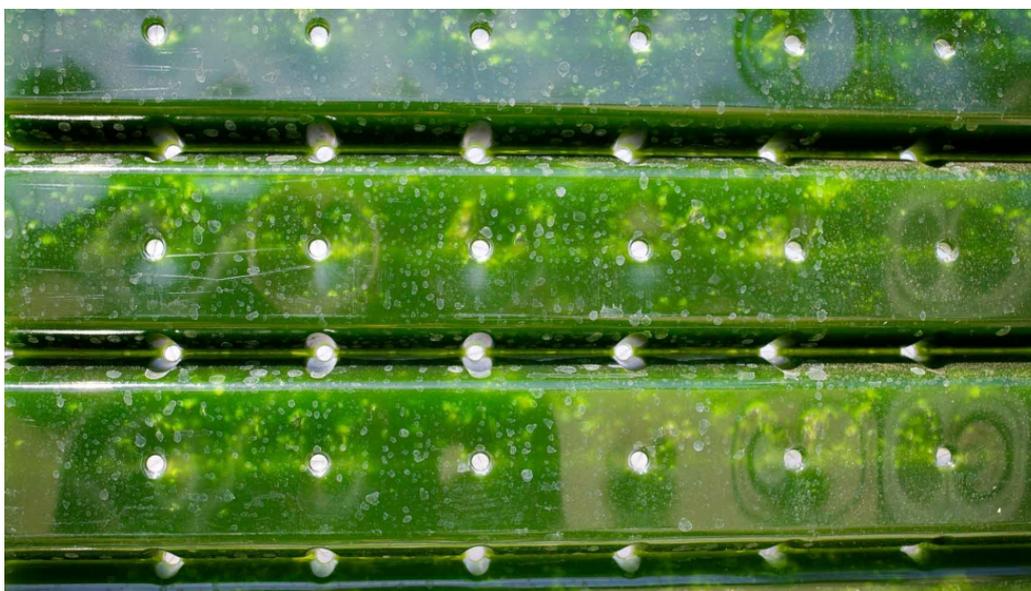


Biofertilizantes a base de microalgas procedentes del tratamiento de aguas residuales: beneficios y situación actual

Lidia Garrote Moral, Centro Tecnológico CARTIF

Se ha demostrado que la utilización de aguas residuales para cultivar microalgas podría resolver algunos de los principales retos a los que se enfrenta la sociedad moderna como los problemas de demanda de agua dulce, el alto coste de los nutrientes y la necesidad de tratar los residuos. La introducción de la biomasa de algas en la industria de fertilizantes supone un avance en el desarrollo sostenible de la agricultura moderna y un sustituto ideal de los fertilizantes químicos por los biofertilizantes, que son verdes, saludables y no contaminan, evitando problemas cruciales como el desequilibrio de la proporción de NPK, el endurecimiento del suelo, la salinización, la reducción de nutrientes y la contaminación de las aguas subterráneas.



Microalgas como biofertilizante: bioestimulante y biopesticida

Las restricciones legislativas sobre el uso de fertilizantes minerales y la tendencia general a reducir el uso de productos químicos mediante el desarrollo de sustitutos o la sustitución parcial con formulaciones que tienen el potencial de aumentar la eficiencia de los métodos convencionales, crean importantes oportunidades para el uso de algas como fertilizante.

La integración del cultivo de microalgas y el reciclaje de nutrientes en las aguas residuales puede conducir a la producción de microalgas adecuadas para ser utilizadas como biofertilizantes. Dependiendo del tipo de microalgas y de los flujos de aguas residuales, varios estudios han descubierto que las formulaciones de microalgas cultivadas en aguas residuales como biofertilizantes podrían mejorar el rendimiento y las características nutricionales de varios cultivos [1].

La biomasa de algas contiene valiosos compuestos que son ideales para ser utilizados como bioestimulantes, biopesticidas y para producir biofertilizantes. Las microalgas verdes, como la *Chlorella*, son capaces de producir sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, como las auxinas y las citoquininas, entre otras, que potencian el crecimiento de las plantas superiores.

El uso de esta biomasa para mejorar el crecimiento de las plantas se ve facilitado por las nuevas políticas de la UE (bioeconomía, economía circular) que promueven el desarrollo de normas relativas a los productos basados en materias primas secundarias. Las microalgas utilizadas para la conversión de corrientes ricas en nutrientes procedentes de otras materias primas, como la digestión del estiércol y los efluentes de la industria alimentaria, son convertidas en fertilizantes de liberación lenta que tienen un menor impacto medioambiental en comparación con el uso exclusivo de fertilizantes inorgánicos [2]. Además, las microalgas pueden contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el secuestro de CO₂ y NO_x procedentes de usos industriales.

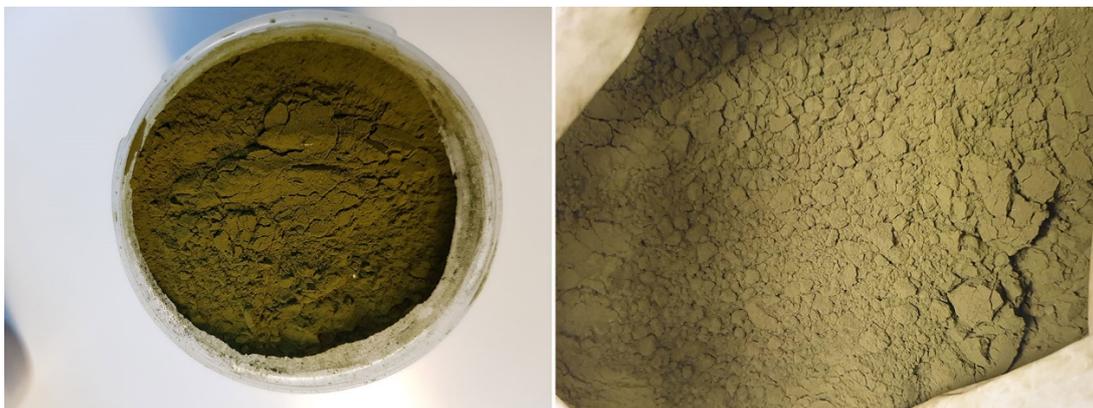


Ilustración 1. Microalgas en polvo para su posterior formulación mezcla de biofertilizantes o aplicación directa al suelo.

A modo de resumen, las algas pueden:

- Mejorar la fertilidad del suelo mediante el secuestro de carbono, la fijación de nitrógeno, la mineralización y la solubilización de nutrientes
- Mejorar la calidad del suelo
- Promoción del crecimiento de las plantas
- Control de enfermedades y plagas en los cultivos

Mercado de biofertilizantes en Europa

Dado que los biofertilizantes son un uso alternativo potencialmente importante de las microalgas producidas por el tratamiento de aguas residuales, se examina a continuación los principales impulsores y las perspectivas de sus mercados.

El mercado mundial de biofertilizantes se valoró en 1.570 millones de dólares en 2018, constituyendo una pequeña parte del mercado mundial de fertilizantes (aproximadamente el 1,1%). Sin embargo, se prevé que su crecimiento en los próximos años sea fuerte, con un mercado que superará los 3.000 millones de dólares en términos de valor, creciendo con una tasa de crecimiento anual compuesto (TCAC) del 10,1% en el periodo 2020-2025 [3]. América del Norte es el mayor mercado de biofertilizantes con una cuota de alrededor del 28% y Europa le sigue con el 22%. En términos de producto, el mercado de biofertilizantes se divide en fijación de nitrógeno, solubilización de fosfato y otros biofertilizantes, mientras que, en términos de aplicación, el mercado se divide en dos segmentos principales que incluyen el tratamiento de semillas y el tratamiento del suelo (Figura 1).

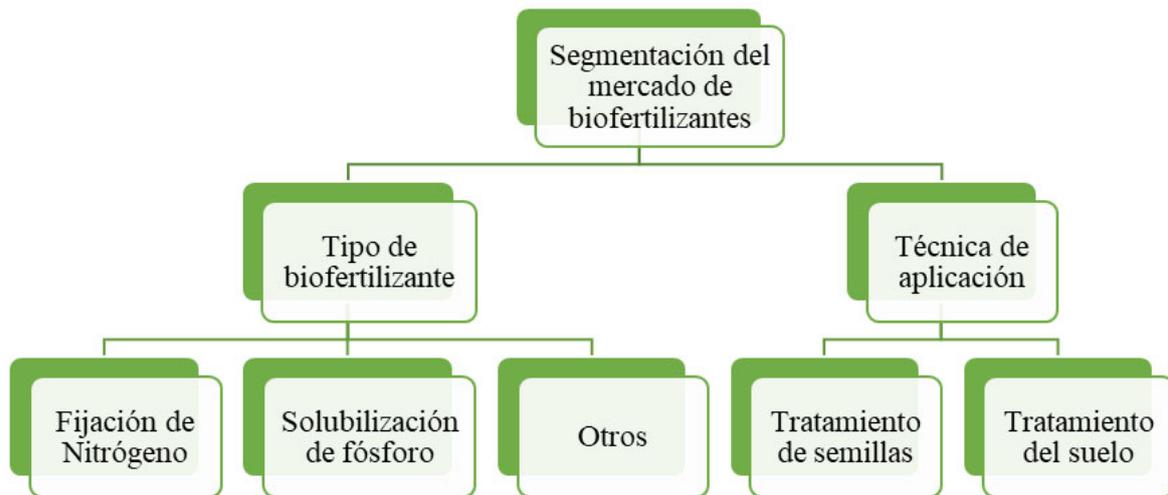


Figura 1. Segmentación del mercado de biofertilizantes. Fuente: Bio-FIT Project [4].

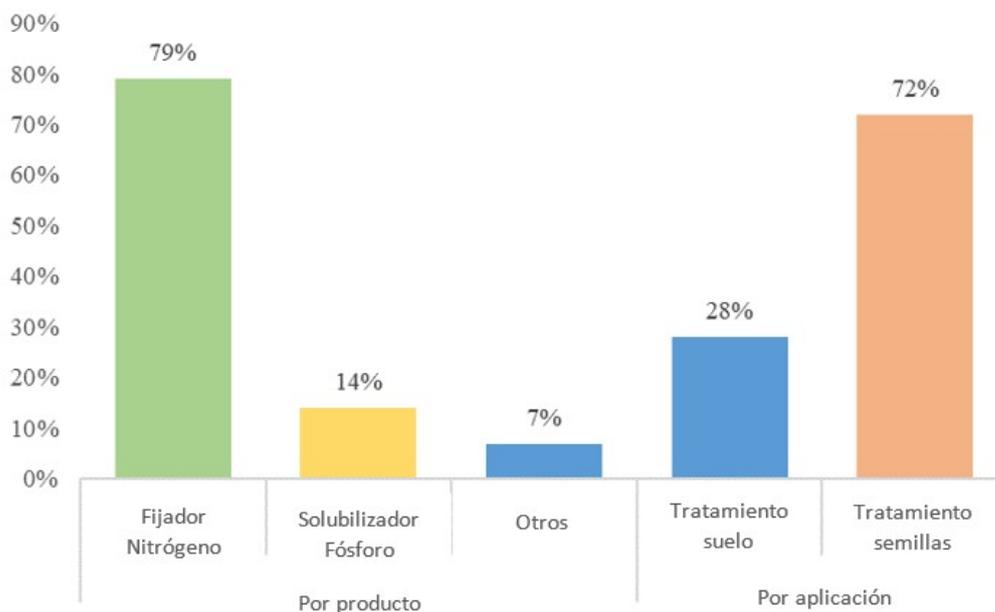


Figura 2. Cuotas del mercado mundial de biofertilizantes por producto y aplicación (estimaciones). Fuente: Bio-FIT Project.

Según las cuotas de mercado de biofertilizantes (Figura 2), los fijadores de nitrógeno dominaron el mercado, con un 79% de los ingresos mundiales. Se utilizan principalmente en el cultivo de arroz y caña y son los biofertilizantes más utilizados en el mundo, gracias a los importantes esfuerzos de I+D realizados en las últimas décadas y a la concienciación de los agricultores sobre sus ventajas. Según las estimaciones del mercado [5], el 90% del total de los biofertilizantes fabricados se utiliza en la producción de maíz y arroz.

La figura 3 muestra los precios medios de los distintos tipos de fertilizantes en los Estados miembros de la UE en 2019. Estos precios pueden considerarse un punto de referencia en cuanto a la competitividad de los costes de las microalgas, lo que puede dificultar su comercialización ya que actualmente se considera un precio medio de 10€/kg [6]. Alternativamente, pueden verse como los precios (excluyendo los márgenes de beneficio y los costes de distribución) a los que las microalgas producidas por el tratamiento de aguas residuales pueden comercializarse como biofertilizante.

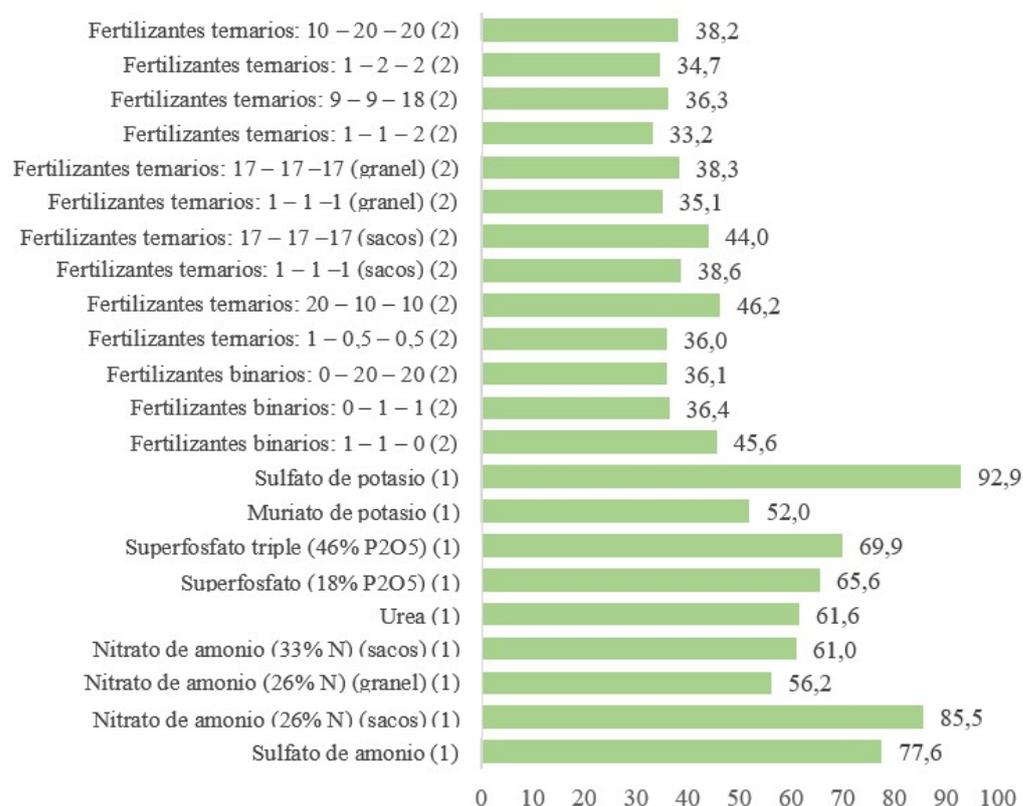


Figura 3. Precios medios de compra de fertilizantes en la UE28, 2019 (euros por 100 kg de sustancias nutritivas o mercancías). Fuente: Eurostat [7]. (1) Precios por 100 kg de sustancias nutritivas. (2) precios por 100 kg de mercancías.

Marcos legislativos en materia de fertilizantes

En junio de 2019, la Comisión Europea presentó un nuevo Reglamento (UE nº 2019/1009) [8] para incluir materiales reciclados y orgánicos con fines fertilizantes y reducir la cantidad de fertilizantes químicos utilizados. El Reglamento relativo a los productos fertilizantes, se aplicará plenamente a partir de julio de 2022 y deroga el (CE) 2003/2003. Promueve dos objetivos adicionales al actual Reglamento sobre fertilizantes de 2003:

- Incentivar la producción de fertilizantes a gran escala a partir de fuentes domésticas, transformando los residuos en nutrientes para los cultivos,

- Introducir límites armonizados de cadmio para los fertilizantes fosfatados.

En España, los fertilizantes y enmiendas del suelo que no se consideran “abonos CE” están regulados por el Real Decreto 506/2013 que se refiere a los fertilizantes y otros productos especiales y bioestimulantes elaborados con materias primas específicas. La legislación se actualizó en 2017 mediante el Real Decreto 999/2017 [9] para incluir una nueva categoría de productos fertilizantes a base de microorganismos, cuya incorporación facilita la disponibilidad de nutrientes para la planta. Cualquier producto fertilizante, antes de ser puesto en el mercado español, debe ser registrado por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

La legislación española establece requisitos específicos para los productos especiales que se aplican en combinación o como parte de un producto fertilizante, como los extractos de algas en forma sólida y líquida. Para los casos de mezcla de algas específicamente, el contenido mínimo del producto respectivo se especifica como se presenta en la Tabla 1.

| Tipo de producto | Detalles de producción | Límites de contenido |
|-------------------------------------|---|--|
| Extracto de algas sólido | Producto a base de extracto del alga <i>Ascophyllum nodosum</i> obtenido por extracción física (deshidratación, trituración, percolación, evaporación) con soluciones alcalinas | Ácido alginico $\geq 9\%$ Manitol $\geq 3\%$ Arsénico (As) < 50 mg/kg |
| Extracto de algas líquido | Producto obtenido por (1) solución acuosa del extracto sólido de algas o (2) extracción física del alga <i>Ecklonia maxima</i> | (1) Ácido alginico $\geq 1,5\%$ Manitol $\geq 0,5\%$ Arsénico (As) < 50 mg/kg (2) Ácido alginico $\geq 0,5\%$ Arsénico (As) < 50 mg/kg |
| Abono sólido con extracto de algas | | Manitol $\geq 1\%$ $N+P_2O_5+K_2O \geq 10\%$ (si contiene alguno de los elementos en forma mineral) Arsénico (As) < 50 mg/kg |
| Abono líquido con extracto de algas | | Manitol $\geq 0,1\%$ $N+P_2O_5+K_2O \geq 7\%$ Arsénico (As) < 50 mg/kg |

Tabla 1. Productos fertilizantes especiales y requisitos de contenido en España.

Actualidad y conclusiones

La creciente aplicación de la agricultura ecológica y la necesidad de mejorar la materia orgánica del suelo están movilizandando el desarrollo del mercado mundial de biofertilizantes. El interés de los gobiernos por reducir la huella de carbono del sector agrícola y mejorar la sostenibilidad también contribuye al desarrollo de este mercado.

Un factor clave para el éxito del desarrollo y la aceptación de los biofertilizantes es el buen funcionamiento de la cadena de suministro del sector, que incluye a los productores y proveedores de materias primas, los productores de biofertilizantes, los canales de distribución y los usuarios finales. La mayoría de los fabricantes de biofertilizantes están integrados en diferentes etapas de la cadena de valor y actualmente se están realizando muchos esfuerzos para desarrollar productos biofertilizantes innovadores.

Por otro lado, aunque el potencial de mercado de los biofertilizantes de microalgas es enorme, es necesario abordar los retos asociados a su comercialización. A este respecto, si se sigue investigando el mecanismo de los biofertilizantes de microalgas, la acumulación de moléculas bioactivas de las algas y sus efectos en el crecimiento de las plantas, el sistema biológico y la estructura del suelo, se podrá verificar mejor y facilitar sus aplicaciones comerciales.

Referencias

[1] Guo S., Wang P., Wang X., Zou M., Liu C., Hao J. (2020) *Microalgae as Biofertilizer in Modern Agriculture*. In: Alam M., Xu J.L., Wang Z. (eds) *Microalgae Biotechnology for Food, Health and High Value Products*. Springer, Singapore.

[2] Voort, M.P.J. van der, Vulsteke, E., Visser, C.L.M. de. (2015). *Marco-economics of Algae products, Public Output report WP2A7.02 of the EnAlgae project, Swansea, June 2015, 47 pp.*

[3] Mordor Intelligence (2019). *Global biofertilizers market - growth, trends and forecast (2020 - 2025)*.

[4] Bio-FIT Project. #2015-1-BG01-KA202-014258. ERASMUS + Programme. "BIOFERTILIZERS towards sustainable agricultural development".

[5] ResearchAndMarkets.com (2020). *Global Biofertilizers Market Analysis, Trends, and Forecasts 2020-2025*.

[6] Enzing, C., Ploeg, M., Barbosa, M., & Sijtsma, L. (2014). *Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe*. JRC Scientific and policy reports, 19-37.

[7] Eurostat. *Fertilisers in the EU Prices, trade and use*.

[8] The European Parliament and the Council of the European Union (2019) Regulation (EU) 2019/1009 of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. *Off J Eur Union* 62:L 170/1-L 170/132.

[9] Ministerio de la presidencia (2017) Real Decreto 999/2017, de 24 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.