



Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

Innovación en las Biofábricas del Sector Agrícola, en México

Zoé T. Infante Jiménez¹

*Andrés Eduardo Coutiño Puchuli**

*Priscila Ortega Gómez***

Resumen

El objetivo de la presente investigación es dar a conocer la importancia de los biofertilizantes producidos por las biofábricas, como un producto y proceso innovador, de mayor competencia que los fertilizantes convencionales, siendo tanto un bien complementario y de acuerdo al tiempo y a las condiciones endógenas un sustituto, más rentable, ecológico, productivo y saludable para el consumidor y productor. Los biofertilizantes son productos cada vez más demandados tanto en mercados nacionales como internacionales. La presente investigación se justifica por la existencia de un vacío del conocimiento, ya que hay muy escasa bibliografía con respecto a la producción y comercialización de biofertilizantes en biofábricas y mucho más escasa aún en el sector agrícola en México. Se empleó la metodología de marco lógico para recabar, analizar y estructurar la información obtenida directamente de los productores tanto de biofertilizantes, como de productores agrícolas que los emplean, así como un estudio bibliométrico.

Palabras Claves: biofertilizantes, biofábricas, innovación, Marco lógico, rentabilidad

Abstract

The objective of this research is to publicize the importance of biofertilizers produced by biofactories, as an innovative product and process, with greater competition than conventional fertilizers, being both a complementary good and, according to time and endogenous conditions, a substitute, more profitable, ecological, productive and healthy for the consumer and producer. Biofertilizers are products that are increasingly in demand both in national and international markets. This research is justified by the existence of a knowledge gap, since there is very little bibliography regarding the production and commercialization of biofertilizers in biofactories and much more scarce in the agricultural sector in Mexico. The logical framework methodology was used to collect, analyze and structure the information obtained directly from the producers of both biofertilizers and from agricultural producers who used them, as well as a bibliometric study.

Keywords: biofertilizers, biofactories, innovation, logical framework, profitability

¹ **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Introducción

Un área de investigación científica prioritaria para el desarrollo del país y de amplia expansión, en los últimos años, a nivel mundial es la biotecnología y su aplicación a través de las innovaciones en la producción y comercialización de biofertilizantes elaborados por las biofábricas. Las biofábricas son empresas agrobiotecnológicas dedicadas a vincular la investigación científica con la actividad agrícola, que buscan cambiar el modelo agrícola actual por uno más ecológico, sustentable y rentable (Conacyt, 2021).

Las biofábricas son un establecimiento de comercio a través del cual se hace una explotación mercantil, con función social y ecológica, de los recursos de la naturaleza a través de la creación, transformación y circulación de bienes vivos (microbiológicos, vegetales o animales) o sus derivados, obtenidos mediante técnicas o procedimientos biotecnológicos (García Arango, 2009). Los biofertilizantes son insumos que no contaminan y enriquecen la capacidad productiva del suelo, además de que son muy económicos y en ningún momento van a degradar la capacidad productiva, afirma Dr. Morales Marcel, citado por Valencia (2016).

En los últimos años a nivel global se ha agudizado el problema de la contaminación ambiental, y una de las causas proviene del uso excesivo de agroquímicos (Carreño-Meléndez et al, 2019). El uso de agroquímicos es uno de los factores de contaminación, ya que su utilización ha repercutido en pérdida de la diversidad biológica, riesgo de enfermedades en el ser humano, sobreexplotación de los recursos de la vida silvestre, y aparición de malezas resistente (UNESCO, 2002). El uso de agroquímicos, puede causar intoxicación, cáncer, malformaciones, daños del hígado, problemas de la sangre, contaminación del agua, aire y suelo, cambio climático (Hidalgo, 2001).

En la revisión bibliográfica previa a la investigación se encontró información de importancia relacionada con los biofertilizantes, la gran mayoría de los trabajos de investigación a nivel mundial, nacional y estatal sobre biofertilizantes son en áreas de la agronomía, de la biología y ciencias ambientales, estudios de casos específicos sobre algún cultivo, encontrándose pocos trabajos en el campo de la administración o comercialización de los biofertilizantes, las empresas internacionales productoras de biofertilizantes no hacen accesible al público los datos sobre el comportamiento comercial de los biofertilizantes. Por lo que es importante desarrollar un trabajo enfocado más al tema administrativo con enfoque de datos de producción y comercialización de los biofertilizantes. Un aspecto importante detectado es el mal control de la calidad en el proceso de producción, así como el transporte y almacenamiento que afectan la calidad del inoculante, por lo que recomendó personal capacitado en el manejo (Odame, 1997).

Innovación

La innovación es un factor clave para el crecimiento económico y desarrollo de la empresa, región, estado o del país a largo plazo ya que permite el incremento de la productividad y por lo tanto de la rentabilidad, generar nuevos empleos, promoviendo la creación de nuevos productos y formas de realizar las cosas. Y es más importante cuando el desarrollo es sustentable mejorando el bienestar social, y al mismo tiempo el medioambiental, a través de la solución de problemas como son la salud, la pobreza y de los recursos naturales.

Figura 1. Tipos de Innovación en El Manual de Oslo



Fuente: Elaboración propia.

La innovación es todo cambio basado en conocimiento que genera riqueza, la meta de cualquier proceso innovador es la generación de riqueza (Muñoz et al, 2007). Cualquier tipo de cambio orientado a la innovación, debe estar basado en conocimientos, soportados en información y datos. La innovación nace de ideas y propuestas concebidas y expresadas por personas, se concreta en planes y proyectos y son las personas las que llevan a la práctica los proyectos innovadores. (Muñoz, 2007).

Joseph A. Schumpeter (1883-1950) economista austriaco del siglo veinte introduce como elemento central en el análisis económico el proceso de innovación empresarial, conceptualiza la innovación como producir otras cosas, o las mismas por métodos distintos (Schumpeter, 1968). Para Schumpeter citado por Montoya (2004) el cambio surge dentro del sistema (proceso endógeno), en su propuesta de desarrollo económico introdujo el concepto de la innovación como causa del desarrollo y el empresario innovador como propiciador de los procesos de innovación.

Para Schumpeter (1978) la fuerza fundamental que mueve la producción capitalista y la causante de sus procesos de transformación constante es el proceso de innovación tecnológica. Entendiendo por innovación una invención que se introduce en el mercado. Para Schumpeter las innovaciones radicales, capaces de provocar cambios revolucionarios, transformaciones decisivas en la sociedad y en la economía son las que explican las transformaciones sociales. Por innovación radical entiende: la introducción de nuevos bienes de consumo en el mercado, el surgimiento de un

nuevo método de producción y transporte, la apertura de un nuevo mercado, la generación de una nueva fuente de oferta de materias primas, cambio en la organización o proceso de gestión.

Drucker (1985) define la innovación como un análisis sistemático de los cambios para transformarlos en oportunidades de negocio. Enlista las posibles fuentes de innovación de la siguiente manera: Las sorpresas, las incongruencias, necesidades de proceso, cambios en los sectores y en el mercado, cambios demográficos o poblacionales, tendencias o cambios en la percepción de los consumidores y nuevos conocimientos.

Los actores que generan innovaciones se encuentran tanto en el sector público como privado. En América Latina en el sector público está representada por universidades, centros de investigación sobre innovación principalmente, los actores involucrados en la innovación no sólo son los que innovan; son también los que reciben innovaciones (Sutz, 2002).

La innovación es reconocida como el proceso clave para el crecimiento económico de empresas, regiones y países (Grossman y Helpman, 1994). La innovación se puede dar en el desarrollo de nuevos productos, procesos, servicios o modelos de negocio en el sector agroindustrial. En comparación con los contextos urbano-industriales, los procesos de innovación en áreas rurales han recibido escasa atención. Rogers (1995) en la teoría de la difusión de innovaciones explica cómo, por qué y a qué velocidad se mueven las nuevas ideas y tecnologías a través de las diversas culturas. Para Rogers el principal elemento de la innovación es una idea, práctica u objeto que es percibido por un individuo como nuevo.

Algunos de los principales conceptos sobre lo que es la innovación de acuerdo a principales investigadores sobre el tema: Schumpeter (1978) lo ve desde una perspectiva evolucionista, refiriéndose a innovación en producto, donde se incluye la materia prima, la evolución en proceso y de nuevas estructuras de mercado; Freeman (1995) describe la innovación como proceso de integración de la tecnología existente y los inventos para crear o mejorar un producto, un proceso o un sistema; consiste en la consolidación de un nuevo producto, proceso o sistema mejorado en un sentido económico.

La definición de innovación más aceptada hoy en día es la que ofrece la OCDE (2018) que la describe como un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ellos) que difiere significativamente de los productos o procesos previos de la unidad y que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puesto en uso por la unidad (proceso).

Se distinguen cuatro tipos de innovación, de acuerdo a la OCDE (2005):

Innovación de producto: es un bien o servicio que es nuevo o significativamente mejorado respecto a sus características o usos. Esto incluye mejoramientos en componentes, materiales y especificaciones técnicas, software, facilidad de uso y otras características funcionales. Innovación

de proceso: es la implementación de un nuevo o significativamente mejorado método de producción o distribución. Esto incluye cambios en la técnica, equipo o el software. Innovación de marketing: es la implementación de un nuevo método de marketing que involucra cambios significativos en el diseño o empaquetado del producto, la plaza, promoción o precio. Innovación organizacional: un nuevo método organizacional en la práctica de los negocios, organización del lugar o en las relaciones externas de la empresa.

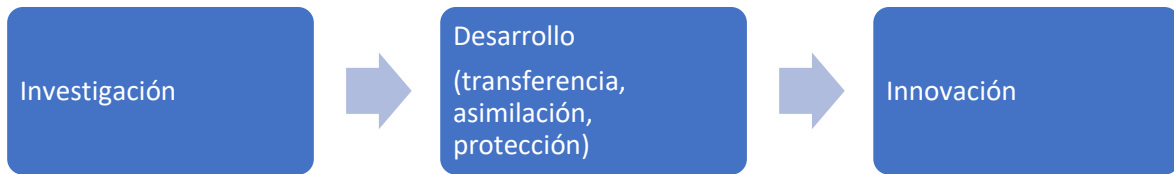
Desouza (2009) describe el proceso de innovación en las siguientes 5 etapas: la generación y movilización de ideas, revisión y selección de ideas, experimentación, comercialización y difusión e implementación. Estas etapas no necesariamente deben seguir ese orden lineal. En cada etapa intervienen diferentes actores que con su conocimiento, recursos y experiencia contribuyen a la generación de nuevos productos, servicios, métodos de marketing y procesos organizacionales.

Los biofertilizantes son productos innovadores, como expresan Gutiérrez y Díaz (2018), la innovación es fundamental para el desarrollo tecnológico y económico, es un factor, para destacar ante los rápidos cambios tecnológicos, ante un mercado cada vez más exigente e internacional, preocupado por el medio ambiente. Se busca que la innovación incida favorablemente en las condiciones para enfrentar la crisis alimentaria y la crisis ecológica mediante formas sustentables de producción agropecuaria e industrial (Jargalsaikhan et al., 2019) y al mismo tiempo formas de producir alimentos suficientes inocuos y nutritivos (FAO, 2011). Las políticas y estrategias de innovación en agricultura deben demostrar su importancia, para conseguir el reconocimiento de la sociedad y el apoyo de los gobiernos, comunicar efectiva y transparentemente los resultados logrados, así como los impactos de desarrollo conseguidos. Entre las principales ventajas del uso de biofertilizantes destacan el incremento de la producción, ausencia de contaminación de suelos, bajo costo en el proceso de fertilización, disminución de los costos de operación, aumento en la calidad de la tierra y mayor resistencia a la sequía.

Ciclo de vida de la Innovación

De acuerdo a la OCDE/Eurostat (2018) las actividades de la innovación son la investigación y desarrollo, transferencia de conocimiento dentro de la empresa e innovación en mercadotecnia y comercialización. En el enfoque lineal del proceso de investigación y desarrollo se parte de la investigación, se prosigue con el desarrollo donde se pueden integrar la asimilación, transferencia y protección, llegando finalmente a la innovación.

Figura 2 Enfoque lineal de la innovación



Fuente: Elaboración propia

La innovación es un proceso sistémico, interactivo, multidisciplinario y de múltiples y diferentes autores. Entre los autores se pueden encontrar las instituciones públicas, como las universidades y centros de investigación y desarrollo, el Estado, la sociedad, redes sociales y las empresas. Un innovador inteligente primero valida si el mercado aceptará su producto, entiende cómo hacerlo llegar a sus futuros clientes; para posteriormente desarrollarlo a bajo costo, buscando con el tiempo las mejoras que el mismo mercado le pida, algo que los innovadores de los biofertilizantes de las biofábricas tienen muy en cuenta. Una parte clave de los biofertilizantes en la innovación es su creación de valor, ya que la necesidad de suma importancia del sector agrícola es la fertilidad y sustentabilidad de sus suelos agrícolas.

Sistemas de innovación

Los sistemas de innovación son un proceso en el que se enfatiza la importancia de las interacciones entre actores, como la transmisión y difusión de ideas y conocimientos, y en el que se señala la importancia del contexto social, político y cultural que guía y define la innovación. Para Lundvall (2002) los sistemas nacionales de innovación son partes y aspectos de la estructura económica y el marco institucional que afectan el aprendizaje y el uso del conocimiento. Son entendidas como el conjunto de instituciones cuyas interacciones determinan el desempeño innovador de las empresas (Nelson y Rosemberg, 1993).

Para Edquist (2001) los Sistemas de Innovación para el Desarrollo son una variante del enfoque general que enfatiza las cuestiones específicas del subdesarrollo, por lo que para los países menos desarrollados, la difusión de nuevo conocimiento es más importante que su generación, por lo que el cambio tecnológico se busca en los sectores tradicionales en lugar de los de alta tecnología.

Partiendo de la definición de Sistemas de Innovación para el Desarrollo (SID) de Edquist (2001) se diferencia entre países desarrollados y países en desarrollo y que los primeros persiguen innovaciones radicales de producto, mientras los segundos se especializan en innovaciones incrementales de proceso. Por lo que los países desarrollados crean conocimiento nuevo y los países en desarrollo se adaptan. Son el bajo compromiso con la innovación, el cambio tecnológico y los

procesos de cambio estructural los que conducen a menores niveles de productividad e ingresos (CEPAL, 2008; Cimoli et al, 2006).

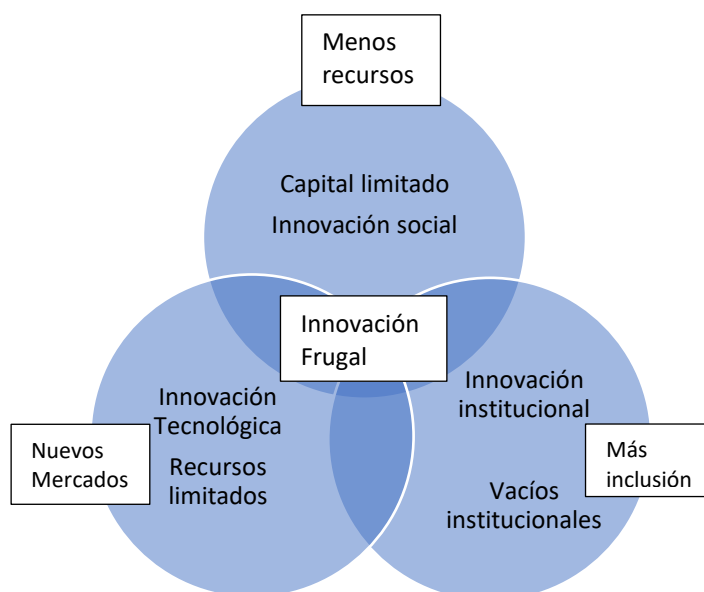
Sistemas sectoriales de innovación

Un sector es un conjunto de actividades unificadas, para un logro de productos relacionados, con una demanda dada o emergente, y que comparten algún conocimiento básico. Un sistema de innovación está compuesto por un conjunto de agentes que despliega en interacción un conjunto de actividades de mercado y extramercado para crear, producir y vender productos del sector (Malerba, 2002).

El Sistema Sectorial de Innovación es un modelo multidimensional para analizar la estructura productiva y la dinámica de determinados sectores de la economía, como el progreso técnico, el aprendizaje y autoconocimiento, así como la diversidad de innovación de los distintos sectores de la economía, sus semejanzas y diferencias. Esta conformada por empresas productoras que compiten e innovan, por usuarios, consumidores o productores de otros sectores, centros de investigación, proveedores e instituciones.

Uno de los principales retos para los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI), es lograr la articulación efectiva entre sus actores y que se concreten en soluciones tecnológicas que atiendan eficientemente las demandas del mercado. En dichos sistemas de innovación se generan, sobre una base sólida de aprendizaje (Freeman, 1995) y cooperación colectiva (Schmitz, 1995) redes de intercambio de conocimientos y capacidades que resultan en ventajas competitivas para todos.

Figura 3 La Innovación Frugal



Fuente: Elaboración Propia, a partir de los trabajos de Franco y Guerra (2018) sobre innovación social y sostenibilidad en nuevos enfoques de la innovación.

Tipos de innovación

El enfoque de innovación base, surgió en la India a finales de la década de los ochenta e inicios de los noventa, promovido por Anil K. Gupta, que tenía la finalidad de inventar soluciones tecnológicas que fueran económicas, eficientes, sustentables y basadas en conocimiento local. La innovación de base se da en sectores como abastecimiento de agua y saneamiento, vivienda, alimentación y agricultura, energía, fabricación, movilidad con aplicaciones a las iniciativas de energía renovable basadas en la comunidad, mercados de agricultura (Organización de las Naciones Unidas, 2017).

A través de la innovación frugal se busca aprovechar al máximo los factores de producción disponibles en mercados emergentes. Es una respuesta a restricciones de recursos severas con productos que tienen ventajas de costos extremas soluciones existentes y suelen estar hechos de materiales más simples y menos costosos.

La innovación social consiste en la generación de nuevos productos, procesos, servicios o modelos, con impactos cuantificables y enfocados a solucionar problemáticas de interés público y donde el valor generado se distribuya entre la sociedad (Bucio-Mendoza et al, 2019). La innovación social es entendida como “un proceso para la solución de problemáticas sociales a partir de la sociedad misma” (Guadarrama y Acosta, 2017). La innovación social está vinculada a cambios sociales positivos para el beneficio de individuos, comunidades y/o el medio ambiente (Stephan et al, 2016) que permiten la producción y reproducción de las condiciones materiales (biofísicas, económicas, culturales e institucionales) hacia una sustentabilidad en la coexistencia entre seres vivos y el ambiente (Vargas, 2008).

La capacidad de absorción del usuario; los conocimientos acumulados en los años como agricultores en las características de sus tierras y las necesidades de las plantas permitan adecuar el empleo de los biofertilizantes a las particularidades de la región, por lo que se convierte en un aprendizaje endógeno.

Los conocimientos de la calidad del suelo y necesidades de los cultivos que el agricultor necesita permiten operar la tecnología necesaria para elaborar los biofertilizantes adecuados, ya que existen biofábricas con centros de investigación que adecuan el proceso de producción, diseño y creación de nuevos productos a las necesidades del agricultor. Es un producto que puede repercutir de manera positiva en las condiciones ambientales y beneficiar un desarrollo sustentable.

Para permanecer en el mercado las biofábricas requieren que su oferta y el modo en que es creada permanezcan en un estado continuo de cambio para lo cual deben realizar un diagnóstico de las unidades de producción, luego focalizar en los problemas más apremiantes, enseguida emprender

acciones de capacitación para poder implantar soluciones y garantizar el aprendizaje, la velocidad y eficacia con que realice este ciclo de actividades determina el ritmo de la innovación en las empresas.

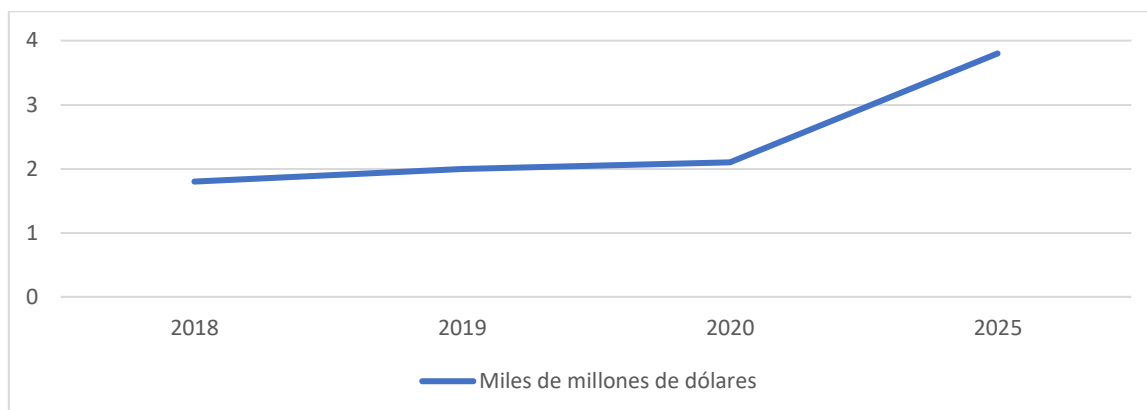
La innovación agrícola designa los procesos de innovación que ocurren en un sector de actividad productiva de alimentos y se apoya en el paradigma de la teoría ortodoxa de la innovación y el modelo de la triple hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000), el cual reconoce a la industria, la academia y el gobierno como sectores determinantes para integrar el sistema o ecosistema de innovación (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Lundvall et al., 2002). Desde estos modelos se valoran los cambios y mejoras en las formas de producción mediante generación de tecnologías, modelos de agronegocios y redes de actores, y se relacionan sus impactos en la eficiencia y la productividad del sector (Klerkx et al, 2010; Röling, 2009).

Mercado de Biofertilizantes

El mercado global de biofertilizantes valió más de US \$1.8 mil millones en 2018, creciendo a una tasa compuesta anual de alrededor del 14.3% durante 2011-2018, tomando un valor de 2 mil millones de dólares en 2019. El mercado mundial de biofertilizantes estaba valorado en 2.100 millones de dólares en 2020, este aumento es debido a que el mercado de biofertilizantes está impulsado principalmente por el mercado de productos orgánicos, en específico el de las frutas y verduras orgánicas, y por el creciente enfoque de los gobiernos de todo el mundo para reducir la creciente huella de carbono de la agricultura y hacerla más sustentable (Global biopesticides market, 2019).

Estados Unidos y Canadá son los principales mercados de biofertilizantes en América del Norte. Estados Unidos también se clasifica como el mercado de más rápido crecimiento con una tasa compuesta anual de 12.1%. El mercado de biofertilizantes de América del Norte alcanzó un valor de US \$ 552 millones en 2018. Las políticas gubernamentales y los procesos de registro más fáciles están favoreciendo a la industria a largo plazo. En Estados Unidos el proceso de registro se hace a nivel estatal.

Gráfica 1. Valor Global de Biofertilizantes



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Global Biopesticides, 2019.

Biofertilizantes en América del Norte

El mercado de fertilizantes orgánicos de América del Norte está muy fragmentado, con los cinco principales empresas representan alrededor del 14.8% del mercado en 2020. Agrinos Inc., Kiwa Bio-Tech, Nutrient Ltd, Rizobacter Argentina SA y California Organic Fertilizers son los principales en el mercado (Intelligence, 2022).

Biofertilizantes en Latinoamérica

El representante de la FAO, Julio Berdegué menciona “necesitamos innovar para enfrentar la escasez y el alto precio de los fertilizantes sintéticos, y la diversificación de fuentes de nutrientes”, por lo que para contribuir a que la agricultura sea más sustentable se tiene que mantener abierto el comercio internacional de los bioinsumos; monitorear los stock, volúmenes de importación y precios; compartir los beneficios a través de plataformas transparentes (Milciades, 2022).

En marzo de 2021 en Cuba se aprobaron las normas jurídicas de la política para la producción, desarrollo y uso de los biofertilizantes, bioestimulantes y bioplaguicidas de uso agrícola (MINAG, 2022), que tiene como objetivo recuperar y ampliar las capacidades de producción de bioproductos económica y socialmente viables para satisfacer la demanda del país y la posible exportación, así como perfeccionar las tecnologías de producción acorde al desarrollo mundial.

Entre los principales problemas identificados es que no existe un marco regulatorio que ordene la investigación, desarrollo, producción, comercialización y aplicación de bioproductos de uso agrícola en Cuba, la infraestructura para la Investigación y Desarrollo está deteriorada, incluyendo los laboratorios de suelo y sanidad vegetal, falta disponibilidad de equipamiento e insumos para el mantenimiento y certificación de cepas a nivel nacional e internacional. Demora en la obtención de registros por insuficiente capacidad en los laboratorios y centros acreditados, no existe financiamiento,

y los costos de producción tienden a ser elevados. Para Peña una de las causas del escaso empleo de biofertilizantes en Cuba para la mejora de los suelos y el incremento de la productividad es el insuficiente conocimiento del productor respecto a las ventajas de su uso (Peña-Borrego et al, 2018).

En Argentina el impulso de la producción nacional de biofertilizantes se debió a la expansión del cultivo de la soja, junto con el conocimiento de los beneficios económicos y ecológicos de la inoculación de las semillas con bacterias fijadoras de nitrógeno, Más del 90% de los productos cumplen con las normas de control de calidad vigentes (Corvalán, 2008). Los datos en el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) registran cerca de 50 firmas con más de 100 productos de biofertilizantes. El origen del capital de las empresas productoras y comercializadoras de biofertilizantes en Argentina es 88% nacional y 12% internacional, el 80% son empresas pequeñas, y el 16 % de los biofertilizantes se exportan Principalmente a Brasil, Uruguay, Paraguay, Bolivia, EE.UU, y Canadá (Izaguirre-Mayoral, Labanderay, y Sanjuán, 2007).

Biofertilizantes en Asia

Los biofertilizantes más comunes utilizados en China incluyen fertilizantes bacterianos, biofertilizantes orgánicos y biofertilizantes compuestos. Hay más de 950 empresas productoras de biofertilizantes con más de 2000 productos registrados que se utilizan en cultivos comerciales como verduras, frutas, hierbas medicinales chinas y cultivos de caña de azúcar (Mordor Intelligence, 2022a). China representó el 43% de la cuota de mercado de biofertilizantes para la región Asia-Pacífico en 2019. Los procesos de producción de fertilizantes orgánicos de China han continuado durante más de cinco décadas. La investigación y aplicación de biofertilizantes en China comenzó en la década de 1950.

Para el caso de Vietnam un mayor rendimiento de cultivos producidos orgánicamente, la adopción de tecnologías agrícolas nuevas y avanzadas y el aumento de las regulaciones sobre los límites de residuos químicos son los factores que aumenten el crecimiento del mercado. Se ha demostrado que los biofertilizantes son extremadamente efectivos en cultivos que son clave para la agricultura en Vietnam, como la mandioca, el arroz, el maíz, la caña de azúcar, la pimienta negra, las nueces de árbol y el café. Las principales empresas en Vietnam son Vedan Enterprise Corp. Ltd., Que Lam Group, Can Tho Fertilizer @ Chemical Jsc, Ho chi Minh Agriculture Technical Services Corporation y Trung Hiep Loi Fertilizer Company (Mordor Intelligence, 2022c).

Un estudio realizado en Pakistán (Naveed, Mehboob, Shakir, Hussain Baqir, y Farooq, 2015), cita que el negocio de fertilizantes deja anualmente 100 mil millones de rupias, y que el empleo de los biofertilizantes ahorraría 10 mil millones de rupias. Pero Pakistán enfrenta problemas en cuanto a

la calidad en la producción de biofertilizantes, almacenamiento y la falta de publicidad y conocimiento por parte de los agricultores de los beneficios de los biofertilizantes.

Biofertilizantes en Europa

Europa fue el segundo mayor consumidor de biofertilizantes y tenía una participación del 30% del mercado mundial de biofertilizantes en 2019. Debido a la imposición de regulaciones estrictas sobre el uso de biofertilizantes químicos en Europa, el uso de fertilizantes químicos tiende a ser reemplazado por fertilizantes biológicos. La Unión Europea (UE) aconseja a los agricultores reemplacen total o parcialmente los fertilizantes convencionales por biofertilizantes para obtener mejores rendimientos económicos. La Política Agrícola Común de la UE promueve la adopción y el uso de biofertilizantes y la agricultura orgánica. Proporciona hasta el 30% del presupuesto como pagos verdes directos a los agricultores para mantener prácticas agrícolas sustentables. El área de la agricultura orgánica aumentó de 12.81 millones de hectáreas en 2017 a 14.57 en 2019 (Mordor Intelligence, 2022c)..

Europa en el 2020 fue el mercado más grande de biofertilizantes y representó la mayor parte de la cuota de mercado mundial en 2020. Alemania, España y Francia contaban juntas con más de la mitad de la participación europea. Francia tiene la mayor participación en el mercado. Las empresas europeas de biofertilizantes están adoptando diversas estrategias, como lanzamientos de productos, asociaciones y adquisiciones, para obtener una mayor participación en el mercado. Las inversiones en I+D y la introducción de nuevos productos son las principales estrategias. Las principales empresas incluyen Rizobacter Argentina SA, Desarrollo Agrícola.

Biofertilizantes en África

La agricultura orgánica y las prácticas agrícolas sustentables, así como los subsidios gubernamentales son las principales razones del consumo creciente de biofertilizantes en África. Uganda tiene el área orgánica más grande con 231,000 hectáreas. Sudáfrica es el primer país entre los países africanos en términos de ingresos generados por el segmento de biofertilizantes, representó el 45.8% de los ingresos totales del mercado africano en 2019, seguido muy de lejos por Kenia y Nigeria. Factores como las preocupaciones ambientales, la mayor conciencia entre los agricultores y la degradación de la calidad del suelo son los principales impulsores del mercado en la región. Entre las principales empresas están Rizobacter Argentina S.A., Novozymes A/S, symborg, International Panaacea Limited, y MBFI (Mordor Intelligence, 2022b).

Biofertilizantes en México

El INIFAP ha realizado pruebas experimentales con biofertilizantes en cultivos de maíz de alto rendimiento en que ha probado que se puede reducir en un 30% el uso de fertilizantes nitrogenados manteniendo los rendimientos e incluso incrementándolo (Guzmán, 2018). Los biofertilizantes que comercializa se encuentran en versiones líquidas, que le dan mayor vida de anaquel, y permite una aplicación más fácil por parte de los productores. La aceptación de los productos es cada vez más amplia, pero en el caso de los pequeños productores campesinos el suministro está ligado a programas gubernamentales (Barragá, 2021). El conflicto entre Rusia y Ucrania generó un incremento desproporcionado en el costo de fertilizantes químicos a nivel mundial en donde México no es la excepción (Mendoza, 2022).

Metodología del Marco Lógico

La Metodología de Marco Lógico (MML) es un método orientado a la solución de problemas específicos. Tiene tres grandes fases, en la primera se identifica el problema a resolver, por medio de un diagnóstico sistémico que permita establecer las causas del problema, en la segunda se construye el modelo sistémico y en la tercera se elabora la matriz de objetivos secuenciales que deben alcanzarse, donde se incorporan los indicadores. Debe aplicarse dentro de un determinado contexto, que es su espacio de validez. Permite presentar en forma resumida y estructurada cualquier iniciativa de intervención. La MML facilita la evaluación de programas o proyectos al término de algún período preestablecido, identifica de manera oportuna retos y necesidades con el fin de que se puedan tomar decisiones pertinentes en torno a su diseño e implementación (Universidad Autónoma de Occidente, 2007). Para el presente trabajo se entrevistó y encuestó a productores aguacateros de Los Reyes, productores de zarmamora de Zirauaretiro Michoacán, la biofábrica Biossa-Procal y la Biofábrica Agroquintana en los municipios antes mencionados. Así también se llevó a cabo un análisis bibliométrico sobre biofertilizantes durante el periodo 2015-2020.

Resultados

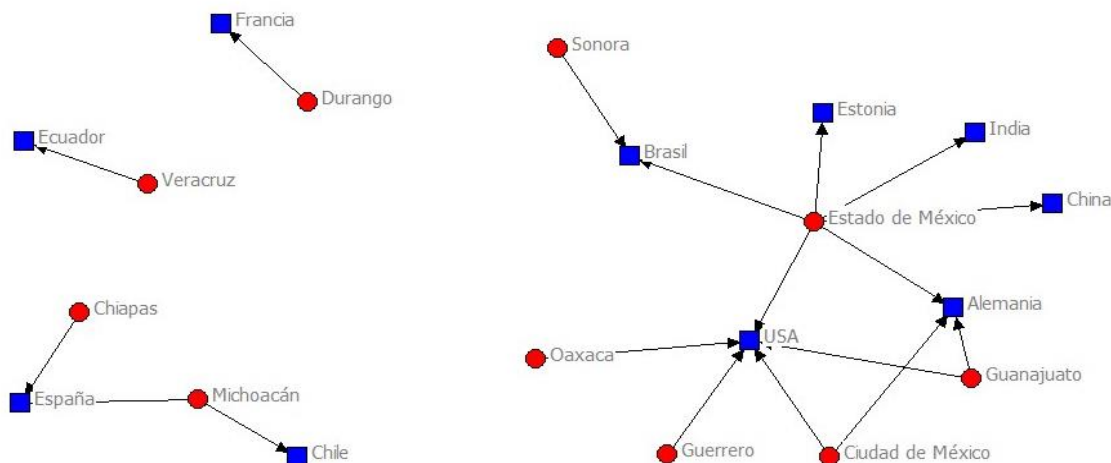
De acuerdo a la búsqueda realizada en patenscope (2021). El sistema de innovación de México se caracteriza por tener bajos niveles de inversión en Investigación y Desarrollo, así como vinculaciones débiles entre los diferentes actores de la innovación. Comparado con otros países de la OCDE, México tiene un bajo gasto en Investigación y Desarrollo tanto empresarial como público, un bajo desempeño en la creación de conocimientos y tecnología que se representa por una baja tasa de creación de patentes y marcas, así como de artículos científicos en revistas internacionales (OCDE, 2012).

En términos de solicitudes de patentes sobre biofertilizantes, los países con más patentes son China con 40, India 22, Rusia 21, Estados Unidos y México 10 cada uno, Francia 4, Alemania, Brasil, Canadá, España, Egipto, Israel y Malasia tienen 2 cada uno, Bulgaria, Indonesia, Filipinas y Rumania 1 respectivamente.

Los únicos países que han recibido concesiones sobre patentes de biofertilizantes son China con 7 y Rusia con 4, Canadá, Egipto e India con 2 cada uno, y Francia ha obtenido una patente. Las innovaciones en biofertilizantes son algo de lo que se tiene registro desde 1984, y es desde el año 2000 donde se aprecia un incremento con los años hasta la actualidad, de acuerdo a la búsqueda realizada en patentscope 2021.

El estado mexicano que más colaboró con otros países en el periodo 2015-2020 sobre temas de biofertilizantes microbianos fue el Estado de México, ya que colaboró con investigadores de instituciones de Estados Unidos de América, Brasil, Alemania, Estonia, China e India, pertenecientes a los continentes América, Europa y Asia. Dichos países en su mayoría son los más productivos en solicitud de patentes de biofertilizantes, a excepción de Estonia. Colaboraron con México en el 31.6% de las publicaciones alrededor de 17 países (gráfica 2), entre los principales se encuentran los Estados Unidos de América, Chile, Alemania, China y España.

Gráfica 2. Redes de colaboración con los Estados Mexicanos sobre Biofertilizantes

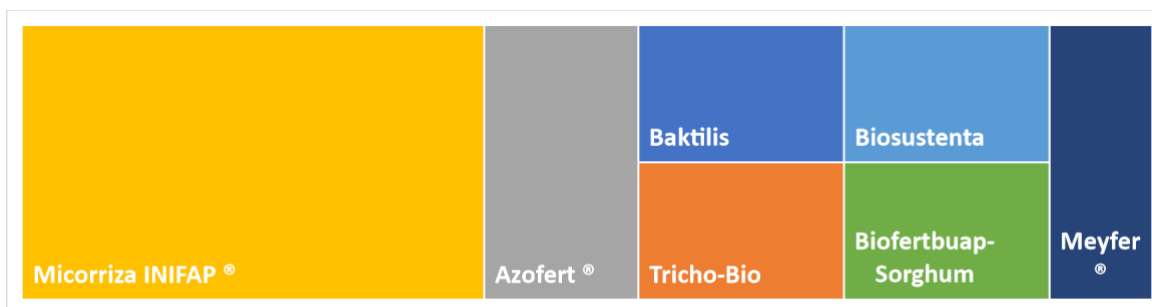


Fuente: Elaboración propia en base a artículos sobre biofertilizantes en Ebsco, Elvieser, Springer, Scielo, Willey y Redalyc, durante el periodo 2015-2020

Los microorganismos empleados como biofertilizantes se aplicaron como objeto de investigación en 51 cultivos en México, de ellos se encuentran como principales el maíz, tomate, chile o pimiento, trigo, sorgo, café, calabacita, frijol y la caña de azúcar. El maíz resultó objeto de

investigación en el 13.2% de las publicaciones, cuestión que reafirma a este cultivo como símbolo de la cultura agroalimentaria mexicana. De 33 marcas de biofertilizantes analizadas durante el periodo de estudio, la marca Micorriza INIFAP ® fue aplicada en más del 27% de los cultivos donde se emplearon biofertilizantes comerciales, seguida por Azofert ® en poco más del 9%. Tricho-Bio, Biosustenta, Meyfer ®, Bioferbuap-Sorghum y Baktillis en el 6% de los estudios respectivamente (Gráfica 3).

Gráfica 3 Marcas de Biofertilizantes Aplicadas a los Cultivos en México durante 2015-2020



Fuente: Elaboración propia en base a artículos sobre biofertilizantes en Ebsco, Elvisier, Springer, Scielo, Willey y Redalyc, durante el periodo 2015-2020

Entre los problemas que enfrentan los productores aguacateros de Los Reyes, Michoacán con respecto a sus suelos agrícolas está la infertilidad, mencionaron que el potasio es difícil de aplicar, y el glifosato provoca graves daños a la salud como el cáncer, que, aunque esta prohibido su aplicación, aún se emplea. Los productores aguacateros de la asociación “Cupandari” emplean biofertilizantes, del 10 al 30% con respecto a los fertilizantes tradicionales, pocos como el director general de la asociación el psicólogo Javier M. comentan que el 100% de su producción es a base de fertilizantes orgánicos, que él mismo produce en sus terrenos, otros como el licenciado en comercio internacional Abraham S., gerente de la asociación, emplea métodos alternativos no tradicionales, basado en conocimientos prehispánicos, y en un 30% de sus tierras se aplican biofertilizantes.

Los agricultores se preocupan por la fertilidad de sus suelos y saben qué, aunque el mercado no los pague cómo orgánicos, ven que su empleo regenera el suelo, en periodos de entre 5 años, ya que son más productivos. Entre los resultados del uso de biofertilizantes están la proliferación de la microbiología del suelo y el intercambio catiónico. Comentan que incluso son más económicos que los convencionales, pero los problemas que encuentran en su empleo están el almacenamiento, ya que deben utilizarse más pronto, otro de los problemas es su disponibilidad, entre los que más emplean están el bio yam, y el s.a. propel de la empresa SHK.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los principales problemas identificados por los agricultores fueron la infertilidad de suelos agrícolas, la calidad del proceso de producción de biofertilizantes, su almacenamiento, publicidad y cantidad ofertada, además de los precios que reciben por su producto.

Conclusiones

La producción de biofertilizantes se centra en países desarrollados, se fabrican por empresas gubernamentales o privadas e incluyen micorrizas, *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y agentes de biocontrol como *Trichoderma*. En muchos países en desarrollo no hay industrias de inoculantes, en muchas áreas rurales hay una renuencia a usar bacterias y hongos como microorganismos benéficos, en estas culturas los microbios están relacionadas con enfermedades humanas y de animales.

En México, la producción actual de biofertilizantes se realiza por pequeñas empresas, instituciones de educación e investigación y por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), apoyada por el gobierno federal y/o por gobiernos estatales. A pesar de este desarrollo, la distribución y aplicación a gran escala ha tenido serias dificultades, principalmente por problemas de promoción y distribución.

Una de las principales limitaciones en el sector agrícola es el uso de biofertilizantes para una mayor producción de cultivos por parte de los agricultores. Aunque hoy en día hay una serie de biofertilizantes disponibles en el mercado, su cantidad y calidad pueden variar según la unidad de producción.

Se corrobora el objetivo, ya que los biofertilizantes se pueden considerar una innovación radical ya que son nuevos insumos en el mercado que se adaptan a las necesidades de los cultivos, implica un nuevo método en el proceso productivo agrícola, ya que se requiere un conocimiento específico que en su momento lo brinda la biofábrica, al capacitar al productor; un mercado específico y que actualmente es dirigido, es el mercado de los productos orgánicos y la agricultura sustentable, se pueden considerar una nueva fuente de insumos ya que para muchos agricultores es algo nuevo, y se necesita cierto cambio en la organización del productor, puesto que los propios productores, con la asesoría adecuada, pueden producirlo directamente en sus terrenos agrícolas.

Los biofertilizantes son considerados un producto innovador, ya que cualquier tipo de cambio orientado a la innovación, debe estar basado en conocimientos, soportados en información y datos, y el utilizar biofertilizantes conlleva conocimientos tanto del cultivo como del ambiente, en específico las condiciones históricas de producción, la calidad del suelo y requerimientos de la planta, así también el uso y almacenamiento de biofertilizantes. La meta de cualquier proceso innovador es el

bienestar económico y social, y los biofertilizantes son productos innovadores ya que: El conocimiento es migratorio, pues al comprar biofertilizantes, producto nuevo, es necesario el entrenamiento para su uso, por parte de la biofábrica o vendedor hacia los agricultores, por lo que los agricultores adquieren un conocimiento que ellos pueden transmitir a otras personas.

Referencias

- Barragán Ocaña, A. (2021). Tecnologías y capacidades endógenas como elementos de desarrollo para el campo mexicano: el papel de los biofertilizantes en los sistemas agroalimentarios localizados (SIAL). *Economía: Teoría y Práctica*, 55, 59–86. <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/552021/barragan>
- Bucio-Mendoza, S., Solis-Navarete, J. A., y Paneque-Gálvez, J. (2019). Innovación social y sustentabilidad: El caso de la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintsita, Michoacán. In *Innovación social: Desarrollo teórico y experiencias en México 2* (pp. 79–92). Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
- CEPAL. (2008). CEPAL. *La Transformación Productiva 20 Años Después. Viejos Problemas, Nuevas Oportunidades*.
- Cimoli, M., Porcile, G., Primi, A., y Vergara, S. (2006). Cambio Estructural, Heterogeneidad Productiva y Tecnológica en América Latina. In *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina*. CEPAL. Santiago de Chile.
- Conacyt. (2021). *Biotecnología*.
- Corvalán, D., Dubois, M., Medana, M., Peticari, A., Racca, R., y Ruíz, O. A. (2008). Situación actual y perspectivas del mercado de semillas y biofertilizantes en la Argentina. In *Biofertilizantes en Iberoamérica: Una visión técnica, científica y empresarial* (p. 104). Universitaria.
- Desouza, K. C., Dombrowski, C., Awazu, Y., Baloh, P., Papagari, S., Jha, S., y Kim, J. (2009). Crafting organizational innovation processes. *Innovation: Management, Policy y Practice*, 11(1), 6–33. <https://doi.org/10.5172/impp.453.11.1.6>
- Drucker, P. (1985). *La innovación y el empresario innovador: la práctica y los principios*.: Edsa.
- Edquist, C. (2001). systems of Innovation for Development (SID). In *Competitiveness, Innovation and Learning: Analytical Framework*.
- Etzkowitz, H., y Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from national systems and “Mode 2” to a triple helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- FAO. (2011). Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria. Retrieved June 13, 2022, from *La Seguridad Alimentaria: Información para la toma de decisiones* website:

- <https://www.fao.org/3/al936s/al936s00.pdf>
- Franco, J., y Guerra Gómez, A. R. (2018). *Nuevos enfoques de la innovación: Inclusión social y sostenibilidad*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
- Freeman, C. (1995). The National System of Innovation in Historical Perspective. *Journal of Economic Surveys*, 19(1), 5–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.cje.a035309>
- García Arango, L. (2009). La propiedad intelectual en las biofábricas. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 27(0), 1–23.
- Global biopesticides market. (2019). Mercado Global de Biofertilizantes. Retrieved June 14, 2020, from <https://www.researchandmarkets.com/reports/4368859/global-biopesticides-market-2019-2021#rela0-4790807>
- Grossman, G. M., y Helpman, E. (1994). Endogenous innovation in the theory of growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 23–44. <https://doi.org/10.1257/jep.8.1.23>
- Guadarrama, V., y Acosta, A. (2017). *Ecosistema de Innovación Social en México*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
- Gutiérrez, C., y Díaz, S. (2018). Strategy for the analysis and design of Innovative Products. *Revista Electrónica Sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación*, 5(10), 2–18.
- Guzmán Flores, J. (2018). *Fertilizantes químicos y biofertilizantes en México*.
- Hidalgo, C. (2001). Uso indiscriminado de. Retrieved January 21, 2020, from *El Universal* website: <https://archivo.eluniversal.com.mx/estados/27828.html>
- Intelligence, M. (2022). *Mercado de fertilizantes orgánicos de América del Norte: Crecimiento, tendencias, impacto de Covid-19 y pronósticos (2022-2027)*.
- Izaguirre-Mayoral, M. L., Labanderay, C., y Sanjuán, J. (2007). *Biofertilizantes en Iberoamérica: una visión técnica, científica y empresaria* (Primera). Universitaria.
- Jargalsaikhan, B. E., Ganbaatar, N., Urtnasan, M., Uranbileg, N., Begzsuren, D., Patil, K. R., ... Yuanita, E. (2019). 濟無 No Title No Title No Title. *Molecules*, 9(1), 148–162. Retrieved from <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP/article/download/83/65%0Ahttp://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecordyfrom=exportyid=L603546864%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1155/2015/420723%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76>
- Klerkx, L., Aarts, N., y Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural Systems*, 103(6), 390–400. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.012>
- Lundvall, B. A., Johnson, B., Andersen, E., y Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 31(2), 213–231.

[https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00137-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00137-8)

- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31, 247–264.
- Mendoza, O. (2022). *Con el programa “Agrosano”, Michoacán busca reducir el uso de fertilizantes químicos*.
- Milciades, C. (2022). *Biofertilizantes, la propuesta de la FAO para enfrentar la escasez de fertilizantes por la guerra*.
- MINAG. (2022). *Política para la producción, desarrollo y uso de los biofertilizantes, bioestimulantes y bioplaguicidas de uso agrícola*. Retrieved June 10, 2022, from <https://www.minag.gob.cu/politicas/politica-para-la-produccion-desarrollo-y-uso-de-los-biofertilizantes-bioestimulantes-y-bioplaguicidas-de-uso-agricola/>
- Montoya, O. (2004). Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico. *Scientia et Technica*, 10(25).
- Mordor Intelligence. (2022a). *Mercado de biofertilizantes de China: Crecimiento, tendencias, impacto de Covid-19 y pronósticos (2022-2027)*. Retrieved June 10, 2022, from Agricultura website: <https://mordorintelligence.com/es/industry-reports/china-biofertilizer-market>
- Mordor Intelligence. (2022b). *Mercado de fertilizantes orgánicos de África: Crecimiento, tendencias, impacto de Covid-19 y pronósticos (2022-2027)*.
- Mordor Intelligence. (2022c). *Mercado de fertilizantes orgánicos en Vietnam: Crecimiento, tendencias, impacto de Covid-19 y pronósticos (2022-2027)*. Retrieved June 11, 2022, from <https://mordorintelligence.com/es/industry-reports/vietnam-organic-fertilizers-market>
- Muñoz Rodríguez, M., Aguilar Ávila, J., Rendón Medel, R., y Altamirano Cárdenas, J. R. (2007). Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias. In *Agencias para la Gestión de la Innovación*.
- Naveed, M., Mehboob, I., Shakir, M. A., Hussain Baqir, M., y Farooq, M. (2015). Biofertilizers in Pakistan: Initiatives and Limitations. *International Journal of Agriculture and Biology*, 17(3), 411–420.
- Nelson, R. R., y Rosemberg, N. (1993). *National Systems of Innovation: A comparative Study*. Oxford: University Press.
- OCDE/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, reporting and Using Data on Innovation* (Cuarta ed; T. and I. A. The Measurement of Scientific, Ed.). OECD Publishing.
- OCDE. (2005). *Manual de Oslo* (Tercera ed). Paris: OCDE.
- OCDE. (2012). *Technology and Industry Outlook*. OCDE Science.
- Odame, H. (1997). Biofertilizers in Kenia, production and extension dilemmas. *Biotechnology and Development Monitor*, 30(1), 20–23.

- Organización de las Naciones Unidas, C. E. y S. (2017). *Nuevos criterios de innovación para apoyar la aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
- PatentSCOPE. (2021). Patentes de biofertilizantes. Retrieved from <https://patentscope.wipo.int/>
- Peña-Borrego, M. D., Rodríguez Fernández, R. M., A., A. P. N., F., P. R. Y., y Zayas Infante, S. (2018). Gestión del conocimiento sobre biofertilizantes a nivel local: estudio de caso municipio Calixto García, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 39(2), 41–50.
- Rogers, E. (1995). *Diffusion of innovations* (Cuarta ed). Free Press.
- Röling, N. (2009). Pathways for impact: scientists' different perspectives on agricultural innovation. *International Journal of Agriculture Sustainability*, 7(2), 83–94. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0043>
- Schmitz, H. (1995). Collective efficiency: growth path for small-scale industry. *Journal of Development Studies*, 31(4), 529–566. <https://doi.org/10.1080/00220389508422377>
- Schumpeter, J. (1968). *Capitalismo, sociedad y democracia* (cuarta; F. de C. Económica, Ed.).
- Schumpeter, J. (1978). *Teoría del desenvolvimiento económico* (Quinta rei). México: Fondo de Cultura Económica.
- Stephan, U., Patterson, M., Kelly, C., y Mair, J. (2016). Organizations driving positive social change: A review and an integrative framework of change processes. *Journal of Management Studies*, 49, 813–842.
- Sutz, J. (2002). *Problemas avanzados de la innovación en América Latina* (Primera ed). Universidad Nacional de Quilmes.
- UNESCO. (2002). La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura. Declaración Universal sobre la Diversidad Cultural. *UNESCO*.
- Universidad Autónoma de Occidente. (2007). *Guía para la Elaboración del Marco Lógico*.
- Valencia, H. (2016). *Biofertilizantes: alternativa ecológica y confiable*. Retrieved June 11, 2020, from <https://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/biotecnologia/9822-biofertilizantes-alternativa-ecologica-y-confiable>
- Vargas, J. C. (2008). “Hacia una economía para la vida” de Franz J. Hinkelammert y Henry Mora Jiménez. *OtraEconomía*, 2(2), 173–177.