

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

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

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

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

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

*Este trabajo fue realizado con una Beca de España, 1975. Departamento de Geología.*

**Fundación Juan March**



FJM-Uni 33-Ord  
Las bauxitas españolas como mena  
Ordóñez Delgado, Salvador.  
1031726



Biblioteca FJM

Fundación Juan March (Madrid)

33

**SERIE UNIVERSITARIA**



**Fundación Juan March**

# Las bauxitas españolas como mena de aluminio

**Salvador Ordóñez Delgado**

FJM

Uni-  
33

Ord

33

Las bauxitas españolas como mena de aluminio/Salvador Ordóñez Delgado



Fundación Juan March  
Serie Universitaria

33

# Las bauxitas españolas como mena de aluminio

Salvador Ordóñez Delgado



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

Fundación Juan March (Madrid)

*La Fundación Juan March no se solidariza necesariamente con las opiniones de los autores cuyas obras publica.*

Depósito Legal: M - 22492 - 1977

I.S.B.N. 84 - 7075 - 056 - 9

Ibérica. Tarragona, 34.-Madrid-7

## I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION . . . . .	1
2. YACIMIENTOS ESPAÑOLES . . . . .	3
2.1. Introducción y antecedentes . . . . .	3
2.2. Zona de Fuentespalda-Beceite-Horta de San Juan-Pinell . . . . .	11
2.3. Zona de “La Llacuna” . . . . .	21
2.3.a Estratigrafía y paleogeografía del yacimiento . . . . .	25
2.3.b Datos mineralógicos de las bauxitas de La Llacuna . . . . .	29
2.4. Zona Subpirenaica . . . . .	32
2.4.a Subzona de Camarasa . . . . .	35
2.4.b Subzona de Peramola . . . . .	36
2.4.c Subzona de Tuxent Aliñá . . . . .	38
2.5. Conclusiones sobre la “Provincia bauxítica mesozoica” . . . . .	39
2.6. La zona bauxitífera de Portillo de Luna (León) . . . . .	43
2.6.a El yacimiento . . . . .	45
2.6.b Estratigrafía . . . . .	48
2.6.c Discusión sobre la génesis del yacimiento . . . . .	50
3. CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES FINALES . . . . .	54
3.1.a Prospección de los recursos conocidos . . . . .	54
3.1.b Conclusiones sobre la tecnología de la obtención de alúmina a partir de bauxitas españolas . . . . .	60
3.1.c Conclusiones científicas s. s. . . . .	62



## AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Juan March por su apoyo económico. Al Profesor D. Francisco Mingarro Martín que nos infundió el deseo de intentar desvelar el problema de las bauxitas españolas y cuyos consejos y compañía en nuestras campañas de campo nos sirvieron de estímulo. Asimismo al Profesor D. José Luis Amorós Portolés cuya ayuda, en la interpretación de texturas en bauxitas nos resultó imprescindible. A nuestros compañeros Dres. López Aguayo y García del Cura por su colaboración en campos de sus respectivas especialidades.



## 1. INTRODUCCION

En el año 1926, se creó la empresa ALUMINIO ESPAÑOL, y el 14 de noviembre de 1927 se obtiene el primer lingote de este metal en la fábrica de Sabiñánigo (Huesca) por un procedimiento electrolítico. En 1928 se produjeron en España 1.000 Tm de aluminio y en 1974, 189.000 Tm con una velocidad de crecimiento de la producción superior a la media mundial, que se estima en una duplicación de la producción cada 10 años. Desde principios de siglo actual se fueron descubriendo en España yacimientos de bauxitas, lo que permitió, en los años cincuenta la elaboración de una serie de informes en los cuales se intentaba reflejar la extensión, ubicación y características químicas de las menas hasta entonces descubiertas. En el año 1969 se publica un trabajo de gran alcance desde el punto de vista estratigráfico, por P.J. COMBES, en el que se da un modelo genético de las bauxitas del NE de Espa-

ña, en relación con los yacimientos franceses de Languedoc y Ariège.

Con todo, un informe del U.S. Geological Survey nº1.228 publicado en 1967, daba a España unas reservas estimadas en 6-7 millones de Tm. expresándose en los siguientes términos: "Reserves of Bauxite in Spain have been estimated at 6-7 million tons (HEINDL and others 1955, p.219). A search for large deposits of metal-grade bauxite has been unsuccessful, but probably new discoveries have kept pace with the small quantities mined for refractory products and cement. No information is available on the total potencial bauxite resources in Spain; however, they are probably not large". Si tenemos en cuenta que se iniciaron en Septiembre de 1975, las obras para una nueva fábrica de alúmina y aluminio, sita en la ensenada de San Ciprian término municipal de Cervo (Lugo), que llegará a producir 800.000 Tm. de alúmina, utilizando 1.600.000 Tm. de bauxitas, se puede ver lo pírrico de nuestras

reservas en función de las necesidades actuales.

Ante este problema una serie de preguntas cabe hacerse. ¿Pueden existir bauxitas en España en calidad y cantidad para satisfacer la demanda?. ¿Qué medios habría que poner en juego para llegar a descubrirlas?. ¿Existen otras menas de aluminio, además de las bauxitas?. ¿La tecnología que se está desarrollando en otros países, para la obtención de aluminio por otros procedimientos diferentes - al tradicional Bayer, no podría tener alguna incidencia en solucionar el problema del aluminio en España?

## 2. YACIMIENTOS ESPAÑOLES

### 2.1. Introducción y antecedentes.

Cuando en la memoria presentada en la Fundación MARCH, nos planteabamos el problema de las bauxitas karsticas españolas y sus criterios de prospección, lejos estabamos de sospechar la falta de datos en cantidad suficiente para poder definir y - caracterizar nuestros yacimientos. No nos asusta

confesar, que no existe ni un sólo yacimiento estudiado, o al menos cuyo estudio haya visto la luz pública, donde se haga un muestreo sistemático, que permita siquiera valorar aproximadamente nuestras reservas. Los datos de sondeos, mecánicos o geofísicos o no son de dominio público o bien no se han realizado. A nivel muy local existen datos mineralógicos con un número de muestras pequeño, casi siempre sin datos químicos que los acompañen; sin embargo no quiere decir ésto que las investigaciones sobre las bauxitas españolas hayan sido escasas o recientes, sino que, quizá no han sido polarizadas en el sentido de definir la importancia, extensión y caracterización de las menas.

CALAFAT LEON (1917), en la sesión del 7 de --  
Marzo de la Real Sociedad Española de Historia Na  
tural, citó unas muestras de bauxitas que habían --  
sido recogidas por el ingeniero alemán GOETZ PHI--  
LLIP en los términos municipales de Mediona y La  
Llacuna. Este ingeniero alemán vino a España en --

el año 1914, al comienzo de la 1ª Guerra Mundial, y en el año 1916 encontró estos primeros indicios, que fueron comprobados mediante análisis realizados en Paris. En el mismo año de 1917, ya había varios cientos de permisos de investigación, algunos de una sociedad formada por el propio descubridor Goetz Phillip. FAURA i SANS y BATALLER CALATAYUD (1920), atribuyen el descubrimiento de las primeras bauxitas del Estado Español a G. ALMERA, hacia 1900 cuando este autor realizaba la hoja geológica 1:40.000 de La Llacuna, correspondiente al Mapa Geológico y Topográfico de la provincia de Barcelona. HERNANDEZ SAMPELAYO (1920) hace una serie de publicaciones sobre el origen de las bauxitas catalanas, a las que da un origen hidrotermal, que considera, debía de estar relacionado con la tectónica. Este mismo autor señala que la geología de la zona N. de la provincia de Teruel, con una constitución geológica semejante, podría tener reservas importantes de bauxita. FAURA y BATALLER (1917)

sugieren que las bauxitas catalanas se han formado por: "une reduction minérale des argiles bigarrées du Keuper par effect de pression, dans des zones ou des plissements et des failles transverses se combinent avec les plis généraux de la region".

GOETZ PHILLIP (1919 y 1920), URRUTIA (1917) y diversas publicaciones del distrito minero de Barcelona insisten en los temas de bauxitas, que después de esta época parecen no merecer la atención de los científicos españoles, hasta el año 1943 en que BA TALLER presenta su trabajo sobre las bauxitas de Lérida, con análisis químicos y un estudio geológico muy completo. CLOSAS MIRALLES (1949) hace una publicación de caracter general, seguida de otra en 1952 donde establece las zonas importantes de localización de bauxitas. SAN MIGUEL DE LA CAMARA (1950,1954) realiza un estudio completo con detalles sobre el tipo de yacimientos, dandoles un -- origen laterítico, sin precisar más en este aspecto. En el año 1951 FONT I TULLOT, hace un estudio

por difracción de rayos "X" de muestras cedidas por CLOSAS MIRALLES de bauxitas españolas, el trabajo experimental fue realizado en la Escuela Politécnica de Zurich. GARCIA SIÑERIZ (1950) hace un estudio de las bauxitas subpirenaicas y de la zona central, donde se dan datos sobre concesiones, minas en explotación... RIOS y ALMELA confeccionando la Hoja Geológica de Artesa del Segre descubren nuevos yacimientos de bauxita en la zona.

En 1960 se descubre el yacimiento de Portillo de Luna (León), que es estudiado por CLOSAS y FONT ALTABA.

MOTTA y ROCH (1963), dan una interpretación nueva de las bauxitas españolas basándose en datos de flora encontrada en niveles de lignitos asociados a las bauxitas.

COMBES (1967,1969), es el autor, que quizá con un criterio stratigráfico más concreto, ha estudiado los yacimientos del Norte de la provincia de Teruel, aunque ya LAPPARENT, A.F. (1950) ha

bía realizado una síntesis estratigráfica, tal vez más amplia que la de Combes, en cuanto a extensión regional, pero menos precisa en cuanto a dataciones. En el año 1972 se publica un estudio mineralógico de unas bauxitas karsticas de Zarzadilla de Totana, por ALIAS ORTIZ y RODRIGUEZ GALLEGO, al que siguió otro sobre el mismo tema y diferentes técnicas en el año 1974.

El I.G.M.E., realiza, a partir de 1972, una serie de estudios sobre los minerales de aluminio que quedan plasmados en la realización del "Mapa Metalogenético del Aluminio" por SIERRA, ORTIZ y BURKHALTER. Asimismo una serie de Mapas Metalogenéticos a escala 1:200.000 sitúan los diversos yacimientos de bauxitas conocidos hasta el momento de su publicación. Siguiendo en esta línea el I.G.M.E. realiza una investigación de bauxitas en Fuentespalda y otra en La Llacuna; los resultados les permiten dar en ambos casos un informe negativo.

En este estado de cosas, cabe preguntarse: cules son las posibilidades reales y el interés industrial de estos yacimientos de bauxitas. Nosotros pensamos, que, en realidad, el problema está mal enfocado bajo dos aspectos; el tecnológico y el de prospección. Desde el punto de vista tecnológico, si países con bauxitas de baja calidad - están desarrollando técnicas de obtención de aluminio a partir de arcillas, nefelina, ..., nosotros podríamos hacer algo similar, en este sentido, si no a escala industrial, sí a nivel de planta piloto.

Por otra parte, la prospección realizada hasta el momento se basa, bien en labores de muy pequeña escala y grado de mecanización, donde el trabajo se realiza a nivel casi familiar; o en observaciones de campo, sin que se hayan realizado unas campañas racionales de prospección y estudio sistemático que permitan, de una vez por todas, valorar y cuantificar nuestras posibilidades en -

ese campo, es decir, conocer nuestros recursos en bauxitas. En U.S.A., en la década 1940-50 se realizó la valoración de yacimientos de arcillas bauxíticas en el estado de Mississipi, investigando el distrito de Tapah-Bentor, siendo realizados - unos 100 sondeos en un área de  $400 \text{ Km}^2$ , para descubrir 3 millones de toneladas de arcillas caolínicas, de las cuales un 0,5% podrían ser arcillas bauxíticas ( $K_i = 1$ ). En la zona de La Llacuna, y según datos de KINDELAN, existirían unas reservas probables de bauxitas de 1.000.000 Tm. ( $K_i = 0,5$ ) sin que se tengan datos de sondeos ni labores de otro tipo, más que las realizadas por mineros de la región. Hemos querido comparar estos dos datos para poner de manifiesto que la prospección en la zona más conocida de España está sin hacer, y que si se quiere de verdad, valorar los recursos, hay que realizar una investigación mucho más amplia y completa.

## 2.2. Zona de Fuentespalda-Beceite-Horta de San Juan-Pinell.

La zona constituye la estribación meridional de la Cordillera Catalana, tiene una estructura que se asemeja mucho a la misma, con un núcleo - mesozóico que ha sufrido una tectónica de bloques, que al jugar condiciona a través de los materiales plásticos del Trias unas fallas inversas con importantes cobijaduras de materiales más modernos. Los terciarios, bastante indiferenciados, - comprenden desde facies yesíferas hasta facies conglomeráticas con potencias elevadas y en discordancia progresiva con los materiales mesozoicos. La parte más inferior del Terciario está afectada, en las proximidades de la zona de contacto con los mesozoicos, de espectaculares buzamientos verticales e incluso con pliegues tumbados.

Los materiales que afloran más ampliamente a lo largo de las alineaciones mesozoicas son los

del sistema Jurásico, los cuales constituyen la base sobre la que descansa el sistema Cretácico, en el cual se van a dar varias etapas de sedimentación arcillosa, a las cuales van a ir directamente asociadas las bauxitas.

El sistema Cretácico, va a aparecer como retazos, pinzado entre materiales jurásicos, salvo en el sinclinal de Punta Muleta (entre Frades y Fuentespalda), donde este sistema se dispone casi horizontalmente sobre el Jurásico.

Dentro de la serie cretácica existen tres facies arcillosas: las facies arcillosas bedoulienses, las facies Utrillas y las facies rognacienses.

Según el I.G.M.E. (1974) las facies bedoulienses, con valores de  $K_i = 1,79$ , representan unas reservas de 101.634.597 Tm, para la zona comprendida entre Frades-Fuentespalda-Beceite.

Las facies Utrillas, en cualquiera de las alineaciones, presentan dirección NE-SW, en que aparecen

recen presentes volúmenes del orden de decenas de millones de toneladas métricas de arcillas caolíníferas de buena calidad que se explotan para productos cerámicos.

Los niveles de arcillas rognaciense presentan un desarrollo importante entre Prat del Compte y Pinell, con una longitud de casi quince kilómetros y espesor, que en algunos casos llega a los 100 m., lo que da unas reservas de arcillas de cientos de millones de toneladas, los valores del  $K_i = 4,55$ , demuestran que no son auténticos caolines. Además de estos niveles arcillosos, en la zona aparecen rellenos kársticos formados por "Bauxitas con acreciones geliformes", que presentan valores de  $K_i = 1,45$  (arcillas bauxíticas). El tonelaje según el I.G.M.E. (1975) no superaría las 10.000 Tm, repartidas en 22 relieves kársticos para la zona Fuentespalda-Beceite.

#### a) Subzona de Fuentespalda

Los rellenos kársticos estudiados por nosotros

se encuentran al SE de Fuentespalda, las calizas sobre las que se desarrolla el karst, presentan organismos coloniales, posiblemente rudistas y podrían corresponder a las calizas de rudistas karstificadas que ROSSELL (1966), situa debajo de arcillas bauxitíferas amarillas en una serie efectuada en el Embalse de la Pena (Jurásico Superior). Todas las superficies del karst están tapizadas por unas "Cortezas parietales" de calizas fibrosas, inmediatamente se disponen las "Bauxitas con acreciones geliformes", que en las proximidades de la corteza están decoloradas, la "bauxita" de colorada está constituida fundamentalmente por una caolinita bien ordenada, mientras que la bauxita de color rojo está formada fundamentalmente por gibbsita, siendo la caolinita secundaria. Se observan también arcillas de decalcificación que contienen carbonato cálcico y arcillas de tipo caolínico. Las texturas que presentan estos rellenos al microscopio son comunmente de tipo no-

dular con núcleo geliforme homogéneo, oscuro, rodeado de láminas concéntricas de tonos claros.

En una mina próxima a este relleno anteriormente descrito, se explota un material de tonos grises, e incluso negros que podrían correspon--der a las facies arcillosas budoulienses que cita COMBES y a los 25 m. de arcillas bauxitíferas que cita en el embalse de la Pena ROSSELL (1966), este autor cita la presencia de Rotalia, en las calizas intercaladas en estas facies arcillosas. Estos materiales de color gris oscuro presenta gibbsita, caolinita y un pico en el A.T.D. que podría atribuirse a formas de halloysita o geles.

De este estudio previo, se deduce, que existen yacimientos estratiformes de arcillas con -alúmina libre en mayor o menor proporción, ligados a las capas de transición Jurásico-Cretácico y que ésta alúmina parece estar en forma de gibbsita, no descartandose la presencia de geles aluminosos y halloisitas, siendo la denominación de

"margas" dada por COMBES inexacta, ya que son ca lines más o menos aluminosos.

Localmente y sobre un muro de calizas de rudistas, cuya edad no está clara, aparecen bolsas de bauxitas con acreciones geliformes, muy pobres en alúmina libre en las proximidades de la corteza kárstica y ricas en alúmina libre en las zonas más alejadas y que constituyen el núcleo del relleno. Esta karstificación posiblemente sea mucho más moderna que las series e incluso puede ser postectónica, ya que en otro caso no existiría una relación tan estrecha entre el karst y las fallas inversas. La karstificación es activa en cuanto metalotecto, ya que los valores medios de los rellenos kársticos pueden ca lificarse arcillas bauxíticas, mientras que las arcillas bedulienses son sólo arcillas bauxíticas; en consecuencia, la teoría de una karstificación en la cual lo único que se desarrolla son unas simas donde se acumula el material supraya-

cente o transportado sin ningún tipo de efecto de concentración sobre la mineralización, puede ser rechazada, ya que es inconsistente.

b) Subzona del SE de Beceite.

En unos materiales dados como facies Utrillas realizamos un muestreo de los materiales arcillosos que aparecen de muro a techo:

1. Biomicrita de ostrácodos, en las que aparecen algunos fragmentos de gasterópodos, así como foraminíferos.
2. Nivel arcilloso de casi 30 m., en la parte más basal aparecen arcillas con caolinita, hematites, gibbsita y posibles alumogeles y/o halloisita. Hacia la parte superior el material está formado fundamentalmente por caolinita, con hidróxidos de hierro. Son comunes las costras ferruginosas, formadas en general por material aleurítico en el que se reconocen feldespatos; son comunes en ellas las nodulizaciones de caolinita. Algunas muestras nodulosas presen-

tan también pequeñas proporciones de gibbsita

3. Sobre estos niveles arcillosos, generalmente sin vegetación, aparecen una serie de dolomias en general algo karstificadas. Se trata de dolomias microcristalinas con incipientes procesos de dedolomitización ligados a la karstificación. Hacia la parte superior esta serie pasa a calizas microcristalinas con incipientes procesos de génesis de cristales porfidotópicos y que presentan abundantes nódulos de sílex.

En esta zona se ubica la mina de tierra refractaria María Dolores, en la cual se explotan unos caolines de buena calidad.

Hay que destacar el hecho de que en los termogramas es común la aparición de picos a temperaturas del orden de los 100°C, que pueden ser debidos a la presencia de geles.

Estas arcillas caolínicas de las facies Utri

llas de la zona de Beceite ocasionalmente presen  
tan alúmina libre relacionada con procesos de de  
sarrollo de costras ferralíticas.

a) Subzona de Pinell de Bray.

Desde el Prat del Compte hasta Pinell de Bray  
se extiende una potente franja de casi un cente-  
nar de metros de sedimentos arcillosos que po--  
drían corresponder a las facies arcillosas del  
tránsito Cretácico-Terciario. Estos materiales han  
sido explotados intensamente.

Los materiales arcillosos comienzan en la ba  
se por lutitas arcillosas de cuarzo y feldespato,  
donde se observan caolinitas bien desarrolladas  
y en las que los cuarzos están corroidos en par-  
te por la "pasta arcillosa".

Existen muestras constituidas fundamentalmen  
te por caolinitas, en algunos casos con cuarzo  
libre. Sobre estos materiales existe un nivel de  
calizas no litificadas, de aspecto noduloso y  
sobre éstas, calizas micríticas edafizadas y

con ostracodos. Estas últimas calizas pudieran ser lacustres, y en algún momento pudo haberse desarrollado sobre ellas suelo, originándose movilizaciones de óxidos que dan incluso fases cementantes, así como texturas nodulosas y en manchas; existe una última etapa de cementación "blocky" por carbonatos que es muy posterior al proceso de edafización.

Estos materiales de Pinell de Bray constituyen, dentro del sistema cretácico la última etapa en la que se desarrollan sedimentos arcillosos caolínicos, sin que se haya identificado en ningún momento alúmina libre.

De todo lo expuesto en el apartado 2.2. se deduce que dentro del sistema Cretácico existen tres épocas en las cuales se desarrollan sedimentos detríticos arcillosos caolínicos, una en el tránsito Jurásico-Cretácico, otra en el Albense y otra en el tránsito Cretácico-Terciario. Paulatinamente van siendo más pobres cada vez en alú-

mina libre, estando ausente en los del tránsito cretácico-terciario.

### 2.3. Zona de "La Llacuna"

Esta zona presenta un gran interés, tanto por las posibilidades futuras, como por haber sido aquí donde por primera vez se citaron las bauxitas en España, ALMERA (1900) en la zona de Roca Vidal en el Macizo de Montmell.

La manera como aparecen aquí las bauxitas es bastante compleja, unas veces pudieran interpretarse como rellenos kársticos en unas dolomías inferiores, posiblemente triásicas, punto que se discutirá posteriormente, otras veces incluso parecen no tener nada que ver con el karst, aunque las rocas carbonatadas próximas estén karstificadas.

Esto ha llevado a los diversos autores a unas interpretaciones que vamos a resumir brevemente, para luego tratar de ajustar, teniendo en cuenta los datos paleogeográficos recientes, una hipóte

sis genética probable. FAURA y BATALLER (1920), llegan a la conclusión de que estas bauxitas no están interestratificadas y que los afloramientos están sobre zonas dislocadas por movimientos tectónicos anteriores al Eoceno: SAN MIGUEL (1950) señala que los yacimientos, en general, carecen de techo y cuando lo tienen está constituido por las calizas eocénicas de alveolinas, y el muro son en general materiales triásicos superiores o bien carniolas del infralías; sigue este autor dando un origen que se basa en que la zona debió de permanecer emergido desde el Lias al Eoceno Inferior, y que durante esta larguísima emersión los macizos calizo-dolomíticos fueron fuertemente erosionados, originándose una topografía local, sobre la cual se depositaron en régimen de aguas tranquilas los materiales arcillosos procedentes de la destrucción de las calizas. Tales depósitos arcillosos llenaron oquedades y depresiones del torcal; sobre esta superficie erosiva

fosilizada por estos depósitos, bajo un clima tropical húmedo, se produjo el proceso de laterización, que, como dispuso de mucho tiempo, terminó con la bauxitización completa de los depósitos arcillosos. Según LAPPAREN (1950), las bauxitas se encuentran en zonas sinclinales y su muro está formado siempre por calizas y dolomías del Infralias. Sin embargo como estos materiales, según este autor, son de carácter aluvial, es necesario darles una edad más reciente. A menudo las bauxitas no tienen techo, pero a veces aparecen cubiertas por arcillas rojas del Eoceno Inferior contiental, y otras veces por calizas marinas de alveolinas (Ypresiense); su datación según el autor es muy difícil.

CLOSAS (1952), refiriéndose a los yacimientos de Mediona dice que están formados por "Cantos angulosos", bloques más o menos grandes de bauxitas revueltos con arcillas, cantos calizos y nódulos de hematites". Se trata, según este autor,

de materiales redepositados no muy lejos del lugar de su formación primaria.

MOTTA y ROCH (1965) visitan la cantera Adelaida, donde las bauxitas encajan en forma de una bolsada desarrollada simultáneamente sobre materiales triásicos o infraliásicos y eocenos. Para estos autores el karst relleno de bauxitas es anterior al Eoceno, pero han proseguido sus efectos después de la breve etapa de interrupción debida a la transgresión del mar durante el Eoceno.

COMBES (1969) sugiere que existe una relación entre los procesos lateríticos de la zona de Beceite-Fuentespalda y los de la Cadena Catalana. Para demostrarlo señala algunos procesos de formación de niveles ferralíticos en el Barremiense entre Tortosa y Hospitalet del Infante; asimismo cita la presencia de arcillas poco transformadas en la serie Jurásico-Cretácico de Roca Vidal (al Sur de la zona estudiada por nosotros y separada de ella por un gran accidente tectónico, "Zona

de fracturas de San Quintin", que pasa al Norte del pueblo de San Quintin de Mediona). Siguiendo a COMBES, las facies lateríticas pudieran aparecer en el Barremiense en la zona de Beceite, así como en la de Tortosa-Hospitalet del Infante, mientras que en Roca Vidal pudieran aparecer en el tránsito Barremiense-Aptense (la transgresión tendría lugar sobre el borde del supuesto macizo del Ebro). Las zonas al Norte de la fractura de San Quintin quedaron al descubierto durante un largo periodo de tiempo, durante el cual hubo tiempo suficiente para evolucionar a bauxitas en un ambiente continental; sin embargo, en la zona al Sur de la falla de San Quintin este proceso no pudo tener lugar por quedar rápidamente cubierta por el mar aptense.

### 2.3.a. Estratigrafía y paleogeografía del yacimiento.

Vamos a dar una estratigrafía sucinta de los materiales que se encuentran sobre el macizo de

Gaya, eludiendo dar la estratigrafía total de la región que no sirve a nuestro propósito de establecer el origen de los yacimientos objeto de este apartado. Dejando aparte el Paleozoico, según el I.G.M.E. (1973), tenemos:

1. Buntsandstein, con unos 50 m. de potencia, formado por conglomerados, samitas y lutitas en facies rojas típicas. Hacia la parte superior existe un nivel de arcillas, a veces yesíferas, que constituye un plano de despegue para toda la serie superior.
2. Muschelkalk, que en esta zona está representada por unos 250 m. de serie, comprendiendo niveles arcillosos y margosos intercalados entre sedimentos dolomíticos.
3. Keuper, con dolomías tableadas que van pasando a arcillas versicolores y yesíferas.
4. Paleoceno, se desarrolla sobre el Keuper del Macizo de Gaya, se observa un tramo de espesor variable de hasta 30 m. con intercalacio-

nes de areniscas rojas en las cuales aparecen Miliólidos y Microcodiums. Asimismo en estas facies se encuentran *Bulimus c.f. gerundensis* (ROSSELL et al.1966), FERRER (1968), PLAZIAT (1968). Según el I.G.M.E. (1973) este nivel - podría representar un paleosuelo al que ocasionalmente llegan incursiones lacustres (¿) e incluso marinas y en estrecha relación con los yacimientos de bauxitas. Por otro lado el parecido con los garumnenses del Cabo Salou, lleva a los autores antes mencionados a atribuirlo a una etapa comprensiva que podría abarcar desde el Albense-Ilerdiense.

5. Ilerdiense, formado por biomicritas, bioespartitas, calizas y dolomías brechiformes, con un espesor total de unos 25 m. constituyen el techo visible del yacimiento de bauxita.

A la vista de esta estratigrafía resulta claro que entre el Keuper y el Ilerdiense existe - una laguna estratigráfica importante y que por

analogías litoestratigráficas, así como por el carácter comprensivo de los jurásicos de áreas próximas, esta zona estuvo emergida desde el Albense hasta el Ilerdiense. Durante esta etapa pudo generarse el paleosuelo que representaría las etapas de lateritización en otras series (Beceite-Fuentespalda), este paleosuelo pudo ser removilizado en parte y transportado a zonas deprimidas y los procesos kársticos, tanto barremienses como oligocenos, contribuyeron decisivamente a un enriquecimiento en alúmina, óxido en el que el paleosuelo original no tuvo por qué estar enriquecido. El I.G.M.E. (1973) señala por lo menos dos etapas de karstificación: una en el Barremiense Medio y otra en el Oligoceno. Esto podría explicar, en parte, el relleno kárstico sobre los materiales dolomíticos del Keuper-Muschelkalk debido a la karstificación durante el Barremiense y también a los fenómenos de karstificación que afectan a las calizas Ilerdienses. Según MO-

TTA y ROCH, el karst que se rellena de bauxitas es anterior a la transgresión terciaria, pero es ta disolución seguiría en profundidad después del depósito de las calizas eocenas. Lo que llevaría a hundimientos locales en estas calizas eocenas, que darían lugar a la morfología de depósitos en los que parece que rellenos kársticos están situados simultáneamente sobre las calizas de alveolinas y las dolomías triásicas.

Las bauxitas de La Llacuna presentan una mar cada relación con las bauxitas de Hungría hasta en sus más mínimos detalles. BARDOSSY (1958) des cribe una serie de depósitos de características similares, es decir con muro de Triásico Superior y techo de sedimentos eocenos, quizá la única di ferencia es que el Eoceno Inferior de Hungría presenta niveles arcillosos debajo de las calizas de Miliólidos.

### 2.3.b. Datos mineralógicos de las bauxitas de La Llacuna.

No existen en la bibliografía datos abundantes sobre la composición química de las bauxitas de La Llacuna, a pesar de ser las mejor conocidas. Los datos de CLOSAS (1952), son de bauxitas de alta calidad, mientras que los del I.G.M.E. (1974) son de arcillas bauxíticas o bauxitas de baja calidad. No existen en ningún lugar datos sobre cortes seriados que permitan definir mejor la evolución horizontal y vertical de la mineralización.

La composición mineralógica de las bauxitas de La Llacuna, según FONT I TULLOT (1952) es boehmita, caolinita, hematites y muy raramente diáspora. Unas muestras estudiadas por el I.G.M.E. (1974), además de los minerales anteriores cita como minerales accesorios, anatasa y rutilo.

Para el presente trabajo se realizó un muestreo en las proximidades de la Iglesia de Santa María de Miralles (Casa del Ramonet), en una antigua explotación denominada Mina María. El techo está formado de calizas de Miliólidos (Iler-

diense). Estas calizas yacen sobre un conjunto margoso, posiblemente algo yesífero. Todo el conjunto se encuentra karstificado, siendo frecuentes las formas constructivas, cortezas...

Debajo aparece un conjunto arcilloso versicolor con procesos incipientes de "Acreción geliforme", repartidos irregularmente, decoloraciones locales para dar formas de aspecto flameado. Estos materiales deben de corresponder al paleosuelo desarrollado sobre el Keuper, y formadas fundamentalmente por caolinita, con una cierta porosidad de brechificación, a veces con desarrollo de cementos caolínicos a lo largo de las grietas.

El material con procesos generalizados de - acreción está formada por boehmita, caolinita y hematites. Las muestras, al microscopio, presenta un aspecto típico de acreciones geliformes con empaquetamiento denso cementadas por caolín, en zonas donde el proceso acrecional es incipiente quedan formas residuales de un material rojizo.

Las acreciones que se observan presentan, en general, un aspecto tanto más regular, cuanto más evolucionado es el material, en las zonas de contacto entre dos acreciones suelen estar deformadas las láminas, y son frecuentes las acreciones deformadas de manera irregular. A escala de muestra de mano se observa cómo existe acreciones de núcleo pluriacrecional.

#### 2.4. Zona Subpirenaica.

Comprende una serie de afloramientos bauxíticos que se extienden desde el alto valle del río Llobregat hasta el alto valle del río Segre. Se conocen desde antiguo, -BATALLER (1925); las bauxitas de la zona entre Tuxent-Osera-Aliña, así como las bauxitas de Peramola. En el año 1949, ALMELA y RIOS descubren las bauxitas de Font de Forradella, en las proximidades de Alos de Balaguer. Basándose en este descubrimiento se encuentran nuevos asomos bauxíticos a lo largo del Valle del Segre en su unión con el Noguera Pallarere

sa, así como en la Sierra de Montsech.

BATALLER (1943) publica un completo y documentado estudio sobre las bauxitas de Peramola y Tuxent, al que siguen los estudios de G. SIÑERIZ (1950) y SAN MIGUEL (1950); estos autores estudian las principales concesiones mineras y señalan su situación entre el Jurásico Inferior y el Cretácico Superior para la totalidad de los yacimientos de esta zona, dan algunos análisis químicos y valoran las posibilidades de las bauxitas subpirenaicas. Para las bauxitas pirenaicas se hace una estimación de casi 4 millones de Tm. de mineral, desglosadas en: 700.000 Tm. para las de Peramola, 1,75 millones de Tm. para las de la zona de Tuxent y 1,5 millones de Tm. para la zona de Alós de Balaguer. CLOSAS (1952) en su trabajo, ya clásico, describe los yacimientos e intenta dar una estratigrafía correcta. GUERIN DES JARDINS y LATREILLE (1961) realizan un estudio geológico completo de la zona entre los ríos Segre y Llobre

gat, y sitúan en él los principales afloramien--  
 tos bauxíticos de la zona de Tuxent; según estos  
 autores esta zona bauxitífera se caracteriza por  
 que se sitúa en el muro del Senonense, descansa  
 directamente sobre el Dogger. MOTTA y ROCH (1962)  
 describen en parte el yacimiento de Les Coms (Sie  
 rra de San Mamet), al NNO del pueblo de Alós de  
 Balaguer, en las arcillas asociadas con las bau-  
 xitas de este yacimiento encuentran resto de mono  
 cotiledóneas. P. SOUQUET (1967) da un esquema de  
 los procesos de bauxitización desarrollados al Es  
 te de Os de Balaguer (desde el Lias Inferior), al  
 N de Camarasa (S<sup>a</sup> de Montruig y San Mamet y S<sup>a</sup>  
 Carbonera) desde el Lias Superior al Dogger. Al  
 N. de Peramola (S<sup>a</sup> d'Aubens y en Aliñá) también  
 se pueden localizar estas facies de bauxitas o  
 de emersión sobre el Dogger o el Lias Superior.  
 La transgresión Cenomanense fosilizará estas zo-  
 nas con facies de emersión y bauxitización de  
 los materiales de edad Liásica-Dogger Inferior.

COMBES (1969) en Fuente Forradella (S. de Alós de Balaguer) encuentra unas arcillas ricas en materia orgánica, algo yesíferas, en la base de las bauxitas y sobre las dolomías del Dogger. El estudio palinológico de estas facies arcillosas permite señalarlas como el Beduliense, es decir como el tránsito Barremiense-Aptense, ésto nos permite compararlas con las bauxitas de Fuentespalda-Beceite, por su edad, además de dar un importante dato paleogeográfico que revela que - el proceso de bauxitización sólo tuvo lugar desde el Aptense hasta el Senonense (Santoniense).

#### 2.4.a. Subzona de Camarasa.

En esta zona el mineral bauxítico aparece interestratificado entre calizas y dolomías del Dogger y areniscas del Santoniense. Existen varios afloramientos como el de Coll de Pota (Sierra de Monroig), con una potencia de 15 m. aproximadamente y con unos valores de  $K_i = 1,0$ .

Al Sur de Alós de Balaguer se encuentra otro

afloramiento, el de Font de Forradela, con valores de  $K_i$  bastante bajos, interestratificado de la misma manera que el anterior, este yacimiento tiene una potencia de unos 10 m. (G. SIÑERIZ, 1950)

Al N. de Alós de Balaguer, en la Sierra de San Mamet, macizo formado fundamentalmente por calizas del Campano-Maestrichiense. Una fractura permite aflorar los niveles detríticos del San toniense en el lugar denominado Les Coms, que SAN MIGUEL (1950) extrapola hasta la zona de Fleta Verde. Los datos sobre las bauxitas de Les Coms indican valores de  $K_i \simeq 0,50$ , lo que permite darlas como bauxitas de baja calidad.

#### 2.4.b. Subzona de Peramola.

Todos los autores coinciden en dar como estratiformes los depósitos bauxíticos de Peramola, con una secuencia análoga a la de los yacimientos de Camarasa.

Cartográficamente aparecen bandas de dirección NE-SW que se sitúan paralelamente a la dirección

de las Sierras. El espesor de las capas es entre 8-10 m. Se han realizado pequeñas labores para poner de manifiesto la presencia de la mineralización, todas ellas de pequeña importancia.

El análisis químico revela que las bauxitas de Peramola tienen una calidad algo mejor que las bauxitas de Camarasa, sobre todo teniendo en cuenta los valores medios de los datos químicos conocidos.

En la mina de la Esperanza se recogieron y estudiaron muestras de bauxitas que a nosotros nos parecían rellenos kársticos, a juzgar por la morfología del depósito, e incluso se observaban cortezas travertínicas. Esta zona ha sido intensamente laboreada por pequeñas galerías y calicatas, actualmente hundidas, lo que dificulta la observación.

La mineralogía puesta de manifiesto por A.T. D. y difracción de rayos "X" revela la presencia de boehmita, caolinita, hematites, como minerales

predominantes y calcita y cuarzo como minerales accesorios muy comunes.

Desde el punto de vista petrográfico las bauxitas de la zona de Peramola presentan acreciones geliformes sin laminaciones (nodulizaciones), que presentan grandes grietas, a veces rellenas de caolinita de alta cristalinidad. A veces localmente aparecen acreciones geliformes con laminaciones incipientes.

#### 2.4.c. Subzona de Tuxent Aliñá.

Esta zona presenta una serie de afloramientos bauxíticos, conocidos desde antiguo, todo a lo largo de un arco que se extiende desde Aliñá-Alsina-Padriñas-Tuxent-La Pedra y que está caracterizada desde el punto de vista paleogeográfico por reposar directamente el Senonense sobre el Dogger. Tanto SAN MIGUEL (1950), como G. SIÑERIZ insisten en que sus características son semejantes a los yacimientos de Peramola y Camarasa. Las labores antiguas actualmente se encuentran anegadas

das y las observaciones son muy difíciles.

## 2.5. Conclusiones sobre la "Provincia bauxítica mesozoica".

Durante el periodo Cretácico ( $-141_1$ ) - ( $-65_1$ ) la Península Ibérica está formada por una serie de zonas emergidas peneplanizadas, sobre las que posiblemente se dan las condiciones óptimas para el desarrollo de bauxitas; bordeando áreas emergidas se disponen en principio los yacimientos bauxíticos.

En el Cretácico se pueden distinguir tres etapas de desarrollo de depósitos lateríticos:

- a) Facies arcillosas lateríticas. Beduliense ( $-110_1$ ) años.
- b) Facies arcillosas lateríticas. Albense ( $-100_1$ ) años.
- c) Facies arcillosas. Rognaciense ( $-65_1$ ) años.

El espesor de las capas lateríticas es variable, ya que están situadas en disconformidades, su continuidad lateral y vertical está condiciona

da por la aparición de facies sedimentarias marinas, o continentales químicas o bioquímicas. Estos yacimientos estratiformes constituyen las - "bauxitas en capa". Su origen es complejo, dándose tres tipos de teorías: autoctonistas, aloctonistas y paraalocionistas. Normalmente las capas bauxíticas descansan sobre carbonatos, estando - estos, en parte, o totalmente karstificados. Estos "depósitos en capa" pueden destruirse por - procesos kársticos postdeposicionales dando lu--gar a "bolsadas de hundimiento" o a "rellenos kársticos" de caracter alóctono.

Ni en todos los sitios están representados los tres niveles, y si estuvieran representados la erosión ha podido hacerles desaparecer. Tengáse en cuenta que estamos en el borde de un antiguo continente.

En la zona de Fuentespalda-Beceite, se localizan los tres niveles: el Beduliense y Albense - presentan hidróxidos de aluminio en forma de gib-

bsita y muy localmente boehmita, siendo importantes los rellenos kársticos de bauxitas con acreciones geliformes, también con un marcado carácter gibbsítico, es frecuente la aparición de hallloysita, siendo el mineral más abundante la caolinita.

En la zona de La Llacuna los niveles basales son del Keuper (-200<sub>1</sub>) y el techo es del Eoceno, esta zona permanece emergida, al menos desde el Beduliense al Eoceno, aquí tendríamos una "serie comprensiva" de los "tres niveles" naturalmente; el espesor de las posibles bauxitas es de casi 30 m., en general rellenan karts. El techo de estas bauxitas está, en general, formado por calizas de miliólidos y alveolinas del Eoceno. Las bauxitas húngaras presentan una secuencia estratigráfica muy parecida a las de La Llacuna. Se trata de bauxitas fundamentalmente acrecionales y formadas por boehmita, hematites,..

En la zona Pirenaica la base de las bauxitas

es el Jurásico ( $-160_1$ ), o al menos ésto se decía hasta hace poco, en la actualidad se sitúan sobre depósitos lignitíferos beduliense, estando la parte superior de la serie formada por sedimentos detríticos del Santoniense ( $-80_1$ ) Los materiales presentan características muy variables, es común la presencia de acreciones geliformes y el hidróxido de aluminio está casi siempre bajo forma de boehmita. Esta zona está muy mal conocida dada su complejidad desde el punto de vista estructural. Existen bolsas kársticas asociadas a zonas fracturadas.

En el Sur de España, concretamente en la Unidad Sierra de Ponce, en las proximidades de Zarzadilla de Totana (Murcia), existen una serie de rellenos kársticos formados por bauxitas con unas determinadas características mineralógicas y texturales semejantes a las anteriormente descritas y que plantean algunos problemas interesantes desde el punto de vista ge

nético y de edad.

En las proximidades de Pozo Cañada (Albacete) existen rellenos kársticos sobre dolomías del Jurásico ( $-160_1$ ), si bien las texturas y la morfología del depósito recuerda a los depósitos bauxíticos kársticos. En realidad el mineral que los forma es casi exclusivamente hematites.

## 2.6. La zona bauxitífera de Portillo de Luna (León)

En el año 1957, fue descubierto este yacimiento de bauxitas de baja calidad ( $K_i \approx 0,5$ ). Siendo estudiado por CLOSAS y FONT ALTABA(1960) que señalan en él la presencia de gibbsita y halloysita, siendo de destacar como característica de este yacimiento el bajo contenido en óxido férrico y óxido de titanio. Estos autores atribuyen a este yacimiento un origen debido a "Lateritización de arcillas ricas en aluminio en lagunas de poca profundidad, que produci--

ría la casi total eliminación del hierro por la acción de microorganismos y una hidratación de la arcilla así como la formación de hidróxidos de aluminio, ya sea por la clásica acción climatológico-húmica, o también por la acción de microorganismos; el resultado fue una bauxita blanca carbonosa". Más adelante, estos autores atribuyen a la orogenia herciniana procesos metamórficos que llevan consigo una agradación de gibbsita, la halloysita quedaría como un resto no transformado.

SIERRA et al.(1972), clasifican el yacimiento de Portillo de Luna como del tipo Arkansas, dándole una longitud de unos 250 m. y un espesor de 0,8 - 1 m, quizá esta clasificación habría que revisarla, ya que las bauxitas de Portillo de Luna, se pueden parecer a las de Arkansas en cuanto a su composición mineralógica, pero se diferencian en cuanto a su génesis. En cuanto a la composición de las bauxitas de la

provincia china de Shan Tung, también consideradas como holotipo del yacimiento de Portillo de Luna, si bien tienen algún parecido en cuanto a la manera de yacer, en yacimientos lenticulares de 0,5 m. de espesor, y en la edad, se diferencian sin embargo en la mineralogía de hidróxidos de aluminio y en la composición química.

Las bauxitas de Portillo de Luna resultan, desde el punto de vista genético, un grave problema científico y de indudables repercusiones económicas, ya que la explotación de las mismas está relacionada con la interpretación genética que de ellas se haga.

#### 2.6.a. El yacimiento

Pasado el pueblo de Portillo de Luna, en dirección SE, existe una zona de fractura que - afecta a unos crestones de rocas carbonáticas; debajo de un afloramiento de calizas aparece, con un espesor de 1 m. aproximadamente, un materi

rial deleznable blanco, con puntos oscuros de materia orgánica, que evoluciona rápidamente a pizarras de tonos violáceos. Con forma poco de finida, aparece, a modo de intercalación en las pizarras, un nivel de calizas con crinoides. El material blanco, que es la bauxita, no presenta ningún tipo de estructuración y es muy poco denso.

Las calizas de la parte superior son calizas con fragmentos de crinoides, corales, briozoos, astracodos..., con escaso contenido en detríticos, siendo éstos normalmente de tamaño pelítico; se podrían clasificar como sedimentos de zonas someras y en aguas agitadas por encima de la base del oleaje. Estas calizas han sufrido complejos procesos de cementación, y en algunas puntos de recristalización, que incluso llegan a borrar los caracteres de los fragmentos orgánicos. Las calizas del muro de las bauxitas también tienen estas características.

Las bauxitas pasan lateralmente a pizarras que presentan un tamaño de clastos muy fino, no identificable al microscopio petrográfico; presentan algún moteado de óxidos posiblemente de hierro y además aparecen en ellas vénulas rellenas de caolinita, que cortan las estructuras primarias. El estudio por difracción de rayos "X" y A.T.D. pone de manifiesto que estas pizarras violáceas a las que pasa el material bauxítico están formadas fundamentalmente por caolinita, cuarzo y hematites. El término intermedio está formado por caolinita, cuarzo escaso, algo de calcita y una cantidad muy baja de hematites. Los endotérmicos de estas caolinitas son altos, superiores a  $660^{\circ}\text{C}$ , no descartándose la posibilidad de presencia de dickita. El material bauxítico está formado por halloysita, cantidades bajas de caolinita, gibbsita, algo de cuarzo, con ausencia total de hematites. Los termogramas presentan endotérmicos a

160°C (máximo), 300-320°C y 340°C, estos dos últimos del mismo orden y asimétricos. El exotérmico aparece a 960°C, confirmando los datos de la difracción de rayos "X", pues el pico a 300-320°C puede atribuirse a la gibbsita, el pico de 160°C a la deshidratación de la halloysita y el de 540°C, típico de la halloysita, pues la caolinita suele presentarlo a 600°C y la nacrita a 700°C.

#### 2.6.b. Estratigrafía

Siguiendo a van STAALDUINEN (1973), el yacimiento estaría situado en la "Formación La Vid", las calizas superiores pertenecerían a la "Formación Santa Lucía" y los sedimentos superiores a la "Formación Santa Lucía" constituirían la "Formación Piedrasecha". La unidad estructural sería el Sinclinario de Alba (Leonides).

La sedimentación, de acuerdo con las microfacies de los carbonatos intercalados en la

Formación de La Vid (en la que se encuentra el yacimiento) debió tener lugar en aguas someras.

Las mismas características parecen ponerse de manifiesto en los materiales de la Formación Piedrasecha, ya que según GUILLOU (1976), si bien la presencia de depósitos ferruginosos -- oolíticos marinos está ligada con un proceso transgresivo sobre un continente plano, estable y bajo clima cálido, las areniscas con cemento ferruginoso, acompañadas de lutitas y pizarras violáceas y amarillentas con costras ferruginosas, proceden de la destrucción de un suelo desarrollado en una etapa tranquila y cálida sobre un continente peneplanizado.

La Formación La Vid comienza con una etapa biostática, en la que se sedimentan carbonatos en ambiente somero, en clima cálido, poco a poco predominan los aportes terrígenos, solo interrumpidos por breves periodos de estabilidad con desarrollo de carbonatos.

La Formación de Santa Lucía presenta un largo periodo biostático en el cual se deberían de haber desarrollado, en las zonas emergidas, suelos lateríticos, cuya destrucción y transporte da lugar a la Formación Piedrasecha.

#### 2.6.c. Discusión sobre la génesis del yacimiento.

Según nuestro esquema el yacimiento de Portillo de Luna representaría un material alóctono allí sedimentado, por destrucción de niveles lateríticos durante un periodo rexiástico, siguiendo la hipótesis de COMBES (1969) "Un material de naturaleza caolínica es transportado a una zona costera durante una pequeña recurrencia rexiástica comprendida dentro de un periodo biotástico, en estas zonas deprimidas el hierro se reduce y en conjunto se produce la transformación de un material aluminoso (caolínico) en bauxita".

En el cuadro I se compara la composición

CUADRO I

	A) Media de Bauxitas	B) Pizarras arcillosas	C)
$Al_2O_3$	46,64	27,43	0
$SiO_2$	14,37	44,10	-35,65
$Fe_2O_3$	0,51	11,63	-11,34
CaO	1,21	---	---
MgO	1,48	---	---
P.F.	35,45	11,97	+ 8,87
Ki	0,52	2,73	---

A) y B): Datos de CLOSAS Y FONT ALTABA (1960)

C): Columna obtenida suponiendo que la alúmina es insoluble en el proceso de bauxitización siendo la sílice, el hierro y el agua los componentes móviles

$$\%C = \% B - \frac{27,43}{44,64} \cdot \% A$$

química media de las bauxitas de Portillo de Luna con las pizarras asociadas, deduciéndose que el proceso de bauxitización se realizó con una pérdida sobre el material que se transformaba de las tres cuartas partes de la sílice inicial, de la casi totalidad del catión férrico y con una ganancia importante en agua. Es decir, que desde un punto puramente objetivo el proceso tuvo lugar: en ambiente reductor (para eliminar el catión férrico), alcalino (para eliminar la sílice) y en presencia de agua. El material es totalmente pulverulento y parece imposible que haya podido soportar un proceso de compactación y que tengan una cohesión tan baja, y que además hayan sufrido una importante orogenia. Creemos en consecuencia que la única cuestión clara es que un material algo aluminoso se sedimentó durante el devónico y que procesos muy posteriores posttectónicos que condicionaron el lixiviado de la sílice y el hie-

rro y una hidratación de los silicoaluminatos fueron los responsables de la bauxitización.

El caracter mineralógico de las bauxitas también apoya nuestras consideraciones, ya que un proceso diagenético hubiera transformado la halloysita en caolín y la gibbsita en formas más anhidras, ya sea diáspora o boehmita.

Hemos recogido algunos datos sobre la mineralogénesis de la halloysita. Según CLOSAS et al. un 35% de la mineralización es halloysita. Creemos que, posiblemente, la manera de aparecer este mineral pueda darnos algún dato sobre la posible génesis del yacimiento. Así según BETEJTIN (1970), este mineral se desarrolla en zonas de alteración de rocas básicas y yacimientos de zinc, cobre y níquel, siendo así mismo común en hondonadas kársticas junto con alunita e hidrargilita (gibbsita), y también se cita en el contacto entre calizas y arcillas pardas en varios lugares de los Urales. Se han ci

tado así mismo, junto con la calamina, como producto de disolución de algunos tipos de calizas; también se pueden dar en suelos ricos en materia orgánica.

Creemos que mientras no se hagan estudios más profundos, y atendiendo únicamente al tipo de paragénesis, podemos admitir la presencia de sedimentos pelíticos y ortopizarras de naturaleza caolínica como mena alumínica singenética con las rocas encajantes y que el proceso de génesis de gibbsita y halloysita es un proceso posterior posiblemente postorogénico.

### 3. CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES FINALES

#### 3.1.a. Prospección de los recursos conocidos.

La provincia bauxítica mesozoica española puede ser dividida, desde el punto de vista del conocimiento que de ella se tiene, en dos sectores, uno el sector NE, explotado ocasionalmente y con algunos datos más o menos precisos,

y otro el sector SE del que sólo existen referencias a nivel de cita sobre presencia de hidróxido de aluminio.

En el sector NE, superada ya la etapa previa, demostrado que existen reservas probables debería de iniciarse la valoración de estos yacimientos, valoración que está, en la mayoría de los casos, sin hacer. Concretamente en los yacimientos de La Llacuna (municipio de Aiguamurcia, Santa Maria de Miralles, Mediona, La Llacuna) se han estudiado someramente algunos puntos, pero falta un estudio completo del nivel denominado Paleoceno que es el bauxitífero y que, con espesores de hasta 30 m. se extiende por más de un centenar de kilómetros cuadrados. Las etapas en el estudio de estos yacimientos de La Llacuna podrían ser:

a) Reconocimiento en su extensión total del nivel de paleosuelos (Aptenses-Eocenos), que en superficie estaría resilicificados, pero que

cualquier indicio positivo puede ser interesante.

b) Prospección geofísica del Eoceno-Nivel Bauxifétero-Trias, para establecer el espesor de la mineralización y detectar los puntos en los que se deba de hacer sondeos mecánicos. El método ideal puede ser el de resistividades.

c) Realizar una malla de sondeos mecánicos interpolados con los datos de geofísica y obtención de testigo continuo de los niveles arciillosos, para su muestreo y valoración posterior a partir de estos datos de los yacimientos.

Sería de interés la utilización de la foto aérea en la localización de algunos karts, que por no evidenciarse claramente en la superficie de las calizas eocenas, son difíciles de observar directamente, y que pueden representar una última etapa de evolución de karts que han venido funcionando desde por lo menos el periodo Cretácico.



Para los yacimientos de Fuentespalda-Becei te que ya han sido valorados, y por cierto, ne gativamente, sería necesario realizar algunos estudio previos más precisos en estructuras sin clinales cretácicas al Sur de Fuentespalda. De todas maneras, una campaña de geofísica podría poner de manifiesto nuevas bolsadas bauxíticas asociadas con fracturas NE-SW en toda la zona. Los niveles a investigar serían el Beduliense y el Albense, y creemos que en el peor de los casos se darían datos precisos sobre caolines bauxíticos y caolines poco bauxíticos existen tes en la zona.

Los yacimientos Pirenaicos de Camarasa y - Peramola necesitan de una geología de detalle, que está por hacer, quizá sería necesario un estudio previo completo. A continuación sería preciso realizar una valoración procediendo - igual que en los casos antes señalados. La zo na de Alifá-Tuxent, creemos que debería ser ob

jeto de la realización de catas y descubiertas de las posibles zonas de yacimientos, ya que está muy cubierta por vegetación y no existen labores mineras, por lo que la prospección aun que sea a escala previa, se hace muy difícil.

El sector SE de la provincia bauxitífera mesozoica es bastante complicado, tanto desde el punto de vista estructural como paleogeográfico, creemos que sería necesario un estudio mineralógico de las series del Cretácico Medio Inferior de las provincias de Albacete y Murcia, conocidas, desde el punto de vista estratigráfico, con bastante precisión gracias a los numerosos trabajos realizados en la zona. Los rellenos bauxíticos kársticos de la zona de Totana de Murcia, presentan un problema interesante, ya que el Cretácico del Subbético, (al que pertenece la S<sup>a</sup> de Ponce): Subbético Interno, no presenta ninguna interrupción en la sedimentación desde el Jurásico. El problema es

importante, ya que la edad de estas bauxitas, y lo que es más importante su prospección basándose en criterios estratigráficos, se hace dudosa, y no sabemos si atribuir la presencia de estas bauxitas a un nivel diferente de los normales en el Mesozoico español, o bien son totalmente alóctonos y proceden de la destrucción de un nivel bauxitífero situado al Norte de la Sierra de Ponce en el Prebético. Con todo, en la Unidad Malaguide entre el Neocomiense y el Albese detrítico aparece una zona karstificada, que podría muy bien estar relacionada con una posible etapa de bauxitización, los datos paleogeográficos parecen no estar muy de acuerdo con esta hipótesis, en consecuencia el problema es complejo y la solución de los problemas en el Prebético, podría dar alguna luz sobre la posición de las bauxitas en el Subbético.

Las bauxitas de Portillo de Luna, presentan

un problema interesante, ya que es posible que en el contacto entre las calizas de Santa Lucía y las pizarras de La Vid puedan existir más yacimientos de importancia más o menos elevada; sería necesario también ver la influencia de las fracturas postectónicas en todo el proceso. Por ello es de interés el muestreo del nivel en tre las calizas de Santa Lucía y las pizarras de La Vid a lo largo del sinclinal de Alba; es ta tarea tendría que realizarse con medios mecánicos, ya que los potentes coluviales impiden la observación directa en la mayoría de los casos.

### 3.1.b. Conclusiones sobre la tecnología de la obtención de alúmina a partir de bauxitas españolas.

Como se ha dicho en el apartado anterior, el conocimiento de nuestros recursos bauxíticos es muy poco exacto, pero los datos existentes permiten asegurar que el contenido en sílice va

a ser desgraciadamente elevado, en general mayor del 10 al 20%.

El sistema económico del Estado Español, basado en una economía libre de mercado, nos ha llevado a que, por un lado, se haya renunciado al estudio de nuestras reservas, y por otro se haya caído en total dependencia de suministro de materias primas y tecnología de terceros países. En consecuencia esta dependencia puede transformarse en esclavitud si no se toman medidas en el sentido de intentar que nuestros yacimientos puedan ser utilizados por las plantas existentes actualmente, que deben utilizar el sistema Bayer de obtención de alúmina, pues éste es el generalizado a nivel mundial y el que usan nuestros asesores técnicos, grupo Pechiney y Alcan.

Los procedimientos cal-sosa utilizados por la URRS, en la II Guerra Mundial, para preparar alúmina a partir de bauxitas de baja cali-

dad, podrían servir en España, si bien podríamos utilizar la variante introducida por PENIA KOFF en el año 1908, es decir sustituir el car bonato sódico por sulfato sódico y carbón ya que en España existen importantes reservas de sulfato sódico.

Tampoco se debe olvidar la patente Tohr, - que utiliza un procedimiento que acepta cualquier tipo de material aluminoso, gasta sólo un 5% de la energía del procedimiento clásico y no produce contaminación con los subproductos, como ocurre con el procedimiento Bayer. La quimiosíntesis parece un deseo inalcanzable, en el que no estaría de más investigar.

### 3.1.c. Conclusiones científicas s.s.

A lo largo de nuestro trabajo hemos podido constatar que el proceso de formación de las bauxitas está regulado por el comportamiento geoquímico del aluminio, al que se asocian otros cationes de características semejantes.

El proceso puede darse en multitud de situaciones, pero desde luego, a gran escala, se da fundamentalmente en niveles morfológicos estables y en climas tropicales o subtropicales. Estos niveles morfológicos pueden desestabilizarse y destruirse sin haber acabado el proceso de bauxitización, pudiendo interrumpirse este proceso o bien involucionar, es decir resilificarse, o por el contrario seguir evolucionando en otro medio similar (edáfico) o diferente (kárstico). Todo ello da lugar a una gran pluralidad de tipos genéticos de yacimientos de bauxitas.

Los aspectos texturales de las bauxitas reflejan la importancia que en la génesis de las bauxitas tienen los geles (alumogeles y hematogeles), sus procesos de "envejecimiento", sinéresis, cristalización, ..., así como el carácter metacoloïdal de los minerales de las bauxitas. A nivel de laboratorio se han obtenido --

texturas semejantes trabajando con soluciones coloidales. El análisis textural puede permitir disponer de un método de trabajo útil en el establecimiento de la génesis de las bauxitas, y sobre todo de su situación con respecto al nivel freático.

Por último resulta del máximo interés señalar que las bauxitas se distribuyen con respecto a la paleolatitud y la paleogeografía con unas características tales que se las puede considerar auténticos "Fósiles climáticos y paleogeográficos".



FUNDACION JUAN MARCH  
SERIE UNIVERSITARIA

**Títulos Publicados:**

1. — *Semántica del lenguaje religioso / A. Fierro*  
(Teología. España, 1973)
2. — *Calculador en una operación de rectificación discontinua/A. Mulet*  
(Química. Extranjero, 1974)
3. — *Skarns en el batolito de Santa Olalla/F. Velasco*  
(Geología. España, 1974)
4. — *Combustión de compuestos oxigenados/J.M. Santiuste*  
(Química. España, 1974)
5. — *Películas ferromagnéticas a baja temperatura/José Luis Vicent López*  
(Física. España, 1974)
6. — *Flujo inestable de los polímeros fundidos/José Alemán Vega*  
(Ingeniería. Extranjero, 1975)
7. — *Mantenimiento del hígado dador in vitro en cirugía experimental*  
José Antonio Salva Lacombe (Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1973)
8. — *Estructuras algebraicas de los sistemas lógicos deductivos/José Plá Carrera*  
(Matemáticas. España, 1974)
9. — *El fenómeno de inercia en la renovación de la estructura urbana.*  
Francisco Fernández-Longoria Pinazo (Urbanización del Plan Europa 2.000  
a través de la Fundación Europea de la Cultura)
10. — *El teatro español en Francia (1935—1973) / F. Torres Monreal*  
(Literatura y Filología. Extranjero, 1971)
11. — *Simulación electrónica del aparato vestibular/J.M. Drake Moyano*  
(Métodos Físicos aplicados a la Biología. España, 1974)
12. — *Estructura de los libros españoles de caballerías en el siglo XVI.*  
Federico Francisco Curto Herrero (Literatura y Filología. España, 1972)
13. — *Estudio geomorfológico del Macizo Central de Gredos*  
M. Paloma Fernández García (Geología. España, 1975)
14. — *La obra gramatical de Abraham Ibn <sup>c</sup> Ezra/Carlos del Valle Rodríguez*  
(Literatura y Filología. Extranjero, 1970)

- 15.— *Evaluación de Proyectos de Inversión en una Empresa de producción y distribución de Energía Eléctrica.*  
*Felipe Ruíz López (Ingeniería. Extranjero, 1974)*
- 16.— *El significado teórico de los términos descriptivos/Carlos Solís Santos*  
*(Filosofía. España, 1973)*
- 17.— *Encaje de los modelos econométricos en el enfoque objetivos-instrumentos relativos de política económica./ Gumerindo Ruíz Bravo*  
*(Sociología. España, 1971)*
- 18.— *La imaginación natural (estudio sobre la literatura fantástica norteamericana).* / *Pedro García Montalvo*  
*(Literatura y Filología. Extranjero, 1974)*
- 19.— *Estudio sobre la hormona Natriurética.* / *Andrés Purroy Unanua*  
*(Medicina, Farmacia y Veterinaria. Extranjero, 1973)*
- 20.— *Análisis farmacológico de las acciones miocárdicas de bloqueantes Beta-Adrenérgicos./ José Salvador Serrano Molina*  
*(Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1970)*
- 21.— *El hombre y el diseño industrial./Miguel Durán-Lóriga*  
*(Artes Plásticas. España, 1974)*
- 22.— *Algunos tópicos sobre teoría de la información./ Antonio Pascual Acosta*  
*(Matemáticas. España, 1975)*
- 23.— *Un modelo simple estático. Aplicación a Santiago de Chile*  
*Manuel Bastarache Alfaro (Arquitectura y Urbanismo. Extranjero, 1973)*
- 24.— *Moderna teoría de control: método adaptativo-predictivo*  
*Teoría y realizaciones. /Juan Manuel Martín Sánchez*  
*(Ingeniería. España, 1973)*
- 25.— *Neurobiología (I Semana de Biología. Conferencias-coloquio sobre Investigaciones biológicas 1977)*
- 26.— *Genética (I Semana de Biología. Conferencias-coloquio sobre Investigaciones biológicas 1977)*
- 27.— *Genética (I Semana de Biología. Conferencias-coloquio sobre Investigaciones biológicas 1977)*
- 28.— *Investigación y desarrollo de un analizador diferencial digital (A.D.D.) para control en tiempo real. /Vicente Zugasti Arbizu*  
*(Física. España, 1975)*
- 29.— *Transferencia de carga en aleaciones binarias./ Julio A. Alonso*  
*(Física. Extranjero, 1975)*
- 30.— *Estabilidad de osciladores no sinusoidales en el rango de microondas.* / *José Luis Sebastian Franco.*  
*(Física. Extranjero, 1974)*

- 31.— *Estudio de los transistores FET de microondas en puerta común.*  
*Juan Zapata Ferrer. (Ingeniería. Extranjero, 1975).*
- 32.— *Estudio sobre la moral de Epicuro y el Aristóteles esotérico. /*  
*Eduardo Acosta Mendez (Filosofía. España, 1973)*



