

La sepiolita: un material eficaz para la higiene de las mascotas y la limpieza del medio ambiente

Sepiolite: a useful material for pet hygiene and cleaning the environment

Ana M.^a del Hoyo Martín^{1,*} y Fernando I. de Prada Pérez de Azpeitia²

¹ IES Francisco Umbral, Ciempozuelos, Madrid.

² Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (RSEF y RSEQ).

PALABRAS CLAVE:

Sepiolita
Bentonita
Perlas de sílice
Absorción
Adsorción

KEYWORDS:

Sepiolite
Bentonite
Silica beads
Absorption
Adsorption

RESUMEN:

Millones de personas en todo el mundo tienen un gato como mascota y utilizan sepiolita como lecho higiénico para eliminar los residuos y malos olores. Además, este mineral tiene otras muchas aplicaciones en diversos campos, como en la industria y la protección del medio ambiente. En esta investigación didáctica se analiza la característica principal de la sepiolita, la elevada capacidad de retención de líquidos, y se compara con otros materiales utilizados con el mismo fin: la bentonita y las perlas de sílice.

ABSTRACT:

Millions of people around the world have a cat as a pet and use sepiolite as litter to eliminate waste and odors. In addition, this mineral has many other applications in various fields, such as industry and environmental protection. This educational research analyzes the main characteristic of sepiolite, its high liquid retention capacity, and compares it with other materials used for the same purpose: bentonite and silica beads.

Introducción

Los materiales que proporciona la minería se encuentran presentes en muchos aspectos de nuestra vida cotidiana, haciéndonos la vida más fácil y construyendo un futuro más sostenible. En muchas ocasiones las materias primas minerales pasan inadvertidas, sin ser reconocido su verdadero valor en la sociedad. Este es el caso de la sepiolita, un mineral con unas propiedades específicas que se deben a su especial estructura, caracterizada por una gran superficie específica y porosidad interna (semejante a una esponja), lo que le confiere sus propiedades sorbentes y su versatilidad. Estas características la hacen eficaz en numerosos campos, el principal en la higiene de mascotas (sobre todo de gatos) para absorber la orina y los olores que generan sus residuos, manteniendo limpio y seco el arenero, lo que favorece el bienestar animal. Pero también presenta otras aplicaciones innovadoras, que van desde formar parte (como arcillas modificadas) de espesantes desarrollados para aumentar la viscosidad de los lodos y que puedan ser fácilmente retirados de las zonas inundadas tras la Dana que asoló Valencia,^[1] hasta utilizarse en la retirada de derrames de petróleo en los océanos que representan una grave amenaza para el medio ambiente,^[2] o en nanomedicina,^[3] como portador de fármacos (para mejorar su distribución en el organismo) y de ácidos nu-

cleicos (para la transferencia de genes en el tratamiento de enfermedades genéticas).

Precisamente, uno de los yacimientos de sepiolita más importantes a nivel mundial, y de mayor pureza (sobre el 90 %), se encuentra en España (Vicalvaro, Madrid), explotado a cielo abierto por la empresa minera Tolsa S. A. Para analizar su principal propiedad, la capacidad de adsorción, en sus laboratorios emplean métodos normalizados basados en la medida de la cantidad de líquido absorbido por una cantidad específica de sepiolita. A nivel didáctico, en los centros escolares, los estudiantes de ESO y Bachillerato pueden aplicar un sencillo método adaptado, con el objetivo de analizar el poder adsorbente de la sepiolita frente a diferentes líquidos y compararlo con otros materiales que se utilizan como lechos de mascotas.^[4]

Estructura y propiedades de la sepiolita

La sepiolita es una arcilla compuesta por un silicato natural hidratado de magnesio (subclase filosilicatos), de fórmula $Mg_3Si_2O_5(OH)_4 \cdot 8H_2O$.^[5] El mineral bruto de este yacimiento presenta la siguiente composición: 78 % de sepiolita, 9 % de feldespato, 5 % de cuarzo, 4 % de mica y 4% de calcita. Generalmente, es de color blanco o grisáceo (Figura 1). Es opaco, no deja pasar la luz, y mate, no la refleja bien. En la escala

de Mohs tiene una dureza de 3, por lo que se puede rayar fácilmente con la uña. No reacciona químicamente (inerte), es resistente al fuego (ignífugo), no es tóxica (ni para las personas ni para el medio ambiente) por lo que sus residuos no son peligrosos.

Mediante difracción de rayos X, se observa que presenta una estructura interna fibrosa con numerosos túneles y canales (Figura 2), formada por láminas de tetraedros de SiO_2 , en la que cada seis unidades tiene lugar una inversión de 180° , lo que origina una estructura tridimensional en fibras con discontinuidades y canales paralelos.^[6]



Figura 1. Mineral de sepiolita.

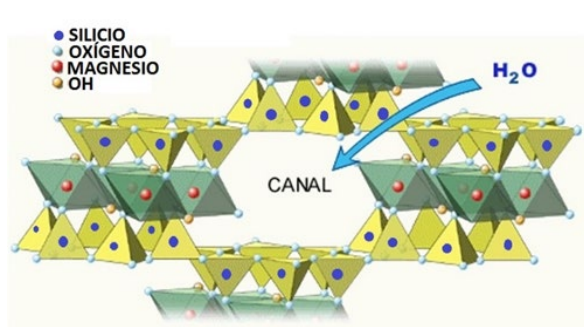


Figura 2. Esquema de la estructura de la sepiolita. Reproducido de la Ref. [6].

La alta porosidad de la sepiolita y la enorme superficie específica, del orden de $300 \text{ m}^2/\text{g}$,^[7] explica sus propiedades: elevada capacidad de retención de fluidos y baja densidad aparente ($0,6 \text{ g/mL}$, incluyendo los espacios vacíos), por lo que flota en el agua, de aquí el nombre de "espuma de mar".

Dos son los procesos de retención (sorción) que tienen lugar al entrar en contacto el agua con la sepiolita:

- Absorción: las moléculas de agua penetran en los canales internos de la estructura fibrosa y porosa, quedando retenidas en el volumen interno del mineral.
- Adsorción: las moléculas de agua se fijan en la superficie externa de las paredes de los canales por fuerzas intermoleculares. Este es el principal mecanismo responsable de la gran capacidad de la sepiolita de retener líquidos (y de ser utilizado como adsorbente industrial) y al que nos referiremos a lo largo de este artículo.

Aplicaciones

Cerca del 80 % de la sepiolita extraída, se destina directamente a aplicaciones relacionadas con su buena capacidad

adsorbente. Además, presenta numerosas aplicaciones, tanto industriales como relacionadas con la protección del medio ambiente.^[8]

- Industria química: adsorbente de líquidos nocivos y de gases contaminantes.
- Medio ambiente: recogida de vertidos contaminantes y derrames de petróleo, reteniéndolos y facilitando su posterior eliminación para evitar la contaminación de suelos y aguas.
- Seguridad del tráfico: adsorbiendo derrames de aceites y carburantes en vías públicas, carreteras y circuitos de carreras.
- Medicina: como principio activo para adsorber toxinas y como protector gastrointestinal.
- Alimentación animal: elaboración de piensos compuestos para mejorar la digestión y como portadores de vitaminas, minerales y antibióticos.
- Agricultura: aditivo para mejorar la retención de agua en suelos y como portador de fertilizantes.
- Construcción: aditivo en cementos especiales y mezclas de mortero.

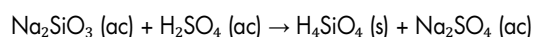
Otros materiales utilizados como arena de gatos

Además de la sepiolita, en el mercado se encuentran otros materiales que, por su buena capacidad de retención de líquidos, se utilizan como lechos de gatos: las perlas de sílice y la bentonita (Figura 3).



Figura 3. Lechos de gatos analizados: sepiolita (centro), perlas de sílice (izqda.) y bentonita (dcha.).

Las perlas de sílice contienen gel de sílice (sílica gel), un producto que se obtiene a partir de una solución acuosa de silicato de sodio (Na_2SiO_3), que se acidifica con ácido sulfúrico (H_2SO_4) para formar un precipitado gelatinoso (de aquí el término de gel) de ácido silícico (H_4SiO_4), que posteriormente se lava con agua y deshidrata.



El gel de sílice es el mismo producto que se introduce como desecante en los envases de productos electrónicos y farmacéuticos para protegerlos de la humedad (antihumectante).

A diferencia de la sílice cristalina, mineral con la misma fórmula química y con una estructura tridimensional ordenada, el gel de sílice tiene una estructura amorfa, formada por una red tridimensional muy porosa y de gran superficie, lo que permite atraer y adherir moléculas de agua (a nivel superficial)

principalmente por adsorción, al igual que el carbono activo. Esta unión se debe a las fuerzas de atracción intermoleculares de Van der Waals, entre las moléculas del adsorbente y las moléculas adsorbidas. Como resultado de estas interacciones, disminuye la energía de todo el sistema mediante un proceso exotérmico y reversible (la desorción requiere un aporte de energía).^[9]

Cuando se elabora para lecho de animales de compañía, se presenta en forma de gránulos denominados perlas de sílice, a los que se les suele añadir un aditivo antimicrobiano (desinfectante y bactericida), como cloruro de benzalconio, que inhibe el crecimiento de microorganismos por rotura de las membranas celulares.

Por otro lado, la bentonita es una arcilla compuesta principalmente por montmorillonita (silicato de aluminio hidratado) junto a otros minerales (cuarzo, feldespato...) y metales (magnesio, hierro...). Su estructura está formada por capas delgadas que se pueden separar y expandir, lo que hace posible almacenar moléculas de agua, formando una masa gelatinosa y provocando un considerable aumento de volumen.

Análisis comparativo de la capacidad de adsorción de la sepiolita

Como se ha indicado anteriormente, el principal mecanismo de sorción que tiene lugar en la sepiolita es la adsorción; por ello, la parte experimental se refiere a este proceso.

Objetivos principales

- Calcular la capacidad adsorbente de la sepiolita frente a diferentes líquidos.
- Realizar un análisis comparativo de la capacidad de adsorción de la sepiolita frente a otros materiales utilizados como lecho de mascotas.

Fundamento teórico

La capacidad de adsorción (C_{ads}) de arcillas, como la sepiolita, está directamente relacionada con sus propiedades: porosidad, capacidad de hidratación e hinchamiento. Esta característica se determina mediante métodos que miden la cantidad de líquido que un material puede adsorber en un tiempo determinado y se puede expresar de diferentes formas. Principalmente, mediante la relación entre la masa de líquido adsorbida ($m_{adsorbida}$) y la masa de adsorbente ($m_{adsorbente}$) utilizada:

$$C_{ads} (\%) = (m_{adsorbida} / m_{adsorbente}) \cdot 100$$

Así, una capacidad adsorbente del 100 % de la sepiolita respecto al agua, significa que 1 kg de sepiolita puede adsorber hasta 1 kg de agua.

El volumen de agua adsorbida (V_{ads}) se obtiene a partir de la diferencia entre el volumen de agua añadido ($V_{añadido}$) y el recogido ($V_{recogido}$) que no ha sido adsorbido.

$$V_{ads} = V_{añadido} - V_{recogido}$$

Conocido este volumen y su densidad, se obtiene su masa. Se han tomado las siguientes densidades: aceite de girasol 0,9 g·mL⁻¹, gasolina 0,7 g·mL⁻¹, lejía y anticongelante 1,1 g·mL⁻¹ y vinagre, la misma que la del agua, 1 g·mL⁻¹.

Materiales

Los materiales empleados para el desarrollo del proyecto fueron los siguientes (Figura 4):

- Lechos de gato: sepiolita, bentonita y perlas de sílice.

- Líquidos: agua destilada, vinagre de manzana (acidez 5°), aceite de girasol, lejía (37 g de cloro activo por litro), anticongelante (10% etilenglicol) y gasolina (95 octanos).
- Balanza digital.
- Probetas de plástico (u otros tubos cilíndricos) de 7,07 cm² perforadas con un punzón de 2mm por su base para permitir el goteo de líquidos. Se realizaron 5 agujeros.
- Probetas de vidrio de 100 mL.
- Vasos de precipitados de 250 mL.



Figura 4. Materiales utilizados para analizar la capacidad de retención de la sepiolita frente a diferentes líquidos.

Procedimiento

El procedimiento seguido (Figura 5), que se indica a continuación es una adaptación del método Ford y de la norma Westinghouse de Tolsa.^[10]

- Medir 50 g de sepiolita en una balanza.
- Introducir la sepiolita en la probeta perforada, y sujetarla con un soporte universal con pinza, en una posición inclinada, sobre 45°. (Figura 5).
- Colocar un vaso de precipitados debajo de la probeta.
- Verter 50 mL de agua en la probeta con sepiolita.
- Recoger en un vaso de precipitados el agua que sale por la parte inferior de la probeta.
- Transferir este líquido a una probeta graduada para medir su volumen.
- Repetir el mismo procedimiento con otros líquidos: vinagre, aceite, lejía, anticongelante y gasolina. Cada experimento se debe repetir 3 de veces para minimizar el error.

De forma semejante, se sigue el mismo procedimiento para analizar otros materiales utilizados como lecho de gatos: bentonita y perlas de sílice.

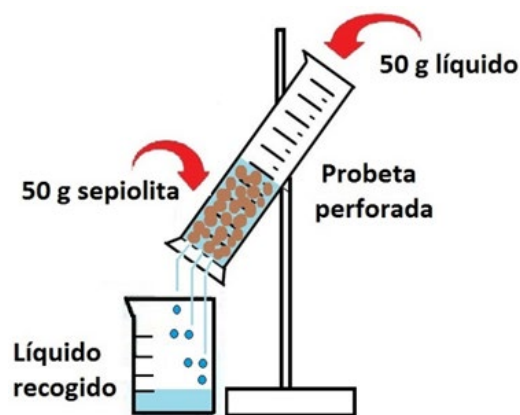


Figura 5. Esquema del montaje para determinar la capacidad de adsorción de la sepiolita.

Resultados

En el caso de la sepiolita, al añadir 50 mL de agua sobre 50 g del mineral, se recogieron 12 mL de líquido. El volumen adsorbido se obtiene por diferencia entre ambos volúmenes, siendo de 38 mL. Como la densidad del agua es de $1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$, la masa será de 38 g. Con estos valores, se puede calcular la capacidad de adsorción del mineral:

$$C_{\text{ads}} = (m_{\text{adsorbida}} / m_{\text{adsorbente}}) \cdot 100 = 38\text{ g} / 50\text{ g} \cdot 100 = 76\%$$

Los resultados obtenidos para la sepiolita en lo que respecta al agua, y a los otros líquidos, se recogen en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la capacidad de adsorción para la sepiolita.

Líquido	V _{añadido} (mL)	V _{recogido} (mL)	V _{ads} (mL)	M _{adsorbida} (g)	C _{ads} (%)
Agua	50	12	38	38	76
Vinagre	50	18	32	32	64
Aceite	50	28	22	20	40
Lejía	50	20	30	33	66
Anticongelante	50	18	32	35	70
Gasolina	50	31	19	13	27

En general, los valores obtenidos de la capacidad de adsorción para la sepiolita son significativamente inferiores a los proporcionados por el fabricante: 100-120 % para el agua y 50-70 % para el aceite. Entre las posibles razones, la más probable es que la sepiolita analizada no es totalmente pura. Aunque en los sacos de este producto generalmente no aparece esta información, la sepiolita destinada a arena de gatos suele ser la menos pura.^[11] Este dato condiciona en buena medida la cantidad de agua adsorbida. Por otro lado, además del agua que contiene en su composición química el mineral hidratado, el producto comercial puede alcanzar hasta un 12 % de humedad propia.

Los resultados obtenidos para la bentonita y las perlas de sílice se muestran en las tablas 2 y 3, respectivamente. Se debe indicar que la capacidad adsorbente para la bentonita solo pudo ser analizada para el agua, aceite y gasolina. Para los otros líquidos, no se obtuvieron resultados debido al elevado carácter aglomerante de la bentonita: formaba una masa tan densa y compacta que impedía el paso.

Tabla 2. Resultados de la capacidad de adsorción para la bentonita.

Líquido	V _{añadido} (mL)	V _{recogido} (mL)	V _{ads} (mL)	M _{adsorbida} (g)	C _{ads} (%)
Agua	50	22	28	28	56
Aceite	50	34	16	14	29
Gasolina	50	39	11	8	15

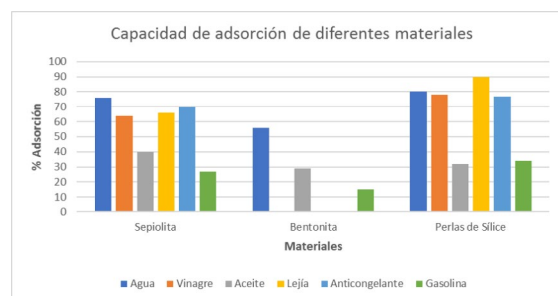
Tabla 3. Resultados de la capacidad de adsorción para las perlas de sílice.

Líquido	V _{añadido} (mL)	V _{recogido} (mL)	V _{ads} (mL)	M _{adsorbida} (g)	C _{ads} (%)
Agua	50	10	40	40	80
Vinagre	50	11	39	39	78
Aceite	50	32	18	16	32
Lejía	50	9	41	45	90
Anticongelante	50	15	35	39	77
Gasolina	50	26,5	24	17	34

Desde el punto de vista económico, el precio de mercado de los lechos difiere bastante: el de la sepiolita es 0,28 €/kg, el de la bentonita, 0,75 €/kg, y el de las perlas de sílice, 2,11 €/kg. La sepiolita es el material más económico, en contraposición con las perlas de sílice, que tienen un coste considerablemente superior: 7,5 veces el de la sepiolita.

Análisis de resultados

En la gráfica 1 se resumen todos los resultados de la investigación y de su análisis se deducen las siguientes conclusiones:



Gráfica 1. Estudio comparativo de porcentaje de adsorción de los materiales analizados.

(a) La mayor capacidad de adsorción de la sepiolita es frente el agua, mientras que para el aceite y la gasolina ofrece los valores menores. Este mineral es el lecho que reúne la mejor relación entre la capacidad de absorción y el precio.

(b) La sepiolita, dada su composición química y estructura, tiene mayor afinidad por las moléculas polares (ácido acético, agua) que por otros líquidos formados por moléculas de mayor tamaño y menos polares (presentes en el aceite y la gasolina), por lo que a las moléculas polares les resulta más fácil llenar los canales de la estructura.

(d) La bentonita presenta una capacidad de adsorción de líquidos inferior al resto de lechos analizados. De forma semejante al resto, el agua es el líquido que más adsorbe.

(c) Las perlas de sílice retienen mayor cantidad de líquidos que los otros dos lechos. Sigue una tendencia similar a la sepiolita, con una eficacia mayor para el agua y menor para el aceite y la gasolina. Si bien, su coste es bastante elevado.

Gestión de residuos

Los materiales sólidos impregnados en agua, vinagre, lejía y pueden ser tratados como residuos que no se reciclan y verterlos al contenedor gris. Los residuos sólidos impregnados en gasolina, anticongelante y aceite, se consideran peligrosos y deben ser recogidos en bolsas independientes para depositarlas en un punto limpio.

Conclusiones

El análisis de la sepiolita en el laboratorio, un producto cotidiano presente en numerosos hogares, permite a los estudiantes de ESO y Bachillerato realizar una investigación cuantitativa sobre el principal índice de calidad de la sepiolita, poniendo en práctica contenidos y habilidades del currículo de física y química. A la vez, se muestra la relación entre la química y otras subdisciplinas, como la geoquímica: de la composición química de los minerales depende su estructura tridimensional y, de esta, sus propiedades (físicas y químicas) y aplicaciones. El conjunto de todo ello hace de este estudio un recurso didáctico excelente para las aulas de secundaria.

Agradecimientos

Agradecer a la Facultad de Ciencias Químicas de la UCM la concesión del primer premio en el III Certamen de Proyectos Educativos de Química (2025), por el trabajo presentado sobre la sepiolita, en el que participaron estudiantes de 4ºESO del IES Francisco Umbral (Ciempozuelos. Madrid).

Bibliografía

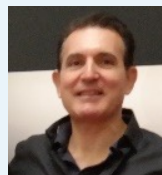
- [1] Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, "El CENIM-CSIC emplea con éxito materiales espesantes contra el lodo de los garajes para facilitar su extracción tras la DANA", disponible en <https://www.cenim.csic.es/el-cenim-csic-empieza-con-exito-materiales-espesantes-contra-el-lodo-de-los-garajes-para-facilitar-su-extraccion-tras-la-dana/>, **2024** (consultado 15/09/2025).
- [2] F.Zhou, M. Yang, Y. Liu, J. Zhang, Y.Gao, C.Yan, *Microporous Mesoporous Mater.* **2022**, 338,111952, <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2022.111952>.
- [3] F. A. Castro-Smirnov, O.E. Rodríguez-Hoyos, F. Guzmán-Martínez, B. S. López, O. Piétrement J. Ayache, E. Le Cam, J. R. Bertrand, P. Aranda, E. Ruiz-Hitzky, *Biotechnol. Appl.* **2017**, 34(3), 3511-3514.
- [4] F. Prada, J. L. de Luis, *Vivir educando* **2002**, 7, 848-850.
- [5] N. Song, A. Hursthouse, I. McLellan. Z. Wang, *Environ. Geochem. Health* **2021**, 43, 2679-2697, <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00705-0>.
- [6] Cerezo, C. Aguzzi, C. Vicerias Iborra, A. Cerezo, *Libro de comunicaciones del VI Congreso de la SEFIG*, Comares, Granada, **2003**.
- [7] J. Moya, C. Pecharromán, A. E. Cubillo, "La sepiolita, un mineral estratégico: desde las camas de gatos a la nanotecnología", disponible en <https://www.madrimasd.org/sepiolita-un-mineral-estrategico-desde-las-camas-gatos-nanotecnologia>, **2006** (consultado: 15/09/2025).
- [8] A. Álvarez, *Dev. Sedimentol.* **1984**, 37, 253-287, [https://doi.org/10.1016/S0070-4571\(08\)70044-X](https://doi.org/10.1016/S0070-4571(08)70044-X).
- [9] P. W. Atkins, J. De Paula, *Physical chemistry*, Oxford University Press, United Kingdom **2006**, pp. 916-917.
- [10] Y. Cabaleiro, M. Velázquez, M. Huertemendía, D. Martín, R. Hidalgo, J. M. Estrada, D. Puente, en *Libro de Comunicaciones V Convención cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias, La Habana.* **2013**.
- [11] E. Ruiz-Hitzky, S. Leguey, A. Álvarez, "Sepiolita: materia prima y materiales avanzados", disponible en <https://www.madrimasd.org/sepiolita-materia-prima-materiales-avanzados>, **2007** (consultado 15/09/2025).



Ana M. del Hoyo Martín

Departamento de Física y Química, IES Francisco Umbral, Ciempozuelos, Madrid
Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (RSEF y RSEQ)
 E-mail: anamaria.delhoyomartin@educa.madrid.org
 ORCID: 0000-0002-4173-1526

Doctora en Química Orgánica (2014) por la Universidad Autónoma de Madrid. Ha trabajado en investigación en la Universidad de Groningen, ICIQ y NovAlix. Actualmente es profesora de Física y Química en IES Francisco Umbral de Ciempozuelos y miembro del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (RSEQ/RSEF). Ha participado en diferentes eventos de divulgación científica como: Disfrutar Divulgando Desinteresadamente y en la Feria Madrid es Ciencia dentro del stand de la RSEF.



Fernando I. de Prada Pérez de Azpeitia

Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (RSEF y RSEQ)
 E-mail: fernando.pradaperez@educa.madrid.org
 ORCID: 0000-0002-4897-2082

Profesor de Física y Química en la Comunidad de Madrid y miembro del GEDH (RSEQ/RSEF) y de la DEDF (RSEF). Participa de forma activa en eventos de divulgación científica: Feria Madrid es Ciencia, Ciencia en Acción, *El Pati de la Ciència*, ConCienciaarte, Jornadas de Divulgadores de Ciencia, etc. Colabora con diversas instituciones y empresas: Aula Mentor, Centros de Innovación y Formación del Profesorado, Grupo Editorial SM, etc.