

El problema de las bauxitas en España

por

S. Ordóñez

1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA.

El aluminio es un metal extraordinariamente abundante en la naturaleza (8%); sin embargo, es un metal difícil de separar de sus óxidos. Se ha atribuido su descubrimiento a Plinio "El Viejo". Sin embargo, el sabio alemán F. WÖHLER (1800-1882) fue el primero en obtener aluminio haciendo pasar vapores de cloruro de aluminio, descubierto por OERSTED (1821), sobre potasio. En 1854 SAINTE CLAIRE DEVILLE logra obtener por primera vez aluminio por electrolisis de una mezcla de cloruro de aluminio y sodio fundido. En 1855 DEVILLE perfecciona el método añadiendo F_2Ca como fundente. La alúmina fue, en estas primeras épocas, obtenida a partir de la calcinación del alumbre amoniacal. Hacia 1856, se empieza a utilizar la criolita de Ivigtut (Groenlandia) como fundente y en 1857 se crea en Francia una sociedad industrial para beneficio del aluminio.

Las bauxitas, que habían sido descubiertas por BERTHIER (1821) en Baux de Provence, entran en la historia del aluminio en el año 1858, cuando se estudian unas menas de hierro raras, que forman escorias refractarias en los hornos; DEVILLE estudia estas rocas y resultan ser alúmina hidratada. A partir de aquí, y de una manera ininterrumpida, se van a ir mejorando los métodos de obtener alúmina a partir de bauxita, ya sea por procedimientos alcalinos (Deville, Bayer, Serpek, cal-sosa ...) o por procedimientos ácidos. En la actualidad se desarrollan procedimientos a base de cloruro de aluminio, que se reduce sobre manganeso metálico (procedimiento Tohr) o bien el método basado en microorganismos reductores (quimiosíntesis).

2. EL PROBLEMA DEL ALUMINIO EN ESPAÑA.

El consumo de aluminio a nivel mundial se duplica aproximadamente cada 10 años. En España el consumo se multiplicó en la década de 1960 por 4, es decir, creció el doble que el consumo mundial. En el año 1926 se crea Aluminio Español, empresa que obtiene en 1927 el primer lingote de este metal en la fábrica de Sabiñánigo (Huesca); en 1928 España produjo 1.000 Tm. de aluminio. La Empresa Nacional del Aluminio, creada en 1943 por el I. N. I., construye fábricas en Valladolid (1950), Avilés (1959) y La Coruña, con la asistencia técnica del grupo Pechiney, con una serie de filiales y asociadas con diversos nombres. En 1968 se fusionan ENDASA y ALCAN (empresa filial de ALCAN

ALUMINIUM LIMITED). En 1974 España tiene un déficit en la producción de aluminio que obliga a importar 20.000 Tm. para llegar a las 209.635 Tm. que fue el consumo en dicho año. En el año 1975 se iniciaron las obras de la Factoría de la Bahía de San Ciprián, que consumirá 1.600.000 Tm. de bauxitas para obtener 800.000 Tm. de alúmina/año. Está previsto que las bauxitas para este complejo industrial sean importadas en su totalidad de Guinea. El siguiente hecho puede darnos idea de la magnitud del problema; *nuestras reservas son, aproximadamente, 7.000.000 Tm. de bauxitas (U. S. Bureau of Mines) y nuestro consumo en el año 1980 próximo a 2.000.000 Tm.*; y además nuestras bauxitas son ricas en sílice, lo que las hace muy difícilmente tratables por el procedimiento Bayer, clásico a nivel mundial, en la obtención de alúmina a partir de bauxitas.

3. HISTORIA DE LAS BAUXITAS ESPAÑOLAS.

Hace 60 años CALAFAT LEÓN presentaba en la R. S. E. H. N. unas muestras de bauxita recogidas por el ingeniero alemán Goetz PHILLIP en los términos municipales de Mediona y La Llacuna (provincia de Barcelona). Unos años antes, G. ALMERA (1900) había ya encontrado indicios de bauxitas en Roc Vidal (provincia de Barcelona). FAURA I SANS y BATALLER realizan una serie de trabajos, que culminan en 1920 con "Les bauxites triassiques de la Catalogne". HERNÁNDEZ SAMPELAYO (1920) realiza también una síntesis, que quizá merezca resaltarse por la curiosa interpretación genética, en boga entonces en Europa, según la cual estos materiales eran de origen hidrotermal. Hasta 1943 el tema de las bauxitas se abandona, este año BATALLER publica una monografía sobre las bauxitas del Pirineo.

El Consejo Ordenador de Minerales de Interés Militar (1941-1945) saca una memoria sobre el aluminio y bauxitas españolas. KINDELAN (1948-1951) realiza una serie de estudios económicos y tecnológicos sobre las bauxitas españolas, ALMELA y RÍOS descubren en 1948 las bauxitas de Camarasa (Font de Forradella). GARCÍA SIÑERIZ (1950), SAN MIGUEL (1950-1954), SANZ (1951) y CLOSAS (1952) representan un hito en el estudio de bauxitas de la zona NE. de España, con trabajos documentados sobre la estratigrafía y características mineralógicas y geoquímicas de las mineralizaciones.

El primer estudio por difracción de rayos X de nuestras bauxitas fue realizado por FONT I TULLOT (1951). En el año 1960 FONT ALTABA y CLOSAS descubren para la ciencia los yacimientos del Paleozoico de León (Portillo de Luna).

El estudio más completo hasta el momento es el de COMBES (1967, 1969), donde señala la convergencia entre los yacimientos bauxíticos españoles y franceses, con resultados muy interesantes. En el año 1972, el P. N. I. M. del I. G. M. E. saca el "Mapa metalogénico del Al" a escala 1:1.500.000, donde se sitúan los yacimientos españoles conocidos, incluyendo las pequeñas bolsadas kársticas de la S.^a de Ponce en Murcia. Durante los años 1972 a 1975 una serie de informes del I. G. M. E. inciden de nuevo sobre el problema. En síntesis, la historia de las investigaciones sobre bauxitas presenta dos etapas, una la "eufórica", que llega hasta los años 50, y otra, la más reciente, en la que, como ocurre en los últimos informes del I. G. M. E., se dice que bauxitas de Fuentespalda con valores de $K_1 = 1,45$ (caolines bauxitíferos) con un tonelaje total de

10.000 Tm. se reparten en 22 rellenos kársticos, considerando, en consecuencia, que la explotación es antieconómica.

Con todo, incluso desde el punto de vista más optimista, se observa que el total de muestras estudiadas hasta el momento es exiguo, no habiéndose realizado estudios profundos, por lo menos que se hayan hecho públicos, aunque en el presente año parece ser que se ha terminado un estudio geofísico de la S.^a de Ponce.

4. LAS BAUXITAS ESPAÑOLAS.

INTRODUCCIÓN.

Se ha dicho que las bauxitas son un auténtico "fósil" paleogeográfico, paleoclimático y paleomorfológico. Así, observamos que los yacimientos de bauxitas presentan una distribución muy acorde con la tectónica global (encontrándose siempre entre latitudes de 30° N. y 30° S.). Existen en la actualidad ligadas a grandes áreas estables de zonas cratonizadas, dando lugar a un tipo especial de

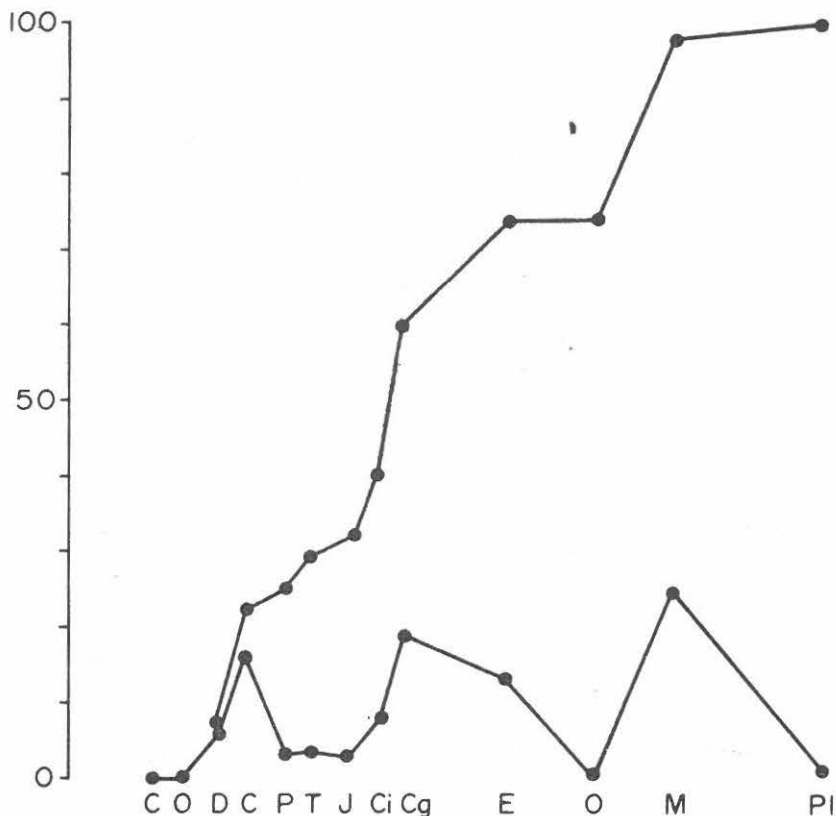


Fig. 1.—Distribución de las reservas de bauxitas conocidas en los sistemas geológicos.

YACIMIENTOS DE BAUXITAS Y TECTONICA GLOBAL

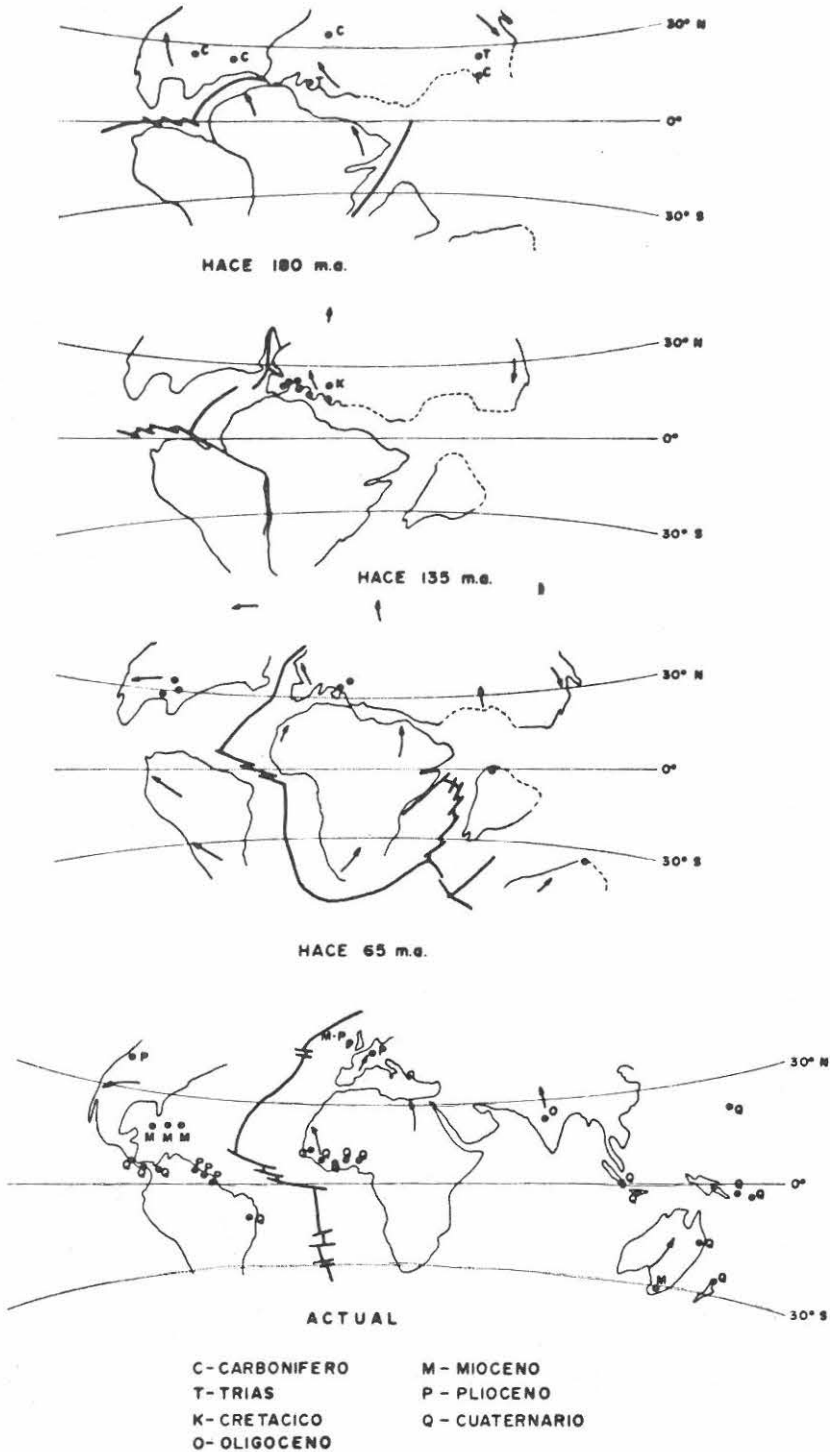


Fig. 2.—Los yacimientos de bauxitas de los diversos sistemas geológicos en relación con la tectónica global. (Adaptado de BARDOSSY, 1972.)

bauxitas (bauxitas lateríticas), que dan grandes yacimientos sobre cualquier tipo de rocas sobre los que se desarrollen los procesos de bauxitización. Las condiciones físico-químicas son muy restringidas, exigiendo buen drenaje para que se produzca el lixiviado de los elementos alcalinos y alcalino-térreos, así como de la sílice, como se observa en los diagramas de HESS (1969).

Aparte de las bauxitas lateríticas, existen las bauxitas denominadas kársticas, o sea que rellenan formas kársticas más o menos acusadas. De acuerdo con los datos geoquímicos, TENJAKOV (1975), todas ellas (lateríticas y kársticas) tienen un origen común. El hecho de que las bauxitas kársticas sean bauxitas lateríticas transportadas y emplazadas en un sistema kárstico, o bien sean materiales protobauxíticos los que son transportados y que evolucionan a bauxitas kársticas por efectos físico-químicos ligados al propio karst, creemos que es hasta cierto punto secundario. Lo que resulta evidente, en todo caso, es que los sedimentos bauxíticos presentan unas texturas típicas y comunes tanto en uno como en otro tipo de yacimientos.

Las bauxitas presentan a nivel global una distribución con respecto a la cronostratigrafía con tres máximos o modas que corresponden a los sistemas carbonífero, cretácico y mioceno (fig. 1). En base a todo lo expuesto anteriormente se puede decir que la génesis de unos depósitos bauxíticos implica la coincidencia en una misma zona de determinados factores *morfotectónicos* y *climáticos*, y por consecuencia relacionados con la variación del clima y con la latitud a lo largo de los tiempos geológicos, siendo además la latitud una circunstancia variable en el tiempo de acuerdo con los datos paleomagnéticos, así como con la teoría de tectónica global (fig. 2).

4.1. *La provincia metalogénica mesozoica.*

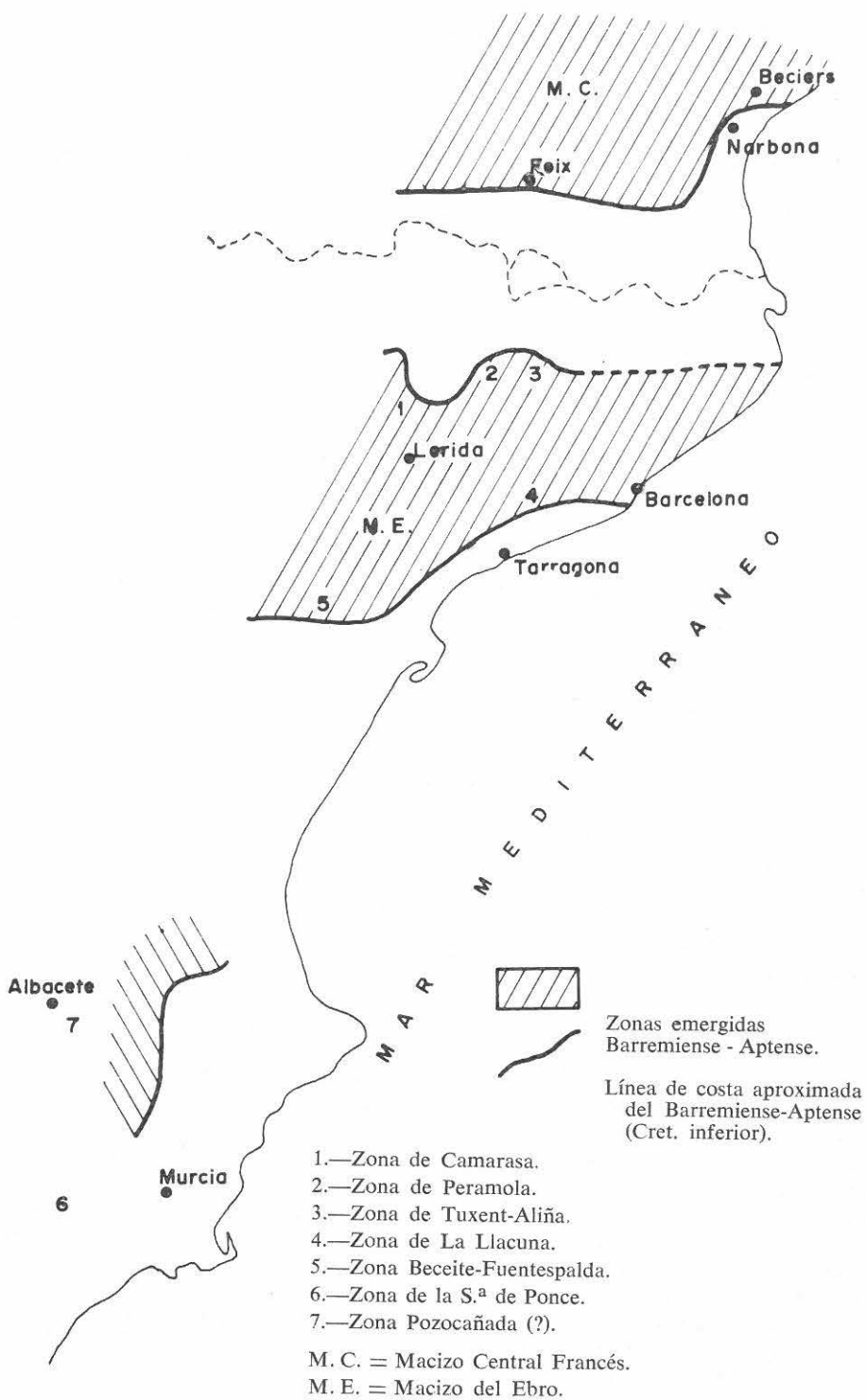
Durante el período Cretácico, la Península Ibérica está formada por una serie de zonas emergidas penepplanizadas, sobre las que posiblemente se dan las condiciones óptimas para el desarrollo de bauxitas. Bordeando estas áreas emergidas, se disponen en principio los yacimientos bauxíticos.

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

- a) Facies arcillosas lateríticas. Beduliense (—110₁) años.
- b) Facies arcillosas lateríticas. Albense (—100₁) años.
- c) Facies arcillosas. Rognaciense (—65₁) años.

El espesor de las "capas arcillosas lateríticas" es variable, ya que están situadas en paraconformidades, su continuidad lateral y vertical está condicionada por la aparición de facies sedimentarias marinas, o continentales químicas o bioquímicas. Estos yacimientos estratiformes constituyen las "bauxitas en capa". El origen es complejo, dándose tres tipos de teorías: autoctonistas, aloctonistas y paraalocionistas. Normalmente las capas bauxíticas descansan sobre carbonatos, estando éstos en parte o totalmente karstificados. Estos "depósitos en capa" pueden destruirse por procesos kársticos postdeposicionales, dando lugar a "bolsadas de hundimiento" o a "rellenos kársticos" de carácter alóctono.

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



Adaptado y modificado de P. SOUQUET (1968), COMBES (1969), FOURCADE (1971) y PAQUET (1969).

Fig. 3.—La provincia bauxitífera mesozoica. Principales zonas.

En la zona de Fuentespalda-Beceite se localizan los tres niveles: el Beduliense y Albense presentan hidróxidos de aluminio en forma de gibbsita 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 halloysita, siendo el mineral más abundante la caolinita.

En la zona de La Llacuna los niveles basales son del Keuper y el techo es el Eoceno; esta zona permanece emergida, al menos desde el Beduliense al Eoceno, aquí tendríamos una "serie comprensiva" de los "tres niveles". El espesor de las posibles bauxitas es de casi 30 m., en general rellenan karts. El techo de estas bauxitas está 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 (pisolíticas) y formadas por boehmita, hematites. En la génesis de las bauxitas de La Llacuna juega un papel importante el accidente tectónico de San Quintín de Mediona, que define el macizo de Goyá en su borde SE., y cuya actividad condiciona el largo período de emersión de esta zona.

En la zona pirinaica la base de las bauxitas es el Jurásico (-160_1), o al menos esto se decía hasta hace poco; en la actualidad se sitúan sobre depósitos lignitíferos bedulienses, estando la parte superior de la serie formada por sedimentos detríticos del Santoniense. 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 en cuanto que es muy compleja desde el punto de vista estructural. Existen bolsadas kársticas asociadas a zonas fracturadas.

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

En las proximidades de Pozo Cañada (Albacete) existen rellenos kársticos sobre dolomías del Jurásico, 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.

4.2. Las "bauxitas" desarrolladas en el Paleozoico de León.

En el N. de la provincia de León, en el pueblo de Portillo de Luna, se encuentran unos materiales blancos con manchas de color gris-negro, no litificados, mineralógicamente constituidos por halloysita y gibbsita. Extremadamente pobres en hierro y titanio, a diferencia de las bauxitas de la "provincia mesozoica". Este material se encuentra ubicado debajo de una formación carbonática, las calizas de Santa Lucía, y pasan lateralmente a unas pizarras en las cuales existe como mineral importante caolinita o dickita y óxidos de hierro. Los autores que han estudiado esta formación le dan un origen sedimentario y una edad semejante a la de las calizas de Santa Lucía. Nosotros pensamos que si bien las pizarras arcillosas a las que pasan lateralmente son efectivamente el resultado de la destrucción de un suelo laterítico desarrollado sobre las áreas emergidas, como lo atestigua la abundancia en toda la serie de costras ferruginosas, hierros oolíti-

cos ..., sin embargo estos materiales enriquecidos en alúmina son el resultado de procesos muy posteriores, ya que la halloysita no hubiera podido resistir un proceso diagenético intenso como el que debieron sufrir estos materiales. Se han citado yacimientos semejantes en el contacto entre calizas y arcillas pardas en los Urales, atribuidos a procesos kársticos.

5. CONSIDERACIONES FINALES.

— El Estado español importa de terceros países la totalidad de las bauxitas que se consumen en la industria del aluminio.

— Los recursos actuales de bauxitas del Estado español pueden alcanzar algunos cientos de millones de Tm., siendo estas bauxitas de calidad C ($K_i = 1,8$).

— Las reservas, salvo en algunos casos, están pendientes de una valoración precisa, para lo cual es necesario realizar trabajos de prospección e investigación dirigidos en este sentido.

— Sería necesario desarrollar una tecnología de obtención de alúmina y aluminio a partir de materiales no importados; esta línea de investigación podía enfocarse bajo dos aspectos:

a) Métodos de obtención de aluminatos sódicos, mediante los cuales se pudiera entrar en el proceso Bayer, partiendo de bauxitas ricas en sílice.

b) Métodos de obtención directa del aluminio a partir de materiales arcillosos, como el método Tohr, cuyo rendimiento energético es muy alto, ya que consume, aproximadamente, un 5 % de la energía que consume el proceso clásico, que es, aproximadamente, de 8 Tm. de carbón por cada tonelada de aluminio. Para producir 1 Tm. de aluminio es necesario partir de 4 Tm. de bauxitas ($K_i = 0,20$).

(Recibido el 4 de mayo de 1977.)

Departamento de Petrología.
Facultad de Geología.
Universidad Complutense.
Madrid.

RESUMEN.

Las bauxitas españolas, descubiertas hace más de sesenta años, han sido estudiadas más como un recurso potencial, económicamente submarginal, que como reservas. Se sintetiza su historia, distribución geográfica y geológica.

SUMMARY.

Spanish Bauxite, which were discovered more than seventy years ago, have been studied more as a potential resource, economically submarginal, rather as reserves. Its history, geologic and geographic distribution are synthetised.

BIBLIOGRAFÍA.

ALMELA, A. y RÍOS, J. M.

1960. Structure d'ensemble des Pyrénées aragonaises et de couvertes récentes dans cette région. *Livre a la mémoire du Professeur Paul Fallot*. Soc. Geol. de France, T. I: 313-332 (1960-62).

- ALMERA, J.
1900. Mapa Geológico y topográfico de la Provincia de Barcelona. Región Tercera o del río Foix y La Llacuna. Escala 1:40.000. Barcelona.
- BATALLER, J. R.
1943. Las bauxitas del Pirinero de Lérida. *Mem. R. Acad. Cien. y Art. de Barcelona*, 27: 41-93.
- CLOSAS, MIRALLES, J.
1952. Las bauxitas del NE. de España. *Congrés géol. Intern. C. R. 19^{eme} Alger*. Section 12: 199-223.
- COMBES, P. J.
1969. Recherches sur la genèse des bauxites dans le Nord-Est de l'Espagne, Le languedoc et l'Ariège (France). *Mémoires du Centre d'Etudes et de Recherche Géologiques et Hydrogéologiques*, 3: 375 págs.
- ENCICLOPEDIA DEL ALUMINIO.
1968. 1. *Producción de aluminio*. Ed. Urmo, 300 págs.
- FAURA I SANS, M. y BATALLER, J.
1920. Les bauxites triassiques de la Catalogne. *Bul. Soc. Geol. France*. 4.^a ser., 20: 251-267.
- FONT ALTABA, M. y CLOSAS, J.
1960. A bauxite deposit in the Paleozoic of Leon, Spain. *Econ. Geol.*, 55: 1285-1290.
- FONT I TULLOT, J. M.
1951. Análisis rontgenográficos de algunas bauxitas de la región NE. de España. *Estudios Geol.*, 13: 113-130.
- GARCÍA SIÑERIZ, J.
1950. *Aprovechamiento industrial de las bauxitas de la zona subpirinaica para la producción de óxido de aluminio*. A. Rovira, Artes Gráficas, 21 págs.
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.
1920. Condiciones geológicas de los yacimientos catalanes de bauxitas. *Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, 49: 1-148.
- I. G. M. E.
1972. Mapa previsor de las mineralizaciones de aluminio. *Mapa Metalogenético de España*. Escala 1:1.500.000.
- KINDELAN, U.
1948. Fabricación de alúmina con primeras materias españolas. *Min. y Metalurg.*, 2.^a ép., 86: 87 págs.
1951. Sobre el establecimiento de las condiciones económicas necesarias para hacer posible la utilización de las bauxitas españolas y las industrias de óxido de aluminio y criolita artificial. *Mem. presentada al Cong. Nac. Ing.* Madrid.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.
1954. Geología de bauxitas españolas. *Real Soc. Hist. Nat. Tomo Extraordinario* dedicado a D. Eduardo Hernández-Pacheco: 579-607.
- SANZ, J.
1952. Las bauxitas catalanas. *Rev. Ibérica* (2.^a época), 16: 41-42.
- TENJAKOV, V. A.
1975. On the common origin of bauxites from platforms and geosynclines (Geochemical aspect). *IXth International Congress of Sedimentology*, Nice, T. 10: 135-140.