



CRHIAM

CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA LA AGRICULTURA Y LA MINERÍA

ANID/FONDAP/15130015

ANID/FONDAP/1523A0001

POLICY
BRIEFS
CRHIAM

27

Estruvita como fuente alternativa de fósforo: un elemento esencial para la vida



Valentina Carillo, Eduardo Holzapfel y Gladys Vidal

ESTRUVITA COMO FUENTE ALTERNATIVA DE FÓSFORO: UN ELEMENTO ESENCIAL PARA LA VIDA

Por Valentina Carrillo, investigadora postdoctoral CRHIAM; Eduardo Holzapfel, investigador asociado CRHIAM; y Gladys Vidal, directora CRHIAM.

Este documento se basa en las Series Comunicacionales CRHIAM "Evolución del marco institucional del fósforo: desde su recuperación al cierre del ciclo", autores Valentina Carrillo, Eduardo Holzapfel, Lorna Guerrero y Gladys Vidal; y "Estruvita: fuente reciclada de fósforo obtenida de aguas residuales", autores Valentina Carrillo, Dafne Crutchik, Eduardo Holzapfel, Yves Lesty y Gladys Vidal.

Versión impresa ISSN 2735-7929

Versión en línea ISSN 2735-7910

- El fósforo es un recurso esencial para el crecimiento de las plantas y, por lo tanto, es crucial para la producción de alimentos y agricultura. Sin embargo, este nutriente se extrae de un recurso no renovable, la roca fosfórica, que podría previsiblemente agotarse dentro de las próximas décadas.
- Además, el fósforo es un macronutriente fundamental en la agricultura, descubierto en 1688, siendo crucial para el crecimiento de las plantas. Su uso fue clave para mejorar los rendimientos de los cultivos, impulsando la denominada revolución verde, que ha permitido alimentar a miles de millones de personas.
- Actualmente, la escasez de fósforo es un gran desafío global. Desde el siglo XIX, las rocas fosfóricas se han sobreexplotado para fertilizantes. La FAO informa que la demanda de fósforo en fertilizantes creció un 10,39% entre 2016 y 2022.
- Un problema adicional es la liberación de fósforo de las aguas servidas en cuerpos de agua, lo que genera eutrofización. Esto causa la proliferación de algas y el deterioro de la calidad del agua, afectando la biodiversidad y la salud humana. La recuperación de fósforo en plantas de tratamiento de aguas residuales se lleva a cabo mediante precipitación química, generando un precipitado que puede ser reutilizado como fertilizante.
- La gestión integral de las aguas servidas y su tratamiento es una de las acciones claves para recuperar el fósforo. Lamentablemente en América Latina, las disparidades en términos de recursos económicos y tecnológicos obstaculizan el cierre del ciclo del uso de fósforo.

DESCUBRIMIENTO, RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DEL FÓSFORO

La evolución temporal del fósforo comienza en 1688, con el descubrimiento por Albino, como elemento esencial para el crecimiento de las plantas. Desde aquí se crearon las primeras patentes británicas para producir fertilizantes estableciéndose la primera fábrica de fertilizantes en Deptford, Inglaterra.

Los recursos de fósforo económicamente extraíbles podrían agotarse dentro de los próximos 50 a 100 años

A medida que los fertilizantes químicos intensificaron su uso en el siglo XIX, las rocas fosfóricas han sido sobreexplotadas, los cuales ejercen una presión cada vez mayor sobre sus reservas finitas. La intensificación del uso de fertilizantes químicos en los suelos permitió mejorar el rendimiento de los cultivos, impulsando la Revolución Verde, que alimentó a miles de millones de personas durante la década de 1960.

La urbanización y crecimiento de la población aumentó la contaminación de agua por nutrientes, como el fósforo, con consecuencias graves para la salud humana, los ecosistemas y la economía. En respuesta, se desarrollaron procesos avanzados de tratamiento de aguas residuales que incluyen la eliminación de fósforo. Durante las décadas de 1990 y 2000, se observó un creciente interés por parte de gobiernos y organizaciones internacionales en abordar cuestiones relacionadas con la protección ambiental. A pesar de que históricamente el fósforo se consideraba un contaminante y, como tal, estaba sujeto a regulaciones, en el siglo XXI se reconoció cada vez más que este mineral es un recurso escaso a nivel mundial. Por consiguiente, el nuevo enfoque propone un cambio de paradigma en el tratamiento de aguas servidas, donde nutrientes como el fósforo son reconocidos como una "materia prima valiosa" y así contribuyen a cerrar este ciclo.

RECUPERACIÓN DE FÓSFORO: ESTRUVITA

La estruvita es una sustancia cristalina blanca compuesta por magnesio, nitrógeno y fósforo ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$), que precipita bajo condiciones óptimas (pH, concentración molar) en el tratamiento de aguas servidas. Se considera el precipitado más deseable para la recuperación de fósforo debido a su alta pureza (94% a 99%), lo que lo convierte en un fertilizante altamente valorado en la agricultura.

El valor teórico de la composición de la estruvita utilizada como fertilizante es de 12,5% de fósforo (P), 5,7% de nitrógeno (N) y 9,9% magnesio (Mg).

SISTEMA CIRCULAR Y SOSTENIBLE PARA LA GESTIÓN DEL FÓSFORO

Una estrategia integral para el ciclo de este elemento ha sido la recuperación de fósforo de las aguas servidas, impulsada por la escasa disponibilidad como fertilizantes. Otra alternativa ha sido la reutilización de residuos orgánicos como abono, el reciclaje de productos con contenido de fósforo, y reducir pérdidas en la utilización de fertilizantes, evitando corrientes de pérdida como la lixiviación y escorrentía.

El objetivo es establecer un sistema circular y sostenible para la gestión del fósforo, evitando depender de la extracción de minerales fosfatados no renovables. Para ello, se necesita redefinir y rediseñar los sistemas de producción humana, por lo que aparece el concepto de "Economía Circular". Esta propuesta busca cambiar de una economía lineal a una circular, enfocándose en el reciclaje, limitación y reutilización de los insumos físicos. Además, promueve el uso de residuos como recurso, lo cual contribuye a reducir el consumo de recursos primarios.



Para poder adoptar la economía circular del fósforo es necesario adoptar un marco institucional en el cual se implementen restricciones en las descargas de este elemento, la adopción de alternativas de tratamiento de aguas servidas que impulsen su recuperación, la reutilización de productos con alto contenido de fósforo, así como el establecimiento de acuerdos para el mercado de fertilizantes e imposición de límites óptimos para su aplicación en la agricultura.

Estas medidas se orientan a minimizar las pérdidas de fósforo, con el objetivo de garantizar la seguridad ambiental y la protección de la salud pública.

Actualmente, Europa se considera la región más avanzada en estas cuestiones, destacando países como Alemania, Países Bajos, Suiza, Austria y Dinamarca. Europa posee el 64% de las instalaciones a gran escala a nivel mundial que producen principalmente estruvita. Donde destacan tecnologías como Pearl (OSTARA®), NuReSys®, AirPrex® STRUVIA y Phosphogreen™. Estos países dan prioridad a políticas y leyes estrictas de economía circular, teniendo un enfoque integral de la gestión de los recursos naturales con estrategias más amplias relacionadas con la recuperación de nutrientes y la agricultura sostenible.

RECOMENDACIONES

- Es necesario adoptar un enfoque colaborativo que asegure la coordinación institucional para contribuir a la toma de decisiones informadas y eficientes en el ámbito de la recuperación sostenible de fósforo.
- Se deben de incluir incentivos y políticas públicas que impulsen la recuperación de fósforo en plantas de tratamientos, como subsidios, apoyos financieros o estímulos fiscales fomentando la adopción de tecnologías respaldadas por prácticas viables para obtener un producto recuperado de fósforo.
- La legislación ambiental es un factor clave en la gestión de residuos y la prevención de la contaminación de recursos hídricos. Es fundamental la implementación de normas legales que establezcan requisitos y estándares para el tratamiento de aguas servidas.
- Impulsar un mercado competitivo en torno a los subproductos de las aguas servidas, otorgando viabilidad a través de la armonización de requisitos legales de los productos.
- En el ámbito educativo, los estudios de investigación y la financiación de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) son promotores cruciales que fomentan la generación de conocimiento sobre el pensamiento circular del fósforo.

REFERENCIAS

CRHIAM. 2024. Evolución del Marco Institucional del Fósforo: Desde su recuperación al cierre del ciclo. Disponible en: https://www.crhiam.cl/wp-content/uploads/2024/03/No65_Serie-comunicacional-CRHIAM-Evaluacion-del-marco-institucional-del-fosforo.pdf

CRHIAM. 2024. Estruvita: fuente reciclada de fósforo obtenida de aguas residuales. Disponible en: https://www.crhiam.cl/wp-content/uploads/2024/08/No77_Serie-comunicacional-CRHIAM-Estruvita-fuente-reciclada-de-fosforo-obtenida-de-aguas-residuales.pdf

POLICY
BRIEFS
CRHIAM
27



CRHIAM

CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA LA AGRICULTURA Y LA MINERÍA

ANID/FONDAP/15130015

ANID/FONDAP/1523A0001



Universidad de Concepción



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA



Universidad del Desarrollo
Universidad de Excelencia



📍 Victoria 1295, Concepción – Chile

☎ 41-2661570

✉ crhiam@udec.cl

@crhiam        crhiam.cl