

Arcillas:

los fertilizantes sustentables

Geolar **Fetter**
Franchescoli D. **Velázquez Herrera**

En diversas circunstancias, el suelo destinado a la producción agrícola pierde los nutrientes necesarios para que las plantas se desarrollen adecuadamente. Los fertilizantes, que son productos que ayudan al enriquecimiento de los suelos mediante el aporte de nutrientes como nitrógeno, potasio y fósforo, ayudan a solventar este problema.

En la actualidad, existen diversos tipos de fertilizantes que se pueden clasificar en: químicos, orgánicos, sustentables y biofertilizantes.

FERTILIZANTES QUÍMICOS

Los fertilizantes químicos son de origen inorgánico y se obtienen mediante procesos químicos, de tal manera que su composición se base en nitratos, fosfatos y minerales de potasio. El principal beneficio que presentan para la agricultura es que con ellos es posible obtener resultados muy rápidos. No obstante, a pesar de ser muy eficaces para los cultivos a gran escala, tienen la desventaja de que son altamente contaminantes, por ejemplo, al fertilizar los cultivos solo una parte es retenida por las plantas, mientras que otra parte, que llega a ser más del 50 % en muchos casos, suele ser arrastrada por el viento o la lluvia, contaminando ríos, lagos, estuarios y cuencas, entre otros, a través de un proceso conocido como eutrofización.



Figura 1. Imagen de una laguna contaminada por un proceso de eutrofización (Borrás, 2022).



Figura 2. Imagen de animales acuáticos muertos por la contaminación en la albufera del Mar Menor, Murcia, España.

Este proceso suministra un exceso de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, y provoca que las algas y otras plantas crezcan en abundancia (Figura 1). Durante el crecimiento y putrefacción de estas plantas se consume gran cantidad del oxígeno disuelto en el agua, y se aporta materia orgánica (fango) en abundancia, de manera que la superficie del agua queda cubierta, lo que impide que absorba oxígeno del aire, originándose así aguas con muy bajos niveles de oxígeno, lo que promueve la muerte y putrefacción de los peces, crustáceos y otros animales acuáticos.

Este fenómeno es cada vez más frecuente en todo el planeta. Un ejemplo es el caso del Mar Menor, en Murcia, España, donde en 2019 y 2021 aparecieron toneladas de peces muertos en las playas como resultado de la eutrofización de esta albufera (Figura 2).



Figura 3. Imagen de una playa de Cancún infestada de sargazo, Riviera Maya, México, agosto, 2022.

Otro fenómeno similar ocurre en la Riviera Maya (Figura 3), en donde la reciente invasión de sargazo a la costa ocasiona la alteración del ecosistema marino, derivado del exceso de nutrientes que promueven la eutrofización; además, la falta de animales acuáticos que lo consumen incrementa aún más este fenómeno, sin olvidar el malestar que se genera a los bañistas por el mal olor y la contaminación de las blancas arenas.

FERTILIZANTES ORGÁNICOS

A los fertilizantes orgánicos se les conoce como abonos, debido a que son de origen animal o vegetal. Su principal beneficio es el de mejorar el estado del suelo y favorecer la retención de agua y nutrientes, lo que permite tener una agricultura ecológica. Algunos de estos fertilizantes son el estiércol, el compostaje y los abonos verdes. No obstante, una de sus desventajas es que sus nutrientes tardan mucho tiempo en generarse y son menos solubles, haciendo que las plantas tarden más en absorberlos (comparado con los fertilizantes químicos). Otra desventaja la presentan el estiércol y el compostaje, los cuales generan suelos altamente ácidos que requieren el empleo de otras sustancias para remediar esta situación, sin olvidar la putrefacción de la biomasa con las consecuentes emisiones gaseosas que producen mal olor, son contaminantes y tóxicas. Del mismo modo, estos fertilizantes, dispersos en agua, se utilizan como medio de irrigación y fertilización simultánea.



Figura 4. Imagen de las colonias de bacterias del género *Rhizobium* fijadas a las raíces de una planta leguminosa.

Por ejemplo, el uso de aguas residuales o negras para el riego de cultivos, como ocurre en sembradíos de países en desarrollo o subdesarrollados; tal es el caso en algunas tierras del Estado de México, donde se emplean aguas negras para irrigar y fertilizar cultivos de maíz.

BIOFERTILIZANTES

Los biofertilizantes contienen microorganismos vivos que generan nutrientes para las plantas, mejorando la agricultura ecológica, ya que son muy respetuosos con el medio ambiente. Una de sus desventajas es que su aplicación se realiza a pequeña y mediana escala, debido a que su producción no es tan eficaz como la producción de los fertilizantes químicos.

No obstante, encuentran cada vez más aplicaciones para el cultivo de alimentos orgánicos, es decir, que no utilizan pesticidas artificiales, fertilizantes químicos o herbicidas. Un ejemplo de microorganismos empleados en estos fertilizantes es el *Rhizobium*, un género de bacterias del suelo que establece relaciones simbióticas con las plantas de tipo leguminoso, fijándose en sus raíces a través de agrupamientos de forma esférica o cilíndrica (Figura 4).

Estos fertilizantes tienen la capacidad de fijar nitrógeno proveniente del aire y así formar compuestos de nitrógeno como los nitratos. Además de estos microorganismos, se pueden encontrar otros con efecto fertilizante, como los *Azotobacter* o los *Azospirillum*.

FERTILIZANTES SUSTENTABLES

Los fertilizantes sustentables más que un tipo específico son un conjunto de fertilizantes muy variado que se caracteriza principalmente por el respeto al medioambiente debido a que protegen la calidad de los suelos y los mantos acuíferos. De entre toda la gama que existe, se pueden encontrar fertilizantes minerales que se consiguen partiendo de materias primas que proceden de la naturaleza. Un ejemplo de ellos son las arcillas.

LAS ARCILLAS COMO FERTILIZANTES SUSTENTABLES

Las arcillas son minerales naturales o sintéticos que presentan una infinidad de aplicaciones. Son muy abundantes en la naturaleza y representan el 3 % de la corteza terrestre. Se suelen utilizar en aplicaciones, desde las más sencillas como la producción de ladrillos, hasta las más complejas como la elaboración de nanomateriales con enfoques biomédicos.

Las aplicaciones de las arcillas derivan de sus estructuras particulares que están formadas por el apilamiento de láminas de silicatos y otros compuestos. Entre las láminas se encuentran especies químicas iónicas que actúan como pilares, resultando en una estructura similar a la de un edificio con muchos espacios vacíos, lo cual origina materiales altamente porosos a escala nanométrica (Figura 5).

Es gracias a esta propiedad que tienen la capacidad de adsorber agua y otros compuestos en su interior. Además, tienen la flexibilidad de expandirse en presencia de agua y retraerse en ausencia de esta, constituyendo una estructura elástica.

Otro factor importante es su composición química, ya que, según los elementos presentes, pueden

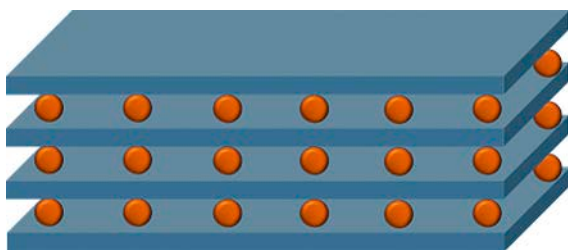


Figura 5. Representación de la estructura de una arcilla en donde se observa el apilamiento de las láminas y los iones intercambiables.

resultar en arcillas con propiedades ácidas o básicas, conductoras, semiconductoras o aislantes de electricidad, hidrofílicas o hidrofóbicas, suaves como el talco o rígidas como la piedra, blandas poco resistentes o compactas altamente resistentes, entre otras. Además, su bajo costo permite su explotación industrial.

La aplicación de las arcillas como fertilizantes sustentables se basa, por un lado, en los elementos químicos de su estructura que actúan como nutrientes o formadores de nutrientes para las plantas y, por otro, en la capacidad de retener nutrientes y agua en sus poros. Esta capacidad permite dividirlas en catiónicas y aniónicas. Las aniónicas pueden albergar iones de nitratos, boratos y fosfatos ubicados en los espacios interlaminares y que actúan como macronutrientes, mientras que sus láminas pueden contener iones de zinc, calcio, cobre, hierro o magnesio, que actúan como micronutrientes (Figura 6A).

Las arcillas catiónicas suelen contener en sus láminas elementos que sirven de micronutrientes como el hierro, manganeso, cobre, cobalto y zinc. Además, en los espacios interlaminares se pueden albergar macronutrientes como el potasio y el calcio (Figura 6B).

Tanto los elementos estructurales como los nutrientes localizados en los poros pueden ser liberados a las plantas de un modo controlado, adoptando el nombre de materiales de liberación controlada de sustancias. Este proceso es la base para que estos materiales se apliquen como fertilizantes óptimos, dado que los nutrientes son liberados a medida de

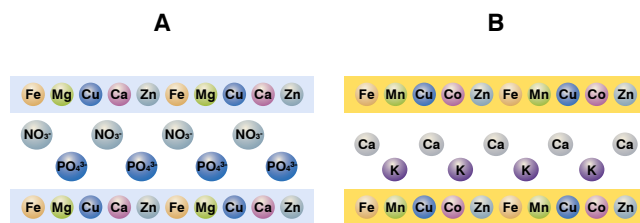


Figura 6. Representación de las estructuras de los dos tipos de arcillas: A) Aniónicas: se basan en cationes ubicados en las láminas y aniones entre las láminas y B) Catiónicas: presentan aniones en las láminas y cationes interlaminares.

la necesidad de las plantas, obteniendo un alto rendimiento en la captación de los nutrientes, en contraste con la poca efectividad de absorción de los fertilizantes químicos. Además, las arcillas actúan como reguladores del pH de los suelos. En suelos ácidos, la adición de arcillas aniónicas, de carácter básico, favorece la disminución de la acidez, mientras que, en suelos básicos, la basicidad es regulada por las arcillas catiónicas.

La sustentabilidad de las arcillas se basa en su naturaleza, ya que las técnicas empleadas en su producción son amigables con el medioambiente, y su utilización como fertilizantes no genera un impacto ecológico negativo y sí reduce los problemas de desperdicio de fertilizantes, además de disminuir el proceso de eutrofización y los costos de producción. Otro aspecto importante es que las arcillas son materiales no tóxicos y que, al contrario, suelen ser usadas en la desintoxicación por metales pesados o para la neutralización de la acidez estomacal.

Su empleo como fertilizantes sustentables no es nuevo, pues se tiene conocimiento de su uso en la época antigua, pero es solo en la actualidad que se retomó este concepto.

Contrario a sus bondades, el exceso en el empleo de arcillas como fertilizantes sustentables también puede provocar daños en las plantaciones.

Esto debido a su gran capacidad de retención de agua, lo que provoca una excesiva humidificación de los suelos y, consecuentemente, la putrefacción de las raíces y la muerte prematura de las plantas.

La fertilización con arcillas ha ido mejorando día a día, adaptándose a las necesidades de la época actual y generando una solución factible en muchos



© Enrique Soto. Serie "Mofles", 2007.

aspectos, como su alta disponibilidad y sus bajos costos, todo lo cual permite atender a los nuevos desafíos que presenta la agricultura sustentable.

REFERENCIAS

- Benício LPF, Constantino VRL, Pinto FG, Vergütz L, Tronto J and Da Costa LM (2017). Layered Double Hydroxides: New Technology in Phosphate Fertilizers Based on Nanostructured Materials. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* 5(1):399-409. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b01784>.
- Borrás C (2022). *Qué es la eutrofización: definición y características*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-eutrofizacion-definicion-y-caracteristicas-34.html>.
- de Castro GF, Zotarelli L, Mattiello EM and Tronto J (2020). Alginate beads containing layered double hydroxide intercalated with borate: a potential slow-release boron fertilizer for application in sandy soils. *New Journal of Chemistry* 44(39):16965-16976. <https://doi.org/10.1039/D0NJ03571H>.
- Del Hoyo C (2007). Layered double hydroxides and human health: an overview. *Applied Clay Science* 36(1-3):103-121. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2006.06.010>.
- DGCS-UNAM (2018). *México, segundo país en utilizar agua residual cruda para el riego*. DGCS de La UNAM. <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/mexico-segundo-pais-en-utilizar-agua-residual-cruda-para-el-riego/>.
- Domínguez JM and Schifter I (1995). *Las arcillas: el barro noble*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Fetter G y Velázquez-Herrera FD (2020). Las bondades y maldades de las arcillas. *Materiales Avanzados* 32:24-28.
- Navarro García G y Navarro García S (2014). *Fertilizantes: química y acción*. México: Mundiprensa.
- Rives V (2001). *Layered double hydroxides: Present and future*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Velázquez Herrera FD y Fetter G. (2022). *Arcillas: Desvelando sus secretos*. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Geolar Fetter
Francescoli D. Velázquez Herrera
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Ciencias Químicas
geolar.fetter@correo.buap.mx



© Enrique Soto. Serie "Mofles", 2008.