

## EL ORIGEN DE LAS BAUXITAS \*

Dr. EDOUARD ROCH \*\*

Quiero hablarles hoy de lo que considero muy interesante: del origen de las bauxitas, sobre todo de aquellas que se encuentran en calizas.

Fue el ingeniero P. Berthier (1821) quien descubrió, a la entrada misma del pueblo provenzal de Baux, una roca roja cuyo análisis reveló un contenido excepcional en alúmina y en hierro. La comparó enseguida al "mineral de evolución" del Fouta Djallon, en Guinea, tan rico en hierro como en alúmina. Seguidamente, A. Dufrenoy (1871) y M. Sainte-Claire Deville (1861) bautizaron a la roca de Baux con el nombre de bauxita. Esta es dura, lo más frecuentemente de color rojo vivo, provista ordinariamente de concreciones gruesas como chícharos y llamadas por esta razón pisolitas. Pero en los mismos yacimientos que las bauxitas rojas se encuentran unas que son blancas, otras que se les llama atigradas, porque están jaspeadas de claro sobre un fondo vivamente coloreado; hay todavía bauxitas con brechas que parecen hechas de fragmentos unidos por un cemento. En los Pirineos, se conocen bauxitas verdes; en las islas de Los, cerca de Conakry, capital de la Guinea, su color es rosa. Aparte de esto, son vacuolares como el mostachón. Las de las Antillas son terrosas, pareciéndose entonces a la arcilla.

Los análisis químicos muestran que una bauxita de calidad corriente encierra alrededor del 50% de alúmina, un 5% de sílice, su contenido en hierro alcanza frecuentemente el 25% y el agua de constitución entra en la composición en un 20%. Es por esto por lo que se dice sencillamente que las bauxitas son rocas ricas en hidratos de aluminio y en hierro, pobres en sílice, en lo que difieren de las arcillas; sus minerales esenciales son la gibsita, la boemita y el diasporo.

---

\* Conferencia sustentada en la Sociedad Geológica Mexicana.

\*\* Profesor de Geología en la Sorbona, París.

Las bauxitas de Baux tiene de notable que descansan sobre la superficie kartificada de calizas con 99.7% de carbonato de calcio. Por este hecho, el origen del aluminio aparece tanto menos claro cuanto que, en toda la región, no se conocen más que calizas y dolomitas (rocas carbonatadas también, pero que encierran un poco de magnesio). Es por esto por lo que algunos autores de la segunda mitad del siglo XIX llegaron a dar explicaciones atrevidas al hablar de manifestaciones geiserianas y de depósitos de manantiales de una naturaleza particular. Por el contrario, L. Dieulafait (1881) sostenía que las bauxitas derivaban de los productos de la descomposición de las rocas de la "Formación primordial", designando así a los esquistos cristalinos, los granitos y otras rocas plutónicas, todas ellas ricas en minerales, silicatados y aluminosos. Sin embargo, el autor no indicaba en qué regiones podrían localizarse tales macizos.

En ese mismo tiempo, la atención se concentraba en las lateritas, esas formaciones que juegan un papel considerable en la morfología y en la economía de los países tropicales en los que cubren inmensas superficies. Desde los trabajos de Max Bauer (1898) sobre las islas Seychellas en el Océano Indico, se sabe que las lateritas están elaboradas sobre todo a expensas de rocas aluminosas y silicatadas, segundamente a un modo particular de alteración de las regiones cálidas y húmedas que se llama *lateritización*. Entonces, los minerales como los feldespatos y las micas rompen sus moléculas y liberan sus bases: el calcio, el sodio, el potasio y el magnesio. Estos cuerpos se disuelven, así como una parte de la sílice y son arrastrados por las aguas corrientes, mientras que permanecen en su lugar el aluminio y el hierro asociados a un poco de sílice.

Desde 1901, A. Lacroix comparaba las bauxitas del Sur de Francia con las lateritas y así implícitamente se identificaba con la opinión de Dieulafait. No obstante, igual que Dieulafait, Lacroix renunciaba a situar las rocas aluminio-silicatadas originales, a expensas de las cuales se habían formado las bauxitas, porque no aparecen en la proximidad de los yacimientos.

Respecto a las lateritas, parece que, en ciertos países tropicales tales como Madagascar, la Indonesia, Africa, América del Sur, se observa a veces su génesis actual, pero en esos mismos territorios también, se conocen muchas antiguas lateritas que datan, por ejemplo, del Terciario. Ahora bien, entre estas últimas, se encuentran unas en que el aluminio alcanza un grado de concentración suficientemente elevado para que se exploten industrialmente: se les llama con frecuencia *lateritas bauxíticas*. Tales son

las de las islas de Los, cercanas a Conakry en donde, desde la syenita nefelínica fresca, se pasa a la bauxita por intermedio de una roca porosa de aspecto de piedra pómez que conserva aún visibles los esqueletos de los cristales de la roca eruptiva, probando así que esta última es la roca madre. Es también una syenita nefelítica la que ha estado en el origen de los principales yacimientos de Arkansas, mientras que en Malasia, en Australia y en muchas otras regiones del Globo, lo fueron las riolitas, las doleritas, los granitos, las tobas volcánicas, los micaesquistos. En todas estas regiones, las bauxitas son *eluviones*, puesto que muestran, siguiendo la vertical, su paso gradual a la roca madre intacta; son, por consecuencia, autóctonas y desprovistas de estratificación. A veces, sin embargo, el transporte del material original es manifiesto, se trate de un deslizamiento, de un derramamiento, según los declives del terreno, o aún de un arrastre por las aguas corrientes; es éste especialmente el caso de algunas bauxitas de Arkansas que derivan también de la syenita, pero que han viajado una cierta distancia a partir de su lugar de origen y que están estratificadas y compuestas de guijarros y de bloques tomados de los yacimientos eluviales, autóctonos.

Los geólogos tienen, pues, una idea a la vez clara y matizada del origen de las lateritas bauxíticas. Profesan, por el contrario, opiniones contradictorias cuando se trata de explicar el origen de las bauxitas que, como las de Baux, reposan sobre rocas carbonatadas. Hagamos notar que no se trata de ninguna manera de yacimientos excepcionales, de importancia mediocre, poco esparcidos por la superficie del Globo. Bien al contrario, son ellos los que proporcionan en el presente la mayor parte del mineral explotado. Se les conoce desde hace largo tiempo en Francia, en España, en Italia, en Yugoslavia, en Hungría, en Grecia, en Turquía. Su localización geográfica aparente hizo que se denominaran bauxitas mediterráneas, pero como se les ha descubierto bastante recientemente en las Grandes Antillas, en el Ural y en China, es preferible llamarlas, con E. Vadasz y V. A. Zans *bauxitas* de karst. De hecho, todas las que acabamos de enumerar se encuentran encima ya sea de dolomitas, ya de calizas puras, siempre karstificadas, es decir, socavadas por depresiones de tamaño y formas variadas, taladradas, en su misma masa, por canales y grutas por las que el agua circula intensamente. Las bauxitas llenan así bolsas, colman pozos naturales en donde el mineral aparece en forma de lentejas que parecen aisladas en el seno de las calizas.

¿De dónde, pues, vienen las bauxitas de karst?

Nos habríamos quedado en el punto de interrogación planteado, desde principios de siglo, por A. Lacroix, que, diez años más tarde, fue adelantado en el camino de haber utilizado Emilie Haug. Para este último, las bauxitas de Provenza serían una especie de aluvión laterítico, que no indica tampoco el origen de ellas. Hagamos constar en esta ocasión que Emile Haug hizo suya la idea expresada por Berthier. Después Pierre Termier, buscando de una manera lógica una roca madre que fuera a la vez aluminosa y silicatada, imaginó que una capa de lavas, de tobas, de escorias y de cenizas volcánicas había cubierto el Sur de Francia a fines del Cretácico inferior. Tal era, sin embargo, una explicación gratuita, porque nunca se ha señalado la menor huella en la región, de un volcanismo del Cretácico medio.

En 1923-1930, Jacques Lapparent, dando la espalda a la hipótesis aluvial, la substituyó por la del eluvión. Según el pensamiento de este sabio, no hay caliza, por pura que sea, que no encierre algo de sales de aluminio. La prueba la proporcionaría, según él, el examen de los residuos obtenidos en el laboratorio después de atacar las rocas carbonatadas de los sub-basamentos. Siguiendo la idea del autor, las bauxitas de Provenza derivarían de las calizas superpuestas, en otro tiempo, a las que conocemos en el sub-basamento y de la misma calidad que ellas. Disueltas por las aguas maeteóricas, habrían abandonado, en su propio lugar o casi en él, su arcilla que pudo haber sido inmediatamente lateritizada. Así, las bauxitas del Sur de Francia serían eluviales, como lo son las lateritas bauxíticas. No se trataría, sin embargo, de un eluvión de un tipo particular puesto que las rocas madres habrían sido carbonatadas y ya no alumino-silicatadas.<sup>1</sup>

Una excelente ilustración de la teoría de Jacques Lapparent la proporcionarían los macizos calcáreos de la costa mediterránea, cuyas depresiones y hendiduras están rellenas de *terra rossa*, considerada clásicamente como una arcilla residual. Bastaría imaginar que el clima se hiciera tropical húmedo para que, con el tiempo, ésta se transformara en bauxita.

La teoría de Jacques Lapparent tuvo una buena acogida en los medios científicos. Poco a poco, sin embargo, se empezaron a elevar críticas, primero en lo concerniente al origen mismo de la *terra rossa*, que algunos se niegan a considerar como un eluvión, puesto que en ella se descubren vestigios

<sup>1</sup> Algunos autores estiman, no obstante, que las bauxitas de karst podrían derivar, no ya de calizas muy puras, sino de calizas arcillosas situadas en la vecindad de los yacimientos y, en este caso, habría que admitir un débil transporte del eluvión hasta las calizas karstificadas.

de terrenos rojos más antiguos; la arcilla encierra además todo un cortejo de minerales que son más característicos de las rocas plutónicas y metamórficas que de las calizas subyacentes. Además de esto, la desproporción entre los volúmenes de las bauxitas y las débiles dosis en impurezas aluminosas contenidas en las calizas hace que resulte chocante para muchos geólogos. Añadámos que no se encuentran jamás, como es el caso para las lateritas bauxíticas, términos de transición entre ellas y el mineral. En fin, y es en este punto en el que me separo de Butterlin, yo no creo que se hayan observado con seguridad en la naturaleza actual, calizas francas que estén lateritizadas o en vías d lateritización.

Es por ello por lo que me inclino a volver a las ideas expresadas por Diculafait y Lacroix: a saber, que las bauxitas de karst provendrían, como las lateritas bauxíticas, de rocas aluminosas y salicatas; sin embargo, los productos de su alteración habrían sido transportados netamente. *Las bauxitas de karst no serían, pues, eluviones sino aluviones.*

He aquí como pruebas, los ejemplos siguientes:

1) En *Jamaica*, V. A. Zans demostró que los afloramientos más vastos de la isla están constituídos por el "White Limestone", caliza de una notable pureza y en los karsts del cual los ríos se sumen y vuelven a la superficie alternativamente. Algunos toman su curso en los macizos eruptivos o de material eruptivo, situados en los anticlinales (inliers). Aquí, las rocas están, al menos en la superficie, arenizadas y a veces incluso cubiertas de una capa de alteración arcillosa amarilla. Zans observó que las aguas corrientes arrastran todos esos productos parcialmente al mar y que, parcialmente también, los depositan en zanjas sin derramamiento aparente, situadas ordinariamente en las zonas bajas de la isla, aproximadamente por debajo de 200 m.

En las altitudes comprendidas entre 200 y 400 m., las depresiones kársticas están colmadas por una arcilla rizada de color rojo y verde, ya un poco lateritizada. Por encima de 400 m. están las bauxitas, es decir las tierras fuertemente lateritizadas.

La repartición de estos depósitos según las zonas de altitud la explica V. A. Zans de la siguiente forma:

Las dislocaciones que se produjeron después del Mioceno inferior ocasionaron la emersión de la isla que presentaba ya entonces un aspecto comparable al actual; es también probable que reinara entonces un clima semejante al que conocemos hoy. Y, aunque los relieves no fuesen acusados, el transporte de la arcilla amarilla y su almacenamiento se realizaron

como acabamos de decir. Nuevas deformaciones provocaron un alzamiento general del territorio: el nivel hidrostático descendió y así se favoreció la evolución de la arcilla amarilla en arcilla empenachada. Al proseguirse el levantamiento de la isla, las arcillas rizadas fueron más profundamente lateritizadas y, en fin, transformadas en bauxitas.

Dicho de otra manera, las arcillas amarillas están situadas en las altitudes más bajas porque son las más recientes; las arcillas rizadas son antiguas arcillas amarillas anteriores a las precedentes: se encuentran entonces en las altitudes medias. En cuanto a las bauxitas, producto de la evolución completa del material rizado son las tierras más antiguas puesto que fueron llevadas a altitudes bastante elevadas. Como es seguro que la arcilla amarilla se deriva de las rocas eruptivas, los otros dos depósitos son, pues, del mismo origen. Así vemos que las bauxitas de Jamaica son extrañas a las calizas que las soportan y que proceden de las rocas eruptivas que afloran hoy en los anticlinales.

Añadamos, para terminar, que la finura de grano de las bauxitas se explica por la filtración del material original a través de las mallas del karst. Esto ha sido probado por los espeleólogos que descubrieron en las galerías y en las grutas de White Limestone, las arenas y la grava, residuos toscos e insolubles del complejo ígneo alterado.

2) Una historia parecida a ésta fue escrita para explicar los yacimientos del *Noreste de España*, en donde se sigue bastante bien el paso entre el Wealdiano areno-arcilloso, es decir, el Cretácico inferior de facies fluvial elaborado a partir de los macizos antiguos de Castilla la Vieja y las bauxitas catalanas, por intermedio de las arcillas lateríticas y las "semi-bauxitas". Pero parece que aquí la separación de las materias haya sido realizada por medio de vastas zonas de esparcimiento de los ríos, más que por medio de circulaciones kársticas importantes.

3) En *Grecia*, los autores admiten que el transporte del material lateritizado hasta las calizas blancas de las que son huéspedes, se hizo a partir del Macizo pelagoniano que comprende, además de las rocas plutónicas corrientes, peridotitas en las que el níquel y el cromo se encuentran en pequeños montones en las bauxitas.

4) Terminaremos por los yacimientos del *Languedoc* y de la *Provenza*, los mismos cuyo estudio condujo en otro tiempo a Jacques de Lepparent a su teoría del eluvión. Aquí todavía, creo en la independencia entre las calizas y las bauxitas por el hecho de la presencia de brechas en su contacto. La individualidad de las bauxitas aparece también cuando se consi-

dera el conjunto de los yacimientos, en donde conservan en todas partes los mismos espesores *medios* por encima de los sub-basamentos, que son de edades muy diversas. De un extremo al otro del territorio, manifiestan su unidad, no obstante sus composiciones químicas variadas y sus diferentes estructuras. En una misma cantera coexisten, en efecto, las bauxitas rojas, blancas y hasta atigradas, las bauxitas megaférricas, megaaluminosas o francamente silicosas. Se pregunta uno entonces, cómo tan numerosas propiedades podrían proceder de solamente dos tipos de rocas del sub-basamento: las calizas y las dolomitas. He aquí lo que nos incita a buscar el origen del aluminio en las rocas del Macizo Central y en las de la Tyrrhenida, esa tierra emergida que ocupa importantes sectores del Mediterráneo occidental y de la que solamente subsisten hoy fragmentos que son el macizo de Maures, Córcega y Cerdeña.

En Provenza, sin embargo, no puede aplicarse el ingenioso esquema propuesto por V. A. Zans para Jamaica, en donde en la estructura de la isla domina, desde el Mioceno superior, un sistema hidrográfico consecuente, según el cual los ríos fueron los vehículos de los productos de alteración de las rocas cristalinas que afloraban desde los anticlinales a las depresiones de los karsts. Nada de eso hay en el Sur de Francia en donde, desde el Aptiano medio, después durante todo el Cretácico superior, el *Istmo durunciano*, constituido únicamente por rocas sedimentarias, unía el Macizo Central a los Maures: no se puede concebir entonces que los cursos de agua descendentes de estos antiguos macizos hayan conducido los aluviones arcillosos siguiendo el gran eje de este trazo de unión continental: eso sería contrario a todo lo que se observa en la naturaleza actual.

Es por esto por lo que yo propuse la *intervención del viento* que se llevó las partes más finas de las rocas antecámbricas y primarias del Macizo Central y de la Tyrrhenida, sometidas a la alteración continental, desde el Triásico hasta el Cretácico inferior, incluso, y las arrastró en forma de polvo. Caídas en el mar, éstas dieron los ocre de Apt, de los que sabemos que son una mezcla de cuarzo, arcilla kaolínica y óxido de hierro. Una vez que se sumergieron en el medio marino, estos polvos ya no evolucionaron más. Por el contrario, los que alcanzaron las calizas del istmo y que fueron retenidos en las depresiones del karst prosiguieron allí su transformación hasta el estado de bauxitas.

Esta hipótesis concuerda con la finura del grano del mineral, la ausencia de estratificación, las múltiples variedades de minerales coexistentes en una misma cantera o grupo de canteras, porque basta con imaginar golpes

de viento en el curso de la operación para que se modifique la calidad del polvo elaborado a partir de rocas de composiciones mineralógicas diferentes.

Esta explicación de las bauxitas del Sur de Francia me parece impuesta por la paleogeografía. De otra parte, ¿por qué habría de chocar estando universalmente admitido que los locs pleitocénicos fueron polvo. ¿Por qué no habría de manifestarse una importante sedimentación eoliana más que en el Cuaternario y no en épocas anteriores? Me parece, por el contrario, sorprendente que los geólogos hayan descuidado hasta ahora el explicar por las acumulaciones de polvos el origen primero de ciertos conjuntos litológicos de grano muy fino.

En definitiva, las dos hipótesis que dividen a los geólogos, en lo que se refiere al origen de las bauxitas de karst, se resumen así:

—Las lateritas bauxíticas, las que reposan sobre rocas plutónicas y sobre esquistos cristalinos, se derivan seguramente de los productos de alteración de su sub-basamento: son esencialmente eluviales y autóctonas, incluso si, en algunos casos, se demuestra un cierto transporte.

—Se han querido considerar también como autóctonas (o casi) y eluviales las bauxitas de karst, sosteniendo que sus sub-basamentos dolomíticos o calcáreos, estos últimos con un 99,7% de carbonato de calcio, contienen, sin embargo, bastantes impurezas arcillosas como para suministrar el tonelaje de los yacimientos.

En mi opinión, las bauxitas de karst que he podido estudiar descendieron del mismo material eluvial que las lateritas bauxísticas. Pero éste fue tomado de nuevo y llevado a grandes distancias, bien por las aguas de los ríos, bien por el viento. Estas bauxitas son, por tanto, esencialmente *alóctonas y aluviales*.

- |                |  |
|----------------|--|
| 1.— A. LACROIX | Minéralogie de la France et de ses colonies:<br>T. III, 1er. fasc. pp. 344 y siguientes, 1901    |
| 2.— V. A. ZANS | Recent views of the origin of bauxites:<br><i>Geonotes</i> , vol. I, número 5, pp. 123-132, 1959 |
| 3.— E. HAUG    | Traité de Géologie:<br>T. 2, vol. 2, Armand Colin, Paris, 1911                                   |
| 4.— P. TERMIER | Le sous-sol de la France:<br><i>La Revue hebdomadaire</i> , 23 junio 1927 y la                   |



- Foie de Connâitre*, pp. 256, Paris, Nouvelle Libraire Nationale, 1926
- 5.— J. de LAPPARENT Les bauxites de la France méridionale:  
Mém. Serv. Carte géol. Fr. 1930
- 6.— FR. MOTTA y Ed. ROCH Bauxites d'Espagne: observations et inter-  
prétation (en prensa)
- 7.— G. A. ARONIS y Ed. ROCH A propos des bauxites d'Eleusis et du  
Parnase — Ghiona en Grèce centrale:  
*C. R. Ac. Sc.*, T. 247, pp. 940-942, 1958
- 8.— Ed. ROCH La gènesc des bauxites de Provence et du  
Bas-Languedoc:  
*Annales Hébert-Haug*, 1959.