiviación por inyección controlada de agua y extracción de la salmuera.

Este método se ha utilizado para explotación de domos salinos. Sin embargo podría ser de interés para explotación de sales a profundidades de más de 150 m., la permeabilidad para favorecer la disolución del material podría aumentarse por voladuras en el fondo del sondeo. El método consiste, en esencia; realizar un sondeo hasta el nivel objeto de explotación en estas condiciones, se introduce por el mismo un varillaje triple, por una, la más exterior, se introduce fueloil que actúa como regulador del proceso de disolución hacia la parte de la cámara, otra intermedia por la que circula el agua que se inyecta y una tercera central por la que se extrae la salmuera. Esta se lleva a los evaporadores. El agua inyectada puede ser perfectamente salmuera subsaturada y puede también funcionar en circuito cerrado.

V.- CONSIDERACIONES FINALES

La Unidad Evaporítica de la Cuenca del Tajo es un gran recurso potencial de sulfato sódico, no tanto en la forma de thenardita, que es la mena actualmente explotada en la zona, como en la forma de glauberita, explotable por disolución de la que hemos calculado unas reservas de al menos 2.500 millones de Tm. de sulfato sódico.

- El valor económico de las diferentes zonas aflorantes de la Unidad Evaporítica viene condicionado por su geomorfología, situación tectónica relativa y situación respecto del flujo regional de aguas que influyen en la intensidad y profundidad alcanzada por la hipergénesis.
- La mayor riqueza en sulfato sódico,coincidente con la presencia de thenardita,aparece entre las cotas 520-535 m.,cuando estas - se encuentran debidamente protegidas, fuera del flujo regional de aguas meteóricas.
- Como métodos de prospección se aconseja la prospección hidroquímica y la presencia y análisis de eflorescencias salinas, estudios que deben realizarse preferentemente a finales de estaciones secas.
- Como método especialmente exacto de evaluación de materiales salinos es aconsejable las diagráfiás de sondeos, especialmente - en los perfiles sónicos, rayos γ , neutrónicos y densidad, - junto con el registro de calibre del pozo.
- Como métodos de explotación regional son aconsejables los de explotación por lixiviado forzado y evaporación en planta industrial y explotación por disolución en estanques excavados en la capa, para explotar la glauberita.
- La potencia y ley de los niveles thenardíticos puede en algunos casos hacer rentable el método de explotación de cámaras y pila

res.

La explotación de las sales sódicas puede crear cavidades utilizables para almacenaje (store rocks), de gran valor estratégico para resolver problemas de ordenación territorial dada su situación geográfica.

La presencia en cantidades considerables de minerales anteriormente no citados como la polihalita abre el campo a la obtención de nuevos productos químicos como sulfato potásico y sulfato magnésico.

BIBLIOGRAFIA

- AREITO y LARRINAGA, A. (1873).- Ciempozuelita, nuevo sulfato de cal y sosa encontrada en la mina "Consuelo" (Ciempozuelos).- An. Soc. Esp. Hist. Nat., T. II
- BORCHERT, H. (1965).- Principles of oceanic salt deposition and metamorphism. In: Chemical oceanography, 2: 205-276
- BROGNIART (1822).- Sur la magnesite de Vallecas.- An. des Mines, t, 7: 304 págs.
- EUGSTER, H.P., HARDIE, L.A. (1978).- Saline lakes. In: Physics and chemistry of lakes (Ed' by A. LERMAN). Chapter, 8. Springer Verlag.
- FONTANALS, F. (1921).- Criaderos de sales sódicas en la provincia de Madrid y Toledo.- Jefatura de Minas. Madrid.
- GALVAN GARCIA, J. (1959).- Minerales esteparios.- Tesis Doctoral. 251 pp.
- GARCIA DEL CURA, A., ORDOÑEZ, S., LOPEZ AGUAYO, F. (1979).- Estudio petrológico de la Unidad Salina de la Cuenca del Tajo.- Estud. Geol. (en prensa).
- GARCIA DEL CURA, A., ORDOÑEZ, S., LOPEZ AGUAYO, F., MINGARRO, F.- (1978).- Sodic salts ($\text{SO}_4^{=}$ and Cl^-) in the Tagus basin (Spain).- 10th Int. Cong. on Sedimentology. Jerusalem. Abstract, Vol, I: 166-168.
- GIL y MAESTRE, A. (1874).- Datos geológico-mineros sobre algunos grupos de minas del Distrito de Madrid.- Bol. Com. Mapa Geol. T, I: 183 págs.
- HERNANDEZ PACHECO, E., HERNANDEZ PACHECO, F. (1926).- Aranjuez y el territorio al sur de Madrid.- XIV Congreso Intern. de Geología. Guía de excursión B. 3: 101 págs.

- MAESTRE, A. (1861).- Memoria sobre los terrenos de sulfato de sosa situados en el término de Colmenar de Oreja, provincia de Madrid. Madrid.
- ORDOÑEZ, S., LOPEZ AGUAYO, F., GARCIA DEL CURA, A. (1977).- Contribución al conocimiento de la mineralogía del yacimiento de sales de Villarrubia de Santiago (Toledo).- Estudios Geol., 33: 167-171
- PEREZ FOURNIES, M., MENENDEZ ORMAZA, J. (1923).- Estudio de los criaderos de sales sódicas en la provincia de Madrid.- Jefatura de Minas. Madrid
- PUERTA, G. de la (1904).- Las aguas minerales de Vaciamadrid y la sal de Vaciamadrid.- Rev. Ac. Cienc. Exact. Fis. y Mat., T. 1: 213-216
- SAN MIGUEL, A., MONTOTO, M. (1971).- Mineralogía y petrogénesis de los yacimientos salinos de Villarrubia de Santiago (Toledo).- I. Congr. Hisp. Luso-Americano de Geol. Económica, Sec. IV: 315-316
- SCHERBINA, V.N. (1956).- Mineralogical, petrographic and genetic features of the Tertiary Continental Saliniferous and Gypsiferous deposits in the Intermontane Basins of the Tien Shan.- Ird. Akad. Nauk Kirg SSSR, Frunze
- STRAKHOV, N.M. (1970).- Principles of lithogenesis.- Vol. 3. Oliver & Boyd: 577 págs
- VILANOVA, J. (1875).- Salinas de Villarrubia de Santiago.- An. Soc. Esp. Hist. Nat.: 89-93



FUNDACION JUAN MARCH

SERIE UNIVERSITARIA

TITULOS PUBLICADOS

Serie Marrón

(Filosofía, Teología, Historia, Artes Plásticas, Música, Literatura y Filología)

- | | |
|--|--|
| 1 Fierro, A.:
Semántica del lenguaje religioso. | 60 Alcalá Galvé, A.:
El sistema de Servet. |
| 10 Torres Monreal, F.:
El teatro español en Francia (1935-1973). | 61 Mourão-Ferreira, D., y Ferreira, V.:
Dos estudios sobre literatura portuguesa contemporánea. |
| 12 Curto Herrero, F. Fco.:
Los libros españoles de caballerías en el siglo XVI. | 62 Manzano Arjona, M.ª:
Sistemas intermedios. |
| 14 Valle Rodríguez, C. del:
La obra gramatical de Abraham Ibn Ezra. | 67 Acero Fernández, J. J.:
La teoría de los juegos semánticos. Una presentación. |
| 16 Solís Santos, C.:
El significado teórico de los términos descriptivos. | 68 Ortega López, M.:
El problema de la tierra en el expediente de Ley Agraria. |
| 18 García Montalvo, P.:
La imaginación natural (estudios sobre la literatura fantástica norteamericana). | 70 Martín Zorraquino, M.ª A.:
Construcciones pronominales anómalas. |
| 21 Durán-Lóriga, M.:
El hombre y el diseño industrial. | 71 Fernández Basterreche, F.:
Sociología del ejército español en el siglo XIX. |
| 32 Acosta Méndez, E.:
Estudios sobre la moral de Epicuro y el Aristóteles esotérico. | 72 García Casanova, J. F.:
La filosofía hegeliana en la España del siglo XIX. |
| 40 Estefanía Álvarez, M.ª del D. N.:
Estructuras de la épica latina. | 73 Meya Llopart, M.:
Procesamiento de datos lingüísticos. Modelo de traducción automática del español al alemán. |
| 53 Herrera Hernández, M.ª T.:
Compendio de la salud humana de Johannes de Ketham. | 75 Artola Gallego, M.:
El modelo constitucional español del siglo XIX. |
| 54 Flaquer Montequí, R.:
Breve introducción a la historia del Señorío de Buitrago. | 77 Almagro-Gorbea, M., y otros:
C-14 y Prehistoria de la Península ibérica. |

- 94 Falcón Márquez, T.:
La Catedral de Sevilla.
- 98 Vega Cernuda, S. D.:
J. S. Bach y los sistemas contrapuntísticos.

Serie Verde

(Matemáticas, Física, Química, Biología, Medicina)

- | | |
|--|--|
| 2 Mulet, A.:
Calculador en una operación de rectificación discontinua. | 28 Zugasti Arbizu, V.:
Analizador diferencial digital para control en tiempo real. |
| 4 Santiuste, J. M.:
Combustión de compuestos oxigenados. | 29 Alonso, J. A.:
Transferencia de carga en aleaciones binarias. |
| 5 Vicent López, J. L.:
Películas ferromagnéticas a baja temperatura. | 30 Sebastián Franco, J. L.:
Estabilidad de osciladores no sinusoidales en el rango de microondas. |
| 7 Salvá Lacombe, J. A.:
Mantenimiento del hígado dador in vitro en cirugía experimental. | 39 Blasco Olcina, J. L.:
Compacidad numerable y pseudocompacidad del producto de dos espacios topológicos. |
| 8 Plá Carrera, J.:
Estructuras algebraicas de los sistemas lógicos deductivos. | 44 Sánchez Rodríguez, L.:
Estudio de mutantes de <i>saccharomyces cerevisiae</i>. |
| 11 Drake Moyano, J. M.:
Simulación electrónica del aparato vestibular. | 45 Acha Catalina, J. I.:
Sistema automático para la exploración del campo visual. |
| 19 Purroy Unanua, A.:
Estudios sobre la hormona Natriurética. | 47 García-Sancho Martín, F. J.:
Uso del ácido salicílico para la medida del pH intracelular. |
| 20 Serrano Molina, J. S.:
Análisis de acciones miocárdicas de bloqueantes Beta-adrenérgicos. | 48 García García, A.:
Relación entre iones calcio, fármacos ionóforos y liberación de noradrenalina. |
| 22 Pascual Acosta, A.:
Algunos tópicos sobre teoría de la información. | 49 Trillas, E., y Alsina, C.:
Introducción a los espacios métricos generalizados. |
| 25 I Semana de Biología:
Neurobiología. | 50 Pando Ramos, E.:
Síntesis de antibióticos aminoglicosídicos modificados. |
| 26 I Semana de Biología:
Genética. | 51 Orozco, F., y López-Fanjul, C.:
Utilización óptima de las diferencias genéticas entre razas en la mejora. |

- 52 Gallego Fernández, A.:
Adaptación visual.
- 55 Castellet Solanas, M.:
Una contribución al estudio de las teorías de cohomología generalizadas.
- 56 Sánchez Lazo, P.:
Fructosa 1,6 Bisfosfatasa de hígado de conejo: modificación por proteasas lisosomales.
- 57 Carrasco Llamas, L.:
Estudios sobre la expresión genética de virus animales.
- 59 Afonso Rodríguez, C. N.:
Efectos magneto-ópticos de simetría par en metales ferromagnéticos.
- 63 Vidal Costa, F.:
A la escucha de los sonidos cerca de T_λ en el $4He$ líquido.
- 65 Andréu Morales, J. M.:
Una proteína asociada a membrana y sus subunidades.
- 66 Blázquez Fernández, E.:
Desarrollo ontogénico de los receptores de membrana para insulina y glucagón.
- 69 Vallejo Vicente, M.:
Razas vacunas autóctonas en vías de extinción.
- 76 Martín Pérez, R. C.:
Estudio de la susceptibilidad magnetoelectrica en el Cr_2O_3 policristalino.
- 80 Guerra Suárez, M.^a D.:
Reacción de Amidas con compuestos organoaluminicos.
- 82 Lamas de León, L.:
Mecanismo de las reacciones de iodación y acoplamiento en el tiroides.
- 84 Repollés Moliner, J.:
Nitrosación de aminas secundarias como factor de carcinogénesis ambiental.
- 86 II Semana de Biología:
Flora y fauna acuáticas.
- 87 II Semana de Biología:
Botánica.
- 88 II Semana de Biología:
Zoología.
- 89 II Semana de Biología:
Zoología.
- 91 Viéitez Martín, J. M.:
Ecología comparada de dos playas de las Rías de Pontevedra y Vigo.
- 92 Cortijo Mérida, M., y García Blanco, F.:
Estudios estructurales de la glucógeno fosforilasa b.
- 93 Aguilar Benítez de Lugo, E.:
Regulación de la secreción de LH y prolactina en cuadros anovulatorios experimentales.
- 95 Bueno de las Heras, J. L.:
Empleo de polielectrolitos para la floculación de suspensiones de partículas de carbón.
- 96 Núñez Alvarez, C., y Ballester Pérez, A.:
Lixiviación del cinabrio mediante el empleo de agentes complejantes.

(Geología, Ciencias Agrarias, Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo)

- 3 Velasco, F.:
Skarns en el batolito de Santa Olalla.
- 6 Alemán Vega, J.:
Flujo inestable de los polímeros fundidos.
- 9 Fernández-Longoria Pinazo, F.:
El fenómeno de inercia en la renovación de la estructura urbana.
- 13 Fernández García, M.^a P.:
Estudio geomorfológico del Macizo Central de Gredos.
- 15 Ruiz López, F.:
Proyecto de inversión en una empresa de energía eléctrica.
- 23 Bastarache Alfaro, M.:
Un modelo simple estático.
- 24 Martín Sánchez, J. M.:
Moderna teoría de control: método adaptativo-predictivo.
- 31 Zapata Ferrer, J.:
Estudio de los transistores FET de microondas en puerta común.
- 33 Ordóñez Delgado, S.:
Las Bauxitas españolas como mena de aluminio.
- 35 Jouvé de la Barreda, N.:
Obtención de series aneuploides en variedades españolas de trigo común.
- 36 Alarcón Álvarez, E.:
Efectos dinámicos aleatorios en túneles y obras subterráneas.
- 38 Lasa Dolhagaray, J. M., y Silván López, A.:
Factores que influyen en el espigado de la remolacha azucarera.
- 41 Sandoval Hernández, F.:
Comunicación por fibras ópticas.
- 42 Pero-Sanz Elorz, J. A.:
Representación tridimensional de texturas en chapas metálicas del sistema cúbico.
- 43 Santiago-Alvarez, C.:
Virus de insectos: multiplicación, aislamiento y bioensayo de Baculovirus.
- 46 Ruiz Altisent, M.:
Propiedades físicas de las variedades de tomate para recolección mecánica.
- 58 Serradilla Manrique, J. M.:
Crecimiento, eficacia biológica y variabilidad genética en poblaciones de dípteros.
- 64 Farré Muntaner, J. R.:
Simulación cardiovascular mediante un computador híbrido.
- 79 Fraga González, B. M.:
Las Giberelinas. Aportaciones al estudio de su ruta biosintética.
- 81 Yáñez Parareda, G.:
Sobre arquitectura solar.
- 83 Díez Viejobueno, C.:
La Economía y la Geomatemática en prospección geoquímica.
- 90 Pernas Galf, F.:
Master en Planificación y Diseño de Servicios Sanitarios.
- 97 Joyanes Pérez, M.^a G.:
Estudios sobre el valor nutritivo de la proteína del mejillón y de su concentrado proteico.
- 99 Fernández Escobar, R.:
Factores que afectan a la polinización y cuajado de frutos en olivo (Olea europaea L.).

- 108 Orizo, F. A.:
Factores socio-culturales y comportamientos económicos.

Serie Azul

(Derecho, Economía, Ciencias Sociales, Comunicación Social)

- | | |
|--|--|
| 17 Ruíz Bravo, G.:
Modelos econométricos en el enfoque objetivos-instrumentos. | 74 Hernández Lafuente, A.:
La Constitución de 1931 y la autonomía regional. |
| 34 Durán López, F.:
Los grupos profesionales en la prestación de trabajo: obreros y empleados. | 78 Martín Serrano, M., y otros:
Seminario sobre Cultura en Periodismo. |
| 37 Lázaro Carreter, F., y otros:
Lenguaje en periodismo escrito. | 85 Sirera Oliag, M. ^a J.:
Las enseñanzas secundarias en el País Valenciano. |

