

Contribución al estudio de las diatomitas del Perú

L. F. VERDEJA GONZALEZ, M.^a P. GARCIA COQUE

Dpto. de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Oviedo (España)

E. R. VASQUEZ ARRIETA, J. L. BARRANZUELA QUENECHÉ

Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura (Perú)

R. PASTOR ROZAS

Sección Ingeniería de Minas, Pontificia Universidad Católica (Perú)

RESUMEN. Contribución al estudio de las diatomitas del Perú.

Los autores vienen estudiando desde el año 1986 las posibilidades de desarrollo industrial de las diatomitas peruanas. Dentro de este contexto se ha realizado un estudio comparado de las características físico-químicas y mineralógicas de las diatomitas procedentes de Bayóvar, Ocucaje y Ayacucho, con el objeto de determinar su verdadero valor comercial.

Las diatomitas de los yacimientos de Bayóvar y Ocucaje deberán recibir un tratamiento de purificación, previo a su uso en la obtención de productos comerciales, por estar asociadas con cantidades variables de impurezas. Las diatomitas de Ayacucho son de mejor calidad, ya que poseen un alto contenido de sílice y un bajo nivel de contaminantes. Estas últimas podrían utilizarse en la elaboración de productos de alto valor agregado (ayuda filtrantes para la industria alimentaria y farmacéutica, síntesis de silicatos metálicos).

PALABRAS CLAVE. Diatomitas, sílice amorfa.

ABSTRACT. Contribution to the study of Peruvian diatomite.

The authors have been studying the possibilities of industrially developing Peruvian diatomite since 1986. In this context, a comparative study of the physico-chemical and mineralogical characteristics of diatomites from Bayóvar, Ocucaje and Ayacucho was carried out, in order to establish their true commercial value.

The diatomite from the Bayóvar and Ocucaje deposits must undergo purification before being used to fabricate commercial products, owing to the presence of varying amounts of impurities. The diatomite from Ayacucho has a better quality as it has a high silica content and a low level of contaminants. The latter could be used in elaborating products with a high added value (filter aids for the food and pharmaceutical industry, synthesis of metal silicates).

KEY WORDS. Diatomites, amorphous silica.

1. INTRODUCCION

La fuente de toda diatomita es un organismo vivo denominado diatomea. Las diatomeas son prolíficas y microscópicas algas acuáticas unicelulares, de la clase Bacillariophyceae y del orden Bacillariae, que poseen dos valvas silíceas situadas dentro de la capa externa del plasma. El tamaño de la valva de la diatomea varía según la especie, aproximadamente entre 5 y 10 μm de diámetro. Se han reconocido hoy en día unas 10.000 especies, en 200 géneros, tanto en agua dulce como marina (1, 2, 3).

Este organismo, en todos sus géneros y especies, tiene la capacidad de extraer sílice de su hábitat natural acuoso. Cuando el organismo muere se hunde dentro del medio acuoso, formando una sedimentación de carácter orgánico. La descomposición del residuo orgánico deja paso a la acumulación de los caparzones silíceos, los cuales se van compactando para convertirse en depósitos potenciales de diatomita.

Cristalográficamente, la sílice diatomácea es amorfa, aunque la difracción de rayos X indica una cierta cristalinidad en la región del pico principal de la cristobalita.

La pureza de los depósitos depende principalmente de la presencia de sustancias contaminantes disueltas en el agua, que actúa como medio de germinación y desarrollo de las algas diatomeas (4, 5, 6).

La diatomita tiene unas propiedades físicas y químicas tales que le permiten aplicaciones que no son posibles para ningún otro tipo de material de base sílice. Su particular estructura, estabilidad química, baja densidad global, alta capacidad de adsorción, gran área superficial y baja capacidad de abrasión, capacitan al material para ser aplicable comercialmente como ayuda filtrante, material de relleno o de carga, aislante térmico, agente abrasivo y abrillantador, soporte en cromatografía, fuente de sílice reactiva y como un aditivo adecuado para otros numerosos usos industriales.

Estados Unidos es el mayor productor y consumidor de diatomita en el mundo. La producción estimada para 1989 fue de 631.000 toneladas, con un valor aproximado de 145 millones de dólares. Alrededor de una quinta parte de las ventas anuales de diatomita en los Estados Unidos se destinan a la exportación, correspondiendo la mayor parte de las mismas (entre el 85 y el 90 %) a productos de base diatomita utilizados como ayuda filtrantes.

Los precios promedio, por tonelada, en 1988 para las principales aplicaciones fueron: 245 dólares para los materiales filtrantes, 244 dólares para el material de relleno, 121 dólares para los aislantes.

La producción mundial de diatomita puede estimarse en 1,8 millones de toneladas, con cuatro países como principales productores: Estados Unidos, Rumania, Francia y CEI, cuyas producciones conjuntas contabilizan alrededor del 75 % de la producción mundial (7, 8, 9).

Recibido mayo de 1992 y aceptado noviembre de 1992.

La diatomita se conoce en el mercado a través de una serie de nombres comerciales tales como: «Celite», «Celaton», «Dicalite», «Microsil», «Kenite» y «Diactiv» (10) utilizados principalmente como auxiliares filtrantes (industria alimentaria, farmacéutica, del petróleo y metalúrgica) y como material de relleno (pinturas y papel).

2. SITUACION GEOGRAFICA DE LOS YACIMIENTOS

Muy escasos son los informes geológicos sobre la presencia de depósitos de diatomita en el Perú. No obstante, las exploraciones efectuadas en los últimos años confirman el emplazamiento de cuencas sedimentarias marinas a lo largo de algunos puntos de la costa peruana, así como determinados depósitos continentales en la región interandina, formados durante el Terciario superior, donde prevalecieron favorables para la proliferación de las diatomeas (11).

Para efectuar el presente estudio se realizaron muestreos en los yacimientos de Bayóvar (Piura), Ocucaje (Ica) y Ayacucho. En la fig. 1 se indica la localización de estos yacimientos.

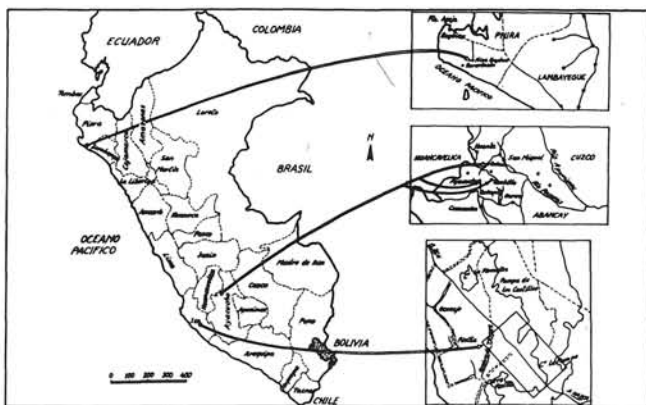


Fig. 1. Localización de los yacimientos de Bayóvar, Ayacucho y Ocucaje.

2.1. Yacimiento de Bayóvar

El yacimiento de Bayóvar se encuentra localizado en la costa norte del Perú, en el desierto de Sechura (Piura). El depósito presenta según sea el sector, espesores de hasta 195 m., donde la diatomita de origen marino se encuentra formando capas que se alternan con las de fosforita (12, 13).

Las reservas estimadas de diatomita se calculan en mil millones (10^9) de toneladas (informe realizado por T. M. Cheney para Minera Bayóvar. Marzo 1964), de las cuales unos 85 millones de toneladas (estimación realizada por la Sección Minado - Bayóvar. Minero Perú, S. A., 1986) corresponden a la zona denominada Cueva del Inca.

2.2. Yacimiento de Ocucaje

El yacimiento de Ocucaje se encuentra situado en el lugar denominado cerro La Pampa, en el distrito de Santiago de la ciudad de Ica.

Los depósitos de diatomita son de origen marino y se encuentran en forma de capas horizontales intercaladas con

arcillas, margas, areniscas y tobas. Las reservas estimadas del yacimiento de Ocucaje son de aproximadamente 200 millones de toneladas (13, 14).

2.3. Yacimiento de Ayacucho

Se encuentra ubicado en las inmediaciones de la ciudad de Ayacucho, en los distritos de Carmen Alto (Quicapata), Tambillos y Quinua (Moya). Todas estas áreas pertenecen a la provincia de Huamanga.

Este yacimiento está constituido por sedimentos de ambiente lacustre, interestratificados con horizontes de tobas y coladas basálticas. Las reservas del yacimiento de Ayacucho se estiman en más de 5 millones de toneladas; no obstante, quedan aún varias áreas por explorar donde se sabe de la existencia de diatomitas (11).

3. CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y MINERALOGICAS

Se ha realizado la caracterización físico, química y mineralógica a 50 muestras de diatomitas procedentes de Piura, Ica y Ayacucho (15, 16). Las muestras incluidas en este trabajo son consideradas por los autores como las más representativas de los yacimientos peruanos estudiados.

3.1. Características físicas

En cuanto a las características físicas, se estudiaron la densidad real (Micromeritics Autopycnometer 1320, He), densidad global (Micromeritics Pore Sizer 9305, Hg), porosidad total y superficie específica (Micromeritics Surface Analyzers 2200, N_2 BET); (ver tabla I).

Los valores de la densidad real, con excepción de los correspondientes a las diatomitas de Ocucaje, se encuentran dentro del rango característico de una muestra de diatomita ($1,90 - 2,35 \text{ g/cm}^3$) (6).

Por otra parte, las diferencias entre las superficies específicas determinadas por porosimetría de mercurio y adsorción de nitrógeno (BET) se justifican en razón de que la capacidad máxima de intrusión del mercurio en la muestra se encuentra limitada por la presión de trabajo del porosímetro (2.000 atmósferas), lo que permite analizar poros de tamaño superior a $0,0037 \mu\text{m}$. Por el contrario, en la técnica del BET, como la molécula de nitrógeno es de sólo $0,0004 \mu\text{m}$ de diámetro se absorberá en poros de tamaño semejante (18), lo cual se traduce en valores de superficie específica superiores a los encontrados por porosimetría de mercurio.

Las microestructuras de las diatomeas fueron examinadas utilizando el microscopio electrónico de barrido Philips 505 (ver figs. 2, 3 y 4).

En el yacimiento de Bayóvar se han identificado diatomeas de forma circular [Coccinodiscus nodulifer y Roperia tessellata; (2, 3)] y de otras formas de variada ornamentación de sus celdillas y tamaños (fig. 2).

En el yacimiento de Ayacucho las diatomeas predominantes son de forma elongada o filiforme [Nitzschia bicapitata, Nitzschia pliocena y Epithemia zebra; (2, 3)], (fig. 3).

En la fig. 4 se presenta la microestructura de un producto de base diatomita calcinado con fundente (auxiliar filtrante Diactiv n.º 14).

TABLA I
CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS DIATOMITAS DEL PERU

Determinación	AI	CI-D	DC-1	M1A	M2B	A1A	A2B	ARQ
Densidad real (g/cm ³)	2,39	2,35	2,26	2,51	2,51	2,25	2,22	2,12
Densidad global (g/cm ³)	0,45	0,52	0,38	0,53	0,59	0,41	0,36	0,40
Porosidad total (%)	81,04	77,77	83,24	78,77	76,43	81,54	83,76	80,90
Sup. esp. (Hg, m ² /g)	8,2	29,8	13,5	11,1	7,3	11,2	11,3	N. D.*
Sup. esp. (N ₂ , m ² /g)	12,2	29,8	11,1	21,4	11,7	23,2	19,8	N. D.*

AI: Diatomita Bayóvar - Sondeo B-63 (Area I).
 CI-D: Diatomita Bayóvar - Cueva del Inca (Area III).
 DC-1: Diatomita Bayóvar - Estación S-8 (Area II).
 M1A: Diatomita Ocucaje - Punto M1.
 M2B: Diatomita Ocucaje - Punto M2.
 A1A: Diatomita de Ayacucho.
 A2B: Diatomita de Ayacucho.
 ARQ: Diatomita Arequipa (El Solitario) (17).
 N. D.*: No determinado.



Fig. 2. Microfotografía de las diatomeas de Bayóvar (Area III).



Fig. 4. Microfotografía de un producto diatomáceo (auxiliar filtrante Diactiv n.º 14).

3.2. Análisis químico

La sílice se determina gravimétricamente utilizando una bomba de digestión ácida (Parr Instrument Company, modelo 4749), en la cual se adiciona conjuntamente con la muestra, una mezcla de ácidos H₂SO₄/H₂NO₃ en la proporción de 10:2. La bomba de digestión se somete a una temperatura de 200 °C durante doce horas, descomponiéndose la muestra bajo la acción del medio a temperatura y presión elevadas. La sílice hidratada en el medio fuertemente ácido quedando los cationes restantes en solución.

Los cationes metálicos se determinan, posteriormente, en la solución obtenida al separar la sílice por filtración. Mediante espectroscopía de absorción atómica se efectúa el análisis de los elementos como aluminio, hierro, calcio, magnesio, y por espectroscopía de emisión, el sodio y potasio (Espectrofotómetro de emisión/absorción atómica Pye Unicam Sp9, Philips).

En la tabla II se incluyen los resultados del análisis químico de algunas diatomitas representativas de los yacimientos estudiados.

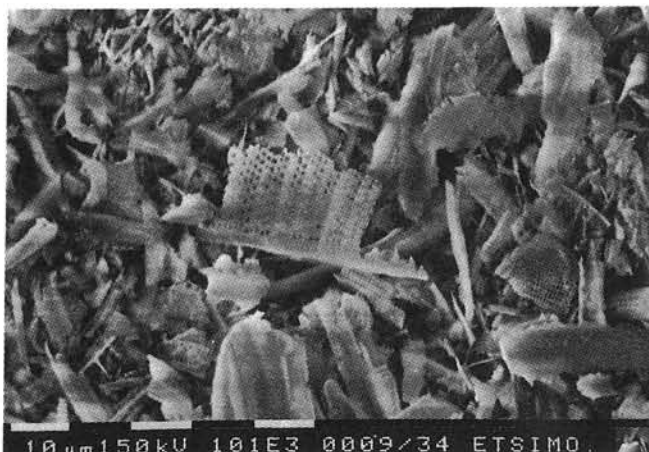


Fig. 3. Microfotografía de las diatomeas de Ayacucho.

TABLA II

ANALISIS QUIMICO DE LAS DIATOMITAS DEL PERU

Componente Muestra	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	⁽¹⁾ PxC (%)
AI	65,5	2,0	1,3	9,6	3,3	1,9	0,5	14,75
CI-D	77,7	3,4	2,1	2,2	1,4	3,2	0,8	8,44
DC-1	58,3	3,3	1,1	2,7	2,3	9,2	0,9	22,53
M1A	73,8	9,7	3,0	2,9	1,2	1,8	1,3	4,66
M2B	65,2	16,7	4,0	1,1	3,0	1,7	1,9	6,57
A1A	87,0	3,1	1,0	1,5	0,6	0,3	0,5	4,15
A2B	90,7	2,1	1,0	1,2	0,6	0,3	0,4	3,75
ARQ	86,2	5,9	1,7	1,2	0,6	N. D.*	N. D.*	3,8
⁽²⁾ Fosilite #24	88,4	1,5	1,1	1,1	0,4	0,4	0,3	6,33
⁽³⁾ Diactiv n.º 14	95,4	1,2	0,3	0,5	0,2	1,4	0,3	0,25

AI: Diatomita Bayóvar - Sondeo N-63 (Area I).
 CI-D: Diatomita Bayóvar - Cueva del Inca (Area III).
 DC-1: Diatomita Bayóvar - Estación S-8 (Area II).
 M1A: Diatomita Ocucaje - Punto M1.
 M2B: Diatomita Ocucaje - Punto M2.
 A1A: Diatomita de Ayacucho.
 A2B: Diatomita de Ayacucho.
 ARQ: Diatomita Arequipa (El Solitario) (17).
 N. D.*: No determinado.
⁽¹⁾PxC: Pérdida por calcinación a 1.050 °C.
⁽²⁾Fosilite #24: Diatomita natural, L. A. Salomon & Bro., USA.
⁽³⁾Diactiv N.º 14: Auxiliar filtrante Diactiv, producto diatomáceo (19).

3.3. Análisis mineralógico

El análisis de los constituyentes minerales existentes en las muestras de diatomita, se ha realizado utilizando técnicas de análisis térmico diferencial y de difracción de rayos X.

3.3.1. ANALISIS TERMICO

El equipo utilizado es una termobalanza Chyo TRDA-3H, que realiza y registra simultáneamente el análisis térmico diferencial (ATD) y el análisis térmico gravimétrico (ATG). En la fig. 5 se representan los diagramas térmico gravimétricos y térmico diferenciales de un conjunto de muestras estudiadas en atmósfera de nitrógeno (15 L/h). La sensibilidad de los análisis TG y ATD son, respectivamente: 100 mg y 100 µV.

3.3.2. DIFRACCION DE RAYOS X

Los difractogramas se han obtenido utilizando muestras en polvo y cátodo de cobalto. El equipo de difracción empleado es Philips PW, modelo 1965/40. En la

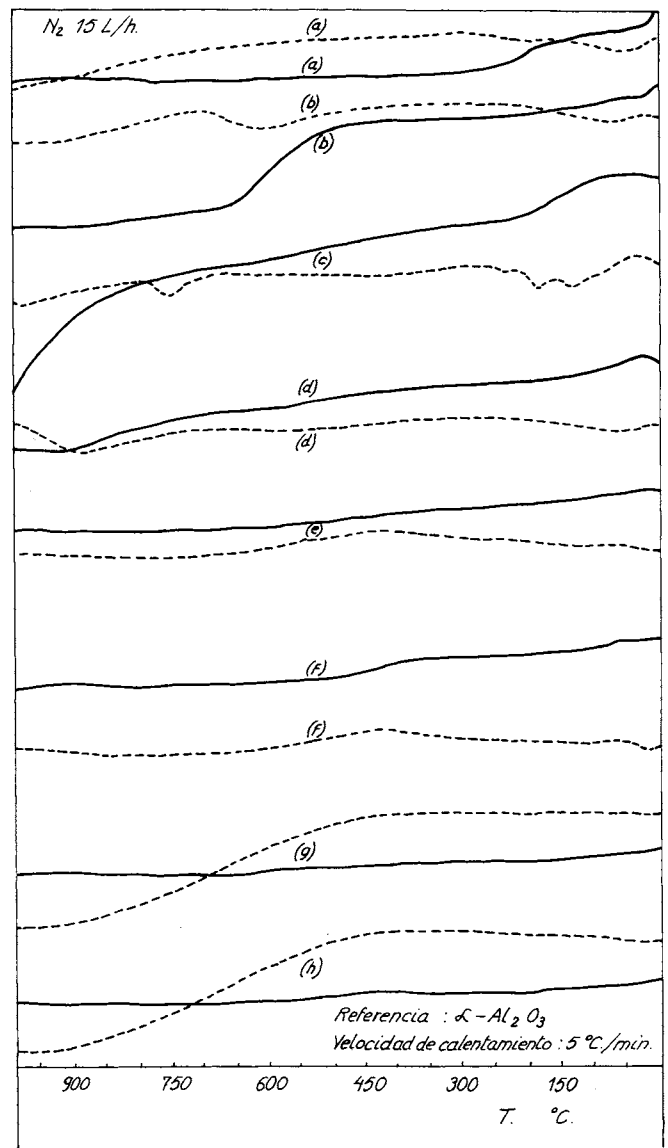


Fig. 5. Diagramas del ATD y TG de las Diatomitas del Perú.
 a) Muestra de Referencia. e) Muestra: M1A.
 b) AI (Sondeo B-63). f) Muestra: M2B.
 c) Muestra: DC-1 (Area II). g) Muestra: A1A.
 d) Muestra: CI-D (Area III). h) Muestra: A2B.

fig. 6 se recogen los difractogramas de rayos X de las diatomitas peruanas en estudio. Las condiciones de operación son 30 mA, 40 kV y una velocidad de goniómetro de 2θ/min.

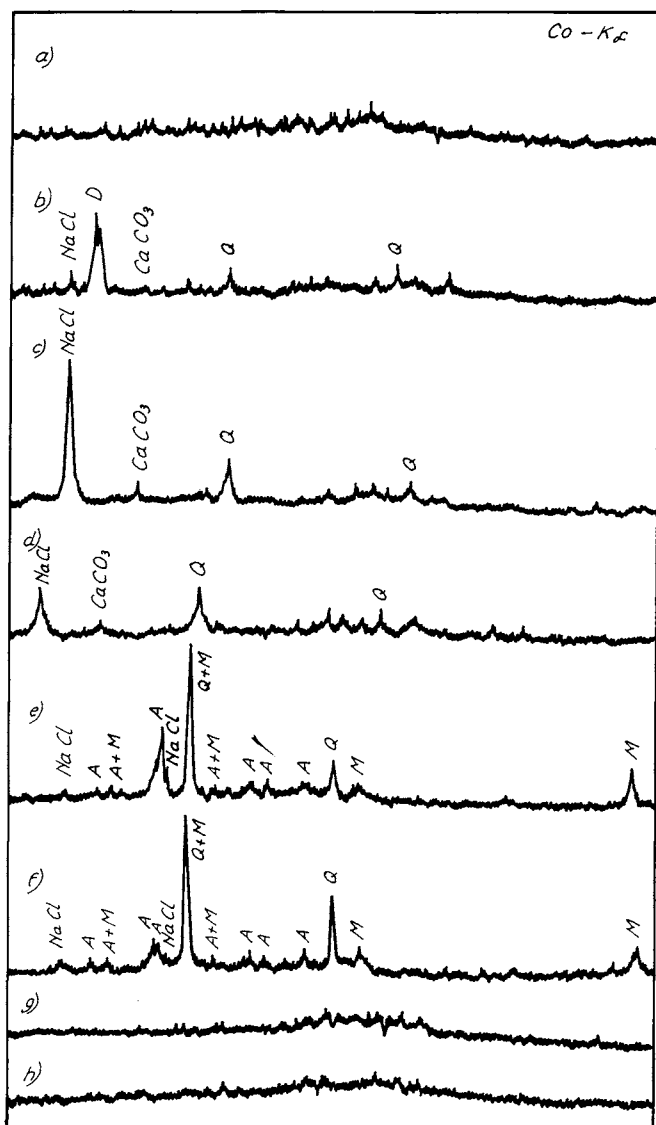


Fig. 6. Difractogramas de las Diatomitas del Perú.
 a) Muestra de referencia. g) Muestra: A1A.
 b) Muestra: A1 (Sondeo B-63). h) Muestra: A2B.
 c) Muestra: DC-1 (Area II). Q: Cuarzo.
 d) Muestra: CI-D (Area III). M: Moscovita.
 e) Muestra: M1A. A: Albita.
 f) Muestra: M2B. D: Dolomita.

4. DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Características físicas

Los resultados obtenidos de la densidad real para las muestras de Bayóvar, Ayacucho y Arequipa se encuentran dentro de los valores que la bibliografía atribuye a un mineral de diatomita propiamente dicho (6). Por el contrario, para las diatomitas de Ocucaje los valores de la densidad real son más altos, lo cual puede indicar presencia de especies contaminantes como arena y arcillas.

Las muestras analizadas presentan una porosidad total elevada (entre 77 y 84 %), razón por la cual estos materiales pueden tener gran interés como materias primas en la elaboración de refractarios aislantes de baja temperatura.

La superficie específica BET varía entre 12 y 30 m²/g. Estos valores son elevados sobre todo si se compara con la arena de cuarzo, de diámetro de partícula similar, que no llega a alcanzar siquiera 1 m²/g.; lo cual evidencia la elevada capacidad de reacción que pueden presentar las diatomitas analizadas tanto en estado sólido como en medio acuoso. Para la determinación de la superficie específica BET las muestras recibieron un tratamiento de desgasificación a 140 °C durante un tiempo de cuarenta minutos.

4.2. Análisis químico

En las diatomitas de Bayóvar, el contenido de sílice (SiO₂) es relativamente bajo (del 58,3 al 77,7 %). Asimismo, la presencia de impurezas expresadas como altos contenidos de óxido de hierro (Fe₂O₃), óxido de calcio (CaO), óxido de magnesio (MgO), óxido de sodio (Na₂O) y óxido de potasio (K₂O), reducen las aplicaciones del material para la obtención de productos base diatomita de alto valor. Aunque en la tablas II aparecen los cationes calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), sodio (Na⁺) y potasio (K⁺) asociados a su compuesto oxidado más estable, la realidad es que, habida cuenta de la presencia de carbonatos, sulfatos y cloruros, gran parte de los cationes antes citados se encuentran combinados con los aniones carbonato (CO₃)²⁻, sulfato (SO₄)²⁻ y cloruro (Cl⁻) (20).

En las diatomitas de Ocucaje, el porcentaje en sílice oscila entre el 65,2 y 73,8 %. En cualquiera de las situaciones estos porcentajes son inferiores al que posee la muestra Fosilite #24. Por otra parte, la presencia de silicatos de aluminio, bajo la forma de moscovita y albita, hace que la cantidad de alúmina (Al₂O₃) presente sea elevada. Asimismo, el nivel de alcalinos (sodio y potasio) es también alto. Estos se encuentran bien bajo la forma de cloruros alcalinos o asociados con los contaminantes arcillosos. Las diatomitas que poseen los mayores porcentajes de sales solubles podrían tener inconvenientes para su comercialización debido a las limitaciones de solubilidad requeridas principalmente para los materiales filtrantes en la industria alimentaria.

En las diatomitas de Ayacucho, la riqueza en sílice oscila entre 87,0 y 90,7 % siendo, en algunos casos, superior al que presenta la diatomita natural utilizada como referencia (88,4 %). Debido a su alto contenido de sílice reactiva, bajo contenido de impurezas y a su gran área superficial, el mineral de Ayacucho, puede utilizarse tanto para la síntesis de silicato de calcio, silicatos alcalinos solubles como para la producción de ayudas filtrantes.

Un producto como el auxiliar filtrante Diactiv n.º 14 (producto de base diatomita calcinado con fundente) se podría obtener utilizando como materia prima el material de Ayacucho. En la microfotografía de este producto (fig. 4) se observa una aglomeración de partículas finas y fusión incipiente de la estructura de sílice diatomácea, la cual, como se puede apreciar, se conserva casi en su totalidad.

Los resultados experimentales correspondientes a las dos muestras de Arequipa fueron obtenidos de las fuentes bibliográficas consultadas en la elaboración del trabajo (17). De acuerdo con las características físicas y el análisis químico correspondiente, parecen ser diatomitas de buena calidad debido a que poseen un bajo contenido de impurezas. No

obstante, los autores del presente trabajo se encuentran a la espera de poder obtener resultados experimentales que confirmen tales apreciaciones.

4.3. Análisis térmico

Los registros de ATD y ATG (ver fig. 5) nos indican la existencia de las siguientes reacciones:

Diatomitas de Bayóvar

Entre 100 y 500 °C, eliminación del agua de constitución (deshidratación de la sílice diatomácea) con reacción endotérmica, acompañada de una primera pérdida en peso.

Entre 450 y 700 °C, reacción endotérmica debida a la descomposición del carbonato de magnesio de la dolomita.

Entre 650 y 770 °C, reacciones de formación de silicatos de calcio y magnesio a baja temperatura.

Entre 700 y 750 °C, reacción endotérmica por fusión y descomposición del cloruro de sodio.

Entre 700 a 950 °C, descomposición del carbonato de calcio de la caliza y dolomita.

Diatomitas de Ocucaje

Entre 100 y 500 °C, deshidratación de la sílice con pérdida en peso y un ligero efecto endotérmico.

Entre 450 y 550 °C, eliminación del agua de constitución de las micas que impurifican el mineral acompañada de una reacción endotérmica y la correspondiente pérdida de peso.

Diatomitas de Ayacucho

Entre 100 y 500 °C, deshidratación de la sílice con pérdida de peso y reacción endotérmica. No se puede afirmar la existencia de reacciones a alta temperatura, ya que el registro TG tiende a estabilizarse a temperaturas superiores a los 600 °C.

4.4. Difracción de rayos X

El análisis mediante difracción de rayos X (fig. 6) de las diatomitas de Boyávar revela la existencia de cuatro especies minerales: Cuarzo (SiO_2), carbonato de calcio (CaCO_3), dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) y cloruro de sodio (NaCl). En lo que respecta a la sílice (SiO_2), la única estructura cristalina que aparece es el cuarzo, y en muy pequeña proporción; lo cual implica que la mayor parte de la sílice presente se encuentra bajo la forma de sílice amorfa, no cristalina.

De acuerdo con los difractogramas de rayos X (fig. 6), en las diatomitas del yacimiento de Ocucaje, se confirma la presencia de las siguientes especies minerales: Cuarzo (SiO_2), materiales arcillosos: moscovita, $[(\text{K}_2\text{O})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1,5}(\text{SiO}_2)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ y albita, $[(\text{Na}_2\text{O})_{0,5}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{0,5}(\text{SiO}_2)_3]$, y cloruro de sodio (NaCl).

En los difractogramas de las diatomitas del yacimiento de Ayacucho (fig. 6) no se observa presencia de especies minerales contaminantes. Indican, únicamente, una baja cristalinidad en la región del pico principal de la cristobalita al estar básicamente constituidas de sílice amorfa como es típico para estos materiales.

5. CONCLUSIONES

Las diatomitas del yacimiento de Bayóvar están contaminadas con cantidades variables de cuarzo, cloruros, sulfatos y carbonatos. En cualquiera de las situaciones el contenido de sílice, en cierto modo índice de calidad de las muestras analizadas, es inferior al de la diatomita natural Fosilite #24, de referencia. Deberá de realizarse un tratamiento de lavado previo (con agua o con ácido) con el objeto de eliminar impurezas, y de esta manera, procurar que el mineral de Bayóvar pueda alcanzar las especificaciones comerciales de los materiales de base diatomita utilizados como ayuda filtrantes, aislantes y como material de relleno o carga.

Las diatomitas del yacimiento de Ocucaje están asociadas con minerales de cuarzo, materiales arcillosos y cloruros alcalinos. Al igual que con el óxido de hierro, la presencia de los cloruros puede ser un serio impedimento para la aplicación de estos materiales en productos especiales de alto valor añadido, donde las especificaciones de la materia prima son bastante rigurosas. No obstante, la diatomitas de este yacimiento presentan menor cantidad de impurezas que algunas muestras procedentes del yacimiento de Bayóvar.

Las diatomitas del yacimiento de Ayacucho poseen un alto contenido de sílice y un bajo nivel de contaminantes, lo cual implica que se tratan de diatomitas de buena calidad. Por lo tanto, deberían utilizarse para la obtención de productos especiales como es el caso de los materiales filtrantes para la industria farmacéutica y alimentaria, así como en la síntesis de compuestos de alto valor (silicatos metálicos).

Las diatomitas del yacimiento de Arequipa, de acuerdo con sus características físicas y el análisis químico correspondiente, parecen ser diatomitas de buena calidad; no obstante, esto debe ser corroborado mediante los sondeos oportunos y una adecuada caracterización del material.

Para la mayor parte de las aplicaciones se precisa una diatomita en la cual el porcentaje de componentes no silíceos sea el menor posible. Sin embargo, la indicación de un alto contenido en SiO_2 puede incluir además del porcentaje de sílice amorfa, bien la presencia de sílice libre o de sílice combinada. Por otra parte, la determinación del contenido de las impurezas, es importante para poder evaluar sus posibilidades de aplicación industrial.

Aún cuanto las muestras antes descritas no representan el espesor total de las formaciones, pueden considerarse como satisfactorias de acuerdo con los objetivos propuestos. No obstante, deberán efectuarse los sondeos oportunos al objeto de poder definir las características de los depósitos en su conjunto.

AGRADECIMIENTOS

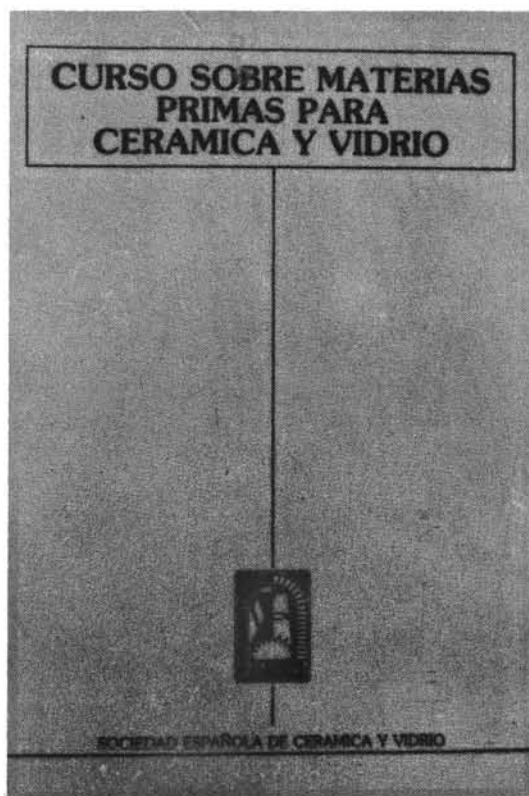
Los autores expresan su agradecimiento a la Subdirección General de Cooperación Internacional del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) de España, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) del Perú, a la Empresa Minera del Perú (Minero Perú, S. A.), así como a todas las personas que cooperaron en la ejecución del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. STRASBURGER: «Tratado de Botánica». Edit. Omega, España, 1988, 608-613.

2. HAQ, B. U.; BOERSMA, A.: Introduction to Marine Micropaleontology. Edit. Elsevier Scientific Publishing Company, 1978, 245-266.
3. FAIRBRIDGER, R. W.; JABLONSKY, D.: The Encyclopedia of Paleontology. Tomo VII, 1978, 247-252.
4. HUANG, W. T.: Petrología. Edit. Uteha, Méjico, 1968, 251-252, 331-334.
5. BRUNI, G.: Química Inorgánica. Edit. Hispanoamericana, España, 1965, 117-118.
6. KIRK, R. E. y OTHMER, O. F.: Enciclopedia de Tecnología Química. Edit. Uteha, Méjico, tomo VI, 1961, 460-461.
7. CUMINS, A. B.: Industrial Minerals and Rocks. Edit. J. L. Gilson, New York, USA, 1960, 303-306.
8. KADEY, F. L.: Industrial Minerals and Rocks. American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers. Inc. New York, USA, 1975, 605-635.
9. DAVIS, L. L.: Diatomite. *Ceram. Bull.* 69 (1990), 5, 855-856.
10. MEISINGER, A. C.: Diatomite. Minerals Facts and Problems. Bulletin 671. Washington, USA, 1980, 1-7.
11. AGRAMONTE, B. J.: Las diatomitas de Ayacucho y su paralelo con las de Tarucani y Bayóvar. *Bol. Soc. Geol. de Perú* 72 (1983), 259-269.
12. MAC DONALD, G. H.: Miocene of the Sechura Desert, Piura. *Bol. Soc. Geol. del Perú* 30 (1956), 225-242.
13. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Inventario Nacional de Sustancias no Metálicas. Primera etapa, Lima, Perú, 1982.
14. SAMAMÉ BOGGIO, M.: El Perú Minero. Tomo V. *Metales y Minerales*. Edit. Perú, Lima, Perú, 1981, 648-656.
15. VERDEJA, L. F.; SANCHO, J. P.; BARRANZUELA, J. L.; VÁSQUEZ, E. R.: Características Fisicoquímicas de las Diatomitas de Bayóvar (Perú). *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vid.* 29 (1990) 2, 87-93.
16. VÁSQUEZ ARRIETA, E. R.: Proyecto de Investigación de Tercer Ciclo en «Metalurgia y Materiales». Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Universidad de Oviedo, España, 1991.
17. ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas), Dirección de Tecnología. Diatomitas, Desarrollo de un Proceso para su Elaboración y Aplicación como Ayuda de Filtración. Elaborado por el Programa 3007. Centro Tecnológico de Minerales no Metálicos. Lima, Perú, 1978.
18. CALACAL, E. L. y WHITTEMORE, O. J.: The sintering of diatomite. *Am. Ceram. Soc. Bull.* 66 (1987) 5, 790-793.
19. Sociedad Minera Cóndor. Boletín Técnico: Filtrando con Diactiv. Chile, (1989).
20. VERDEJA, L. F.; BARRANZUELA, J. L.; SANCHO, J. P.; AYALA, J. M.; VÁSQUEZ E. R.: Características Refractorias de las Diatomitas de Bayóvar-Perú. Resúmenes de los trabajos: Congreso Iberomet-Conamet VI, Santiago de Chile. Tomo I: Ingeniería de Materiales, Chile (1990), 589-601.

Curso sobre materias primas para cerámica y vidrio



Temas sobre fisicoquímica, tecnología, geología, economía.

Edit. J. M.^a GONZALEZ PEÑA, M. A. DELGADO MENDEZ y J. J. GARCIA RODRIGUEZ.

Public.: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. 1987.
VII + 255 págs.; 40 figs.; 40 tablas.

La publicación recoge la labor realizada en un curso intensivo sobre el tema, celebrado en Madrid en 1986. Todos los trabajos que la componen están realizados por personas que poseen probada experiencia en sus respectivas especialidades lo que hace que, en muchos casos, sirvan al sector desde puestos de alta responsabilidad.

En ella se tratan los problemas relacionados con nuestras materias primas desde ángulos complementarios pero muy diversos, lo que ayuda al enriquecimiento de su contenido.

Es éste el siguiente:

- Generalidades sobre materias primas para cerámica y vidrio.
- Estructura cristalina de las arcillas.

- Propiedades físicas de las arcillas.
- Acción del calor sobre las materias primas y composiciones cerámicas.
- Materias primas cálcicas y magnésicas utilizadas fundamentalmente para pastas de cocción rápida.
- Materias primas de barnices y pigmentos para cerámica.
- Sílice y feldespatos. Su significación en cerámica y vidrio.
- Materias primas de síntesis de productos cerámicos y especiales.
- Investigación minera para cerámicas de construcción.
- Proyecto minero, estudio de viabilidad.
- Explotación, máquinas y métodos.
- Control de producción de caolín.
- Mercado del caolín.
- Las arenas de cuarzo.
- El sector de materiales de construcción ante la adhesión a la Comunidad Económica Europea.
- Ideas básicas sobre la fabricación del vidrio.
- Mercado de materias primas en Cerámica y Vidrio.

PRECIO:

Socios de la SECV: 5.800 ptas.

No Socios: 6.500 ptas.

Los pedidos pueden dirigirse a: **SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERAMICA Y VIDRIO**
Ctra. Valencia, Km. 24,300
28500 ARGANDA DEL REY (Madrid)