RIQUEZAS MINERALES DE ESPAÑA

¿Gijón, cuenca potásica?

ESTUDIO DE UN SONDEO EN PINZALES

POR

IGNACIO PATAC

INGENIERO DE MINAS

GRÁFICAS REUNIDAS, S. A., HERMOSILLA, 96, MADRID.—1932

RIQUEZAS MINERALES DE ESPAÑA

¿Gijón, cuenca potásica?

ESTUDIO DE UN SONDEO EN PINZALES

POR

IGNACIO PATAC

INGENIERO DE MINAS

GRÁFICAS REUNIDAS, S. A., HERMOSILLA, 96, MADRID.—1932

A MI MUJER

QUE ME ANIMA CONSTANTEMENTE
A REPARTIR ENTRE LOS DEMÁS
EL FRUTO DE LA INVESTIGACIÓN

PROEMIO

En el año 1931 los Sres. Felgueroso Hermanos perforaron en el valle de Pinzales, en un lugar próximo a la estación del ferrocarril de Langreo de este nombre, a unos ocho kilómetros al SO. de Gijón, el séptimo sondeo de la serie sistemática que con una constancia ejemplar y arrostrando toda clase de sacrificios, vienen efectuando en la costa de Asturias desde hace varios años. El objeto perseguido en estos sondeos es el reconocimiento de los terrenos paleozoicos, principalmente del hullero productivo, recubiertos en toda esta región por los estratos secundarios, y un poco más hacia el Sur, en parte también por los terciarios.

Este sondeo de Pinzales llegó hasta los 403 metros de profundidad sin cortar el terreno hullero. Las hiladas atravesadas, de pequeña inclinación, en general, ofrecen caracteres que no dejan de tener ciertas analogías con los de los terrenos secundarios, principalmente con los del keuper, pero de ninguna manera pueden ser identificadas con las de este último terreno, bien conocido en Asturias, porque le separan de él caracteres nuevos completamente distintos de los del keuper.

Esta última circunstancia, unida a la rareza extremada de restos fosilíferos, tanto de animales como de vegetales, constituyeron un eficaz estímulo para la observación paciente y el estudio minucioso de los testigos de sonda, a fin de llegar al esclarecimiento de la edad geológica de estas hiladas.

El resultado de este estudio y las consecuencias de orden práctico que de él puedan derivarse, se consignan en las páginas siguientes. Representan una nueva contribución al conocimiento de las riquezas minerales de España y especialmente de Asturias, con la que tan magnánima se ha mostrado la naturaleza.

Alguien reputará quizá extraordinariamente dilatado el estudio de un simple sondeo, pero debo confesar en mi descargo, que las circunstancias y características que ofrece dicho sondeo no son vulgares y excitan a la investigación y a la coordinación de hechos que, aunque aparentemente distintos, parecen hallarse enlazados por las mismas causas genéticas.

Por otra parte, he tenido muy presente al redactar este trabajo, como tengo por norma habitual, que el investigador cuando se decide a dar a la publicidad el resultado de sus estudios, no lo hace a requerimiento de ningún interés personal y, por lo tanto, no le interesa ni el aplauso ni el juicio adverso de sus contemporáneos. Hay algo para él que está muy por encima de estas pueriles preocupaciones. Y este algo es la satisfacción de un imperioso deber cumplido: el dejar señalada una ruta que conduzca más o menos directamente al descubrimiento de la verdad, en provecho de sus semejantes, sin importarle que esta ruta sea seguida por los hombres de hoy o por los del mañana.

España posee, incuestionablemente, inmensas riquezas minerales, pero ni su cultura técnica ni su preparación industrial la permitirán por mucho tiempo aún acometer en la debida escala la explotación de estas riquezas.

IGNACIO PATAC

Gijón, 31 de agosto de 1932.

PALEONTOLOGÍA

FLORA DEL SONDEO DE PINZALES

CONÍFERAS

Género PINITES, Lindley et Hutton

En el grupo o tribu de las *Abietíneas*, al que pertenece el cosmopolita género *Pinus*, existen formas fósiles que presentan relaciones de semejanza mayores o menores con este género, y que han recibido distintas denominaciones: *Pinites*, Lindley et Hutton, y Goeppert; *Elatides*, Heer, y *Palissya*, Endlicher.

Con el nombre de *Pinites* se han designado fragmentos de plantas muy distintas pertenecientes a las coníferas, pero muchas de ellas de clasificación algo dudosa. Tal sucede, por ejemplo, con la especie *Pinites Naumani*, de Gutbier, denominada también *Walchia longifolia*, por Goeppert (1), las cuales a su vez deben ser reunidas, según Zittel, a la especie *Voltzia Liebeana*, de Geitniz.

Pinites permiensis, Renault (2)

Lámina I, figs. 1, 2, 3 y 4

Esta especie, como puede observarse en la figura de Renault, que reproducimos (fig. 1), consta de ramas hojosas de pequeño diámetro en general; sobre estas ramas van colocadas las hojas a su alrededor en forma helicoidal

(1) GOEPPERT: *Permflora*, pág. 242, pl.ª 53, fig. 1.

(2) B. RENAULT: *Bassin houiller et permien D'Autun et D'Epinac. Flore fossile*, pág. 377, pl. LXXXII, fig. 1.

y en la inserción de cada una de ellas llevan un cojinete de forma rómbica, alargada, lepidodendroide, más o menos marcado según la edad de la rama. Las hojas son lineares, de sección triangular, de una longitud de unos tres centímetros y una anchura de uno a tres milímetros.

Las impresiones de hojas del sondeo de Pinzales que aparecieron moldeadas sobre una lámina de yeso al partir un trozo de un testigo de marga negra intercalada entre margas rojas yesíferas, presenta todas las características de las hojas del *Pinites permiensis*, de Renault. La de la izquierda (fig. 2) está casi completa, y la de la derecha, aunque tiene la punta destrozada, muestra claramente su base de inserción. En ambas se aprecia perfectamente su sección triangular, con la superficie finamente rayada (fig. 4). Además de estas impresiones de hojas, aparecen en la fotografía ampliada las de un fragmento de rama en las que se ven los cojinetes rómbicos, muy alargados, lepidodendroides, de la corteza, que la disolución del sulfato de cal ha moldeado delicadísimamente.

Analogías y diferencias

Renault reconoce que por ausencia de todo órgano reproductor no es posible precisar el grupo de coníferas al cual pudiera aproximarse más la rama hojosa encontrada en la cuenca permocarbonífera de Autun y D'Epinac, y, en consecuencia, provisionalmente la designa con el nombre genérico, mal definido desde luego, de *Pinites permiensis*. Dicha rama no se asemeja, según Renault, ni a las *Walchia*, ni a los *Dicranophyllum*, ni a los *Ullmannia*. La forma de las hojas es más bien la del género *Pinus*, aunque las de Autun difieren de las de este género, según Renault, en que presentan un ensanchamiento en su base de inserción, carácter completamente opuesto al que ofrecen generalmente las hojas de los pinos con su corto peciolo distorsionado. No obstante, en el dibujo, no muy claro, de Renault, se figuran algunas hojas de base contraída, como, por ejemplo, la que se halla en la parte inferior derecha de la rama (fig. 1), que parece peciolada. En las impresiones de Pinzales, solamente la hoja de la derecha conserva su base de inserción y ésta se muestra ligeramente contraída.

Por su forma acuminada, las hojas lineares de Pinzales se parecen, a primera vista, a las de la especie *Palissya Braunni*, Endlicher (1), del rético de Franconia, de Erlangen, Bamberg, Bayreuth y Schonen, pero las de esta especie son planas, uninerviadas y decurrentes en su base de inserción. También presentan cierta analogía, a mi juicio, con las de algunas especies de *Ullmannia*, Goeppert, principalmente con las de *Ullm. Bronni*, Goepp. (2), pues en ésta las hojas viejas, largas y espaciadas, rodean helicoidalmente las ramas, presentan un fuerte nervio axial, por cuya causa su sección transversal es triangular y la superficie de las mismas está, asimismo, finamente estriada con estrías o nervios paralelos; sus ramas ofrecen, también, a la caída de las hojas, cicatrices rómbicas, lepidodendroides. Se diferencian, no obstante, en que las hojas de *U. Bronni* son menos alargadas, de forma lanceolada y menos agudas que las de Pinzales.

Geinitz, en su obra *Dyas*, de 1862, describió con el nombre de *Ullmannia Bronni* otra especie que, sin duda, guarda con ella grandes analogías, la *Ullm. frumentaria*, Schlotheim, por sus hojas de limbo lanceolado de superficie finamente estriada; pero, posteriormente, en 1880 rectificó Geinitz esta clasificación en su obra *Nachtraege zur Dyas*.

La impresión cortical, lepidodendroide, como las de algunas ramas de *Pinus*, Link, y de *Sapinus*, Endlicher, del testigo de Pinzales que aparece en nuestra foto ampliada (fig. 4), es notable por la finura de sus detalles y recuerda bastante la de las ramas adultas del *Pinus Douglassi*, Sabine, del grupo *Pseudotsuga*, hoy limitado a la vertiente occidental de América del Norte. En efecto, los cojinetes de ambas formas son alargados, rómbicos, un poco decurrentes y sus cicatrices foliales son redondeadas.

Procedencia.—Sondeo de Pinzales (Gijón). En margas negras yesíferas, a los 160 metros de profundidad.

Antholithus, Brongniart.

El género *Antholithus*, de Brongniart, propio de la época paleozoica, es una inflorescencia particular, de posición sistemática dudosa, atribuída

(1) Endlicher: *Synopsis Coniferarum*, Sangalli, 1847.

(2) H. R. Goeppert: *Monographie der fossilen Coniferen*, 1850.

generalmente al género *Cordaites*. Durante mucho tiempo se le ha considerado entre los fósiles problemáticos, pero las investigaciones de Goldenberg, Grand'Eury y otros, han establecido que se trata de inflorescencias de ciertos Carpolitos tales como *Cardiocarpus (Samaropsis)*, *Rhabdocarpus*, etcétera, pertenecientes a árboles que han desempeñado un importante papel en los tiempos antracolíticos.

No obstante, la verdadera naturaleza de estas inflorescencias sigue siendo desconocida. Es dudoso que como creía Brongniart, y otros eminentes paleofitólogos, pertenezcan al género *Cordaites*, pues las inflorescencias de estas Gimnospermas primitivas, próximas a las Coníferas, pero con caracteres más sencillos, son espigas flojas y muy alargadas, caracteres que las diferencian bastante de los *Antholithus*. Estos se hallan formados de escamas o brácteas estrobilares caedizas, redondeadas u ovales, globulosas y con la superficie finamente estriada. Dichas inflorescencias iban colocadas en los extremos de ramas delgadas, disposición que también las diferencia bastante de las de los *Cordaites*.

De otra parte, dado el enorme desarrollo que este último género ha tenido en la época hullera, principalmente en el Estefaniense medio, es verdaderamente extraño que no se encuentren en abundancia impresiones de estas inflorescencias cuyo hallazgo en estos terrenos es raro, pues sólo se han señalado algunas especies en las hulleras de Falkirk, de Coalbrookdale, de Stradonitz, en Bohemia, en las capas superiores de la cuenca de Saarbrucken y en la de Autun.

Antholithus permiensis, B. Renault.

Lámina II, figs. 1, 2, 3 y 4.

El gran paleobotánico francés B. Renault, en su magnífico estudio de la cuenca de Autun, ha descrito una inflorescencia curiosa, distinta de todas las figuradas hasta entonces y que fué encontrada en el terreno pérmico de Lodeve (Herault). Su aspecto recuerda el de ciertas plantas angiospermas y se compone de un eje principal terminado por una flor: es, pues, una inflorescencia bien definida. Renault muestra un dibujo de su *Antholithus per-*

miensis que reproducimos (fig. 1), por el que se ve que se trata de un eje principal que mide unos tres milímetros de anchura con cuatro ramas dispuestas en hélice a su alrededor; la primera, inserta a una altura de 24 milímetros, tiene una longitud de 20 milímetros y un diámetro de uno y medio, es ligeramente arqueada y termina en una flor. La segunda rama parte un poco a la derecha del eje, a una altura de 30 milímetros, menos arqueada que la primera por encontrarse fuera del plano de estratificación; su flor terminal aparece desprendida, pero sigue en contacto con la rama; su longitud es de 17 milímetros. La tercera rama, a una altura de unos 37 milímetros, presenta la misma curvatura que la primera y su longitud es de unos 15 milímetros. La cuarta rama está casi destruída y no lleva ninguna flor en su extremidad.

Las flores de las tres ramas son globulosas y parecen hallarse compuestas de un pequeño número de brácteas ovales de unos cinco milímetros de altura y de tres a cuatro milímetros de ancho, recubriéndose por sus bordes y surcadas de estrías longitudinales curvas.

La flor superior terminal se halla representada por una banda horizontal de 13 milímetros de anchura y cinco milímetros de altura, igualmente marcada con estrías curvilíneas, y es probable que esta banda esté formada, según Renault, por varias brácteas desprendidas y yuxtapuestas, aunque no es posible distinguir ninguna marca de separación.

Las brácteas son espesas y lignitificadas, a juzgar por el espesor de la capa que las recubre. No se han encontrado impresiones de granos en su proximidad.

Esta inflorescencia de Lodève no se parece a ninguna de las que han sido descritas, ya como Coníferas o como Cicádeas, ni puede compararse a las Gimnospermas actuales. Unicamente en el grupo *Tsuga* del género *Pinus*, el *Tsuga Brunoniana*, de la China occidental, presenta estróbilos de tan pequeñas dimensiones y formados de brácteas redondeadas en su borde exterior, provistas de una uña en su base de inserción y marcada su superficie de estrías longitudinales: en su cara interna estas brácteas llevan dos pequeños granos alados. Pero esta semejanza no es suficiente para definir esta inflorescencia pérmica.

En las margas rojas, grises y negras, del sondeo de Pinzales, en un tramo

vertical de unos 350 metros, abundan extraordinariamente unas impresiones de brácteas sueltas que no titubeamos en atribuir al *Antholithus permiensis*, de Renault. Estas brácteas son ovaladas, en general, como las que se representan en las figuras 3 y 4, y van provistas de estrías curvilíneas, longitudinales, que se aprecian bien a la lupa. La de la figura 2, muy alargada transversalmente, de bordes paralelos, es idéntica a la que se representa formando parte de la flor superior terminal en el dibujo de Renault. Y, como ella, su superficie globulosa va marcada de estrías curvilíneas a la manera de arrugas, que se destacan con claridad en la fotografía, absolutamente sin ningún retoque, que hemos obtenido de esta impresión.

CONSIDERACIONES ACERCA DE LA FLORA ENCONTRADA EN EL SONDEO DE PINZALES

El estudio de la flora que presentan los testigos del sondeo de Pinzales, reviste un particularísimo interés.

La circunstancia, bien significativa, de hallarse asociadas aquí en un gran espesor vertical las especies *Pinites permiensis* y *Antholithus permiensis*, de Renault, encontradas también en los terrenos pérmicos de Francia, de Autun y de Lodève, hace pensar en una probable relación existente entre estas formas fósiles.

¿Serán los *Antholithus* los estróbilos del *Pinites permiensis?* La abundancia de impresiones de brácteas sueltas que presentan las margas abigarradas de Pinzales y la escasez de hojas aciculares, podría obedecer a que las primeras, espesas y coriáceas, esclerenquimatosas, son mucho más resistentes a la maceración que las frágiles hojas formadas por un tejido parenquimatoso de fácil descomposición. Tal sucede en los bosques de pinos actuales, en los que se observa, en efecto, la rápida putrefacción de las hojas que caen al suelo y la persistencia, por el contrario, de conos y estróbilos.

Lo que parece indudable, sin ningún género de duda, es la profunda analogía que guardan entre sí tanto las impresiones corticales de cojinetes rómbicos, las hojas lineares de sección triangular y las numerosas brácteas de *Antholithus* de Pinzales. Todas ellas han debido pertenecer a un género que

guardaba gran semejanza con el género *Pinus* y dentro de él a un grupo que presentaba relaciones comunes con los *Tsuga* y *Pseudotsuga*. Tal vez durante el pérmico abundaban en los continentes próximos a las costas bosques de estas coníferas. Claro es que entonces habría que hacer retroceder el origen del genéro *Pinus* hasta el final de la era paleozoica en vez de considerarle aparecido en el cretáceo como creen Schimper y otros paleofitólogos.

Sabido es que desde el período antracolítico hasta hoy las coníferas han revestido gran importancia en la vegetación terrestre. Se conoce también la fisonomía especial que las coníferas prestaron al período triásico y principios del jurásico, donde aquellas formaban casi exclusivamente la gran vegetación de estos tiempos. Dichos vegetales recordaban por su aspecto y sus hojas a sus antepasados los *Lepidodendron*, uniéndose a ellos los helechos arborescentes y sus afines las *Cicadíneas*, tanto por su porte como probablemente por su origen.

Los *Pinites* pérmicos de Goeppert, con caracteres de verdaderos pinos, debieron ser de pequeña talla a juzgar por el escaso tamaño tanto de las impresiones corticales encontradas como del de las hojas y estróbilos. Ya hemos hecho notar su semejanza con algunos géneros hoy existentes en China, Japón y vertiente occidental de América del Norte.

Numerosas impresiones de *Pinites* y *Antholithus (Carpolithus)* se han encontrado en diferentes terrenos, principalmente desde el pérmico inferior. He aquí algunos ejemplos.

Piceites Naumanni y *Carpolithes Ottonis*, encontrados por Grand'Eury al techo de la capa de *boghead* de Millery (Autun) pertenecientes a las capas superiores del *Rothliegende*. A estas impresiones acompañan otras muchas de *Callipteris*.

En el Museo de Autun se conservan muchas impresiones de *Piceites Naumanni* y de *Carpolithes variabilis* de la forma general del *Car. ovoideus*, aunque diferente y comprendiendo diversas especies difícilmente clasificables.

En el pérmico de Bert se han encontrado *Carpolithes variabilis* en gran abundancia, *Car. triangularis* y *Car. pedicellatus*.

En la arenisca roja inferior de Grüna, cerca de Chemnitz, en Sajonia; en Irchenried, cerca de Weiden, en Baviera, y en las pizarras bituminosas de

Oschatz, Geinitz ha encontrado y descrito *Carpolithus permianus* bastante abundante en aquellos terrenos (1).

En las pizarras margosas de la arenisca cuprífera de Kargala, cerca de Orenbourg (Rusia), del pérmico superior o zechstein, y en una pizarra inflamable del zechstein de Saalhaus, cerca de Oschatz, en Sajonia, se encuentran impresiones de *Pinites Naumanni*, Geinitz (2), de hojas estrechas alargadas y puntiagudas con un nervio medio bien distinto.

Obsérvase, pues, que también en Alemania, como en Francia, en las pizarras del pérmico superior de Oschatz, coexisten impresiones numerosas de *Pinites* y *Carpolithus*.

E igualmente en Rusia, en el pérmico superior de Kargala, del gobierno de Orenbourg, encuéntranse reunidas impresiones de *Pinites* y de pequeños globulillos ovalados o inflorescencias (3).

FAUNA DEL SONDEO DE PINZALES (GIJÓN)

LAMELIBRANQUIOS

Schizodus Felguerosi, n. esp.

Lámina III, figs. 1 y 1 a.

Concha triangular, de superficie lisa, ligeramente redondeada por su borde anterior, contraída y un poco truncada por su borde posterior. Gancho muy anterior y bombeado. La valva (izquierda) presenta una costilla obtusa que va desde el gancho hasta el borde posterior inferior y es muy convexa hacia la región del gancho. En la fotografía que hemos obtenido de esta concha, el borde posterior no es bien visible a causa de hallarse, en parte, embutido en la marga, y en parte, oculto por la convexidad de la costilla. La forma de este borde parece ser la que se indica en la silueta de la concha (fig. 1 a).

---

(1) GEINITZ: *Die Leipft. d. Rothlieg.*, pág. 18, tab. II, fig. 6-9.

(2) GEINITZ UND GUTHIER: *Vertsteinerungen des Zechsteingebirges und des Rothliegenden*, 1849, pág. 25, tabla XI, fig. 8.

(3) E. D'EICHWALD: *Lethaea Rossica ou Paleontologie de la Russie.* — Stutgart, 1853, pág. 232.

Dimensiones: Longitud del borde inferior o ventral, 8 milímetros; anchura o altura por el gancho, 5 milímetros.

Localidad: Sondeo de Pinzales. En margas negras, a 160 metros de profundidad.

Relaciones y diferencias: Esta pequeña valva de Pinzales tiene alguna semejanza con la especie *Schizodus truncatus*, King, tan característica del pérmico superior de Inglaterra y Alemania, pero esta última tiene la forma más cuadrangular y el gancho más agudo. También tiene alguna semejanza con una variedad del *Schizodus Rossicus*, que presenta M. Verneuil en su *Geology of Russia*, (v. II, pl. XIX, fig. 8).

Entre las especies encontradas y estudiadas hasta ahora en Asturias, se parece algo por su forma a la esp. *Schizodus sulcatus*, Sowerby, encontrada por Barrois en Mosquitera, y que es una de las conchas más abundantes en el terreno hullero de Asturias; pero esta última es de mayores dimensiones y más alargada que la de Pinzales.

Igualmente recuerda algo la forma del *Schizodus Klipparti* figurado por Meek, de la región del Ohío (Norteamérica).

Tengo gusto en dedicar esta especie a los señores Felgueroso, que con sus costosos y pacientes trabajos vienen contribuyendo al conocimiento de la estratigrafía y tectónica submesozoica de la región septentrional de Asturias.

Schizodus Pinzalensi, n. esp.

Lámina III, figs. 2 y 2 a.

Concha triangular, oblicua, de superficie lisa, menos convexa que la del *S. Felgueroси;* borde anterior ligeramente redondeado; borde posterior contraído, levemente truncado. Gancho anterior, aunque no tanto como en la especie *S. Felgueroси*, y bombeado. Costilla aplastada, que va desde el gancho al borde posterior inferior.

Dimensiones: Longitud, 8 milímetros. Anchura, 5 milímetros.

Localidad. Sondeo de Pinzales. Marga negra, a 160 metros de profundidad.

Relaciones y diferencias. Esta pequeña concha (valva derecha) se encuentra asociada a la esp. *S. Felguerosi*, y se diferencia de ella en que es un poco más alargada y en que su gancho no es tan anterior.

Por su forma recuerda al *S. Schlotheimi*, Geinitz, tan característico de la parte superior del *Zechstein* de Alemania, pero esta especie de Pinzales es más pequeña y su gancho no es tan saliente ni presenta su borde posterior tan oblicuamente truncado.

Tiene también alguna semejanza, por su forma y talla, con la concha que describe Barrois con el nombre de *Schizodus Curtus*, Meek, de Mosquitera, pero ésta es mucho menos triangular que la de Pinzales.

Mytilus subtilis, n. esp.

Lámina III, figs. 3, 3 a y 3 b.

En las margas de *Schizodus* existen numerosos ejemplares de un pequeño *Mytilus*, que, en general, se hallan en mal estado de conservación. No obstante, con el auxilio de la lupa pueden ser observados en algunos de ellos su forma y caracteres más importantes.

Su concha es equivalva, subtriangular, transversa, convexa y lisa. Su gancho es completamente anterior, agudo y ligeramente recurvado hacia adelante. Su línea cardinal, muy corta, es convexa, pasa insensiblemente del borde anterior al posterior; estos bordes son redondeados, principalmente el último.

Dimensiones: Longitud, de 4 a 9 milímetros. Ancho, de 3 a 5 milímetros.

Relaciones y diferencias. El pequeño *Mytilus* de Pinzales presenta todos los caracteres peculiares de este género; además de los mencionados, la concha es inequilátera, y la superficie se halla cubierta de una epidermis que aparece desgastada por la parte más hinchada de la concha en muchos de los ejemplares. Las formas jóvenes son más redondeadas que las adultas. Estas son más alargadas, y su forma recuerda la del *Mytilus uncinatus*, E. D'Eichwald, de la caliza de Pentamerus del Ural septen-

trional (1). Se diferencia de ésta en que la concha rusa es más acuminada y de gran tamaño.

Tiene también alguna semejanza, sobre todo la forma adulta, con el *Mytilus septifer*, King (*¿M. Hausmanni*, Goldfuss?), del Zechstein de Alemania e Inglaterra; pero se diferencian en que esta última especie es algo inequivalva y su gancho no es ni tan anterior ni tan recurvado hacia adelante como en la de Pinzales. Igualmente se parece al *Mytilus Squamosus*, J. de C. Sowerby (*M. Hausmanni*, Goldfuss), del pérmico de Alemania e Inglaterra; pero esta última forma es más acuminada y además es algo inequivalva.

Por su forma exterior y sus dimensiones, tiene asimismo algún parecido la especie de Pinzales con la *Dreissena Brardi*, Faujas, del Mioceno; pero se diferencia de ésta en que es menos alargada y su gancho más agudo y recurvado que la concha miocénica. Conocida es la gran semejanza del género *Dreissena* de van Beneden (*Mytilina* y *Mytilomya*, Cantr., *Mytilopsis*, Conr.) con el género *Mytilus* y la manera de presentarse ambos géneros formando, en general, grandes bancos.

Entre las especies de la familia de *Mytilidae* paleozoicos citadas hasta ahora en Asturias, *Myalina triangularis*, Sow., *Myalina carinata*, Sow., etcétera, encontradas por Barrois en Mosquitera y Santo Firme, no existe ninguna semejanza con la especie de Pinzales.

No conozco, pues, ninguna forma del género *Mytilus* de dimensiones tan exiguas ni de los caracteres que ofrece nuestro *Mytilus subtilis*, caracteres que diferencian claramente esta especie de todas las demás encontradas hasta el día.

Mytilus Beaumonti, de Vern.

Lámina III, figs. 4, 4 a y 4 b.

Al partir un trozo de la marga de *Schizodus* y *Mytilus*, aparecieron los moldes en relieve y en hueco de otra pequeña concha mitiloide que por su

(1) E. D'EICHWALD: *Lethaea Rossica ou Paleontologie de Russie*, 1853, pl. XXXVIII, fig. 7.

forma subtriangular, casi equilátera, bastante convexa y lisa, gancho agudo y ligeramente inclinado hacia adelante, borde cardinal cóncavo y provisto de una carena que va desde el gancho al borde posterior, parece identificarse con la especie rusa *Mytilus Beaumonti*, de Verneuil (1).

Esta especie tiene gran semejanza con *M. fragilis*, E. D'Eichwald, por su forma y talla, pero se diferencia de ella en que en esta última especie la superficie de la concha se halla provista de estrías de crecimiento bien marcadas y su carena es más obtusa.

---

(1) De Verneuil: *Paléontologie de Russie*. p. XXII, fig. 2, p. 315.

PETROGRAFÍA

Después de atravesar unos veinte metros de aluvión moderno, las primeras rocas estratificadas que cortó la sonda en el valle de Pinzales fueron unas calizas duras, compactas, de un gris oscuro, dispuestas en bancadas casi horizontales; su espesor total es de unos setenta metros. La mayor parte de estas calizas son magnesianas, verdaderas dolomitas, y algunas están formadas de placas u hojas muy delgadas, cuyos lechos de sedimentación no son planos, sino alabeados. Aunque parecen concordantes con las capas de calizas liásicas que forman los cerros inmediatos al valle donde se emplazó el sondeo, tanto en su estructura física como en sus condiciones de sedimentación difieren bastante de aquellas rocas secundarias. Estas dolomitas de Pinzales son muy yesíferas y presentan, a nuestro juicio, grandes analogías con las calizas dolomíticas dispuestas en placas muy delgadas conocidas con el nombre de *Blasenschiefer*, de Turingia. Entre estos bancos se intercala un conglomerado de pequeño espesor de tipo milonítico, compuesto de pequeños fragmentos angulosos de caliza, unidos por un cimento también calizo.

A los noventa metros, aproximadamente, de profundidad, la sonda penetró en una gran masa de margas grises, negras y rojas, verdaderamente abigarradas, de cuyo terreno ya no salió hasta los 403 metros en que se dió por terminado el sondeo. En estas margas abigarradas domina el color rojo ladrillo oscuro (del matiz de la hematites parda) con pintas o manchitas verdosas del tamaño de lentejas; en todas ellas abunda extraordinariamente el yeso.

Entre los niveles 150 y 200 metros, se atravesaron margas de un color

gris oscuro con fauna marina, de *Schizodus* y *Mytilus*, algunos bancos completamente cuajados de estos lamelibranquios, de muy pequeño tamaño. Desgraciadamente su estado de conservación, bastante mediocre, no permite hacer determinaciones tan precisas de las especies encontradas como fuera de desear, dado el interés que reviste esta fauna. Estas margas grises son de estructura concoidea, y algunas de ellas, más blandas y yesosas, ofrecen impresiones de hojas de *Pinites permiensis*, B. Renault, y de brácteas de *Antholithus permiensis*, B. Renault. Sobre todo estas últimas impresiones son abundantísimas en toda la extensión vertical del conjunto margoso.

Entre los niveles 200 y 250 metros se atravesó un banco de regular espesor de una arenisca gris clara, algo rosada, muy micácea, con algunos nódulos de sulfato de cal. Los estratos aquí tienen una inclinación de unos 15 grados.

Por debajo de las margas de *Schizodus* siguen predominantemente las margas rojas, de color ladrillo oscuro, yesíferas, con abundantes impresiones de brácteas sueltas de *Antholithus*. Entre 350 metros y 350,60 metros, una capita de marga negra yesífera, y desde este último nivel hasta el de los 400 metros vuelven las margas rojas y grises, pero aquí con numerosos nódulos de anhidrita de color de rosa pálido y capitas de yeso blanco sacaroide hasta convertirse en un verdadero conglomerado de nódulos de anhidrita, generalmente del tamaño de nueces (*kies* de los alemanes) empastados en una arcilla compacta de un color rojo oscuro. Algunas grietas de la arcilla han sido rellenadas por el yeso procedente del ataque de la anhidrita por las aguas de infiltración. Esta roca singular, bellísima, de aspecto marmóreo en superficie pulimentada, que jamás habíamos encontrado ni hemos visto citada entre las rocas pertenecientes a los terrenos de la Península Ibérica, tiene, a nuestro juicio, una significación interesantísima que más adelante analizaremos. (Láminas 4 y 5.)

Entre los 400 y 401 metros se intercala un banquito de arenisca cuarzosa de color claro, de grano muy fino, algo micácea, con capitas de yeso interestratificadas de un centímetro de espesor. Al muro, hasta los 403 metros en que se suspendió el sondeo, continúan las margas rojas arcillosas.

La inclinación de los estratos en la zona inferior del sondeo es de unos 25 a 30 grados.

ESTRATIGRAFÍA

GENERALIDADES SOBRE EL PÉRMICO DE DIFERENTES PAÍSES

La Paleontología y Petrografía de los estratos atravesados por el sondeo de Pinzales, indican claramente la edad pérmica de estos terrenos.

Barrois, en su obra clásica sobre Asturias (1), fué quien primero señaló la existencia del Pérmico en esta provincia, representado por los *mimofiros* de Gargantada y de otros lugares, a causa de su semejanza litológica con los conglomerados poligénicos de elementos eruptivos franceses y germánicos de la base del *Rothliegende*. Posteriormente, el descubrimiento hecho en Pola de Siero por el autor de estas líneas de flora característica de esta edad (2), confirmaron rotundamente aquella clasificación del eminente geólogo francés.

En nuestro estudio *La formación uraliense asturiana*, de 1920, hemos dedicado un capítulo a los terrenos pérmicos de Asturias, señalando varios afloramientos del horizonte de los *mimofiros* de Barrois en distintos puntos del centro y del oriente de la provincia, y hemos llegado a la conclusión de que por debajo de los terrenos secundarios de la región septentrional de Asturias, a lo largo de la costa, era probable la existencia de una cuenca permocarbonífera que en determinados lugares pudiera ofrecer excelentes condiciones para su explotación.

Los perseverantes trabajos de los Sres. Felgueroso Hermanos han confirmado plenamente esta hipótesis. Varios sondeos y un transversal de investigación han cortado el terreno carbonífero a poca profundidad en San

---

(1) CHARLES BARROIS: *Recherches sur les terrains anciens de Asturies et de la Galice.* — Lille, 1882.

(2) *La formación uraliense asturiana*, pág. 44.

Martín de Huerces y en Leorio (Gijón) (1) con excelentes capas de hulla. Intimamente relacionados con este terreno e intestanto con él, los estratos de Pinzales ofrecen características paleontológicas y petrográficas francamente pérmicas, pero completamente distintas de las que han presentado los estratos cortados en los trabajos del pozo y transversal de Puente Vergueres (Pola de Siero). La flora de este terreno, en la que abundan extraordinariamente las especies *Callipteris conferta, Walchia piniformis, Pecopteris arborescens,* etcétera (2), corresponde a la base del Rothliegende de los alemanes (pérmicos inferior y medio reunidos). Sus rocas son también análogas a las de aquel terreno alemán, cuya base se halla constituída por conglomerados poligénicos de elementos de rocas eruptivas, de ryolitas, andesitas y conglomerados porfídicos y, además, de pizarras arcillosas de aspecto carbonífero, areniscas y arcillas ferruginosas, capitas de caliza, etcétera, etc.

Como se ve, ni la flora ni la litología de Puente Vergueres se parecen en nada a las de los estratos de Pinzales. En cambio, estos últimos guardan una analogía sorprendente con la serie estratigráfica del Pérmico superior o *Turingiense* alemán, conocido allí con el nombre de *Zechstein.*

Es sabido que el tramo superior del Zechstein se halla formado generalmente de arcillas y margas abigarradas con intercalaciones de yeso y calizas dolomíticas. Por debajo de esta serie predominantemente arcillosa y yesífera se desarrollan masas muy potentes de sal gema y de sales potásicas que constituyen los famosos yacimientos de Stassfurt.

Ya hemos visto que la espesa serie de arcillas y margas abigarradas de Pinzales encierra una flora de impresiones de Coníferas igual a la de las capas superiores del Rothliegende de Francia y análoga a las del Zechstein alemán y ruso. En cuanto a la fauna, las margas y pizarras de pequeños *Schizodus* y *Mytilus* contienen especies muy parecidas a las rusas, inglesas y alemanas del Pérmico superior de estos países. Es una fauna empobrecida

---

(1) I. PATAC: «Gijón, cuenca carbonífera.» *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería,* Madrid, números 3.215 (8 mayo 1930) y 3.301 (24 febrero 1932).

— «Visita a los trabajos mineros de los Sres. Felgueroso Hermanos.» *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería,* número 3.263 (8 mayo 1931).

(2) I. PATAC: *La formación uraliense asturiana.* Gijón, 1920, pág. 44.

de un mar interior de poco calado, en consonancia con las características que reunía el mar del Zechstein.

En el Norte de Alemania, región clásica de este terreno, caracterizan estas hiladas marinas, principalmente las especies *Schizodus obscurus* y *Mytilus Hausmanni.*

En Rusia, en la región de las fuentes del Dwina, el Pérmico superior se presenta bajo la forma de margas abigarradas intercaladas entre capas de fauna marina, de moluscos de agua salobre, y en la cuenca del Volga también se halla constituído por margas abigarradas de fauna salobre. E igualmente en la región del Ural el Pérmico superior de Perm está constituído por arcillas y margas rojas y grises con yesos y sal gema. Y, por último, en la cuenca del Donetz el Pérmico superior se halla compuesto de arcillas y margas rojas y verdes con yeso y sal gema. En todas estas hiladas del Turingiense ruso se observa, a juzgar por la fauna de agua salobre y de reptiles que le caracterizan, que al final del Pérmico se estableció un régimen lagunar en todo el país o por lo menos de un mar interior de gran extensión pero de poco fondo aislado de las grandes cuencas marinas. Sus depósitos detríticos son análogos a los del resto de Europa.

En toda Alemania del Norte los depósitos del Pérmico superior son francamente marinos, aunque con caracteres de un mar interior como el Báltico, el Caspio, etc. Parece indudable, dadas las grandes analogías que ofrece su fauna con la de Rusia, que debió existir en esta época una comunicación directa entre las dos regiones. Pero la de Alemania del Norte era más extensa y su dominio marítimo más importante y más profundo. Anteriormente hemos señalado la constitución de sus hiladas que más adelante detallaremos.

En Inglaterra, el *Magnesian Limestone* es una caliza dolomítica que corresponde exactamente a la caliza del Zechstein con su misma fauna y se halla asociada a pizarras bituminosas y margas rojas con yeso y sal gema.

En Europa central el Pérmico comienza generalmente en concordancia con el Estefaniense, del cual es difícil separarlo. En la cuenca de Saarbrück, el Pérmico superior comprende las *capas de Wadern* y las de *Kreuznach*, es transgresivo con relación al Rothliegende y se halla formado, también, de

pizarras y areniscas finas de un color rojo sombrío a las que se superponen calizas dolomíticas.

En el borde meridional del *Plateau* central, el Pérmico superior de Languedoc termina en una potente serie de pizarras rojas con algunos lechos calizos.

En los Alpes orientales el Turingiense se halla constituído por calizas de *Bellerophon* grises o negras bien estratificadas, frecuentemente dolomíticas o bituminosas con intercalaciones de yeso, superpuestas a masas arcillosas potentes con flora Turingiense. Presenta, pues, grandes analogías con el Zechstein de Alemania, aunque se ignora la región por donde pudieran comunicarse ambas formaciones.

En la región Pirenaica, el Rothliegende, discordante sobre el Pérmico inferior, tiene por base un conglomerado poligénico (análogo a los *mimofiros* de Asturias y al conglomerado de Cantillana, Sevilla), al cual se superponen pizarras grises y negras, areniscas y margas rojas, *argilolithes* (arcillas endurecidas) y calizas dolomíticas del Pérmico superior. Esta serie estratigráfica guarda grandes analogías con la de los Alpes meridionales.

Pasando al Asia, en la Siberia occidental, en la vasta cuenca hullera de Kousnetsk y en el Altaï, al hullero superior marino se superponen en concordancia hiladas de flora pérmica con algunas especies mesozoicas (curiosa mezcla a la que se suma la de formas europeas con otras del hemisferio meridional). El Pérmico siberiano ofrece también la interesante circunstancia de estar recubierto directamente, como el de Pinzales, por capas de edad jurásica.

En el Tonkín el Pérmico superior también está formado de margas abigarradas arcillosas con *Neoschwagerina globosa* y *Sumatrina Andae*, según H. Douvillé.

En America del Norte, en la cuenca Ranges y en las Montañas Rocosas, el Turingiense está formado igualmente de margas rojas con bancos dolomíticos. Fr. Frech ha recogido en estas margas especies del Pérmico superior de Europa o de la India, tales como *Schizodus, Allorisma*, etc.

En Kansas, en la región central, el paso del carbonífero al pérmico se hace de una manera insensible. El Pérmico medio encierra una variada fauna de Lamelibranquios en los que predominan *Schizodus curtus* y *ovatus*. Las hiladas superiores de este terreno están constituídas por margas abigarradas

sin fósiles con intercalaciones de yeso y de sal. Este Pérmico americano guarda grandes analogías con el Pérmico clásico de la vertiente occidental del Ural.

En Texas, las capas del Pérmico superior están constituídas por una potente serie de margas y de areniscas rojas con intercalaciones de yeso y de sal conocidas allí con el nombre de capas de *Double Mountain*. Encierran una interesante y variada fauna de Vertebrados.

En Oklahoma, las mismas hiladas encierran restos de reptiles y lechos marinos con *Bakewelia, Schizodus,* etc.

En el borde atlántico, en Nueva Escocia, el Rothliegende está formado, como el de Europa, por areniscas y pizarras con *Walchia piniformis* y *Pecopteris arborescens,* a las que se superponen arcillas y margas rojas y calizas dolomíticas con *Schizodus Schlotheimi* y *Pseudomonotis Hausmanni,* pertenecientes incuestionablemente al Zechstein.

Obsérvase, pues, una correspondencia perfecta entre el Pérmico de la costa occidental de América del Norte y la región septentrional europea, lo mismo que entre el Pérmico del centro de América y el de Rusia, donde coexisten igualmente las dos facies de margas rojas de Vertebrados y de capas marinas de Lamelibranquios o de Cefalópodos. El Pérmico de la costa occidental americana es parecido también no sólo al del Ural sino al de la India.

En el Norte de Africa el Pérmico tiene la facies germánica con estratos rojos y depósitos de sal y de yeso. En la región oriental, en Abisinia y en Somalia, está también constituído por capas rojas y abigarradas de arcillas y areniscas con yesos y calizas dolomíticas.

En el Africa austral, la gran cubeta permo-triásica del Karroo contiene la serie llamada de *Beaufort,* en cuyas hiladas inferiores se han encontrado restos de un interesante reptil de gran talla, el *Pareiasaurus serridens,* que ha sido encontrado también en las capas superiores del Pérmico del Norte de Rusia, en la región del Dwina.

Este último hecho demuestra que al final de la era paleozoica existía una franca comunicación entre Rusia y el gran continente africano (y seguramente también con la Península Ibérica, por las mismas razones de identidad fáunica en el período antracolítico), y como por otra parte es indudable la existencia en esta época de un continente africano-brasileño, dedúcese que

la identidad de rocas y de facies de la serie estratigráfica del Pérmico superior de estos países tiene un sólido fundamento geográfico.

La teoría de los Continentes a la deriva del malogrado profesor Wegener viene a reforzar aún más esta conclusión.

El empobrecimiento gradual de la flora hullera en el Pérmico y el color rojo dominante de las rocas de este último terreno, indican claramente el establecimiento de un clima desértico en este piso, iniciado ya en el Rothliegende. La extraordinaria abundancia de sedimentos de precipitación química, como el yeso, la sal gema, las sales delicuescentes (potasa, magnesia, etcétera), principalmente en las capas del Pérmico superior, revelan la existencia de un clima sumamente seco.

Ya hemos visto que lo mismo en la región septentrional de Alemania, que en Rusia, que en los Alpes meridionales, que en los Estados Unidos de América del Norte, etc., las rocas predominantes de esta formación son las arcillas rojas acompañadas de areniscas del mismo color. Su origen marino es incuestionable, y todo hace suponer que se depositaron en cuencas poco profundas (de unos 500 metros como máximo) que formaban mares interiores cuya lenta desecación, favorecida por el calor y la sequedad del clima, hizo precipitar las sales delicuescentes disueltas en las aguas marinas, formándose de este modo los grandes depósitos salinos de esta edad.

Como hace notar muy acertadamente E. Haug, la coloración roja dominante de los terrenos pérmicos, desde el Rothliegende inclusive, denota una insolación intensa de estos estratos y un clima exento de humedad. Por el contrario, durante los tiempos carboníferos el clima era húmedo y cálido, favorable, por tanto, a un gran desarrollo de la vegetación, y por eso los depósitos eran grises y oscuros y pudieron depositarse las capas de combustibles. El geólogo alemán Fritz Frech hace la muy juiciosa observación de que *la formación de la hulla y la de las areniscas y margas rojas recíprocamente se excluyen*. Es verdad que en los terrenos hulleros existen algunos estratos rojos, pero pertenecen precisamente a los tramos más pobres en carbón.

La facies hullera supone, pues, un clima muy húmedo, moderadamente cálido, y una atmósfera cargada de nubes y probablemente de anhídrido carbónico. Esta facies pasa gradualmente a otra completamente distinta, de un clima muy seco y muy cálido, de una atmósfera más pura y despejada,

favorable a la formación de depósitos de precipitación química. La máxima intensidad de las características de este proceso climático sucedió durante el Pérmico superior (grandes depósitos de yesos, sal gema y sales delicuescentes), y continuó más atenuada durante el Trías inferior y medio, en cuyas hiladas de areniscas rojas y margas y arcillas abigarradas, predominantemente rojizas también, abundan los yesos y los depósitos de sal gema.

De esta identidad de facies entre el Pérmico y el Trías ha nacido la confusión de muchos geólogos, principalmente de los geólogos rusos, que para evitarse deslindes, no siempre fáciles, agrupan los dos terrenos con el nombre de *Permo-trías*. Mas como, por otra parte, las afinidades del Pérmico con el Carbonífero son bien manifiestas, otros geólogos agrupan estos pisos bajo el nombre de *Permo-carbónico*.

La verdad, a nuestro juicio, está en la perfecta individualidad y caracteres propios de cada uno de ellos, y en que los tiempos pérmicos cierran con el broche magnífico de sus criaderos salinos la fecunda era paleozoica.

LOS CRIADEROS POTÁSICOS DE STASSFURT

¿Concuerdan los estratos atravesados por la sonda en Pinzales con las características que reúnen los terrenos del Zechstein alemán? Hasta ahora, exactamente.

Veamos con algún detalle la serie estratigráfica de los terrenos de Stassfurt y comparémosla con la de Pinzales.

El corte esquemático de los criaderos potásicos de Stassfurt, hecho por Precht (1) (fig. 1), nos muestra la siguiente sucesión de terrenos y capas salinas en sentido descendente: Capa de aluvión reciente, *Zechstein superior*. — Arcillas pizarreñas abigarradas predominando el color rojizo, con intercalaciones de calizas dolomíticas y de yesos. — Banco de *sal gema reciente*. — Banco de *anhidrita principal* y yeso. — Capita de arcilla salina. — Kainita y Silvinita. — Carnalita. — Kieserita. — Polyhalita. — Gran banco de *sal gema antigua*. ZECHSTEIN MEDIO: Banco de *anhidrita antigua*. ZECHSTEIN INFERIOR: Calizas, pizarras cupríferas y conglomerado de base.

---

(1) PRECHT: *Die salzindustrie von Stassfurt.*

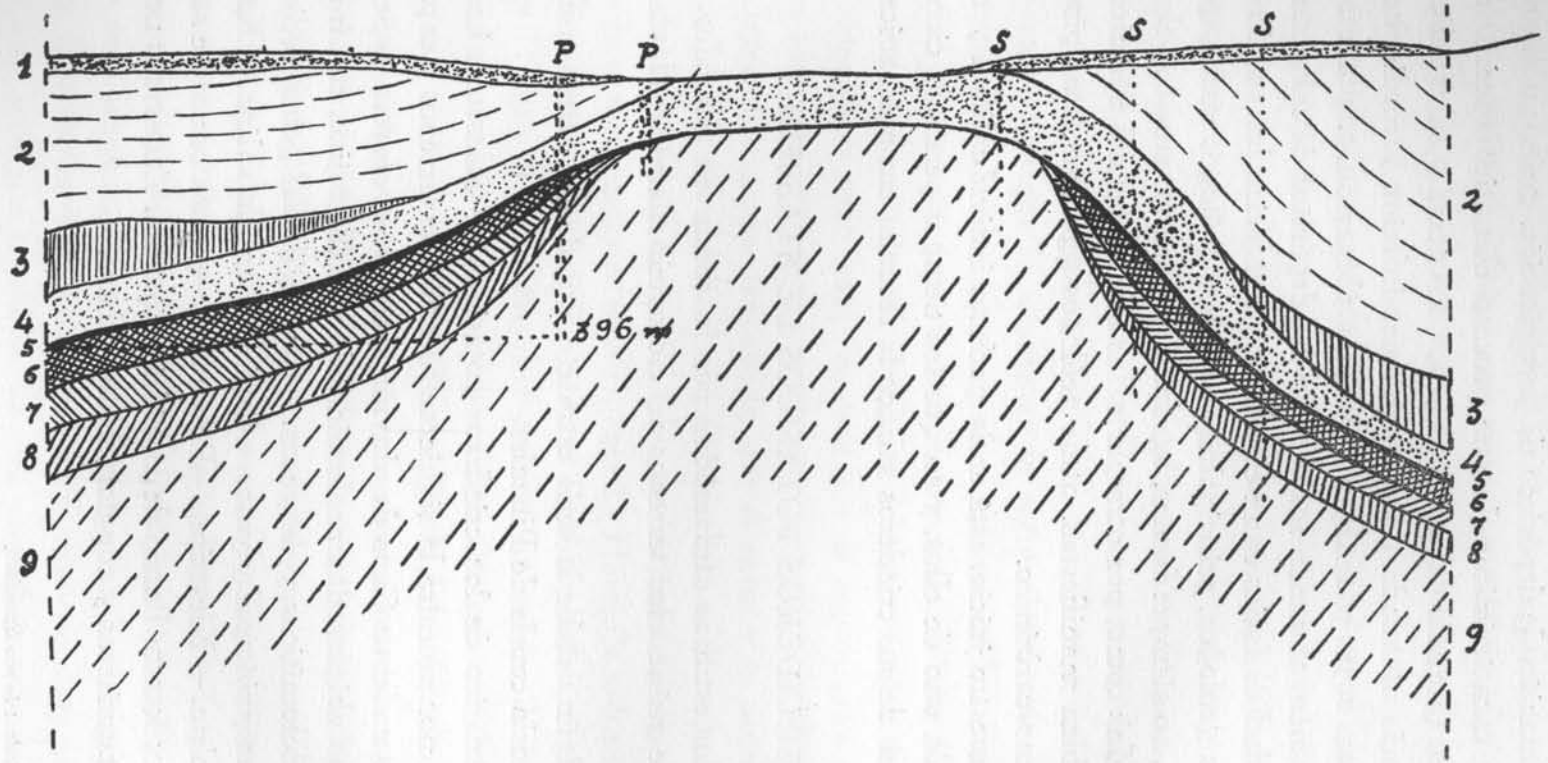


Fig. 1. — *Corte esquemático de los yacimientos potásicos de Stassfurt, según Precht.*

1. Aluviones. — 2. Margas arcillosas abigarradas. — 3. Sal gema reciente. — 4. Anhidrita y yeso. — 5. Arcilla salina. — 6. Carnalita, kainita y silvinita. 7. — Kieserita. — 8. Polyhalita. — 9. Sal gema antigua. — *P.* Pozos. — *S.* Sondeos.

El espesor del manto de arcillas abigarradas que sirve de techo a las capas de sal y que ha impedido por su impermeabilidad la disolución ulterior de las mismas, es variable. Como los criaderos se presentan formando una cúpula o anticlinal, hay zonas, las menos hundidas, donde este espesor no pasa de 150 metros; por el contrario, en las zonas más profundas, dicho espesor puede pasar de los 400 metros. En la parte inferior de esta serie arcillosa existen unas capas de arcilla roja endurecida, con nódulos de anhidrita que constituye un verdadero conglomerado, de 5 a 15 metros de espesor.

Por debajo viene el banco de *sal gema reciente*, muy pura, de un espesor también variable, de 40 a 150 metros. Este banco de sal contiene delgados lechos de *anhidrita* ($CaSO_4$ anhidro) y de *polyhalita* (K_2SO_4, $MgSO_4$, $2CaSO_4$, $2H_2O$) espaciados unos 30 centímetros. Este banco de sal gema suele descansar sobre el banco de *anhidrita principal*, no estratificado, de 40 a 90 metros de espesor. Después viene una capa de arcilla salina, gris, de 4 a 10 metros de espesor, que sirve de techo impermeable a la zona de las sales potásicas. Esta arcilla salina contiene en su parte superior, de 40 a 50 por 100 de carbonato de magnesia: en su parte media, hidratos de magnesia y de alúmina, y en su base, sulfato de calcio: está impregnada de *carnalita*, *bischoffita* y sal gema, como lo demuestran las aguas procedentes de su lixiviación. Luego, entra la zona de las sales potásicas. Primeramente, la capa de *carnalita* ($KCl, MgCl_2$, $6H_2O$), o sea una mezcla de cloruro potásico y de magnesio de 25 a 40 metros de espesor.

La zona de la carnalita tiene generalmente vivos colores, dominando el rojo de la carnalita, coloreada por la interposición de laminillas de óxido de hierro (1). Las diferentes sales de esta zona se reparten, por término medio, del siguiente modo: carnalita, 52 por 100; sal gema, 24 por 100; *kieserita* ($MgSO_4$), 14 por 100; anhidrita, 2 por 100, más arcilla salina con 16 por 100 de cloruro potásico y 12 por 100 de sulfato magnésico. En la masa de la carnalita suelen encontrarse también nódulos blancos de *boracita* ($Mg^7 Cl^2 B^{16} O^{30}$) que según Naumann, procede de la kieserita. La variedad terrosa de la boracita se llama *estassfurtita*. Después, viene la zona de la *kieserita*

(1) Según Precht, este óxido de hierro procede de un cloruro doble de hierro y potasa, que cristalizó al mismo tiempo que la carnalita.

o del sulfato magnésico, de unos 40 metros de espesor, repartido en una masa de sal gema. En esta zona de la kieserita se han reconocido también hacia su parte superior, capas de *Vanthofita, Loeweita* y *Langbeinita* (1). Luego sigue un banco de sal gema de unos 60 metros de espesor, que es la zona de la *polyhalita* con intercalaciones de lechos delgados de dicha sal. Esta zona es la parte superior del gran banco de *sal gema antigua*, de unos 300 a 500 metros de espesor con intercalaciones de lechos de anhidrita de unos siete milímetros, espaciados regularmente de ocho a nueve centímetros, que reciben el nombre de «anillos anuales de anhidrita» (2).

Este gran banco de sal gema descansa sobre otros potentes bancos de *anhidrita antigua*, de unos 70 a 100 metros de espesor con lechos de caliza fétida y delgadas intercalaciones de sal gema. Estos bancos de anhidrita antigua constituyen el Zechstein medio como ya se ha dicho. El Zechstein inferior le forman bancos de calizas de 4 a 10 metros de espesor, llamados *calizas del zechstein*, que se superponen a una capa de pizarras cupríferas *(kupferschiefer)* bastante ricas, principalmente en su parte inferior, en minerales de cobre argentífero, como chalcosina, calcopirita, cobre y plata nativos con galena y pirita. Su espesor medio es sólo de unos 60 centímetros, pero constituye un nivel muy constante. Y, por último, esta capa se superpone a un conglomerado de base, *el conglomerado del zechstein*, de cimento calizo, que suele tener a lo más unos dos metros de espesor.

Como se ve por esta descripción detallada de la serie estratigráfica de

---

(1) *Vanthofita:* 3 $Na^2\ SO_4$, Mg SO_4. — *Loeweita:* 2 $Na_2\ SO_4$, 2 Mg SO_4, 5 H_2O. — *Langbeinita:* 2 Mg SO_4, $K^2\ SO_4$.

(2) La naturaleza de los depósitos potásicos suele ser muy compleja. Las asociaciones prácticamente y científicamente importantes se hallan constituídas por dos minerales potásicos: la *carnalita* y el *silvino* (K Cl). Se encuentra también la *silvinita* (K Cl, Na Cl). Como sales asociadas a ellas se encuentran: el cloruro de sodio solo, o bien éste y la kieserita, y como minerales accesorios: la anhidrita, la boracita, la langbeinita, la *bischofita* (Mg Cl^2 + 6 H^2O), la polyhalita, etc.

Los nombres con que se distinguen en la práctica entre los mineros y los químicos las distintas rocas salinas, son: *carnalita*, mezcla de sal gema-carnalita-kieserita. Everdin, llama a esta mezcla *Hauptsalz (sal principal)*, reservando el nombre de *carnalitita* a la mezcla inicial de sal gema y de carnalita.

Silvinita, asociación de sal gema y de silvino.

Hartsalz (sal dura), mezcla de sal gema-silvinita-kieserita.

Por último, la *kainita* (K Cl, Mg SO_4, 3 H_2O) es una sal de origen secundario o póstumo, que suele encontrarse formando «monteras de sal» en la parte superior de los bancos de sal gema.

Stassfurt, las hiladas atravesadas por el sondeo de Pinzales se pueden paralelizar exactamente con las del tramo de arcillas y margas abigarradas yesíferas con intercalaciones de calizas dolomíticas que constituye el techo de las capas salinas de Stassfurt (fig. 2). Y también en Pinzales, lo mismo que en los terrenos sajones, en la parte inferior de esta serie se encuentra un conglomerado singular, característico del tramo, de arcilla roja endurecida con nódulos rosados de anhidrita, roca que no puede ser confundida, en modo alguno, con ninguna otra de los terrenos paleozoicos ni mesozoicos.

Existe, de otra parte, en Pinzales, como ya hemos dicho, por los datos y hallazgos anteriormente expuestos, una perfecta armonía entre los documentos paleontológicos, petrográficos y estratigráficos que hace llegar a la conclusión de que probablemente en esta y otras regiones de la costa cantábrica pueden existir depósitos de sales delicuescentes de positivo valor industrial situados en inmejorables condiciones para su explotación.

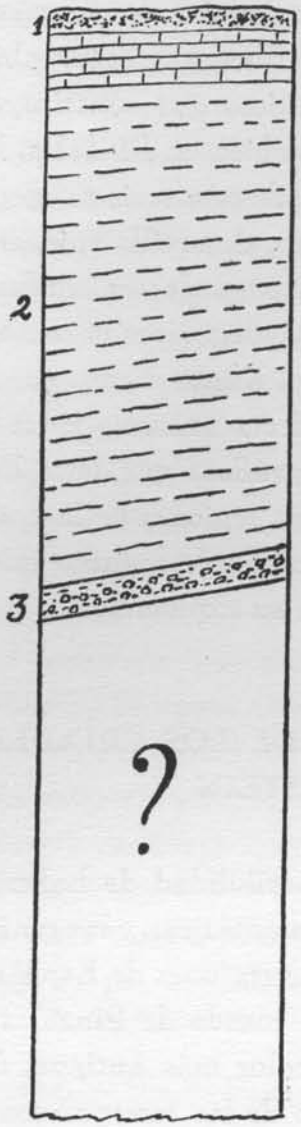
ESTUDIO SOBRE LA FORMACION DE LOS CRIADEROS SALINOS DEL ZECHSTEIN

Examinemos ahora con algún detalle la posibilidad de haberse podido formar en la costa cantábrica criaderos de sales potásicas y las consecuencias que de este examen pueden deducirse para otras regiones de España.

El conglomerado de nódulos de anhidrita rosada de Pinzales revela la existencia de una capa de anhidrita de este color más antigua, de la cual jamás se han encontrado vestigios en ninguno de los terrenos conocidos de Asturias. Pero en el Zechstein alemán existe, intercalada en la masa de sal gema reciente, una capa de anhidrita especial, amarillenta o rojiza, que ha cristalizado al mismo tiempo que la sal y que tiene un aspecto de pegmatita gráfica. Zimmermann denomina a esta capa «anhidrita pegmatítica». Es probable, por tanto, que en Pinzales como en Stassfurt exista también por debajo del conglomerado de nódulos de anhidrita una capa de esta roca intercalada en un banco de sal gema.

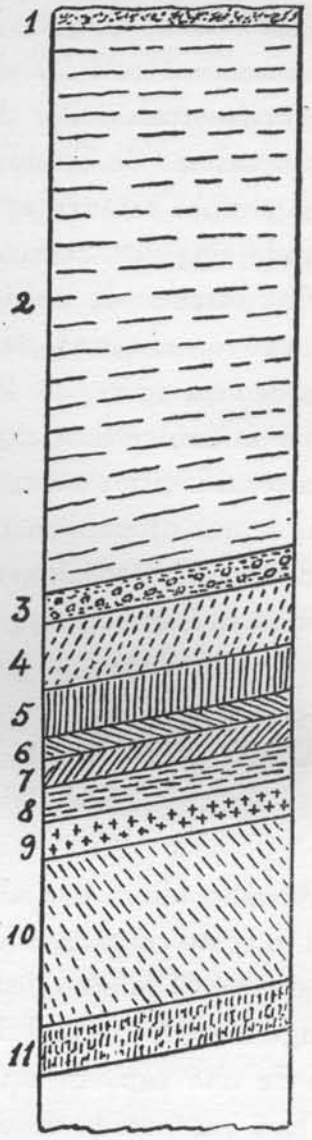
Es bien sabido, de otra parte, la importancia que reviste la anhidrita en los criaderos de sales potásicas, pues constituye, en unión de éstas y de la sal

CORTE ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO DE PINZALES



1. Aluviones.
2. Dolomías y margas abigarradas yesíferas.
3. Bancos de arcilla dura rojiza con nódulos rosados de anhidrita.

CORTE ESTRATIGRÁFICO DE LOS CRIADEROS DE STASSFURT



1. Aluviones.
2. Margas arcillosas abigarradas yesíferas.
3. Bancos de arcilla roja compacta con nódulos de anhidrita (5 a 15 m.).
4. Banco de sal gema (40 a 150 m.).
5. Anhidrita principal (40 a 90 m.).
6. Arcilla salina (4 a 10 m.).
7. Capa de carnalita (25 a 40 m.).
8. Banco de sal común con intercalaciones de kieserita y de la zona carnalita-kieserita (50 a 60 m.).
9. Banco de sal común con lechos delgados de polyhalita: zona de la polyhalita (60 m.).
10. Gran banco de sal común estratificada, con lechos delgados de anhidrita: zona de los anillos anuales de anhidrita (330 m.).
11. Bancos potentes de anhidrita.

Fig. 2.

gema, un grupo característico. Tschermark dice que deben llamarse *incompletos* los depósitos constituídos solamente por sal común y yeso, y *completos* los de sal y anhidrita.

La formación de la anhidrita exige una elevada temperatura, que aunque según hemos visto debió serlo bastante en el Zechstein, difícilmente pudo ser alcanzada en las condiciones climáticas en que se formaron los depósitos salinos. De los esquemas de equilibrio dados por Van t'Hoff, el fundador de la química-física, y de los de J. d'Ans, se pueden deducir, como lo ha hecho Jaenecke, los caracteres de los minerales que constituyen los yacimientos potásicos y las asociaciones que en los mismos se encuentran. Por ejemplo, la transformación del yeso en anhidrita y en agua se producirá un poco por encima de los 100 grados centígrados. Ello exige, o parece exigir, como ha explicado Rinne en 1901, que esta transformación se haya operado como un metamorfismo geotérmico por efecto de una elevación de temperatura operada en las capas de sal cuando se efectúa una potente superposición de otras rocas sobre ellas (1). Estas transformaciones ulteriores o secundarias producidas por una elevación de temperatura, explican también la existencia en los criaderos potásicos de las llamadas «sales termófilas», tales como la *hartzalz* o sal dura (mezcla de sal gema-silvinita y kieserita), que exige una temperatura mínima de 72 grados; la vanthofita, de 46 grados, y la langbeinita, de 37 grados. Geológicamente no parece admisible que estas temperaturas hayan podido alcanzarse en la época del Zechstein.

De todas suertes es incuestionable que la formación de los criaderos de sales potásicas ha exigido una temperatura excepcionalmente elevada.

El color rojo dominante en las arcillas y margas de Pinzales, la escasez de restos de flora y fauna y, principalmente, el conglomerado de nódulos de anhidrita de la parte inferior de la serie atravesada, demuestran la existencia de unas condiciones climáticas análogas a las del

---

(1) No solamente el notable petrógrafo F. Rinne, profesor de la Universidad de Leipzig, considera la formación de las rocas y sales de los criaderos del Zechstein como un *metamorfismo geotérmico*, sino que participan también de la misma opinión los eminentes geofísicos S. Arrhenius, R. Lachmann, M. Naumann y E. Jaenecke, que han estudiado casos particulares de la transformación de estas sales por una elevación de temperatura como resultado de un descenso de sus capas y de su recubrimiento por otras rocas.

Zechstein alemán, es decir, de una facies idéntica a la de los criaderos de Stassfurt (1).

La formación de esta clase de criaderos debe haberse efectuado, según algunos geólogos, en cubetas marinas de poco calado, casi aisladas de los grandes océanos, aunque en comunicación con ellos por medio de canales de pequeña anchura. El clima desértico, la ausencia de precipitaciones acuosas y la acción permanente de una elevada temperatura, favorecerían la evaporación de las aguas de estas cubetas marinas que cada vez se enriquecerían más y más en salinidad. Las pérdidas serían renovadas por las aguas oceánicas, que de esta manera contribuirían al enriquecimiento gradual y constante en sales de las aguas de la cubeta.

Como tipo actual de estas cuencas se cita el golfo de Kara-Boghaz, casi aislado del mar Caspio y solamente en comunicación con él por un canal estrecho y poco profundo. Aunque las condiciones actuales del clima en aquella región no son ni siquiera comparables a las que debieron existir en la época del Zechstein, no obstante se observa que las aguas del golfo de Kara-Boghaz se enriquecen constantemente en salinidad y cuando el grado de concentración llega a su límite, la sal acaba por separarse y precipitarse sedimentándose en su fondo. Actualmente se depositan allí caliza, yeso y sal de Glaubero.

El depósito o precipitación de las distintas sales en esta clase de cuencas marinas efectúase siguiendo el orden de su solubilidad y de su concentración,

---

(1) Estos famosos criaderos fueron reconocidos por el fisco prusiano a principios de enero de 1856 por un sondeo que cortó el yacimiento potásico desde los 255,5 metros de profundidad. Como el valor de las sales potásicas para la agricultura era desconocido en aquella época, los trozos de sal fueron arrojados a las escombreras. Cinco años después, en 1861, se entregaron al mercado las primeras sales potásicas, en cantidad de 2.293 toneladas, y al año siguiente, en la Exposición Universal de Londres, se dió a conocer al mundo la existencia de estos magníficos yacimientos. En el año 1882 la explotación de sales potásicas de Alemania fué de 1.212.435 toneladas. En 1914, de 7.845.625 toneladas, y en 1920, de 11.386.138 toneladas.

La mayor competencia que actualmente se deja sentir en Alemania en esta industria es la de Rusia, que poco a poco se va haciendo gran productora de potasa. Recientemente han entrado en producción en este país las minas de Solimansk, destinadas totalmente a la exportación. También Polonia, que primeramente empezó a competir con Alemania en la exportación de carbón, compite ahora igualmente con las menas potásicas de sus criaderos de Kalusz, cuya exportación es objeto de primas.

Se señala también el descubrimiento de importantes yacimientos de potasa en la región SO. de los Estados Unidos de América del Norte.

de suerte que la primera sal que se precipita es la que se halla más abundantemente diluída en la masa de agua. Como en el agua del mar de composición normal el sulfato cálcico es la más abundante (haciendo abstracción del carbonato cálcico), empieza a depositarse primeramente en estado de yeso, después de yeso con cloruro sódico, finalmente de anhidrita con sal gema. En muchos casos, la evaporación se detiene ahí; las aguas madres conteniendo, aparte de la sal gema, notables proporciones de sales de potasa y de magnesia, retornan al mar pasando por encima de la barra que se forma a la entrada del canal alimentador. En casos excepcionales (y esto es lo que debió haber ocurrido, según Ochsenius, en el amplio golfo que existía en el Norte de Alemania en la época del Zechstein) el canal o los canales alimentadores se cerraron antes de que las aguas madres pudieran escapar retornando al mar libre y quedando por tanto aislada la cuenca, y en estas condiciones, el proceso persistente de la evaporación y la ausencia de lluvias determinaría el desecamiento de la cuenca a consecuencia de la precipitación de las sales sódicas, potásicas y magnésicas.

Otros geólogos, como, por ejemplo, J. Walther y E. Erdmann, no admiten la existencia de esos canales alimentadores y de la barra que impide la huída de las aguas madres de las sales potásicas. Su principal objeción consiste en el hecho de no encontrarse restos de animales marinos dentro de los depósitos potásicos. Las aguas alimentadoras de estas cuencas debieron haber arrastrado abundantes organismos marinos, como sucede actualmente en el golfo de Kara-Boghaz. Según estos geólogos, la región donde se depositaron estas sales era una región árida y muy extensa, en comunicación con el océano, en la cual extendíase el vasto mar del Zechstein que iba desde el Ural hasta Inglaterra. Por efecto de la evaporación persistente de las aguas su superficie disminuía gradualmente de una manera importante. Estas circunstancias hállanse de acuerdo con el hecho estudiado por E. Jaenecke, de que los depósitos de yeso y de anhidrita y de las capas de sal exigen que la proporción de agua primitiva experimente una disminución de 75.000 a 3.300 partes. Para que se deposite una mezcla de sal y de polyhalita el volumen debe reducirse a 1.150 partes de agua, en las cuales se hallan disueltas las sales de potasa y de magnesia (fig. 3).

Las sales precipitadas sobre los bordes de la cuenca o las depositadas allí

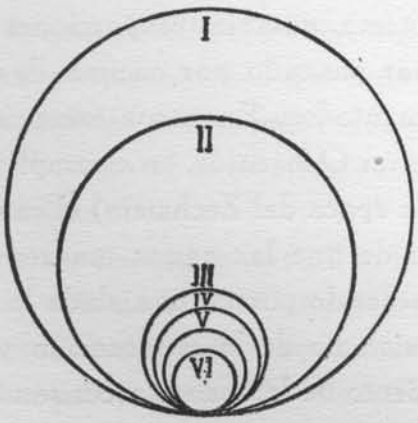


Fig. 3. — *Reducción de la superficie de una laguna marina, según Jaenecke.*

I. Evaporación del agua sin depósito; después separación de los carbonatos.
II. Depósito de yeso.
III. Sal gema y yeso.
IV. Sal gema y anhidrita.
V. Sal gema y polyhalita.
VI. Sal gema y sales de magnesia y potasa.

por efecto de la desecación, son redisueltas en su mayor parte por las lluvias temporales, que las transportan a las cuencas, cada vez más reducidas, y en las que las sales se hallan en una mayor proporción que en las aguas del mar. Por último, la cuenca, por la continua evaporación, quedaría reducida a la región del Norte y Oeste de Alemania, formándose verdaderos pantanos de agua salada. Entonces, a consecuencia de nuevos aflujos de una cuenca en otra y por el aporte de productos de levigación, se producirían cambios temporales de composición en las aguas de estas cuencas. Estos aportes explican la frecuente intercalación de bancos de sal entre las capas de potasa y de magnesia, los lechos de anhidrita en muchas capas de sal y el depósito de un potente banco de sulfato cálcico como base de nuevas capas de sal.

E. Erdmann, en su estudio acerca de las condiciones genéticas de los depósitos de Stassfurt, compara la proporción media de las sales contenidas en el agua del mar y la que presentan aquellos yacimientos. La de las aguas marinas es la siguiente: Cl, 55,30; Br, 0,19; SO_4, 7,76; CO_3, 0,20; Ca, 1,18; Mg, 3,69; K, 1,13; Na, 30,54; lo que da, con relación a 100 partes en peso de cloruro sódico: calcita, 0,43; anhidrita, 4,60; kieserita, 8,48; carnalita, 10,44 (en la que existe 0,4 de carnalita bromurada), y bischofita, 17,89. En volumen, o más bien en espesor de capa, se tendría por cada 100 metros de sal gema: caliza, 0,95 metros; anhidrita, 3,37; kieserita, 7,17; carnalita, 13,99, y bischofita, 23,53. En las capas de Stassfurt se encuentran las proporciones siguientes: 5,71 metros de anhidrita (o bien 20,41, teniendo en cuenta la superpuesta), en lugar de 3,37; 2,25 de kieserita, en vez de 7,17; 4,61 de carnalita, en lugar de 13,99, y nada de bischofita, en lugar de 23,59.

Dedúcese de esta comparación que a la cuenca de agua salada tuvieron que afluir abundantes aguas ricas en sulfato cálcico. La ausencia de bischofita (cloruro magnésico hidratado) podría explicarse por el hecho de que la cristalización en el mar del Zechstein no ha sido completa, más bien que por un escape de la lejía final rica en cloruro magnésico (1).

---

(1) Para poder darse cuenta de la escala en que deben haberse efectuado los fenómenos de desecación de la gran cuenca alemana, basta citar el cálculo hecho por Kayser acerca de la completa evaporación del Mediterráneo, que dejaría, según este geólogo, sobre su fondo una capa de sal de 27 metros de espesor.

Aplicando este resultado a los depósitos salinos de Stassfurt, habrán sido necesarias 40 desecaciones consecutivas de una cuenca como la mediterránea.

El eminente profesor J. H. Van t'Hoff, citado ya anteriormente, ha hecho también profundos estudios sobre la formación de los depósitos de sales marinas, efectuando con sus discípulos interesantes experiencias. Como resultado de sus investigaciones ha publicado unos magníficos esquemas de cristalización, que constituyen la documentación científica más completa acerca de esta importante cuestión, pero en cuyo detalle no es oportuno entrar. Sólo expondremos, en líneas generales, cómo explica Van t'Hoff la formación y la asociación de las diversas sales de las cuencas potásicas. Considera primeramente el caso más simple, el de la disolución de un solo cuerpo: el cloruro sódico, por ejemplo: Desde el momento que la lejía llega al punto de saturación, el cuerpo empieza a precipitarse y continúa depositándose mientras sigue la evaporación del disolvente. El agua madre conserva durante este tiempo una composición constante: la que corresponde a la saturación para la temperatura de la experiencia. Considera después el caso de una disolución de dos cuerpos que no reaccionen químicamente entre sí; por ejemplo: la del cloruro sódico y cloruro potásico. Si este último está en exceso, empieza a precipitarse en seguida, y cuando la lejía llegue a un cierto grado de concentración se precipitarán las dos sales juntas. A partir de este momento, el agua madre conserva una composición constante como disolución saturada de las dos sales, y si la evaporación de la misma prosigue, la lejía se desecará progresivamente. Por el contrario, si es el cloruro sódico el que está en exceso, será el primero en precipitarse, y cuando el agua madre haya alcanzado la misma concentración que en el caso anterior, comenzará la precipitación del cloruro potásico y la lejía se desecará en la misma forma. Este fenómeno químico fundamental, por decirlo así, lo representa gráficamente Van t'Hoff (figura 4) para su mejor inteligencia (1). De dicho esquema se deduce la ley general de cristalización, que puede aplicarse lo mismo a los casos más simples que a los más complicados: *Cuando un cuerpo C (o varios cuerpos) alcanza su grado de saturación, modifícase la composición de la disolución por separación del disolvente y cristalización, de tal suerte, que esta composición se separa más y más de la correspondiente a la saturación de una solución que contuviera solamente el cuerpo C.*

---

(1) F. RINNE: *La Science des roches*. París, 1928, pág. 460.

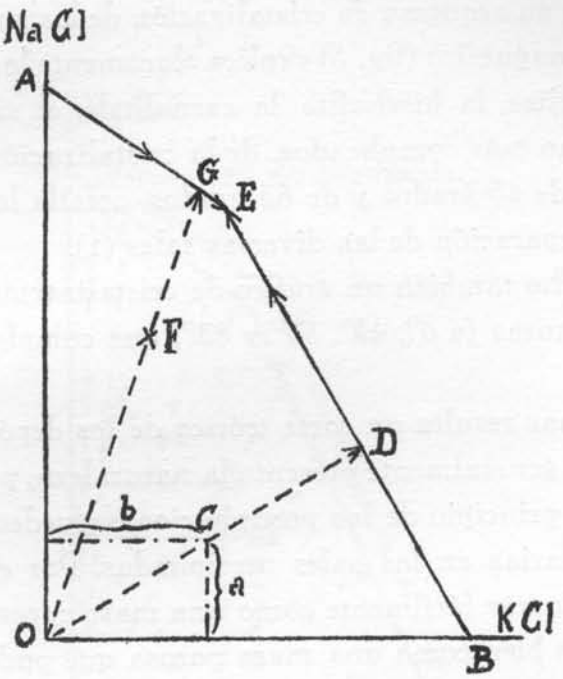


Fig. 4. — *Esquema de la cristalización de las soluciones de cloruro potásico y cloruro sódico a la temperatura de 25° C, de J. H. van t'Hoff.*

Los puntos *A B E* de la figura representan las condiciones siguientes: 1.000 moléculas de agua contienen en moléculas:

	NaCl	KCl
A) Saturación por NaCl solo	111	0
B) Idem íd. KCl solo	0	88
E) Idem íd. NaCl y KCl	89	39

La línea *AE* representa la proporción de NaCl de la solución cuando la cantidad de KCl crece; la línea *BE*, la proporción de KCl para cantidades crecientes de NaCl. Tomemos ahora una solución no saturada cuya proporción en NaCl y KCl esté figurada por el punto *C*. Por evaporación toda la sal permanece en un principio en la solución, y, por consiguiente, la relación *(a:b)* del KCl al NaCl en disolución permanece constante. Solamente hay separación de agua y concentración; este fenómeno está representado por la línea recta *OCD*, que indica una relación constante en todos sus puntos del NaCl al KCl. Al proseguir la evaporación se deposita KCl; la relación del NaCl disuelto al KCl disuelto varía, pues, a favor del NaCl, el punto representativo se desplaza de *D* hacia *E*. Al llegar a este punto las dos sales se depositan simultáneamente y la composición del agua madre permanece constante hasta su completa desecación.

Si, por el contrario, tomamos una solución cuya composición se halle representada por el punto *F*, cuando la línea *AE* llegue al punto *G*, la solución empieza a depositar NaCl, y a partir del momento en que se llegue al punto *E* (punto final de cristalización) se deseca, conservando una composición constante, como en el ejemplo anterior.

En el primer caso, al llegar al punto *D*, la línea de cristalización va de *D* hacia *E*. En el segundo, al llegar a *G*, la línea de cristalización va de *G* hacia *E*. Las flechas indican el sentido del fenómeno. Para una temperatura determinada (de 25°, por ejemplo), sólo hay una solución *E*, de NaCl y KCl, que deposita simultáneamente las dos sales.

Van t'Hoff, con su esquema de cristalización de las soluciones de cloruro potásico y cloruro magnésico (fig. 5) explica claramente los momentos en que se separan de las lejías, la bischofita, la carnalita y el silvino. Y con otros dos esquemas mucho más complicados, de la cristalización del agua del mar a las temperaturas de 25 grados y de 83 grados, detalla los momentos y circunstancias de la separación de las diversas sales (1).

Jaenecke ha hecho también un gráfico de cristalización del agua del mar a distintas temperaturas (a 0°, 25°, 55° y 83°) que completa los estudios de Van t'Hoff.

De estos esquemas resulta un corte teórico de los depósitos de sal que se separa algo del que generalmente presenta la naturaleza, pero debe tenerse en cuenta que desde el principio de las precipitaciones pueden producirse transformaciones secundarias en las sales precipitadas. Por ejemplo, el yeso, al que no puede imaginarse fácilmente como una masa rocosa, compacta e impermeable, sino más bien como una masa porosa que pudo haberse impregnado al principio de la cristalización por una lejía pobre en cloruro sódico y rica en cloruro magnésico, lo que daría un yeso inestable, fácilmente transformable en anhidrita. De la misma manera otras sales precipitadas primeramente pueden ser redisueltas o pseudomorfizadas. También deben tenerse en cuenta las observaciones anteriormente expuestas de J. Walther y principalmente de E. Erdmann y Rozsa acerca de las transformaciones experimentadas por la composición del agua del mar del Zechstein debidas a corrientes de aguas saladas y a transgresiones. Según Erdmann, la solución no era un agua de mar de salinidad normal, y, por lo tanto, como consecuencia de un enriquecimiento en cloruro magnésico pudo depositarse con el cloruro sódico anhidrita en lugar de yeso, lo que explicaría la presencia de dicha roca en la base de las capas de sal. Muchas particularidades de los yacimientos pueden explicarse por pseudomorfosis de los depósitos primitivos por efecto de corrientes y de inundaciones debidas a transgresiones; pero como dice muy acertadamente F. Rinne, la formación y paragénesis de ciertas sales que tienen por causa una temperatura relativamente elevada constituyen un problema geogenético de los más oscuros.

---

(1) F. Rinne. Loc. cit., págs. 461 y 462.

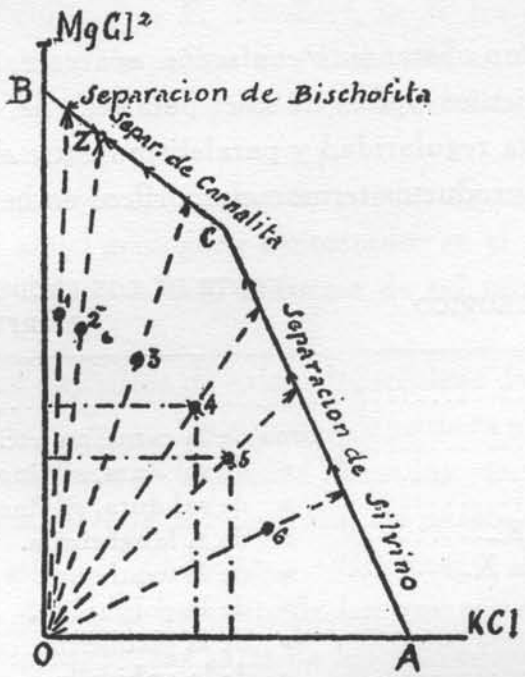


Fig. 5. — Esquema de la cristalización de las soluciones de cloruro potásico y cloruro magnésico, según J. H. van t'Hoff.

Cuando una solución contiene, a la vez, $MgCl^2$ y KCl, el $MgCl^2$ se combinará con 6 H^2O para formar la bischofita y los $MgCl^2$ y KCl podrán formar una sal doble, la carnalita KCl, $MgCl^2$ 6 H^2O. El camino 1 de la figura conduce a un depósito de bischofita, y al llegar a *Z*, a un depósito simultáneo de bischofita y de carnalita. El camjno 2 pasa directamente a esta doble cristalización. El 3 indica, en primer lugar, la formación de carnalita, y seguidamente el depósito de esta sal simultáneamente con la bischofita. El trayecto 4 corresponde a la formación del silvino (KCl) y en seguida, al llegar a *C*, a la formación, paralelamente, de carnalita, conteniendo KCl. Pero *C* no es el último punto de cristalización; el silvino que se ha separado debe ser reabsorbido o sufrir una pseudomorfosis para ser empleado en la formación de carnalita: lo mismo sucede en los trayectos 5 y 6. Hay evidentemente una tendencia a la formación de bischofita ($MgCl^2$ 6 H^2O) cuando en la solución la proporción molecular de $MgCl^2$ es mayor que la de KCl ($MgCl^2 > KCl$), pues estando definida la carnalita por $MgCl^2 : KCl = 1:1$, para la separación de bischofita es necesario que $MgCl^2$ esté en exceso. La línea 5 que corresponde a $KCl : MgCl = 1:1$ deberá, pues, conducir finalmente a un depósito de carnalita tan sólo, y lo mismo sucederá en el caso de la línea 6, que no alcanza el punto *Z*, contrariamente a las líneas 1 a 4.

Anteriormente dejamos expuesta la opinión de Rinne acerca de este asunto, que atribuye la paragénesis de ciertas sales a fenómenos de metamorfismo geotérmico.

De todos modos, no obstante la confusión aparente, se puede llegar a reconocer en los yacimientos típicos de sales potásicas del Zechstein (Stassfurt y Bernberg) una cierta regularidad y paralelismo entre el corte primitivo teórico y el corte de los productos termometamórficos en la siguiente forma:

CORTE PRIMITIVO TEÓRICO	CORTE DE LOS PRODUCTOS TERMOMETAMÓRFICOS
Zona de la bischofita.....	.....
» de la carnalita.	zona de la carnalita, etc.
	» de sal dura, silvino, kieserita.
» de la kainita.....	» de sal dura, silvino, kieserita.
» sulfatos de Mg y K.....	» de la langbeinita.
» íd. de Mg sin K.....	» de la vanthofita.
» de la polyhalita.....	» de la polyhalita.
» de la anhidrita.....	» de la glauberita.
» del yeso.....	» de la anhidrita.

Aparte de los fenómenos de metamorfismo de esta clase de yacimientos, existen otros, como el de la formación de la capa de arcilla salina gris situada al techo de las capas de sales potásicas en la que Zimmermann ha encontrado fósiles marinos, lo que demuestra que este horizonte ha sido formado durante una invasión marina e indica, por tanto, una disminución de salinidad en la cuenca. Y como sobre esta capa de arcilla salina se encuentra el gran banco de «anhidrita principal», esto denota una *recurrencia* de la sedimentación de las sales.

LOS CRIADEROS POTÁSICOS DE ALSACIA

Existe otro fenómeno muy interesante, que es el de la formación secundaria de las sales por disolución y recristalización de las mismas en otras cuencas que pueden ser de distinta edad geológica. A este fenómeno le ha llamado Everding de las «sales descendentes», y a él puede atribuírse la formación de

las sales duras del mediodía del Harz, ricas en anhidrita y en arcilla, y, por tanto, favorables a la explicación por medio de inundaciones de agua salada, pero principalmente, como cree E. Harbort, la de los depósitos terciarios, oligocénicos, de sal gema y de potasa de Mulhouse, en Alsacia, que Harbort cree procedentes del Zechstein de la región comprendida entre el Vogelsberg, el Eichfeld y el Rhön.

Disueltos estos depósitos del Zechstein por las aguas terciarias, han sido transportados, según aquel geólogo, y depositados en el valle del Rhin, mezclados con margas y dolomías bajo la forma de sal gema, silvino y algo de carnalita.

Es decir, que estos depósitos de sales oligocénicas deberán ser considerados como depósitos descendentes o alóctonos de primera aloctonía. La ausencia en esta clase de yacimientos de las sales llamadas «termófilas», que exigen para su formación una elevada temperatura, así parece confirmarlo. De otra parte, es indudable que las condiciones tectónicas y climatológicas en los tiempos oligocénicos distaban bastante de las que concurrieron en la época del Zechstein. Por esta razón, las sales de los yacimientos de esta edad presentan una complejidad mucho mayor que las de los depósitos terciarios.

La cuenca potásica del Alto Rhin corresponde al valle de hundimiento de este río, y se extiende desde la Selva Negra, el Jura y los Vosgos en una longitud de 21 kilómetros por 14 de anchura. M. Forster, que ha sido uno de los geólogos que mejor han estudiado esta cuenca, ha hecho una descripción muy detallada de la misma, cuya serie estratigráfica en sentido descendente es como sigue:

1.° Conglomerado pleistoceno con arcilla (54 a 145 metros).

2.° Marga azul con areniscas calcáreas fracturadas y pizarra bituminosa de peces y marga de foraminíferos (hasta los 765 metros).

3.° Pizarra dolomítica, anhidrita, con capas de sal gema y dos capas de sales potásicas (hasta los 1.000 metros).

4.° Formación de mineral oolítico (eoceno) (23 metros).

5.° Caliza jurásica.

La formación salina, propiamente dicha, la constituyen tres clases de margas abigarradas, fajeadas y verdes. La sal gema comienza en la zona inferior de las margas abigarradas, y alcanza su principal desarrollo en las

margas fajeadas. Las margas verdes no contienen más que anhidrita. La zona salina encierra de 35 a 50 por 100 de sal gema; el resto está constituído por margas, arcillas y anhidrita. La sal gema no se presenta generalmente en masa compacta, sino más bien en capas delgadas alternantes con margas y arcillas, y la potencia de sus bancos no suele pasar de unos 16 metros. Su espesor total es de unos 250 metros.

Dentro de este banco de sal gema existen dos capas de sales potásicas de distinta potencia y composición. La capa primera, cuyo espesor oscila entre 0,80 y 1,50 metros, se halla constituída por una serie de lechos de silvino y silvinita, entre los que se intercalan otros de sal gema: su ley en KCl suele ser de 42 por 100.

La segunda capa, situada de 16 a 26 metros por debajo de la anterior, tiene una potencia de 3,70 a 5,40 metros, con una media de 4 metros, y se halla constituída por una serie de lechos de silvinita y sal gema, con intercalaciones pizarreñas en lechos a veces muy delgados; es más sucia que la primera, y, por tanto, de menor ley en KCl, que es de 35 por 100. Al techo de esta segunda capa se encuentra una zona carnalítica de 0,50 metros de espesor. Algunas veces se intercalan, aunque es poco frecuente, delgados lechos de kieserita. Existen también en este horizonte numerosos lechos de arcilla y de pizarra bituminosa.

La sal gema que acompaña a estas capas potásicas suele ser amarillenta y rojiza; la potasa rica, el silvino, tiene generalmente un color rojo vivo, aunque a veces es rosado y otras de un blanco lechoso; casi siempre está cerca de la sal roja, lo que indica que las sales de hierro y las alcalinas se precipitaron juntas.

La carnalita sólo se encuentra en la capa de 0,50 metros ya señalada al techo de la segunda capa. Esta se extiende sobre una superficie de 180 kilómetros cuadrados, mientras que la capa superior no ocupa más que una superficie de 85 kilómetros cuadrados.

Una curiosa particularidad de estos yacimientos es su elevado grado geotérmico, que es de 17 metros (en vez de 32 metros); así que a los 660 metros la temperatura es de 42 grados. Presentan también bastante grisú, no las capas mismas de sal, sino su techo y su muro, formados de pizarras bituminosas, principalmente el primero.

Evalúase el tonelaje contenido en esta cuenca en 1.500 millones de toneladas de silvinita de una ley de 20,5 por 100, que equivalen aproximadamente a 300 millones de toneladas de K_2O.

La profundidad a que se encuentra la potasa varía de 368 metros en Battenhein a 960 metros en Meinhein. La media es de unos 600 metros (1).

Las dos capas de sales potásicas conservan sus caracteres propios en toda la cuenca, pero estos caracteres no son completamente iguales. Como ya se ha dicho, la capa inferior tiene el aspecto de una capa muy removida; denota haberse formado en un régimen de aguas algo tumultuoso; todos sus materiales están mezclados confusamente sin presentar lechos de estratificación bien diferenciados, por lo que se deduce que se ha formado en una cuenca que se comunicaba frecuentemente con el mar, sucediéndose en ella bruscas alternativas de facies de evaporación y facies de mar libre.

La capa superior, por el contrario, apenas presenta intercalaciones pizarreñas y denota, por tanto, una sedimentación continua y tranquila.

De la comparación de estas dos capas de sales potásicas se desprende claramente el hecho de que las condiciones de sedimentación no fueron exactamente las mismas. En la segunda capa coincidieron dos clases de depósitos, químicos y mecánicos, por el aporte de lejías salinas impurificadas con productos de denudación. Decantados estos productos, aquellas lejías, más

---

(1) El descubrimiento de esta cuenca potásica alsaciana reviste un particularísimo interés, pues realza el valor práctico de las observaciones geológicas bien fundamentadas. Su descubrimiento se debe a la semejanza geológica de los alrededores de Mulhouse y de Pechelbronn. Es bien sabido que en esta última región se viene explotando petróleo desde hace bastantes años. Como la facies de los terrenos de Mulhouse es semejante a la de Pechelbronn, en el año 1869 se emprendió un sondeo al Sur de Mulhouse en busca de combustible líquido. A los cien metros de profundidad se atravesó un banco de sal, pero como no se encontró petróleo el sondeo fué abandonado. Forzoso es reconocer que estos primeros prospectores no poseían una gran perspicacia minera. En todo el mundo los yacimientos de petróleo guardan una íntima relación con los de sal gema. En la cuenca potásica de Stassfurt se encierran yacimientos petrolíferos; varios sondeos efectuados en Oelheim Holtzen han suministrado petróleo durante varios años. Los yacimientos de Pechelbronn contienen aguas saladas y las rocas encierran cristales de sal gema.

En el año 1904 fueron reanudados los sondeos, y esta vez en el bosque Nonnerbruch, a los 358 metros de profundidad, se atravesó un banco de sal gema conteniendo cloruro potásico. Entre 625 y 649 metros, la proporción de cloruro potásico fué la más importante. La existencia de esta sal fué reconocida por un alsaciano, M. Vogt, a quien en realidad se debe el descubrimiento de la cuenca.

La producción de Alsacia es de unos 4.500.000 quintales métricos de K_2O.

puras, pudieron proseguir el proceso natural de su recristalización en condiciones de excepcional pureza.

En resumen, la facies de esta cuenca con sus lechos alternativos de margas, arcillas y sales claramente sedimentados juntos y la ausencia de sales complejas denotan que las lejías salinas mezcladas con tierras (producto sin duda de la disolución y denudación de otros estratos preexistentes) formaron estos yacimientos por una doble sedimentación química y mecánica, favorecida la primera por una evaporación intensa que hizo disminuir rápidamente el área primitiva de depósito, como lo confirma por otra parte el valor de la relación entre las superficies cubiertas por las dos capas de sales potásicas.

Las condiciones climáticas de estos depósitos no eran semejantes a las del Zechstein; se separan de ellas, a nuestro juicio, en dos de sus características principales, a saber: en una temperatura menos elevada y en una precipitación acuosa abundante y regularmente repartida. No reinaba, pues, en el Oligoceno inferior un clima desértico, sin lluvias, como el del Zechstein, sino un clima cálido, de tipo tropical, quizá más cálido que en la época hullera con períodos de lluvias abundantes.

El aporte de las lejías alcalinas, sódicas y potásicas tuvo que proceder de unos terrenos más antiguos, ricos en estas sales, y esta clase de terrenos sólo han existido en la época del Pérmico superior, en la que se reunieron excepcionales características climáticas para que pudieran concentrarse en amplias cuencas de evaporación las aguas marinas y precipitarse según las leyes de la cristalización. La sal gema y los yesos del período triásico representan, sin duda, como ya se ha explicado, la facies terminal de aquellos fenómenos, y en general se hallan exentos de sales potásicas, por todo lo cual no es probable que los depósitos salinos del Oligoceno inferior procedan de la disolución y lixiviación de aquellos yacimientos (1).

Los grandes movimientos tectónicos de edad alpina, o sea, de final del Eoceno, deben haber jugado, a nuestro juicio, un importantísimo papel en la formación de las sales potásicas de las cuencas oligocénicas. Sublevados por

---

(1) Sólo excepcionalmente se han encontrado sales potásicas en el Trías. Cítase la presencia de la polyhalita en un sondeo ejecutado en Dieuze, en el keuper de la Lorena y la de aquella sal y de la löweita en los yacimientos de sal del keuper de los Alpes del Norte, cerca de Hallein, Ischl, Hallstadt, etc. Las condiciones climáticas del keuper no eran ya favorables a la concentración y precipitación de las sales potásicas.

las fuerzas orogénicas los bordes y aun los suelos de estas cuencas en determinadas regiones, pudieron emerger en forma de pliegues anticlinales, hiladas del Pérmico superior con sus ricos depósitos de sales sódicas y potásicas, de donde los mares interiores oligocénicos pudieron nutrirse adquiriendo por disolución un enriquecimiento extraordinario y excepcional en estas sales, y luego, la evaporación intensa de estas cuencas dió origen a los nuevos depósitos de sales alóctonas o «descendentes».

De este modo pudieron haberse formado los yacimientos potásicos de Alsacia, por precipitación de las sales procedentes de los enormes depósitos del Zechstein del Norte de Alemania.

LOS CRIADEROS POTÁSICOS DE CATALUÑA

En España se ha descubierto recientemente, y también por casualidad, una importantísima cuenca potásica de la misma edad y características principales que las de la cuenca alsaciana (1).

---

(1) He aquí cómo describe Agustín Marín en su obra *La Potasa* (tomo I, pág. 159) el descubrimiento de esta cuenca: «Aunque la casualidad ha sido el origen del descubrimiento de la sal potásica en Cataluña, como luego veremos, ya hubo un hombre de ciencia que habiendo estudiado los criaderos de Stassfurt, había llamado la atención al Gobierno sobre lo conveniente que sería hacer investigaciones en Cataluña para buscar sales potásicas, región que cuenta *entre sus magnificencias naturales las renombradas salinas de Cardona*. Con esta frase se expresaba en 8 de abril de 1897 en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, el Ingeniero de Minas D. Silvino Thos y Codina, a quien es justo se rinda el homenaje a que se hizo acreedor.

»Los Sres. Viader y Macary, realizaron algunos trabajos en la mina de sal común de Suria, conocida hacía muchos años y situada como a un kilómetro al Sur del referido pueblo. Querían hacer la misma explotación salina que de tiempo antiguo se hace en Cardona. La mala calidad de la sal arrancada de la mina de Suria, unido a su especial sabor, llamó la atención de los dueños de la mina, y efectuado un análisis, resultó que en vez de hallar la sal común que buscaban, encontraron un criadero de carnalita. Dándose cuenta de la importancia del hallazgo, los Sres. Macary y Viader hicieron nuevos registros mineros y constituyeron la Sociedad Bordelaise. Enteradas las compañías, especialistas en abonos, del descubrimiento, se apresuraron a registrar el terreno, que presentaba probabilidades de contener sales potásicas.»

Conocedor el Instituto Geológico de este descubrimiento, se apresuró a enviar a Cataluña a dos de sus geólogos más distinguidos, los Sres. Rubio y Marín, quienes hicieron un primer estudio de la cuenca, reconociendo su importancia. Pero ya la porción más accesible y mejor situada de los yacimientos, había sido denunciada por sociedades extranjeras principalmente y alguna española.

Las capas de sales potásicas afloran en Cardona, siendo en verdad sorprendente su conservación a través de las edades geológicas (aunque estos afloramientos por su carácter «cupuliforme» o «eczémico», es muy probable que daten de fecha relativamente reciente), y que no haya sido reconocida su existencia especialmente por los geólogos catalanes que con tanto cariño han estudiado aquella región.

Corresponde a la extensa mancha oligocénica de la cuenca del Ebro (antes considerada toda ella como miocénica), que ocupa una gran superficie en las provincias de Barcelona y Lérida y se interna en las de Aragón y Navarra. El substratum de la cuenca es, generalmente, el eoceno marino o terreno numulítico (luteciense) muy fosilífero, que se halla constituído por calizas y margas con turritelas, alveolinas y numulites y ocupa una extensa superficie en la dirección pirenaica. Estos terrenos, por haber experimentado los efectos dinámicos de edad alpina, hállanse bastante plegados y en algunos lugares se levantan hasta la vertical. Sobre sus hiladas descansan discordantemente los conglomerados de base de la cuenca oligocénica, que, como es natural, son principalmente visibles en los bordes de esta cuenca. En algunos de ellos, como en los de levante y mediodía, estos conglomerados oligocénicos descansan directamente sobre las hiladas cretáceas. En la región septentrional de la cuenca, los bordes descansan en muchos sitios sobre los terrenos triásicos, liásicos y cretáceos. Hacia el centro de la cuenca los conglomerados de base pasan gradualmente a areniscas de grano más o menos grueso.

La serie estratigráfica de la cuenca oligocénica catalana en sentido descendente es como sigue:

1.° Margas grises y rojas y calizas con *Planorbis*, entre las que se intercalan capas de lignito (Calaf y Mequinenza) (120 a 300 metros).

2.° Margas yesíferas, areniscas y calizas (100 metros).

3.° Margas rojas abigarradas, conglomerados y areniscas (Espesor variable que puede llegar hasta 1.000 metros).

4.° Margas abigarradas, areniscas, calizas y yesos con algunas vetas y nódulos de sal gema (Espesor variable de 100 a 200 metros).

5.° Margas, sal gema y anhidrita en lechos muy delgados y alternativos. (40 a 50 metros).

6.° *Zona potásica superior.*—De 60 a 70 metros, constituída por lechos alternativos de margas, sal gema, anhidrita, carnalita y silvinita, estas últimas de color rojizo, aunque también existe silvinita blanca y de color violeta. En la parte superior del yacimiento (sondeo de Llardella, uno de los más típicos), existe una zona de unos 15 metros en la que se encuentran carnalita y silvinita en lechos alternantes con arcillas y sal gema. El espesor de la sal potásica es de siete metros, con una media del 15 al 18 por 100 de K_2O.

Después viene una zona de unos 50 metros con lechos de carnalita interestratificados en otros de sal gema, lo que representa un espesor de unos 20 metros de carnalita con una riqueza media del 10 por 100 de K_2O. En total puede considerarse esta parte alta de la zona potásica superior como una capa de 27 metros de carnalita y silvinita con una ley media del 14 por 100 de K_2O.

Unos ocho o diez metros por debajo de esta primera capa existe otra segunda formada de dos venas de silvinita, que suman en junto unos siete metros de silvinita, con una ley media de 30 por 100 de K_2O.

7.° Banco de sal gema blanca o gris de 200 a 300 metros de espesor. En la base de este banco se presentan, a veces, algunos lechos de sales potásicas en una zona de dos a ocho metros de espesor, aunque no es un horizonte constante.

8.° Banco de anhidrita y yeso (de dos a diez metros).

La extensión superficial de esta cuenca potásica, aunque todavía no está reconocida totalmente, se estima en unos 300 kilómetros cuadrados, de los cuales están ya bastante bien estudiados por medio de sondeos unos 70 kilómetros cuadrados. La riqueza en potasa de esta zona se estima en unos 300.000.000 de toneladas como mínimo de *óxido potásico anhidro*, o sea de 2.000.000.000 de toneladas de menas potásicas situadas a una profundidad media de 600 metros (1).

Como se ve, la cuenca potásica de Cataluña es en un todo comparable a la famosa cuenca de Alsacia, tanto en edad como en extensión superficial, en profundidad media y en riqueza. Las series estratigráficas de una y otra son también análogas, observándose en ellas un sorprendente paralelismo.

En Cataluña como en Alsacia existen dos capas potásicas bien definidas,

---

(1) Como era lógico suponer la cuenca se extiende más al NO. de la región catalana, aunque es probable que existan en los depósitos salinos algunas soluciones de continuidad. Recientemente los sondeos efectuados en Navarra (en Olaz y Guendalain) por el Instituto Geológico y Minero, han cortado, entre los 196 y 213 metros de profundidad, capas de carnalita con intercalaciones de sal gema y silvinita, atravesándose finalmente, a esta última cota un banco de silvinita de seis metros de potencia, de gran riqueza.

La serie salina de Navarra presenta una composición análoga a la de los terrenos catalanes.

La producción de sales potásicas de España es de unos 300.000 quintales de K_2O (año 1931). El consumo actual de España oscila entre 200.000 y 280.000 quintales métricos de sales potásicas.

interestratificadas entre capas de sal gema, margas arcillosas y lechos de anhidrita, y ambas zonas se hallan contenidas en la masa de un potente banco de sal gema de unos 250 a 300 metros de espesor. Este banco de sal común blanca, en general, y bien cristalizada ofrece intercalaciones espaciadas de lechos de margas y anhidrita.

Claro es que las condiciones de cristalización no fueron rigurosamente las mismas en las dos cuencas, pues la geoquímica de esta clase de yacimientos es la resultante, bastante compleja, de las características tectónicas, de evaporación y meteóricas, de las que dependen los grados de saturación de las lejías de las distintas sales y, por tanto, el orden de precipitación de las mismas. Por esta causa, aun dentro de una misma cuenca, no son siempre iguales las condiciones de sedimentación.

La pureza en general de la sal gema que constituye el gran banco de la cuenca catalana, y de las sales que forman los lechos potásicos de carnalita y silvinita, de carnalita sola y de silvinita sola, en orden descendente, prueban que la cuenca no estaba en una franca comunicación con el mar, y que el aporte de las lejías salinas que fueron enriqueciendo sus aguas se efectuó de una manera continua y progresiva, lo que dió lugar a su precipitación regular y bien diferenciada. Ya hemos visto que, por el contrario, en la cuenca alsaciana los primeros aportes salinos tuvieron que precipitarse en un medio líquido tumultuoso, porque la cuenca estaba entonces en franca comunicación con el mar.

De otra parte, la clase y proporción de las sales potásicas, que tampoco son rigurosamente las mismas en ambas cuencas, dependen evidentemente de las zonas estratigráficas de los terrenos salinos que los movimientos posteocénicos han hecho emerger, y de cuyos afloramientos tectónicos deben haberse nutrido las aguas meteóricas que concurrieron al enriquecimiento progresivo de la cuenca oligocénica, y aun directamente las aguas marinas de esta misma cuenca.

La disposición sedimentaria de las sales potásicas de Cataluña presenta un orden análogo o paralelo al que presentan las capas de Stassfurt, y que es el que corresponde a una cuenca de lejías salinas de cloruro sódico en exceso, y cloruros potásico y magnésico en grados de concentración parecidos a los de aquellos depósitos, pero las sales oligocénicas son más simples y

puras por no haber experimentado, como las paleozoicas, los efectos de termometamorfismo ya explicados.

Agustín Marín, del Instituto Geológico y Minero de España, que tan interesantes y detallados estudios ha hecho de la cuenca catalana (1), reconoce que «las sales potásicas que han producido el criadero catalán no proceden directamente del mar oligoceno, sino que se trata más bien de un criadero de origen secundario. En efecto — añade Marín — todo el borde Norte de la cuenca oligocena está en contacto con depósitos de yeso y de sal común, con algo de potasa del Trías. Nada tiene, pues, de particular que el lago oligoceno se cargara, en presencia de las margas salinas del Trías, de sales de potasa, sosa y magnesia, y principalmente de cloruros, que son los compuestos de aquellos cuerpos más fáciles a la disolución. Ahora bien: alternancias en el clima durante la existencia de este lago pudieron dar lugar a alternancias en el régimen del mismo. Es decir, que a épocas en que las aguas continentales llenaban el lago, pudieron seguir otras en que éste se desecaba, dando lugar a los depósitos enormes de sal común...

»Por último, un período más prolongado de clima tropical y desértico promovió el depósito de las sales potásicas. Al principio, debido a que las aguas no encerraban el 25 por 100 de cloruro magnésico, se pudo precipitar tan sólo el cloruro potásico, dando lugar al gran banco de silvinita. Cuando ya la proporción de cloruro magnésico fuera el 25 por 100, se depositó el cloruro doble, o sea la carnalita, y, por último, fluctuaciones en el contenido del cloruro magnésico y de la temperatura pudieron dar lugar a esa zona de mezcla de carnalita y silvinita que corona el criadero.

»Aportaciones de aguas cargadas de lodos dieron lugar a los depósitos de margas grises que cubren el criadero y que lo han defendido a través de los siglos.»

Es decir, que Marín considera los criaderos potásicos de Cataluña de formación secundaria o «descendentes» por aportación de lejías salinas, sódicas y potásicas, procedentes del Trías situado al Norte de la cuenca, en las estribaciones pirenaicas.

---

(1) «Cuenca potásica de Cataluña y Pirineo Central». M. FAURA y A. MARÍN: *Guía de la Excursión C-3 del XIV Congreso Geológico Internacional.* Madrid, 1926, pág. 28.

Respecto a la intervención que pudieran haber tenido en este proceso geoquímico los movimientos tectónicos, Marín hace resaltar principalmente que estos movimientos demuestran la edad oligocena de la sal.

«Está, pues, completamente demostrado — dice Marín (1) — que el yacimiento salino tiene por muro las margas marinas del eoceno superior y por techo las margas y areniscas lacustres del oligoceno inferior. Mas como la precipitación de la sal es debida a la retirada del mar eoceno con subsiguiente formación de un régimen lagunar y el advenimiento de un clima desértico, que originó la desecación de los lagos formados, hay que atribuir estos cambios a movimientos tectónicos que se produjeron inmediatamente después de hacerse el depósito de los estratos de margas eocenas. Con estos antecedentes es natural considerar que estas patentes conmociones, que esas deformaciones orogénicas deben marcar el fin y el principio de los períodos geológicos, es decir, que la sal debe considerarse como formando la base del oligoceno.»

Se comprende muy bien que tanto Marín como Faura y Sans y otros geólogos que se han ocupado de los yacimientos catalanes en sus estudios sobre la genética de la cuenca potásica, se inclinen a considerar los terrenos triásicos como las fuentes originarias de las lejías alcalinas que enriquecieron el lago salado oligocénico. Las margas del Trías, yesíferas y algunas veces encerrando bancos de sal gema, en contacto por su borde septentrional con la cuenca, hacen pensar lógicamente en la posibilidad de que de ellas pudieran haberse nutrido de sales alcalinas las aguas del mar interior terciario.

En España no se conocen, hasta el presente, otros terrenos salinos anteriores al terciario más que los del triásico, y a ellos es natural hacer referencia al estudiar la génesis de las sales de la cuenca catalana. Pero ya hemos explicado anteriormente la imposibilidad de admitir que las sales alcalinas de los terrenos triásicos hayan podido formar por disolución y recristalización los enormes depósitos de sales potásicas de las cuencas oligocénicas.

Se hace necesario, pues, buscar otras fuentes más ricas en potasa, para la formación de estos yacimientos, y esas fuentes solamente pueden encontrarse

---

(1) A. MARÍN: «Discurso leído en la sesión celebrada el 23 de mayo de 1932, por la Sociedad Geológica de Francia». *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, núm. 3.317 (24 de junio de 1932).

en los terrenos inmediatamente anteriores al Trías, o sea en las series estratigráficas salinas del Pérmico superior.

La cuenca eocena, substratum de la formación salina formaba, como ya se ha dicho, una amplia depresión paralela a los Pirineos que se extendía desde la costa catalana hasta Asturias, en su zona limítrofe con la provincia de Santander. De todos son bien conocidas las manchas terciarias numulíticas de Colombres y La Franca, formadas principalmente de calizas y margas grises análogas a las que constituyen el tramo calizo y margoso del luteciense catalán.

En esta enorme cuenca comprendida entre las montañas pirenaicas y la Cordillera Ibérica, de una longitud de unos 670 kilómetros, aproximadamente, depositáronse los bancos de arcillas, yesos, areniscas, calizas y margas del mar numulítico como postreros episodios del gran aterramiento de la fosa tectónica del Ebro (1).

La gran conmoción post-eocénica, que terminó de modelar con energía la cordillera pirenaica, no sólo plegó violentamente los estratos cretáceos y eocénicos, sino que hizo emerger, por movimientos epirogénicos, los terrenos subyacentes, tales como los triásicos y antracolíticos. De unos y otros quedan testigos bien elocuentes a todo lo largo de las vertientes pirenaicas.

Es bien sabido que los geólogos franceses han señalado repetidas veces la existencia del Pérmico en los Pirineos españoles, juzgando por las analogías petrográficas que ciertos terrenos presentan con las rocas del Rothliegende de Francia. De la misma manera que Barrois, con admirable perspicacia, reputó certeramente como pérmicos los conglomerados poligénicos de elementos eruptivos de Asturias.

Los bordes de la gran cuenca oligocénica tienen análoga estructura, pues todos ellos están formados por cadenas cambrosilúricas, como los pirenaicos, los de la Cordillera Ibérica y, finalmente, los de la cadena costera catalana, que fué, sin duda, la que contribuyó a dejar aislada la vasta depresión y facilitó, por tanto, el enriquecimiento en lejías salinas de la cuenca. Los fenómenos de nutrición de la misma permanecen y quizá permanezcan por siem-

---

(1) I. Patac: «La Meseta Ibérica. Síntesis paleogeográfica fundamental para el estudio de los mares carboníferos.» (Revista *Ibérica*, números 697, 698 y 703.)

pre en el misterio; pero ¿no sería posible y aun probable que los movimientos post-eocénicos que removieron tan intensamente los estratos antracolíticos, hayan hecho surgir de las profundidades de la fosa tectónica del Ebro hiladas del Pérmico superior con bancos potásicos, los cuales hayan sido disueltos en las aguas y precipitados nuevamente en el mar oligocénico?

La fosa tectónica del Ebro ha sido invadida, a nuestro juicio, según hemos expuesto en trabajos anteriores (1), por la gran transgresión del mar uraliense, en el cual se depositaron los distintos tramos del hullero superior, cuyos bordes aparecen hoy plegados y aislados constituyendo las cuencas de San Juan de las Abadesas, Eric-Castel, Préjano y Turruncun, San Adrián de Juarros, Barruelo y Orbó, etc. (2).

Posteriormente a estos depósitos, las penúltimas conmociones hercinianas formaron probablemente nuevas áreas de sedimentación, que fueron rellenadas por los últimos sedimentos antracolíticos, o sea por las hiladas permianas. Esto es lo que según nuestros estudios ha acontecido un poco al Oeste de esta cuenca oligocénica, o sea en la región costera de Asturias comprendida entre el Cabo de Torres y el Sueve, y lo

---

(1) «Estudio geológico-minero acerca de la cuenca hullera de Burgos.» *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, agosto y septiembre de 1918.

— *La formación uraliense asturiana. Estudios de cuencas carboníferas*, 1920.

— *La formación uraliense española. Ensayo de síntesis paleogeográfica del antracolítico de la Península Ibérica*, XIV sesión del Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid en el año 1926.

— «La Meseta Ibérica. Síntesis paleogeográfica fundamental para el estudio de los mares carboníferos.» Revista *Ibérica*, núms, 697, 698 y 703, año 1927.

(2) Véase el plano geológico de la Península Ibérica confeccionado por el Instituto Geológico y Minero de España. Recientemente, el distinguido ingeniero de Minas D. Alfonso Sierra y Yoldi, en su discurso de recepción en la Academia de Ciencias de Barcelona, titulado: «Notas sobre la tectónica de Cataluña y sus relaciones con probables yacimientos petrolíferos» (*Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, núms. 3.311, 3.313, 3.316, 3.318 y 3.321), estudia con algún detalle los movimientos caledónicos que han dejado sus huellas indelebles en la región subpirenaica, y hace referencia, aunque sin citar al autor, a la concepción del mar uraliense, que invadió, a nuestro juicio, la depresión del Ebro, expresándose del siguiente modo (*Revista Minera*, núm. 3.313, pág. 230): «Debió, pues, existir un levantamiento caledoniano que formó un relieve erecto en toda la región oriental del Pirineo, corriéndose hacia el S.-SE., y del cual el Montseny formó parte como uno, quizá, de sus mayores elementos. Esta cordillera ha sido la base de la tectónica de Cataluña, ocupando casi toda la provincia de Gerona y parte de Barcelona, emergiendo sobre los mares uralienses sus altos picos y levantándose aún más hasta hacer un gran macizo montañoso durante toda la época permiana.»

que pudo haber ocurrido también en toda la vasta superficie de la depresión del Ebro (1).

Las características principales tectónicas de esta depresión fueron muy favorables, desde los tiempos paleozoicos, a la formación de depósitos de sales delicuescentes, pues sabido es que esta clase de yacimientos han exigido suelos de sedimentación en vías de gradual hundimiento, ya que de otro modo no puede explicarse la formación de los grandes espesores de los bancos salinos.

Cubetas del Pérmico superior pudieron haber experimentado en esta zona los efectos dinámicos de la conmoción post-eocénica y a consecuencia de ellos pudieron haber surgido en diferentes sitios de la cuenca los típicos «eczemas» de sal, que inmediatamente serían atacados y disueltos por las aguas.

Es bien conocida la distinta forma de reaccionar ante los empujes orogénicos de las series estratigráficas que poseen una cierta plasticidad en sus elementos, como sucede con las hiladas de sales delicuescentes en comparación con los estratos petrográficos más rígidos, entre los cuales se intercalan.

La plasticidad especial del elemento principal de esta clase de yacimientos, o sea, de la sal gema, que, como se sabe, aumenta extraordinariamente de volumen a la menor elevación de temperatura, produce en las masas de sal violentas y típicas plegaduras que contrastan fuertemente con el aspecto tranquilo de las rocas encajantes. Este curioso fenómeno físico-tectónico de los plegamientos de las masas salinas se observa claramente en las capas de sal de Cataluña (como en las demás cuencas potásicas) en los amplios pliegues anticlinales de Cardona y Suria, por ejemplo, de dirección pirenaica aproximadamente. «Estos anticlinales — dicen los Sres. Faura y Sans y

---

(1) Los mares pérmicos, principalmente el del Rothliegende, han invadido, sin duda, como antes lo habían hecho los mares uralienses, una gran parte del territorio ibérico.

Los recientes estudios del distinguido ingeniero de Minas D. Juan Gavala en la cuenca del Viar (Cantillana), de la provincia de Sevilla, han demostrado la existencia del tramo inferior de dicho piso rellenando aquella cuenca, lo que acusa la probable incursión del mar pérmico en toda la amplia depresión bética.

De la misma manera, el distinguido geólogo D. Francisco Hernández-Pacheco, en sus excursiones geológicas por el valle de Alcudia, en la cuenca de Puertollano, ha descubierto dos interesantes manchas pérmicas en esta cuenca del interior, lo que demuestra la importancia y extensión alcanzada por las incursiones de los mares pérmicos en España.

Marín (1) — no ofrecen la misma violencia en toda su longitud. Hay sitios de los mismos en que apenas son percibidos en el terreno en que los estratos forman una suave ondulación; por el contrario, en otros, a veces en un solo punto, presentan una violencia extremada y forman a modo de cúpulas.

»La gran plasticidad de la sal, casi obedeciendo a la ley de los vasos comunicantes, puede observarse en las salinas de Cardona y se apreció también en los sondeos realizados en Boixadors, en Castellfullit y en el realizado al SE. del pozo maestro de Suria. Existen grandes pliegues en la sal que apenas se perciben en los bancos superiores de otra naturaleza petrográfica.»

Este fenómeno físico-tectónico de los yacimientos de sal se ha operado con mayor intensidad en los viejos depósitos salinos del Pérmico superior, en los que, como ya hemos visto, ha intervenido, además, un factor tan importante como el del metamorfismo geotérmico.

Las masas salinas atraviesan así fácilmente las bóvedas fisuradas por los plegamientos formando «klippes de compresión» que surgen en forma de crestas o pilares, a los que se les da el nombre de «eczemas», y que contrastan con los demás sedimentos encajantes, que se comportan mucho más rígidamente. La figura de Seidl explica gráficamente este fenómeno (fig. 6).

Después de los movimientos tectónicos que han plegado más o menos ampliamente las series sedimentarias rocosas, las masas salinas que por sus condiciones de plasticidad se han puesto rápidamente en movimiento, pueden continuar su ascensión a causa de la presión ejercida por las capas superiores del techo, a través de las cúpulas rotas o «eczemas» y derramarse, por decirlo así, a la manera de la arcilla, durante un largo tiempo en un nivel superior donde puede existir un lago o una cuenca marina aislada, de poco fondo, que de este modo iría enriqueciendo gradualmente sus aguas en salinidad. Este movimiento ascendente de las capas de sal a través de los «eczemas» es comparable al de otros elementos líquidos y gaseosos de la corteza terrestre, tales como el petróleo, que experimenta el fenómeno de su «emigración», el de las aguas y el de los gases ligeros, todos ellos tan dóciles a las presiones tectónicas, por insignificantes que sean, y a las leyes isostásicas.

Según Arrhenius interviene también en este fenómeno el pequeño peso

---

(1) Loc. cit., pág. 15.

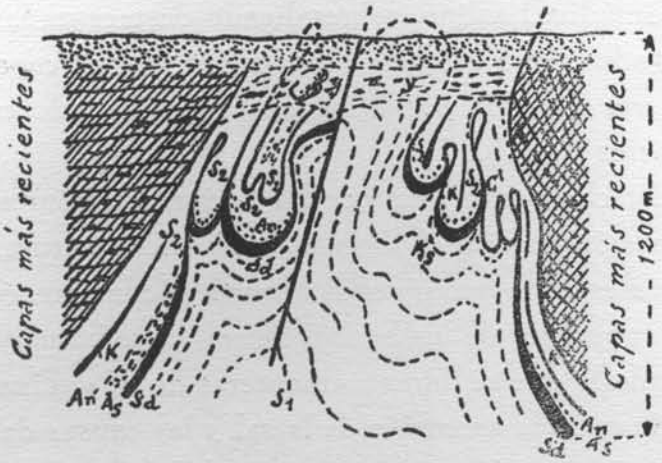


Fig. 6. — *Cúpula de sal (pilar de compresión). (Esquema, según Seidl.)*

S_1. Sal gema antigua. — S_2. Sal gema reciente. — S_d. Sal dura. — *C.* Carnalita. — *K.* Silvinita. — A_s. Arcilla salina. — A_n. Anhidrita. — *y.* Residuo de disolución.

específico de la sal con relación al de las rocas encajantes, pues dentro de un sistema complejo en movimiento, formado de rocas de distintas densidades, las de mayor peso específico tienden a descender y las más ligeras a sobrenadar.

En la interpretación gráfica que el notable orogenista alemán H. Stille ha hecho del yacimiento salino de Hildesheimer Wald, hace figurar el núcleo de un anticlinal salino, sobresaliendo desmesuradamente del nivel tectónico de plegadura por efecto de la presión de las capas de su techo, núcleo que, una vez disuelto por las aguas, fué rellenado en parte por los sedimentos terciarios (fig. 7).

Las rocas del techo, removidas por las acciones tectónicas o por los esfuerzos de compresión durante el ascenso de la sal, es natural que presenten fisuras por las cuales las aguas pueden filtrarse fácilmente; éstas pueden disolver las zonas superiores de los bancos de sal, transformando la anhidrita en yeso y formando lo que se llaman «monteras de sal». Finalmente se establece un equilibrio entre la ascensión de la sal y las causas de disolución que proceden de la zona superior, y entonces se forma una especie de cúpula aplastada que se llama «espejo de sal» *(salzspiegel)*.

Este complicado proceso físico-químico de los yacimientos salinos produce fenómenos análogos a los de las rocas eruptivas. Ya hemos visto que la sal, transformada en sustancia plástica por efecto de la compresión de su techo, asciende en forma de columnas que pueden alcanzar una altura considerable (1). De la misma manera puede rellenar grietas de las rocas rígidas y formar filones de sal o interestratificarse entre otros estratos y formar filones-capas. Presenta además los mismos fenómenos de emigración que el petróleo y tiene con este precioso líquido misteriosas y sorprendentes afinidades genéticas.

---

(1) Un ejemplo notable de estas columnas de sal existe en Rumania en la región petrolífera de Campina-Bustenari. La nafta se halla concentrada en violentos pliegues del helvético salino que forman anticlinales diapiros o perforantes que atraviesan todo el mioceno y el plioceno y afloran en varios puntos de Campina ligeramente recubiertos por una capa de aluvión cuaternario.

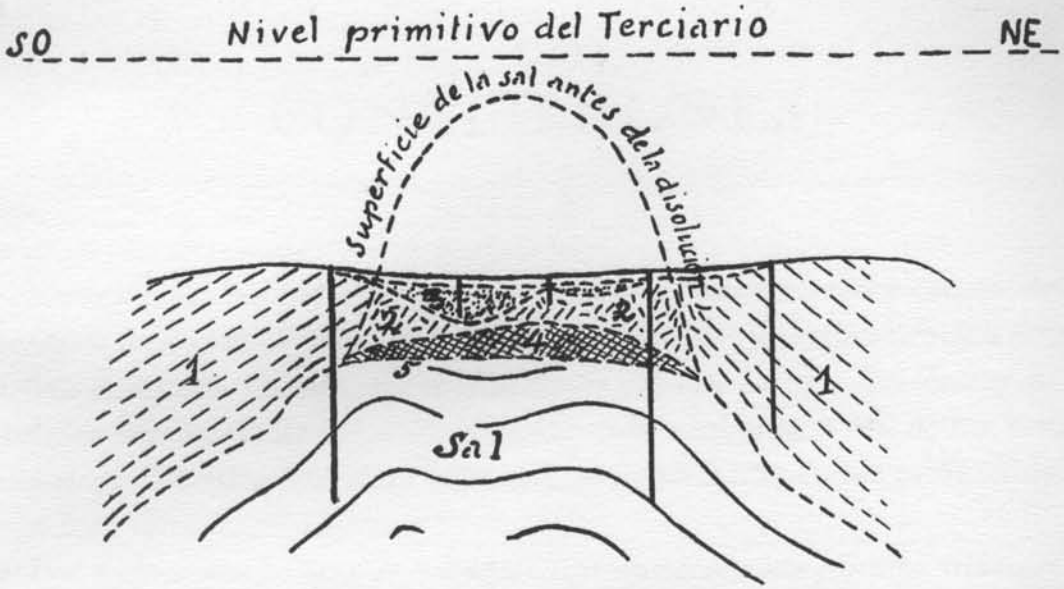


Fig. 7. — *Yacimiento salino de Hildesheimer Wald, según H. Stille.*

1. Arenisca abigarrada. — 2. Arenisca abigarrada muy dislocada. — 3. Terciario. — 4. Montera de sal. — 5. Espejo de sal.

CONCLUSIONES

En resumen, los potentes bancos de sal de la gran cuenca oligocénica del Nordeste de España pueden proceder por disolución y recristalización dentro de una depresión aislada, en combinación con las fuerzas orogénicas de la tectónica pirenaica, de otros yacimientos más antiguos, o sea de los bancos salinos del Pérmico superior, hundidos probablemente en las profundidades de la fosa tectónica del Ebro.

Los numerosos bancos de sal gema que encierran los estratos triásicos de los bordes de la cuenca, principalmente los del borde occidental, como los de Briviesca, Poza de la Sal, Salinas de Añana, etc., de la provincia de Burgos, y Cabezón de la Sal, de la de Santander, y otros muchos ponen de manifiesto que en toda esta región septentrional de España concurrieron en las épocas geológicas antiguas circunstancias climáticas, particularmente favorables a la formación de los yacimientos de sal.

El mar del Zechstein debe, pues, haber invadido toda la vasta depresión del Nordeste de la Península y haber bañado la región costera de Asturias comprendida entre el Cabo de Torres y la cordillera del Sueve. Este mar interior, aislado de las grandes cuencas oceánicas por los plegamientos antiguos cambro-silúricos y cubriendo una extensa superficie plegada en vías de hundimiento, reunía excelentes condiciones para la formación de criaderos salinos.

Sería, por tanto, muy interesante comprobar, y ello nada tendría de sorprendente, si en la zona costera de Asturias antes mencionada existen efectivamente cubetas del Zechstein con sus bancos intactos de sales potásicas, los cuales constituirían una nueva e importante riqueza para Asturias.

El sondeo de Pinzales podría servir, indudablemente, de excelente guía para estas investigaciones (1).

El gran espesor que presenta la serie de margas rojas y abigarradas muy arcillosas que atravesó el sondeo impide por otra parte, a semejanza de lo que acontece en Alemania, la penetración de las aguas en las zonas profundas y, por tanto, asegura la intangibilidad de los bancos salinos, si los hubiere.

---

(1) Si prolongado el sondeo de Pinzales éste cortara efectivamente un manto salino, para la delimitación de los bordes del mismo, sería procedente poner en práctica los modernos métodos geofísicos de prospección, tales como el eléctrico, el magnético, el gravimétrico u otros que tan excelentes resultados están dando en esta clase de investigaciones.

Con estos métodos, que constituyen un eficaz complemento de la clásica prospección por sondeos, pueden localizarse fallas con corrientes de agua tan perjudiciales en esta clase de yacimientos y otros muchos accidentes que es necesario conocer previamente para el debido emplazamiento de los pozos de explotación.

RÉSUMÉ

A l'occasion des travaux de recherches que Messieurs Felgueroso Frères, mineurs enthousiastes, effectuent depuis deja plusieurs années dans les terrains secondaires du district de Gijon, on a constaté, en perforant à Pinzales le septième sondage de la série systématique dont la direction est environ de NO. au SE., c'est-à-dire, perpendiculaire à celle qui prédomine dans les anciens plissements de cette région de la côte cantabrique, que les couches traversées ont offert des caractères particuliers qui les différencient totalement de celles qui correspondent aux assises du Lias et du Keuper des sondages antérieurs.

Etant donné que l'objectif principal de ces sondages est la reconnaissance du terrain houiller sous-jacent coupé à une faible profondeur par les sondages de Huerces et Leorio, situés non loin de là, un peu à l'E. de Pinzales, Messieurs Felgueroso Frères, en arrivant à 400 mètres de profondeur sans couper ce terrain houiller, se sont décidés à suspendre temporairement les travaux de Pinzales pour en effectuer d'autres de préparation dans la zone déjà reconnue de Huerces.

D'après l'opinion de l'auteur, les assises traversées dans le sondage de Pinzales revêtent un intérêt tout particulier, vu qu'elles présentent des caractères paléontologiques, pétrographiques et stratigraphiques inconnus jusqu'à présent dans le territoire de la Péninsule Ibérique. Ces caractères mettent en parallèle les assises en question avec celles du Permien supérieur ou Zechstein d'Allemagne, qui se trouvent au toit des fameux gisements de sels potassiques de Stassfurt.

L'étude de ce sondage est divisée en trois parties, Paléontologie, Pétrographie et Stratigraphie.

Dans la première on décrit la flore trouvée dans les témoins (*Pinites permiensis*, Renault, et *Antholithus permiensis*, Renault) et on discute brièvement au sujet des affinités que ces espèces gardent entre elles. Cette discussion est suivie de la description de la faune constituée exclusivement par *Schizodus* (*S. Felguerosi*, n. sp., *S. Pinzalensi*, n. sp.) et *Mytilus* (*M. subtilis*, n. sp., *M. Beaumonti*, de Verneuil).

Dans la partie pétrographique on décrit la nature et la composition des roches traversées; celles-ci sont principalement formées de marnes argileuses bigarrés et très gypseuses, à couleur prédominante d'un rouge foncé; de calcaires dolomitiques, également gypseux; de petits bancs de grès, et dans la partie inférieure du sondage, d'un banc d'argile rouge compacte à nodules rosés d'anhydrite, banc d'une structure analogue à celui qui se trouve immédiatement au toit des gisements potassiques du Zechstein allemand. Différentes sections de ce conglomérat singulier se trouvent reproduites en photographies coloriées.

Dans la partie stratigraphique on fait tout d'abord une étude comparative des terrains qui constituent le permien supérieur dans les diverses parties du monde, afin de venir à en déduire les analogies que gardent entre eux ceux de Pinzales. On fait ensuite une description détaillée des gisements potassiques de Stassfurt dans le but de faire ressortir davantage encore ces analogies; cette description est suivie d'une étude au sujet de la formation des gisements salins du Zechstein, étude dans laquelle on examine les conditions climatologiques et de sedimentation dans lesquelles ces dépôts doivent s'être formés. On décrit ensuite également en détail les gisements potassiques de formation secondaire, d'âge oligocénique, d'Alsace et de Catalogne, en s'étendant ensuite dans une étude chimico-tectonique sur la genèse de ces gisements.

Les conclusions de ce travail peuvent être résumées de la manière suivante:

Les puissants bancs de sel du grand bassin oligocénique du NE. de l'Espagne peuvent provenir par suite de dissolution et de recristallisation dans une dépression isolée, en combinaison avec les forces orogéniques de la tectonique pirénaïque, d'autres gisements plus anciens, c'est-à-dire, des bancs

salins du Permien supérieur, enfoncés probablement dans les profondeurs de la fosse tectonique de l'Ebre.

Les nombreux bancs de sel gemme que renferment les couches triasiques des bords du bassin, principalement celles du bord occidental, telles que celles de Briviesca, Poza de la Sal, Salinas de Añana, etc., de la province de Burgos, et celles de Cabezon de la Sal de la province de Santander, et beaucoup d'autres, mettent en relief que, dans toute cette région septentrionale de l'Espagne, des circonstances climatériques favorables ont concouru à la formation des gisements de sel au cours des époques géologiques anciennes.

La mer de Zechstein doit donc avoir envahi toute la vaste dépression du NE. de la Péninsule, et avoir baigné la région côtière des Asturies comprise entre le Cap de Torres et la chaîne de montagnes du Sueve. Cette mer intérieure, isolée des grands bassins océaniques par les anciens plissements cambro-siluriens, et recouvrant une vaste superficie pliée en voie d'enfoncement, réunissait d'excellents conditions pour la formation de gisements salins.

Il serait par conséquent intéressant de reconnaître — et cela n'aurait rien de surprenant — s'il existe effectivement dans la zone côtière des Asturies mentionnée plus haut, des cuvettes de Zechstein avec leurs bancs intacts de sels potassiques, qui constitueraient une nouvelle et importante richesse pour les Asturies.

Le sondage de Pinzales pourrait indudablement servir de guide excellent pour ces recherches.

La grande épaisseur que présente la série de marnes rouges et bigarrées très argileuses qui traversa le sondage, empêche, d'autre part, à l'instar de ce qui arrive en Allemagne, la pénétration des eaux dans les zones profondes, et assure par conséquent l'intangibilité des bancs salins s'il y en avait.

ZUSAMMENFASSUNG

Gelegentlich der Forschungsarbeiten welche die sich mit allem Eifer diesen Studien widmenden Minenfachkundigen, Gebrüder Felgueroso, seit mehreren Jahren in dem Sekundären Galände von Gijón ausfuehren, hat man bei Pinzales während der 7. Bohrung der systematischen Serie, welche sich von N.W. nach S.O. erstreckt, d.h. senkrecht mit der in den alten Faltungen dieser Gegend der kantabrischen Küste vorwiegenden Serie entdeckt, dass die durchbohrten Schichten einen ganz eigentümlichen Charakter aufweisen, der dieselben gänzlich von den in den vorhergehenden Bohrungen bekannten Eiganschaften des Lias und des Keupers unterscheidet.

Mit Hinsicht darauf, dass diese Bohrungen hauptsächlich dazu dienen das darunterliegende Karbon zu untersuchen, welches in den Sondierungen von Huerces und Leorio in geringer Entfernung, etwas nach Osten von Pinzales, in wenig Tiefe angeschnitten wurde, entschieden sich die Gebr. Felgueroso, machden bei 400 m. Tiefe der Karbon noch nicht erreicht war, die Untersuchungen von Pinzales zeitweise zu unterbrechen um andere vorbereitende Arbeiten in der schon sondierten Zone von Huerces vorzunehmen.

Nach den Feststellungen des Autors zeigen die durchbohrten Schichten von Pinzales ein ganz besonderes Interesse, da sie paläontologische, petrographische und stratigraphische Eigenschaften aufweisen, die bisher in der Iberischen Halbinsel unbekannt sind. Diese Eigenschaften gehen in den erwähnten Schichten parallel mit dem im Hute der berühmten Salzlagerstätten von Stassfurt vorkommenden oberen Permien oder Zechstein von Deutschland.

Das Studium dieser Bohrung ist in paläontologischen, petrographischen und stratigraphischen Teilen dividiert.

Der paläontologische Teil beschreibt die im Gestein vorkommende Flora (*Pinites permiensis*, Renault, und *Antholithus permiensis*, Renault), wobei kurz die Affinität zwischen diesen Spezien erwähnt wird. Auf letztere Beschreibung folgt diejenige der Fauna, die sich ausschliesslich auf *Schizodus* (*S. Felguerosi*, n. sp., *S. Pinzalensi*, n. sp.) und *Mytilus* (*M. subtilis*, n. sp., *M. Beaumonti*, Verneuil) erstreckt.

Der petrographische Teil handelt von der Natur und Zusammensetzung der durchbohrten Gesteine; diese bestehen hauptsächlich aus bunten thonhaltigen und stark gipshaltigen Mergeln fast ausschliesslich dunkelroter Farbe; dolomitischem und auch gipshaltigem Kalk und kleinen Sandsteinbänken, und im untersten Teil der Bohrung aus einer Bank von rotem Thon mit rosafarbenen Anhydritknollen, von dem Zechsteinhute der deutschen Kalisalzlagerstätten ähnlichem Aufbau. Verschiedene Sektionen dieses eigentümlichen Konglomerats sind in farbigen Photographien wiedergegeben.

Der stratigraphische Teil bringt zuerst ein vergleichendes Studium über die oberen permischen Gelände in den verchiedenen Weltteilen, um daraus auf die Analogie zu schliessen welche zwischen denselben und den Geländen von Pinzales existiert. Es folgt darauf eine eingehende Beschreibung der Kalisalzlagerstätten von Stassfurt, um diese verwandten Eigenschaften noch stärker hervorzuheben. Die Fortsetzung der genannten Beschreibung ist eine Untersuchung über die Bildung der Salzlagerstätten im Zechstein, in welcher die klimatologischen- und Ablagerungsverhältnisse ihres Ursprungs nach untersucht werden. Darauf folgt auch eine detallierte Beschreibung der Kalisalzlagerstätten sekundärer Bildung vom Alter des Oligozäns vom Elsass und von Katalonien, mit einem chemisch-technischen Studium über die Entstehung dieser Lagerstätten.

Die Schlüsse dieses Studiums können wie folgt zusammengefasst werden: die mächtigen Salzbänke des grossen Oligozänbeckens im N.O. von Spanien können von Auflösungen und erneuerter Krystallisierung in einer vereinzelten Vertiefung herrühren, in Verbindung mit der gebirgsbildenden Kraft der pyrenäischen Tektonik von anderer älterer Lagerstätten, d.h. der salzhaltigen

Bänke des oberen Permien, die wahrscheinlich in den Tiefen des tektonischen Bekkens des Ebro versunken sind.

Die zahlreichen Steinsalzbänke welche in den triassischen Schichten der Beckenränder, hauptsächlich des Westrandes, eingeschlossen sind, wie z.B. diejenigen von Briviesca, Poza de la Sal, Salinas de Añana, etc., von der Provinz Burgos und Cabezón de la Sal, von der Provinz Santander und anderer mehr, legen einen klaren Beweis davon ab, dass in der geologischen Urzeit die klimatischen Verhältnisse in dieser ganzen nordspanischen Region der Bildung von Salzlagerstätten besonders günstig waren.

Das Zechsteinmeer muss sich also über die grosse Vertiefung des Nordostens der spanischen Halbinsel ausgebreitet und die asturische Küste zwischen Cabo de Torres und der Bergkette des Sueve überflutet haben. Dieses Innenmeer, getrennt von den grossen ozeanischen Becken durch die cambro-silurische Urfaltung, eine ausgedehnte, im Sinken begriffene gefaltete Fläche bedeckend, bot vortreffliche Eigenschaften für die Entstehung der Salzlagerstätten.

Es wäre also von grossem Interesse nachweisen zu können — was durchaus nicht erstaunlich wäre — dass in der vorerwähnten asturischen Küstengegend tatsächlich Zechsteinbecken mit unberührten Kalisalzbänken existieren, welche eine neue und wichtige Schatzquelle für Asturien bedeuten würden.

Die Sondierung von Pinzales würde zweifellos einen vortrefflichen Wegweiser für solche Untersuchungen bieten.

Die grosse Mächtigkeit der Serien von roten und bunten, stark thonhaltigen Mergeln, welche die Bohrungen zu durchkreuzen hatten, verhindert andererseits — wie dies auch in Deutschland der Fall ist — das Eindringen der Wasser in die tiefen Zonen, was die etwa existierenden Salzbänke vor jeder Inangriffnahme sichert.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Páginas
Proemio	3
Paleontología. — Flora del sondeo de Pinzales	5
Idem.—Consideraciones acerca de la flora encontrada en el sondeo de Pinzales.	10
Idem. — Fauna del sondeo de Pinzales	12
Petrografía	17
Estratigrafía. — Generalidades sobre el Pérmico de diferentes países	19
Idem. — Los criaderos potásicos de Stassfurt	25
Idem. — Estudio sobre la formación de los criaderos salinos del Zechstein	29
Idem. — Los criaderos potásicos de Alsacia	40
Idem. — Los criaderos potásicos de Cataluña	45
Conclusiones	59

ÍNDICE DE LAS FIGURAS

Páginas

Figura 1. — Corte esquemático de los yacimientos potásicos de Stassfurt, según Precht 26
Figura 2. — Cortes estratigráficos del sondeo de Pinzales y de los criaderos de Stassfurt 30
Figura 3. — Reducción de la superficie de una laguna marina, según Jaenecke. 34
Figura 4. — Esquema de la cristalización de las soluciones de cloruro potásico y cloruro sódico a la temperatura de 25 grados centígrados, de J. H. van t'Hoff 37
Figura 5. — Esquema de la cristalización de las soluciones de cloruro potásico y cloruro magnésico, según J. H. van t'Hoff 39
Figura 6. — Cúpula de sal (pilar de compresión). Esquema, según Seidl 55
Figura 7. — Yacimiento salino de Hildesheimer Wald, según H. Stille 57

ÍNDICE DE LAS LÁMINAS

Páginas

Lámina I..... 74
Lámina II..... 76
Lámina III..... 78
Lámina IV..... 80
Lámina V..... 82

LÁMINA I

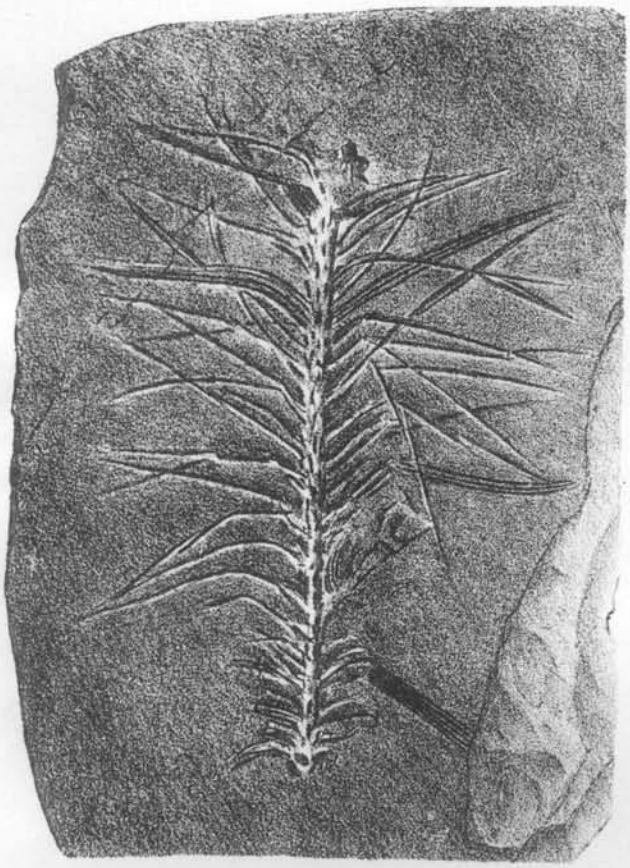
Fig. 1. *Pinites permiensis.* B. Renault. Reproducción de un fragmento de rama hojosa. Esta especie es bastante frecuente en las pizarras de Margennes y de Thélots de la cuenca permocarbonífera de Autun, bien conocida por sus capas de pizarras bituminosas y de *Boghead:* es decir, en la *cuarta zona,* que es la más moderna.

Fig. 2. *Pinites permiensis.* B. Renault. Impresiones de dos hojas de esta especie y corticales de una rama de la misma, sobre marga negra yesífera. Tamaño natural. Sondeo de Pinzales (Gijón), a los 160 metros de profundidad.

Fig. 3. Fragmento de impresión cortical, algo borrosa, de una rama de *Pinites.* Sondeo de Pinzales (Gijón).

Fig. 4. Trozo ampliado cuatro veces de las impresiones de la figura 2.

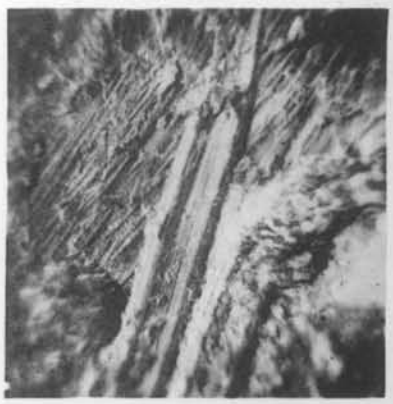
Lámina I.



1

2

3

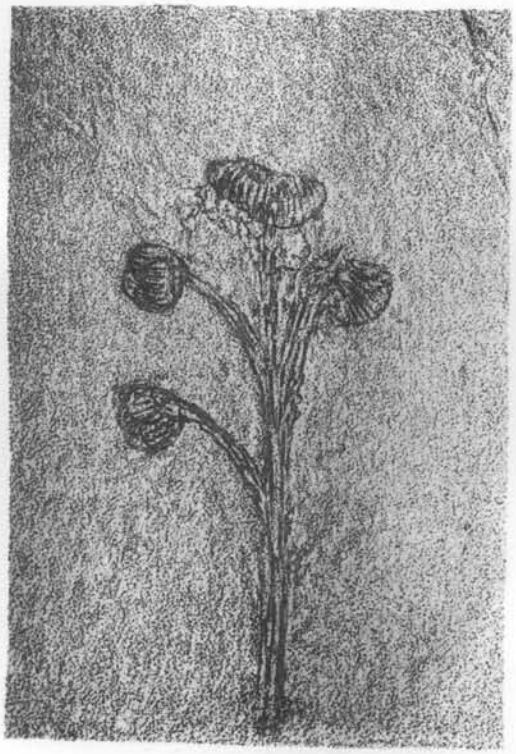


4

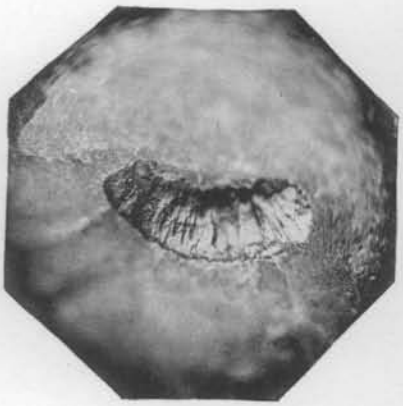
LÁMINA II

Fig. 1. *Antholitus permiensis.* B. Renault. Reproducción del dibujo que ha servido al notable paleofitólogo francés para la descripción de esta inflorescencia encontrada en el terreno pérmico de Lodève (Herault).

Figs. 2, 3 y 4. Brácteas sueltas muy abundantes en las margas abigarradas del Sondeo de Pinzales. Aumentadas seis veces de tamaño.



1



2

3

4

LÁMINA III

Fig. 1. *Schizodus Felguerosi.* n. esp. x 3. Sondeo de Pinzales. En unas margas negras pizarreñas, a 160 metros de profundidad.

Fig. 1 *a.* Silueta de la misma especie.

Fig. 2. *Schizodus Pinzalensi.* n. esp. x 3. Sondeo de Pinzales. Asociada a la especie anterior.

Fig. 2 *a.* Silueta de la misma especie.

Fig. 3. *Mytilus Subtilis.* n. esp. x 3. Molde en hueco de un ejemplar adulto (centro de la fotografía) y concha en relieve de un ejemplar joven (parte inferior izquierda).

Fig. 3 *a.* *Mytilus subtilis.* n. esp. Siluetas de la concha y de su sección transversal.

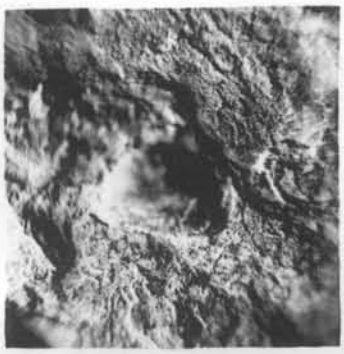
Fig. 3 *b.* *Mytilus subtilis.* n. esp. x 3. Sección transversal de un ejemplar joven, en el canto de un testigo. (Dentro del óvalo de trazos.)

Fig. 4. *Mytilus Beaumonti,* de Verneuil. x 3. Molde en relieve.

Fig. 4 *a.* *Mytilus Beaumonti,* de Vern. x 3. Molde en hueco del mismo ejemplar.

Fig. 4 *b.* *Mytilus Beaumonti,* de Vern. Silueta del mismo tamaño natural.

Lámina III.



1

1 a

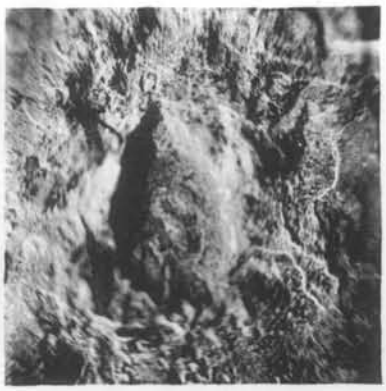
2

2 a

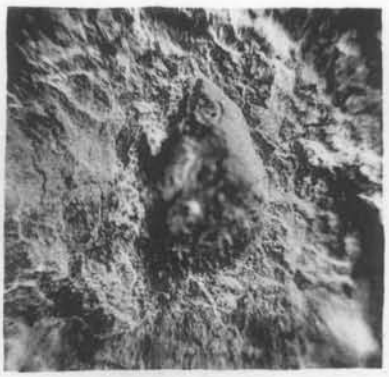
3

3 a

3 b



4



4 a

4 b

LÁMINA IV

Figs. 1 y 2. Conglomerado de arcilla roja silícea con nódulos de anhidrita de color de carne. Sondeo de Pinzales. A 380 metros de profundidad.

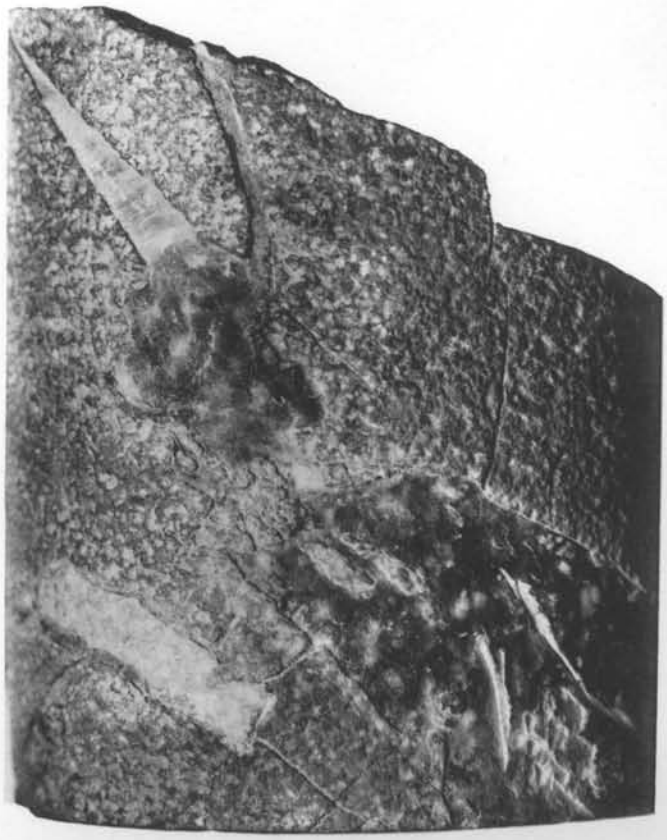
1

2

LÁMINA V

Figs. 1 y 2. Sección transversal y vista longitudinal de un trozo de testigo del conglomerado con nódulos de anhidrita, mostrando las grietas del testigo rellenas de anhidrita rosada y blanca. Sondeo de Pinzales. A 385 metros de profundidad.

1



2