

## LOS MINERALES INDUSTRIALES EN LA VIDA COTIDIANA

### *Industrial minerals in everyday's life*

Manuel Regueiro (\*)

#### **RESUMEN**

*Los minerales industriales son los invisibles ladrillos que construyen el mundo que nos rodea. No se ven ni se notan pero están por todas partes. Algunos incluso nos los comemos, como los que están en la pasta de dientes o las aspirinas, otros sirven para fabricar las cosas que usamos todos los días (papel, plástico, goma, lápices,...) y sin otros no habría carreteras, casas, presas ni ciudades. Este trabajo hace un repaso sucinto al mundo de los minerales que se emplean en la industria para fabricar las cosas que necesitamos para vivir confortablemente.*

#### **ABSTRACT**

*Industrial minerals are the invisible bricks that make up the world that surrounds us. They are not seen or noticed, but they are everywhere. Some we even eat, such as those that are included in the tooth paste or in the aspirins, other are used to manufacture the things that we use every day (paper, plastics, rubber, pencils...) and without other there would not be roads, houses, dams or cities. This paper tours briefly around the world of the minerals used in the industry to produce the things we need to live comfortably.*

**Palabras clave:** minerales industriales, rocas industriales, clasificación, usos, aplicaciones.

**Keywords:** industrial minerals, industrial rocks, classifications, uses, applications.

#### **INTRODUCCIÓN**

A la mayor parte de la gente, cuando le mencionan la palabra mineral, le vienen a la memoria los que ha visto durante su época de estudiante: piezas perfectas, muchas veces cristalinas o cristales, que nos maravillan por su perfección y que en realidad son rarezas que pocas veces se ven en el campo. Los geólogos no trabajan ni identifican en su labor cotidiana tales piezas perfectas, sino más bien sus hermanos menos agraciados y más vulgares, muchas veces sometidos a procesos de alteración que los dejan irreconocibles y siempre mezclados entre sí formando rocas.

Además, cuando nos referimos a su uso industrial, el término mineral parece que, para el común de los mortales, se refiera más bien a los metálicos que a los otros muchos que existen. En realidad hay más de 4000 especies minerales y de vez en cuando se descubre alguna nueva. En el mundo mineral, la presencia del hombre no ha causado ninguna extinción relevante- quizás más bien el agotamiento progresivo de algunos recursos que usa intensivamente- entre otras cosas porque la naturaleza sigue fabricándolos, aunque no sea a la escala humana, y porque todavía no se ha podido explorar en suficiente detalle todos los recovecos del planeta (Regueiro, 2005). De hecho todos los minerales metálicos tienen un uso industrial, por lo que es necesario aclarar qué son y porqué se llama así a los minerales industriales.

De acuerdo con la Asociación Europea de Productores de Minerales Industriales (IMA), la definición se refiere a “roca, mineral o producto natural susceptible de adquirir mediante tratamiento, un valor añadido en el mercado donde son usados como materia prima o aditivos en un amplio rango de manufacturas u otras industrias” el Instituto Geológico y Minero de España los define como “aquellas sustancias minerales utilizadas en procesos industriales, directamente o mediante una preparación adecuada en función de sus propiedades físicas y/o químicas, más que por las sustancias, elementos o energía que se puedan extraer de ellas”.

Esta segunda definición excluye directamente los minerales metálicos y los energéticos y es la que se ajusta mejor a la realidad mundial. Pero es difícil establecer una línea que separe los minerales metálicos de los no metálicos, al ser el uso el que establece la frontera y éste depende de los avances de la técnica, además esta definición significa que el elenco de minerales industriales evoluciona con la propia industria que los utiliza. Eso produce tránsitos de un lado al otro de la clasificación o minerales que se encuentran a ambos lados de la raya que hemos descrito.

La cromita, por ejemplo, antes se consideraba un mineral no-metálico pero a partir del desarrollo del acero inoxidable se emplea como mena metálica.

(\*) Instituto Geológico y Minero de España. Rtos Rosas, 23. 28003 Madrid. m.regueiro@igme.es

RECURSOS MINERALES S.L.				
RECURSOS MINERALES (S.S.)				
AGUA	RECURSOS ENERGÉTICOS (FÓSILES Y CONBUSTIBLES NUCLEARES)		MINERALES METÁLICOS	ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES
	TURBA			
	LIGNITO		ORO	ARENAS Y GRAVAS
	CARBÓN		PLATA	FOSFATOS
	PETRÓLEO	HIDROCARBUROS	COBRE	FELDESPATO
	GAS		PLOMO	YESO
			ZINC	
	COMBUSTIBLES NUCLEARES			MICA
			MANGANESO	
			BAUXITA	
			CROMITA	
			RUTILO, ILMENITA	
			LITIO	
				BARITA
			CELESTITA	
			SAL (HALITA)	
			POTASA	
			ROCAS RICAS EN $Al_2O_3$ (Alunita, Caolín, Sienita Nefelínica)	

Tabla I. Clasificación de los recursos minerales

ca (Tabla I). Hay minerales industriales que también son menas metálicas, por ejemplo: la bauxita, ya que el 90% de la bauxita usada en el mundo sirve para obtener aluminio pero el 10% restante se emplea en refractarios, abrasivos y productos químicos; el rutilo, que se emplea tanto para la obtención de titanio metal como para la fabricación de pigmentos en pinturas y papel; los minerales de manganeso, que se emplean en la obtención de manganeso metal o en la fabricación de compuestos de manganeso en baterías y productos químicos, o los minerales de litio, que se emplean para la obtención de litio metal pero también en la manufactura de compuestos de litio en farmacia, cerámica, vitrocerámica o en el tratamiento de la reactividad árido-álcali, un grave problema que afecta a muchas grandes presas de todo el mundo (Regueiro, 1997).

Por último, el mineral más cotidiano, la sal, que hoy está muy de actualidad por su uso en protección civil para heladas y nevadas, y que tiene un sitio de honor en la cocina de todo el mundo –con algún reparo médico en los últimos tiempos– por ser imprescindible en gastronomía y en la industria alimentaria en general, también tiene un

amplio currículum en la industria química y, por otra parte, se usa actualmente para obtener sodio metálico.

### ¿Por qué los minerales industriales son tan importantes?

El número y tipo de minerales industriales que se utilizan en la industria es amplísimo. Una lista alfabética no exhaustiva de los mismo se incluye a continuación: arcillas, arenas, alabastro, barita, bentonita, boratos, caliza, caolín, celestina, cuarzo, diatomita, dolomía, fluorita, feldespato, fosfatos, glauberita, grafito, granito, leonardita, magnesita, mármol, mica, ocre, pizarra, potasas, sal, sílice, sepiolita, talco, thenardita, turba, tierras raras, vermiculita y yeso.

La figura 1 muestra una escena cualquiera de una ciudad europea, en este caso del norte de Europa, con los minerales y rocas que constituyen los materiales que se muestran (Regueiro y Lombardero, 1997). Este inmenso elenco de materiales hace que podamos decir que nuestro mundo, tal y como lo concebimos hoy, está hecho de minerales (Fig.1).

# EL USO DE LOS MINERALES EN LA SOCIEDAD

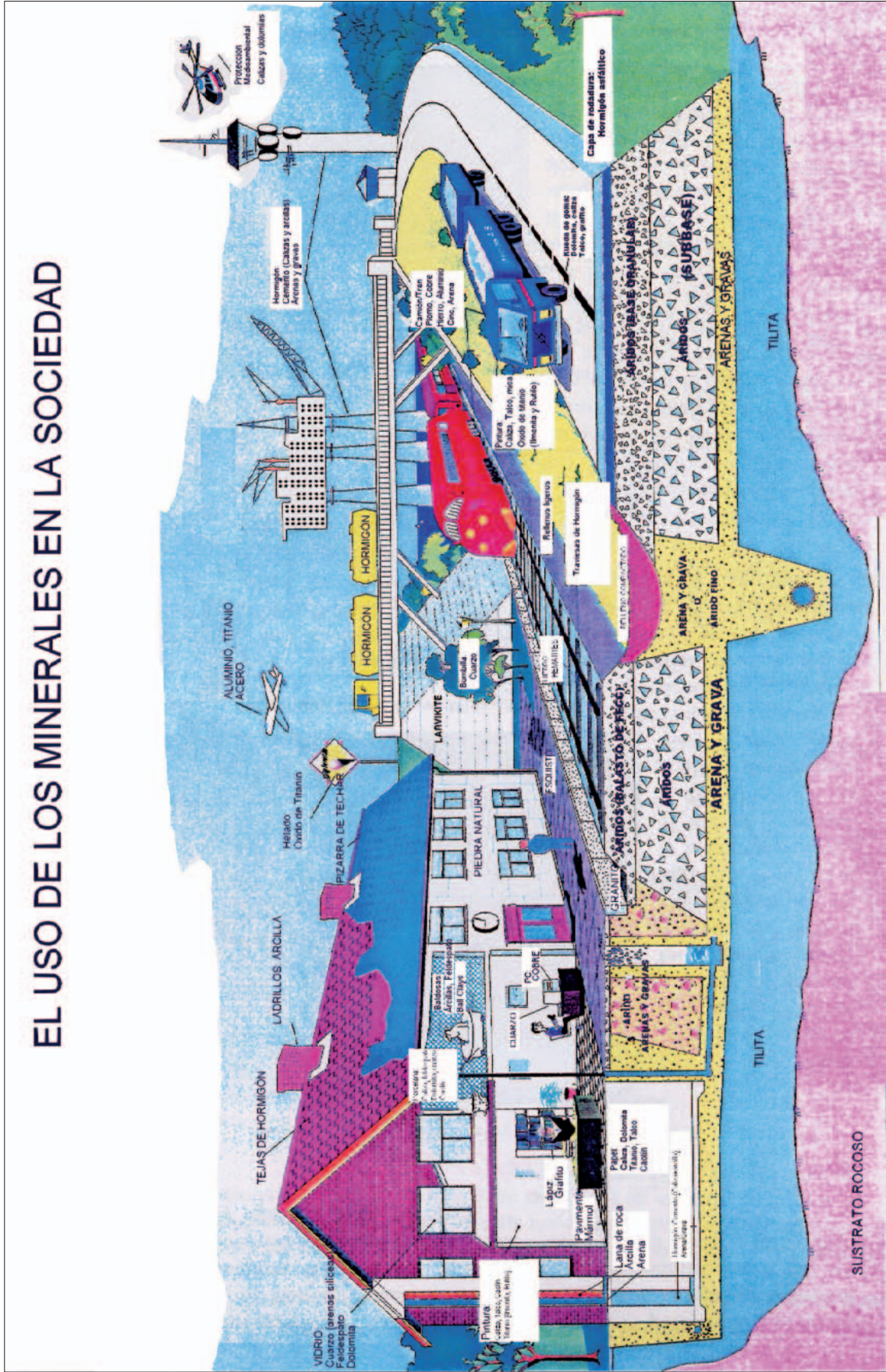


Fig. 1. Las rocas y minerales de que están hechas las cosas.



## LOS MINERALES INDUSTRIALES EN CASA

Un breve paseo por las cosas que usamos pero vistas con otra mirada, nos muestra un mundo sorprendentemente lleno de minerales.

Al levantarnos por la mañana pisamos con los pies descalzos la humilde moqueta del cuarto. Su base de goma lleva una importante carga de un mineral que luego veremos y que es muy polivalente como carga mineral: el carbonato de cálcico.

Encendemos la luz y vemos brillar la bombilla. Esa bombilla está hecha de cristal, del que luego hablaremos en detalle, pero para fabricar cristal hace falta arena de sílice, sosa y feldespato.

Para despejarnos tomamos un café. Ah, pero el café lo hacemos en la cafetera, un artificio de cristal y plástico. Del cristal, como del plástico, luego hablaremos, pero baste saber ahora que en la fabricación del plástico se usan también cargas minerales como el carbonato cálcico o el talco.

Desayunamos y, sin saberlo, nos comemos el primer mineral de la mañana; el pan lleva una pequeña cantidad de yeso, sí, ese yeso que se usa para enlucir la pared del salón. Y si te gustan los cereales, mira la composición y verás que también tienen minerales. Naturalmente las tostadas habrá que ponerlas sobre un plato, y ¿de qué están hechos los platos? Es muy probable que sean de loza o de porcelana, en todo caso de productos cerámicos que como más adelante veremos, se fabrican con minerales.

Si en el desayuno incluimos algo de vegetales, seguro que los vegetales no tienen cargas minerales. Pero también es seguro que vienen de algún lugar donde los han cultivado; y todos sabemos que para cultivar plantas sanas (sobre todo los que viven en el campo o tienen tiestos en casa), hace falta usar fertilizantes y/o correctores de suelos. Los fertilizantes y los correctores de suelos son minerales (potasa, nitratos, fosfatos, yeso, caliza,...).

Tras el desayuno nos lavamos los dientes. Si miras con detalle la composición de la pasta verás que, además del detergente, lleva una cierta cantidad de un abrasivo suave que puede ser: carbonato cálcico, carbonato sódico o diatomita. La diatomita está formada por caparazones de unos seres microscópicos fósiles, llamados diatomeas, compuestos de sílice amorfa. Increíble ¿no?, nos cepillamos los dientes todos los días con un fósil.

Si el lector es mujer, seguramente terminará su paseo por el baño (Fig. 2) pintándose los labios con una barra de labios o, en todo caso, utilizando cosméticos. Si miramos su composición veremos que las barras de labios y los cosméticos, amén de otros productos, llevan carbonato de calcio y talco. Probablemente, el polvo de talco es el único mineral que usamos desde la infancia directamente, desde el yacimiento a la piel con muy escaso tratamiento.

Antes de salir leemos con atención el periódico, sin notar, claro, que el papel es otro de esos productos cotidianos cuya existencia sería imposible sin su enorme carga de minerales. Caolín o carbonato de



Fig. 2. Objetos fabricados con minerales en el cuarto de baño.

cálcico son los más importantes de los que se mezclan con la pulpa de celulosa para hacer los papeles que usamos todos los días.

No podemos marcharnos de casa sin limpiar los cacharros. Hay que frotar suavemente la sartén y la olla del cocido, y para ello utilizamos los tradicionales limpiadores de la cocina. Una observación de su composición nos dirá que están hechos de sílice, pumita, la citada diatomita, feldespato o la conocida caliza. Todos, minerales más o menos corrientes.

En la cocina nos rodean las baldosas de cerámica, que se fabrica con minerales.- Si alguna se rompe, compramos una masilla especial que endurece rápido. Esas masillas suelen estar hechas de yeso o caliza.

Tras acicalarnos quizás nos pongamos alguna joya. Suelen ser hermosas gemas engarzadas en metales nobles. Las gemas no dejan de ser minerales, un poco especiales, pero minerales al fin y al cabo.

Los que tengan un animal de compañía, antes de salir de casa se preocuparán de dejar la cama de sus animales bien llena de una tierra absorbente especial. Si te has molestado en mirar qué es esa tierra, verás que son arcillas de las denominadas especiales: sepiolita, attapulgita, montmorillonita, u otros minerales o rocas también con excelentes propiedades de absorción, como la zeolita, la diatomita, las pumitas o las cenizas volcánicas.

### Un paseo corto por el cristal

Resulta paradójico, que en cristalografía, un cristal sea un sólido homogéneo que presenta una estructura interna ordenada de sus partículas reticulares, sean átomos, iones o moléculas (la palabra proviene de *crystallos*, nombre que dieron los griegos a una variedad del cuarzo, que hoy se llama cristal de roca) y un vidrio sea un material que carece de esa estructura interna ordenada y sea por lo tanto amorfo, mientras que en el lenguaje común, cristal y vidrio sean la misma cosa: un material transparente cuya estructura interna amorfa no podemos conocer.

El vidrio está en nuestra vida cotidiana, pero también en el desarrollo de la tecnología y de nuestra concepción de la naturaleza. Gracias a él sabemos cómo son los microorganismos o las rocas a través del microscopio; cómo es el Universo, con el uso de los telescopios; cuál es la naturaleza del átomo.

mo y el dinamismo de una célula viva. La variedad de usos que se le ha encontrado solamente está limitada por la capacidad y el ingenio del hombre.

Hay una enorme variedad de vidrios, que gracias a las campañas de reciclaje (en España se recicla el 80% de todos los vidrios que se utilizan) hemos podido conocer. Hay vidrios para envases, y distinguimos envases blancos (transparentes) y de color (verdes o marrones), vidrios planos para las ventanas, vidrios para vajillas, vidrios para bombillas y tubos fluorescentes, vidrios para material de laboratorio o para cocinar (pyrex), para uso farmacéutico, para los termómetros, fibra de vidrio aislante en construcción, cristales para las gafas, microscopios, telescopios, etc., vidrios de seguridad o vidrios para parabrisas. Todo un mundo de variedades que además implica un mundo de materias primas diferentes. Y, ¿cuáles son esas materias primas?

Para fabricar vidrio hace falta hacer una mezcla de ellas bastante amplia. En primer lugar sustancias denominadas vitrificantes o formadoras de vidrio, entre las cuales está el componente principal del vidrio, las arenas silíceas (que llegan a representar hasta el 75% del total de la mezcla), el ácido bórico, la ulexita, o el anhídrido fosfórico. Por otro lado, sustancias fundentes o facilitadoras de la fusión de las demás, como son los carbonatos sódico, potásico y cálcico, el sulfato sódico, el óxido de litio, la dolomita o la barita. Para que la mezcla fundida se mantenga estable se usan como estabilizantes el feldespato, el caolín, y el óxido de plomo. La fluorita es otro mineral que se emplea en la fabricación de fibra de vidrio y en vidrio opalino. La figura 3 nos muestra el proceso de fabricación del vidrio y las materias primas que se emplean (Fig. 3).

Para fabricar una botella de cristal, una mezcla de materiales típica sería: 55,61% de arena silícea,

7,55 % de feldespato, 16,57 % de sosa, 1,55 % de carbonato potásico, 9,04 % de dolomita y 9,65 % de caliza.

### Cerámica y porcelana

Los objetos de cerámica que usamos o nos rodean son multitud. Pero vamos a empezar con las baldosas cerámicas, que están por todos los lados en una casa. Hay dos tipos de baldosas, las que se emplean para cubrir las paredes del baño o de la cocina y las que se utilizan para el suelo. Hoy en día ambos tipos se fabrican con lo que se llaman "pastas" o mezclas de materiales (plásticos y no plásticos) blancos y rojos, según sea el producto final de ese color.

Las baldosas para pavimentos de pastas rojas se hacen con mezclas de arcillas rojas de plasticidad variable y arenas silíceas y feldespáticas, las de pastas blancas se fabrican con arcillas blancas y caolín, arenas silíceas, feldespato y talco.

Ahora hay un tipo de baldosa que se llama gres porcelánico que se fabrica con arcillas blancas, caolín y feldespato; se llama así porque el material cocido recuerda a la porcelana. Finalmente, otro tipo de pavimento de cerámica que se usa en exteriores en chalets y fincas se llama gres rústico (ese que va sin esmaltar y tiene como puntitos negros) y se fabrica por el procedimiento de extrusión (la pasta se comprime y se hace pasar por un molde metálico). Para hacer estas baldosas, que decoran jardines y locales, se usan arcillas refractarias plásticas, arenas y chamotas (la chamota es un material no plástico –ladrillo cocido o un tipo de caolín natural que ha sufrido metamorfismo y ya no es plástico- que se añade a la pasta para reducir las contracciones que se produce en la cocción, es decir se usa como desgrasante).

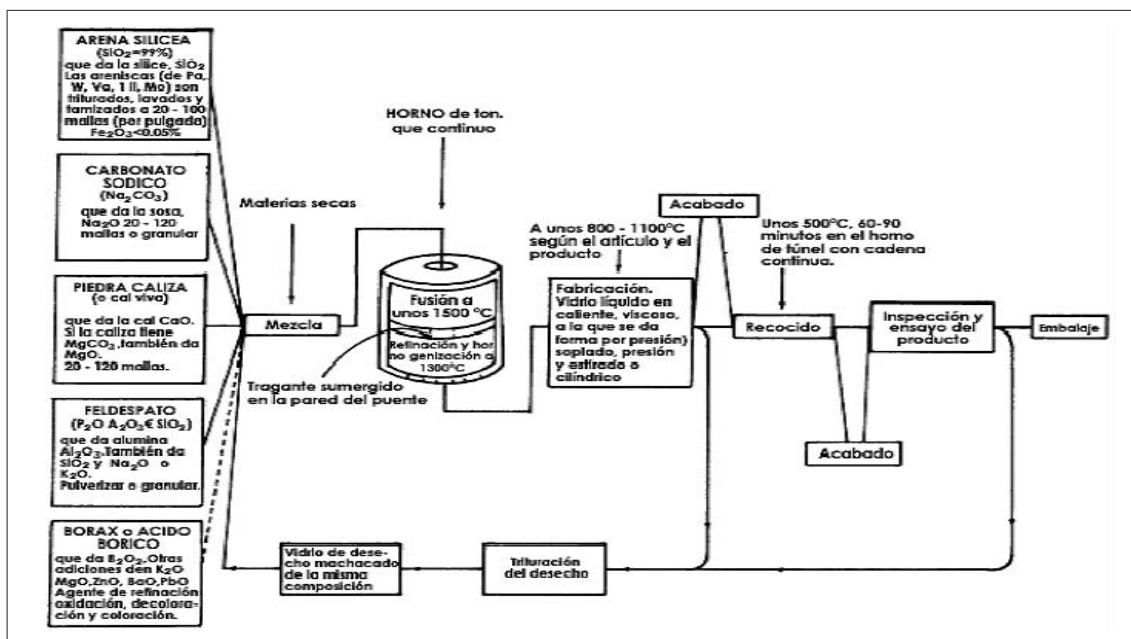


Fig. 3. Diagrama de la fabricación de vidrio (López, T y Martínez, A., 2009).

Pero hay otros productos cerámicos que no se ven tanto y son fundamentales en cualquier construcción: los ladrillos y las tejas (Sánchez *et al*, 2006). Estos materiales se fabrican fundamentalmente con arcillas rojas carbonatadas y no carbonatadas.

La porcelana es un producto originario de China. La más antigua que se conoce pertenece a la época de la dinastía T'ang (618-907) pero, según dicen, la de mejor calidad se fabricó durante la dinastía Yüan (1279-1368). Como mucho más tarde se supo, la hacían con una mezcla de roca feldespática y caolín (del nombre de una montaña en China -Kao-ling- donde se explotaba) que calcinados a 1450°C daban lugar a la porcelana. Parece que el parecido visual de las cerámicas chinas con la pequeña concha univalva de un gasterópodo denominado en Italia porcell, está en el origen de la palabra porcelana. Esta palabra procedía del término latino porculi, que significa puerco pequeño, término con el que los romanos se referían a dicha concha debido a su pequeño tamaño y especial forma. Este término derivó finalmente al de porcelletta y porcellana (Regueiro, 2003).

Los intentos de los alfareros medievales de descubrir la porcelana dieron lugar a la fabricación en Florencia en 1575 de una artificial, o pasta blanda (arcilla y vidrio molido), calcinada a 1200 °C. La porcelana no es descubierta en Europa hasta 1708 en Alemania y lo hace el arcanista Johan Friedrich Böttger (1682-1719); allí se desarrollan importantes fábricas de porcelana en las ciudades de Meissen (1710) y Nymphenburg. En Inglaterra se establecen fábricas en Chelsea y Bow y, a mediados del siglo XVIII, aparece la famosa fábrica de Wedgwood. En Inglaterra, en 1775 se desarrolla el gres y en 1800 la porcelana de hueso. En España Carlos III patrocina la fábrica del Buen Retiro en Madrid, donde por primera vez en nuestro país se fabrica auténtica porcelana (Mañueco *et al*, 2001). ¿Y cuál es la composición de una auténtica porcelana?

Una porcelana dura se fabrica con una mezcla de tres minerales fundamentales: caolín, feldespato y cuarzo. Las pastas triaxiales (es decir compuestas por tres componentes fundamentales) convencionales para fabricar una porcelana se componen de un 45% de caolín, 30% de cuarzo y 25% de feldespato. Cuarzo y feldespato deben estar molidos por debajo de 40 mm, mientras que el caolín suele estar por debajo de ese tamaño. Una pasta de porcelana cocida a 1400°C suele tener un 68% de vidrio, un 22% de mullita y un 10% de cuarzo. Las cerámicas sanitarias y las vajillas de porcelana se fabrican con arcillas refractarias (caoliníticas), feldespato, caolín y sílice.

Tanto porcelanas como baldosas suelen estar esmaltadas. Los esmaltes y las fritas se consiguen fundiendo materiales y vertiéndolos en agua, lo que origina un vidrio que una vez molido sirve de base para cualquier esmalte cerámico. Esmaltes y fritas se fabrican con una multitud de materias primas.

Para la fabricación de cerámicas hacen falta grandes hornos que deben estar forrados de materia-

les refractarios. Los refractarios, para estos y otros usos, se manufacturan con muchos tipos de minerales como dolomita, magnesita, cianita y caolines pétreos, cromita, bauxita, alúmina, circón y grafito.

## El papel

La mayoría de los papeles que usamos cotidianamente están hechos de celulosa, caolín y/o carbonato cálcico. El consumo de papel en España asciende hoy a 7,2 millones de toneladas al año (ASPAPEL, 2009).

En China, se considera tradicionalmente a Ts'ai Lun, un eunuco y consejero de la corte de la dinastía Han, como el inventor del papel; según esta tradición, la fabricación del primer papel se habría producido en el año 105 dC, en tiempo de los romanos en Europa, con una mezcla de fibras vegetales bastas, redes y tejidos. En el año 793 se cita el primer papel fabricado en Bagdad. Para el año 900 se conoce de una amplia producción de papel en El Cairo (Egipto). En España los primeros indicios de producción de papel se detectan en el año 1036, con una producción de papel en Córdoba, y en 1144 con producción de papel en Xàtiva (Valencia). Ya en el siglo XIV había fábricas de papel en España, Italia, Francia y Alemania.

El invento de la imprenta en 1450 significa un gran desarrollo del papel. En el siglo XVII se inicia con vigor el renacer de la industria papelera española, especialmente en Catalunya. En la cuenca fluvial del río Noia, se forma la concentración papelera más importante de España tanto por el número de molinos o fábricas como por la calidad del papel elaborado; en esta cuenca destaca el municipio de Capellades en el cual, en 1620, Juan Romání inicia sus trabajos en el molino "Turó". (Valls i Subirà, 1982).

Durante el siglo XVIII, el lino y algodón siguen siendo las principales materias primas pero el descubrimiento del cloro, en 1774, dio lugar al tratamiento con cloro de las pulpas. Se añadieron cargas como caolín u óxido de titanio para aumentar el brillo, la opacidad y la suavidad superficial, así como la absorción de tinta. También desde hace 100 años

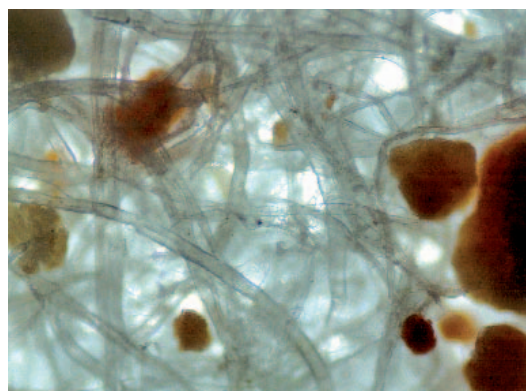


Fig. 4. Imagen de microscopía óptica de papel, se aprecian los minerales entre las fibras de celulosa (Foto: M. Suárez).



se añade minerales de recubrimiento para mejorar la reproducción. En los últimos 5-6 años las fábricas de papel han pasado del proceso ácido al proceso básico, por lo que se ha sustituido la carga de caolín por el carbonato cálcico.

Más del 30% de los papeles que hoy empleamos responden a nuevas funcionalidades que hace 10 años no existían. Hoy existen muchos tipos de papeles: los del periódico, las revistas, el de la fotocopidora o la impresora (que se caracterizan por su gramaje), los libros, el papel higiénico, el rollo de la cocina y un largo etcétera. Todo ese inmenso catálogo de papeles tiene a su vez una contraparte de cargas minerales como las citadas y de tintas especializadas para esos papeles. El tacto satinado de algunos papeles se debe a un proceso denominado estucado, que consiste en añadir al papel por una cara o por ambas productos como caolín o carbonato cálcico (Fig. 4), que permiten mejorar las características de impresión, haciendo el papel más brillante, más opaco y más uniforme.

### La pasta de dientes

También denominada dentífrico, la pasta de dientes está compuesta por los siguientes ingredientes de limpieza (representados en porcentajes aproximados): agua y humectantes, 75%; abrasivos, 20%; espuma y agentes de sabor, 2%; amortiguadores del pH, 2 %; colorantes y agentes que opacan y aglutinan, 1,5% y fluoruro, 0,24 % (CRIC, 2003)

Los abrasivos que se usan son, entre otros, diatomita (sílice orgánica hidratada) (Fig. 5), carbonato cálcico, y carbonato sódico (Fig. 6). Mira la composición de la pasta de dientes que usas y a lo mejor te llevas una sorpresa.

### Los detergentes

Todos tenemos en casa una caja de detergente junto a la lavadora (Fig. 7). Si miramos dentro vemos un polvo blanco con puntitos azules. ¿De qué está hecho el detergente?



Fig. 5. Imagen de microscopio electrónico de diatomita (Foto José Vicente Navarro).



Fig. 6. Detalle de la composición de una marca de pasta de dientes

Los componentes principales de los detergentes actuales son los siguientes (CRIC, 2004):

**Relleño:** no tiene ninguna función limpiadora, solo se pone para aumentar el volumen del detergente. Dependiendo de la fórmula, puede representar desde un 5% hasta un 45% del total de materia. Los detergentes concentrados no lo llevan. Los sulfatos sódicos son los minerales más utilizados para este tipo de cargas inertes.

**Tensoactivos o surfactantes:** son la sustancia detergente propiamente dicha (los puntitos azules que vemos en nuestra caja). Son productos químicos sintéticos.

**Potenciadores o constructores:** retienen el calcio y el magnesio que pueda haber en el agua y evitan que la suciedad se vuelva a depositar en el tejido. Se dice que el agua es dura si contiene mucho calcio o magnesio.

**Enzimas:** rompen las moléculas de las manchas proteínicas (huevo, leche, sangre), para que el agua se las pueda llevar.

**Blanqueadores:** dejan la ropa más blanca y eliminan las manchas más difíciles. Suelen fabricarse a base de cloro y limpiadores orgánicos. El peróxido de hidrógeno es un agente oxidante que se emplea en la fabricación de papel y textiles, la desinfección y aplicaciones medioambientales. Uno de sus derivados es el perborato,



Fig. 7. Composición de un detergente.

que se usa principalmente como sustancia activa en la fabricación de detergentes sintéticos.

**Abrillantadores ópticos:** son sustancias químicas sintéticas fluorescentes que no se van al aclarar la ropa. Reflejan los rayos ultravioletas del sol, de manera que la ropa parece más blanca de lo que es (le dan un tono azulado o verdoso, según la marca). En la ropa de color, los colores quedan más vivos.

**Perfumes:** dan olor a la ropa.

Así pues, en la caja del detergente hay un mineral concreto, el sulfato sódico, que solo aporta volumen y el color blanco; es decir, es una simple carga mineral para rellenar la caja y que supone casi la mitad de su contenido. Este sulfato se disuelve en la lavadora y sale por el desagüe. España produce casi un millón de toneladas de este mineral que al final se disuelve y va a parar a la alcantarilla.

### Los limpiadores de cocina

Fregar los cacharros es una labor ingrata, pero necesaria, que, en muchos casos, los lavavajillas han paliado en gran medida. Pero cuando hay que fregar una sartén o una cacerola algo requemada, seguimos usando algún producto abrasivo junto con el estropajo. Si miramos la etiqueta veremos que son muchos los minerales que se emplean en esos productos que unen detergentes y abrasivos. Los minerales más corrientes son sílice/cuarzo, pumita, diatomita, feldespato o caliza.

Los estropajos se fabrican con fibras de plásticos (Fig. 8) pero para que puedan limpiar también llevan entrelazados entre las fibras partículas de cuarzo o caliza, según la capacidad abrasiva que se desee (Fig. 9 y 10).

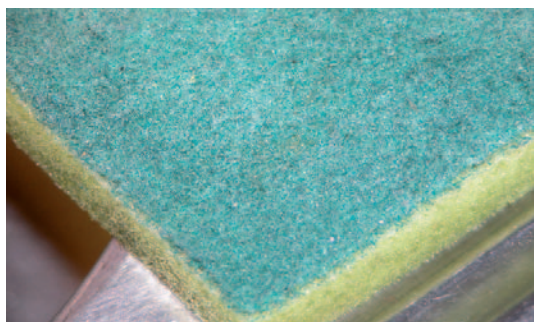


Fig. 8. Típico estropajo de cocina.

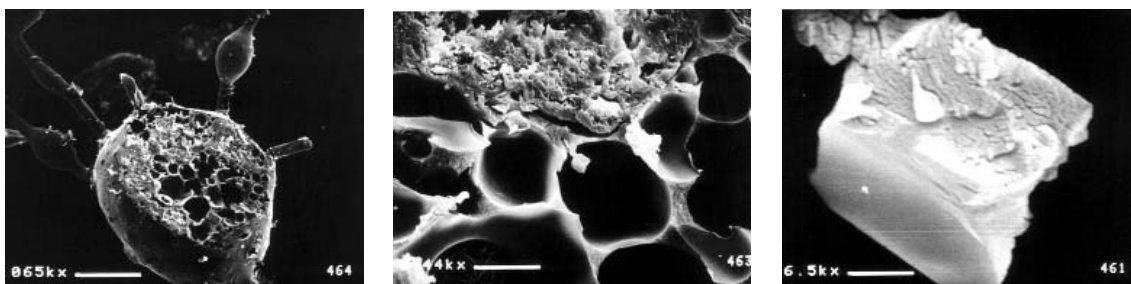


Fig. 9. Imagen de microscopio electrónico de un estropajo azul con partículas de calcita (Foto: P. Cubas & R. Oyarzun).

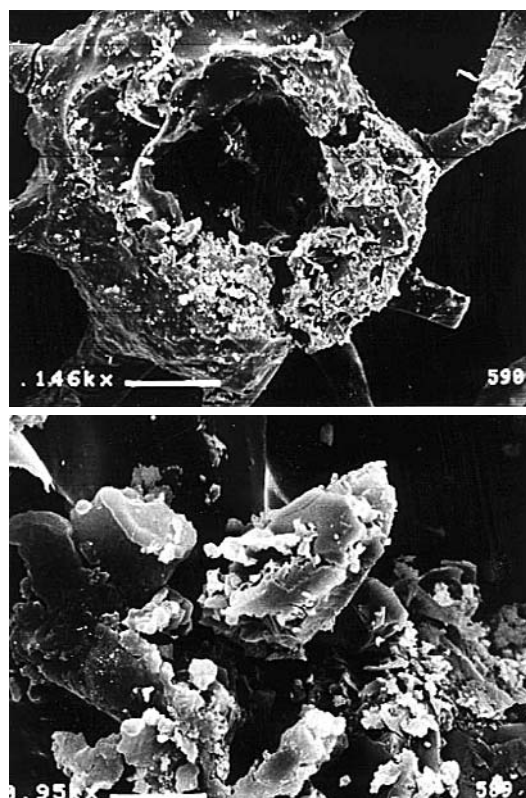


Fig. 10. Imagen de microscopio electrónico de un estropajo verde con partículas de cuarzo (Foto: P. Cubas & R. Oyarzun).

### Las pinturas

La fabricación de pinturas ha cambiado mucho en los últimos tiempos. Las pinturas actuales tienen cuatro componentes básicos (CRIC, 2004):

**Pigmentos.** Dan el color, la capacidad de cubrimiento (opacidad) y la calidad protectora. La pintura blanca es la que mejor cubre ya que no transparenta, porque el color blanco refleja todas las frecuencias de luz.

**Ligantes.** Aglutinan el resto de componentes sólidos y posibilitan que la pintura se una a la superficie que pintamos.

**Aditivos.** Son sustancias diversas que cumplen distintas funciones:

- **Cargas.** Son minerales, como talco o yeso, que consiguen que la pintura cubra más.



- Conservantes. Evitan que la pintura se eche a perder por la acción de microorganismos.
- Plastificantes. Son componentes necesarios en las pinturas sintéticas.

**Disolventes.** Sustancias líquidas que disuelven los componentes sólidos para lograr una pintura pastosa y de fácil aplicación. El agua es uno de estos disolventes (aunque ésta no disuelve propiamente, sino que diluye).

Hay tres grandes familias de pinturas:

**Minerales**, cuyos componentes son todos minerales. La pintura mineral más conocida es el temple, ya que casi todos hemos pintado alguna vez una habitación o un piso con temple. Esta pintura, también conocida como Blanco de España, se explotó tradicionalmente en La Roda (Albacete) y es una pasta compuesta por dolomita pulverulenta que se mezcla con agua y se extiende en la pared. Hoy en día los temples se fabrican con carbonato cálcico molido. Otros minerales que se usan en este tipo de pinturas son mica, titanio, caolín, talco, y wollastonita.

**Naturales**, con ingredientes vegetales y minerales.

**Sintéticas**, con ingredientes derivados del petróleo y minerales. Son las más utilizadas por sus especiales propiedades de cubrición, homogeneidad y resistencia. Las pinturas acrílicas o al agua destacan por su rápido secado por ser solubles en agua y resistentes a ella tras el secado. Los pigmentos se ponen en suspensión en un polímero acrílico (látex) o vinílico. Los esmaltes sintéticos se fabrican a base de resinas alquímicas, precisan de disolvente para diluirlas y para su limpieza.

### Los plásticos

La mayoría de los plásticos se elaboran hoy con derivados del petróleo, pero la adición de minerales mejora sus propiedades y reduce el costo de fabricación, por eso se utilizan como cargas minerales entre otros: caolín, wollastonita, mica, talco, arcillas, sílice o carbonato cálcico.

### Los alimentos

Algunos minerales se incluyen en productos que comemos todos los días como el pan (yeso) o los cereales (carbonato cálcico) (Fig.11). Otros minerales son imprescindibles para que el campo pueda producir los alimentos que necesitamos, como los fertilizantes (potasa, fosfatos, nitratos, azufre) o los correctores de suelos (yeso, caliza). Finalmente, algunos minerales se utilizan en alimentación animal (para engordar al ganado), como la sepiolita o la magnesita.

### LOS MINERALES INDUSTRIALES EN FARMACIA

La mayoría de los fármacos que tomamos contienen minerales. Sin embargo, es difícil distinguirlos en la formulación de un fármaco, ya que los minerales se esconden tras la terminología del sector.



Fig. 11. Composición de un conocido desayuno.

Algunos minerales son en sí mismos principios activos, es decir, la propia medicina. Por ejemplo, algunas arcillas como caolinita, esmectitas o palygorskita se utilizan como protectores intestinales y dermatológicos (por su capacidad de absorción). Las sales solubles como la halita, silvina, calcita, melanterita, calcantita, alumbres, epsomita, goslarita, hidrocincita, mirabilita y zincosita, son minerales que aportan cationes esenciales para el organismo (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu) y actúan como homeostáticos o como suplementos minerales o como antianémicos. Otros minerales tienen una actividad terapéutica específica, como astringentes (Cu y Zn) o como laxantes (Mg y Na).

Esas mismas arcillas citadas se emplean como coadyuvantes es decir lubricantes o excipientes inertes para cosméticos y comprimidos, emulgentes, etc. y el carbonato cálcico es común como excipiente inerte en muchas grageas de las que nos tomamos todos los días.

Pero hay también óxidos e hidróxidos insolubles (no silicatos) de Zn, Mg y Al, que se utilizan como protectores dermatológicos (greenockita, montroydita, zincita) o como antiácidos (brucita, gibbsita y periclase).

### LOS MINERALES INDUSTRIALES EN EL TRABAJO Y EN LA ESCUELA

El lápiz, ese viejo compañero de estudios, es en sí mismo una maravilla de la tecnología y un fantástico uso de los materiales. En el interior de la madera se embucha una mezcla de grafito y arcilla, que a medida que escribimos extiende con suavidad o dureza el grafito, según las proporciones de minerales que se usen sobre los papeles de los que ya hemos hablado.

En clase, el profesor utiliza la pizarra (cada vez menos porque ahora ya las hay electrónicas) y pinta sobre ella sus explicaciones. En la actualidad, la pi-

zarra ya no es de pizarra (la roca) pero las tizas..., las tizas tampoco son de yeso. Antes, esas tizas de escayola molida y prensada nos producían dentera cuando chirriaban al pintar sobre el encerado. Ahora, las tizas son de carbonato cálcico molido prensado y son mucho más cortas. Eso hace que la resonancia sea mucho mayor y pase al ultrasonido, tanto por la longitud como por el menor rozamiento del carbonato que del sulfato.

Las nuevas aulas de los colegios, con ordenadores, pantallas planas y demás equipos informáticos, están llenas de otros minerales. No hace tanto, las pantallas de ordenador eran de tubos de rayos catódicos como nuestras teles, y este tipo de cristal tiene una carga mineral muy especial, para evitar que los electrones que impactan en las pantallas para formar las imágenes lleguen a nuestros ojos (hubo un tiempo en que se colocaban pantallas protectoras sobre la propia pantalla), la barita o la celestita, dos minerales de elevada densidad que bloquean a los electrones. Hoy las pantallas planas ya no utilizan estos minerales, pero la celestita sigue siendo un mineral muy útil en los fuegos artificiales.

El chip de sílice, la fibra óptica, el titanio, o el circonio, son otros de los muchos minerales que son necesarios para fabricar los ordenadores.

## LOS MINERALES INDUSTRIALES EN LA VIVIENDA

Antes dimos un breve paseo por la casa, pero nos hemos olvidado de algunas cosas que también tienen minerales. En el baño, por ejemplo, el lavabo y los sanitarios son de porcelana de la que ya hemos hablado. La cocina puede tener una encimera de piedra natural, amén de las baldosas o el solado de cerámica. El aislamiento de la casa suele tener mantas de fibra de vidrio y sin duda los tejados serán de teja cerámica o de pizarra.

En las casas a veces vemos fachadas de piedra, a veces de ladrillo, pero detrás de la fachada ya no se ve la estructura de hormigón que se oculta en su interior. El hormigón se fabrica con una mezcla de cemento y piedras (áridos). Cuando vemos la estructura de una casa mientras empiezan a construirla, se observan pilares y vigas de ese material, que normalmente llevan un alma de acero (cables trenzados). Otras veces la estructura es de acero. El acero se fabrica en hornos con ladrillos refractarios, para fabricarlos hacen falta minerales como bauxita, cromita, circón, sílice, grafito, cianita, andalucita, sillimanita, y arcillas refractarias.

Los muros interiores se fabrican con ladrillos o paneles prefabricados de yeso. Si son de ladrillo se suelen enlucir con yesos para luego pintarlos con pinturas plásticas o con temples (pinturas al agua que antes se fabricaban con dolomita y ahora son de carbonato cálcico natural molido). Muchos de esos yesos llevan aditivos minerales retardantes del fuego (vermiculita, perlita, alúmina hidratada o boratos).

Hay otro tipo de hormigón, denominado hormigón ligero, que se fabrica sustituyendo el árido nor-

mal por arcillas expandidas o perlitas con el fin de reducir su peso y que el edificio, con la misma resistencia estructural, tenga menos peso. Las arcillas expandidas se fabrican calcinando bolas centimétricas de arcillas rojas en hornos, lo que produce una gasificación y hace que se expanda y genere unos microporos que dan gran ligereza.

La perlita es un tipo de vidrio volcánico que contiene agua en la estructura y que al calcinarla en hornos a elevada temperatura da lugar a un material también muy ligero pero al mismo tiempo resistente e inerte.

Un interesante recorrido por todos los minerales que hay en una casa se puede realizar en la página web de la Asociación Europea de Minerales Industriales (IMA Europe. [www.ima-eu.org](http://www.ima-eu.org)) (Fig. 12).



Fig. 12. La casa mineral (IMA EUROPE 2009. <http://www.ima-eu.org/>).

## LOS MINERALES INDUSTRIALES EN LOS AUTOMÓVILES

No hace mucho tiempo, las bandejas traseras de los coches se combaban o arrugaban por efecto del sol y las pinturas de los coches iban amarilleando y apagándose con el tiempo. Ahora, los plásticos y las pinturas que se utilizan en los coches soportan el paso del tiempo y las inclemencias del clima sin sufrir casi nada. Eso se debe a la inmensa cantidad de minerales que se han ido incorporando a los modernos procesos de fabricación.

Las pinturas de coches que ahora nos maravillan por sus brillos y colores espectaculares, contienen minerales como mica, titanio, caolín, talco, wollastonita o carbonato cálcico, y los plásticos tienen cargas minerales como wollastonita, mica, talco, arcillas, sílice o carbonato cálcico. La resistencia de las cubiertas de los automóviles también se debe a minerales como arcillas o carbonato cálcico.

Pero además, para que funcionen los coches hacen falta combustibles y en la fabricación de combustibles a partir del petróleo por el proceso de cracking se utilizan minerales como arcillas y zeolitas. Es más, para encontrar petróleo hace falta realizar sondeos para los cuales se utilizan minerales como la barita, las bentonitas o las micas (en los lodos de perforación) o diamantes en las cabezas de perforación.

## CONCLUSIONES

En nuestra casa, en nuestra ciudad, en nuestro colegio, en nuestro trabajo, en la mayoría de las industrias,... Los minerales son imprescindibles en el mundo moderno y sin ellos la sociedad del bienestar en la que vivimos no sería posible. Aprender a valorarlos y comprender que es necesario extraerlos para poder utilizarlos, aún a costa del inevitable impacto ambiental que las explotaciones producen, en la mayoría de los casos rehabilitable, es esencial para que el sistema sea sostenible a largo plazo. Sin los minerales y las rocas industriales, no es posible el desarrollo y una sociedad moderna debe saberlo y asumirlo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón (2009). En: <http://www.aspapel.es/>
- CRIC (Centre de Recerca i Informació en Consum). (2003) Opcions nº 9. La pasta de dientes. Oct-Nov, 7-11. Centre de Recerca i Informació en Consum. Depósito Legal: B-18353-2002. ISSN: 1579-9395
- CRIC (Centre de Recerca i Informació en Consum).. (2004). *Opcions nº 13. ¿Qué pintamos nosotros? La pintura de pared.* Sept-Nov, 9-11. Centre de Recerca i Informació en Consum. Depósito Legal: B-18353-2002. ISSN: 1579-9395
- Industrial Minerals Association of Europe (IMA Europe) (2009). En: [http://www.ima-eu.org/fileadmin/mineral\\_zone/lz\\_flash.htm](http://www.ima-eu.org/fileadmin/mineral_zone/lz_flash.htm)
- López, T y Martínez, A. (2009). *El mundo mágico del vidrio.* En: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/137/html/mundoma.html>
- Mañueco, C.; Quero, S.; Mena, P.; Marín, F.J.; Yañez, G.; Becerril, M.; López Alonso, A.; Cuarta, I.; Regueiro, M.; Céspedes, L.; Rincón, J.M<sup>a</sup>; Hernández, M<sup>a</sup> S.; De Aza, S.; Criado, E.; Martínez, R.; Valle, F.J.; Fernández Navarro, J.M<sup>a</sup>. (2001). Las porcelanas del buen retiro. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio.* 40. 3., Mayo-Junio, 221-223. Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. ISSN-0366-BSECVB9. Arganda del Rey. Madrid.
- Regueiro, M. (1997). Los minerales industriales en la vida cotidiana. *Tierra y Tecnología.* 16-17, 2º Trimestre, 112-113. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. ISSN 11-31-5016.
- Regueiro, M; Lombardero, M. (1997). *Innovaciones y avances técnicos en el sector de las rocas y minerales industriales.* Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. ISBN 84-920097-2-1. Madrid. España
- Regueiro, M. (2003). El secreto de la porcelana. *Historia Natural.* 3, Diciembre, 34-40 Editorial Nívola. Madrid. España. ISSN:1696-6341
- Regueiro, M. (2005). Minerales y Rocas: ¿De qué está hecho este planeta? *Muy Especial.* Abril, 62- 67. Editorial Muy Interesante. España. ISSN 1885.5180
- Sánchez, E.; García-Ten, J. y Regueiro, M (2006). Materias primas para la industria cerámica española. Situación actual y perspectivas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio.* 45.1., 1-12. Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Madrid. España. ISSN: 0366-BSECVB9
- Valls i Subirà, O. (1982). *La historia del papel en España.* Empresa Nacional de Celulosas. 1982. ISBN 8430034218, 9788430034215 . ■

*Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 29 de noviembre de 2008 y aceptado definitivamente para su publicación el 19 de abril de 2009.*