

# 1997, UN AÑO DE CONMEMORACIÓN DEL DESCUBRIMIENTO DE ARCILLAS DE APLICACIÓN TECNOLÓGICA: MONTMORILLONITA (150 ANIVERSARIO), BENTONITA (I CENTENARIO)

Leopoldo Bisbal Cervelló.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Profesor Titular de Universidad. Departamento de Ingeniería del Terreno.*

*E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Valencia.*

## RESUMEN

*Tras constatar que en 1997 se conmemoran, con una diferencia entre ellos de 50 años, los descubrimientos de la montmorillonita y la bentonita, se presentan sendos bosquejos históricos que describen brevemente, algunas de las vicisitudes por las que pasaron ambos acontecimientos. Se caracterizan dichos materiales y su comportamiento y se enumeran sus principales aplicaciones en Ingeniería Civil, efectuando, finalmente, una llamada a posibles actos conmemorativos que posibiliten un mejor conocimiento sobre las cuestiones tratadas.*

## ABSTRACT

*In 1997, fifty years apart, two discoveries are commemorated, those of montmorillonite and of bentonite. A brief account of these discoveries describes the adverse circumstances of both findings. The features and behaviour of the two materials are outlined together with their main applications in civil engineering. The author considers that the anniversaries are worth commemorating.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Revisando antiguas notas encontré hace poco tiempo, una referencia que me hizo deducir inmediatamente que en este año de 1997, se cumple el 150 aniversario del descubrimiento de la montmorillonita y el primer centenario del correspondiente a la bentonita. Tuvieron, por lo tanto, que transcurrir 50 años para que, una vez descubierto el mineral (montmorillonita), se detectase la roca que mayoritariamente lo presenta (bentonita).

La importancia que ambos materiales arcillosos tiene en el ámbito de la Ingeniería Civil y por lo tanto,

su repercusión en la actividad de muchos Ingenieros de Caminos, muy particularmente de los que nos dedicamos a temas directamente relacionados con el terreno, me impulsó a preparar este artículo, sin pretensión de exhaustividad, cuyo objetivo es, en última instancia, animar a quien corresponda, si procede, a mayores empresas (Jornadas de Estudio, Exposiciones, Publicaciones Monográficas, etc.), que contribuyan a un mejor conocimiento y aplicación de estos productos. Dicha importancia se basa en el carácter expansivo que poseen y en las propiedades tixotrópicas, al entrar en contacto con el agua. Estas características tienen consecuencias

Se admiten  
comentarios a este  
artículo, que deberán  
ser remitidos a la  
Redacción de la ROP  
antes del 30 de  
septiembre de 1997.

Recibido en ROP:  
abril de 1997

tanto positivas como negativas. Las primeras se refieren a la presencia de la montmorillonita en las bentonitas, que son las industrialmente explotables. Por el contrario, la aparición de montmorillonita en los terrenos de cimentación, o en la excavación de túneles y obras subterráneas, crea problemas debidos precisamente a la citada expansividad.

Tanto el mineral como su roca tuvieron alguna evolución en su descubrimiento y nomenclatura, que resulta cuanto menos curiosa, por lo que las expondremos brevemente a continuación en sendos bosquejos históricos.

## 2. BOSQUEJO HISTÓRICO SOBRE EL DESCUBRIMIENTO DE LA MONTMORILLONITA

En la sesión celebrada el 16 de noviembre de 1846<sup>1</sup>, por la Société Géologique de France, el secretario de la misma dio lectura a una nota remitida por MAUDUYT, en la cual, entre otras cuestiones, comunicaba el hallazgo de una "sustancia", que "aun sin asegurar que fuese inédita, no había podido relacionar con las descritas en los tratados de Mineralogía consultados". Llamó a este mineral "montmorilloniste", por haberlo hallado cerca de Montmorillon<sup>2</sup>, en un lugar denominado "Maison-Dieu", "en donde se encuentra en las arcillas superiores del Lías".

Analizada dicha sustancia por el hijo de MAUDUYT, farmacéutico en Poitiers, fue reconocido como un silicato de calcio y magnesio, con un peso específico de 1,70 t/m<sup>3</sup>.

Daba además otras características de las cuales cabe destacar las siguientes: "aspecto terroso, pero al tocarlo parece un pedazo de jabón, untuoso. Su dureza es poco considerable, dejándose rayar con la uña fácilmente, y cortar con la navaja, sobre todo cuando está mojado y se deja pulir con facilidad por el dedo. El olor de esta sustancia es particular, no teniendo ninguna relación con el llamado "arcilloso", ni con el de ningún mineral conocido. Esta sensación que se manifiesta particularmente cuando la sustancia está mojada, es también muy sensible por insuflación".

"Se adhiere ligeramente a la lengua, su sabor es nulo y no efervesce con los ácidos, pero se convierte de la misma forma con el agua, en una especie de pasta, que al cabo de cierto tiempo se hace en parte gelatinosa".

"Expuesto al aire, no se disgrega, sino que se endurece, al igual que al exponerlo al fuego ordinario, blanqueándose y perdiendo el agua que había penetrado en él".

Puede afirmarse, que se había descubierto, una más de las ya entonces numerosas variedades conocidas de arcillas, pero que poseía unas propiedades características que, tiempo más tarde, se revelarían singulares.

En la sesión que la Société Géologique de France celebró el 15 de febrero del año siguiente, 1847, DAMOUR comunicó que junto con SALVETAT, y para "responder al deseo expresado por MAUDUYT", habían estudiado la composición de la citada "sustancia" y exponían, minuciosamente, los resultados de sus ensayos, que por brevedad omitimos.

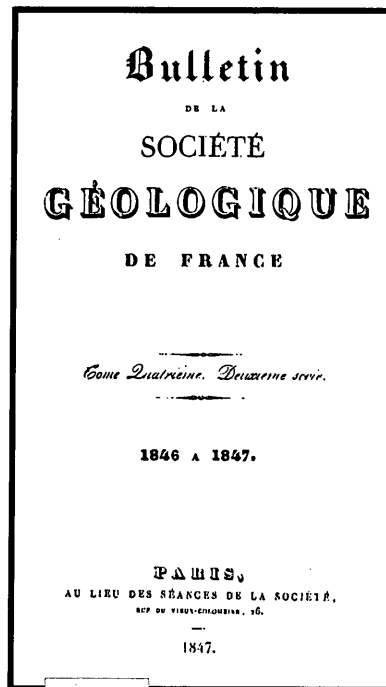


Figura 1

Finalmente, concluían que "habiéndoles permitido ADAM, examinar una muestra de su colección del mineral de Confolens (confolensita) era muy probable que la "montmorilloniste" y el mineral de Confolens fuesen una misma especie". Al mismo tiempo "les parecía prudente clasificar ambos minerales como halloysita, hasta que posteriores análisis sobre materias análogas, permitan establecer entre ellas, divisiones bien determinadas".

Parecía, pues que la "montmorilloniste", debía pasar a ser un simple sinónimo del mineral confolensita, pero sin embargo, fue al

contrario y el término confolensita cayó, finalmente, en desuso, ya que en 1850, NAUMANN recobró la denominación de MAUDUYT, retocándola levemente, al llamarla "montmorillonit", atribuyéndola, exclusivamente a SALVETAT.

Restaba ya tan sólo, castellanizar el nombre, pasándolo a la actualmente conocida montmorillonita. Sin embargo, un paso aparentemente tan sencillo iba a tardar en darse, pues en España este mineral, por la bibliografía que he consultado, tardó en conocerse, o al menos encontrarse como tal. En este sentido, la más antigua referencia hallada sobre este mineral, lo que no excluye que existan otras anteriores, es la debida a MUÑOZ DE MADARIAGA (1891), en sus "Elementos de Mineralogía", lo cual es natural, pues es tratada de la traducción de la obra alemana de NAUMANN, que ya hemos citado con anterioridad. Este mismo autor, en 1896, en sus "Lecciones de Mineralogía ajustadas a los programas de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes", al tratar sobre la montmorillonita, dice que: "También tienen cabida en este grupo, las arcillas esmécticas o tierras de batán..., pudiendo considerarse como variedades de montmorillonita las (que) tenemos en Segovia, donde se denominan "tierra de Segovia", en Alcoy (Alicante), Palazuelo (Cuenca) y Manresa (Barcelona)".

RIVAS MATEO (1906) en su "Compendio de Mineralogía Aplicada a la Farmacia, Industria y Agricultura y Estudio Especial de los Minerales de España", dedica toda una "Sección de la Montmorillonita".

Sin embargo, sorprendentemente, en la monumental obra de CALDERÓN (1910), titulada: "Los Minerales de España", que presenta para cada mineral la localización de sus yacimientos en la geografía española, aparece en el epígrafe dedicado a la Pirofilita, el texto siguiente, que es muy ilustrativo: "Portugal.- Como

montmorillonita, aunque con duda, menciona P. GOMES esta variedad que constituye un mineral arcilloso en Guimaraes". No cita, en consecuencia, ningún yacimiento en el solar hispano.

### 3. MINERALOGÍA DE LA MONTMORILLONITA

Actualmente, el término montmorillonita se utiliza para designar, estructuralmente, un subgrupo de minerales que se encuentran en el grupo de las esmectitas dioctaédricas.

Se trata de un filossilicato trilaminar 2:1 con una estructura básica formada por dos capas tetraédricas y una dioctaédrica.

Las capas tetraédricas están constituidas por un conjunto de tetraedros  $\text{SiO}_4$  en disposición exagonal, con tres oxígenos compartidos y el cuarto enlace Si-O en la dirección perpendicular al plano de la disposición exagonal. En estos tetraedros, el Si puede estar parcialmente sustituido por Al.

La capa dioctaédrica está formada por la coordinación hexaédrica de cationes trivalentes (que ocupan 2 de cada 3 posiciones octaédricas con oxígenos y grupos  $\text{OH}^-$ ).

Como puede apreciarse en la fig. 2, la montmorillonita tiene una red cristalina "inestable", que faculta las intercalaciones acuosas con el hinchamiento correspondiente de intercalación. Esto explica la elevada hidrofiliía de las rocas arcillosas que tienen montmorillonita, y al adsorber agua se produce el hinchamiento de los suelos, que por esta razón, se califican como expansivos.

Una fórmula de la montmorillonita, simplificada, pero suficientemente representativa es:  $\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH}) \cdot 2\text{Al}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

También debe destacarse la gran facilidad de cambio catiónico que posee este mineral, especialmente Ca, K, Na.

Presenta una simetría monoclinica prismática. Su color varía de blanco a amarillento o grisáceo. Su dureza oscila de 1 a 2. El peso específico relativo de las partículas es: 2,65-2,84. Con una exfoliación basal perfecta, se presenta como agregados laminares y en ocasiones informe.

### 4. YACIMIENTOS ESPAÑOLES DE MONTMORILLONITA

Actualmente se localizan yacimientos de este mineral, con importancia diversa, en las siguientes localidades, agrupadas por provincias:

Alicante (Albatera); Almería (Cabo de Gata, Vícar); Huesca (Camporells, El Grado, Estopiñán del Castillo, Secastilla, Torres de Juséu); Lérida (Camarasa, Avellanes-Santa Lina); Madrid (Vicálvaro, Vallecas); Murcia (Lor-

ca); Sevilla (Morón de la Frontera); Toledo (Cabañas de la Sagra, Esquivias, Villaluenga de la Sagra, Yuncos).

De ellos cabe destacar los de Almería y Madrid.

### 5. LA MONTMORILLONITA COMO MINERAL MAYORITARIO DE LA BENTONITA

Este mineral constituye un elevado porcentaje de la composición de la roca denominada bentonita, de aplicación en la perforación de pozos, excavación mecanizada de túneles, ingeniería de cimentaciones, pantallas de impermeabilización y en edificación.

Las aplicaciones citadas se basan en unos casos en el fenómeno de hinchamiento ya descrito, y en las propiedades tixotrópicas, sobradamente conocidas, en los restantes.

### 6. BOSQUEJO HISTÓRICO SOBRE EL DESCUBRIMIENTO DE LA BENTONITA

De forma análoga a lo ocurrido con su principal mineral constituyente, esta roca fue denominada inicialmente de modo distinto al actual.

En efecto, en 1897, KNIGHT la llamó "taylorita", pero este mismo autor, un año después, en 1898, cambió su nombre por el de bentonita, debido a la localización del yacimiento estudiado en Fort Benton (Montana, U.S.A.).

Este depósito nunca fue explotado, y de hecho es tan sólo un afloramiento de arcilla montmorillonítica que aparece en los escarpes adyacentes al río Missouri en dicha zona.

Aunque el nombre del fuerte (Benton) haya dado lugar a la denominación de la roca (Bentonita), el depósito en cuestión no tiene importancia desde el punto de vista comercial, por la potente montera que lo recubre.

#### DEFINICIÓN DE BENTONITA

Se trata de un arcilla compuesta esencialmente por minerales del grupo de las esmectitas, con independencia de su génesis y modo de aparición. Ello significa que las bentonitas son rocas formadas por más de un tipo de minerales, aunque las esmectitas en general y la montmorillonita en particular,

son esenciales y los causantes de sus propiedades características.

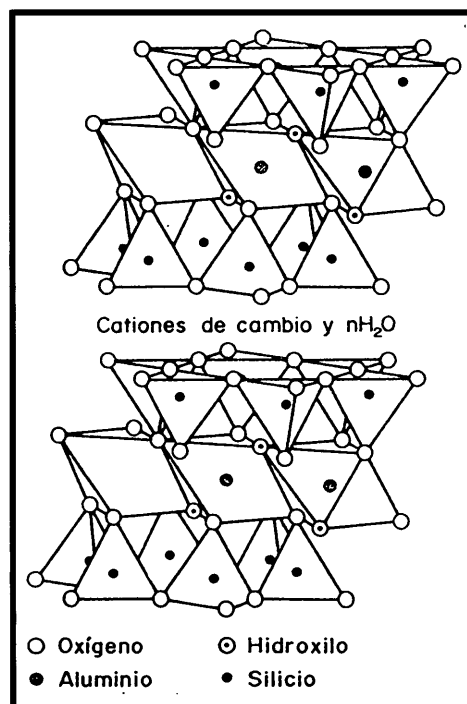


Figura 2. Estructura de la montmorillonita.

## CLASIFICACIÓN DE LAS BENTONITAS

Entre las numerosas clasificaciones existentes, nos limitaremos a la de PATTERSON y MURRAY (1983), que distinguen tres tipos, atendiendo a la capacidad de hinchamiento, en contacto con el agua:

- ▼ Altamente hinchables: bentonitas sódicas.
- ▼ Poco hinchables: bentonitas cálcicas.
- ▼ Moderadamente hinchables: bentonitas intermedias.

No obstante, lo que realmente las hace interesantes, desde un punto de vista tecnológico, es la tixotropía que las mismas presentan y que aun siendo una propiedad, como anteriormente se ha dicho, sobradamente conocida, no me resisto a comentarla brevemente.

Las arcillas bentoníticas en contacto con agua, forman suspensiones que, tras de un tiempo de reposo, dan lugar a geles. Pero si lo sometemos a una agitación, el gel pasa, nuevamente a ser una suspensión fluida, pudiendo repetirse, indefinidamente, dicha transformación, fenómeno que se conoce como tixotropía. Esta circunstancia puede explicarse con la hipótesis de que las partículas de arcilla cuando están en suspensión, se distribuyen de forma parecida a la configuración que presenta un castillo de naipes, tal como se representa en la fig. 3.

Las moléculas de agua se introducen en los intersticios de esta trama y pierden su libertad de movimiento. Cualquier acción brusca e intensa puede romper dicha situación, recuperando con ello, las moléculas de agua, su libertad de movimiento.

## 7. ORIGEN Y TIPOLOGÍA DE YACIMIENTOS DE BENTONITA

Las bentonitas en general presentan, en función de su riqueza en esmectitas, diversos procesos de formación, entre los que cabe destacar los siguientes:

- ▼ Transformación de minerales preexistentes.
- ▼ Precipitación química directa a partir de soluciones.
- ▼ Alteración de rocas volcánicas.

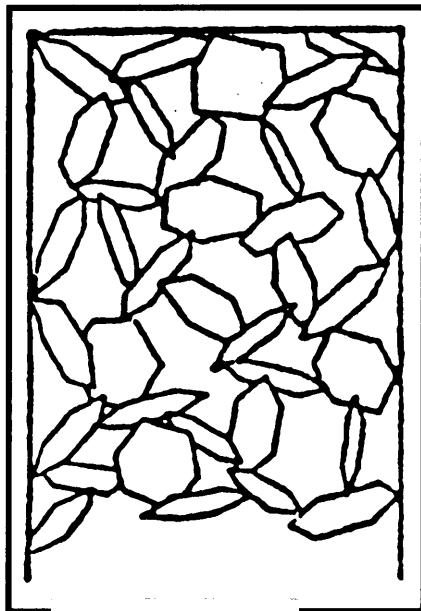


Figura 3.  
Representación esquemática del entramado de un conjunto tixotrópico.

## 8. APLICACIONES DE LAS BENTONITAS EN INGENIERÍA CIVIL

Dejando al margen otras aplicaciones industriales, pueden señalarse, en el ámbito de la Ingeniería Civil, las siguientes:

- ▼ Lodos de perforación para sondeos de: investigación y de reconocimientos geológicos y geotécnicos, investigación y captación de agua.
- ▼ Lodos de excavación para: muros pantalla, pilotes, escudos a presión en túneles de gran diámetro y en microtúneles.
- ▼ Lechadas de bentonita-cemento para: inyecciones de suelos con fines resistentes en primera instancia o en recalces, micropilotes y empuje de tubos horizontales.
- ▼ Impermeabilizaciones de suelos y obras de tierra.

▼ Georevestimientos con bentonitas para: obras hidráulicas (canales, depósitos de agua, balsas de riego, lagos y estanques artificiales en parques y jardines), protección medioambiental (revestimiento inferior de vertederos de residuos; cubiertas de sellado en vertederos clausurados; balsas para aguas contaminadas, fangos y cenizas; depósitos de residuos químicos orgánicos e inorgánicos; encapsulado y sellado de residuos radioactivos).

▼ Edificación: membranas, paneles y cordones para: impermeabilización de sótanos bajo el nivel freático; sellado de: juntas de construcción y dilatación; fisuras, muros y bordes de hormigón.

## 9. CONCLUSIÓN

Tal como se ha puesto de manifiesto, los materiales arcillosos descritos son de gran aplicación en el ámbito de la Ingeniería Civil y aunque en los últimos años se ha avanzado mucho en su conocimiento, quedan todavía cuestiones pendientes por resolver, pues tanto en el campo de Mineralogía, como en el de la Geotecnia, los materiales arcillosos son problemáticos incluso en su definición, clasificación y comportamiento.

Las conmemoraciones a las que he aludido, podrían ser un buen motivo para profundizar en la investigación de estos temas, tal como ya se anticipaba al principio de este artículo. ●

(1) Pero no se publicó hasta 1847, en el Bulletin de la Société Géologique de France, como puede apreciarse, en la fig. 1.

(2) Localidad francesa del Departamento de Vienne, a orillas del Gartempe.