

## BENTONITAS

### PROPIEDADES Y USOS INDUSTRIALES. CERÁMICA

Lic. Roberto Hevia, Director del Centro de Investigación y Desarrollo de Materiales del Intemim.

#### Contenido

- 1.- Introducción
- 2.- Composición y estructura
- 3.- Propiedades físico-químicas
- 4.- Clasificación de bentonitas
- 5.- Aplicaciones industriales
- 6.- Yacimientos en la Argentina

#### 1.- Introducción

Antiguamente se conocían algunas aplicaciones de las denominadas bentonitas. Ya los romanos aprovechaban las propiedades de la "Tierra de Bataneros", tanto en cerámica, como en la limpieza de tejidos y como desengrasante, por sus propiedades jabonosas. Unos siglos antes, los egipcios y los griegos, también aplicaron estos mismos productos en idénticas o similares utilizaciones.

En la Edad Media se tienen noticias de que por las calles de París se vendían las Tierras Esmectíticas como un producto desengrasante. Es probable que como tales se comercializaran arcillas de alto poder coloidal.

El término "bentonita" fue aplicado por primera vez por el geólogo norteamericano Knight en 1898, a una clase de arcilla muy particular que tenía propiedades jabonosas, que poseía una gran plasticidad y era altamente coloidal. Esta arcilla procedía de la Formación Benton Shale, en el Cretácico de Wyoming, USA.

Esta roca estaba dotada particularmente de la facultad de hincharse aumentando varias veces su volumen cuando se ponía en contacto con el agua, y además de formar geles tixotrópicos cuando se añadía en pequeñas cantidades al agua.

Las propiedades físicas de estas arcillas (especiales) de Wyoming le dieron rápidamente un alto valor comercial y sus usos en lodos para sondeos, aglomerante de arenas de moldeo, decoloración de aceites, etc. originaron un desarrollo de un gran complejo industrial en Wyoming, lo que por otra parte indujo a la búsqueda de nuevos yacimientos. Pronto fueron encontradas bentonitas en Misissipi, Texas, Arizona y California, como así también en Inglaterra, Alemania, Italia, España, Rusia y Japón.

Es notable, que antes de tener un nombre propio, de estas destacadas arcillas, ya se conocían algunas de sus propiedades y usos, como lo demuestra el hecho de que, en 1888, se hizo desde Rock Creek, Wyoming, el primer embarque con interés comercial.

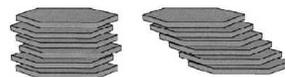
Posteriormente, con el nombre de "bentonita" se definió a la roca compuesta esencialmente por un mineral arcilloso formado por la desvitrificación y la alteración química de un material vítreo, ígneo, en la mayoría de los casos una toba o ceniza volcánica.

Tal vez la mejor definición de bentonita como mineral industrial es la dada por R.E. Grim en la Conferencia Internacional de Arcillas (AIPEA) en Madrid en 1972: "Bentonita es una arcilla compuesta esencialmente por minerales del grupo de las esmectitas, con independencia de su génesis y modo de aparición". Desde este punto de vista la bentonita es una roca compuesta por varios minerales, aunque son las esmectitas sus constituyentes esenciales (montmorillonita y beidellita), que confieren las propiedades características a la roca, acompañadas por otros minerales menores como: cuarzo, feldespato, mica, illita y caolín.

La denominación montmorillonita, se debe a que el primer yacimiento que se descubrió en Europa, está ubicado en la localidad de Montmorillon, al sur de Francia.

#### 2.- Composición y estructura

La familia de las arcillas son filosilicatos hidratados, que se presentan en cristales muy pequeños (<4-8  $\mu\text{m}$ ) y principalmente en forma de láminas hexagonales (mazo de naipes), es decir son silicatos cuya estructura está compuesta por capas.



Los minerales que integran la familia de las arcillas son muy numerosos y han sido el motivo de muchísimos estudios científicos, pero hay dos grupos que monopolizaron la mayoría de los trabajos: las caolinitas o kanditas (minerales del caolín) y las esmectitas (montmorillonita).

Los aspectos estructurales, físico-químicos, de composición, génesis, tipo de yacimientos, propiedades tecnológicas, usos, etc. han sido profundamente estudiados, porque dentro del grupo de las arcillas, son los que mayor interés económico presentan.

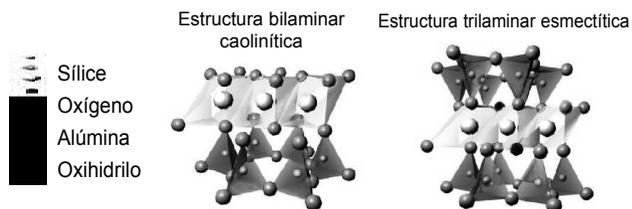
Estructuralmente estos dos grupos se diferencian en:

- Capas bilaminares: ej. caolinita
- Capas trilaminares: ej. illita, montmorillonita, clorita, etc.

**Grupo de las caolinitas:** tiene una estructura atómica que está formada por capas bilaminares de óxidos de Si+4 coordinados tetraédricamente y óxidos de Al+3 coordinados octaédricamente. Se caracterizan por tener una elevada estabilidad química, debido a que tienen un menor intercambio atómico en la estructura, y que la unión entre las capas se realiza por medio de fuerzas de Van der Waals y no existe posibilidad de intercalación de moléculas de agua, moléculas orgánicas u otros iones minerales.

La estructura básica se compone de átomos de oxígeno dispuestos en capas alternadas de huecos tetraédricos y octaédricos.

**Grupo de las esmectitas (bentonitas):** se caracteriza por estar formado por capas trilaminares, constituidas por dos láminas de tetraedros de Si+4 unidas entre ambas por una capa de octaedros de Al+3, es decir presenta una estructura de superposición de capas: tetraédrica - octaédrica - tetraédrica



En el retículo de las capas trilaminares se producen muchas sustituciones isomorfas, es decir el reemplazo de iones de igual radio atómico, pero de distinta valencia. Como ser la sustitución de Al<sup>3+</sup> por Mg<sup>2+</sup> o Fe<sup>2+</sup> en las capas octaédricas y la sustitución de Si<sup>4+</sup> por Al<sup>3+</sup> en las capas tetraédricas. Esto origina un desbalance eléctrico y aumenta notablemente la reaccionabilidad del mineral.

Los enlaces dentro de cada capa son mucho más estables que los existentes entre capas vecinas, es decir las capas trilaminares se unen entre sí por débiles ligaduras que son liberadas por simple hidratación, dejando más superficie reactiva libre y produciendo un aumento del espaciado reticular y por lo tanto un hinchamiento del mineral. A este hecho se debe la exfoliabilidad de estos minerales, que consiste sencillamente en separar entre sí las láminas contiguas.

Cuando el Al<sup>3+</sup> del estrato octaédrico es totalmente reemplazado por Mg<sup>2+</sup>, el mineral se llama **saponita**, y si el Al<sup>3+</sup> es reemplazado por Fe<sup>3+</sup> se llama **nontronita**. La montmorillonita pobre en Mg, con gran sustitución del Si por Al, se llama **beidellita**.

Por esta razón los minerales que integran este grupo, pueden formar dos subgrupos:

- Montmorillonitas aluminosas: montmorillonita y beidellita
- Montmorillonitas magnésicas: hectorita y saponita

**3.- Propiedades físico-químicas**

En forma natural, la bentonita es una roca blanda, que tiene aproximadamente la consistencia de un caolín, es decir friable y untuosa. Generalmente tiene un color beige claro a oscuro, amarillo verdoso y excepcionalmente blanco cremoso o verdoso.

Las innumerables e importantes aplicaciones industriales de este grupo de minerales se basan en sus propiedades físico-químicas: superficie específica, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de absorción, hidratación e hinchamiento y plasticidad.

Estas propiedades que caracterizan a una bentonita se derivan de:

- Tamaño de partículas extremadamente pequeñas (menores a 2 μm)
- Sustituciones isomorfas, que propician la formación de cargas laminares y la presencia de cationes hidratados, débilmente ligados en el espacio interlaminar (exfoliabilidad)
- Elevado potencial eléctrico
- Alta relación superficie a espesor

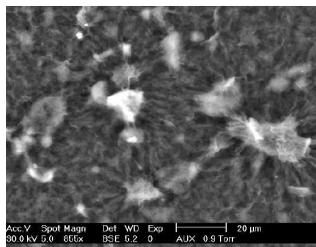


Foto de microscopía electrónica de una bentonita sódica

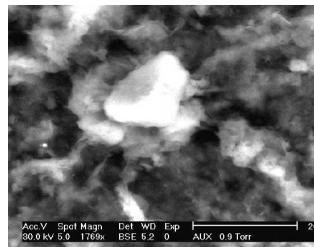


Foto de microscopía electrónica de una bentonita cálcica

En las fotos se aprecia la diferente reactividad con el agua de una bentonita sódica respecto de otra cálcica.

**3.1. Superficie específica**

La superficie específica de un área superficial de una bentonita, se define como el área de la superficie externa, más el área de la superficie interna de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en m<sup>2</sup>/g.

En la tabla siguiente se muestran valores comparativos de superficies específicas de algunos minerales respecto de la montmorillonita.

MINERALES ARCILLOSOS	SUP. ESPEC. m <sup>2</sup> /g
Caolinita de elevada cristalinidad	15
Caolinita de baja cristalinidad	50
Halloysita	60
Illita	50
Sepiolita	100-240
Montmorillonita	80-300
Paligorskita	100-200

**3.2. Capacidad de Intercambio catiónico**

Esta es una propiedad característica de las bentonitas, que son capaces de intercambiar fácilmente, los iones fijados en la superfi-

cie exterior de los cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras, por otros existentes en las soluciones acuosas envolventes. Como se mencionó anteriormente, esto está vinculado al desbalance de cargas en la estructura atómica y la débil fijación de cationes en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras.

La capacidad de intercambio catiónico se puede definir como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH. Es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral. Estas cargas negativas pueden ser generadas de tres formas diferentes:

- Sustituciones isomorfas dentro de la estructura
- Enlaces insaturados en los bordes y superficies externas
- Disociación de los grupos de hidróxilos accesibles

El caso a) es conocido como carga permanente y supone un 80% de la carga neta de la partícula; además es independiente de las condiciones de pH y actividad iónica del medio.

Los casos b) y c) varían en función del pH y de la actividad iónica. Corresponden a bordes cristalinos, químicamente activos y representan estimativamente el 20% de la carga total de la partícula.

En la siguiente tabla se exponen valores comparativos de la capacidad de intercambio catiónico de algunos minerales respecto de la montmorillonita.

MINERALES ARCILLOSOS	C.I.C. meq/100g
Caolinita	3-5
Halloysita	10-40
Illita	10-50
Clorita	10-50
Vermiculita	100-200
Montmorillonita	80-200

**3.3. Capacidad de absorción**

La capacidad de absorción de una partícula está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan en forma aislada:

- **absorción:** cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad
- **adsorción:** cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la bentonita, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato.

La capacidad de absorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa adsorbente.

**3.4. Hidratación e Hinchamiento**

Una de las propiedades más distintivas de la bentonita es su capacidad de hincharse considerablemente en agua, formando masas gelatinosas. Este fenómeno ocurre por la hidratación del espacio interlaminar, y depende de la naturaleza del catión interlaminar y de la carga de la lámina.

A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otras. Cuando el catión interlaminar es el sodio, las bentonitas tienen una gran capacidad de hinchamiento, pudiendo llegar a producirse la completa disociación de cristales individuales de bentonita, teniendo como resultado un alto grado de dispersión y un máximo desarrollo de propiedades coloidales. Si por el contrario, tienen Ca o Mg como cationes de cambio su capacidad de hinchamiento será mucho más reducida.

Para que una arcilla pueda ser considerada como bentonita, en el sentido comercial de la palabra, debe hincharse aumentando por lo menos cinco veces su volumen. Normalmente una bentonita de buena calidad se hincha en agua de 10 a 20 veces su volumen; en casos excepcionales esta relación llega a 30.

### 3.5. Plasticidad

Cuando las arcillas y particularmente las bentonitas se mezclan con agua, son destacadamente plásticas. No obstante se admite que la bentonita contiene de 20 a 40 veces mayor cantidad de materias arcillosas en forma coloidal que las arcillas plásticas usuales; por ello ejerce, incluso en pequeñas proporciones, una acción considerable sobre la plasticidad de los materiales cerámicos, aumentándola significativamente.

En comparación con una arcilla plástica, puede admitirse que la bentonita contiene de 80 a 90% de partículas coloidales, mientras que aquella contiene de 40 a 45% como máximo.

Esta propiedad se debe a que el agua forma una envoltura sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas.

### 3.6. Tixotropía

Este es un fenómeno conocido únicamente en suspensiones coloidales, y se dice que una sustancia presenta el fenómeno de la tixotropía, cuando la aplicación de un esfuerzo deformante, reduce su consistencia, entendiéndose por consistencia, el grado de resistencia que ofrece la mezcla a fluir o a deslizarse. La resistencia suele llamarse también viscosidad.

La palabra "tixotropía" deriva del griego "thixis" que significa cambio, y se emplea para describir el fenómeno mediante el cual, las partículas coloidales en estado de reposo forman geles (de apariencia sólida), y cuando estos geles se someten a enérgicas agitaciones, se destruyen y forman fluidos viscosos. Cuando la agitación se detiene y la suspensión permanece inmóvil, se regeneran las características del gel original.

Las partículas coloidales son atrapadas en una posición de equilibrio eléctrico cuando se forma el gel, balanceándose de este modo todas sus cargas, mediante la acción de los cationes del medio, que son capaces de mantener a las partículas negativas de arcilla con cierta separación. Cuando una agitación enérgica rompe la orientación de los cationes y aumenta la distancia que separa a las partículas de bentonita, se rompe el equilibrio estructural formado anteriormente y la consistencia disminuye; esta consistencia se regenera paulatinamente, cuando la suspensión pasa al estado de reposo.

## 4.- Clasificación de Bentonitas

Los criterios de clasificación empleados por la industria se basan en su comportamiento y propiedades físico-químicas, siendo la siguiente clasificación la más utilizada:

#### - *Bentonitas naturales altamente hinchables (sódicas)*

Están constituidas por montmorillonita que contiene naturalmente iones intercambiables de sodio. Estas bentonitas son usadas en lodos para perforación y como ligante en la pelletización de mineral de hierro.

#### - *Bentonitas naturales poco hinchables (cálcicas)*

Están constituidas por montmorillonita que contiene principalmente iones intercambiables de calcio. Este tipo tiene menor capacidad de hinchamiento que las variedades sódicas. Esta cualidad es particularmente importante para el uso en pastas cerámicas.

#### - *Bentonitas con activación alcalina*

Son bentonitas que se obtienen por el intercambio de cationes alcalino-térreos por cationes alcalinos en la montmorillonita. Esta

activación provoca una mayor plasticidad, viscosidad y tixotropía de la bentonita, como así también una gran capacidad de hinchamiento.

#### - *Bentonitas con activación ácida*

Están constituidas por montmorillonitas cálcicas que han sido tratadas con ácido clorhídrico o sulfúrico para remover impurezas, reemplazar iones intercambiables por hidrógeno, incrementar su área superficial y mejorar sus propiedades de absorción y adsorción.

#### - *Bentonitas organofílicas*

Son montmorillonitas que tienen sus iones intercambiables reemplazados con iones orgánicos, tales como, por ejemplo: compuestos de aminas cuaternarias.

## 5.- Aplicaciones industriales

Las propiedades de la bentonita no dependen sólo del mineral esmectítico predominante sino también de su grado de cristalinidad, del tamaño de los cristales, etc. y por lo tanto las propiedades pueden variar enormemente, por lo cual el campo de las aplicaciones es amplio y las especificaciones para cada caso son muy particulares.

La bentonita es uno de los minerales industriales que posee la más amplia gama de aplicaciones y por las posibilidades que brinda para obtener un alto valor agregado a través de su activación, puede alcanzar en casos puntuales valores de venta que superen a cualquier otro mineral. Un ejemplo lo constituyen las bentonitas organofílicas utilizadas en la industria de la pintura, o las activadas en medio alcalino para farmacopea y cosméticos.

Por sus variadas propiedades, las diferentes industrias la utilizan en estado natural o activadas.

Se comercializa en diferentes formas: en bruto, triturada, molida en diferentes mallas según el destino final, o activadas.

Una síntesis de los diferentes usos, en función del tipo de bentonita seleccionada, se expone en la siguiente tabla:

### Usos de los tipos de bentonita

INDUSTRIA	BENTONITA NATURAL Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup>	BENTONITA NATURAL Na <sup>+</sup>	BENTONITA ACTIVADA (alcalina)	BENTONITA ACTIVADA (ácida)	BENTONITA ORGANOFÍLICA
FUNDICIÓN	-	Componente en arenas para moldeo		-	-
PETROLERA		Agente tixotrópico			Tixotrópico (fluidos no iónicos)
ALIMENTICIA	Refinación de azúcar, clarificación de vinos y jugos				-
QUÍMICA	Carga p/caucho /plástico	-	-	Catalizadores Cargas para Caucho/plást.	-
CERÁMICA	Pastas	Esmaltes	-	-	-
CONSTRUCCIÓN	Plastificante en concretos, sellador, lubricante			-	-
FARMACEUTICA	Materia prima para tierras medicinales, ungüentos y cosméticos			-	-
MINERA	Pelletización de minerales				-
ACEITE /GRASA COMESTIBLE	Refinación, decoloración purificación	-	-	Refinación, decoloración purificación	-
LIMPIEZA	Aditivo en jabones			-	-
BREA-ALQUITRÁN	-	-	-	-	Estabilizador de suspensiones de alquitrán
PINTURA	-	-	-	-	Estabilizador y extendedor

Según la estadística minera de 2003-2005, la demanda de bentonita por usos es la siguiente :

Petróleo: 53%, Fundición: 23%, Alimentos balanceados: 7%, Bentonita activada: 5,4%, Pelletizaciones: 5,2%, Clarificantes: 2,4%, Cerámica: 2%, Obras públicas: 1%, Otros: 1%

### Cerámica

Las cualidades que distinguen a una bentonita del resto de las arcillas, son destacables en el momento de diseñar una formulación cerámica.

Con el uso de bentonita en una pasta cerámica se consiguen los siguientes beneficios:

- Aumento de plasticidad de las pastas.
- Aumento de resistencia mecánica en crudo
- Mejora el color quemado del bizcocho (con bentonitas de bajo porcentaje de hierro)
- Gran poder de suspensión para esmaltes
- Efecto lubricante y ligante en los procesos de prensado en seco y semiseco

### Plasticidad.

Debido a su extremadamente fino tamaño de partículas, a su elevado potencial eléctrico y a su capacidad de intercambio de iones, es sumamente recomendable para incrementar la plasticidad de una pasta cerámica. Pastas prácticamente imposibles de trabajar se han vuelto perfectamente plásticas y trabajables con el simple agregado de 3-5% de bentonita.

### Resistencia Mecánica

Sus partículas extremadamente pequeñas llenan los intersticios dejados entre sí por los de caolinita y cuarzo, aumentando así el número de contactos donde por acción de las fuerzas de Van der Waal hacen un producto más compacto y más fuerte en seco.

Con pastas que contienen 25% de caolín (como único componente plástico), se fabrican piezas que tienen una gran fragilidad en crudo. El agregado de 4-5% de bentonita en la formulación produce un incremento de la resistencia mecánica del 100-200%

### Color del bizcocho

Generalmente las arcillas que se emplean en cerámica blanca para dar plasticidad y trabajabilidad tienen un contenido de óxido férrico entre 0,7 - 1,5%. Como la bentonita es capaz de mantener el nivel de plasticidad reemplazando a la arcilla en la proporción de 4 a 1, si se selecciona una bentonita con bajo porcentaje de Fe, se puede reducir el porcentaje total de hierro de la pasta y por ende se obtendrá un bizcocho más blanco.

### Poder de suspensión de los esmaltes

Su gran actividad superficial lo hace fácilmente reaccionable con los electrolitos produciendo estructuras tixotrópicas de gran poder de suspensión.

### Efecto lubricante y ligante en los procesos de prensado en seco y semiseco

Al producir superficies lisas y suaves actúa como lubricante siendo a la vez ligante por las razones expuestas al tratar el tema de la resistencia mecánica.

## 6.- Ensayos y normas

### Bentonita cerámica:

#### Análisis químico:

Si bien no hay normas oficiales, existe un acuerdo de partes entre el proveedor y el consumidor

- Determinación de óxidos de hierro y titanio. La suma de ambos no debería superar el 1,5%.

#### Análisis físico:

- Norma IRAM 165311. El hinchamiento en agua de una buena bentonita no deberá pasar de 5 veces su volumen. En caso contrario se producirán inconvenientes en el secado y en la defloculación de la pasta.

### Análisis comunes para la industria cerámica

Análisis Químico Cuantitativo, Difractométricos, Viscosidad (Brookfield), Térmico Diferencial.

**8.- Yacimientos en Argentina.** Las bentonitas pueden ser originadas por alteración in situ de tobos o cenizas volcánicas, o bien por acción hidrotermal y/o por meteorización de rocas magmáticas o metamórficas.

En nuestro país la mayoría de los yacimientos se formaron a partir de cenizas de composición variable entre riolítica y dacítica, no obstante hay depósitos que tienen claras evidencias de haberse originado por alteración hidrotermal de rocas ígneas.

Los depósitos conocidos del país se encuentran en: Chubut, La Pampa, Mendoza, Neuquén, Río Negro y San Juan.

Chubut: las áreas más conocidas con depósitos de bentonita se ubican en las Sierras Cuadrada, Chaira y Overos.

La Pampa: los depósitos de bentonita se encuentran en el extremo SO de la provincia, cerca del Río Colorado, en el departamento Puelén, en las inmediaciones de la localidad de 25 de Mayo, en Colonia Chica y Puesto Romero.

Mendoza: existen dos áreas bentoníticas principales ubicadas en Potrerillos-Cacheuta y en el distrito Carrizalito.

Neuquén: los depósitos se ubican a unos 140 km en línea recta al O de Neuquén, entre Zapala y Cutral Co, a pocos kilómetros de la ruta nacional 22.

Río Negro: entre los yacimientos de esta provincia se distinguen los correspondientes al Área del Lago Pellegrini.

Los depósitos se extienden en los sectores S, SE y NO del lago, en las barrancas que lo circundan. El componente arcilloso es montmorillonita, que tiene excelente cristalinidad, a la que se asocian plagioclasa, litoclastos volcánicos y cuarzo.

Otra área de importancia en esta provincia es la de General Roca, donde se encuentran canteras en las que el mineral está compuesto principalmente por montmorillonita, cuarzo, plagioclasa, yeso y óxidos de hierro.

San Juan: existen dos áreas bentoníticas, una localizada en las inmediaciones del valle del río Calingasta, - unos 90 km en línea recta al O de la ciudad de San Juan - , en la vertiente occidental de la Precordillera entre las localidades de Barreal y Colón, cerca de la ruta provincial 412.

La otra área se encuentra en la región de la Sierra de Mogna, unos 80 km aproximadamente al N de la misma ciudad, específicamente en el paraje denominado Cañón del Colorado.

## Bibliografía

- 1.- Aristarain F. L., Cozzi G. "Distribución de los principales minerales no metálicos de la República Argentina para las industrias básicas de transformación" Centro de Investigación para las Industrias Mineras. Publicación INTI, mayo 1992.
- 2.- Barba A., Beltrán V., Feliu C., García J., Fernando G., Sánchez E. Y Sanz V. "Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas", Publicado por el Instituto de Tecnología Cerámica, Castellón, España, 1997
- 3.- Carda Castelló J. y Sánchez Muñoz "Enciclopedia Cerámica: Materias Primas y aditivos cerámicos", Faenza Editrice Ibérica, Castellón, España, 2003
- 4.- Déribéré M. Y Esme A. "La bentonita: arcillas coloidales y sus usos", Ed. Aguilar S.A., Madrid, 1952.
- 5.- Fahn R., Buckl H. "The Industrial Uses of Bentonite", Interchem, Nº2 1968
- 6.- Grim, R. y Guven, N. "Bentonites: Geology, Mineralogy and Uses" New York, Elsevier (1978)
- 7.- Haydn H., Murray E. "Industrial Characterization of bentonites", Interchem Nº2 1967
- 8.- Hevia, R., Pinto, A., Varela, A., Campillo, G. "Modificación de la plasticidad de una pasta de porcelana dura para calibrado, por adición de una bentonita argentina", Actas del VIII Congreso Argentino e Internacional de Cerámica, Buenos Aires, nov/1988
- 9.- Hevia, R. "Bentonitas cerámicas de Mogna- Provincia de San Juan (Argentina)", Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 28 (1989) 3, 195-197
- 10.- Hevia, R., "Bentonitas. Propiedades y usos industriales". Cuaderno Tecnológico, Proyecto INTI- SEGEMAR- Unión Europea, junio/2007
- 11.- Matarredona Alonso, E. "Propiedades físicas y químicas de algunas arcillas montmorilloníticas nacionales y sus aplicaciones industriales", IMIT, México, 1963
- 12.- Pasin M., Izquierdo González N., Strazzolini G. "Bentonitas. Panorama de Mercado", Fundación Empremin, 1999.
- 13.- Pereyra, E., Krenkel, T. y Chamorro, H. "Estudio de bentonitas argentinas" Industria y Química, 26 (1968), 6
- 14.- Riva P. "Arenas de Moldeo" Monografía Nº1. Cámara de Industriales Fundidores de la República Argentina, 1992