

Las Biofábricas y su relación con el Desarrollo Sostenible en Michoacán, México

Zoe Infante Jiménez¹

Priscila Ortega Gómez²

Andrés E. Coutiño Puchuli³

Resumen

La presente investigación es saber cómo los biofertilizantes, como un insumo innovador y sostenible, son elaborados en las biofábricas y su impacto en el desarrollo sostenible en el sector agrícola michoacano. El propósito de esta investigación es determinar cuáles son los factores que inciden de manera más significativa en la innovación de los biofertilizantes, producidos en las biofábricas. Para lo cual se analizaron fuentes impresas, digitales, entrevistas a agricultores aguacateros y de zarzamora, visitas a la biofábrica Biosa-Procal, y a la agroquímica Agroquintana que oferta biofertilizantes en el Estado. Se siguió la metodología de marco lógico identificando problemas tales como la infertilidad de suelos agrícolas, la calidad del proceso de producción de biofertilizantes, su almacenamiento, la publicidad y la cantidad ofertada, además de los precios que reciben por su producto. Los factores más significativos que se encontraron en la producción y comercialización de los biofertilizantes son la importancia de la sostenibilidad, la productividad y la rentabilidad.

Palabras clave: Biofábricas, sostenibilidad, innovación

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. Estas enfocadas en el sector agropecuario, son empresas agrobiotecnológicas dedicadas a vincular la investigación científica con la actividad agrícola, que buscan cambiar el modelo agrícola actual por uno más ecológico, sostenible y rentable.

Los usos excesivos de fertilizantes químicos y pesticidas convencionales en el campo mexicano no solo deterioran la calidad del suelo, sino que también degradan en gran medida la calidad del agua del subsuelo y, por lo tanto, los nutrientes minerales disponibles, causando efectos negativos como pérdidas financieras, calidad alimentaria, contaminación ambiental, infertilidad del suelo agrícola, e incluso el desarrollo de enfermedades tanto de los animales como en seres humanos que se encuentran en los terrenos donde se utilizan los agroquímicos.

Odame H. (1997, pp. 2023) realizó un trabajo en Kenia sobre las limitaciones biológicas y físicas que restringen el uso de biofertilizantes por parte de los pequeños agricultores en Kenia. Ya

¹ Doctor. Profesor e Investigador de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. zoe.infante@umich.mx

² Doctora. Profesora e Investigadora de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. priscila.ortega@umich.mx

³ Doctorante, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. andres.puchuli@umich.mx

que “en las regiones más marginales las condiciones físicas de la región no permiten que los microorganismos de los biofertilizantes sean tolerantes a las altas temperaturas, la acidez del suelo y la salinidad.” Otro aspecto importante detectado por Odame 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 se recomienda personal capacitado en el manejo.

En África Subsahariana (Masso, Awuor y Vanlauwe, 2015, pp. 35) argumentan que “el uso de los biofertilizantes presenta deficiencias debido principalmente a la falta de conocimiento, infraestructura, habilidad y la ausencia de un marco regulatorio de apoyo en África Subsahariana” (ASS).

Un estudio realizado en Pakistán (Naveed, Mehboob, Shaker, Hussain y Farooq, 2015, pp. 411), menciona la importancia del empleo de los biofertilizantes para mantener el sistema de producción agrícola en un nivel sostenible, citan que “el negocio de fertilizantes deja anualmente 100, 000, 000, 000 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.

Un estudio realizado en el sur de África por Wakindiki, Malobane y Nciizah (2018) sobre la integración de biofertilizantes con la agricultura de conservación, proponen que el empleo de biofertilizantes puede mejorar la capacidad para mitigar el cambio climático, ya que se comprobó que aumenta la reserva de carbono orgánico en el suelo.

En 1994 China emitió la norma Biofertilizer, por el Ministerio de Agricultura, que establece los requisitos para técnicas y métodos en la producción de biofertilizantes. El área de aplicación de biofertilizantes ha alcanzado 13.3 millones de hectáreas que cubren casi todos los cultivos agrícolas (Ruan, Qingyun y Sternfield, 2020).

Una investigación llevada a cabo en el estado de Morelos, México por Barragán y del Valle (2016) fue sobre la percepción de los productores campesinos que emplean biofertilizantes y su relación con la sostenibilidad económica y ambiental. Desde hace 16 años, la empresa Biofábrica Siglo XXI desarrolla, junto con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), fertilizantes hechos a base de microorganismos que ayudan a absorber del suelo nutrientes para las plantas, este emprendimiento ha sido apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

Una preocupación creciente del sector agrícola, en el estado de Michoacán, México es el manejo responsable de los recursos que emplea para combatir las plagas y enfermedades de los cultivos, maximizar el rendimiento de las cosechas, elevar la productividad agrícola, mejorar la calidad del suelo, específicamente la sustitución de agroquímicos por el uso de productos y estrategias alternativas que procuren la sostenibilidad de los recursos naturales, y mantenga la buena salud tanto de las plantas, animales y las personas.

La situación actual de la infertilidad de los suelos y el incremento del mercado de productos orgánicos, afectan el mercado internacional como nacional, ya que demandan gran cantidad de alimentos sanos, inocuos y nutritivos, lo que está creando fuertes oportunidades para los biofertilizantes, donde las bacterias, los hongos y las algas son componentes principales de los biofertilizantes. Reducen la dependencia de los fertilizantes inorgánicos a base de productos químicos, proporcionan mejores alternativas ecológicas de manejo del suelo, mejoran la fertilidad

del suelo, la tolerancia de las plantas y la productividad de los cultivos al tiempo que garantizan la seguridad y son efectivos incluso en condiciones semiáridas.

Para revertir y mejorar las condiciones de producción, es necesario una reconversión hacia la aplicación de biofertilizantes. Heres Pulido citado por Espitia (2009) menciona que “los problemas ambientales contemporáneos se deben al uso indiscriminado y excesivo de los recursos naturales, además de la falta de conciencia sobre las repercusiones de nuestras actividades”.

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 productoras de biofertilizantes no hacen accesible al público los datos sobre el comportamiento comercial de los biofertilizantes.

Un problema contemporáneo del campo mexicano es la degradación de los suelos, como ya sea comentado debido a la cada vez más excesiva aplicación de fertilizantes industriales convencionales, que no reincorporan nutrientes de forma natural al suelo, sino que eliminan la flora y fauna del ambiente, lo que con el tiempo hace inútiles los suelos para la producción de la mayoría de los cultivos tradicionales de la región.

La presente investigación está estructurada de la siguiente manera: el apartado uno es sobre el tema innovación, centrándose en la innovación agrícola, el apartado trata el tema biofábricas y el tres sobre los biofertilizantes, un pequeño estudio bibliométrico sobre su situación nacional e internacional, las principales áreas de conocimiento e instituciones en México que han trabajado sobre biofertilizantes, un subapartado tres donde se describe el valor actual a nivel mundial de la producción de biofertilizantes y su proyección, cuales son las principales regiones productoras y comercializadoras de biofertilizantes y como en algunos países se ha manifestado la reconversión de fertilizantes convencionales a biofertilizantes, el apartado cuatro es sobre los biofertilizantes y su relación con el desarrollo sostenible, la aportación del valor proporcionado por la naturaleza, el cinco describe la metodología en especial el marco lógico. El apartado seis trata la situación actual de la agricultura sostenible en Michoacán. En el siete se presentan los resultados y la discusión de la investigación.

En Michoacán se apostó por cambiar las prácticas en la producción de cultivo en el ciclo de cultivo de 2020, triplicando el presupuesto para el programa de Agricultura Sustentable, con 45 millones de pesos, para alcanzar 20 mil hectáreas con este esquema.

El titular de la Secretaria de Desarrollo Rural y Agroalimentaria (Sedrua), Rubén Medina Niño (Secretaria de Desarrollo Rural y Agroalimentario, 2019), explicó que el programa de Agricultura Sustentable surgió en 2019 en tres cultivos y seis mil hectáreas, pero ante los buenos resultados que tuvieron, como el incremento de la producción desde el 40% hasta un 80%, se decidió incrementar el presupuesto e iniciar el ciclo agrícola con 12 cultivos. Entre los productos donde se aplican las innovaciones de la Agricultura Sostenible están el maíz, frutillas, frutales como la guayaba, mango, toronja, así como jamaica, lenteja y arroz. Este tipo de innovaciones en la agricultura han disminuido los costos de producción, al emplear biofertilizantes, se dejan de emplear agroquímicos para el control de plagas y enfermedades, obteniendo productos más sanos y conservando y regenerando el suelo.

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, 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 (Grageda, Díaz, Peá y Vera, 2012)

La innovación

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 bioindustrial. La innovación agrícola designa los procesos de innovación que ocurren en un sector de actividad productiva de alimentos y se apoya en el modelo de la triple hélice (Etzkovic y Leydesdorff, 2000), el cual reconoce a la industria, la academia y el gobierno como sectores determinantes para integrar el sistema de innovación (Freeman, 1995; Lundvall, Johnson, Andersen y Dalum, 2002).

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.

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 al que actualmente es dirigido, es el mercado de los productos orgánicos y la agricultura sostenible. Se pueden considerar una nueva fuente de insumos ya que para muchos agricultores es algo nuevo, y necesita cierto cambio en la organización de productor, puesto que los propios productores, con la asesoría adecuada, pueden producirlo directamente en sus terrenos agrícolas.

Drucker P., mencionado por López (2015, pp. 29), define “la innovación como un análisis sistemático de los cambios para transformarlos en oportunidades de negocio”. Entre las innovaciones en la aplicación de los biofertilizantes se encuentran el análisis químico del suelo, necesario para elaborar el calendario de aplicación de los biofertilizantes de acuerdo a las necesidades de los cultivos y su etapa biológica, otras innovaciones son el uso de sensores ópticos que ayudan a determinar las condiciones del suelo y las necesidades del cultivo para completar el ciclo de fertilización.

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.

“Las innovaciones orientadas al mercado son motivadas por fines económicos (obtener ganancias, mejorar los ingresos, incrementar el patrimonio); otras innovaciones responden a problemas y necesidades sociales o ambientales que resultan en innovaciones sociales, institucionales, eco-innovaciones, innovaciones para la sostenibilidad” (Burgos y Bocco 2020, pp. 2 35). Es en estos grupos donde los productores y comercializadores de productos como los

biofertilizantes generados en las biofábricas, muestran la importancia de la innovación en productos para la conservación y sostenibilidad del suelo y del medio ambiente.

La meta de cualquier proceso innovador es el bienestar económico y social, y los biofertilizantes son productos innovadores ya que:

a) 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; b) 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; c) Los conocimientos de la calidad del suelo y necesidades de los cultivos que el agricultor necesita permiten operar de 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; y d) Es un producto que puede repercutir de manera positiva en las condiciones ambientales y beneficiar un desarrollo sostenible.

Biofábricas

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, 2009).

Las áreas del conocimiento, donde más documentos sobre el tema de biofábricas se han generado de acuerdo a la fuente Scopus, son en primer lugar la bioquímica con el 27.5%, los temas relacionados con la agricultura ocupan el segundo lugar con el 18.5 %, siguiendo las áreas de la inmunología, ingeniería química, química y medicina.

Biofertilizantes

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). La producción comercial de biofertilizantes que permitan su fácil disponibilidad en el mercado podría cambiar las condiciones de producción del sector agrícola. Estos son una gran opción como sustitutos de los fertilizantes y pesticidas químicos o industriales.

Un biofertilizante es una sustancia que contiene microorganismos vivos, que cuando se aplica a semillas, plantas o suelo, promueve el crecimiento al aumentar el suministro o la disponibilidad de nutrientes primarios para la planta, es un producto de innovación en la biofábrica, ayuda a mejorar el rendimiento en la producción de cultivos a la vez que protege o mantiene y regenera las condiciones ambientales.

Los biofertilizantes son de naturaleza orgánica y tienen metabolitos secundarios de origen microbiano o microorganismos (Misrha y Dash 2014). Para la producción de biofertilizantes, los microorganismos se aíslan del suelo, el agua, el aire o la rizosfera, que luego se procesan para

concentrarse para su uso en el campo. Los microorganismos en respuesta a ciertas condiciones específicas comienzan a producir metabolitos de importancia agrícola que pueden ser utilizados por las plantas para mantener diversas reacciones bioquímicas (Salar, 2017). Los microorganismos y metabolitos microbianos facilitan la liberación de minerales complejos del suelo en una forma más simple que actúa como un estimulante del crecimiento para un cultivo específico.

Los biofertilizantes agregan nutrientes a través de los procesos naturales, mediante la fijación de elementos como nitrógeno, fósforo y estimulan el crecimiento de los cultivos a través de la síntesis de sustancias promotoras del crecimiento. Los microorganismos en biofertilizantes restauran el ciclo natural de nutrientes del suelo y promueven el desarrollo de materia orgánica del suelo.

Los fertilizantes continuarán siendo importantes, además de otras tecnologías nuevas que puedan surgir (FAO, 2002), no obstante que son contaminantes del agua (Cuenca, 2007) y del suelo (Rueda, 2007). Una alternativa a la fertilización química y la contaminación que genera, puede ser el uso de biofertilizantes en los cultivos agrícolas, que además son más baratos e inocuo (García, 1997).

Con el uso de biofertilizantes, además de obtener plantas sanas, se mejora la sostenibilidad y la salud del suelo. Enriquecen el suelo, lo vuelven más fértil y generan nutrientes para las plantas a través de microorganismo y sus subproductos. Por lo tanto, los biofertilizantes son muy preferidos sobre otros fertilizantes, ya que no contienen ningún producto químico que sea perjudicial para el suelo y los microorganismos que viven en él.

Los biofertilizantes pueden clasificarse en diferentes formas según su tipo, acción y disponibilidad. Algunas de las funciones más importantes de los biofertilizantes son suministrar una mezcla de nutrientes, mantener la relación simbiótica, establecer enlaces microbianos en el suelo, mejorar la producción de cultivos, suprimir enfermedades patógenas nacidas en el suelo, mejorar la salud del suelo.

Aunque hoy en día hay una serie de biofertilizantes disponibles en el mercado, su cantidad y calidad pueden variar según la unidad de producción. Antes de su lanzamiento al mercado, un biofertilizante debe poseer las cualidades previas necesarias:

1. Disponibilidad: los biofertilizantes deben estar fácilmente disponibles en el mercado. Ya que su fácil acceso reduce el costo de transporte y ahorra tiempo a los agricultores. 2. Estabilidad de almacenamiento: las formulaciones de biofertilizantes deben ser estables en una amplia gama de condiciones atmosféricas. La calidad de la formulación debe permanecer igual con la duración en el tiempo. 3. Efectividad: los biofertilizantes deben ser requeridos en una cantidad mínima para su aplicación en el campo, y deben ser efectivos para proporcionar la mezcla de nutrientes necesarios para los cultivos. 4. Solubilidad y acción: la formulación debe ser soluble en agua, ya que reduce el costo total y podría aplicarse mediante el método de pulverización en áreas más amplias del campo.

La fórmula debe proporcionar un suministro inmediato de nutrientes sin causar ningún efecto secundario en las plantas. Debe ser fácil de usar y no debe tener ningún efecto secundario en la salud del agricultor. Debe estar disponible para los agricultores a bajo costo, ya que afecta el precio de la cosecha. Debe ser independiente de la temporada y permanecer disponible para los agricultores durante todo el año.

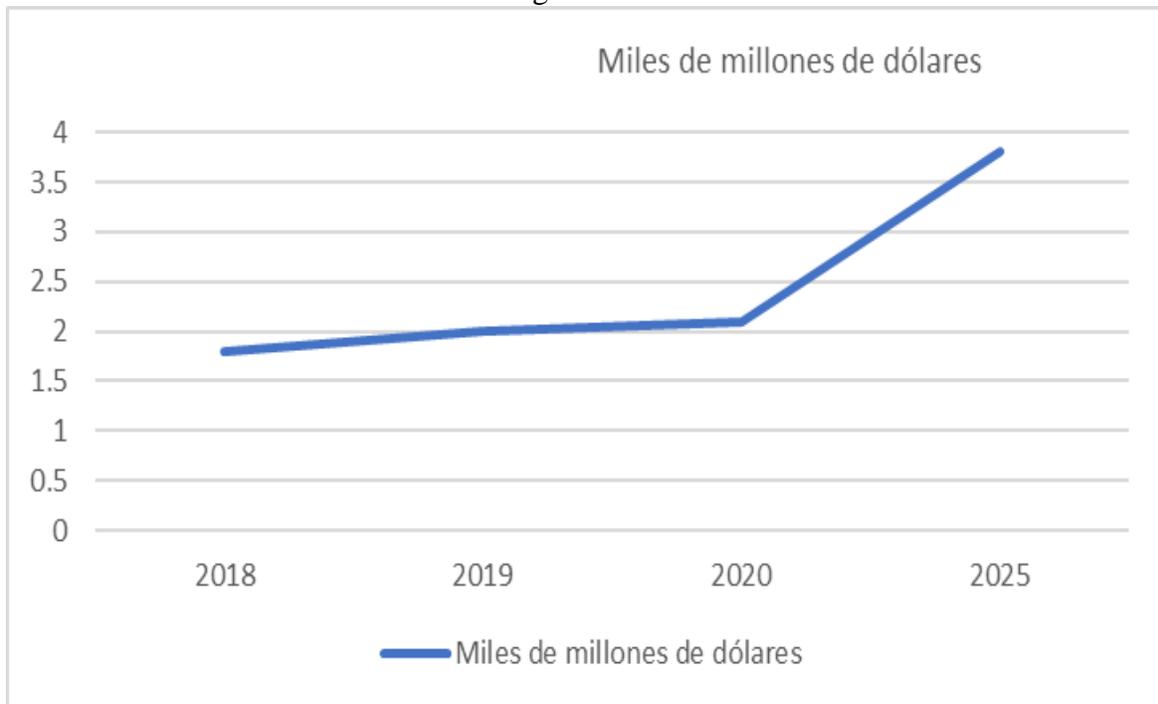
El mercado de biofertilizantes

A continuación, se mencionarán el valor actual y proyectado de mercado a nivel mundial de los biofertilizantes, las principales regiones productoras y su conversión respecto a los fertilizantes convencionales.

El mercado global de biofertilizantes tuvo un valor de más de 1.8 mil millones de dólares en 2018. Se estima que el mercado de biofertilizantes tendrá un valor de 3.8 mil millones de dólares para 2025, mostrando una tasa compuesta anual de 11.2% a partir de 2019, tomando un valor de 2 mil millones de dólares para 2020 (Biopesticides, 2019).

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.

Gráfica 2 Valor global de biofertilizantes

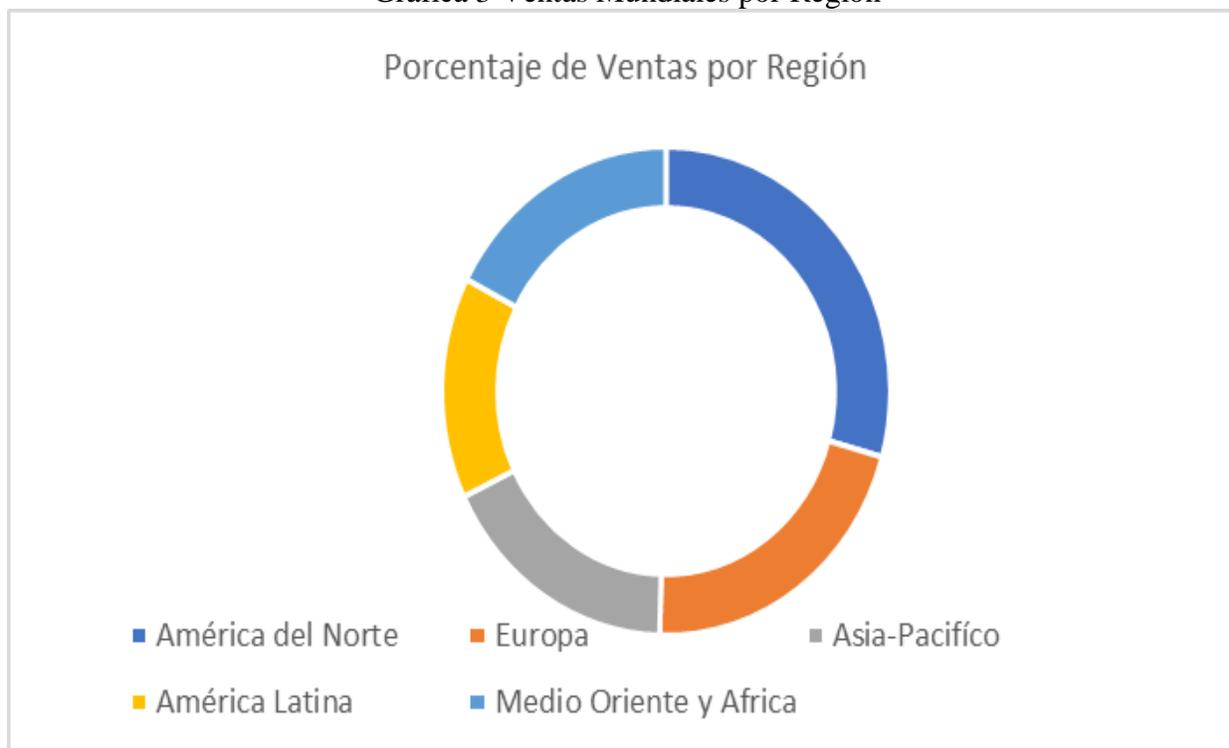


Fuente: Elaboración propia en base a datos de Global Biopesticides, 2019.

Los biofertilizantes líquidos son los que se usan más a nivel mundial debido a que tienen una vida útil de 2 a 3 años, lo que es más conveniente para su empleo. La aplicación de biofertilizantes al suelo, aumenta la disponibilidad de nutrientes y mejora el rendimiento en un 10 a 25% sin afectar negativamente el suelo y el medio ambiente.

En base a los datos consultados de la página bio-fit.eu, consultado el 12 de mayo de 2020 la participación más grande en el mercado de los biofertilizantes la tiene la región de América del Norte (Estados Unidos y Canadá) quienes se llevan el 32% de los ingresos mundiales de biofertilizantes, Europa el 23% ya que busca impulsar el consumo y la producción de productos ecológicos.

Gráfica 3 Ventas Mundiales por Región



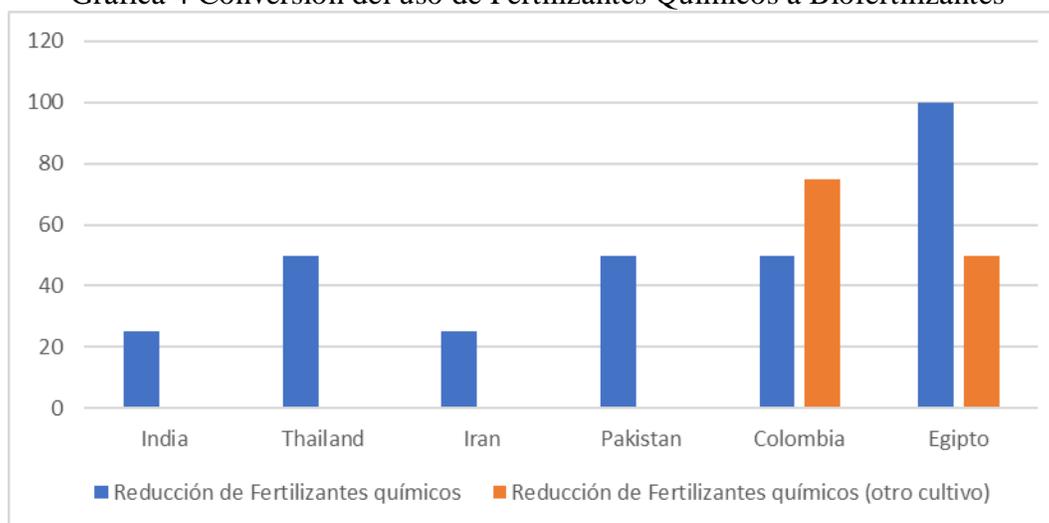
Fuente: Elaboración Propia, con base en datos de bio-fit.eu.

Estados Unidos también se clasifica como el mercado de más rápido crecimiento con una tasa compuesta anual de 12.1%. Como el uso de biofertilizantes es obligatorio en la agricultura orgánica, el mercado de biofertilizantes está experimentando un fuerte crecimiento en todo el mundo. El mercado de biofertilizantes de América del Norte alcanzó un valor de \$ 552 millones de dólares en 2018 (bio-fit.eu, 2020). El aumento de la conciencia sobre los diversos beneficios para la salud y el medio ambiente de los biofertilizantes, es muy probable que impulse el mercado en los próximos años.

Las principales empresas comercializadoras a nivel mundial de biofertilizantes son Novozymes A/S, Rizobacter Argentina S.A., Lallemand Inc., National Fertilizers Limited, Madras Fertilizers Limited and Gujarat State Fertilizers & Chemicals Ltd.

El desarrollo de empresas productoras de biofertilizantes para el usuario final, los beneficios del empleo de los biofertilizantes, así como el conocimiento en el empleo del producto, las innovaciones de productos y la confianza de compra entre los clientes están impulsando el desarrollo del mercado global según el informe de investigación de Market Research Explore.

Gráfica 4 Conversión del uso de Fertilizantes Químicos a Biofertilizantes



Fuente: Elaboración propia en base al trabajo Odame H.

La gráfica anterior muestra la reducción del uso de fertilizantes químicos por la integración de biofertilizantes, en la India ha sido del 25% en el cultivo de la caña de azúcar, en Tailandia en el cultivo del arroz la conversión fue del 50%, en Irán fue del 25% en la producción del comino negro, en Pakistán 50% en el cultivo del maíz, en Colombia del 20 al 50% en las producciones de algodón y arroz y del 75% la producción de habichuela, en Egipto la conversión ha sido al 100% en los cultivos de maíz y okra, y del 75% en el lino.

Desarrollo sostenible

La sostenibilidad implica un equilibrio entre lo que es la rentabilidad que es uno de los objetivos económicos principales del sector agrícola, y el medio ambiente, donde se busca proteger el hábitat de la flora y la fauna, de inculcar y fomentar los valores éticos, de aplicar nuevas tecnologías que sean amigables con el medio ambiente y se genere una buena imagen ante la sociedad de que la empresa se preocupa no únicamente por obtener una ganancia financiera sino también de apoyar y de ser consciente de que la sociedad y el mercado requieren de empresas comprometidas con la protección del medio ambiente, el fomentar el cuidado de la salud y de generar un clima de igualdad de oportunidades (Dixon, 2003).

Para Laasch (2015) existe un fuerte acuerdo sobre la definición del término desarrollo sostenible, gracias al reporte de las Naciones Unidas titulado “nuestro futuro común”. El reporte establece que el desarrollo sostenible cumple con las necesidades del presente, sin comprometer las de las generaciones futuras.

El empleo de productos amigables con el medioambiente que permitan la regeneración del suelo en las actividades agrícolas, como son los biofertilizantes, así como su difusión entre los agricultores y la adecuada capacitación en el empleo correcto de los mismos, además de elevar la producción, bajar los costos de producción, permitirá un uso sostenible de los recursos naturales.

En 2015 más de 150 líderes mundiales asistieron a la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en Nueva York para aprobar la Agenda para el Desarrollo Sostenible. Los

193 Estados Miembros de las Naciones Unidas adoptaron el documento final, Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Este incluye los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible cuyo fin es: erradicar la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático sin que nadie quede rezagado para el 2030 (ONU, 2015).

México cuenta desde 1988 con la Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, en la que (Artículo 3o, inciso XI) el desarrollo sostenible se concibe como el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Para una empresa, ser sostenible representa más allá que contar con buenas prácticas en materia de sustentabilidad, poder reducir riesgos y aprovechar mejor las oportunidades disminuyendo el impacto negativo en sus operaciones, no solo en lo ambiental, sino en el campo económico y social (Del Arco Fernández, 2017). La producción sostenible en el sector agrícola se refiere a las labores en la producción que permiten elevar el rendimiento sin dañar el medio ambiente y la biodiversidad, que incluye métodos de cultivo responsables con el medio ambiente como los biofertilizantes.

Las teorías del desarrollo humano y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) pasaron de la visión economicista centrada en el tener (dinero y mercancías) por una visión holística centrada en el ser (bienestar y capacidades de los seres humanos) (Nussbaum y Sen, 1993). Entre sus ejes fundamentales destaca impulsar un sistema productivo basado en tecnologías que no degraden el ambiente biofísico, ni generen el agotamiento de los recursos naturales (Naciones Unidas, 2000).

En 1987 la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de las Naciones Unidas propuso impulsar el desarrollo sostenible como un camino para corregir la crisis ecológica global y los problemas de equidad, fue definido como aquel desarrollo que permite satisfacer las necesidades de la presente generación, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas (CMMAD, 1987).

La economía es un subsistema del ecosistema (Demeny, 2003). La economía tiene límites para su crecimiento, que pueden ser físicos y biológicos (Meadows, 1972). Cuando la expansión de la economía invade demasiado el ecosistema, se comienza a sacrificar el capital natural (como es la fertilidad de los suelos, flora y fauna microbiana) con la finalidad de incrementar el capital artificial (como son biofábricas, productos agroindustriales, entre otros) para obtener un crecimiento económico. Es necesario la transición hacia una economía sostenible que tenga en cuenta los límites biofísicos del ecosistema, ya que si no se respetan esos límites se puede llegar a una catástrofe ecológica que reduciría drásticamente los niveles de vida.

El suelo como capital natural se ha estado acabando, es la materia prima de la actividad económica primaria, como actividades ganaderas, pesqueras, silvícolas, agrícolas, por lo que es importante su sostenibilidad para garantizar la seguridad alimentaria de los consumidores presentes y futuros, y generar conciencia del uso de biofertilizantes para el manejo sostenible de la tierra y así revertir la tendencia de degradación del suelo e ir eliminando los residuos y contaminantes de los fertilizantes convencionales.

El valor agregado por la naturaleza debe ser valorado igualmente con el valor agregado por el trabajo y el capital. No solo consumimos el valor que agregamos a la materia, sino también el valor agregado por la naturaleza antes de importarlo al subsistema económico (Daly, 2004). Es por esto que debemos valorar el recurso natural del suelo y emplear fertilizantes biológicos ya que su bajo costo, en comparación con fertilizantes convencionales comerciales, reduce los costos de producción e incrementa los rendimientos, a la vez que su uso reduce el impacto ambiental, al ser regeneradores de suelo.

Las tres dimensiones de la sostenibilidad son el ambiental, social y económico. El desarrollo de productos y procesos refleja cómo la innovación en la biofábrica puede generar beneficios sociales y económicos y al mismo tiempo facilitar la reducción y el uso responsable de los recursos naturales.

En el área de bioenergía y fuentes alternativas, se busca fomentar la producción de biocombustible, biofertilizantes y abonos orgánicos. “La ayuda es hasta el 30% del costo del paquete tecnológico, sin rebasar los 750,000 pesos por beneficiario final y hasta un máximo de entre 3 millones y 5 millones de pesos por proyecto. También se proporciona asistencia para la adquisición de activos por la misma cantidad que el productor invierta en capital, sin que este monto rebase los 750,000 por productor o 50 millones por proyecto (Examen de las Políticas Comerciales de la Organización Mundial del Comercio, 2013, p. 136-137)

Metodología

Para dar forma a la presente investigación se realizó una investigación crítica y objetiva tanto de fuentes primarias, ya que se llevaron a cabo entrevistas con productores aguacateros de la asociación “Cupandari” de los reyes Michoacán, productores de zarzamora de Ziracuaretiro, Michoacán y dos visitas al Centro de Innovación y Transferencia de Tecnología para la Agricultura Orgánica (CITTAO) de Biosa-Procal, que entre sus actividades está la producción de biofertilizantes y capacitación sobre su empleo a los distintos productores agrícolas, así como a la empresa Agroquintana, en Ziracuaretiro, que ofrece biofertilizantes y asesoría técnica a los productores agrícolas, principalmente a los productores de berries, donde se impartió una exposición sobre “Programas de Nutrición Integral y Residuo Cero”; entre las fuentes secundarias además del análisis de libros escritos y artículos y revistas digitales se consultaron fuentes de bases de datos como Web of Science y Scopus.

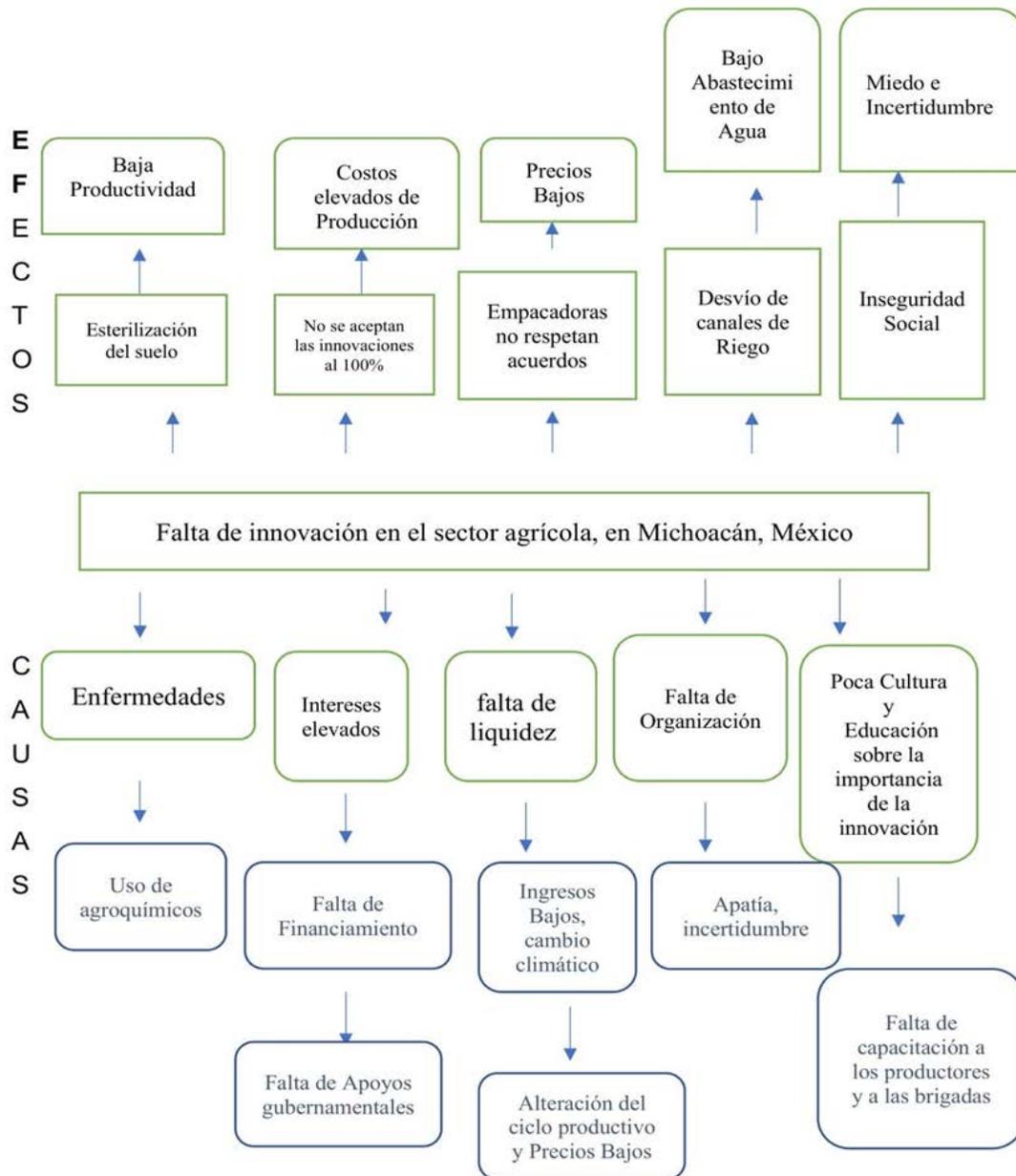
Con la información obtenida se realizó el marco lógico correspondiente, la cual es una herramienta que ayuda a facilitar el proceso de conceptualización, planificación, diseño y evaluación, basado en objetivos con énfasis en los principales problemas que enfrentan los beneficiarios, en este caso son los productores de zarzamora.

La metodología de marco lógico está compuesta por una serie de pasos, que pueden variar de acuerdo al problema y se obtiene un resumen narrativo. En el marco lógico elaborado se consideraron a los productores como las fuentes primarias de información, tomando como variable central la innovación en la agricultura se determinaron los efectos y causas lo cual llevo a generar el árbol de problemas, posteriormente se elaboró el árbol de objetivos identificando fines y medios, lo cual llevo a la identificación de acciones, de acuerdo al análisis de alternativas obtenidas del trabajo de investigación en campo.

Resultados y discusión

El siguiente marco lógico fue realizado gracias a la visita que se realizó a la comunidad de Ziracuaretiro, Michoacán el 25 de enero del presente año, donde la Ingeniera María Guadalupe Quintana impartió una exposición sobre los “Programas de Nutrición Integral y Residuo Cero”. Enfocándose sobre la importancia de la biotecnología y la agricultura orgánica en la producción de cultivos exóticos, en el caso particular de la zarzamora, posteriormente se aplicó un cuestionario a los productores de zarzamora de la región obteniéndose los siguientes resultados:

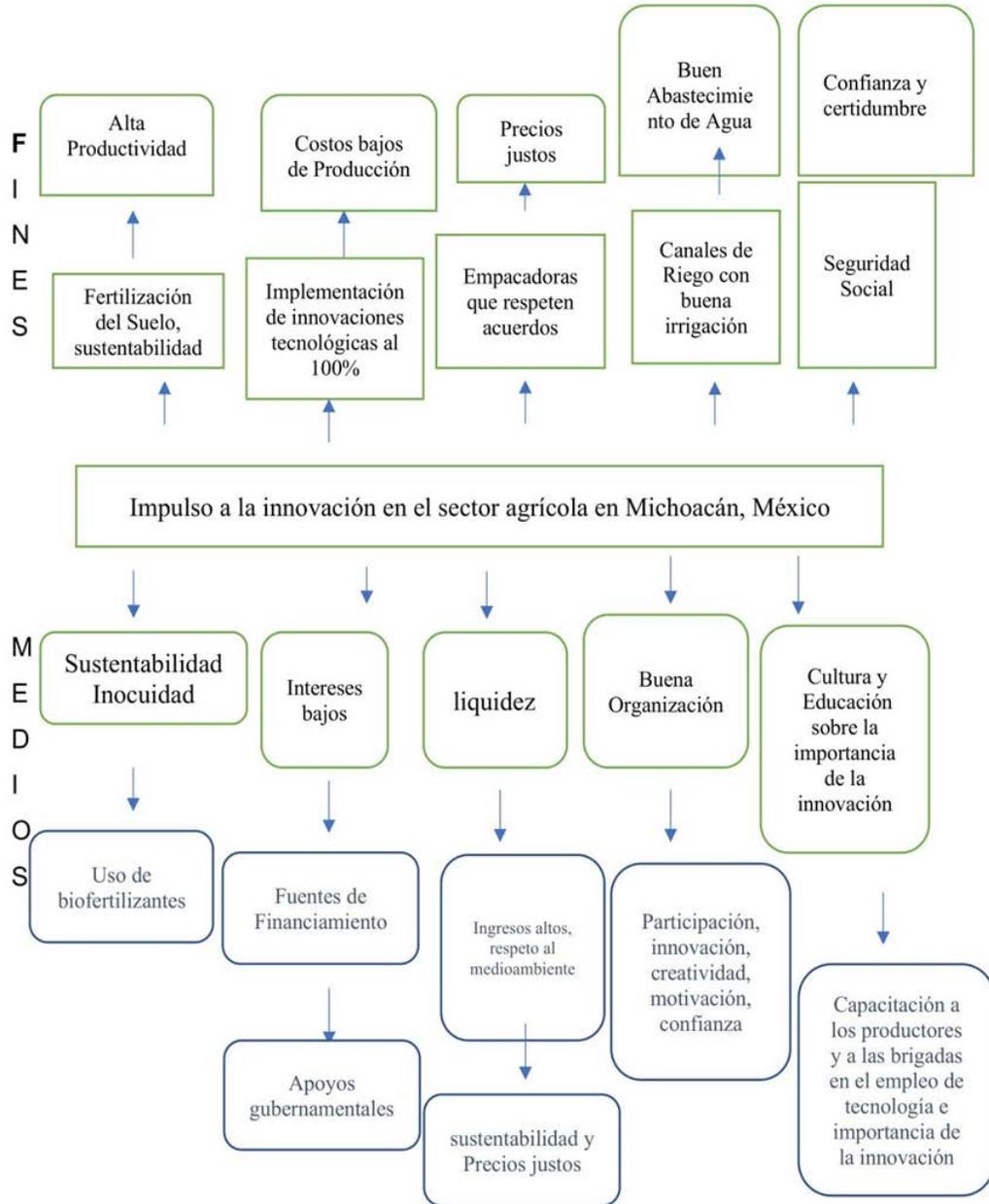
Árbol de Problemas



Fuente: Elaboración propia con base en información directa de productores de zarzamora de Ziracuaretiro, Michoacán

Los agricultores mencionaron que además de dejar usar agroquímicos, emplean la lixiviación de lombriz, el uso de la roja californiana y otros insumos orgánicos preparados por ellos mismo, a través de desechos de materiales orgánicos como residuos de pescado y estiércol de gallinas. Los apoyos gubernamentales son escasos o nulos, por lo que es importante el conocimiento de los apoyos del gobierno tanto financieros como de capacitación destinados a ellos y hacer de su conocimiento cuales son los requisitos para que accedan a dichos recursos.

Árbol de Objetivos



Fuente: Elaboración propia con base en información directa de productores de zarzamora de Tziracuaretiro, Michoacán

Para llegar a tener precios justos, y practiquen actividades que lleven a la sostenibilidad, los productores encuestados reconocen que es necesario el empleo de nuevas tecnologías como son los programas de nutrición integral, riego por goteo, equipo de aspersión, uso de parihuelas, y el empleo más frecuente, y en mayor proporción de biofertilizantes.

Aunque manifiestan desconfianza en formar parte de las organizaciones, son conscientes que es necesario la organización tanto para negociar precios más justos, como para obtener insumos más baratos, y poder transferir conocimiento de productor a productor, menciona que los productores líderes en innovación son Beto R. que produce 100% orgánico, que emplea biofertilizantes en toda su producción, Abel S. V. está a la vanguardia en cuanto a modo de producción, AgroQuintana y Agromaquinaria del Fresno son empresas impulsoras de la biotecnología y residuo cero en la región, con aplicación de biofertilizantes.

Entre los problemas principales que enfrentan los agricultores son el incremento de los precios de los fertilizantes, la infertilidad de los suelos, la contaminación de los recursos naturales y el abastecimiento de agua. Emplean biofertilizantes al inicio de su producción, buscando la fertilidad de sus suelos, la sustentabilidad del ambiente y conseguir un producto orgánico, cuando cae una plaga o enfermedad en su cultivo, recurren a los fertilizantes convencionales, por el miedo de perder sus cosechas.

El 12 de junio de 2020 se realizó una visita a la biofábrica PROCAL y se tuvo una reunión con productores de la asociación "Cupandari", para la exportación de aguacates, de los Reyes, Michoacán. Entre sus objetivos consideran como destino de sus exportaciones el país de Canadá, ya que consideran que ofrece los mejores precios de compra por sus aguacates, y ofrece mayor seguridad en el mercado, evitando que la caída del precio que ofrecen mercados como Estados Unidos los impacte de manera negativa.

Canadá paga mejor por sus aguacates que los Estados Unidos y Japón, principales mercados internacionales de su producto, 2,000 toneladas que representan el 20% de su producción, es orgánica, en la cual emplean biofertilizantes, aunque están consciente que lo orgánico abre las puertas a los mercados de exportación, el precio que reciben por sus 10,000 toneladas de producción total (incluyendo la orgánica) es a precios del producto convencional, que en promedio se encuentra en \$30.

El año pasado fue una excepción y recibieron \$120 en campo, ya que hubo escases de producción de aguacate a nivel internacional. Michoacán produjo 1,700,000 ton de aguacate en el 2019, de acuerdo a información directa de los productores de la asociación.

Los precios que reciben, siempre son bajos en comparación con los que recibe el intermediario o proveedor final, llegando a ser del 200 al 300% arriba de lo que al productor le pagan en campo. Por lo que actualmente desarrollan un proyecto para instalar una bodega en Canadá que elimine el intermediarismo de sus productos y colocar una empacadora en campo. Actualmente el 95% de su producción es destinado a los Estados Unidos.

Las variables que más les preocupan son el precio de su producto, las regulaciones internacionales, la calidad del producto, el tipo de cambio y la fertilidad de sus suelos agrícolas.

Entre los problemas más graves que enfrentan son el decrecimiento de la fertilidad de sus suelos agrícolas, la exportación ilegal de aguacates, el precio bajo que reciben de las empacadoras, 4 que controlan el mercado de 60, ya que son dueñas de tierras agrícolas tanto en México como en otros países, que les permite controlar el precio de compra-venta, y el 90% maquila la producción.

Entre los problemas que enfrentan con respecto a sus suelos agrícolas está la infertilidad, mencionan que el potasio es difícil de aplicar, y el glifosato provoca graves daños a la salud como el cáncer, que, aunque está 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 que, aunque el mercado no los pague como 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.

El ingeniero Juan José, director de biosa Procal, comenta que los biofertilizantes que produce son líquidos y microbiológicos, tienen una vigencia de 1 año para caldos minerales y 2 meses para microbiológicos (*agospirillum*,). Comenta que los beneficios además del bajo precio, el aumento de la producción, están la facilidad y la innovación de su sistema de aplicación por etapas de acuerdo a las necesidades del cultivo y requerimientos del suelo, el bajo riesgo de intoxicación al agricultor y al aplicador.

Entre sus principales innovaciones están la interpretación de análisis del suelo frente a las metas de producción, ya que asegura un aumento en la productividad si se sigue su sistema, y el principal mercado son los productos orgánicos.

Los biofertilizantes generados en las biofábricas son una alternativa para la conservación, regeneración de los suelos agrícolas así también como control de plagas y enfermedades, se preocupan por la salud de las personas y la sostenibilidad del medio ambiente al obtener productos libres de contaminantes y demás patógenos. Los biofertilizantes permiten la conservación y regeneración de los suelos, que fomentan la sostenibilidad e incremento en la productividad.

Los biofertilizantes son productos cada vez más demandados tanto en mercados nacionales como internacionales y tienen un precio más atractivo para el productor, ayudan a reducir la contaminación del aire, los sistemas acuíferos, subsuelo, los organismos del entorno donde desarrollan su proceso productivo, con la intención de generar un proceso sostenible a lo largo del tiempo.

Estas prácticas generarían una rentabilidad, ya que hoy en día muchos clientes y consumidores buscan productos más seguros y ambientalmente amigables, ya que el empleo desmedido de agroquímicos implica importantes riesgos para la salud.

Bibliografía

- Barragán-Ocaña, A. y del Valle-Rivera M.C. (2016) Rural development and environmental protection through the use of biofertilizers in agriculture: An alternative for underdeveloped countries? Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), *Technology in society*, 46 (1), August 2016, 90-96. Pages, A. Production managers in agriculture and forestry.
- Brundtland, G. H. (1987) *Our common future* Oxford University Press. New York.
- Burgos, A. L., & Bocco, G. (2020) Contribuciones a una teoría de la innovación rural. *Cuadernos de Economía*, 39(79), 219-247.
- Calderón A., Medina N. Paneque V. M. (2004) Estudio de sustratos y micorrizas arbusculares en la adaptación de vitroplantas de banano. San José de las Lajas, Habana, Cuba.
- Casallas, D., Díaz, J. M., Ostos, D., Sánchez, J. A., & Ramírez, H. J. (2004) Desarrollo de Alternativas De Producción Agrícola Orgánica para la Pequeña y Mediana Unidad Campesina de las Veredas de Santa Helena y San Ignacio, a través de la Formación de Bachilleres Técnicos Agropecuarios en el Instituto Agrícola la Holanda en Granada, Meta.
- Cuenca, G., A. Caceres, G. Oirdobro, Z. Hasmy, C. Urdaneta. (2007) “Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales”, en *Revista Interciencia*.
- Daly, Herman and Joshua Farley (2004) *Ecological Economics: Principles and Applications*, Washington, DC: Island Press.
- Demeny P. and McNicoll G. (2003) *Encyclopedia of population*. Eds. Macmillan Co.
- Dixon, F. (2003) Total corporate responsibility: Achieving sustainability and real prosperity. *Ethical Corporation Magazine*.
- Drucker P. (2015) *Innovation and entrepreneurship*. Routledge Classics. New York, USA.
- Espitia I. C. (2009) Teoría ecológica del comportamiento del consumidor. Red internacional de investigadores en Competitividad. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.
- Etzkowitz, H. & 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. doi:10.1016/S0048-7333(99)00055-4
- FAO. (2002) Los Fertilizantes y su uso. IFA. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. París. Consultado el 11 de junio de 2020. web <http://fertilizer.org>.
- Freeman, C. (1995) The national system of innovation in historical perspective. *Journal of Economics*, 19, 5-24.
- García A. (mayo-agosto, 2009) La propiedad intelectual en las biofábricas *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, núm. 27. 1-23 Fundación Universitaria Católica del Norte Medellín, Colombia
- García, M. (2008) Uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en suelos arenosos.

- Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., & Vera-Nuñez, J. A. (2012) Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1261-1274.
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1994) Endogenous innovation in the theory of growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 23-44. doi:10.1257/jep.8.1.23.
- Hansmann, R., Mieg, H. A., & Frischknecht, P. M. (2010) Qualifications for contributing to sustainable development a survey of environmental sciences graduates. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 19(4), 278-286.
- Hirsch Hadorn, G. (1999) Nachhaltige Entwicklung und der Wert der Natur. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 8(4), 269-274.
- Laasch, O., & Conaway, R. N. (2015) Principios de administración responsable. Cengage Learning.
- López Aguilar, I. D. (2015) Modelo para la medición de la innovación, piloto en dinámica de sistemas en empresas colombianas.
- Lundvall, B. Å., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002) National systems of production, innovation and competence building. *Research policy*, 31(2), 213-231.
- Masso C., Ochieng J. R. y Vanlauwe B. (2015) Worldwide Constrast in Aplication of Bio-Fertilizers for Sustainable Agriculture: Lessons for Sub-Sahara Africa. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5, 34-50
- Meadows D. (1972) *The Limits to Growth*, New York: Universe Books.
- Mishra, P. & Dash, D. (2014) Rejuvenation of Biofertilizer for Sustainable Agriculture Economic Development Consilience. *Journal of Sustainable Development*, 11(1), 41-61.
- Nussbaum, M. C., & Sen, A. (1993) *The Quality of Life: Papers Presented at a Conference Sponsored by the World Institute for Development Economics Research*.
- Naveed M., Mehboob I. Shaker M. A. Hussain M. B. y Farooq M., (2015) Biofertilizaers in Pakistan: Initiatives and Limitations. *International Journal of Agriculture & Biology*. DOI. 10.17957/IJAB/17.3.14.672, p. 411
- Odame, H. (1997) Biofertilizer in Kenya: Research, production and extension dilemmas. *Biotechnology and Development Monitor*, 30, 20-23.
- Rueda, P. E. O., P. Rangel P y T. H Mario A. (2007) CAP. III La agricultura orgánica y el uso de biofertilizantes. Usos y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. Editado por Fazuje, ITT, URUZA, UAAAN, COCYTED.
- Ruan Z., Qingyun M y Sternfield E. (2020) Biofertilizers in China: A potential Strategy for China's Sustainable Agriculture, Current status and Further Perspectives. Sino-German Agriculture Centre. Beijing.
- SAGARPA (2009) Las cadenas productivas agroalimentarias. INEGI. México.
- Schumpeter J. (1978) *Teoría del desenvolvimiento económico*. Quinta reimpresión. Fondo de Cultura Económica. México.
- Valencia H. (2016) Biofertilizantes: alternativa ecológica y confiable. *Cienciamx*.

Wakindiki, I. I., Malobane, M. E., & Nciizah, A. D. (2019) Integrating biofertilizers with conservation agriculture can enhance its capacity to mitigate climate change: Examples from southern Africa. In *University Initiatives in Climate Change Mitigation and Adaptation* (pp. 277-289). Springer, Cham.