

# MATERIAS PRIMAS CERAMICAS. YACIMIENTOS DE ARCILLAS Y CAOLINES <sup>(1)</sup>

## C. GUILLEM MONZONIS

Asesor técnico de Lladró, Valencia

## M.<sup>a</sup> C. GUILLEM VILLAR

Profesor titular de Química Inorgánica  
Universidad de Valencia

### RESUMEN

En nuestro trabajo anterior (1) abordamos el estudio de las materias primas cerámicas desde el punto de vista de sus composiciones química y mineralógica, y de cómo su estado físico y su naturaleza química pueden influir en sus propiedades y en su comportamiento, tanto durante los procesos de fabricación como en la utilización del producto resultante.

Aquí pretendemos dar una visión conjunta de los recursos naturales de arcillas y materiales arcillosos. En general, estas materias primas cerámicas se presentan originariamente en la Naturaleza formando acumulaciones minerales o rocosas, a partir de las cuales se extraen los materiales útiles para la fabricación cerámica, bien en su estado natural o bien sometiendo los materiales brutos a un proceso de lavado y enriquecimiento en su contenido mineral.

### Ceramic raw materials. Clay and kaolin deposits

In our previous paper (1) we studied ceramic raw materials from the point of view of their chemical and mineralogical compositions and how their physical state and chemical nature can influence properties and behaviour, both during manufacturing processes and in the use of the resulting product.

In the present work, we intend to give a combined view of natural resources of clays and clay type materials. In general, these ceramic raw materials were originally present in nature forming accumulations of minerals or rocks. From these, materials useful for ceramic fabrications were extracted, either in their natural state or subjecting the raw materials to a washing process followed by enriching of the mineral contents.

### Matières premières céramiques. Gisements d'argiles et de kaolins

Dans leur travail précédent, les auteurs avaient abordé l'étude des matières premières céramiques du point de vue de leurs compositions chimique et minéralogique et en examinant comment leur état physique et leur nature chimique peuvent influencer leurs propriétés et leur comportement aussi bien pendant les processus de fabrication que lors de l'utilisation du produit qui en résulte.

Ils prétendent cette fois apporter une vision d'ensemble des ressources naturelles en argiles et en matériaux argileux. Généralement, ces matières premières céramiques se présentent à l'origine dans la nature sous forme d'accumulations minérales ou rocheuses à partir desquelles on extrait les matières utiles à l'industrie Céramique, soit dans leur état naturel, soit en soumettant les matières brutes à un processus de lavage et d'enrichissement de leur teneur en minéraux.

### Keramische Rohstoffe - Ton - und Kaolinvorkommen

In einer früheren Arbeit wurden von uns keramische Rohstoffe hinsichtlich ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung untersucht und ermittelt, wie ihr physikalischer Zustand und ihre chemische Beschaffenheit ihre eigenschaften und ihr Verhalten sowohl während des Herstellungsprozesses wie auch beim praktischen Einsatz der erhaltenen Fertigerzeugnisse beeinflussen können.

Hier soll nun ein Gesamtüberblick über die natürlichen Vorräte an Tonen und tonhaltigen Stoffen gegeben werden. Diese Keramikstoffe kommen in der Natur im Regelfall als mineralische oder Gesteinsanhäufungen vor, aus denen die für die Herstellung von Keramikmaterialien nützlichen Stoffe gewonnen werden. Die Gewinnung dieser Rohstoffe kann im natürlichen Zustand oder durch einen Waschprozeß mit anschließender Anreicherung ihres Mineralgehaltes erfolgen.

(1) Original recibido el 16 de mayo de 1988.

## 1. INTRODUCCION

En nuestro trabajo anterior (1) abordamos el estudio de las materias primas cerámicas desde el punto de vista de sus composiciones química y mineralógica, y de cómo su estado físico y su naturaleza química pueden influir en sus propiedades y en su comportamiento, tanto durante los procesos de fabricación como en la utilización del producto resultante.

Aquí pretendemos dar una visión conjunta de los recursos naturales de arcillas y materiales arcillosos. En general, estas materias primas cerámicas se presentan originariamente en la Naturaleza formando acumulaciones minerales o rocosas, a partir de las cuales se extraen los materiales útiles para la fabricación cerámica, bien en su estado natural o bien sometiendo los materiales brutos a un proceso de lavado y enriquecimiento en su contenido mineral.

## 2. CLASIFICACION

En primer lugar, cabe distinguir dos tipos de materias primas: las usadas en la cerámica tradicional y las utilizadas en la cerámica avanzada o de alta tecnología.

En este trabajo nos referiremos a las materias primas del primer tipo, sustancias naturales que rara vez son puras, aunque hayan pasado por el tratamiento del lavado o enriquecimiento.

Según su comportamiento frente al agua, tradicionalmente se han dividido en: materiales grasos o plásticos y materiales desgrasantes o no plásticos.

Las materias plásticas son esencialmente: arcillas y caolines, y en menor proporción algunas otras de naturaleza parecida, que contienen minerales arcillosos en cantidades sustanciales, tales como la arcilla compacta, la pizarra arcillosa, margas y loess.

Según su origen pueden ser:

- Naturales: arcilla, caolín, cuarzo, feldespato, nefelina sienita, wollastonita, caliza, talco, etc.
- Sintéticas: corindón, carburo de silicio, wollastonita sintética, óxidos colorantes, dióxido de circonio, etc.

También podrían clasificarse según su refractariedad o uso, como ocurre con las utilizadas en la elaboración de esmaltes, que, desde un punto de vista práctico, se agrupan en:

- Refractarios: arcilla, caolín y cuarzo
- Fundentes: bórax, carbonato sódico, minio, etc.
- Colorantes: óxidos metálicos, como el de cobre, hierro, cobalto, níquel, etc., o pigmentos cerámicos.
- Opacificantes:  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{ZrO}_2$  y otros.

## 3. YACIMIENTOS DE MATERIAS PRIMAS PLASTICAS

Las arcillas son productos de meteorización de las rocas ígneas. Los sedimentos arcillosos se caracterizan por una elevada concentración de partículas inferiores a

4  $\mu\text{m}$ , entre las cuales predominan los minerales arcillosos. Los datos estratigráficos y geoquímicos indican que los sedimentos arcillosos constituyen el mayor volumen de la litosfera sedimentaria (2).

De especial valor para la industria cerámica son los sedimentos de la serie arcilla caolinitica-limo-arena, de color blanco, con un contenido en sustancia plástica suficiente para que el yacimiento sea explotable. Es lo que habitualmente se denomina caolín sedimentario. Sin embargo, los minerales arcillosos aparecen también a menudo en rocas residuales, originadas por descomposición química de rocas silicatadas y no sometidas a transporte. Las más importantes materias primas de este tipo son los caolines residuales y las lateritas. Algunos yacimientos de caolín residual son de origen hidrotermal.

De los minerales primarios y secundarios que se encuentran en las arcillas, en su estado natural, así como de los procesos de caolinitización y de los aspectos estructurales de la caolinita y la montmorillonita, determinantes de su comportamiento reológico, ya nos ocupamos en nuestro anterior artículo.

### 3.1. Variedades de arcillas

Las arcillas presentan una gran diversidad de composición y propiedades, lo que hace difícil una clasificación exacta y detallada. La mayor parte de ellas son sedimentarias. En el proceso natural de erosión, transporte y deposición han mejorado mucho en plasticidad y resistencia en crudo; sin embargo, se han impurificado con óxidos de hierro y de titanio.

Las arcillas sedimentarias constan generalmente de caolinita desordenada y uno o varios de los otros minerales de la arcilla, tales como halosita, illita, montmorillonita, etc.

Según Seger, pueden distinguirse cuatro grupos de materias primas arcillosas, sobre la base de la composición química y el uso industrial:

A. Arcillas con alto contenido de alúmina y casi exentas de hierro, con una proporción excepcionalmente elevada en caolinita. Se usan en la industria cerámica, particularmente en cerámica fina, como la fabricación de porcelanas, de sanitario y de cerámica técnica, por ejemplo, azulejos ligeramente coloreados, aisladores eléctricos, cacetes, soleras en la producción de vidrio, crisoles para fusión, productos refractarios y antiácidos, etc.

B. Arcillas con mucha alúmina y poco hierro, todavía ricas en caolinita, utilizables en la industria cerámica semivaliosa, en la elaboración de chamota, artículos porosos y gres.

C. Arcillas con bajo contenido en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y una elevada proporción de compuestos de hierro. Se usan para azulejos de color oscuro y platos, en producción de ladrillos, alfarería que cuece en rojo y para aisladores.

D. Arcillas pobres en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y una gran proporción de compuestos de hierro y carbonato cálcico. Este grupo comprende la mayor parte de arcillas ladrilleras ordinarias, arcillas limoníticas margosas y margas, de uso en la industria pesada de la arcilla.

### 3.1.1. Arcillas caoliníticas y similares

En las pastas cerámicas tradicionales, la arcilla es indudablemente la materia prima predominante que aporta la plasticidad y la trabajabilidad requeridas para formar y modelar el objeto cerámico. Junto a los minerales arcillosos, causantes de las propiedades características, las arcillas contienen cuarzo, mica y materia carbonosa. Para las arcillas usadas en pastas blancas es esencial que sean blancas en la cocción.

«Arcilla plástica» es un término usado para describir arcillas sedimentarias caoliníticas, de gran fino, muy plásticas, que constan de una mezcla de caolinita desordenada, cuarzo y minerales micáceos (ilita), particularmente usadas en la industria cerámica. Pueden acompañarles impurezas molestas como pirita, marcasita, yeso y siderita. El principal tipo de arcilla plástica, usado en pastas blancas, es la «ball-clay», término originario de Inglaterra. Las ball-clays se caracterizan por su gran contenido en caolinita (sobre el 70), generalmente poco ordenada, por una considerable presencia de ilita y una pequeña cantidad de motmorillonita, y por la presencia de materia orgánica y diversas proporciones de cuarzo clástico y moscovita. Son sumamente plásticas y aportan gran resistencia en seco, un amplio intervalo de vitrificación y un color tenue, casi blanco, cuando se cuecen.

### 3.2. Yacimientos de ball-clay

Los yacimientos comerciales principales de ball clay se hallan en cuatro áreas del mundo. El líder mundial en producción es USA, pero el principal exportador es el Reino Unido.

#### U. S. A.

Los principales yacimientos se hallan en Tennessee y Kentucky; en Panola County, Mississippi; en el distrito nordeste del Condado Cherokee, Texas, y en el de Stanislaus, California. Su entorno sedimentario es muy parecido al de las ball clays europeas, siendo éstas de mayor finura.

El principal productor de USA es la *Kentucky-Tennessee Clay Co.* con explotaciones en Kentucky, Tennessee y Mississippi. Otro líder es *HC Spinks*, con dos explotaciones en Tennessee. Son también productores importantes en Kentucky y Tennessee. *Cyprus Industrial Minerals* y *Old Hickory Clay Co.*, filial de English China Clay. El principal productor de Texas es *Southern Clay Products Inc.* (3).

#### Reino Unido

Importantes yacimientos de ball clays se hallan en Devon y Dorset, en el sur-oeste de Inglaterra. Similares arcillas caoliníticas se presentan en Lough Neagh, Irlanda del Norte y en la cuenca de Hampshire.

El mayor productor mundial es la *Watts Blake Bearne Co. PLC* (WBB). Los otros dos productores importantes del R. U. son: *ECC Ball Clays Ltd.* (ECC) y la

*Wareham Ball Clay Co.* (WBC). Las tres regiones principales de explotación son: cuenca de Petrockstow (Devon del Norte), la cuenca de Bovey (devon meridional) y región de Wareham (Dorset). La ECC opera en las tres regiones (además de en Alemania), la WBB en ambas zonas de Devon (y también en Alemania) y la WBC en Dorset.

#### Checoslovaquia

Las otras dos fuentes importantes de ball clays se encuentran en Checoslovaquia y la URSS. Ball clay y arcillas azules del Mioceno se explotan principalmente en la cuenca de Cheb y en Bohemia del Sur

#### Unión Soviética

En la cuenca del Don existe un gran filón de arcilla, cuyas características son comparables con las de las ball clays inglesas. Su contenido en alúmina es del 31-32% y de óxidos de hierro, de un 1%. En los Urales las arcillas caoliníticas están confinadas a la ladera este de la sierra.

#### República Federal de Alemania

Los yacimientos más importantes de arcillas caoliníticas y otras se explotan en las cuencas del Rin, entre Colonia y Koblenza, en Westerwald Highland. En Rheinland los yacimientos más valiosos y más extensos se hallan en el área de Kannebäckerland. En la cuenca superior del Rin, en el área de Rheinland-Pfalz, los yacimientos más grandes están en Hetttenleidelheim y Eisenberg.

En el área de Hessen las arcillas son ricas en cuarzo fino, por ejemplo las de Mönchenberg junto a Kassel. Arcillas adecuadas para cerámica y refractarios se explotan en Oberfranken, en los alrededores de Coburg, en Grossheirath y en Tambach.

De las 150 compañías que explotan arcillas plásticas en la R. F. A destacan cinco: la *Fuch'sche Tongruben KG*, filial de la WBB inglesa; *Stephan Schmidt KG*; *Georg & Schneider GmbH*; *Marx Bergbau GmbH* y *Walderdorffsche Tongruben & Herz & Co. KG*.

La ECC inglesa se ha asociado, desde abril de 1987, con firmas alemanas en la nueva sociedad *ECC International Verkauf GmbH*.

Como productores de arcilla para el consumo en sus propias fábricas cabe citar la *Villeroy & Boch*, que desde mayo de 1987, después de 239 años de empresa familiar, se ha convertido en Sociedad Anónima bajo el nombre de *Villeroy & Boch Keramische Werke KG*.

#### República Democrática Alemana

En Bennstedt, próximo a Halle, en Löhain y en Schletta junto a Meissen, se explotan arcillas terciarias extraordinariamente finas que cuecen blanco, cuyo constituyente principal es la caolinita. Otros yacimientos de arcilla están en Thüringen, en Bradis junto a Leipzig, etc.

## Francia

Arcillas plásticas y refractarias se extraen en las proximidades de los caolines primarios, por ejemplo, en Charente Maritime y Provin, Departamento del Sena y el Marne. Los tres principales productores franceses de arcillas son: *Sarcal y Argiles et Minéraux (AGS)*, en Charente, y *Denan-Anzin Minéraux*, en Provincs.

### 3.2.1. Arcillas especiales

El término «arcillas especiales» se refiere a algunos materiales, cuya presencia en la naturaleza es más bien rara. Así tenemos:

— *Arcillas haloisíticas*. Uno de los mayores depósitos se ha explotado en la mina Dragon, distrito de Tintic, Utah. Se ha usado en la fabricación de ladrillos poco coloreados, ladrillos refractarios, azulejos y como relleno para papel. Otros yacimientos de arcilla haloisítica se hallan en Nevada, en Idaho, en Carolina del Norte y en Georgia. En Europa se explotan pequeños yacimientos en Francia y Checoslovaquia. Asimismo, aparece haloisita de origen hidrotermal en Japón, Corea, Nueva Zelanda, Marruecos y Yugoslavia.

— *Arcillas iliticas*. Sedimentos de ilita los hay en Fithian y Morris, Illinois, USA. Es adecuada para la fabricación de gránulos ligeros usados para mezclarlos con hormigón. En Checoslovaquia se encuentran arcillas iliticas en la cuenca de Sokolov, junto a Karlovy Vary.

— *Arcillas compactas y «flint-clay»*. Las arcillas compactas caoliníticas tienen composiciones análogas a las plásticas, pero están semiconsolidadas y la mayoría no son plásticas. La plasticidad puede aparecer en ellas sólo después de una molturación fina. Tienen una densidad aparente mayor y una fractura concoidea típica. Suelen acompañar a la caolinita, diversas sustancias como hidromica, granos de minerales clásticos, usualmente cuarzo y micas, sustancia carbonosa e impurezas como siderita, pirita, etc.

Las «flint-clays» son caoliníticas, pero no plásticas, parecidas a las compactas.

Ambos tipos de sedimentos se usan principalmente para ladrillos y bloques refractarios, ladrillos aislantes, cacetes, morteros y mezclas refractarias.

Sus sedimentos son típicos de las cuencas hulleras del Carbonífero y Mesozoico en muchos países. En Europa se explotan en el R. U., Francia, R. F. A., Checoslovaquia, etc.

En USA existen grandes yacimientos de arcilla compacta en las cuencas carboníferas de la región de los Apalaches, Pennsylvania y el valle del Mississippi. Las «flint-clays», en el distrito de Olive Hill de Kentucky, el de Oak Hill de Ohio, el de Somerset de Pennsylvania y en Missouri.

— *Arcillas montmorilloníticas, bentonitas*. La mayoría de las arcillas montmorilloníticas o bentonitas se han formado por alteración de las rocas volcánicas, por ejemplo, liparita, riolita, traquita, dacita, andesita o basalto, de las eras Terciaria y Mesozoica. Tienen muchas e importantes aplicaciones en diversas industrias, debido a su gran plasticidad, a sus resistencias en verde y en seco, y a sus propiedades de sorción. El papel

de las bentonitas en la industria cerámica es más bien limitado; sin embargo, pequeñas adiciones de bentonita blanca acrecienta sensiblemente la plasticidad, la resistencia en verde y la resistencia en seco de las pastas cerámicas.

La bentonita se extrae en la mayor parte de países en Europa. En Italia, uno de los líderes europeos de la producción de bentonita, se explota en la isla de Ponza y en Cerdeña; en el R. U., en Surrey, Somerset y Bedfordshire; en Francia, Departamento de Vienne y en la región de Limousin; en la R. F. A., en el norte de Baviera; en Checoslovaquia; en Hungría; en Grecia, islas de Minos y Mikonos; en Rumanía, Polonia, Suiza, URSS (Volga, Ucrania, Cáucaso) y Yugoslavia.

En España (4) se produce en tres provincias: Almería, Toledo y Madrid. Nuestro país es un neto exportador. La compañía *Minas de Gador* es el mayor productor de bentonita, con explotaciones en Almería y en Toledo (Yuncos), a unos 40 km al sur de Madrid. Se usa en fundiciones, perforaciones, gránulos absorbentes para limpieza de suelos y tierras de refinado de aceite. El otro productor de bentonita en España es *Bentonitas Especiales S. A.*

En USA es bien conocida la bentonita de Wyoming, que se extrae a partir de sedimentos cretáceos. La de Arizona y en el oeste de Oklahoma son del Plioceno. También hay yacimientos en Texas y destaca la bentonita blanca de Nevada por su pureza química. Las principales zonas productoras del Canadá son las de Alberta y de Manitoba. En Méjico los yacimientos más importantes en explotación se hallan en Puebla y Monterrey.

En Asia la bentonita de alta calidad está en Japón y la India.

— *Sepiolita*. Se trata de un hidrosilicato de magnesio,  $3 \text{MgO}, 4 \text{SiO}_2, 5\text{H}_2\text{O}$ , miembro extremo de la serie de minerales arcillosos conocidos como paligorskitas. Se usa en cantidades limitadas en la industria cerámica para la fabricación de azulejos de revestimiento, algunos productos cerámicos porosos especiales, porcelana electrotécnica, gres químico y cerámica sanitaria, y también se añade a algunos esmaltes cerámicos y sobre metal.

España es uno de los tres países del mundo con una producción industrial de sepiolita; los otros dos son USA y Turquía. Se extrae en las provincias de Toledo y Madrid (Vallecas). La producción española de 1984 fue de 335.000 toneladas, casi toda para la exportación.

Hasta 1986 el grupo *Tolsa* era el único productor de sepiolita en España; posteriormente, ha entrado en el negocio la compañía *Minerales y Productos Derivados S. A. (Minersa)*.

Otros filosilicatos pertenecientes a los minerales de la arcilla, por ejemplo pirofilita, talco, serpentina y vermiculita, se tratarán entre las materias primas cerámicas no plásticas.

### 3.3. Caolines

La otra materia arcillosa esencial para cerámica es el caolín, que puede llegar a formar parte de las pastas cerámicas hasta en un 60 %, como en alguna porcelana. Los caolines son las arcillas más puras y blancas. La mayor parte de ellos constan de caolinita, sin ningún

otro mineral arcilloso, aunque en algunos la caolinita puede ser de tipo desordenado. Como ocurre con las arcillas, la composición es variable. El contenido medio en caolinita de los caolines ingleses, de renombre por su alta calidad para aplicaciones en pastas blancas, se halla entre 75-85 %. La mica, que explica el 0,5-2,5 % de  $K_2O$  de los análisis químicos, está generalmente presente en proporciones del 5-20 %.

Geológicamente se distingue entre:

— Caolines *primarios* o residuales, que mantienen una relación directa con su roca madre y que poseen la mayor parte de las características heredadas de la textura y estructura originales de la roca; se formaron por alteración de ésta a través de procesos volcánicos, hidrotermales o de meteorización.

— Caolines *secundarios* o *sedimentarios*, que se presentan como masas que han sido arrastradas por el agua y luego depositadas formando yacimientos; pertenecen a la serie sedimentaria arcilla caolínica-limo-arena.

Los caolines primarios son generalmente de naturaleza ordenada, mientras que los caolines sedimentarios son usualmente desordenados y tienen tamaños cristalinicos más pequeños. La mayor parte de los caolines son primarios. Para que un yacimiento sea explotable, la materia bruta o roca debe satisfacer unas condiciones: contener una sustancia plástica de calidad en cantidad suficiente para que sea rentable en el caolín natural, la cual podrá separarse de él por enriquecimiento para obtener así un material blanco o casi blanco de tamaño de grano modal máximo de unos 20  $\mu m$  (ocasionalmente algo más), que tras la cocción a 1.400° C de color blanco.

El producto lavado industrialmente suele contener minerales arcillosos trilaminares como la illita, residuos de mica primaria, algo de montomorillonita y una pequeña cantidad de cuarzo. Otras sustancias accesorias pueden ser: óxidos de titanio y de hierro (hematites, goetita, limonita), siderita, piritita, marcasita, ilmenita, magnetita, espinela, biotita, etc.; en algunos caolines se presenta una mezcla de hidróxidos de aluminio (gibbsita, boehmita), que incrementa su contenido en alúmina.

Los usos del caolín lavado son múltiples, debido a sus propiedades tales como blancura, inercia frente a los agentes químicos, ausencia de toxicidad, fino tamaño de partícula, gran superficie específica, elevado poder cubriente, alta refractariedad, capacidades absorbentes y adherentes, etc. Esto, unido a su abundancia y amplia distribución mundial, hacen del caolín una de las materias primas no metálicas, de mayor consumo e importancia industrial.

Consumen caolín muchísimas industrias: papelera, o como relleno o para cubrir superficies; en cerámica refractaria; en las industrias del caucho y cables, y en discos fonográficos; en fabricación de porcelana, cerámica técnica, gres, azulejos, sanitarios; en cosmética, jabones, en la industria farmacéutica para elaborar pastas y ungüentos; en insecticidas, en los que las partículas arcillosas finas actúan de portadores de las sustancias tóxicas; también sirve como vehículo en comestibles, como catalizador en la fabricación de algunos productos químicos, como adsorbente en agentes blanqueantes, como adhesivos y para materiales de limpieza, en la fabricación de tinta, cementos especiales, fertilizantes, escayolas y pinturas para la construcción, etc.

### 3.3.1. Los yacimientos de caolín

La mitad de la producción mundial de caolín sale de dos zonas: Suroeste de Inglaterra, en el Reino Unido, y Georgia/Carolina del Norte, en USA.

En *Europa* los principales países productores de caolín son: Reino Unido, Francia, R. F. A., R. D. A., Checoslovaquia, Austria, U. R. S. S. y España.

#### Reino Unido

Los principales yacimientos se hallan en los condados de Cornwall y Devon, en el suroeste de Inglaterra. Particularmente en St. Austell, en Dartmoor, en Bodmin Moor y en Land's End.

La roca madre del caolín inglés fue el feldespato sódico y su caolinita es casi siempre bien ordenada. Subproductos de la extracción son arena cuarzosa y mica fina.

Cuatro son las compañías más importantes que explotan el caolín en el R. U. En primer lugar, la *English Clays Lovering Pochin & Co. Ltd.*, una filial de la ECC, con 3 millones de tpa. Le sigue la *Watts Blake Bearne & Co. Ltd.*, con una capacidad anual de 130.000 toneladas. Las otras dos son *Goonvean & Rostowrack China Clay Co. Ltd.* y *Steetley Minerals Ltd.*

#### Francia

El 80 % del caolín lavado de Francia se extrae de los yacimientos en Bretaña. Yacimientos menos importantes los hay en el macizo central, por ejemplo en Haute-Vienne (St. Yrieux), Dordogne, etc.

Las compañías francesas que explotan caolín son principalmente: *Kaolins d'Arvor*, *Kaolins du Morbihan*, *Kaolinière Armoricaine* y *Kaolins du Finistère*, filial de la ECC.

#### República Federal de Alemania

Los yacimientos más importantes se encuentran en Baviera, distrito de Wiesau-Tirschenreuth, y en el distrito de Schnaittenbach-Hirschau. En la primera área, el caolín es el producto de meteorización de un granito que contiene del 20 al 25 % de sustancia caolínica.

En el área de Hirschau-Schnaittenbach los yacimientos se caracterizan por una alternancia de lechos de arcosas y arenas arcósicas de tamaño de grano variable y contenidos diversos de caolinita, intercalados con arcilla compacta limosa.

Los caolines comerciales de Baviera se usan fundamentalmente en la industria papelera. Para la industria cerámica se preparan calidades de caolín que cumplen las exigencias de los fabricantes de distintos productos cerámicos (porcelana, azulejos, refractarios, etc.).

Entre los productores alemanes de caolín destacan *Amberger Kaolinwerke*, *Gebrüder Dorfner* y *Eduard Kick*.

#### República Democrática Alemana

Hay cinco yacimientos importantes y muchos menores, en una franja de 10 a 50 km de ancha, que se extiende desde Halle en el Oeste a Polonia en el Este.

### Checoslovaquia

Los yacimientos de caolín más importantes se hallan en el macizo de Bohemia, región de Karlovy Vary, originados por meteorización del granito. También se presentan en la parte meridional de Moravia.

Los caolines lavados comerciales (< 20 µm) del área de Karlovy Vary (Zettlitz) están entre los más solicitados por la industria de cerámica fina y técnica. Contienen del 80 al 90 % de caolinita.

### Austria

Los caolines residuales típicos de Austria derivan de la corteza de meteorización de las rocas granitoideas. La profundidad de caolinitización es de unos 40 m y la parte externa explotable oscila entre 10 y 16 m.

### Unión Soviética

Gran número de yacimientos se concentran en extensa corteza de meteorización de hasta 100 m de espesor, desde Ucrania, en los Urales medios y meridionales, llegando a las repúblicas asiáticas centrales y hasta Siberia oriental. Las mayores reservas se han descubierto en el valle del río Angren, unos 100 km al sur de Tashkent.

### España

Nuestro país es la gran fuente de caolín de Europa occidental. En 1985 lanzó al mercado más de 400.000 toneladas (4,5).

Los caolines residuales aparecen en Galicia, con el yacimiento de Burela (Lugo), de origen hidrotermal. Los caolines sedimentarios se presentan en la parte oriental, Cuenca-Teruel-Valencia. En la zona central destacan los yacimientos de la provincia de Guadalajara.

De las compañías explotadoras cabe destacar: *Minerales y Productos Cerámicos S. A.* (MPC), productora del caolín Burela en sus dos calidades cerámicas C-201 y C-301, a través de su filial *Explotadores Cerámicas Españolas S. A.*, en la que el grupo Rosenthal tiene una participación del 30 %; *Caobar S. A.*, que se unió con la ECC inglesa con el 48 % de participación y una pequeña contribución privada para formar la *Cía. Española de Caolines S. A.*, que tiene su explotación en Poveda de la Sierra (Guadalajara). En esta misma provincia tiene sus instalaciones la compañía española *Caosil S. A.*, que en 1987 amplió su capital con la participación de la ECC inglesa, que actualmente es mayoritaria.

Existen otras muchas explotaciones menores de caolín

distribuidas por tierras españolas. Un estudio detallado de los caolines españoles puede verse en (6).

Yacimientos de caolín menos importantes se hallan en otros países europeos como Polonia, Suecia, Dinamarca, Holanda, Bélgica, Italia, etc.

Los yacimientos de caolín en *Norteamérica* son de los dos tipos. Los más abundantes y valiosos son los sedimentarios de Georgia y Carolina del Norte (USA). Ocupan una extensión de unos 250 km de largo. Son originarios de finales del Cretáceo y algunos del Eoceno Medio. El contenido en caolinita oscila del 60 al 100 %.

Los yacimientos de caolín en Canadá, Méjico, Cuba, Jamaica, Colombia, Guayana y Surinam, de origen primario o secundario, son menos importantes. Son prometedores los yacimientos de Brasil, especialmente los grandes depósitos sedimentarios a lo largo del río Jari. Los caolines de Argentina y Chile son de origen supergénico e hidrotermal.

En *Africa*, uno de los mayores yacimientos de caolín sedimentario se halla en Tanzania, con reservas de unos 2.000 millones de toneladas de materia bruta.

En *Asia* hay varias minas en Japón. En China, además de los de las colinas de Kaoling, se conocen muchos importantes yacimientos en otras provincias. También existen en explotación muchas minas en India y Pakistán, cuyo caolín está asociado, algunas veces, son laterita.

En *Australia* se conocen un centenar de yacimientos de caolín, genéticamente relacionado con la laterita. Los de origen hidrotermal se hallan en *Nueva Zelanda*.

### BIBLIOGRAFIA

1. GUILLEM, C., y GUILLEM, M. C.: Materias primas cerámicas. Composiciones química y mineralógica. *Técnica cerámica*, núm. 125 (1984), 1576-1588.
2. KONTA, J.: Deposits of Ceramic Raw Materials. Ceramic Monographs-Handbook of Ceramics, Verlag Schmid GMBH, Freiburg, 1979, Monograph 1.1.3.
3. ROBBINS, J.: Ceramic whiteware-an overview of raw materials supply. *Industrial Minerals* (1984), sept., 31-33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59-61, 63.
4. GRIFFITHS, J.: Spain's industrial minerals. *Industrial Minerals* (1985) oct., 23-27, 29-31, 33-35, 37, 39-40, 42-44, 46-47, 50-53, 55-61, 63.
5. ANÓNIMO: Les matières premières céramiques espagnoles. *Ind. Cer.*, n.º 803 (1986), 3, 158-161.
6. GALÁN HUERTOS, E., y ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J.: El caolín en España. Características, identificación y ensayos cerámicos. *Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, Madrid, 1974.