

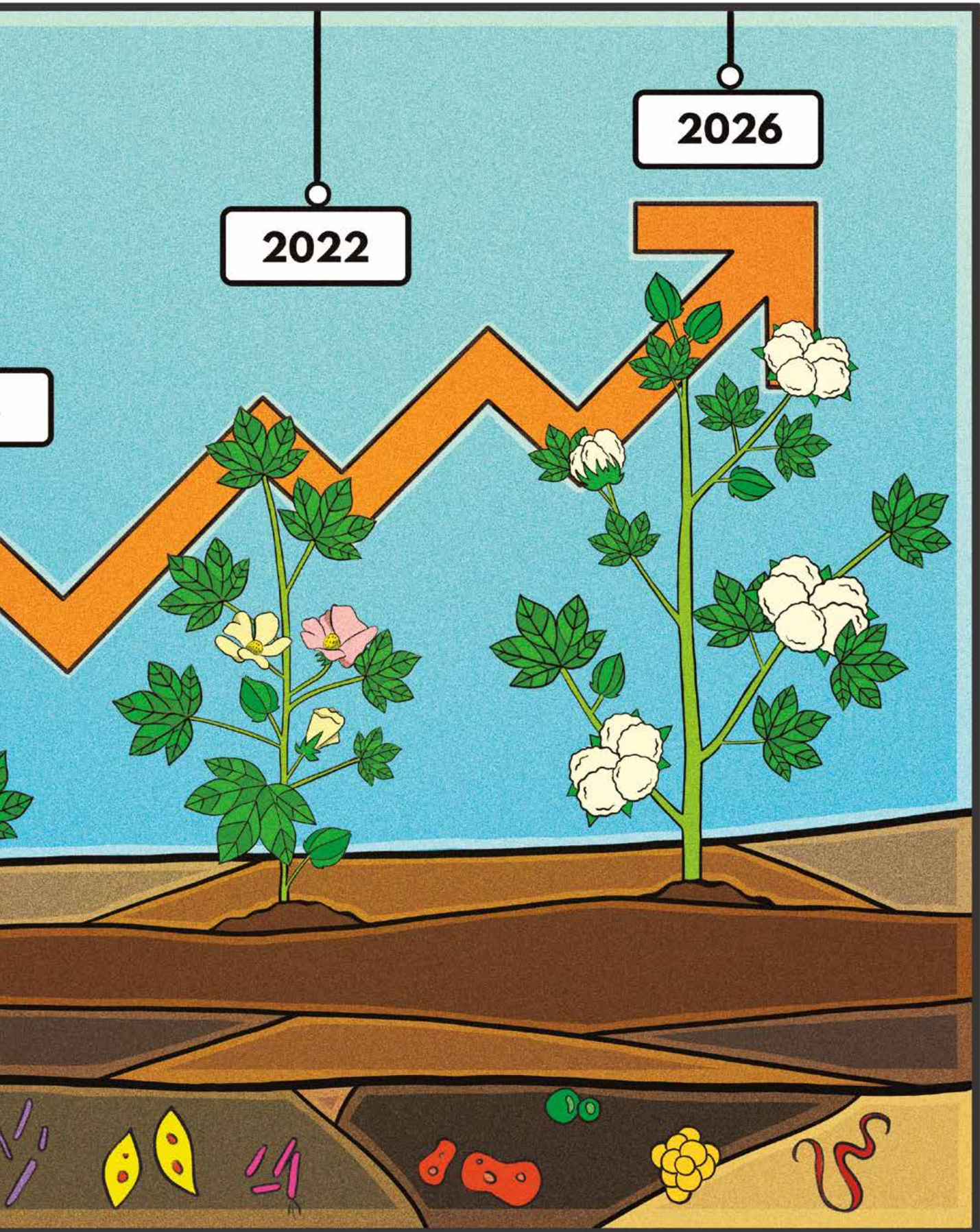
9

El mercado de los biofertilizantes

Diana Marcela León Moreno¹
Erika Andrea Alarcón Torres¹
Martha Isabel Gómez Álvarez¹

1. Bioproductos y Bioprocesos Agropecuarios. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Sede Central. Cundinamarca. Colombia.





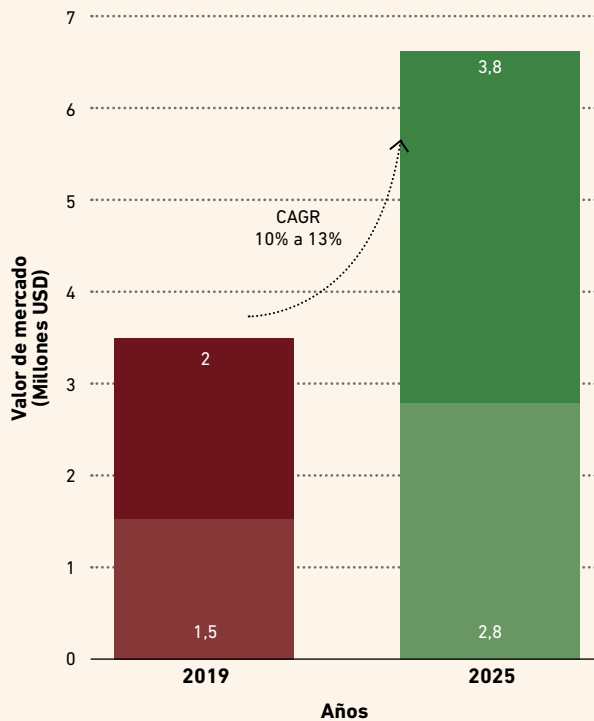
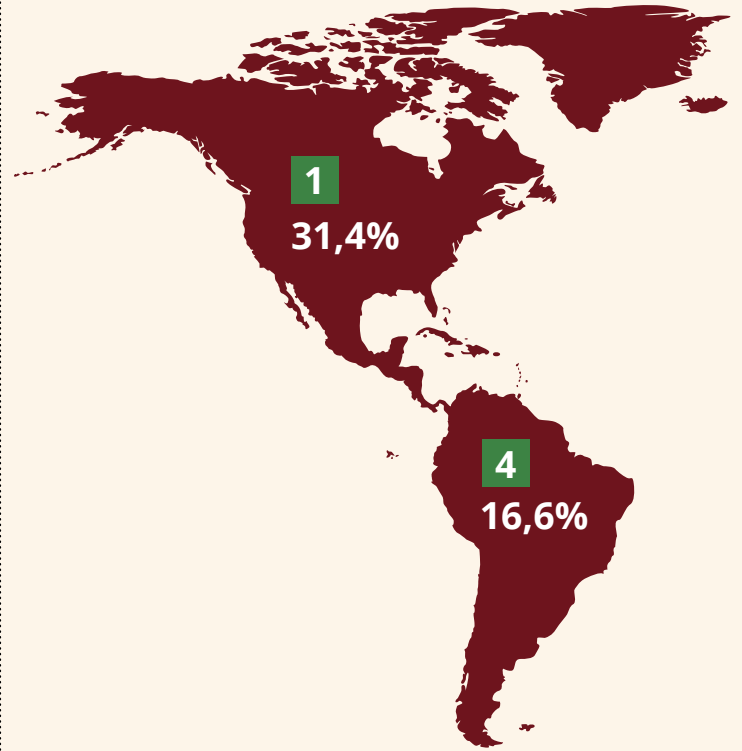
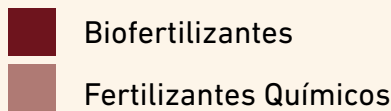
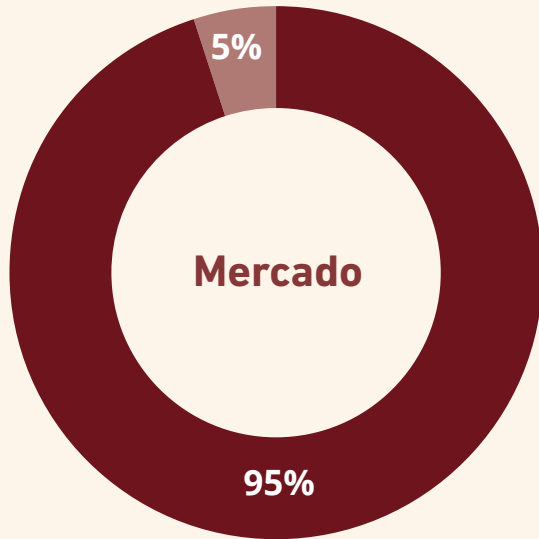
Introducción

Entre los principales mecanismos que utilizan los microorganismos para ejercer su efecto biofertilizante se encuentran la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fósforo y potasio, la producción de sideróforos, la producción de reguladores del crecimiento, la inducción del crecimiento, el cambio en la morfología de las raíces y la estimulación de simbiosis beneficiosas para las plantas (Grageda-Cabrera et al., 2012; Vessey, 2003). Los biofertilizantes cumplen un papel clave en la productividad y sostenibilidad del suelo, pero también en la protección del medioambiente, como insumos ecológicos y rentables para los agricultores, con lo que contribuyen, así, a la sostenibilidad (Mohammadi & Sohrabi, 2012).

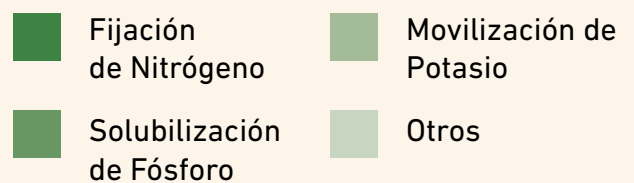


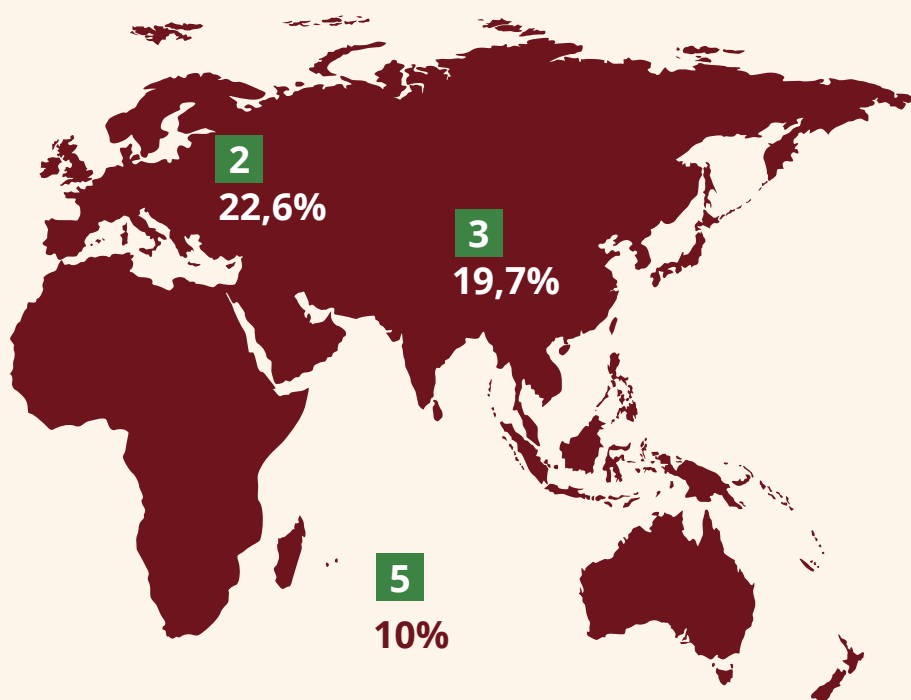


Mercado de biofertilizantes



Segmentación 2014





Mercado de biofertilizantes 2016

- 1 América del Norte
- 2 Europa
- 3 Asia Pacífico
- 4 Latinoamérica
- 5 Resto del mundo

Por principios activos



Bacterias



Cianobacterias



Microrrizas

Tipo de formulación

Líquidas

Sólidas

Tipos de cultivos

Cereales, granos, leguminosas, oleaginosas, frutas y verduras



Segmentación del mercado de los biofertilizantes

Los biofertilizantes son una alternativa importante al uso de fertilizantes de síntesis química, aunque solo representan un 5% del mercado mundial de fertilizantes (Timmusk et al., 2017).

Los biofertilizantes son una alternativa importante al uso de fertilizantes de síntesis química, aunque solo representan un 5% del mercado mundial de fertilizantes (Timmusk et al., 2017). En 2019 se estimaba que la industria de los biofertilizantes estaba valorada en USD 1,5-2 billones, y se espera que crezca un 10-13% anual, lo que representaría un mercado de USD 2,8-3,8 billones en 2025 (Fortune Business Insights, 2020; Markets and Markets, 2020; Mordor Intelligence, 2020d; Ravensberg, 2017).

Segmentación del mercado por actividad biológica

En el mercado global, los biofertilizantes se pueden clasificar teniendo en cuenta la acción que ejercen los productos para que los nutrientes estén disponibles para las plantas. Los principales productos que se encuentran en el mercado son aquellos que permiten la fijación biológica de nitrógeno, los que facilitan la solubilización de fosfatos y los que permiten la movilización de potasio. El principal segmento de los biofertilizantes son los productos para fijación de nitrógeno, con una participación aproximada del 75% del mercado en 2014, es decir, aproximadamente USD 629 millones, los cuales son usados ampliamente en cultivos de trigo, arroz y oleaginosas, entre otros. Después están los productos para solubilización de fosfatos, con un mercado de entre el 15 y el 18% para 2014, es decir, aproximadamente USD 141 millones, los cuales se utilizan principalmente para convertir ácidos orgánicos de bajo peso molecular en formas de productos nutricionales solubles (Bio-FIT Project, 2019b). Por último, están los movilizadores de potasio, con un mercado de entre el 5 y el 6% para 2014. El resto del mercado se repartía en productos que facilitan la adquisición de otros elementos, como zinc, boro y azufre (Fortune Business Insights, 2020).

Segmentación del mercado por principios activos

Los microorganismos usados en los biofertilizantes dependen también de la función que se requiera por parte de estos: para fijación biológica de nitrógeno, se pueden utilizar microorganismos capaces de llevar a cabo la fijación de nitrógeno de vida libre, como bacterias de los géneros *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Clostridium* y *Klebsiella*; cianobacterias de los géneros *Anabaena*

y *Nostoc*; bacterias simbióticas de *Rhizobium* y *Frankia*; cianobacterias como *Anabaena azollae*, y aquellas bacterias que permiten asociaciones, como *Azospirillum*. Para solubilización de fósforo, se usan bacterias como *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus circulans* y *Pseudomonas striata*, y hongos como *Penicillium* sp. y *Aspergillus awamori*. Para movilización de potasio, por su parte, se usan micorrizas arbusculares, ectomicorrizas y micorrizas ericoides, entre otras. Y, por último, para movilización de otros micronutrientes, como silicato y zinc, se destaca el género bacteriano *Bacillus* sp. (European Biomass Industry Association, 2019).

Las cianobacterias son uno de los segmentos de mayor importancia por su capacidad de sintetizar y fijar el nitrógeno atmosférico (N_2); se han usado principalmente en el cultivo de arroz, pero también han tenido buenos resultados en cultivos de cebada, avena, tomate, rábano, algodón, caña de azúcar, maíz, chile y lechuga (Chakdar et al., 2012). Las principales cianobacterias usadas son *Anabaena*, *Nostoc* y *Gloeoitrichia* (“Alternativas biológicas a los fertilizantes nitrogenados”, s.f.).

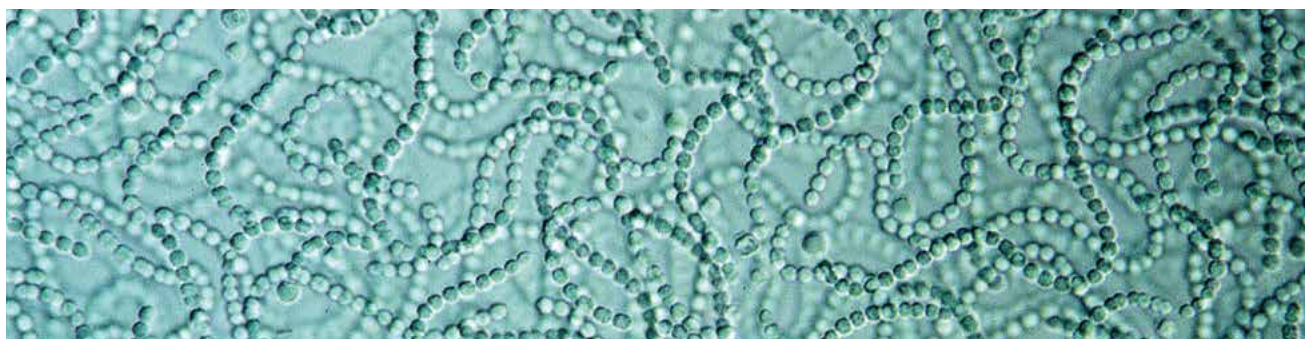
Los inoculantes a base de rizobios son muy usados en el mundo por su capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno; los géneros más usados son *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium* y *Allorhizobium*. Para 2017, se estimó que en 64 millones de hectáreas en el mundo se usaron biofertilizantes a base de estos microorganismos (Mordor Intelligence, 2020e), y los géneros más usados fueron los ya mencionados. En Estados Unidos, por ejemplo, para el mismo año, el consumo de biofertilizantes a base de estos microorganismos fue de 87.000 toneladas métricas (Research and Markets, 2018).

Azotobacter es otro microorganismo de gran importancia dentro del mercado de biofertilizantes, pues es capaz

de convertir nitrógeno atmosférico en nitrato de amonio en el suelo y también ayuda a retener la humedad del suelo. De las diversas especies de este género, la más usada es *A. chroococcum*, por ser el habitante más dominante en los suelos cultivables, seguida de *A. vinelandii*, *A. beijerinckii*, *A. nigricans*, *A. armeniacus* y *A. paspali*. *Azotobacter* se utiliza como biofertilizante para diferentes cultivos, como trigo, avena, mostaza, cebada, arroz, semillas de lino, girasol, ricino, maíz, sorgo, algodón, yute, remolacha azucarera, tabaco, té, café, caucho y coco (Mordor Intelligence, 2020b).

Otro segmento importante en el mercado son las micorrizas, con las que se generan actividades industriales económicamente importantes en varias partes del mundo. Existen aproximadamente 12 productores de micorrizas ampliamente conocidos en la Unión Europea: en Reino Unido, República Checa, Alemania, Suiza, España y Francia. También se reportan más de 20 grandes productores en otros lugares del mundo, como China, Japón, Canadá y Estados Unidos (Ramírez Rojas et al., 2010). La micorrizas se clasifican en ectomicorrizas, las cuales se aplican principalmente en los cultivos forestales y en producción agrícola y ornamental; y las micorrizas ericoides, que se usan en la familia de ericáceas, rododendros y arándanos (Tapia, 2013).

Por último, está un grupo de microorganismos solubilizadores de fosfato; los principales son *Pseudomonas* sp., *Azospirillum* sp., *Bacillus* sp., *Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp. Los microorganismos solubilizadores de fosfato (PSM, por sus siglas en inglés) son capaces de hidrolizar compuestos de fósforo insolubles orgánicos e inorgánicos en forma de fósforo soluble, que las plantas pueden asimilar fácilmente (Kalayu, 2019).





Segmentación del mercado por tipo de aplicación, formulación y cultivo

Por tipo de aplicación, el mercado más importante es el de tratamiento de semillas, con un 65% del mercado para 2014, el cual fue valorado aproximadamente en USD 556 millones. Las semillas tratadas con biofertilizantes permiten aprovechar el nitrógeno atmosférico y la disponibilidad de fósforo soluble en el suelo (Bio-FIT Project, 2019b; Fortune Business Insights, 2020), obtener un mejor rendimiento de las plantas y generar en estas una mejor resistencia frente a ataques de virus y bacterias (Markets and Markets, 2020). Respecto a la aplicación en el suelo, este segmento representó casi un 30% del mercado en 2014, el cual fue valorado aproximadamente en USD 256 millones y fue impulsado principalmente por el aumento de la agricultura orgánica. Se esperaba, por ejemplo, que en India, entre los años 2014 y 2020, aumentara en casi USD 1.000 millones (Bio-FIT Project, 2019b; Fortune Business Insights, 2020; Markets and Markets, 2020).

Los biofertilizantes se encuentran tanto en presentaciones sólidas como líquidas; sin embargo, estas últimas tienen una mayor acogida en el mercado de los países en desarrollo, debido a su vida útil, que es mayor a dos años. Además, los fertilizantes líquidos tienen mejores límites de tolerancia a condiciones adversas, y su forma de aplicación es más fácil (Markets and Markets, 2020). Se esperaba que este segmento creciera un 3% en 2020 (Bio-FIT Project, 2019b). El uso de biofertilizantes líquidos también ha promovido el crecimiento del mercado de los aspersores líquidos, y se esperaba que este creciera a una tasa anual compuesta de más del 6% para 2020 (Bio-FIT Project, 2019b).

Los principales segmentos de aplicación de los biofertilizantes por tipo de cultivo son: cereales, granos, leguminosas, oleaginosas, frutas y verduras. Se estimó que el 39% (USD 489 millones) de las ventas en 2016 fueron para uso en cultivos de cereales y granos (Ravensberg, 2017), y se pronostica un mayor crecimiento en los cultivos de frutas y verduras, teniendo en cuenta el nuevo estilo de vida de muchos consumidores, que prefieren los cultivos orgánicos (Markets and Markets, 2020).

Se pronostica un mayor crecimiento en los cultivos de frutas y verduras, teniendo en cuenta el nuevo estilo de vida de muchos consumidores, que prefieren los cultivos orgánicos (Markets and Markets, 2020).

Segmentación del mercado por región

Para 2016, América del Norte fue el mercado más grande, con el 31,4% de los ingresos mundiales por biofertilizantes, seguido por Europa, con el 22,6%; Asia-Pacífico, con el 19,7%; Latinoamérica, con el 16,6%, y el resto del mundo, con el 10% (Research Nester, 2019a, 2019b).

El mercado de América del Norte, para el mismo año, fue valorado en USD 300-350 millones, y se espera que crezca a una tasa compuesta anual del 12% hasta 2023/2024 (Market Data Forecast, 2020d; Micro Market Monitor, 2015; Mordor Intelligence, 2019a). El principal mercado es Estados Unidos, con una participación de más de la mitad del total de Norteamérica, donde el aumento de las prácticas agrícolas orgánicas y ecológicas impulsa la demanda de este tipo de productos (Mordor Intelligence, 2019a).

El mercado Europeo, para 2016, fue valorado en USD 220-270 millones, y se espera que crezca a una tasa compuesta anual del 12,81% hasta 2023/2024 (Market Data Forecast, 2020b; Mordor Intelligence, 2020c; Research Nester, 2019a), principalmente por la imposición de regulaciones estrictas sobre el uso de fertilizantes químicos y por el aumento de la agricultura ecológica en los principales países de la región. En 2017, los países con más cultivos orgánicos fueron España (16,6%), Italia (15,2%), Francia (13,9%) y Alemania (9,1%). El mercado español de biofertilizantes es uno de los más importantes en el mundo, con un valor estimado, para 2018, de USD 91,4 millones (Mordor Intelligence, 2020c).

El mercado de la región de Asia-Pacífico, para 2016, fue valorado en 200-250 millones, y se espera que crezca a una tasa compuesta anual del 13% hasta 2023/2024 (Market Data Forecast, 2020a; Mordor Intelligence, 2020a; Research Nester, 2019b), principalmente por el aumento de áreas orgánicas. Allí, China es el mercado más importante, con un 43% del mercado y una producción de medio millón de toneladas métricas por año. Después está el mercado de India, potenciado por acciones del Gobierno, como el Proyecto Nacional sobre el Desarrollo y el Uso de Esquemas de Biofertilizantes (NPDB), que busca capacitar trabajadores agrícolas en el uso de biofertilizantes. Otros mercados importantes en la región son Australia y Japón (Mordor Intelligence, 2020a; Reuters Plus, 2019).

El mercado de biofertilizantes en Latinoamérica, para 2016, fue valorado en USD 160-220 millones, y se espera que crezca a una tasa compuesta anual del 13,54% hasta 2023 (Market Data Forecast, 2020c; Mordor Intelligence, 2019b; Research Nester, 2019b). Allí, los principales mercados son Brasil y Argentina (Mordor Intelligence, 2019b), y los cultivos donde más se aplican son las leguminosas, tanto para Brasil y Argentina como para Uruguay y Paraguay (Grageda-Cabrera et al., 2012). Las empresas internacionales más importantes en la región son Novozymes, Rizobacter y Antibiotice.

Brasil tiene el mayor mercado de productos orgánicos en América del Sur, mercado que representó el 56,6% de los ingresos por biofertilizantes en esta región (Mordor Intelligence, 2019b), donde el uso de biofertilizantes se ha incrementado, anualmente, cerca de 60.000-70.000 toneladas. Las principales empresas locales productoras de biofertilizantes en Brasil son Embrafós, el Instituto de Fosfato Biológico (IFB), Biofosfatos do Brasil y Liderfós. Los cultivos en los que más se usan biofertilizantes en este país son frijol, maíz, arroz, caña de azúcar, soya, eucalipto, cítricos, tomate, algodón, cultivos forrajeros y zanahoria (Prochnow & Casarin, 2011).

Argentina es el segundo país más importante en el mercado de biofertilizantes en Latinoamérica, y el cultivo donde más se usan es la soya (Grageda-Cabrera et al., 2012). Uno de los factores clave que impulsan este mercado en el país es el aumento de la agricultura orgánica; de hecho, a nivel mundial, para 2016, Argentina estaba ubicada como el segundo país con mayor cantidad de hectáreas orgánicas, con 3.000 mil millones de hectáreas ("La Argentina", 2017).

Cuba, por su parte, es uno de los países que iniciaron el desarrollo de los bioinoculantes con productos biofertilizantes a base de microorganismos fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo y hongos formadores de micorriza. Estos biofertilizantes se han aplicado principalmente en caña de azúcar, cultivos tropicales y hortalizas ("Las nuevas bio herramientas", 2017).

En México, el mercado de biofertilizantes se desarrolló en los años 70 y 80, cuando se emplearon productos para fijación biológica de nitrógeno en soya y garbanzo; así, el uso de *Rhizobium* se convirtió en una práctica generalizada (“Las nuevas bio herramientas”, 2017).

En Chile, el desarrollo de los biofertilizantes, en los años 80 y 90, estuvo marcado por la fijación biológica de nitrógeno, principalmente a través del uso de *Rhizobium* para leguminosas y cianobacterias para arroz (“Las nuevas bio herramientas”, 2017).

Colombia tuvo un fuerte desarrollo en el mercado de los biofertilizantes desde los años 90 en empresas privadas y centros de investigación, con biofertilizantes fijadores de nitrógeno —tanto simbióticos (*Rhizobium*) como de vida libre (*Azotobacter chroococcum*)—, bacterias solubilizadoras de fosfato y hongos formadores de micorriza (*Glomus* sp. y *Entrophospora colombiana*), así como con diferentes PGPR como bioestimulantes (“Las nuevas bio herramientas”, 2017). En el sector arrocero se tuvo un incremento especial (Arévalo, 2009) asociado a la producción de alta calidad; al trabajo de producción de Biocultivos, que cuenta actualmente con 10 registros de productos ante el ICA bajo la categoría de “inoculantes biológicos” (ICA, 2019), y a una *spin-off* creada entre la Universidad Nacional de Colombia, el sector privado y el gremio arrocero (Sanjuán Pinilla & Moreno Sarmiento, 2010). Sobre el valor actual del mercado de los bioplaguicidas en Colombia, no se tiene información específica; sin embargo, de acuerdo con información del ICA, en 2016 se vendieron aproximadamente 1.279 toneladas de productos (entre sólidos y líquidos). Tomando esta información junto con el precio de un biofertilizante en el mercado, que está entre COP 20.000 y 66.000, se estima que el mercado pudo haber tenido un valor de COP 26.000-88.000 millones para 2016 (aproximadamente entre USD 8 y 25 millones).¹

Para conocer el panorama del sector de los biofertilizantes en Colombia, se revisó el número de registros de empresas de bioinsumos y el número de registros de venta de productos ante el ICA. En el listado de bioinsumos del ICA se encontraron 44 empresas que producen inoculantes biológicos, para un total de 86 productos

registrados en esta categoría, de los cuales el 58,1% corresponde a formulaciones líquidas, y el 41,9%, a formulaciones sólidas. En cuanto a la actividad biológica de estos bioinsumos registrados, se encuentran las subcategorías de “solubilizador de fósforo”, “fijador biológico de nitrógeno”, “acondicionador y activador del suelo”, “estimulador de crecimiento”, “desarrollo de raíces” y “promotor de crecimiento vegetal”. Al revisar los principios activos, 23 productos son hechos a base de bacterias (principalmente *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp. y *Pseudomonas* sp.), 8 a base de hongos de diferentes especies y 4 a base de micorrizas (tabla 9.1). Respecto a los cultivos de aplicación, los inoculantes biológicos están autorizados para 35 cultivos, entre los cuales están arroz, tomate, soya y flores. Entre las empresas que cuentan con el mayor número de registros, se encuentran Biocultivos S.A., AGROSAVIA, Fundases, Bioquirama S.A.S., Sobiotec, Biotech Orius S.A.S, Semilas del Valle S.A y Dibicol TDA (ICA, 2019).



¹ Valor del dólar a septiembre de 2019: COP 3.482,7.

■ **Tabla 9.1.** Principios activos de los biofertilizantes registrados en Colombia

Fuente: Elaboración propia con base en ica (2019)



Bacterias

| | |
|--|-----------------------------------|
| <i>Azotobacter vinelandii</i> | <i>Bradyrhizobium japonicum</i> |
| <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> | <i>Lactobacillus acidophilus</i> |
| <i>Azospirillum brasilense</i> | <i>Lactobacillus brevis</i> |
| <i>Azotobacter chroococcum</i> | <i>Lactobacillus casei</i> |
| <i>Bacillus laterosporus</i> | <i>Pseudomonas aureofaciens</i> |
| <i>Bacillus licheniformis</i> | <i>Pseudomonas fluorescens</i> |
| <i>Bacillus megaterium</i> | <i>Pseudomonas montinelli</i> |
| <i>Bacillus mycoides</i> | <i>Rhizobium japonicum</i> |
| <i>Bacillus pumilus</i> | <i>Rhizobium leguminosarum</i> |
| <i>Bacillus subtilis</i> | <i>Rhizobium phaseoli</i> |
| <i>Bacillus thuringiensis var. kurstaki</i> | <i>Rhodopseudomonas palustris</i> |
| <i>Bacillus thuringiensis var. tenebrionis</i> | |



Hongos y levaduras

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| <i>Akanthomyces johnsonii</i> | <i>Penicillium janthinellum</i> |
| <i>Geotrichum penicillatum</i> | <i>Pochonia chlamydo sporia</i> |
| <i>Hirsutella thompsonii</i> | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> |
| <i>Penicillium bilaiae</i> | <i>Trichoderma harzianum</i> |



Micorrizas

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| <i>Acaulospora spp.</i> | <i>Glomus spp.</i> |
| <i>Entrophospora spp.</i> | <i>Scutellospora sp.</i> |
| <i>Gigaspora spp.</i> | |

Empresas líderes en el mercado de los biofertilizantes

Veinte son las principales empresas del mercado de biofertilizantes a nivel mundial, de las cuales 12 están en la región Asia-Pacífico —principalmente en India—, 4 en Norteamérica, 3 en Europa y una en Latinoamérica (tabla 9.2) (Fortune Business Insights, 2020; Markets and Markets, 2020; Mordor Intelligence, 2020d).

- **Tabla 9.2.** Principales empresas del mercado de biofertilizantes en el mundo
Fuente: Elaboración propia con base en Fortune Business Insights (2020), Markets and Markets (2020) y Mordor Intelligence (2020d)



Argentina
Rizobacter Argentina



Australia
Mapleton Agri
Biotec Private



Canadá
Lallemand



China
CBF China Bio-Fertilizer
Kiwa Bio-Tech Products
Group Corporation



Dinamarca
Novozymes



España
Symborg



Estados Unidos
Agrinos
Monsanto
Nutramax Laboratories



India
AgriLife
Biomax Naturals
Camson Bio Technologies
Gujarat State Fertilizers &
Chemicals
International Panaacea Limited
Madras Fertilizers Limited
National Fertilizers Limited
Rashtriya Chemicals & Fertilizers
T Stanes and Company Limited



Rumania
Antibiotice

Al tomar como referencia diferentes estudios del mercado, se encontraron cinco empresas líderes con diferentes portafolios de productos, algunas de ellas muy especializadas en ciertos microorganismos; por ejemplo, Rizobacter cuenta con productos a base de *Bradyrhizobium* para fijación de nitrógeno; Lallemand, con productos a base de levaduras, y Symborg, con productos a base de micorrizas, mientras que otras compañías, como AgriLife y National Fertilizers Limited, cuentan con un portafolio más diverso, a base de diferentes microorganismos con aplicaciones para obtención de diferentes nutrientes (tabla 9.3).



■ **Tabla 9.3.** Empresas referentes del mercado de biofertilizantes y su portafolio

Fuente: Elaboración propia con base en las páginas web de las empresas: www.agrilife.in/biofertilizer.htm; www.lallemand.com; www.symborg.com; www.nationalfertilizers.com; <https://rizobacter.com.ar>

1 AgriLife

País: India

Productos: Agri Life Agri vam (micorrizas), Agri Life Nitrofix (cinco productos a base de bacterias como *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Rhizobium*), Fe-Sol B (*Acidithiobacillus* sp.), K-Sol B (*Frateuria*), Mn Sol B, P Sol B (tres productos a base de *Bacillus* sp.), S-Sol B (*Thiobacillus thiooxidans*), Si - Sol B (*Bacillus* sp.) y Zn-Sol B (*Thiobacillus thiooxidans*).

2 Lallemand

País: Canadá

Productos: Bioreveil: levadura, para mineralización de la materia orgánica y estimulación del crecimiento. Cilus: a base de bacterias como *Bacillus* sp. Natural Defences Enhancer: levadura, para mejora de las defensas naturales de las plantas. GlioMix: inoculantes de raíces. Greenstim/Bluestim: a base de una glicina-betaína natural, actúa como osmoprotector. Rhizocell GC y Rhizocell C: levaduras y rizobacterias para solubilización de fósforo. Folwin: bioestimulante que mejora el rendimiento y la resistencia al estrés. myc: endomicorrizas arbusculares.

3 Symborg

País: España

Productos: MycoUp y MycoUp Activ (micorrizas), VitaSoil (complejo microbiano rizosférico fitofortificante), Resid mg (micorrizas) y Trichosym Bio (*Trichoderma harzianum*, estimula el desarrollo vegetativo).

4 National Fertilizers Limited

País: India

Productos: *Rhizobium* (Symbiotic), *Acetobacter* (Non-Symbiotic) y P. S. B. Phosphate Solubilising Bacteria

5 Rizobacter Argentina

País: Argentina

Productos: Signum, *Rhizobium*, Rizoliq Dakar, Rizoliq Ili, Rizoliq top, Rizoliq Surco, Rizoliq, Rilotus, Ribol, Rialfa, Rizoliq top Garbanzo, Signum Arveja, Rizoliq top Poroto, Rizoliq top Poroto Mung, Signum Garbanzo, Rizoliq Surco Maní, Rilegum top y Premax R. Productos a base de *Bradyrhizobium* sp. con diferentes tipos de aplicación (semilla y suelo) para diferentes cultivos.

Dinámica del mercado de los biofertilizantes

El mercado de biofertilizantes tiene un potencial de crecimiento como alternativa a los productos de síntesis química.

A continuación se describen las fortalezas, los jalonadores y las tendencias del mercado que favorecen este aumento, así como las debilidades y barreras que aún deben superarse para que los biofertilizantes puedan representar un porcentaje más alto en el total del mercado mundial, pues actualmente solo representan un 5% (Timmusk et al., 2017).

Fortalezas y debilidades de los biofertilizantes

Existe una lista de factores que determinan el éxito o fracaso de un biofertilizante (Biofábrica Siglo XXI, 2011; Carvajal Muñoz & Mera Benavides, 2010; Farnen, 2019; García Cañedo, 2017; Gómez Avendaño, 2010; Teng, 2008). A continuación se presentan las principales fortalezas y debilidades de estos productos:



Fortalezas

- Pueden llegar a ser complementarios al uso de fertilizantes químicos, debido a que permiten un mayor aprovechamiento de los nutrientes.
- Son compatibles con otros microorganismos, lo que permite, incluso, realizar acciones complementarias; un ejemplo de esto es la aplicación de micorrizas en conjunto con las bacterias *Azospirillum* o *Rhizobium*, combinación que facilita la disponibilidad de nutrientes como el fósforo.
- Ayudan a la regeneración de los suelos, al mejorar su estructura, la vida microbiana y el crecimiento de raíces.
- En general, representan menores riesgos para el medio ambiente.
- Permiten un mejor desarrollo de la planta y pueden reducir los efectos de organismos nocivos en el suelo, como hongos y nematodos, además de que favorecen la resistencia de las plantas a factores ambientales.

Debilidades

- Teniendo en cuenta que los biofertilizantes están hechos a base de microorganismos vivos, se requieren formulaciones específicas que resistan las condiciones ambientales, por lo cual su investigación puede ser costosa.
- Algunas formulaciones tienen una vida útil menor a un año.
- Algunos biofertilizantes son específicos de un cultivo y muchas veces de una ubicación, por lo que su eficacia puede verse afectada por las condiciones ambientales y los factores edáficos del suelo.
- Factores como características inadecuadas del suelo, las altas temperaturas, la presencia de altos niveles de agroquímicos o bajos niveles de micronutrientes pueden afectar negativamente la eficacia de los biofertilizantes.
- Los cambios en los patrones de cultivo por parte de los agricultores pueden afectar su uso.
- No hay conciencia, entre los agricultores, sobre los beneficios de los biofertilizantes.
- Su acción es lenta y los resultados favorables son percibibles a más largo plazo en comparación con los fertilizantes químicos, por lo cual los agricultores pueden no estar convencidos de los beneficios de los biofertilizantes.
- Algunos procesos de producción pueden ser difíciles; ejemplo de esto son las micorrizas, que requieren del suelo y de la planta para su reproducción.





Tendencias en el mercado de alimentos que pueden favorecer el uso y la venta de los biofertilizantes

Existen diferentes tendencias mundiales asociadas a la agricultura y la alimentación que pueden permitir el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías para la producción agropecuaria (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2017):

- Crecimiento demográfico: para 2050 la población mundial será de 9.700 millones de personas.
- Teniendo en cuenta el aumento de la población para 2050, también habrá un incremento previsto en la demanda de alimentos del 50 %, por lo que la producción agrícola necesita crecer de la mano de un mayor rendimiento.
- El aumento de la competencia por los recursos, entre los cuales están las áreas protegidas y el agua, tanto para producción agrícola como pecuaria, requiere que se den cambios que permitan una mayor productividad sin afectar o disminuyendo la afectación de los recursos naturales.
- El cambio climático afecta directamente la producción de alimentos y, por lo tanto, compromete la seguridad alimentaria y la nutrición.
- Las nuevas enfermedades y plagas, que además son transfronterizas, afectan la producción agrícola y pecuaria.
- La malnutrición se ha convertido en una emergencia de salud mundial, tanto en casos de desnutrición por carencia de nutrientes como en casos de sobrepeso y obesidad, lo que obliga a un cambio en la dieta de la población con alimentos más saludables.
- El cambio en la producción de alimentos y los canales de distribución impacta los diferentes eslabones de la cadena de valor.
- Nuevas tecnologías son necesarias para evitar la pérdida y el desperdicio de alimentos en los diferentes procesos de producción, cosecha, distribución y consumo.

Jalonadores del mercado

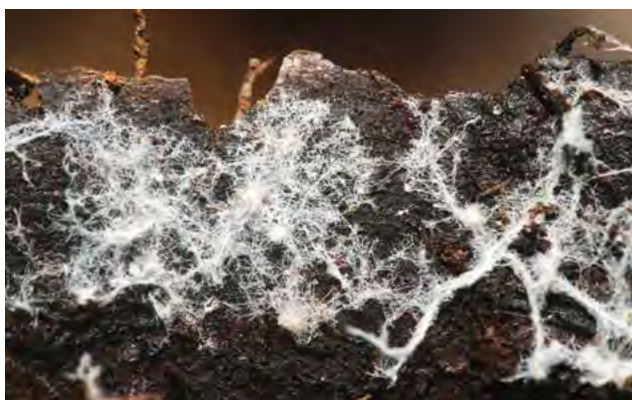
Entre los principales jalonadores del mercado de biofertilizantes se identifican los siguientes:

- **Políticas de gobierno favorables:** algunas políticas de gobierno favorecen el uso de biofertilizantes; por ejemplo, la Política Agrícola Común de la Unión Europea promueve el uso de este tipo de productos y proporciona hasta el 30% del presupuesto a los agricultores que cumplan con prácticas agrícolas sostenibles. Asimismo, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos tiene un plan para promover la agricultura orgánica en el que el uso de este tipo de productos es beneficiado (Fortune Business Insights, 2020). Igualmente, en India, el Gobierno tiene diferentes esquemas para promover el uso de los biofertilizantes en el país, como el Proyecto Nacional sobre el Desarrollo y el Uso de Esquemas de Biofertilizantes (NPDB) (Ghosh, s.f.).
- **Precio de los fertilizantes y su beneficio:** uno de los insumos más costosos para la producción agrícola son los fertilizantes, pues actualmente pueden representar entre el 30 y el 35% de los costos totales, a la vez que son uno de los insumos menos aprovechados, ya que tan solo el 40% de estos puede ser aprovechado para el cultivo, lo que contrasta con el mayor aprovechamiento que se puede obtener de un producto biológico (Biofábrica Siglo XXI, 2011).
- **Incremento en el área orgánica:** la empresa de investigación de mercado Ecovia Intelligence estima que el mercado mundial de alimentos orgánicos alcanzó los USD 97.000 millones en 2017. Estados Unidos es el principal mercado, seguido de Alemania, Francia y China. En 2017 se reportaron 2,9 millones de productores orgánicos y un total de 69,8 millones de hectáreas gestionadas orgánicamente, lo que representa un crecimiento del 20% anual en los últimos 18 años. Muchas políticas de gobierno están dirigidas a la promoción de este tipo de producción, que requiere el uso de productos más limpios (Willer & Lernoud, 2019).

Barreras del mercado

Las principales barreras del mercado que pueden afectar la adopción de los biofertilizantes se listan a continuación:

- **Costo de los productos de base biológica:** algunas de las materias primas necesarias para los fertilizantes sintéticos están directamente disponibles en la naturaleza y requieren menos innovación, mientras que los biofertilizantes necesitan innovación avanzada que puede requerir una gran inversión, lo que afecta el precio final al usuario (Mordor Intelligence, 2019b).
- **Efecto de los factores abióticos sobre la eficacia de los biofertilizantes:** muchos factores, como el tipo de suelo, las prácticas de manejo y el clima, afectan la eficacia de los biofertilizantes (Bio-FIT Project, 2019a).
- **Rendimiento de las pruebas de campo:** todavía es difícil replicar el efecto de los inoculantes obtenido en laboratorio en campo (Bio-FIT Project, 2019a; Stamenković et al., 2018).
- **Control de calidad:** el control de calidad de los biofertilizantes debe garantizar el efecto de los microorganismos en campo, y a veces no se cumplen todos los parámetros exigidos para su registro, como, por ejemplo, el número de células viables o el porcentaje de pureza, lo que conduce a una falta de confianza en este tipo de productos (Bio-FIT Project, 2019a; Stamenković et al., 2018).



Estrategias de negocio en la industria de los biofertilizantes

Existen diferentes estrategias de crecimiento empresarial en los negocios, como penetración del mercado, expansión o desarrollo del mercado, expansión del producto, diversificación y adquisición de otras empresas (Suttle, 2019). A continuación se explican brevemente y se dan ejemplos en el mercado de biofertilizantes.

- Penetración del mercado: esta estrategia se usa cuando una compañía decide comercializar productos existentes dentro del mismo mercado que ha estado utilizando (Suttle, 2019).
 - ◇ En 2014, Labiofam inició la construcción de una planta de producción y desarrollo de bioplaguicidas y biofertilizantes en Santa Clara, Cuba, con una capacidad de producción anual de 6 millones de litros de bioproductos líquidos y de 1.000 toneladas de bioproductos sólidos de origen biológico (Pérez Cabrera, 2014).
 - ◇ En 2015, National Fertilizers Limited, Engineers India Limited (EIL) y Fertilizer Corporation of India Limited firmaron un acuerdo de *joint venture* para formar la empresa Ramagundam Fertilizers and Chemicals Limited para la producción de fertilizantes.
 - ◇ En 2016, Rizobacter invirtió USD 33 millones en la construcción de Synertech Industrias, una planta con capacidad para producir 50.000 toneladas del fertilizante microgranulado Microstar, desde la cual puede abastecer, desde Argentina, a todo el Cono Sur (Rizobacter, 2019).
- Expansión o desarrollo del mercado: esta estrategia implica la venta de productos actuales en un nuevo mercado (Suttle, 2019).
 - ◇ En 2018, Rizobacter abrió una oficina en Francia para poder llegar mejor con sus tecnologías al mercado europeo (Rizobacter, s.f.).
 - ◇ En 2019, Novozymes (Dinamarca) anunció planes para continuar su asociación de investigación y distribución con Bayer (Alemania), asociación con la que Novozymes podría formar una asociación múltiple con UPL (India) y Univar Solutions (EE.UU.) para distribuir sus productos biológicos (Markets and Markets, 2020).
 - ◇ En 2019, Symborg realizó la apertura de una nueva filial en Francia con el objetivo de prestar el máximo apoyo a su distribuidor en este país y para consolidar su estrategia de expansión internacional afianzando nuevos mercados (Symborg, 2019).
- Expansión del producto: esta estrategia contempla expandir una línea de productos o agregar nuevas características (Suttle, 2019).
 - ◇ En 2018, Rizobacter Argentina registró en ese país un inoculante para garbanzo, y se espera que lo lleve a Europa e India, donde Rizobacter tiene presencia (Rizobacter, 2018).
- Crecimiento a través de la diversificación: esta estrategia incluye la venta de nuevos productos a nuevos mercados (Suttle, 2019).
 - ◇ En 2014, Lallemand (Canadá) adquirió el portafolio de la línea de productos biológicos de BrettYoung y a partir de 2017 asumió todos los aspectos de venta, comercialización, distribución y servicio posventa en todo el mundo (BrettYoung, 2017).
- Adquisición de otras empresas: en esta estrategia, una compañía compra a otra para expandir sus operaciones (Suttle, 2019).
 - ◇ En 2013, Novozymes adquirió la compañía TJ Technologies Inc. (América del Norte), la cual era pionera en soluciones biológicas para mejorar el crecimiento de las plantas, aumentar la

tolerancia al estrés y mejorar los rendimientos. Esta adquisición marcó otro paso importante en la construcción del negocio de Novozymes para brindar soluciones sostenibles en bioagricultura (Novozymes, 2013).

- ◊ En 2014, Camson Bio Technologies compró la compañía Deccan & Srushti Agro Exports, con sede en Maharashtra, India, lo que le permitió tener la cadena completa de productos agrícolas en ese país (“Camson Biotech acquires Deccan & Srushti Agro”, 2014).
- ◊ En 2016, Lallemand adquirió Lage y Cia (Uruguay), una importante empresa de inoculantes de semillas de América del Sur. Esta adquisición ayudaría a Lallemand en el desarrollo de productos de levadura, hongos y bacterias como agentes bioestimulantes, biocontroladores y biofertilizantes de la industria agrícola (Markets and Markets, 2020).



Ejemplo de experiencia en el mercado de los biofertilizantes en Latinoamérica: Rizobacter Argentina

Rizobacter es una compañía líder en microbiología agrícola, con más de 30 años en el mercado, 9 subsidiarias, presencia en 30 países y ventas de 250 millones de dosis de inoculantes en 2018. Uno de sus productos principales es el fertilizante microgranulado Microstar, para el cual se tiene una capacidad de producción de 50.000 toneladas y que surgió de una alianza entre Rizobacter y De Sangosse. Cuenta con una presencia significativa en las categorías de productos como adyuvantes, tratamientos de semillas y cebos para el control de plagas (moluscos e isópodos), con una participación en el mercado local del 26, 23 y 50%, respectivamente.

La compañía cuenta con diferentes alianzas con empresas de todo el mundo. Desde 1998 tiene una alianza con Syngenta que ha permitido consolidar un portafolio enriquecido para las dos compañías en distintos países. Además, en 2009 inició una relación con la empresa francesa De Sangosse, con el objetivo de crear productos tangibles, patentes y

licencias o para el desarrollo de soluciones naturales para la protección y la nutrición de los cultivos agrícolas. Igualmente, en 2016 construyó en Argentina una planta de fertilizantes microgranulados, Synertech Industrias, que, por su capacidad de producción de 50.000 toneladas y su infraestructura, es una de las más modernas de América Latina. También en 2009 inició una relación con la empresa estadounidense Momentive para comercializar en Argentina algunos de sus productos, entre los cuales se encuentra la marca Silwet L Ag, que distribuye exclusivamente también en Paraguay, Uruguay, Bolivia y Brasil. En 2012 desarrolló, en forma conjunta con la misma empresa, el adyuvante agrícola Rizospray Extremo de última generación, con desempeño antievaporante, tensoactivo y penetrante. En 2016, Bioceres, una empresa Argentina proveedora de soluciones para la agricultura (semillas, germoplasma, tratamientos de semillas, entre otras), terminó de adquirir el 80% de las acciones de Rizobacter (Rizobacter, s.f.).

Perspectivas de la industria de los biofertilizantes

El mercado de los biofertilizantes está estrechamente ligado al mercado de los fertilizantes químicos, por lo que se evidencia una oportunidad en el mercado de biológicos. De acuerdo con la International Fertilizer Industry Association, se espera que la demanda mundial de fertilizantes crezca un 1,3% anual en el periodo 2015-2023, llegando a 199 millones de toneladas de nutrientes entre 2022 y 2023. En cuanto a nutrientes, se espera que la demanda de fertilizantes nitrogenados crezca un 1%; la de productos de fósforo, un 1,4%, y la de productos de potasio, un 1,8%. Las regiones donde se espera un mayor aumento en la demanda de fertilizantes en los próximos años son, por orden de importancia, África, Europa y Asia (Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes [Anffe], 2018). En cuanto al mercado de los biofertilizantes, se espera que este tenga un mayor crecimiento, de entre el 10 y el 13%, en el mismo periodo de tiempo (Fortune Business Insights, 2020; Markets and Markets, 2020; Mordor Intelligence, 2020d; Ravensberg, 2017).

Un hecho importante para potenciar el desarrollo del mercado sería un aumento en la investigación sobre inoculantes con propiedades multifuncionales y biofertilizantes, que contienen más de un microorganismo, los cuales tienen efectos en la mejora del crecimiento y el rendimiento de las plantas en cultivo, así como en la mejora y el mantenimiento de la fertilidad del suelo (Bio-FIT Project, 2019a).

Otro objetivo esencial para tener en cuenta para garantizar la comercialización de estos productos es lograr la calidad y la estabilidad deseadas. Se requiere hacer investigación en la fisiología de los microorganismos y de las plantas, pero también en otros desafíos tecnológicos, como el proceso de fermentación, los tipos de formulaciones, la población

de microorganismos y su sistema de liberación. Respecto a las formulaciones, estas deben permitir que el producto resista al ambiente y pueda ser biodegradable, económico y fácilmente disponible, además de que deben aumentar la estabilidad del producto y alargar su vida útil y su efectividad en campo (Stamenković et al., 2018).

Otro factor importante que dificulta la adopción de los biofertilizantes es que no hay consistencia en los resultados en campo, y una causa importante de esto es el hábitat de crecimiento diverso y la estructura comunitaria de las raíces de las plantas; por lo tanto, se requieren enfoques innovadores que seleccionen las mejores tecnologías genómicas y moleculares, que permitan una mejor comprensión del sistema biológico. Asimismo, se pueden generar mapas de riesgo en términos de probabilidad de colonización, destino y eficiencia de los aislamientos que se quiera introducir, mapas que permitan adelantarse en aquellos factores de estrés que afecten el funcionamiento del microorganismo (Timmusk et al., 2017).

También se requiere un mayor conocimiento de este tipo de productos por parte de los agricultores, por lo cual es indispensable desarrollar programas de extensión para educar a los agricultores y trabajadores sobre el beneficio a largo plazo del uso de biofertilizantes. En Taiwán, por ejemplo, el Consejo de Agricultura desarrolla seminarios y talleres sobre la aplicación de biofertilizantes en los cuales se incluye el seguimiento de los cultivos inoculados con hongos micorrízicos arbusculares, rizobios o bacterias solubilizadoras de fosfato, los cuales permiten ver resultados exitosos con el uso de este tipo de bioinsumos; estas actividades han permitido aumentar las hectáreas que utilizan biofertilizantes en 12.000 hectáreas anuales y reducir un 30-50% el uso de fertilizantes químicos (ChunLi et al., 2010).



Conclusiones

El mercado de biofertilizantes ha tenido una tasa de crecimiento constante de entre el 10 y el 13% en los últimos diez años, y aunque actualmente es un mercado pequeño, representa una alternativa importante frente al uso de fertilizantes químicos.

Un factor muy importante que impulsa el crecimiento del mercado de biofertilizantes es el aumento de la demanda de productos orgánicos, que está asociado al mayor número de consumidores conscientes. Adicionalmente, la necesidad de mejorar las prácticas agrícolas para optimizar la fertilidad del suelo induce aún más la demanda de este tipo de bioinsumos, pues permiten mantener el equilibrio ecológico. Los cultivos de frutas y verduras orgánicas tienen una tendencia de crecimiento más rápida, debido a las nuevas preferencias de los consumidores por el cambio en su estilo de vida y al aumento del ingreso per cápita, por lo cual se espera que el uso de los biofertilizantes en estos cultivos tenga un mayor crecimiento.

La disponibilidad de los nutrientes en el suelo seguirá siendo un reto en el desarrollo de los biofertilizantes para mejorar la actividad biológica de los microorganismos, principalmente en actividades como la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo y la movilización de potasio.

El tipo de microorganismo usado como biofertilizante está asociado a su función: géneros como *Rhizobium* sp., *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp. y las cianobacterias fijan nitrógeno; géneros como *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp. solubilizan fósforo, y las micorrizas se usan principalmente para movilizar potasio.

Respecto a las formulaciones, prevalecen las líquidas, con una vida útil mayor, con mejor tolerancia a condiciones adversas y con protocolos de control de calidad más fáciles y rápidos en comparación con otros tipos de formulaciones.

Referencias

- Alternativas biológicas a los fertilizantes nitrogenados. (s.f.). <http://www.ugr.es/~cjl/fertilizantes%20nitrogenados.pdf>
- Arévalo, E. (2009). Más arroz a menos costo con la aplicación de biofertilizantes y materia orgánica. *Revista Arroz*, 57(476), 26-28.
- Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes (Anffe). (2018, 20 de julio). Perspectivas de IFA sobre la demanda mundial de fertilizantes 2018-2022. <http://www.anffe.com/destacados/Todos/2018-07-20%20Perspectivas%20de%20IFA%20sobre%20la%20demanda%20mundial%20de%20fertilizantes%202018-2022/index.html>
- Biofábrica Siglo XXI. (2011, 1.º de junio). Biofábrica Siglo XXI presente en el XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. <https://www.biofabrica.com.mx/blog/en-el-mundo/biofabrica-siglo-xxi-presente-en-el-xiv-congreso-nacional-de-biotecnologia-y-bioingenieria/>
- Bio-FIT Project. (2019a). Production managers in agriculture and forestry. LO10: Biofertilizers technology – awareness, marketing and future perspectives for sustainable development - 3. Future perspective of biofertilizers. <https://www.bio-fit.eu/q9/lo10-bio-fertilizers-technology-%E2%80%93-awareness,-marketing-and-future?start=3>
- Bio-FIT Project. (2019b). VET specialists in environmental protection. LO12: Bio-fertilizers Market Size - 3. Biofertilizers market. <https://www.bio-fit.eu/q5/lo12-bio-fertilizers-market-size?start=2>
- Brett Young. (2017, 19 de junio). Lallemand Plant Care and Brett Young conclude their collaboration. <https://www.brettyoung.ca/news/lallemand-plant-care-and-brettyoung-conclude-their-collaboration>
- Camson Biotech acquires Deccan & Srushti Agro. (2014, 6 de junio). *The Economic Times*. <https://economictimes.indiatimes.com/industry/cons-products/food/camson-biotech-acquires-deccan-srushti-agro/articleshow/36160395.cms?from=mdr>
- Carvajal Muñoz, J. S., & Mera Benavides, A. C. (2010). Biological fertilization: State of the art techniques for a sustainable agricultural development. *Producción + Limpia*, 5(2), 77-96. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-04552010000200007
- Chakdar, H., Jadhav, S. D., Dhar, D. W., & Pabbi, S. (2012). Potential applications of blue green algae. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 71(1), 13-20. https://www.researchgate.net/publication/216611050_Potential_applications_of_blue_green_algae
- ChunLi, W., Shiuanyuh, C., & ChiuChung, Y. (2010). Present situation and future perspectives of biofertilizer for environmentally-friendly agriculture. *Extension Bulletin - Food & Fertilizer Technology Center*, (634). <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123097358>
- European Biomass Industry Association. (2019). Biofertilizers. <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/biofertilizers/>
- Farnen, K. (2019). Advantages and disadvantages of biofertilizers. *Hunker*. <https://www.hunker.com/13404698/advantages-and-disadvantages-of-biofertilizers>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura: tendencias y desafíos*. <http://www.fao.org/3/i6881s/i6881s.pdf>
- Fortune Business Insights. (2020). *Biofertilizers market size, share & COVID-19 impact analysis, by type (nitrogen fixing, phosphate solubilizers, and others), microorganism (Rhizobium, Azotobacter, Azospirillum, Pseudomonas, Bacillus, VAM, and others), application (seed treatment, soil treatment, and others), crop type, and regional forecast, 2020 - 2017*. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/biofertilizers-market-100413>
- García Cañedo, J. C. (2017, 27 de junio). Biofertilizantes, ventajas y desventajas. *Blasting News*. <https://mx.blastingnews.com/tecnologia/2017/06/biofertilizantes-ventajas-y-desventajas-001806021.html>
- Ghosh, N. (s.f.). Promoting bio-fertilizers in Indian agriculture. https://www.researchgate.net/profile/Prem_Baboo/post/Please_suggest_me_a_good_bio-fertilizer_for_detailed_study/attachment/59d62d9079197b807798bd59/AS%3A350788372189184%401460645873588/download/12+South+Asia.Ghosh.Promoting+Bio-fertilizers+in+India+Agri.pdf
- Gómez Avendaño, N. (2010, 6 de octubre). Biofertilizantes vs fertilización comercial en la agricultura. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Biofertilizantes-vs-fertilizacion-comercial-en-la-agricultura-20101006-0005.html>
- Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabrales, J. J., & Vera-Núñez, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1.261-1.274. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/1376>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2019). *Productos registrados bioinsumos*. <https://www.ica.gov.co/getdoc/2ad9e987-8f69-4358-b8a9-e6ee6dcc8132/productos-bioinsumos-mayo-13-de-2008.aspx>, consultado en octubre de 2019.
- Kalayu, G. (2019). Phosphate solubilizing microorganisms: Promising approach as biofertilizers. *International Journal of Agronomy*, 2019, artículo 4917256. <https://doi.org/10.1155/2019/4917256>
- La Argentina, segunda en el mundo en producción orgánica certificada. (2017, 28 de octubre). *Télam*. <https://www.telam.com.ar/notas/201710/217092-argentina-produccion-organica-ranking.html>
- Las nuevas bio herramientas. (2017, 24 de febrero). *Mundoagro*. <https://www.mundoagro.cl/las-nuevas-bio-herramientas>
- Market Data Forecast. (2020a). *Asia-Pacific biofertilizers market by type (nitrogen fixing, phosphate solubilizing and potash mobilizing), by crop type (cereals & grains, pulses & oilseeds and fruits & vegetables), by microorganism (Azotobacter, Azospirillum, Rhizobium, phosphate solubilizing bacteria and Cyanobacteria), by mode of application (seed treatment and*

- soil treatment), by form (pure & mixed liquid fermentations, dispersible granules and pellets) and by region - Industry analysis, size, share, growth, trends, and forecasts (2020-2025). <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/asia-pacific-biofertilizers-market>
- Market Data Forecast. (2020b). *Europe biofertilizers market by type (nitrogen fixing, phosphate solubilizing and potash mobilizing) by crop type (cereals & grains, pulses & oilseeds and fruits & vegetables), by microorganism (Azotobacter, Azospirillum, Rhizobium, phosphate solubilizing bacteria and Cyanobacteria), by mode of application (seed treatment and soil treatment), by form (pure & mixed liquid fermentations, dispersible granules and pellets) and by region - Industry analysis, size, share, growth, trends, and forecasts (2020-2025)*. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/europe-biofertilizers-market>
- Market Data Forecast. (2020c). *Latin America biofertilizers market by type (nitrogen fixing, phosphate solubilizing and potash mobilizing) by crop type (cereals & grains, pulses & oilseeds and fruits & vegetables), by microorganism (Azotobacter, Azospirillum, Rhizobium, phosphate solubilizing bacteria and Cyanobacteria), by mode of application (seed treatment and soil treatment), by form (pure & mixed liquid fermentations, dispersible granules and pellets) and by region - Industry analysis, size, share, growth, trends, and forecasts (2020-2025)*. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/latin-america-biofertilizers-market>
- Market Data Forecast. (2020d). *North America biofertilizers market by type (nitrogen fixing, phosphate solubilizing and potash mobilizing) by crop type (cereals & grains, pulses & oilseeds and fruits & vegetables), by microorganism (Azotobacter, Azospirillum, Rhizobium, phosphate solubilizing bacteria and Cyanobacteria), by mode of application (seed treatment and soil treatment), by form (pure & mixed liquid fermentations, dispersible granules and pellets) and by region - Industry analysis, size, share, growth, trends, and forecasts (2020-2025)*. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/north-america-biofertilizers-market>
- Markets and Markets. (2020). *Biofertilizers market by form (liquid, carrier-based), mode of application (soil treatment, seed treatment), crop type, type (nitrogen-fixing, phosphate solubilizing & mobilizing, potash solubilizing & mobilizing), region - Global forecast to 2025*. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/compound-biofertilizers-customized-fertilizers-market-856.html>
- Micro Market Monitor. (2015). *North America biofertilizer market by application (cereals & grains, fruits & vegetables, pulses & oilseeds), by type (nitrogen fixing biofertilizers, phosphate solubilizing biofertilizers, potash mobilizing biofertilizers), by source, by geography - Analysis and forecast to 2019*. <http://www.micromarketmonitor.com/pressreleases/north-america-bio-fertilizer.html>
- Mohammadi, K., & Sohrabi, Y. (2012). Bacterial biofertilizers for sustainable crop production: A review. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 7(5), 307-316.
- Mordor Intelligence. (2019a). *North America biofertilizers market - Growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2021-2026)*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/north-america-biofertilizers-market>
- Mordor Intelligence. (2019b). *South America biofertilizers market - Growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2021-2026)*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/south-america-biofertilizers-market>
- Mordor Intelligence. (2020a). *Asia-Pacific biofertilizers market - Growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2021-2026)*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/asia-pacific-biofertilizers-market>
- Mordor Intelligence. (2020b). *Azotobacter based biofertilizer market - Growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2021-2026)*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/azotobacter-based-biofertilizer-market>
- Mordor Intelligence. (2020c). *Europe biofertilizers market - Growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2021-2026)*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-biofertilizers-market>
- Mordor Intelligence. (2020d). *Global biofertilizers market - Growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2021-2026)*. https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-biofertilizers-market-industry?gclid=EAlaIqobChMIkYSC1dyH4glVEonICh2-rPwEAAyAiAAEgJmnpD_BwE
- Mordor Intelligence. (2020e). *Rhizobium-based biofertilizer market - Growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2021-2026)*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/rhizobium-based-biofertilizer-market>
- Novozymes. (2013, 25 de junio). Novozymes acquires TJ Technologies Inc., further strengthens position in bioagriculture. <https://www.novozymes.com/es/news/news-archive/2013/06/novozymes-acquires-tj-technologies-inc-further-strengthens-position-in-bioagriculture>
- Pérez Cabrera, Á. F. (2014). Construyen en Santa Clara moderna fábrica productora de bioplaguicidas y biofertilizantes. *Granma*. <http://www.granma.cu/cuba/2014-08-13/construyen-en-santa-clara-moderna-fabrica-productora-de-bioplaguicidas-y-biofertilizantes>
- Prochnow, L. I., & Casarin, V. (2011). Biofertilizers in Brazil. [http://www.ipni.net/ipniweb/portaI.nsf/0/94cfd5a0ed0843028525781c0065437e/\\$FILE/05%20Brazil.Prochnow%20and%20Casarin.Biofertilizers%20in%20Brazil.pdf](http://www.ipni.net/ipniweb/portaI.nsf/0/94cfd5a0ed0843028525781c0065437e/$FILE/05%20Brazil.Prochnow%20and%20Casarin.Biofertilizers%20in%20Brazil.pdf)
- Ramírez Rojas, J. L., Trejo Aguilar, D., & Lara Capistran, L. (2010). La mercadotecnia en la producción de biofertilizante de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana. *Ciencia Administrativa*, 2, 48-56. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/biofertilizante2010-2.pdf>
- Ravensberg, W. (2017, 4-7 de diciembre). *The future of microbial products and regulatory issues* [presentación en conferencia]. International Symposium Microbe-Assisted Crop Production – Opportunities, Challenges & Needs (miCROPe 2017), Viena, Austria.
- Research and Markets. (2018, 26 de septiembre). United States biofertilizer market 2018-2023 - Increasing government support to promote organic farming driving market growth - ResearchAndMarkets.com. *Business Wire*. <https://www.businesswire.com/news/home/20180926005421/en/United-States-Biofertilizer-Market-2018-2023---Increasing>

- Research Nester. (2019a). *BioFertilizers market by product type (nitrogen-fixing, phosphate-solubilizing, potash-mobilizing & others); by microorganisms (Azospirillum, Cyanobacteria, phosphate-solubilizing bacteria, Azobacter & others); by crop (cereals & grains, pulses & oil seeds, fruits & vegetables & others); by form (pure & mixed liquid fermentations, dispersible granule and pellet); by application (seed treatment, soil treatment and root dipping) – Industry demand analysis & opportunity assessment 2016-2024*. <https://www.researchnester.com/reports/biofertilizers-market/1197>
- Research Nester. (2019b). *Biofertilizers market : Global demand analysis & opportunity outlook 2024*. <https://www.researchnester.com/reports/bio-fertilizers-market-global-demand-analysis-opportunity-outlook-2024/193>
- Reuters Plus. (2019). *Global biofertilizers market to expand in the coming years, active government participation to favor growth*. <https://www.reuters.com/brandfeatures/venture-capital/article?id=143013>, consultado en 2019
- Rizobacter. (s.f.). Hitos. Un camino innovador. <https://rizobacter.com/es/hitos>
- Rizobacter. (2018, 17 de julio). Rizobacter logró el registro del primer inoculante larga vida para el garbanzo. <https://rizobacter.com/es/noticia/mar-17072018-0920>
- Rizobacter. (2019, 14 de junio). Con foco en la expansión a nivel global, Rizobacter logra la aprobación de una segunda Aduana en Planta. <https://rizobacter.com/es/noticia/vie-14062019-1616>
- Sanjuán Pinilla, J., & Moreno Sarmiento, N. (2010). Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(1), 4-7. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752010000100001
- Stamenković, S., Beškoski, V., Karabegović, I., Lazić, M., & Nikolić, N. (2018). Microbial fertilizers: A comprehensive review of current findings and future perspectives. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16(1). <https://doi.org/10.5424/sjar/2018161-12117>
- Suttle, R. (2019, 12 de febrero). Growth strategies in business. *Chron*. <https://smallbusiness.chron.com/growth-strategies-business-4510.html>
- Symborg. (2019, 3 de mayo). Symborg abre nueva filial en Francia. <https://www.symborg.com/symborg-abre-nueva-filial-en-francia/>
- Tapia, A. (2013, 13 de noviembre). Micorrizas, las aliadas de la producción agrícola. *El Mercurio*. <https://www.elmercurio.com/campo/noticias/noticias/2013/11/13/micorrizas-las-aliadas-de-la-produccion-agricola.aspx>
- Teng, P. S. (2008). *Bioscience entrepreneurship in Asia: Creating value with biology*. World Scientific.
- Timmusk, S., Behers, L., Muthoni, J., Muraya, A., & Aronsson, A.-C. (2017). Perspectives and challenges of microbial application for crop improvement. *Frontiers in Plant Science*, 8, artículo 49. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00049>
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255, 571-586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Willer, H., & Lernoud, J. (eds.). (2019). *The world of organic agriculture. Statistics & emerging trends 2019*. Ifoam. https://ciaorganico.net/documypublic/486_2020-organic-world-2019.pdf



