

Materias para la industria cerámica española. Situación actual y perspectivas

E.SÁNCHEZ¹, J.GARCÍA-TEN¹, M.REGUEIRO²

¹Instituto de Tecnología Cerámica-AICE (ITC)

²Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

Los datos de la industria cerámica y vidriera en España muestran un espectacular crecimiento que tuvo lugar principalmente en la segunda mitad de los 90, en particular en productos relacionados con la construcción, como baldosas cerámicas o ladrillos y tejas, impulsados por una frenética actividad en este sector industrial en España. Sin embargo, con el comienzo de siglo, el modelo cerámico español muestra claros síntomas de agotamiento, como consecuencia del gran aumento de la producción en China, Brasil y países de la zona Asia-Pacífico. Las materias primas, por su gran incidencia en el coste final del producto, han jugado y jugarán un decisivo papel en este nuevo escenario. Para analizar este rol, en el presente trabajo se ha comenzado por describir las principales materias primas que intervienen en la formulación de las diferentes composiciones cerámicas y de vidrio, con una breve mención a la función que desempeñan. Seguidamente se ha revisado la evolución en el consumo y en los precios, en un contexto de negocio fuertemente globalizado, tratando de encontrar las causas que han motivado en algunos casos el desajuste entre la oferta y la demanda. Finalmente, se hará una reflexión sobre los retos que el suministro de materias primas tiene ante sí, haciendo especial hincapié en el desarrollo sostenible de los recursos, en las amenazas y ventajas del mercado global y en la investigación y desarrollo de nuevos materiales.

Palabras clave: Materias primas, cerámica blanca/roja, pavimentos y revestimientos, refractarios.

Raw materials for the Spanish ceramic industry: State of the current trends

The ceramics and glass industry in Spain has witnessed spectacular growth in recent years – particularly in the latter half of the 1990s – in products such as ceramic tiles, bricks and roofing tiles, driven by the building boom in Spain. However, at the start of the 21st century, growth has clearly flattened, owing to the emergence of production hubs in China, Brazil and Asian-Pacific countries. Raw materials have played a critical role in this new scenario, owing their impact on final product cost. With a view to analysing this role the present study first describes the principal raw materials used in ceramics and glass compositions, briefly indicating the functions of these raw materials. The study then reviews the evolution of raw materials consumption and prices in a strongly globalised business context, and seeks to identify the causes of certain mismatches between supply and demand. Finally, the challenges facing raw materials supply are discussed, particularly in regard to sustainable development of resources, threats and advantages of the global market, and research and development of new materials.

Keywords: raw materials, red-body/white-body ceramics, tiles, refractories

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la industria cerámica y vidriera española en los últimos diez años ha sido espectacular (1). El valor de la producción superó en 2004 la cifra de 12000 M€, más del 1% del PIB, dando trabajo a alrededor de 100.000 personas en más de 2600 empresas. Las previsiones de crecimiento más optimistas se han visto superadas ampliamente en la mayor parte de los sectores cerámicos, sobre todo los directamente relacionados con la construcción. La construcción de viviendas ha sido el principal motor de la demanda, con casi 700.000 viviendas construidas en el 2003 y 650.000 en el 2004, un 40% del total de casas construidas en Europa.

De todos los subsectores, sin ningún género de dudas el de baldosas cerámicas es el que ha sufrido un crecimiento más espectacular, tal como se refleja en la Figura 1. Esta industria ha

experimentado un crecimiento superior al 60% en la segunda mitad de los 90, pasando de producir 400 Mm² en 1995, a una cifra record de 651 Mm² en 2002, con una facturación de 3596 M€. Tras superar a Italia en el año 2002, España se ha situado como primer productor europeo (44% del total de la producción) y segundo productor mundial después de China, con una cuota sobre el comercio mundial del 25%. En el año 2003 se produce, por primera vez en la reciente historia, un descenso en la producción cercano al 3%. No obstante las estimaciones del 2004 apuntan a que la situación ya ha sido revertida. El sector de fritas y esmaltes con 1.5 Mt producidas en el año 2004 ha liderado, con un extraordinario esfuerzo en I+D, el relanzamiento global del subsector de baldosas cerámicas (2).

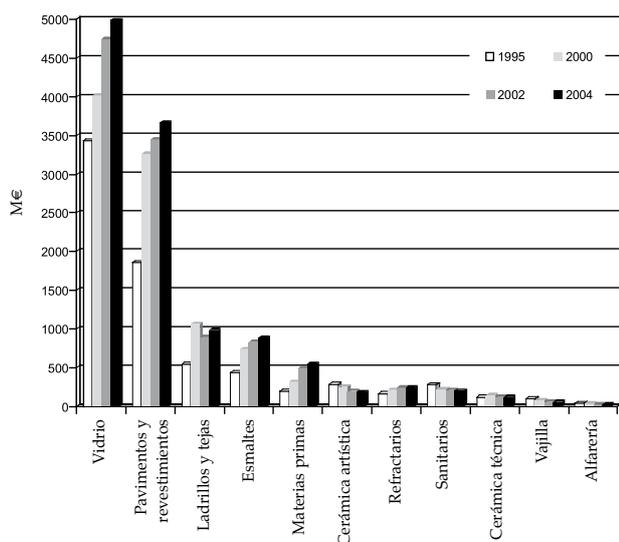


Fig. 1- Evolución del valor de la producción de la industria española de cerámica y vidrio

El subsector de ladrillos y tejas se ha visto igualmente impulsado por el dinamismo de la construcción, alcanzando en el año 2004 una producción de 27 Mt, procedentes de 420 compañías. El boom de la construcción e infraestructuras, unidos al crecimiento en la producción de vehículos y envases, han sido responsables también del aumento, a lo largo de este período, de otros productos como refractarios y vidrio (3).

La porcelana sanitaria muestra por el contrario una tendencia a la disminución (4). Así, en España se ha pasado de fabricar 9 millones de piezas en el año 1995, a poco más de 7 millones en 2003, como consecuencia de la creciente competencia de la producción procedente del sudeste asiático y este europeo. La situación es incluso más negativa en los subsectores de la cerámica de mesa y decorativa, lo que ha dado lugar a una caída de la producción. Por ejemplo, en cerámica de mesa de 60 millones de piezas fabricadas en 1995 se ha pasado a escasamente 32 en 2003.

La cerámica técnica y avanzada tampoco presenta un panorama muy halagüeño. Aunque no se dispone de cifras y valores de producción ajustados, en todo caso el valor de la producción no supera el 3% del valor total de la industria cerámica española.

Todo este desarrollo del sector cerámico y vidriero español no habría podido tener lugar sin contar con una adecuada disponibilidad de materias primas de naturaleza y características muy diversas, con el nivel de calidad exigido en todo momento por la industria. Los proveedores de materias primas han sido capaces de adaptarse a los rápidos y exigentes cambios que este fuerte impulso industrial ha demandado. Los cambios y reconversiones tecnológicas han sido constantes (1) a la par que los incrementos de producción, lo que ha obligado a continuos y denodados esfuerzos en I+D orientados a la búsqueda de nuevas materias primas y a la mejora y optimización de los procesos de beneficio y tratamiento para ser capaces de responder a estas exigencias de cantidad y calidad.

A todo ello ha contribuido de manera eficaz la puesta en escena desde hace años de empresas especializadas en la fabricación de materias primas semielaboradas, tales como

polvo atomizado, pastas y composiciones cerámicas o fritas, esmaltes y pigmentos cerámicos, que no solo han ofrecido sus productos, sino que éstos han venido avalados por una importante contribución en I+D y asistencia técnica a sus clientes. Algunas de estas empresas, como los fabricantes de fritas, esmaltes y colores cerámicos, han dado lugar a un potente subsector industrial en el que España es líder mundial (1).

A nivel mundial los crecimientos han sido todavía más espectaculares si cabe, con un claro papel protagonista (aunque no único) de China. Según un reciente estudio (5), en los últimos 20 años la producción de baldosas cerámicas de China ha pasado de 10 Mm² a 1870 Mm², convirtiéndose en claro líder mundial a mucha distancia de España. Pero además, a diferencia de España, su producción de vajilla también se ha incrementado enormemente pasando de 1200 a 16470 millones de piezas, al igual que la cerámica sanitaria (de 6 a 60 millones de piezas). A otra escala, pero con espectaculares crecimientos también en la producción de baldosas cerámicas, se sitúan países como India, Brasil, Irán, Turquía o Vietnam (6). En el caso de Brasil, las previsiones indican que puede situarse como segundo productor mundial el próximo año, superando a España. O Irán, cuya producción de 20 Mm² de 2002 va a transformarse en 160 Mm² estimados en 2004. La influencia de mercado global es más que una realidad que amenaza con el liderazgo técnico y económico de los sectores cerámicos español y europeo.

En el presente trabajo se pretende hacer una revisión de las materias primas que se emplean en la fabricación de productos cerámicos y vidrio en España. Se llevará a cabo un análisis de la evolución de su consumo y precio, así como de los factores que pueden afectar a ambos parámetros en un entorno de negocio cada vez más globalizado. Finalmente, se hará una reflexión sobre los retos que el suministro de materias tiene ante sí, haciendo especial hincapié en el desarrollo sostenible de los recursos, en las amenazas y ventajas del mercado global y en la investigación y desarrollo de nuevos materiales.

2. ¿QUÉ MATERIAS PRIMAS SON?

No resulta tarea fácil elaborar una clasificación exhaustiva de las materias primas que se emplean para fabricar los diferentes tipos de productos cerámicos, ya que, sin ir más lejos, en la fabricación de vidrio o esmaltes cerámicos pueden usarse más de 100 tipos de materias primas. Además, la misma materia prima puede ser empleada en uno, dos o más tipos de productos cerámicos, con funciones y requerimientos muy diferentes, por lo que su clasificación todavía resulta más compleja. En general, los criterios de clasificación empleados son totalmente empíricos y se basan en la función que desempeña la materia prima o componentes aportados por la misma a la composición.

En el caso de la fabricación de productos de vidrio, resulta muy útil la clasificación establecida en la bibliografía (7) en base al papel desempeñado por la materia prima durante la elaboración del vidrio. Este criterio clasifica las materias primas en cuatro grupos:

- Vitrificantes. Son las sustancias típicamente formadores de la red vítrea. El vitrificante por excelencia es el SiO₂, aportado generalmente en forma de arenas de cuarzo, junto con el B₂O₃ y en menor medida (solo para aplicaciones muy específicas) el P₂O₅. Para la incorporación de B₂O₃, la industria del vidrio emplea tanto productos de síntesis (ácido bórico y

borato sódico) como minerales de boro (colemanita y ulexita principalmente).

- **Fundentes.** Componentes cuya finalidad es favorecer la formación de vidrio rebajando su temperatura de fusión, y facilitar su elaboración. De todos los óxidos alcalinos, es el Na_2O el más utilizado como fundente, siendo incorporado a la composición del vidrio en forma de carbonato principalmente, aunque también como sulfato y otras materias primas naturales o de síntesis (hidróxido sódico, feldespato, nefelina, etc.). Otros óxidos fundentes son el K_2O , aportado generalmente en forma de carbonato, y en algunas aplicaciones muy especiales el Li_2O .

- **Estabilizantes.** Su misión es compensar el efecto negativo sobre la red vítrea producido por la incorporación de los óxidos alcalinos. El CaO es el estabilizante por excelencia y tras la sílice y el óxido de sodio, ocupa el tercer lugar en proporción en la composición de los vidrios comerciales. El principal aportador de CaO es la caliza natural, aunque también pueden utilizarse otras fuentes de calcita e incluso de dolomita (dolomía). Esta última también es la fuente más común de MgO , utilizado como estabilizante en las composiciones de vidrios para envases. Otros óxidos estabilizantes, junto con sus principales aportadores son: PbO (minio), BaO (carbonato), ZnO (ZnO) y Al_2O_3 (feldespato y caolín en composiciones de fibra de vidrio)

- **Componentes secundarios.** Componentes minoritarios con funciones determinadas como colorantes, decolorantes, opalizantes, fluidificantes etc. En este grupo la variedad de materias primas es muy amplia, yendo desde fluoruros hasta óxidos no metálicos, de metales de transición o incluso metales preciosos.

A modo de ejemplo, en la Tabla 1 se recogen composiciones típicas de tres de los principales productos de vidrio: vidrio para envases, vidrio plano y fibra óptica (8). Como puede observarse en esta tabla, aunque las materias primas que potencialmente pueden ser empleadas en la fabricación de vidrios son muy numerosas, apenas media docena pueden considerarse aportadoras de los constituyentes básicos de la estructura vítrea.

TABLA 1. COMPOSICIONES TÍPICAS DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS DE VIDRIO (% EN PESO). FUENTE: 8

Materia Prima	Vidrio para envases	Vidrio plano	Fibra de vidrio
Arena de sílice	59-60	60	28-30
Caliza	14-18	19	28-31
Carbonato sódico	19	20	0-1
Sulfato sódico	1	0.5	0.3-0.8
Alúmina	4-5		
Caolín			26-28
Acido bórico			8-11
Colemanita			8-17
Espato fluor			1-2
Ocre		0.5	

Desde el punto de vista de un soporte cerámico, una clasificación general muy útil es la que divide las materias primas en dos grandes grupos (9): materias primas plásticas, que son aquellas que contienen minerales arcillosos (básicamente arcillas naturales y caolines) y por lo tanto

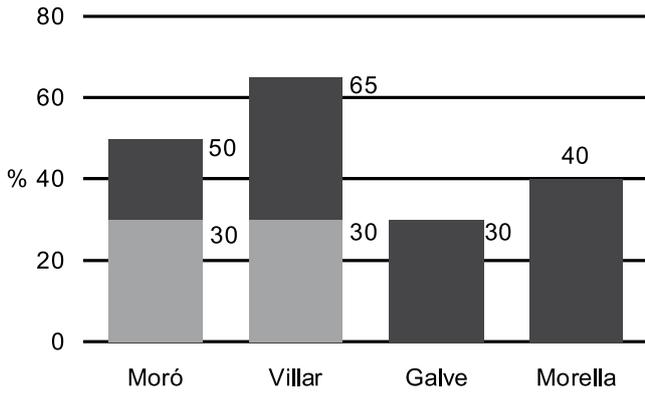
capaces de ser moldeadas en presencia de agua, y materias primas no plásticas o desgrasantes. Éstas últimas engloban un conjunto amplio de materiales de naturaleza muy diversa que desempeñan a su vez un sinnúmero de funciones en la composición cerámica y que se diferencian de las anteriores en que no son capaces de desarrollar un comportamiento plástico durante el moldeo, ni aportar resistencia mecánica a las piezas crudas. En este grupo se incluyen materias primas que van desde un simple cuarzo hasta sustancias de composición más compleja como talco o nefelina.

En la Figura 2 se describe de forma gráfica los intervalos composicionales de los distintos tipos de baldosas cerámicas representativas de la producción española (10): gres esmaltado de pasta roja y blanca, azulejos (revestimientos porosos) de pasta roja y blanca, gres porcelánico y pavimento rústico extruído. El gres porcelánico esmaltado, cuya producción es cada vez más importante en España (11), ha sido incluido en la categoría de gres de pasta blanca, ya que al tratarse de un producto recubierto con un vidriado, los requerimientos finales de blancura en el soporte no son tan exigentes como en el gres porcelánico no esmaltado.

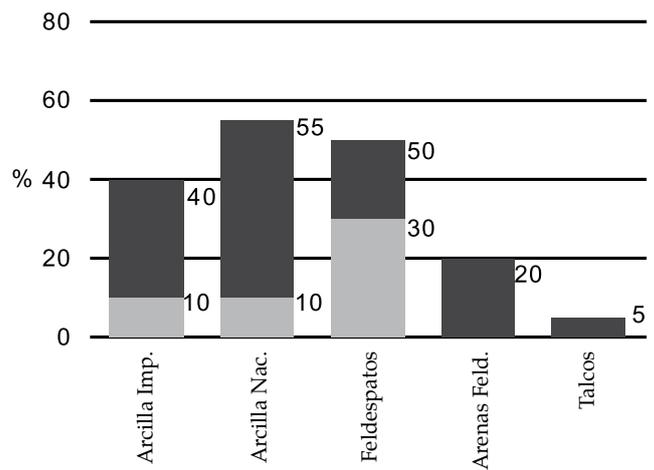
De esta figura se podría destacar que las baldosas de pasta roja (actualmente representan el 75% de la producción nacional) se formulan a partir de arcillas rojas locales, extraídas de yacimientos ubicados a distancias inferiores a los 200 km. de los centros de producción, como los situados en las provincias de Castellón (San Juan de Moró, Mas Vell en Alcora, Morella), Valencia (Villar del Arzobispo, Higuera, Chulilla y La Yesa) y Teruel (Galve y Rubielos de Mora) ya que la incidencia del coste del transporte sobre el precio final de la arcilla es determinante. Estas arcillas se denominan generalmente con el nombre del área geográfica donde se extraen (12), así habitualmente se habla de arcilla de Moró, Villar, Mas Vell, etc. Al tratarse de materias primas naturales presentan una variabilidad intrínseca a los propios yacimientos, por lo que para obtener una calidad constante es necesario proceder al mezclado y homogeneización de las diferentes capas (13). Como puede observarse, la práctica totalidad del gres de pasta roja se formula a partir de cuatro tipos de arcillas: Moró, Villar (extraída en la zona Villar del Arzobispo-Higuera), Morella y Galve. Algo similar ocurre en el caso de los azulejos de pasta roja, aunque en este caso se emplean, junto con las anteriores, arcillas margosas que aportan carbonato cálcico a la composición, como las arcillas de Mas Vell y Chulilla. En la Figura 3 se muestran las fotografías de algunos de estos yacimientos.



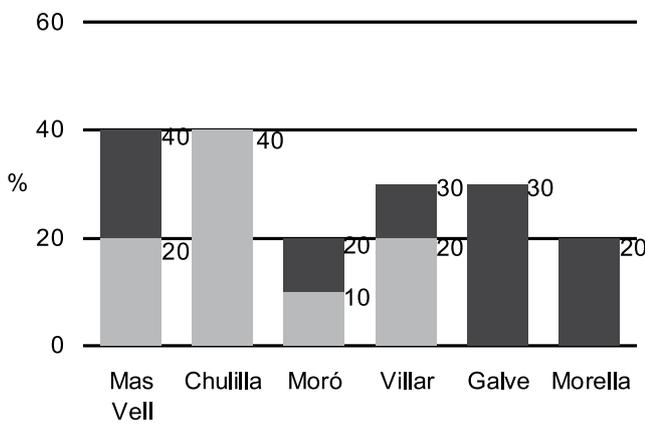
Fig. 3- Fotografías de algunos de los yacimientos de arcillas rojas en España: a) San Juan de Moró, b) Villar del Arzobispo, c) Mas Vell, d) Morella



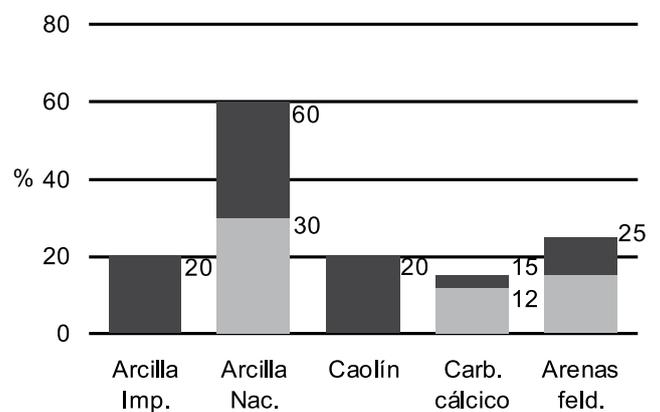
a) Gres esmaltado de pasta roja



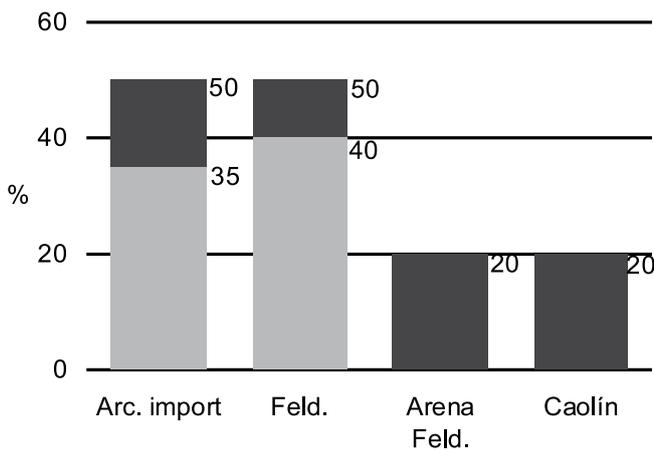
b) Gres esmaltado de pasta blanca y gres porcelánico esmaltado



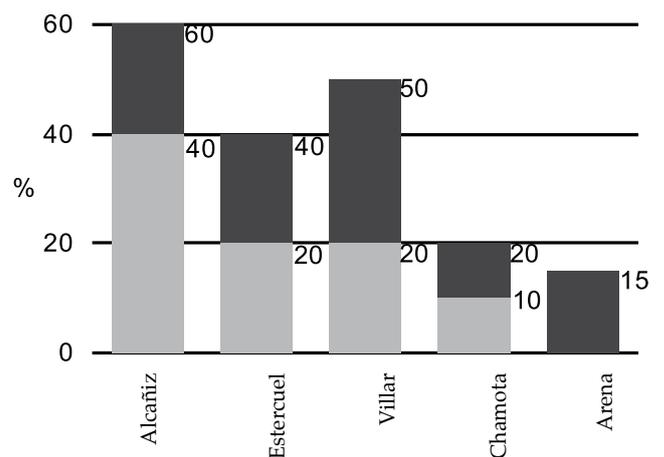
c) Azulejo de pasta roja



d) Azulejo de pasta blanca



e) Gres porcelánico



f) Pavimento rústico extrudido

Fig. 2- Intervalos composicionales de los diferentes tipos de baldosas cerámicas fabricados en España (% en peso)

Dentro de la gama de productos de pasta blanca, la baldosas de baja porosidad tales como el gres esmaltado o el gres porcelánico, se formulan casi exclusivamente a partir

de mezclas de arcillas illítico-caolinífticas de bajo contenido en óxido de hierro y elevada plasticidad (arcillas blancas denominadas comúnmente "ball clays"), feldespato sódico

o sódico-potásico y arenas feldespáticas, con pequeñas aportaciones de otras materias primas (talco principalmente) (14). La diferencia entre unos productos u otros estriba básicamente en el grado de blancura final deseado, lo que obliga en el caso del gres porcelánico, a emplear arcillas y feldespatos de mayor calidad (menor contenido en óxido de hierro) que por lo general deben ser importados. Finalmente, las composiciones de azulejo de pasta blanca, al igual que ocurría con las de pasta roja, deben incorporar carbonato cálcico, lo que en este caso, al no disponer la naturaleza de arcillas margosas de bajo contenido en óxido de hierro, se incorpora a partir de materias primas como calcita, creta, o menos frecuentemente, dolomita.

Finalmente, para la fabricación de baldosas de acabado rústico por extrusión, generalmente se emplean mezclas de arcillas caoliníticas de elevada plasticidad, con contenidos en óxido de hierro variables, junto con chamotas o arenas de tamaño de partícula grande para mejorar la permeabilidad de las piezas. La mayoría de las empresas fabricantes de este tipo de baldosas se ubican en las provincias de Castellón y Teruel, por lo que las arcillas consumidas provienen de estas provincias, en concreto de la provincia de Teruel, rica en yacimientos arcillosos. Algunas de estas zonas son: Estercuel-Crivillén, Ariño y Cañada de Verich. Las arcillas provenientes de esta última población son mucho más caoliníticas, lo que permite obtener productos que se fabrican a temperaturas de cocción más elevadas.

Respecto a productos de porcelana, en la Tabla 2 se detallan algunas composiciones estándar empleadas en la fabricación de los cuatro tipos de porcelanas más comunes en España. Como puede observarse, todas las composiciones se adaptan fielmente al concepto de composición triaxial o lo que es lo mismo, representadas en el diagrama de fases $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$. Estos óxidos son aportados por la mezcla caolín y/o arcilla blanca illítico-caolinítica, que además contribuye con la plasticidad necesaria en la etapa de conformado, cuarzo y feldespato potásico. En porcelana sanitaria es también frecuente el empleo de feldespato sódico-potásico y nefelina debido a su menor temperatura de cocción. En todos los casos se trata de materias primas de elevada calidad (mínimo contenido de impurezas) que generalmente han sufrido un beneficio o tratamiento previo en el que se incluye una molienda para hacerlas fácilmente disgregables en agua, con el objeto de facilitar la obtención de la suspensión y evitar los largos procesos de molienda. El menor contenido de arcilla en las composiciones de porcelana de vajilla y artística está relacionado con los mayores requerimientos de blancura en este tipo de productos, por lo que se prefiere el uso de caolines, materias primas con menor contenido en óxido de hierro que las arcillas. También el hecho de que las piezas de porcelana artística y de vajilla son por lo general más pequeñas que las de porcelana sanitaria o eléctrica, permite la minimización del contenido de arcilla.

TABLA II. COMPOSICIONES TÍPICAS DE PRODUCTOS DE PORCELANA (% EN PESO)

Materia prima/ Porcelana	Sanitaria	Eléctrica	Vajilla	Artística
Caolín	25	15	45	47
Arcilla blanca	25	35	5	3
Feldespato potásico*	25	20	20	20
Cuarzo	25	30	30	30

*EN PORCELANA SANITARIA SE EMPLEAN FRECUENTEMENTE FELDESPATO SÓDICO-POTÁSICO Y NEFELINA

Por otro lado, en las composiciones empleadas en la fabricación de ladrillos y tejas y otros productos de arcilla cocida, se utilizan casi exclusivamente mezclas de arcillas y arenas, extraídas de yacimientos muy próximos a las fabricas, dada la enorme incidencia del transporte sobre el coste final del producto. Las arcillas empleadas por lo tanto son muy diversas, estando constituidas por lo general por mineral arcilloso illítico-caolinítico, y en menor medida montmorillonítico, en una proporción que oscila entre el 30-50%, junto con otros minerales o sustancias no plásticas que pueden llegar a representar hasta las dos terceras partes de la arcilla (15)(16). Su presencia en muchas ocasiones no solo no es perjudicial, sino que resulta necesaria para el procesamiento de la arcilla. Estas sustancias son fundamentalmente cuarzo, carbonato cálcico y óxido de hierro, aunque a nivel de impurezas pueden existir muchos más minerales. En la Tabla 3 se muestra el intervalo composicional de las arcillas empleadas en la fabricación de productos de arcilla cocida.

TABLA III. INTERVALO COMPOSICIONAL DE LAS ARCILLAS EMPLEADAS EN LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE ARCILLA COCIDA (% EN PESO).

(1) EN ARCILLAS CALCÁREAS EL CONTENIDO DE SiO_2 SUELE SER INFERIOR AL 45%, PUDIENDO INCLUSO SITUARSE POR DEBAJO DEL 40%
(2) ALGUNAS ARCILLAS REFRACTARIAS PUEDEN PRESENTAR CONTENIDOS EN Al_2O_3 SUPERIORES AL 20% (ENTRE UN 20-40%)

Componente u óxido	
SiO_2 ⁽¹⁾	45-55
Al_2O_3 ⁽²⁾	10-20
K_2O	1.5-5
Na_2O	<0.5
$\text{CaO}+\text{MgO}$	<20
Fe_2O_3	<10
TiO_2	<4

Desde el punto de vista de un recubrimiento vítreo o esmalte cerámico, la clasificación en este caso incidiría en la funcionalidad de la materia prima, tanto en relación con el procesado, como con las características deseadas en el recubrimiento (opaco, mate, etc.) por lo que podríamos hablar de los siguientes tipos: agentes suspensionantes, reguladores de fundencia-viscosidad del esmalte fundido, opacificantes, matificantes, etc (17)(18). En la Tabla 4 se ha tratado de relacionar, en base a esta funcionalidad, las principales materias primas empleadas en la elaboración de esmaltes cerámicos. Como puede observarse, son numerosas las materias primas que entran a formar parte en la formulación de esmaltes. Además, esta relación se amplía enormemente si se considera los diferentes tipos de fritas que intervienen en estas composiciones como materias primas de naturaleza vítreo: fritas transparentes, fritas que dan lugar a vidriados mate, opacos, etc. De esta relación podemos destacar al circón, que es el agente opacificante por excelencia en los vidriados

cerámicos dada su excelente relación eficacia-coste y al caolín, principal agente suspensionante en la práctica totalidad de los esmaltes aplicadas en forma líquida, procedimiento habitual de esmaltado.

En esta última clasificación se ha incluido las fritas al emplearse como materia prima o componente en las

TABLA IV. MATERIAS PRIMAS MÁS USUALES Y FUNCIÓN QUE DESEMPEÑAN EN LA ELABORACIÓN DE ESMALTES CERÁMICOS

Función	Materia Prima
Regulador de fundencia	Frita
	Feldespato sódico-potásico
	Nefelina
	Cuarzo
	Alúmina
Opacificantes	Circón
	Anatasa
Matificantes	Alúmina
	Carbonato cálcico (calcita)
	Wollastonita
	Dolomita
Suspensionante	Caolín
	Arcilla Blanca ("ball clay")
	Bentonita
Otras funciones	
Regulador de la expansión térmica	Cuarzo
Modificador de fundencia	Carbonato de litio
	Petalita
	Espodumena
Ajuste de fundencia y/o brillo	Carbonato de bario

formulaciones de esmaltes de gran variedad de productos cerámicos, como baldosas, porcelanas, ladrillos y tejas y hasta productos de alfarería. La fabricación de fritas y esmaltes ha dado origen a un potente subsector cerámico, del que España es el primer productor mundial, tal como se mencionó anteriormente. Una frita cerámica es un material de naturaleza vítrea preparado por fusión, a temperatura elevada (alrededor de 1500°C) de una mezcla de materias primas de naturaleza cristalina. Éstas, durante el proceso de fusión forman una masa fundida que, al final del proceso, es enfriada bruscamente en aire o agua, originando la frita propiamente dicha. La principal razón de emplear fritas y no sus precursores cristalinos en la elaboración de esmaltes es la posibilidad de incorporar componentes solubles. Sin embargo existen otras importantes ventajas como son la reducción de la temperatura y tiempo de sinterización, la obtención de texturas más lisas y brillantes o el mejor rendimiento de los opacificantes. En la Figura 4 se muestra una fotografía con granos de frita.

En la Tabla 5 se recogen las materias primas empleadas en la fabricación de fritas (19). Se han considerado dos grupos en esta descripción. En la primera columna se incluyen las materias primas más habituales para la incorporación de los

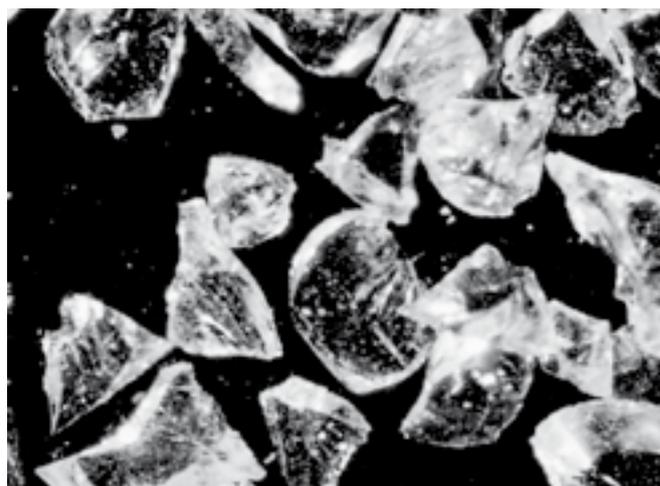


Fig. 4- Fotografía de una frita realizada mediante microscopio óptico

componentes óxidos. En la segunda se han agrupado aquellas materias primas que por razones de coste o disponibilidad, o porque su uso es función de la necesidad de introducir un determinado componente en la formulación, son empleadas con menor frecuencia. En la tabla se incluye así mismo productos de síntesis química como el ácido bórico, borato sódico, carbonato sódico o algunos nitratos.

No todas estas materias primas se consumen en proporción semejante, ya que esto va a depender de la composición de los diferentes tipos de fritas. En la Figura 5 se muestra de forma gráfica, una estimación del consumo relativo actual de

TABLA V. MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE FRITAS

Óxido o componente	Materias Usadas	Primas	Otras Materias Primas
SiO ₂	Cuarzo		
	Caolín		
	Feldespato (Na, K)	alcalino	
B ₂ O ₃	Ácido cristalizado	bórico	Borato sódico
	Colemanita		Ulexita
Li ₂ O	Espodumena		
Na ₂ O	Feldespato sódico		
	Carbonato sódico		
	Nitrato sódico		
K ₂ O	Feldespato potásico		
	Nitrato potásico		
MgO	Talco		Magnesita
	Dolomita		
CaO	Carbonato de calcio		Nitrato de calcio
	Colemanita		
	Dolomita		
BaO	Carbonato de bario		
ZnO	Óxido de zinc		
PbO	Minio		
Al ₂ O ₃	Caolín		Alúmina hidratada
	Feldespato alcalino		Alúmina calcinada
ZrO ₂	Circón		

materias primas para fritar, comparándolo con la estimación de hace 20 años. Como puede observarse, con apenas una docena de materias primas se diseñan la mayor parte de composiciones de fritas. Por otro lado, los consumos relativos han sufrido importantes modificaciones en los últimos años, bien por la presión medioambiental, como es el caso de la drástica reducción del PbO, nitratos y algunos compuestos borácicos, por la modificación de la tecnología de fabricación de los productos cerámicos o por las características de los vidriados, lo que ha hecho que se incremente fuertemente el consumo de ZnO, carbonatos alcalinotérreos (Ca y Mg), feldespatos, y más recientemente, el carbonato de Bario.

Finalmente, las materias primas empleadas en la fabricación de productos refractarios pueden ser descritas en base a diversos criterios de clasificación. Un criterio muy útil es el

que sigue las recomendaciones PRE (productores refractarios europeos), tal como se muestra en la Tabla 6 (20). Como se puede observar, aparece una doble clasificación. Por un lado, la basada en el contenido máximo del óxido característico, y por otro, una clasificación en dos grandes grupos, ácido y básico, basada en el carácter del óxido preponderante en el material. Esta última tiende a desaparecer ya que algunos refractarios ácidos se comportan perfectamente bien frente a escorias o fundidos básicos. Por último, el grupo de productos especiales se refiere a aplicaciones específicas y en pequeños tonelajes en comparación con los materiales de los dos grupos anteriores. La tabla muestra que, aún hoy en día, la mayoría de los materiales refractarios se fabrican a partir de minerales frecuentes en la naturaleza (cuarcitas, caolines, sillimanitas, bauxitas, magnesitas, dolomitas, circón, etc), los cuales al

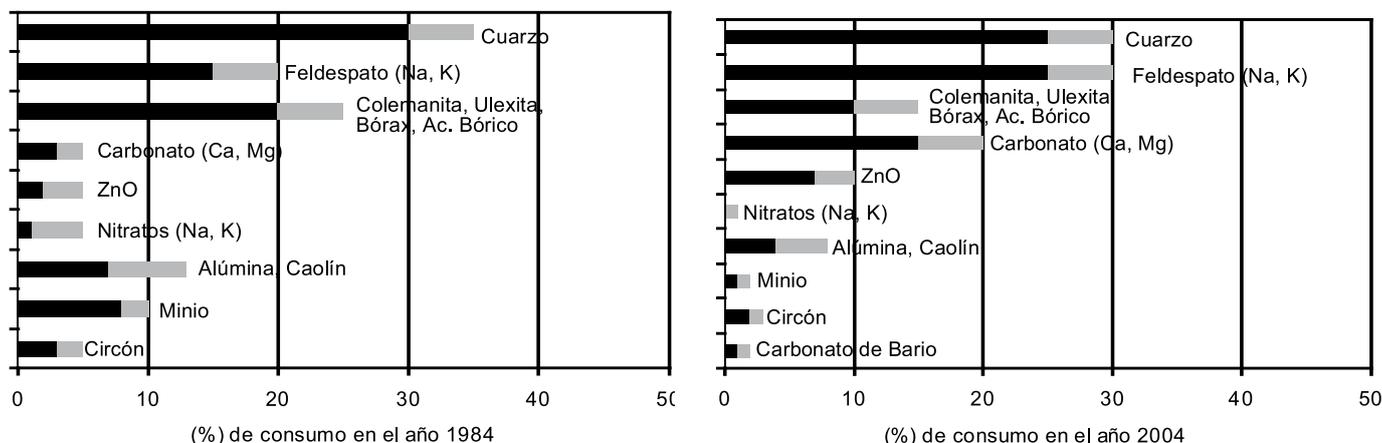


Fig. 5- Estimación del consumo relativo actual de materias primas para la fabricación de fritas en comparación con la estimación de hace 20 años

TABLA VI. MATERIAS PRIMAS PRINCIPALES DE LOS MATERIALES REFRACTARIOS CLASIFICADOS SEGÚN LAS RECOMENDACIONES PRE (PRODUCTORES REFRACTARIOS EUROPEOS). FUENTE: 20

	Tipo de material refractario	Contenido limite del constituyente principal	Materia prima
ACIDOS	De alta alúmina Grupo I	Al ₂ O ₃ >56%	Corindón, mullita, bauxita, diásporos
	De alta alúmina Grupo II	>45%Al ₂ O ₃ <56%	Arcillas bauxíticas, sillimanitas andalucita y cianita
	Aluminosos	>30% Al ₂ O ₃ <45%	Arcillas (caolín)
	Silicoaluminosos	>10% Al ₂ O ₃ <30% SiO ₂ <85%	Arcillas
	Siliciosos o de semisílice	>85% SiO ₂ <93%	Cuarcitas, arenas de sílice
BASICOS	De sílice	SiO ₂ >93%	Cuarcitas, sílice
	Magnesita	MgO>80%	Magnesitas y magnesitas de agua de mar.
	Magnesia-cromo	>55%MgO<80%	Magnesitas-cromitas
	Cromo-magnesia	>25% MgO<55%	
Cromita	Cr ₂ O ₃ >25%	Cromitas, óxido de cromo y magnesia	
ESPECIALES	Forsterita	MgO<25%	Olivino
	Dolomita		Dolomía enriquecida con magnesia
	Grafito	C	Carbón
	Circón	ZrSiO ₄	Arenas de circón
	Circona	ZrO ₂	Arenas de circón+badeleyita
	Carburo de silicio	SiC	Sílice+carbón
	Otros	-	Óxidos puros, espinelas, etc.

mismo tiempo, determinan los distintos subgrupos en que se divide la clasificación. Aunque la lista es amplia, la producción nacional solo incluye dolomita, algunos tipos de magnesita y caolines pétreos.

3. CONSUMOS

La Tabla 7 recoge las estimaciones de consumo de las principales materias primas empleadas en los sectores de cerámica y vidrio en España a lo largo del año 2004. Tal como cabía esperar por los datos de producción (Figura 1), la industria de cerámica y vidrio es una gran consumidora de materias primas, en concreto, más de 53 Mt el pasado año. Ahora bien, más de la mitad de esta cantidad (alrededor de un 60%) se destina exclusivamente a un único tipo de producto (ladrillos y tejas, o en general materiales de construcción de arcilla cocida) ya que la producción es enorme y además esta constituida por lo general por piezas de gran volumen y peso. El segundo subsector en consumo es el de baldosas, como consecuencia también de la gran producción nacional, seguido a cierta distancia por el del vidrio, aunque este último, tal como se indicó en la introducción, lo supera en valor añadido. Con consumos más modestos, aunque importantes, se situarían las materias primas para fritas y esmaltes y refractarios, y ya a mucha distancia, el resto.

El análisis por materias primas nos muestra que, las arcillas rojas, destinadas a la fabricación de ladrillos y tejas y a gran parte (un 75%) de la producción de baldosas cerámicas, son con diferencia los recursos más demandados por la industria

cerámica española, en concreto, el 85% de las materias primas consumidas son arcillas rojas. Cuarzos y arenas, feldespatos alcalinos (sódicos, potásicos y sódico-potásicos) y arcillas blancas y caolines configuran el resto de consumos relevantes en el espectro de la industria cerámica y vidriera española.

Dentro de estas materias primas de mayor consumo merece la pena destacar el importante crecimiento experimentado por alguna de ellas, como es el caso de las arcillas blancas y feldespatos, y en particular los que son importados. Actualmente se está importando más de 1 Mt de arcilla blanca tipo ball-clay, el 60% proveniente de Ucrania y algo más de 900 kt de feldespato, de las que el 80% son extraídas en Turquía. Este crecimiento puede ser corroborado a partir de la gráfica representada en la Figura 6, elaborada con los datos suministrados por la autoridad portuaria de Castellón, puerto desde donde se distribuyen a los centros de producción de esta provincia. Conviene no obstante aclarar que los datos se refieren a movimiento total de mercancía (carga y descarga), aunque en este caso el movimiento de carga debe ser prácticamente despreciable. Como puede observarse, el crecimiento en los últimos años de arcillas y feldespatos de importación ha sido del 100%. Este drástico aumento ha venido motivado por el incremento de la cuota de baldosas de pasta blanca en la producción nacional (se ha pasado de un 15% en 2000 a un 25% en 2004), y en particular, al crecimiento del gres porcelánico esmaltado en España (11)(21).

Aunque a distancia de las anteriores, otro indicador del crecimiento de la producción de baldosas cerámicas es el circón,

TABLA VII. CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS EN LA INDUSTRIA CERÁMICA Y VIDRIERA EN ESPAÑA (AÑO 2004). FUENTE: AINDEX, IGME, ANFRE, ANFFECC Y ESTIMACIONES DE LOS AUTORES

Materia prima	Baldosas	Esmaltes	Vidrio	Refractarios	Ladrillos y tejas	Sanitarios	Vajilla	Total (kt)
Arenas, cuarzos	300	250	2200			50	11	2.811
Feldespatos	1.100	176	280			50	7	1.613
Arcillas rojas	9.500	50			35.000			44.550
Arcillas blancas	1.800	6				50	2	1.858
Caolín	130	120				50	19	319
Arcilla/Chamota refractarias	280			180				460
Carbonato cálcico	140	70	50					260
Dolomita		55	500	75				630
Carbonato sódico			600					600
Circón	20	120		5				145
Carbonato potásico			60					60
Oxido de zinc		60						60
Comp. borácicos		80						80
Alúmina		9		70				79
Óxidos de plomo		17	5					22
Talco	25							25
Magnesita				80				80
Andalucita				20				20
Bauxita				80				80
Grafito				5				5
Carburo Silicio				3				3
TOTAL	13.295	1.013	3.695	518	35.000	200	39	53.760

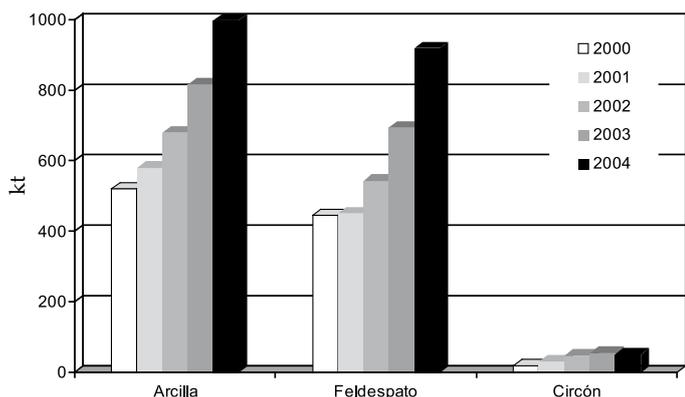


Fig. 6- Evolución del movimiento de algunas materias primas (embarque y desembarque) en el puerto de Castellón en los últimos 5 años

materia prima importada en su totalidad (22), ya que, como se mencionó antes, es el opacificante más utilizado en vidriados cerámicos. A nivel mundial, la demanda de circón el pasado año superó la cifra de 1.1 Mt, siendo su principal destino, tal como se refleja en la Figura 7, la industria cerámica, con más del 65% del consumo total. Las principales aplicaciones cerámicas del circón son: fritas, engobes y vidriados cerámicos, refractarios y baldosas de gres porcelánico. Aunque China es el principal consumidor mundial con un 25% del total, España se sitúa en segundo lugar con un 12%, tras un espectacular crecimiento en los últimos años, tal como se puede deducir del movimiento de ésta materia prima en el puerto de Castellón (Figura 6), uno de los puertos por los que se introduce esta mercancía en España.

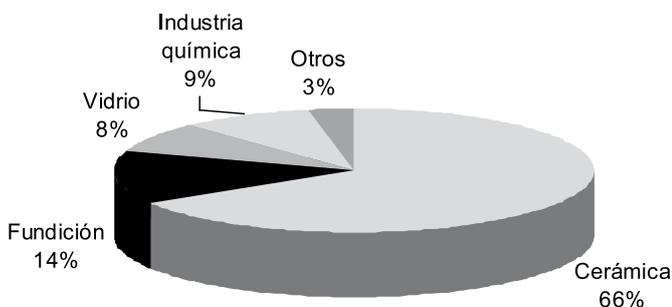


Fig. 7- Principales usos del circón

4. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS

El espectacular crecimiento experimentado por el sector cerámico mundial, junto con las peculiares características del mercado global, ha ocasionado una desestabilización en la disponibilidad y precios de las materias primas, aunque en algunos casos el efecto ha sido beneficioso para la industria, al traducirse en una reducción de precios. Para atenernos a datos objetivos, según el índice de precios de compra (IPCO) correspondiente al año 2004, el precio de los materiales en química industrial, dentro de los que se encuentran las materias primas empleadas en cerámica, ha registrado un incremento del 10%, muy por encima como es obvio del incremento del IPC.

Sin embargo la traslación de este índice global al sector cerámico nacional, no permite concluir que se haya producido un alza generalizada en el precio de las materias primas de esa u otra magnitud. Esta afirmación puede ser corroborada por lo datos recogidos en la Tabla 8. En esta tabla se detalla, a partir de estimaciones de los autores, la evolución de los precios que han sufrido algunas materias primas para fritas y esmaltes, a lo largo de los últimos 5 años.

TABLA VIII. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE ALGUNAS MATERIAS PRIMAS PARA FRITAS Y ESMALTES EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS (2000-2004)(ESTIMACIONES DE LOS AUTORES)

*VARIACIÓN ESTIMADA SEGÚN PRECIOS DE MERCADO

Materia prima	Variación (%)*
Alúmina	14
Bórax	8
Carbonato sódico	0
Carbonato potásico	-6
Circón	67
Cuarzo	3
Dolomita	11
Feldespato sódico	23
Feldespato potásico	6
Nefelina	2
Nitrato potásico	11
Óxido de cinc	-8

A raíz de estas estimaciones, podemos observar que existe un primer grupo en el que se ha producido un incremento del coste de las materias primas, aunque en el caso de las materias primas de origen exclusivamente nacional (cuarzo, dolomita, feldespato potásico...) o algunas de importación (nefelina, bórax, óxido de cinc...) apenas han repercutido el valor del IPC. Otras incluso han reducido su precio, como es el caso del carbonato potásico o el óxido de cinc. En un tercer grupo, aparecen materias primas donde el aumento de precio se sitúa clara, y en el caso del circón, exageradamente, por encima del incremento medio del IPC para este período. En este grupo se incluirían además del circón, el feldespato sódico y determinadas calidades de alúmina, la evolución de cuyos precios ha venido marcada por el fuerte incremento de la demanda. Podemos concluir por lo tanto que no existe un patrón definido en la evolución del precio de las materias primas, como consecuencia del efecto simultáneo de un conjunto de factores que afectan de forma desigual a la estabilización de los suministros.

Por un lado, el incremento de la demanda, principalmente en China y otros países de la zona Asia-Pacífico. El circón es el claro exponente de este crecimiento, siendo la industria cerámica su principal destino y China el gran consumidor. Así, aunque durante el período 1998-2003 el consumo de circón ha experimentado un crecimiento medio del 3.8%, China ha mostrado un crecimiento muy superior, cifrado en un 13%. (22). En el presente año, el crecimiento continúa, alimentado por la escasez de suministro y por una demanda todavía robusta. Sin embargo las simples leyes de oferta y demanda no son capaces de explicar la evolución cíclica del precio del circón, reflejada en la Figura 8. Así, a pesar de que el suministro de circón depende en gran medida de la

demanda de los minerales de titanio, ya que se trata de un subproducto, y ésta a su vez es enteramente dependiente del comportamiento de la industria de pigmentos de dióxido de titanio, no es posible ocultar un componente altamente especulativo, a tenor de la variación observada.

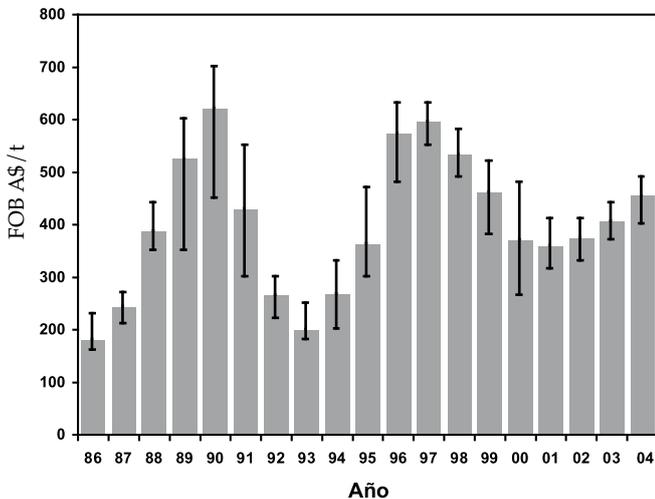


Fig. 8- Evolución con el tiempo del precio de la arena de circón utilizada como materia prima en la industria cerámica

Por otro lado, la efervescente actividad de la industria china del acero continúa estimulando un creciente comercio mundial de materias primas, en particular de minerales de hierro. Así por ejemplo, las exportaciones de minerales de hierro a Brasil y Australia se dispararon un 9 y un 13% respectivamente, siendo los destinos principales China, Corea del Sur y Japón (23). En la Figura 9 se ilustra el dinamismo y la evolución a escala mundial del comercio de minerales de hierro.

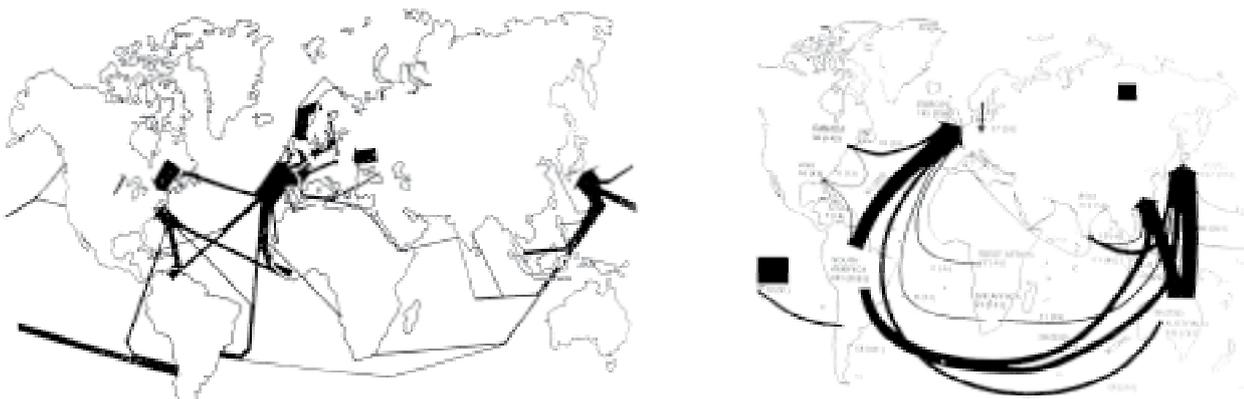


Fig. 9- Comparación del comercio mundial de mineral de hierro en 1964 (izquierda) y 1997 (derecha)

Este frenético movimiento de mercancías ha impactado en la disponibilidad y coste del flete marítimo, que en algunos casos ha llegado a incrementarse en el corto espacio de un año hasta en un 50%. El incremento del flete ha repercutido, sobre todo, en el precio de las materias primas de menor valor añadidas suministradas a granel, como por ejemplo, la arcilla proveniente de Ucrania o el feldespato turco, que además, como se ha indicado, han experimentado crecimientos de consumo espectaculares en los últimos años. La situación, lejos de remitir, parece incluso que vaya a complicarse todavía

más, como consecuencia del encarecimiento del barril de petróleo, ya que la mayoría de contratos de fletes incluyen una cláusula de suplemento de combustible en función del precio del petróleo. También la "europeización" de los costes internos de logística (ferrocarril, gestión portuaria, etc) en estos países ha contribuido al aumento de precios. Afortunadamente, la favorable cotización de la divisa europea frente al dólar americano ha mitigado en gran parte estos importantes desbarajustes, contribuyendo a una corrección de precios. La Tabla 9 refleja este último comentario para el caso del feldespato sódico turco.

TABLA IX. EFECTO DE LA DEPRECIACIÓN DEL DÓLAR AMERICANO SOBRE LA EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL FELDESPATO SÓDICO IMPORTADO DE TURQUÍA (AÑOS 2000-2005)(ESTIMACIONES DE LOS AUTORES)

Año	€/t	US\$/t
2000	30	33
2002	37	33
2004	36	43
2005	37	48

Mención aparte merece el óxido de cinc, producto de síntesis química obtenido a partir de cinc metal, el cual, tal como se refleja en la tabla 8, ha disminuido su precio en el intervalo de tiempo analizado. Sin embargo, un análisis más detallado de la evolución del precio (Figura 10), nos muestra una situación bien diferente, con un precio que aunque globalmente ha disminuido, ha pasado por un valor mínimo para volver posteriormente a repuntar. Este comportamiento del mercado ha sido propiciado por la política anti-dumping establecida por la Comisión Europea, con el objeto de paliar la competencia de bajo precio del producto chino debida a sus menores costes salariales y medioambientales.

5. PERSPECTIVAS DE FUTURO

Los indicadores macroeconómicos confirman la sospecha de que el crecimiento económico chino, y el de otros países de la zona de influencia Asia-Pacífico no ha hecho sino empezar. Con 12 de las 25 megaciudades con que contará el mundo en el año 2015, y el consiguiente crecimiento exponencial de población, no es sorprendente que la industria cerámica asiática, impulsada por un poder adquisitivo cada vez mayor, siga creciendo al ritmo hasta ahora exhibido (24).

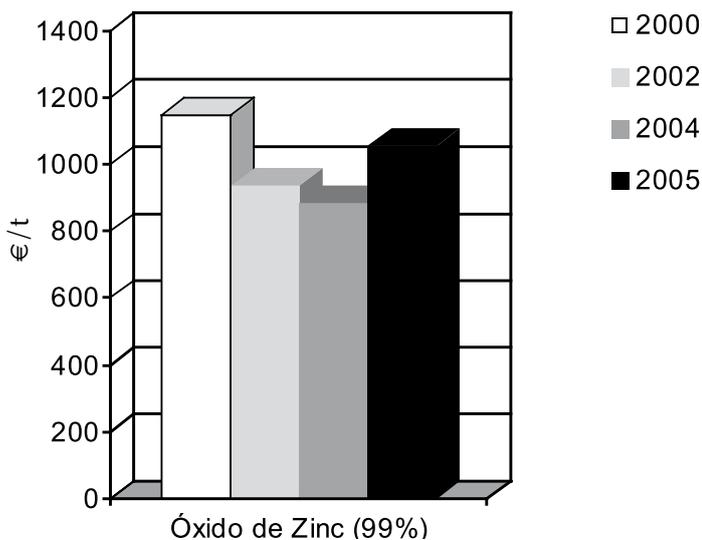


Fig. 10- Evolución en los últimos 5 años del precio del ZnO

Tal crecimiento ha conducido a intereses enfrentados. Algunas compañías, como por ejemplo, las suministradoras de materias primas o bienes de equipos han incrementado enormemente sus beneficios. Otras, que directamente compiten con la marea de productos baratos, sufren pérdidas de mercado y en muchos casos instan a sus gobiernos a la adopción de medidas proteccionistas.

En un reciente trabajo se apunta el agotamiento evidente del modelo cerámico español (1), proponiéndose la necesidad de un cambio de ciclo. Un cambio basado en la combinación, por un lado de reformas estructurales, relacionadas con la concentración y especialización productivas y por otro, con un esfuerzo todavía más intenso en innovación tecnológica. Si la industria cerámica ha sido capaz de alcanzar situaciones de liderazgo en sectores en que hace dos décadas ocupaba posiciones casi marginales en Europa, debe ser capaz también de afrontar estos nuevos desafíos.

En este contexto, el papel de las materias primas va a ser relevante, ya que, no debemos olvidar, pueden llegar a representar hasta un 60% o más del coste de fabricación de determinados productos cerámicos. Esta importante contribución en el coste del producto obligará a la minimización de precios con el objeto de competir en un entorno globalizado. Un estudio reciente de la consultora A.T Kearny sobre la "excelencia en la gestión de compras", realizado entre más de 275 empresas internacionales pronostica que más del 70% de las empresas mundiales utilizará proveedores chinos dentro de 4 años, casi un 60% recurrirá a suministradores de Europa del Este y un 50% a proveedores de India, aunque al mismo tiempo advierte de la necesidad de mejorar el conocimiento de estos mercados. Recientes ejemplos de este planteamiento se han visto en Europa donde la entrada de arcillas de Ucrania para la fabricación de baldosas cerámicas de pasta blanca ha impactado en el volumen de ventas y precio de las arcillas tipo "ball-clay" inglesas y alemanas, tradicionalmente consumidas en España e Italia respectivamente (25)

Mientras estos factores podrían ser vistos como una amenaza para los suministradores actuales de minerales industriales, al mismo tiempo representan una oportunidad. Los fabricantes de productos cerámicos demandan calidad y consistencia, y los suministradores actuales tienen el conocimiento y experiencia para aportarlas. Lógicamente,

ello requerirá situarse en vanguardia de los desarrollos tecnológicos que experimenten los diferentes subsectores cerámicos con el fin de mantener su cuota de mercado mediante el empleo de su experiencia.

La reciente historia del sector minero español también aporta una interesante conclusión: Las empresas multinacionales han tomado posiciones en España y hoy el talco, el caolín, las arcillas rojas, las magnesitas y otros muchos minerales pertenecen a empresas multinacionales. Ese ejemplo lo han seguido también las empresas de minerales industriales españolas que han optado por la internacionalización (Grupo SAMCA, Tolsa, etc) y están hoy posicionadas en América, África o Europa. La adquisición de reservas mineras a nivel mundial tiene una larga tradición en la minería metálica: Quizás es el momento para la no metálica.

Otro de los importantes retos que tiene ante sí el suministro de materias primas esta relacionado con el uso sostenible de los recursos naturales. Según la política de la Unión Europea, el objetivo es alcanzar un balance entre asegurar el suministro de minerales y proteger el entorno, todo ello en el contexto del bienestar humano y social (26), lo que los euroburócratas denominan el "decoupling". No debemos olvidar que la minería es un sector básico en la UE ya que proporciona más de 500.000 empleos y suministra el 35% de los materiales que necesita la industria. No obstante, el desafío es importante ya que la percepción social y la imagen pública del sector minero, por diferentes motivos, no pasa por su mejor momento. Algunas de las propuestas necesarias para alcanzar este objetivo son:

- Ayudas económicas para la restauración del terreno afectado y para proyectos de preservación y puesta en valor del patrimonio minero
- Armonización de la legislación ambiental y minera en Europa, con el establecimiento de Eurocódigos Mineros
- Políticas para evitar el uso innecesario y costoso de materias primas minerales importadas con arreglo a la filosofía de no exportar nuestros problemas medioambientales. Dentro de esta propuesta estaría incluida la protección de los recursos minerales contra el "dumping" internacional.

Además todo lo anterior se desarrollará en un escenario donde las exigencias de calidad y de reducción del tamaño de partícula de las materias primas deberán ser compatibles con la minimización del impacto medioambiental asociado al transporte, almacenamiento y manipulación de sólidos pulverulentos.

Finalmente, merece la pena destacar la importancia que adquirirá en un futuro la aplicación industrial de los nanominerales (27). Los minerales convencionales presentan tamaños de grano que varían desde cientos de micrómetros hasta centímetros. Los nanomateriales que incluyen nanominerales, algunas veces denominados nanopulvos, presentan tamaños de grano en el intervalo 1-100 nm, en al menos una dimensión de la partícula, aunque generalmente en las tres. Los nanominerales no son del todo nuevos, aunque sí que lo es la comprensión de su enorme potencialidad industrial. El negro de humo, la sílice pirogénica y el carbonato cálcico precipitado ultrafino son solo tres ejemplos de nanomateriales utilizados desde hace ya muchos años.

Japón y EEUU lideran el campo de la nanotecnología, en el que alrededor del 25% del negocio esta relacionado con nanomateriales y nanopulvos. El número de aplicaciones crece cada día, y muchas de ellas están relacionadas con los materiales cerámicos, particularmente con recubrimientos. Nanopartículas de SiO_2 , TiO_2 o Al_2O_3 están actualmente ya

en fase de aplicación industrial como recubrimientos que aportan funcionalidades diversas a las superficies sobre las que se aplican que van más allá de la obtención de efectos estéticos. Uno de los ejemplos más visibles de nanominerales comercializados es el dióxido de titanio para la obtención de vidrios autolimpiantes (28).

Otro importante campo es el de los nanominerales arcillosos o nanoarcillas, naturales o sintéticos, con importantes aplicaciones en nanocomposites de matriz polimérica, al mejorar ostensiblemente las prestaciones de las cargas minerales tradicionales (28)(29). Estos nanocomposites presentan enormes oportunidades en la industria de automoción, estimándose que el uso de nanoarcillas en esta industria podrá llegar próximamente a alcanzar una cifra entre 10.000-25.000 t por año.

Finalmente, otros nanominerales con importantes perspectivas de futuro incluyen carbono, circonia, compuestos de litio, talco, carbonato cálcico y sulfato de bario, con aplicaciones tan diversas como pilas combustibles, baterías recargables, recubrimientos de altas prestaciones, nanocargas, etc.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a cuantas personas e instituciones han contribuido con su información para la preparación de este trabajo. También desean hacer constar que la elaboración de esta información y las conclusiones expuestas son responsabilidad única de los autores.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. E. Criado; E. Sánchez; M. Regueiro. «La industria cerámica española, ¿ante un cambio de ciclo?». Bol. Soc. Esp. Ceram. V. 43 [1] 85-101 (2004).
2. G.P. Crasta, D. Nager. «The glaze producers saved by exports». Ceram. world. Rev. 62 92-96 (2005).
3. «Anfevi: 2004 Informe económico». [en línea]. Anfevi, Madrid 2005 [Consulta: 2005-09-12] <http://www.anfevi.com/pdfs/Otros/Informe_Economico_2004.pdf>.
4. «The european sanitaryware industry remarks weak». Ind. Ceram. 25 [1] 52 (2005).
5. M. O'Driscoll. «China report». Ind. Miner. 454 15-17 (2005).
6. L. King. «Ceramic tiles: facing up the change». Ind. Miner. 445 50-53 (2004).
7. J.M. Fernández Navarro. «Materias primas para la fabricación de vidrio», pp. 129-150 en El vidrio. 3ª ed. CSIC, Madrid 2003.
8. M. Lines. «Glass tunes into specialty minerals». Ind. Miner. 452 54-58 (2005).
9. A. Barba et al. «Fabricación de pavimentos y revestimientos», pp. 15-33 en Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas. 2ª ed. Instituto de Tecnología Cerámica, Castellón 2002.
10. J. García et al. «Composiciones para la fabricación de baldosas cerámicas. Influencia de los distintos componentes sobre su comportamiento en el proceso de fabricación». Cerám. Inf. 243 37-43 (1998).
11. E. Sánchez. «Consideraciones técnicas sobre el producto y el proceso de fabricación del gres porcelánico» pp. Con 57-84 en Actas del VII Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación, Castellón 2002.
12. A. Barba et al. «Materias primas plásticas», pp. 35-95 en Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas. 2ª ed. Instituto de Tecnología Cerámica, Castellón 2002.
13. E. Sánchez et al. «Aspectos a mejorar en las características y homogeneidad de las arcillas rojas empleadas en la fabricación de baldosas cerámicas». Téc. Cerám. 240 16-29 (1996).
14. V. Beltrán et al. «Materias primas empleadas en la fabricación de baldosas de pasta blanca en España». Téc. Cerám. 241 114-128 (1996).
15. E. Facinani. «Materia prima para la fabricación del ladrillo», pp. 31-49 en Los ladrillos. Faenza Editrice Iberica, Castellón 1993.
16. M. Fernández Abajo. «La arcilla: origen, composición química, clases de arcilla, yacimientos arcillosos», pp.9-63 en Manual sobre fabricación de baldosas, tejas y ladrillos. Beralmar, Terrassa 2000.
17. E. Sánchez. «Materias primas para a fabricaçao de fritas e esmaltes cerâmicos». Cerâm. Ind. 2 [3/4] 32-40, (1997).
18. M. Stentiford. «Polished performers: minerals in frits and glazes». Ind. Miner. 438 54-61 (2004).
19. E. Sánchez, J.E. Enrique. «Materias primas empleadas en la elaboración de fritas cerámicas». en I jornadas sobre materias primas de la industria cerámica (2ª parte). Materias primas para fritas. Materias primas para esmaltes y colores ceramicos. Castellón, 22-23 de Mayo, 1996.
20. E. Criado, S. de Aza Pendás. «Materias primas en la fabricación de refractarios». en I Curso de técnico especialista en materias primas cerámicas. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos; ITC, Castellón 2004.
21. «El sector cerámico español en 2004: datos estimados». [en línea] ASCER, Castellón 2005. [Consulta: 2005-09-12] <http://www.spaintiles.info/esp/sector/informacion.asp>
22. M. O'Driscoll. «Zircon no pacifier to market squeeze». Ind. Miner. 449 39-43 (2005).
23. «China steel market remains hot and bothering». Ind. Miner. 445 26 (2004).
24. L. King. «Asian ceramics: from megacities to megamarkets». Ind. Miner. 452 49-53 (2005).
25. M. Stentiford. «On the tiles: materials choice for ceramic bodies». Ind. Miner. 435 48-53 (2003).
26. C. Sykes. «Minerals key to a competitive Europe». Ind. Miner. 452 82-85 (2005).
27. M. Lines, J. Drennan. «Nanominerals: the next generation». Ind. Miner. 448 46-51 (2005).
28. P. Harris «It's a small world. Nanominerals' growing influence». Ind. Miner. 433 60-63 (2003).
29. M. A. López Manchado, M. Arroyo, B. Herrero, R. Vicente. «Organobentonita como sustituto de negro de carbono en formulaciones de caucho». Bol. Soc. Esp. Ceram. V. 43 [2] 514-517 (2004).

Recibido: 26.09.05

Aceptado: 21.11.05

