



Bioinsumos y control biológico para la agricultura sostenible en Colombia.

Yudi Tatiana Yepes Aristizábal

Informe de práctica para optar al título de Ingeniera Bioquímica

Asesora

Laura Inés Pinilla Mendoza, Doctor (PhD) en Biotecnología

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Bioquímica

El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia

2021

Cita	(Yepes Aristizábal, 2021)
Referencia	Yepes Aristizábal, Y. T. (2021). <i>Bioinsumos y control biológico para la agricultura sostenible en Colombia</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, El Carmen de Viboral, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Asesora de prácticas Stockholm Environment Institute: Mónica Trujillo
 Asesora de prácticas Universidad de Antioquia: Laura Pinilla



Centro de Documentación de Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Lina María González Rodríguez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mis padres por apoyarme e insistir en este camino tan tortuoso, pero infinitamente gratificante de la educación superior y a mi profesor de bachillerato, Jhon Fredy Murillo por su gran labor en creer y motivar a sus alumnos.

Agradecimientos

De manera sincera y especial doy mis más profundos agradecimientos al Stockholm Environment Institute sede Latinoamérica, por permitirme crecer en la investigación en temas apasionantes y retarme en campos del conocimiento que no conocía, y sin lugar a duda gracias a mi asesora y compañera, Mónica Trujillo por llevar esta investigación a un nivel superior.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción	9
Objetivos.....	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
Marco teórico	13
Metodología	19
Creación de banco de artículos.....	19
Entrevista a expertos.....	20
Análisis de la información	20
Resultados y análisis.....	21
Ambiente institucional	21
Ambiente organizacional	29
Ambiente tecnológico	38
Oportunidades y retos	44
Conclusiones	45
Referencias.....	46

Lista de tablas

Tabla 1 Actores clave alrededor de los bioinsumos en Colombia	20
Tabla 2 Marco regulatorio de bioinsumos en Latinoamérica.....	24
Tabla 3 Investigaciones recientes de control biológico en Latinoamérica	41
Tabla 4 Oportunidades y retos de los bioinsumos.....	44

Lista de figuras

Figura 1 Plaguicidas prohibidos notificados para exportación desde la UE, 2018.....	14
Figura 2 Definiciones control biológico	15
Figura 3 Estrategias de control biológico	16
Figura 4 Mecanismos de control biológico	17
Figura 5 Etapas para el desarrollo de un bioplaguicida microbiano y duración típica de las etapas de acuerdo con la experiencia de AGROSAVIA en Colombia	18
Figura 6 Marco de definiciones de bioinsumos y control biológico de la Resolución No. 068370 de 2020.....	25
Figura 7 Regulaciones y entidades reguladoras de bioinsumos en Latinoamérica	27
Figura 8 Producción Agrícola Nacional en el año 2019.....	30
Figura 9 Distribución de los bioinsumos registrados en Colombia	31
Figura 10 Empresas de bioinsumos registradas a mayo de 2021	31
Figura 11 Gremios de bioinsumos en Latinoamérica.....	35
Figura 12 Marco de definiciones de bioinsumos y control biológico de AGROSAVIA.....	39
Figura 13 Portafolio de productos de AGROSAVIA.....	40
Figura 14 Portafolio de productos en curso de AGROSAVIA.....	40

Resumen

Los términos *control biológico* y su sinónimo abreviado *biocontrol* han sido empleados en diferentes campos de la biología, particularmente, en entomología y en fitopatología. Y aunque actualmente no se cuenta con una definición global de control biológico, recientemente se ha propuesto: “como la explotación de agentes vivos, incluidos virus, para combatir organismos pestilentes, como patógenos, plagas y malezas, con diversos fines para proporcionar beneficios humanos” (Stenberg, 2021). El control biológico es una alternativa a las grandes afectaciones al medio ambiente y a la salud humana, que existen actualmente debido al uso indiscriminado de pesticidas, y como soporte para la inocuidad alimentaria. En este trabajo se presentan los avances, retos y oportunidades de los bioinsumos y en particular el control biológico en Latinoamérica, con especial atención al caso colombiano, evaluando fuentes primarias y secundarias en torno a los bioinsumos y el control biológico a través del enfoque de sistema de agronegocios y la nueva economía institucional analizando el ambiente institucional, organizacional y tecnológico. Se logró hallar que existen dificultades en la articulación de entidades regulatorias, así como en el relacionamiento Estado-Empresa-Universidad. No obstante, existen oportunidades de cambio que van desde los lineamientos nacionales e internacionales, las tendencias de crecimiento mundial de los bioinsumos, hasta el aprovechamiento de la biodiversidad como principal eje para ampliar las investigaciones y desarrollos en el control biológico.

Palabras clave: control biológico, bioinsumos, políticas públicas, avances tecnológicos, Latinoamérica.

Abstract

The terms *biological control* and its abbreviated synonym *biocontrol* have been used in different fields of biology, particularly in entomology and plant pathology. And although there is currently no global definition of biological control, it has recently been proposed: "as the exploitation of living agents, including viruses, to combat pestilential organisms, such as pathogens, pests and weeds, for various purposes to provide human benefits" (Stenberg, 2021). Biological control is an alternative to the great effects on the environment and human health, which currently exist due to the indiscriminate use of pesticides, and as a support for food safety. This paper presents the advances, challenges and opportunities of bio-inputs and in particular biological control in Latin America, with special attention to the Colombian case, evaluating primary and secondary sources around bio-inputs and biological control through the system approach. agribusiness and the new institutional economics analyzing the institutional, organizational and technological environment. It was found that there are difficulties in the articulation of regulatory entities, as well as in the State-Company-University relationship. However, there are opportunities for change that range from national and international guidelines, the global growth trends of bio-inputs, to the use of biodiversity as the main axis to expand research and developments in biological control.

Keywords: biological control, bio-inputs, public policies, technological advances, Latin America.

Introducción

Donde quiera que se ha practicado la agricultura, las plagas han atacado, destruyendo parte o incluso la totalidad del cultivo. Actualmente, el término plaga incluye animales, principalmente insectos, hongos, plantas, bacterias y virus. De estos, los agentes bióticos más importantes que causan graves pérdidas y daños a los productos agrícolas son insectos, malezas y patógenos (Heydari, 2010). No obstante, los esfuerzos humanos para controlar las plagas tienen una larga historia. Incluso en la época neolítica, alrededor de 7000 años antes del presente (AP), los agricultores practicaron una forma burda de control biológico de plagas que implicaba la selección más o menos inconsciente de semillas de plantas resistentes (Rasmussen et al., 2020). Sin embargo, no fue hasta 1939 con el hallazgo de la acción insecticida del DDT por Paul Hermann Müller, así como el de compuestos como BHC, aldrin, 2,4-D, entre otros, que se introdujo intensamente el uso de plaguicidas sintéticos en Estados Unidos y se generalizaron después de la Segunda Guerra Mundial (Delaplane, 1996). Más tarde en 1960 con la Revolución Verde se incrementó el uso de fertilizantes (Carvalho, 2006), estos agroquímicos mejoraban los rendimientos de los cultivos por medio de la erradicación de plagas y enfermedades y su rápido crecimiento debido al aumento en los nutrientes disponibles.

En la actualidad, se ha demostrado que el uso excesivo de agroquímicos tiene efectos negativos para el medio ambiente y la salud humana por esto se han venido desarrollando iniciativas para la prohibición de estos. Una de estas es de la Asamblea General de las Naciones Unidas de enero 2017, donde se pidió un nuevo tratado global integral para regular y eliminar gradualmente el uso de pesticidas peligrosos en la agricultura y avanzar hacia prácticas agrícolas sostenibles (La Vanguardia, 2017). También existen regulaciones estrictas que prohíben el uso de agroquímicos específicos, entre los países con prohibiciones más conocidas está la Unión Europea (UE), con la Reglamentación REACH de 2006 y más recientemente la estrategia “De la granja a la mesa” alineada con la estrategia de “Biodiversidad” para el 2030 que “plantean reducir a la mitad el uso de plaguicidas y fertilizantes y la venta de antimicrobianos” (De la Granja a la Mesa: Hacia unos alimentos más saludables y sostenibles en Europa, 2021), otros países son Reino Unido, Suiza, Brasil, Egipto, Arabia Saudita, Indonesia, Camboya, India, Mauritania, Palestina y China (PAN North America, 2021). Sin embargo, en las regiones tropicales se siguen usando debido a la alta presencia de enfermedades y plagas.

Para apoyar estos esfuerzos de disminución del uso de agroquímicos se han expuesto estrategias que cumplan la función de control biológico, minimizando impactos en la salud humana y en el medio ambiente. Entre ellas, se encuentra el Manejo Integrado de Plagas (IPM, por sus siglas en inglés), una estrategia que usa una gran variedad de métodos complementarios: físicos, mecánicos, químicos, biológicos, genéticos, legales y culturales para el control de plagas (EPA, 2012). Dentro de esta se encuentran los bioinsumos, que son insumos de origen biológico entre los cuales se logran diferenciar dos grandes grupos, biofertilizantes y biocontroladores. Según la Resolución N°068370 de 2020 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), los biofertilizantes se encargan de la nutrición de la planta y se clasifican en: bioabono e inoculante biológico, mientras que los biocontroladores se encargan del control de plagas y enfermedades y se clasifican en: agente microbial para control de plagas, macroorganismos, extracto vegetal y productos bioquímicos.

El control biológico, se formalizó como una disciplina de manejo de plagas en el siglo XX, cuando varios investigadores habían hablado del control biológico con avispa (Darwin, 1800), *Coccinélidos* (Kirby & Spence, 1815), *Beauveria bassiana* (Bassi, 1834) entre otros. La FAO lo define como el uso de "enemigos naturales" como componente esencial del IPM (M. Kenis et al., 2019), no obstante, esta definición es muy amplia y poco específica.

Actualmente el control biológico se ha convertido en un objetivo de las políticas agrícolas en todo el mundo, por medio del uso de agentes de control biológico (Tucci et al., 2011). En esto, Colombia es un país pionero, pues es el único país en Latinoamérica que cuenta con regulaciones específicas en este tema desde el 2004 (Goulet & Krotsch, 2020), la Resolución N°00375 de 2004 del ICA dicta las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia. Sin embargo, a pesar de haber 4.617.116 Ha cultivadas de suelo para uso agrícola (Encuesta nacional agropecuaria (ENA), 2019), se siguen prefiriendo los agroquímicos por encima de los bioinsumos. En el 2019 las ventas fueron de más de 99.500 Ton frente a un poco más de 2.600 Ton, correspondientemente (ICA, 2019). Colombia con un promedio de 13.29 kg/ha entre 1990-2019 es el tercer país a nivel mundial que más usa pesticidas por área de cultivo (FAOSTAT, 2019).

Ahora bien, documentos como la Misión de Sabios (Gobierno de Colombia, 2019) y la Misión de bioeconomía (Gobierno de Colombia, 2020), plantean recomendaciones para el agro que apuntan hacia la producción limpia y sostenible. Por lo anterior, esta investigación muestra una

óptica de los avances, retos y oportunidades que tiene el control biológico como estrategia para una agricultura sostenible en Latinoamérica con especial énfasis en Colombia, en el marco de la bioeconomía.

Objetivos

Objetivo general

Analizar los retos y las oportunidades del control biológico para la agricultura sostenible en Colombia y Latinoamérica en el marco de la bioeconomía.

Objetivos específicos

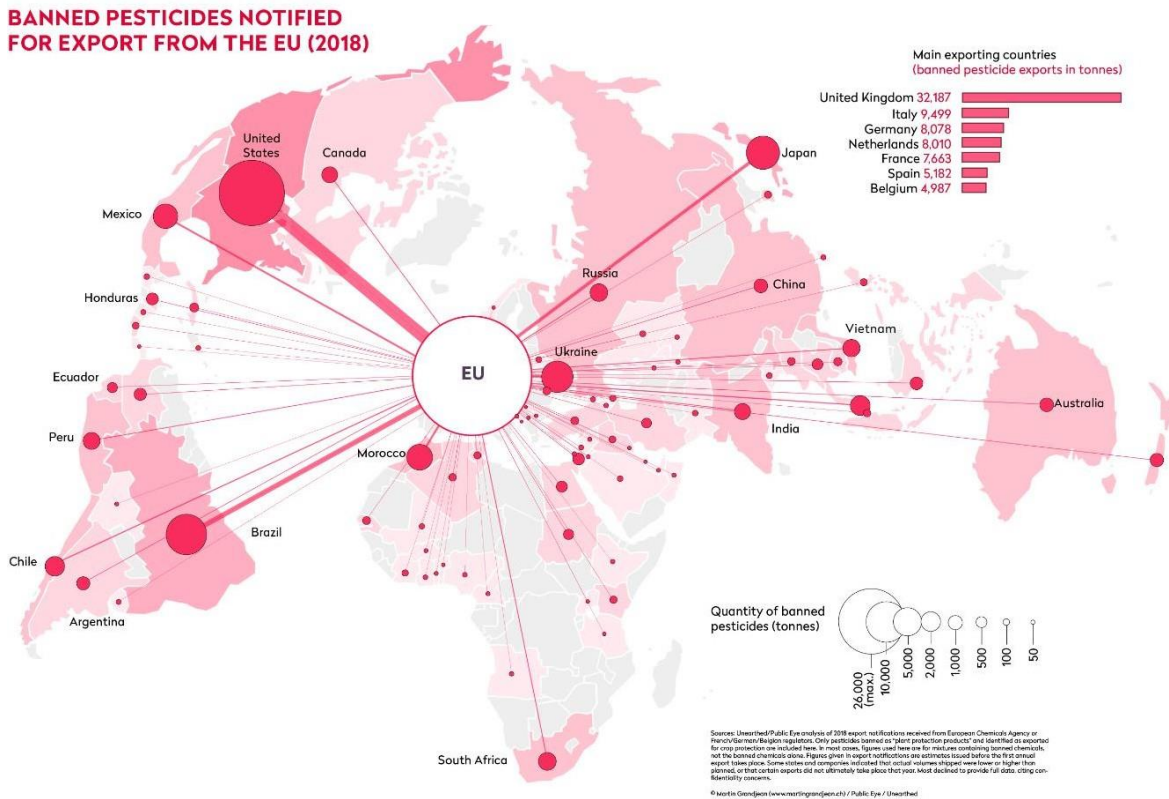
1. Describir el estado de arte del control biológico en términos institucionales, organizacionales y tecnológicos.
2. Realizar un análisis comparativo con otro(s) países que sean referente en el uso e investigación de control biológico.
3. Identificar retos y oportunidades del control de plagas en Colombia.

Marco teórico

El uso indiscriminado de pesticidas ha sido una constante preocupación para el medio ambiente, la salud humana y la seguridad alimentaria. Alrededor del 80-90% de los plaguicidas aplicados pueden volatilizarse a los pocos días de su aplicación (Majewski & Capel, 1995) afectando plantas, animales y ecosistemas no objetivo, al punto de amenazar con la supervivencia de algunas especies raras como el águila calva, el halcón peregrino y el águila pescadora (Helfrich et al., 2009). Además, los cuerpos de aire, agua y suelo también se han contaminado con estos productos químicos a niveles tóxicos y de difícil restauración.

En cuanto a la salud humana, se ha demostrado que el plaguicida Lindano es un carcinógeno y el DDT, Malatión, Diazinón, Glifosato entre otros se han clasificado como probables cancerígenos para los seres humanos (FAO & WHO, 2004). No obstante, de los mencionados anteriormente, Colombia sólo prohíbe la importación, producción, formulación, comercialización, uso y manejo del DDT y Lindano a través de la Resolución 10255 de 1993 y la Resolución 04166 de 1997 del Ministerio de Salud, los demás se siguen usando actualmente según registros de venta de agroquímicos del ICA del 2020.

Una de las situaciones más problemáticas en este sector, es que la Unión Europea tiene regulaciones muy restrictivas con el uso de pesticidas tóxicos, sin embargo, produce y exporta estos plaguicidas a otros países cuyas regulaciones son más flexibles, como se muestra en la Figura 1. Es decir, la producción agrícola de exportación que hace Colombia hacia la Unión Europea y otros países debe cumplir con sellos verdes, producción orgánica y otras restricciones, mientras que la producción para el consumo nacional puede llevar consigo trazas de plaguicidas tóxicos, lo que se deriva en un problema de inocuidad en los alimentos.

Figura 1*Plaguicidas prohibidos notificados para exportación desde la UE, 2018*

Nota: Fuente <https://bit.ly/3mfj10j> (Grandjean, 2021).

Otra de las causas que se suma a la preocupación de la inocuidad en los alimentos tiene que ver con la alta tasa de crecimiento mundial, se proyecta que la población mundial aumentará a 9 mil millones para 2050 (Naciones Unidas, 2015). Y para adaptarse a este aumento, la producción de alimentos deberá necesariamente aumentar también. Sin embargo, las nuevas tierras agrícolas son limitadas, por lo que la producción sostenible y el aumento de la productividad de las tierras agrícolas existentes es un aspecto importante para abordar (Popp et al., 2013). Si bien, para aumentar la producción de alimentos, se deben incorporar elementos que permitan aumentar la eficiencia de los cultivos, los plaguicidas y fertilizantes sintéticos no son una opción viable.

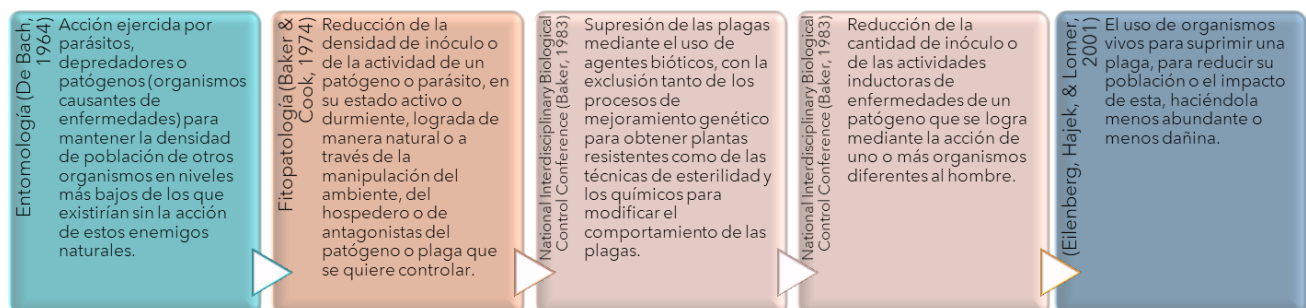
En este contexto, Colombia a través de la Política de Crecimiento Verde (Gobierno de Colombia, 2018), la Misión internacional de Sabios (Gobierno de Colombia, 2019) y la Misión de bioeconomía (Gobierno de Colombia, 2020), busca hacerle frente a estas y otras preocupaciones,

incentivando el traslado de la economía extractiva hacia el crecimiento verde. Una de las áreas estratégicas de la Misión de bioeconomía es “Agro productivo y sostenible” y en esta se proponen retos que ayudan a avanzar hacia una agricultura sostenible, una producción limpia y una alimentación saludable.

Es aquí donde se desea promover el control biológico como una alternativa para apoyar la solución de estos retos. No obstante, este es un tema que se debe mirar con detenimiento, si bien tiene ventajas, también tiene algunos matices que limitan su adopción. A pesar de ser de vieja data, el control biológico no cuenta con una definición global única, en la Figura 2 se muestran algunas de las definiciones que se le han dado a través del tiempo, siendo esta última “El uso de organismos vivos para suprimir una plaga, para reducir su población o el impacto de esta, haciéndola menos abundante o menos dañina” la que aplica en entomología y fitopatología, por ende, la que se toma de referencia en este documento. No obstante, independiente de la definición, el manejo biológico de plagas agrícolas tiene como propósitos fundamentales: I) Mitigar los efectos nocivos de las plagas y las consecuentes pérdidas económicas, II) Reducir o reemplazar el uso de plaguicidas químicos, III) Integrar las estrategias compatibles y sinérgicas para mejorar la efectividad en el manejo de las plagas (Cotes, 2018).

Figura 2

Definiciones control biológico



Desglosando la definición que se adaptó, el “uso de organismos vivos” debe hacerse de manera sistemática y dependiendo de la forma en que se haga tiene un nombre particular, a esto se le llama estrategia de control biológico. Como se logra ver en la Figura 3, de estas estrategias la única que no tiene una intervención humana directa es la de conservación y la más usada en las prácticas agrícolas es la aumentativa. Dentro de los organismos vivos o agentes de control que se

pueden usar son parasitoides, insectos, moscas, avispas, etc., patógenos, bacterias, hongos, virus, protozoos, orugas, ácaros, etc., y depredadores, pájaros, arañas, mamíferos, reptiles, etc. (Dreistadt et al., 2004).

Figura 3

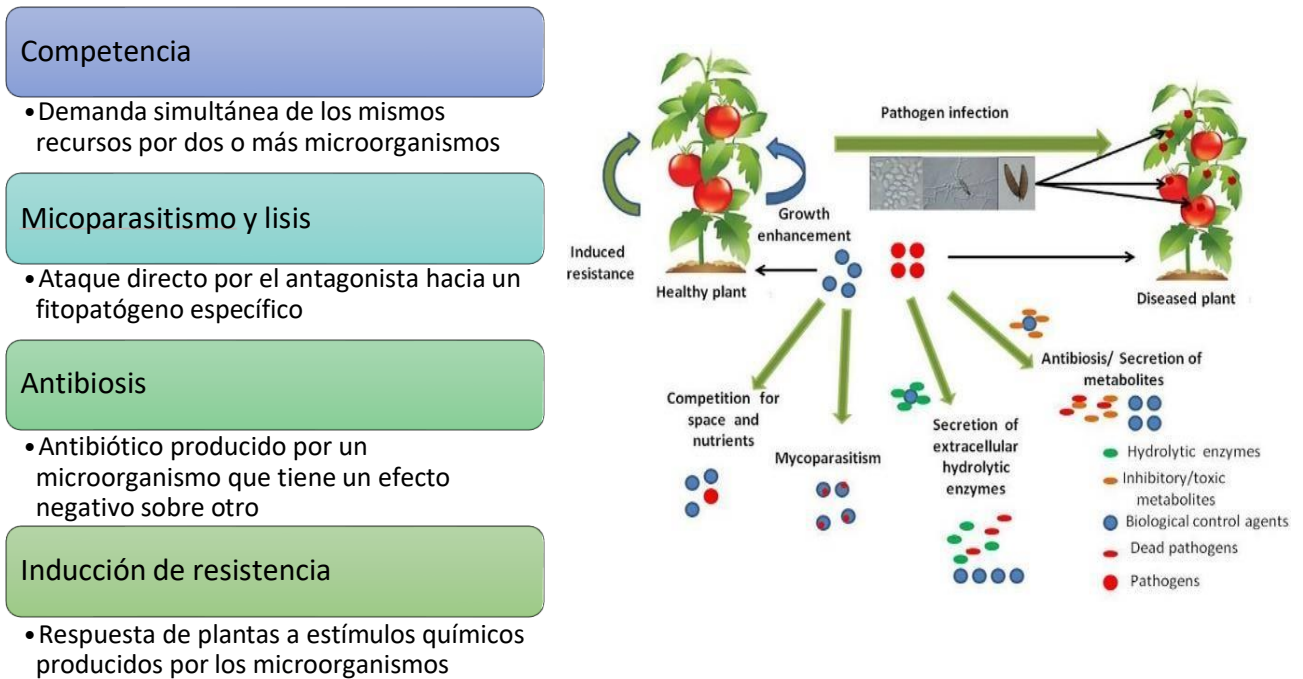
Estrategias de control biológico

Conservación	Clásico	Aumentativo	Inoculación	Inundativo
<ul style="list-style-type: none"> • Modificación del medioambiente o de las prácticas existentes, para proteger y mejorar la actividad de enemigos naturales específicos o de otros organismos que reduzcan el efecto nocivo de plagas (Eilenberg et al., 2001). 	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción intencional de un agente de control biológico exótico, habitualmente coevolucionado, para su establecimiento permanente y para el control de plagas a largo plazo (Eilenberg et al., 2001). 	<ul style="list-style-type: none"> • Liberación suplementaria de enemigos naturales: pueden liberarse unos pocos enemigos naturales en un momento crítico de la temporada o grandes cantidades de estos, según el caso (Eilenberg et al., 2001). 	<ul style="list-style-type: none"> • Liberación intencional de un agente de control biológico con la expectativa de que se multiplique y controle la plaga durante un periodo prolongado de tiempo, pero no de forma permanente (Eilenberg et al., 2001). 	<ul style="list-style-type: none"> • Liberación o aplicación de agentes de control biológico en grandes cantidades para diezmar las plagas. La plaga se controla rápidamente y la densidad de población tanto de la plaga como del biocontrolador disminuye con el tiempo (Eilenberg et al., 2001).

Continuando con el desglose de la definición la “supresión de la plaga” la pueden hacer los organismos por diferentes métodos, a estos se les llama mecanismos de control biológico y aunque no se terminan de conocer, en la Figura 4 se detallan los que se han descubierto.

Figura 4

Mecanismos de control biológico



Nota: Fuente imagen derecha <https://bit.ly/3osiaxd> (Thambugala et al., 2020)

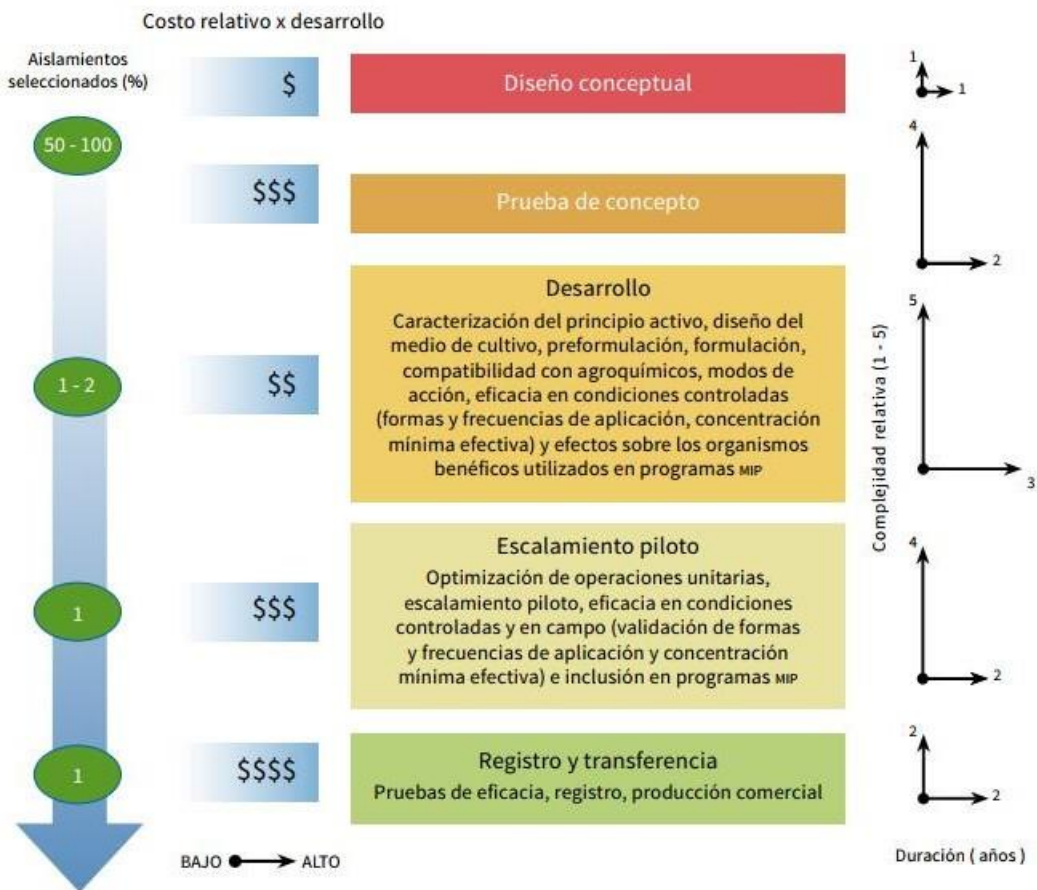
A pesar de la variedad de agentes de control biológico que existen, las bacterias representan la mayor parte de los biocontroladores en uso, por una razón principal: la eficacia de las toxinas de *Bacillus thuringiensis* para controlar las larvas de una amplia gama de insectos. No obstante, los hongos se pueden usar para inhibir el crecimiento de hongos dañinos tanto en las plantas como en los cultivos después de la cosecha, otros hongos se utilizan comercialmente como bioplaguicidas, también es posible utilizarlos como herbicidas controlando malezas dañinas, y los microsporidios son un grupo de protozoos que contienen muchos insectos patógenos, varios de estos se están evaluando como posibles agentes de control biológico, finalmente, también se utilizan diversos virus como controles biológicos, la mayoría como insecticidas biológicos (Harper, 2001). Algunos de los géneros más usados son bacterias: rizobacterias, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Wolbachia pipientis*, *Azospirillum*, etc., y algunos hongos como *Trichoderma*, *Aspergillus flavus* (Harper, 2001).

Finalmente, el desarrollo y la puesta en el mercado de un bioinsumo es un proceso complejo que debe ser manejado de forma estructurada; en este proceso, los desarrolladores de

bioplaguicidas deben integrar toda la cadena, desde la investigación básica y el desarrollo del producto hasta su comercialización (Cotes, 2018). En la figura 5 se muestra un diagrama general de las etapas del desarrollo de un bioinsumo, basados en la experiencia de la Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA).

Figura 5

Etapas para el desarrollo de un bioplaguicida microbiano y duración típica de las etapas de acuerdo con la experiencia de AGROSAVIA en Colombia



Nota: Fuente <https://bit.ly/3ioPS2L> (Cotes, 2018).

Metodología

Con el fin de brindar un panorama general de los bioinsumos en Latinoamérica, se fijaron cuatro países base: Colombia, Argentina, Brasil y México, por ser los que mayores avances tienen en control biológico. También se fijaron tres ambientes de estudio siguiendo el enfoque de sistema de agronegocios y la nueva economía institucional (Zylberstain, 1996; Palau et al., 2013). El ambiente institucional, ligado a la Constitución, Leyes, Normas, Políticas públicas y/o regulaciones y políticas sectoriales que se tienen alrededor de los bioinsumos. El ambiente organizacional, considera las empresas productoras, asociaciones y agricultores beneficiarios alrededor de los bioinsumos. Y el ambiente tecnológico, ligado a la investigación, tiene en cuenta los desarrollos científicos alrededor de los bioinsumos de grupos y centros de investigación.

Creación de banco de artículos

Inicialmente, en el ambiente institucional se realizó una búsqueda en las entidades gubernamentales de cada país en Colombia: [Departamento nacional de planeación](#), [Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible](#), e [Instituto Colombiano Agropecuario](#), en Argentina: [Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca](#), [Cámara Argentina de Bioinsumos](#) y [Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria](#) en México [Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad](#) y en Brasil [Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento](#). En el ambiente organizacional se realizó una búsqueda en Google de empresas o asociaciones productoras de bioinsumos y gremios. Y finalmente, en el ambiente tecnológico se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos Scopus® con la ecuación de búsqueda "biological control" AND "microorganism" AND >2013, descriptores sugeridos por Hernández (2020), y se eligieron los que cumplían con un percentil alto, Q1 o Q2, evaluado en SCImago Journal Rank®. Además, para complementar el contexto nacional, se hizo una búsqueda en las revistas de Publindex de categoría A1 y A2 y en el repositorio de AGROSAVIA, con los mismos descriptores, de esta última se eligieron los dos volúmenes del libro “Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros”.

Entrevista a expertos

Se eligieron actores clave en cada uno de los ambientes, como se muestra en la Tabla 1 y se hicieron las entrevistas abordando las políticas públicas, regulaciones, desarrollos tecnológicos e industriales, mercados, entre otros, para finalmente recuperar y contrastar la información.

Tabla 1

Actores clave alrededor de los bioinsumos en Colombia

Ambientes	Actores
Institucional	Ángelo Quintero Director de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria del Ministerio de Agricultura.
Organizacional	Juliana Sarmiento Gerente general de Biocultivos SA y codirectora de la Asociación Colombiana de Bioinsumos (Asobiocol).
	Camilo Uribe Gerente de asuntos legales de Invesa. Soluciones Microbianas de Trópico SAS (SMT) ha sido adquirida en 100% por Invesa.
	Angélica Herrera Gerente general de Bichopolis SAS.
	Víctor Esquivel fundador de Alteo SAS.
	Nicolás Cock cofundador de Ecoflora Agro SAS Gowan, preside la Federación mundial de bioinsumos (BioProtection global) y las juntas directivas de sistema B Colombia y Biointropic.
	Milton Najjar Gerente de Scientia.
Tecnológico	Alba Marina Cotes, reconocida por su labor en control biológico, investigadora del grupo de investigación “Control biológico de plagas agrícolas” de la Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA).
	Adriana Sáenz Aponte, especialista en manejo integrado de plagas con énfasis en control biológico de insectos, investigadora del grupo de investigación “Biología de Plantas y Sistemas Productivos” de la Pontificia Universidad Javeriana.

Análisis de la información

Esta información recolectada, a partir de fuentes primarias y secundarias, fue clasificada y evaluada a través del enfoque de sistema de agronegocios y la nueva economía institucional analizando el ambiente institucional, organizacional y tecnológico (Zylberstain, 1996; Palau et al., 2013) en torno a los controladores biológicos en Colombia. Con este enfoque se pudo consolidar un documento con las oportunidades y retos del control biológico en el sector agrícola de Colombia.

Resultados y análisis

Ambiente institucional

Uno de los pilares en el desarrollo de alternativas a los agroquímicos son las políticas públicas, pues desde estas se puede incentivar el tránsito hacia prácticas más sostenibles. En Latinoamérica existen esfuerzos en este ámbito, sin embargo, han sido insuficientes.

Colombia, a través de la Misión para la Transformación del Campo de 2014, empezaba a dar un primer bosquejo sobre agricultura sostenible en una política pública del nivel nacional; dos de sus seis estrategias incluyen: i) el ordenamiento y desarrollo territorial: que busca desarrollar instrumentos (normas, leyes, incentivos, etc.) que regulen la propiedad, el uso, la distribución, la conservación y explotación de la tierra y los recursos naturales del territorio buscando el equilibrio entre lo social, lo económico y lo ambiental; ii) elementos de sostenibilidad ambiental para el desarrollo rural: esta se dirige a generar las condiciones de sostenibilidad para las actividades rurales por medio de instrumentos que contribuyan a la conservación del patrimonio del país en materia de aguas, suelos, biodiversidad, riqueza forestal y adaptación al cambio climático.

En 2016, la Política Nacional de Cambio Climático promueve el desarrollo rural bajo en carbono, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes agropecuarias. Esta promovió acciones integrales para el uso eficiente del suelo, la implementación de sistemas agroforestales, entre otros.

Sin embargo, en 2018 es cuando se marca un antes y un después en las políticas públicas con el desarrollo de la Política de Crecimiento Verde (CONPES 3934 de 2018), que sugiere una ruta buscando la transición de una economía extractivista hacia la bioeconomía. En este CONPES se define el crecimiento verde como un enfoque que busca un desarrollo sostenible que garantice el bienestar económico y social de la población en el largo plazo, asegurando que la base de los recursos mantenga la capacidad de proveer los bienes y servicios ambientales que soportan la base económica del país y puedan continuar siendo fuente de crecimiento y bienestar hacia el futuro (OCDE, 2011; DNP/GGGI, 2016).

Entre las varias limitaciones para el crecimiento verde que se identificaron en este CONPES, una es que a pesar de la megadiversidad con la que cuenta Colombia, existen muy pocos negocios basados en su uso eficiente. Esto limita el desarrollo de una economía basada en el uso

sostenible del capital natural, que le permita tener nuevas fuentes de valor agregado. Sin embargo, Colciencias ha invertido de 2010 a 2017 más de COP 16.000 millones para impulsar el desarrollo de 84 bioproductos, que impactan los sectores de la agroindustria bioinsumos, cosméticos, salud, biorremediación y bioenergía (Colciencias, 2018), por lo tanto, una de las metas que se plantea para el 2030 es el desarrollo de 500 bioproductos registrados.

En 2019, se publica la Misión Internacional de Sabios (Gobierno de Colombia, 2019), un documento que pretende aportar a la construcción e implementación de la política pública de Educación, CTeI y a las estrategias que debe construir Colombia a largo plazo, para responder a los desafíos productivos y sociales de manera escalable, replicable y sostenible. En este se plantean tres grandes retos: Colombia biodiversa, Colombia equitativa y Colombia productiva y sostenible, y cada reto tiene alternativas y recomendaciones de solución desde diversas áreas. Dentro de las propuestas del foco de biotecnología, bioeconomía y medio ambiente se plantean seis alternativas que tienen que ver con i) bioprospección, ii) controlar la deforestación, iii) microorganismos, iv) biodiversidad marina, v) biotecnología y agricultura y vi) química verde. De estas, i, iii, iv y v tienen que ver directamente con el aprovechamiento de los microorganismos para el desarrollo de bioinsumos que impacten de manera positiva la agricultura y el medio ambiente.

En 2020 se lanza la Misión de Bioeconomía (Gobierno de Colombia, 2020), de esta se propone un documento que recoge un grupo importante de recomendaciones derivadas de la Misión Internacional de Sabios y se conjuga con el trabajo realizado por la Mesa de Bioeconomía del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI). Aquí se plantean cuatro metas a 2030: i) la bioeconomía aportará el 10% al PIB, ii) se crearán 2'500.000 de nuevos puestos de trabajo, iii) se desarrollarán más de 500 bioproductos y iv) se apoyará a los 32 departamentos. Estas metas se abordarán desde áreas y desafíos estratégicos, promoviendo soluciones a problemáticas que tienen que ver con la biodiversidad, la genética, el agro, la química verde y la salud.

Ahora, en el Plan de Desarrollo Nacional 2018-2022 de Colombia (DNP, 2018), se contempla el pacto por la sostenibilidad que busca un equilibrio entre el desarrollo productivo y la conservación del ambiente que potencie nuevas economías y asegure los recursos naturales para nuestras futuras generaciones, en sus estrategias está el desarrollo de procesos productivos sostenibles en el sector agropecuario. Los bioinsumos pueden ser considerados dentro de esta estrategia como una herramienta clave para cumplir con los estándares de sostenibilidad. Y dentro

de sus 20 metas está la de 550.000 productores con asistencia técnica agro y 300.000 con agricultura por contrato, que puede apoyar de forma directa el uso de bioinsumos.

Recientemente se desarrolló la Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente: nuevo compromiso por el futuro de Colombia (CONPES 4023 del 2021). Esta recoge las oportunidades identificadas en la Misión de Crecimiento Verde y las problemáticas del CONPES 3934, y expresa específicamente que, “entre 2021 y 2023 AGROSAVIA fomentará las líneas de trabajo en bioinsumos de uso agrícola para identificar necesidades, alinear soluciones tecnológicas y promover la adopción de estos productos”.

Por otra parte, Colombia ha sido pionero en el marco regulatorio de los bioinsumos en Latinoamérica (Goulet & Krotsch, 2020). Este ha sido desarrollado en su mayoría por el ICA, pero también el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) ha desarrollado el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos. Argentina, se ha regulado por medio del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP), no obstante, la regulación de bioinsumos le compete al Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Además, por medio de la Resolución No. 07 de 2013, crean el Comité Asesor en Bioinsumos de Uso Agropecuario (CABUA) y este surge como un órgano intersectorial de gestión, concertación y formulación de proyectos para el sector de los bioinsumos. Entre sus aportes están el Programa de Fomento del uso de los Bioinsumos (PROFOBIO) 2015-2016 que benefició 700 productores primarios; la Resolución No. 187 de 2018; la formulación del Documento base sobre bioinsumos en Argentina donde se detalla el estado del arte, uso y beneficios de los bioinsumos, además de los desafíos a superar; la elaboración del Plan de acción para el sector de los bioinsumos de uso agropecuario el cual busca ampliar la diversidad de bioinsumos. La Tabla 3 muestra una síntesis del marco regulatorio en Latinoamérica.

Tabla 2

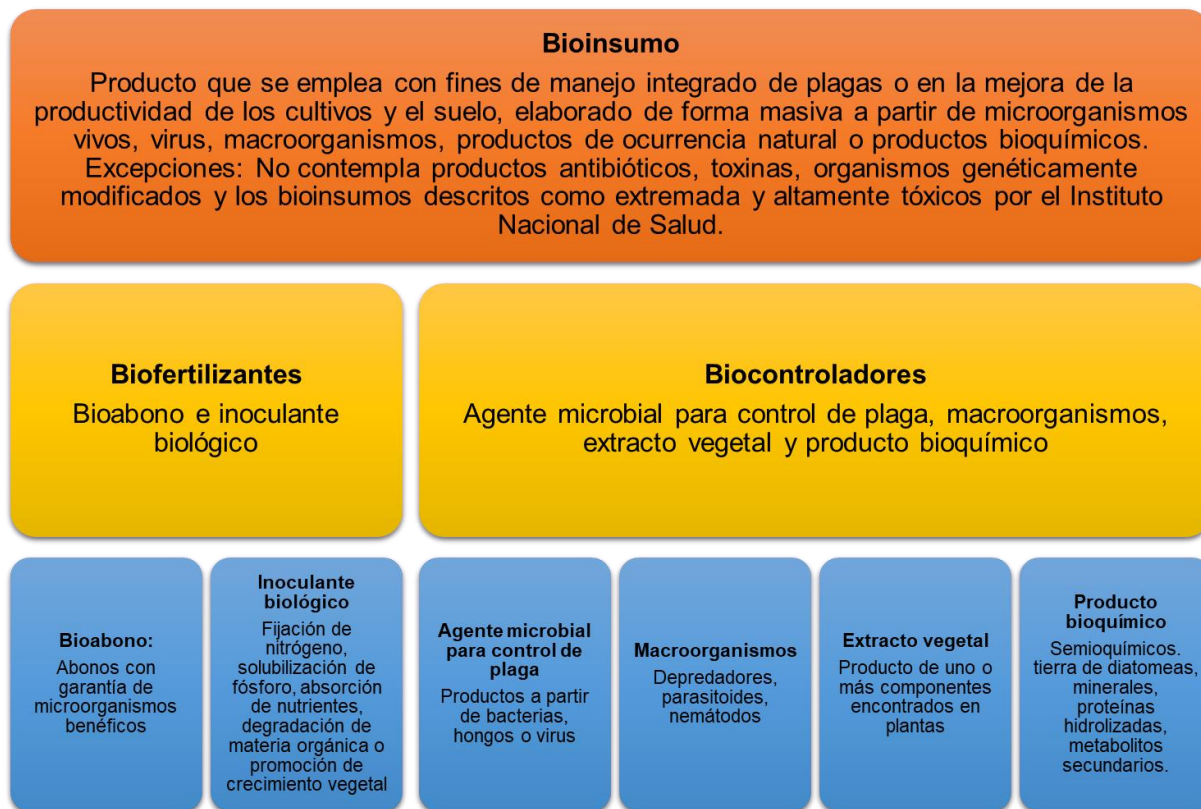
Marco regulatorio de bioinsumos en Latinoamérica

Países	Regulación
México	<p>Ley Federal de Sanidad Vegetal 1994: Incluye las definiciones de insumo de nutrición vegetal e insumo fitosanitario, si bien, no es una definición precisa de los bioinsumos, se pueden tener en cuenta dentro de estas dos.</p> <p>Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos (RPLAFEST) (Modificado por decreto 2014): tiene los requisitos y procedimientos conforme a los cuales las secretarías (salud, ambiente y agricultura) ejercen las atribuciones que les confieren los ordenamientos legales en materia de registros, autorizaciones de importación y exportación y certificados de exportación de plaguicidas, nutrientes vegetales y sustancias y materiales tóxicos o peligrosos. Clasifica los plaguicidas como químicos, bioquímicos, microbianos, botánicos y misceláneos.</p>
Colombia	<p>Resolución No. 00375 de 2004: Dicta las disposiciones sobre Registro y Control de Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia. Sin embargo, excluye a los Organismos Genéticamente Modificados (OMG) y los extractos vegetales catalogados como extremada y altamente tóxicos.</p> <p>Resolución No. 000698 de 2011: Establece los requisitos para el registro de departamentos técnicos de ensayos de eficacia y los requisitos para el registro y control de las personas que produzcan, produzcan por contrato, importen y/o realicen ensayos de eficacia, así como para el registro de los bioinsumos de uso agrícola.</p> <p>Resolución No. 004754 de 2011: Establece los requisitos para la ampliación de uso de bioinsumos y plaguicidas químicos de uso agrícola en cultivos menores. En esta se realizó el agrupamiento de cultivos menores, y permite que se haga la prueba de eficacia sólo a uno de los cultivos y se extiende para los demás</p> <p>Resolución No. 068370 de 2020: Establece los requisitos para el registro de productor, productor por contrato, envasador, importador y departamentos técnicos de ensayos de eficacia agronómica de bioinsumos para uso agrícola; así como los requisitos para el registro de bioinsumos para uso agrícola</p>
Brasil	<p>Programa Nacional de Bioinsumos 2020: Cuenta con 3 ejes temáticos que tratan de i) conservación, limpieza, embalajes, ii) Sanidad, fertilidad, nutrición y estrés abiótico, gestión de prácticas y iii) salud, alimentación, gestión de prácticas y producción acuícola. Promueve el acceso, desarrollo y uso sostenible de la diversidad biológica brasileña.</p> <p>Decreto No. 10375 de 2020: Se categoriza por biofertilizantes, control biológico y animal. Existen alrededor de 24 normas para el control biológico, que regulan el registro de productos, reglamentan la producción ecológica y especifican algunos requerimientos.</p>
Argentina	<p>Resolución No. 29 de 2016: Define los bioinsumos como todo aquel producto biológico que consista o haya sido producido por microorganismos o macroorganismos, extractos o compuestos bioactivos derivados de ellos y que esté destinado a ser aplicado como insumo en la producción agropecuaria agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética</p> <p>Resolución No. 187 de 2018: En donde se encuentran diferenciados los aranceles para bioinsumos con una reducción del 65%; la formulación del Documento base sobre bioinsumos en Argentina donde se detalla el estado del arte, uso y beneficios de los bioinsumos, además de los desafíos a superar; la elaboración del Plan de acción para el sector de los bioinsumos de uso agropecuario el cual busca ampliar la diversidad de bioinsumos.</p> <p>Resolución No. 264 de 2011: Para el registro de uso y comercialización de bioinsumos se hace la distinción entre productos destinados a la fertilidad de cultivos (fertilizantes, enmienda etc.).</p> <p>Resolución No. 350 de 1999: para los productos terapicos que están destinados a la sanidad de los cultivos.</p>

En México, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) es la entidad encargada de la reglamentación de plaguicidas y nutrientes vegetales. Finalmente, en el 2020, Brasil sigue los pasos de Colombia y crea un Plan Nacional específico de bioinsumos por medio del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA, por sus siglas en portugués), siendo este el segundo país en Latinoamérica con políticas públicas de bioinsumos. La Resolución No. 068370 de 2020 es la regulación más reciente de Colombia, en esta se brindan definiciones acerca de los bioinsumos y su clasificación, como lo muestra la Figura 6.

Figura 6

Marco de definiciones de bioinsumos y control biológico de la Resolución No. 068370 de 2020



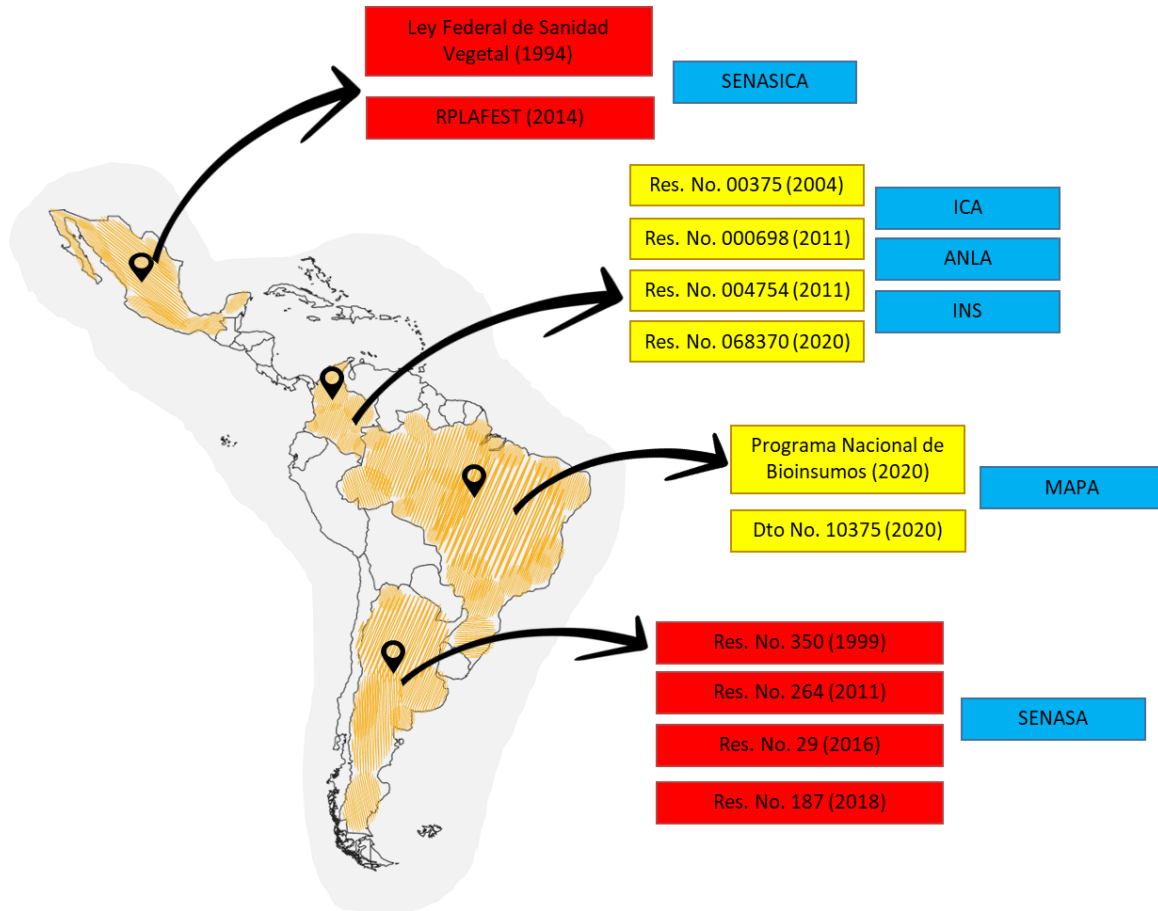
En las entrevistas realizadas para abordar el tema institucional se encontraron varias dificultades en común por las empresas entrevistadas, si bien Colombia es el primer país en Latinoamérica en tener una regulación específica para bioinsumos, y este se está tomando como referencia en otros países, en el contexto nacional esta regulación se torna tediosa. Para lograr entender su complejidad debemos tener en cuenta que no sólo el ICA es el ente regulador en

bioinsumos, a este se le suma la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y el Instituto Nacional de Salud (INS). Cada una de estas entidades exigen diferentes requisitos para obtener el registro de un bioproducto y la comunicación entre ellas es precaria, “esto hace muy difícil la generación de nuevos productos porque es costoso y conlleva mucho tiempo” asegura Juliana Sarmiento.

En materia de producción e importación está el ANLA, el principal inconveniente que manifiestan los empresarios es su “proteccionismo extremo”, pues exigen que los microorganismos y macroorganismos a utilizar en bioinsumos “sean nativos” basados en el principio de precaución. No obstante, señalan que hacen falta estudios que aseguren que la importación de estos organismos vivos acabe con la microfauna nativa, esto incluso “se convierte en una desventaja para el sector, pues es más fácil importar una molécula de síntesis química que un biológico”, comenta Camilo Uribe. De esta manera, en la Figura 7 se muestra una síntesis del marco regulatorio y las entidades correspondientes.

Figura 7

Regulaciones y entidades reguladoras de bioinsumos en Latinoamérica



Nota: En rojo se representan las regulaciones de agroquímicos adaptadas a bioinsumos; en amarillo se encuentran las regulaciones propias de bioinsumos; y en azul se representan las entidades reguladoras.

El Gobierno Nacional y la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (Asocolflores) en su Agenda estratégica sector floricultor 2020 – 2030 “Por la Sostenibilidad del Sector Floricultor” buscan cumplir con la meta a 10 años de duplicar las exportaciones de flores y abrir mercados internacionales (Xinhua, 2020). Para esta estrategia es importante el control biológico, para lograr los exigentes sellos verdes. Sin embargo, la legislación sigue siendo un cuello de botella y es aún más compleja para las empresas dedicadas a producir macroorganismos, pues son tratadas como zoocriaderos, teniendo en cuenta que “las dimensiones y requisitos de un zoocriadero son completamente diametrales a las de un insecto”, comenta Angélica Herrera.

De manera particular, el trámite de un registro en el ICA “puede demorar hasta 5 años y costar entre USD 13.013 a USD 15.615” señala Alba Cotes. En EUA estas regulaciones permiten una flexibilidad con respecto a los requerimientos solicitados: si no se puede entregar la información que se solicita, se puede justificar una prueba alternativa y las razones científicas que la respaldan. Este enfoque flexible asegura que los riesgos potenciales que puedan presentar los bioplaguicidas sean evaluados de una manera correcta y ágil (Leahy et al., 2014). Por ejemplo, el registro de un bioplaguicida cuyo ingrediente activo haya sido registrado previamente puede costar unos USD 6.079 y requerir un tiempo de siete meses (Leahy et al., 2014).

Entre otros inconvenientes, AGROSAVIA ha tratado de orientar al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) para la diversificación de sus convocatorias, pues son tan genéricas que dan cabida a que direccionen a lo mismo, por ende, los avances en control biológico en Colombia no son diversos. Colombia siendo un país pobre debe dirigir su inversión de CTel en “convocatorias que tengan detalle en función de problemas técnicos científicos priorizados para el país, para que los grupos de investigación atiendan desde diferentes focos estas problemáticas” asegura Alba Cotes.

Además, Ángel Quintero comenta que el sector agropecuario carece de buenos canales de comunicación, sin embargo, Colombia “está avanzando en los lineamientos de agricultura orgánica con la Unión europea, Japón y Canadá” lo que permitirá extender el mercado de los bioinsumos. En el tema de financiación “el Gobierno nacional tiene fondos dirigidos a iNNpulsa para acompañar emprendimientos, una Pequeña y Mediana Empresa (PYME) puede acceder a estos recursos, adicional tenemos la Línea Especial de Crédito (LEC) para personas que están haciendo transformación productiva: todo lo que tiene que ver con el sector agropecuario, en este tenemos unas tasas de interés DTF menor al 1% efectiva anual y tasas de interés IBR menores al 1.1%”, entre otros programas como “El Campo Innova” donde hay controladores biológicos de Orinoquía, Valle del Cauca, Antioquia, etc., la Primera feria de CTel, “son muchas cosas las que hace el Estado, pero desafortunadamente no nos enteramos, nos está faltando algo en comunicación” concluye.

Finalmente, desde una mirada más global, el ciclo de conferencias, organizado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad) y la Red Políticas Públicas para el desarrollo rural en América Latina (Red PP-AL) en 2020, llegaron a varias

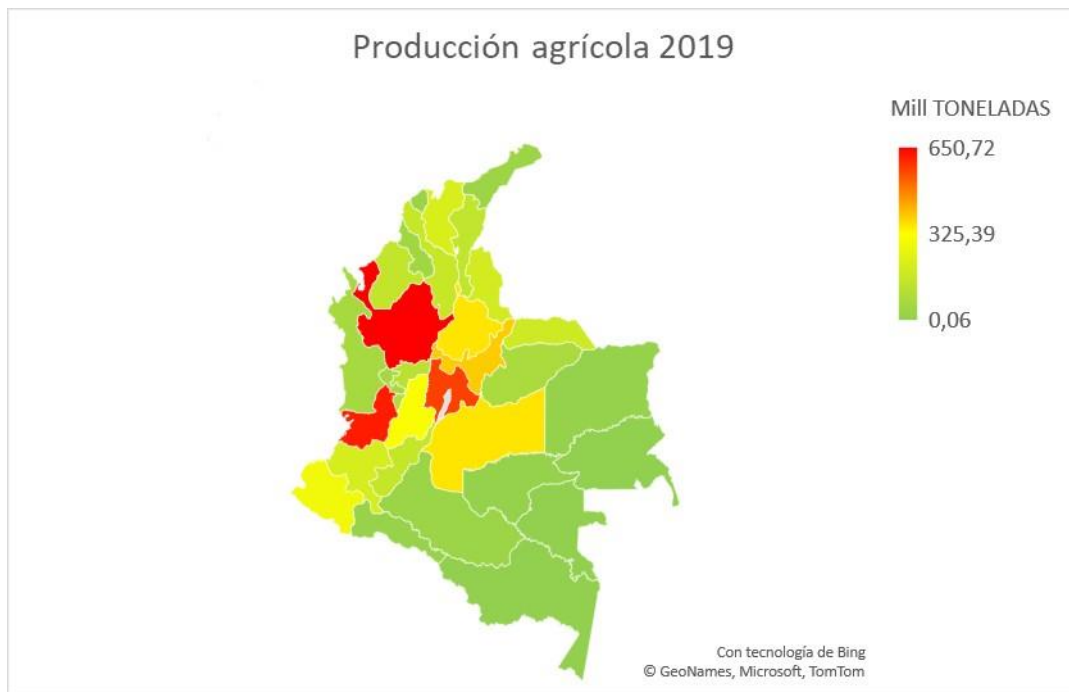
conclusiones, una de ellas es que el rol del Estado puede ir más allá de una adaptación de los marcos regulatorios, por ejemplo, hacia el diseño e implementación políticas integrales de promoción de los bioinsumos. En las que se cubran aspectos como la formación universitaria, la capacitación de profesionales y productores, el fomento para la innovación y el uso, la interacción entre laboratorios públicos y empresas, etc., en este tema, Argentina y Brasil llevan la ventaja. De otro lado, se destaca el sector empresarial y la importancia de su interacción con el Estado. Colombia, Brasil, Argentina y México tienen asociaciones nacionales de las empresas de insumos biológicos, e incluso, Brasil cuenta con participación de multinacionales.

Ambiente organizacional

La agricultura ha sido una de las principales fuentes de ingresos para la población rural del país, además ayuda en la mitigación de la pobreza y la seguridad alimentaria. Y aunque no es uno de los principales sectores aportantes al PIB, la tasa de crecimiento anual del sector agropecuario en Colombia aumentó de 2,8 en 2019 a 3,4 en 2020 (DANE, 2020), y esta producción de cultivos agrícolas representó COP 31.2 billones en el 2019 (Agronet, 2020). Sin embargo, como se logra ver en la Figura 8 esta producción se encuentra centralizada en la región Andina, rezagando la Amazonía y la Orinoquía; algunas de las problemáticas que pueden sustentar este comportamiento tienen que ver con el deterioro en la red vial terciaria (CONPES 3857, 2016), la falta de acceso a asistencia técnica, crédito, maquinaria, infraestructura, sistemas de riego y esquemas asociativos (CNA, 2014), así como la sobreutilización y subutilización del suelo (IGAC, 2017). Además, de los 106 productos agropecuarios colombianos con acceso permitido a otros países, sólo se exportan 36 (PND, 2018), pues las debilidades técnicas y económicas dificultan la competitividad de los campesinos en el mercado internacional.

Figura 8

Producción Agrícola Nacional en el año 2019

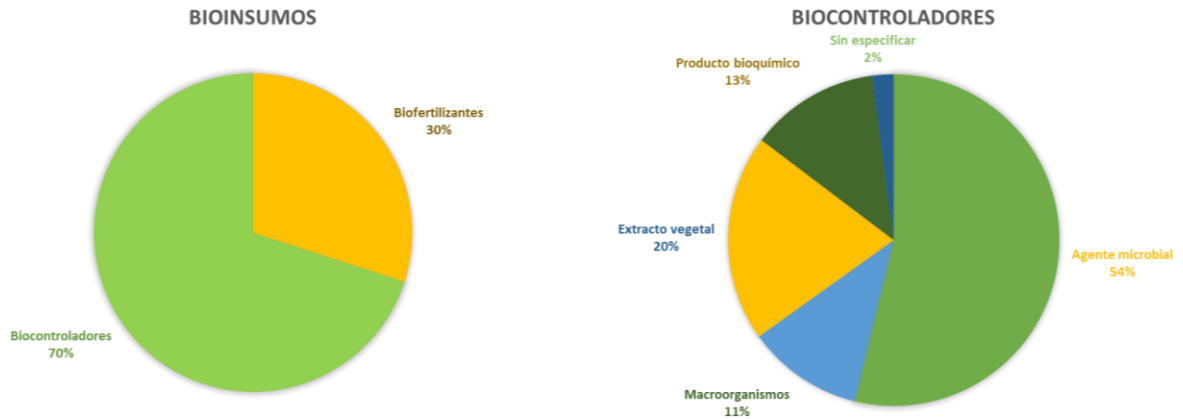


Nota: Fuente <https://www.agronet.gov.co/>

Si bien son varias las problemáticas que tiene el sector agrícola existen empresas que ayudan a subsanarlas y de alguna manera promueven la transición hacia un agro sostenible. Para mayo del 2021 existían 238 empresas de bioinsumos registradas en el ICA con un catálogo de productos muy variado, aunque como se observa en la Figura 9 predominan los agentes de control biológico y los extractos vegetales. Estas empresas están catalogadas como productoras, productoras por maquila o importadoras.

Figura 9

Distribución de los bioinsumos registrados en Colombia

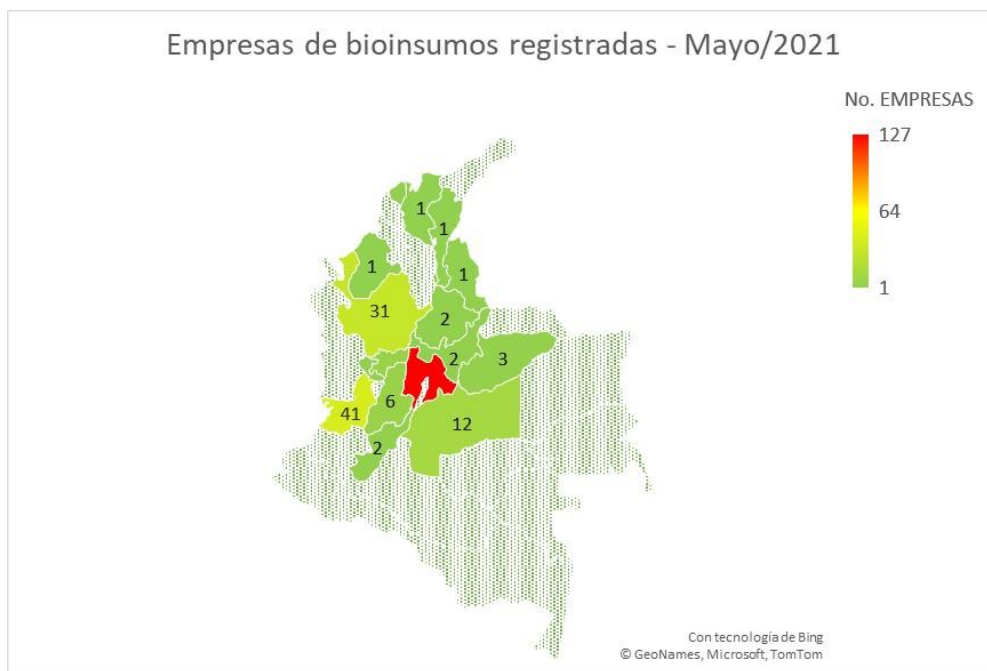


Nota: Fuente <https://www.ica.gov.co/>

Y al igual que la producción nacional, las empresas también se establecen en la Región Andina como se logra apreciar en la Figura 10.

Figura 10

Empresas de bioinsumos registradas a mayo de 2021



Nota: Fuente <https://www.ica.gov.co/>

Uno de los inconvenientes más importantes que resaltan los entrevistados es la mínima asistencia técnica a los pequeños agricultores, pues esta asistencia asegura la transferencia de estas tecnologías. Sin embargo, desde la investigación se puede llegar al productor por 3 o 5 años, que es el tiempo que duran los proyectos, AGROSAVIA no logra tener un seguimiento en el tiempo, pues son investigadores y dentro de sus funciones está “desarrollar y poner a prueba la tecnología, pero no pueden seguir haciendo el acompañamiento y el músculo financiero de las empresas de biológicos es muy débil comparado con las grandes multinacionales de agroquímicos, que son las que finalmente logran llegar a ellos, recomendando su uso en grande, con grandes errores y riesgos para su salud”, concluye Alba Cotes.

Sin embargo, este tema es más complejo de lo que parece, Ángelo Quintero, explica “la Ley 1876 de extensión agropecuaria, nos pone un reto, nosotros dábamos asistencia técnica y dábamos recomendaciones; cuando se expide la ley, nos permite hacer la extensión de manera integral: CTeI, formación y extensión, sin embargo, la extensión no puede llegar sola, debe ir con conocimiento e investigación aplicada, entonces es allí donde juega un papel muy importante los desarrollos tecnológicos de AGROSAVIA, centros de investigación, universidades y gremios, todo esto lo tiene que saber la extensión para poder llevarlo a los territorios”.

No siendo poco, se tienen que realizar unos trámites internos: expedir un decreto para crear el Fondo Nacional de Extensión Agropecuaria, este fondo se tiene que reglamentar, para esto hay que crear unos lineamientos y un manual operativo, todos estos trámites deben hacer un recorrido por el Ministerio de Hacienda y todos los actores del sector, además, se debe contratar una fiducia para manejar los recursos de este fondo lo que requiere una licitación pública. Todos estos trámites hacen que el proceso sea complejo y lento, sin embargo “en este último año se han acelerado los procesos, tenemos el fondo desde el año pasado, los lineamientos están en la secretaría jurídica del Ministerio y el manual está en un 95% faltan dos sesiones de concertaciones para sacar el manual”, concluye Ángelo.

La Asociación Colombiana de Bioinsumos (Asobiocol) es la agremiación colombiana de bioinsumos para la transformación del agro, nace en el 2016 y actualmente cuenta con 12 compañías entre las cuales se encuentra AGROSAVIA, se dedican a la resolución de problemas del campo colombiano de manera ecoeficiente, cimentadas en el uso de bioinsumos sostenibles para la producción de los cultivos, las personas y el medio ambiente. En sus proyectos estratégicos establece, velar por un marco regulatorio que permita a Colombia estar a la vanguardia en

Latinoamérica donde se puedan implementar y desarrollar las herramientas que permitan a los agricultores desarrollar una agricultura sostenible e implementar programas de manejo en cultivos claves en Colombia, en su portafolio se encuentran desarrollando un programa de manejo en tomate y aguacate. Y también ha participado en eventos, Summit de Bioinsumos, con el fin de promocionar el conocimiento e importancia del uso de Bioinsumos, como son Bio Control Latam en 2018 y 1er Summit Nacional de Bioinsumos (Estévez, 2020). Juliana Sarmiento, cuenta que Asobiocol tiene cuatro líneas estratégicas claves para la transformación del agro colombiano. La primera es Incidir, en entidades clave como el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Social para que se les incluya en los planes y políticas públicas. La segunda es Educar, a la comunidad agrícola y consumidores, además de promover la actualización de los pensum de los profesionales afines a la agronomía para que se incluyan tecnologías como los bioinsumos. La tercera es Promocionar, acciones articuladas de las entidades regulatorias, como la promoción y adopción de los bioinsumos en diferentes cultivos. Finalmente, la cuarta es Transformar, la transformación del agro a partir de la educación, la incidencia y la promoción en diferentes estantes que se plantean.

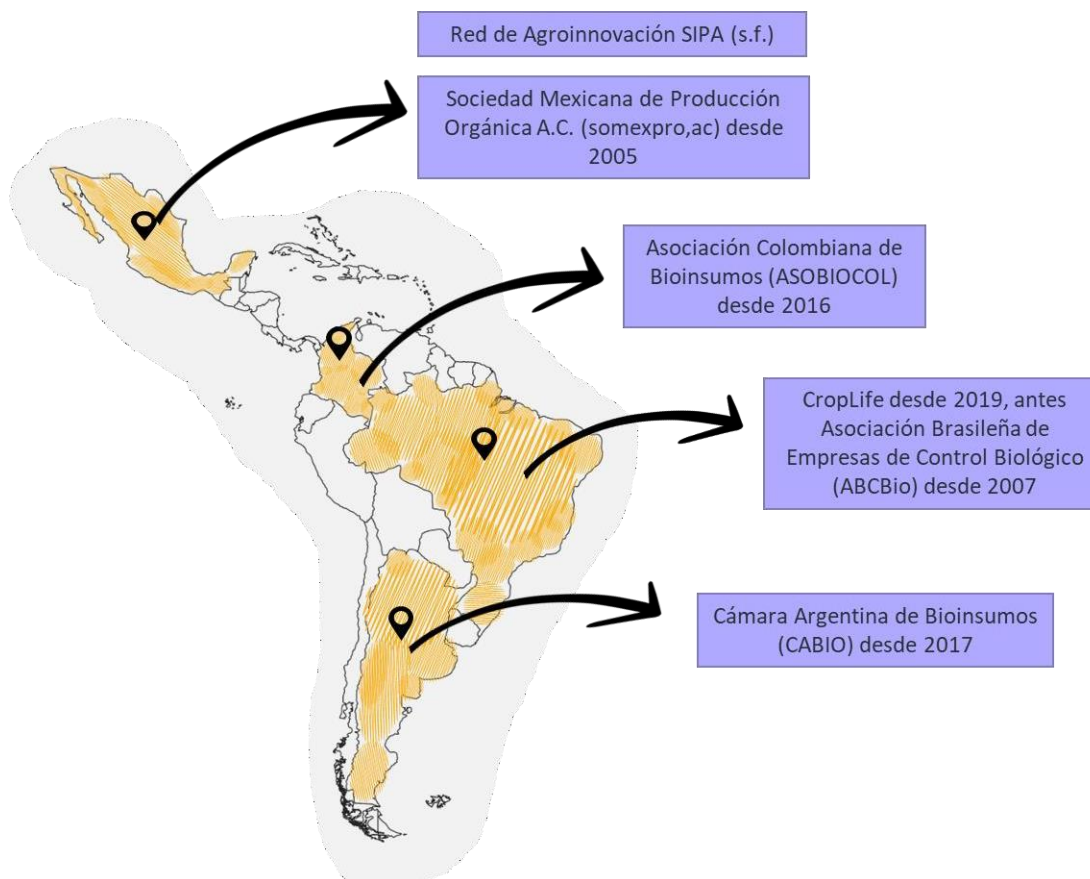
Los gremios de bioinsumos en Latinoamérica se presentan en la Figura 11, no obstante, de manera detallada en Argentina, el sector privado está representado por la Cámara Argentina de Bioinsumos (CABIO) y nace en el 2017 debido a que las legislaciones para los bioinsumos no eran acordes. Entre sus fines está crear la Ley Nacional de Bioinsumos, visibilizar el sector, capacitar los productores en el uso de bioinsumos, estimular la relación pública-privada e incorporar a todos centros de investigación. Participó en el Primer encuentro regional de autoridades nacionales competentes responsables del registro y control de bioinsumos comerciales de uso agrícola llevado a cabo en Medellín, Colombia en el 2017. Además, cuenta con convenios de cooperación de participación internacional con BioProtection Global, IICA, ABCBio y Asobiocol.

México cuenta con la Red de Agroinnovación que está integrada por empresas fabricantes de insumos y maquinaria agrícola, esta cuenta con un catálogo de productos y servicios bastante amplio que incluye diagnósticos de fertilidad de suelos, mejoradores de suelos, insecticidas botánicos, herbicidas orgánicos, nanotecnología aplicada a la agricultura, aminoácidos y reguladores del crecimiento vegetal, semillas mejoradas de producción nacional, drones con aplicaciones a la agricultura, microorganismos benéficos, entre otros. Han puesto a prueba sus bioinsumos en cultivos de maíz, frijol, sorgo, fresa, uva, calabaza, entre otros y sus resultados han

sido exitosos, aumentando la productividad, calidad, rendimiento, reducción de costos entre otros beneficios. Además, ha dictado cursos a técnicos y organizaciones de productores de agricultura sostenible.

También cuenta con la Sociedad Mexicana de Producción Orgánica A.C. (Somexpro, ac) desde 2005, forma parte de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM, por sus siglas en inglés). Sin embargo, los retos que presentan los productores van más ligados al cumplimiento de las diversas regulaciones que existen a nivel global, pues como no son homogéneas implican una gran limitación para la exportación de sus productos.

En 2007, empresas e investigadores fundaron la Asociación Brasileña de Empresas de Control Biológico (ABCBio), entidad creada con el objetivo de liderar el debate sobre la profesionalización y regulación del sector biodefensivo agrícola en Brasil, que hasta entonces no había sido generalizado entre los agricultores y el gobierno. Y con la misión de agrupar empresas productoras de plaguicidas biológicos en un único entorno institucional, con el fin de defender banderas legítimas del sector, a favor de la sostenibilidad en la agricultura. En 2019 se fusiona con un nuevo concepto de asociación industrial, CropLife Brasil (Ranzani Herrmann, 2020). CropLife Brasil (CLB) es una asociación que agrupa a especialistas, instituciones y empresas que trabajan en la investigación y desarrollo de tecnologías en cuatro áreas esenciales para la producción agrícola sostenible: germoplasma (plántulas y semillas), biotecnología, pesticidas químicos y productos biológicos ("Sobre - CropLife Brasil", 2021). Para ellos, dentro del mercado de bioinsumos, el segmento de mayor crecimiento es el de bioquímicos. Solo en 2020, este mercado incrementó 70% en ventas en Brasil en comparación con el año anterior, con una facturación de BRL 1,17 mil millones, y la proyección es que este año este valor aumentará otro 30%. En la valoración de la directora de biológicos de CropLife Brasil, Amália Borsari, este incremento proviene de una demanda reprimida por parte de los productores con relación a soluciones orientadas a la protección vegetal (Canal Agro Estadão, 2021).

Figura 11*Gremios de bioinsumos en Latinoamérica*

Abordando el ambiente organizacional desde las entrevistas, se pudieron notar varias tendencias. Una de la más relevantes es el mercado, “los bioinsumos son un mercado que, aunque crece a tasas más grandes que las de pesticidas químicos, 15-20% frente a 2-3%, respectivamente, hoy en día sólo representa el 3-5% mercado mundial de lo que tiene que ver con fitoprotección y sanidad de cultivos, el otro 95 - 97% siguen insumos de síntesis química, sin embargo, esta participación proyectada en el tiempo podría dar que en el 2040-2050 la torta este 50% - 50%”, asegura Nicolás Cock.

En Colombia esta tendencia podría estar en el rango inferior, 3%, y de esto “el 85% corresponde a cultivos de exportación: flores, aguacate, café, banano, frutales, el restante 15% corresponde a cultivos de consumo interno: tomate, cebolla, algunos vegetales” apunta Víctor

Esquivel. Esto en gran medida debido a las exigencias de Límites Máximos de Residuos y sellos verdes de los países de exportación como Europa, Asia, América del Norte.

Además de tener una baja participación en el mercado, la oferta tiende a ser poco diversa, los esfuerzos se han enfocado en biocontroladores del tipo agente microbial, siendo las especies más comunes *Trichoderma*, *Beauveria* y *Bacillus*, seguidamente se encuentran los extractos vegetales y los macroorganismos. De estos “la mayoría están desarrollados para controlar enfermedades de suelos, pero hay pocos direccionados a hojas y mucho menos para frutos. Económicamente es un error, pues se han dirigido los esfuerzos a un mismo problema, se ha explorado poco la biodiversidad colombiana para ofrecer productos diferentes y se ha terminado saturando el mercado” señala Alba Cotes. Y sumándose a esto, “no existen bioinsumos en el mercado nacional que traten las malezas, por lo tanto, no se puede vender el control biológico como la panacea, porque aún faltan desarrollos en este campo”, apunta Camilo Uribe.

Sin embargo, contrastando esta información, existen empresas como Alteo quienes han explorado los bioinsumos desde un enfoque más holístico, teniendo como base la nutrición de las plantas. Ofreciendo soluciones como fitovacunas, que estimulan el sistema inmunológico de las plantas para que produzcan metabolitos y se defiendan. En su línea de nutrición y defensa buscan que a partir de la nutrición las plantas logren disminuir y atenuar patógenos, para esto tienen productos como el calcio que permite la producción de pectinato de calcio, esto se asemeja a una barrera protectora de la planta. A través de microalgas aportan el carbono orgánico oxidable en sus formulaciones, esto con la intención de que los productos tengan mayor asimilación y sean más biodisponibles, pues esta es una de las limitaciones que tienen los bioinsumos frente a los agroquímicos, los bioinsumos son productos de contacto, mientras que los agroquímicos tienen la capacidad de moverse dentro de la planta. Con prebióticos intentan disminuir la cantidad de nutrientes aplicados y motivar la llegada de microflora. Además de contar con otras soluciones que hacen parte de los bioinsumos de segunda generación, consorcios microbianos, para descomposición de materia orgánica.

Otra de las empresas a destacar es Scientia, quienes integran en su portafolio dos de las categorías de los biocontroladores: macroorganismos por medio de artrópodos y agentes microbianos como entomopatógenos. Scientia en su estrategia de crecimiento, tomó como ejemplo el uso de avispa parasitoides *Trichogramma* en cultivos extensivos. Que en caña de azúcar se viene usando hace 5 años, pero con productos artesanales, de aproximadamente 30 empresas. “Este

mismo insumo, lo llevamos a un sistema industrial y hoy es un producto que se opera mediante el programa Sibot, en otra línea de negocio de Scientia llamada control biológico de precisión 4.0”. comenta Milton Najar. Por medio de los drones hacen la liberación de macroorganismos y además toda la información va a un software con el historial para hacer trazabilidad, uniendo estas dos tecnologías, se tienen aplicaciones viables, eficientes y rastreables. “La eficiencia de la tecnología en el Valle del Cauca, en una operación sencilla con desplazamientos en el cultivo puede llegar a 500 Ha diarias operando dos drones, mientras que el promedio de liberación con personas, cifras de 12 ingenios, es de 8-14 Ha por hombre por día. La misma escala en Brasil que tiene cultivos más extensivos puede subir a 2000 Ha en 2 horas” apunta Milton. En Colombia los limita el área y las características del cultivo, que reúne dos o tres ingenios dentro de una misma área poco distantes.

A pesar de las tendencias favorecedoras y los productos innovadores, la incursión en este sector es compleja, además de presentarse limitaciones con las regulaciones uno de los riesgos que identificaron los entrevistados fue la producción artesanal de bioinsumos, comúnmente llamadas “aguapanelas”. Estos bioinsumos son vendidos por empresas sin registro de producción ni ventas, que no pueden asegurar condiciones de calidad, seguridad ni eficiencia en sus productos. Al no cumplir con estas condiciones de calidad, en el caldo de cultivo pueden proliferarse cualquier cantidad de microorganismos de los que no se tiene control, y cuando son aplicados a cultivos pueden ser incluso peor que la misma plaga. Es allí cuando la confianza de los agricultores hacia los bioinsumos va en caída, pues ellos no dicen “este producto no funciona” sino “el control biológico no funciona” y retornan a los agroquímicos convencionales.

Esta es una de las labores más importantes del gremio, pues como empresas legales con portafolios de productos registrados que cumplen con todos los requisitos de calidad, han trabajado fuertemente en la “evangelización” para que las personas entiendan la importancia de la estandarización de los procesos, el control y aseguramiento de la calidad y las concentraciones mínimas garantizadas, esto con el fin de educar a los agricultores en alternativas más sostenibles para sus cultivos. Pero es un trabajo arduo, pues el mal uso de agroquímicos en la agricultura convencional está muy arraigado. “Por esto se debe hacer una sustitución gradual de los químicos a los biológicos, para llegar a un punto de equilibrio donde se puedan manejar racionalmente, es un trabajo gradual de mucha educación y demostración, pues el control biológico no tiene efectos

inmediatos como los químicos y es una tecnología preventiva, no curativa”, asegura Juliana Sarmiento.

En apoyo a esto, está a nivel mundial, BioProtection Global una federación mundial de asociaciones de la industria de biocontrol y bioplaguicidas. Representa cerca de 800 compañías en cerca de 70 países a través de asociaciones nacionales o regionales de la industria, Asobiocol está en representación de Colombia. Su propósito es “acelerar la adopción de bioinsumos como herramienta y solución para catalizar la transformación de los sistemas agroalimentarios a sistemas más regenerativos y sostenibles” asegura Nicolás Cock.

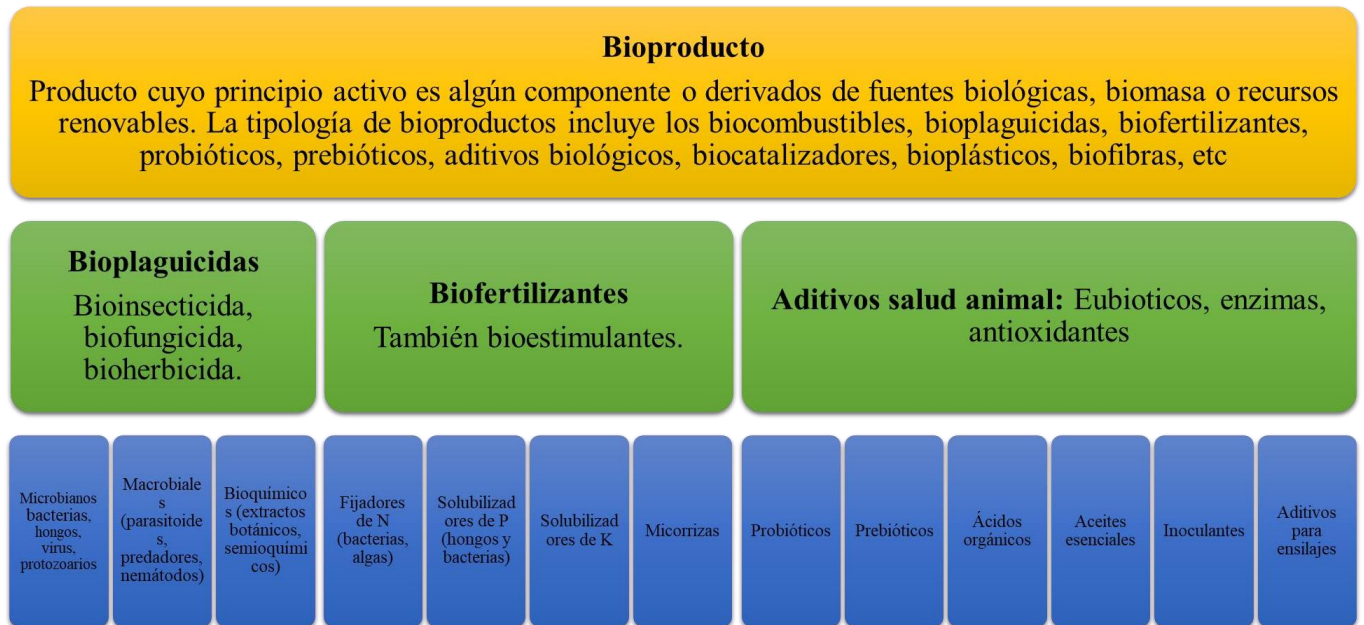
Los objetivos principales de BioProtection Global son: i) Propender por marcos regulatorios que sean proporcionados y utópicamente, armonizados. ii) Ayudar a solucionar cuellos de botella, que además del regulatorio son otros más, que pueden incidir para que estas tecnologías puedan ser adoptadas de manera más acelerada y masivamente, tener conversaciones orientadas a la acción abordando públicos diversos. Pues hay países en los que no existen marcos regulatorios o la mayoría, se rigen por las normas de los plaguicidas químicos, y sus exigencias hacen técnica y económicamente inviable los registros para bioinsumos, sobre todo para el tipo de empresa que los desarrolla, en su mayoría, PYMES, en Colombia, Latinoamérica y el mundo entero. Por otro lado, en estas 3 décadas han tenido conversaciones muy herméticas entre ellos, y con otros actores relevantes ha sido de manera muy tímida. “BioProtection global ha querido conectarse con agencias regulatorias en otras partes del mundo, con hacedores de políticas públicas, agencias de las Naciones Unidas, la Cumbre de sistemas alimentarios. Hemos querido darle visibilidad a la industria, con las tecnologías que pueden ayudar a resolver por lo menos 3 de los 5 objetivos planteados en la Cumbre y otros de los ODS”, concluye Nicolás.

Ambiente tecnológico

AGROSAVIA, además de las investigaciones de bioinsumos, desarrolla productos y métodos, para este fin han definido unos términos clave que se enseñan en la Figura 12, sin embargo, estos son distintos a los que presenta el ICA, pues tienen una visión más amplia donde se involucra el control biológico en el sector pecuario, a través de aditivos para la salud animal.

Figura 12

Marco de definiciones de bioinsumos y control biológico de AGROSAVIA



En la Figura 13 se muestra el portafolio de AGROSAVIA, que cuenta con ocho bioproductos: cinco biocontroladores, dos fertilizantes fijadores de nitrógeno y un probiótico para terneros en lechería especializada.

Figura 13

Portafolio de productos de AGROSAVIA

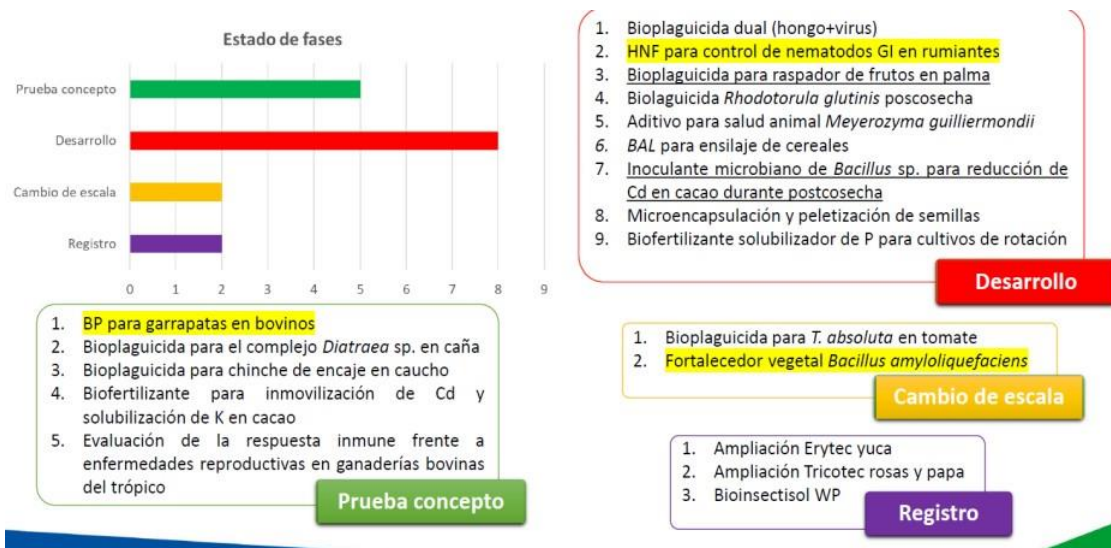
Nombre	Registro	Uso	Producción	Explotación PI
Rhizobiol 	9354	Fertilizante fijador de N en Soya	Agrosavia	---
Monibac 	9437	Fertilizante fijador de N en Algodón y Gramíneas	Agrosavia	---
Tricotec 	10150	Control de <i>F. oxysporum</i> en tomate, <i>S. minor</i> , <i>S. sclerotiorum</i> en Lechuga, <i>R. solani</i> en Arroz y Tomate, <i>B. cinerea</i> en frutos rojos	Lallemand Farroupilha Brasil	Composiciones sólidas granuladas No. NC2017/0012690 Estado: en proceso
Baculovirus 	4921	Control de <i>Tecia solanivora</i> y <i>Phthorimaea operculella</i> en papa en almacenamiento	Agrosavia	---
Lecabiol 	10312	Control de Mosca blanca (<i>B. tabaco</i> y <i>T. vaporariorum</i>) en Algodón, Soya, Tomate, Berenjena, Ají, Pimentón, Uchuva, Frijol	Agrosavia	Composición microbiana Patente concedida. WO 2016084048A1
Spobiol 	22635	Control de <i>Spodoptera frugiperda</i> (gusano cogollero) en Maíz	Certis. USA	Bioplaguicida a base de virus Patente concedida WO 2017/109605 A1
Erytec 	22633	Control de <i>Erynnis ello</i> (gusano cachón) en Caucho	Agrosavia	---
Rumitec 	15730-SL	Probiótico para terneros en lechería especializada	Agrosavia - Vecol. Colombia	Composición microbiana WO 2017/025772 A1 Patente concedida

Nota: Fuente: <https://bit.ly/3Anb6Eq>

Además, en la Figura 14 se muestran los productos en curso, de ellos siete son biocontroladores, dos biofertilizantes y otros bioproductos.

Figura 14

Portafolio de productos en curso de AGROSAVIA



Nota: Fuente <https://bit.ly/3Anb6Eq>

La tabla 3 muestra algunas investigaciones recientes en agentes de control biológico, aunque, los nuevos enfoques de desarrollo de bioinsumos van dirigidos hacia la mezcla de microorganismos para obtener efectos múltiples, la estrategia de atraer y matar, los aditivos para potenciar la actividad biológica, los microorganismos endófitos y las nuevas tecnologías de formulación. Aunque, en Colombia existen grandes limitantes en la producción industrial de bioproductos de alto nivel tecnológico, es necesario encontrar herramientas que permitan subsanarlos, ya que los insumos biológicos representan una alternativa importante en el apoyo de programas de manejo integrado de plagas (MIP) (Cuartas, 2020).

Tabla 3

Investigaciones recientes de control biológico en Latinoamérica

País	Investigaciones	Referencia
Colombia	<i>Phytophthora cinnamomi</i> en el cultivo de aguacate.	(Ramírez y Morales, 2020; Restrepo et al., 2021).
	<i>Diatraea saccharalis Fabricius</i> (barrenador de la caña) en la caña de azúcar.	(Oviedo y Giraldo, 2018).
	<i>Rhizoctonia solani</i> en arroz.	(Zambrano et al., 2021).
	<i>Verticillium dahliae</i> y <i>Phytophthora megasperma</i> en olivo; en plagas como <i>Botrytis cinérea</i> ; y larvas.	(Lozano et al., 2017); (Bolívar et al., 2020); (Neira et al., 2019).
México	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> en aguacate.	(Guerrero et al., 2020).
	<i>Fusarium solani</i> y <i>Fusarium kuroshium</i> en árboles forestales.	(Baéz et al., 2020).
	<i>Streptomyces</i> sp.	(Evangelista et al., 2020).
	Metabolitos secundarios.	(Keswani et al., 2020).
	Avances recientes de microorganismos usados en la agricultura.	(Ortiz y Sansinenea, 2021).
Brasil	<i>Sarocladium oryzae</i> en Arroz.	(Côrtes et al., 2021).
	<i>Pratylenchus brachyurus</i> en limoncillo	(e Silva et al., 2021).
	<i>Meloidogyne javanica</i> en soja.	(Balbino et al, 2021).
	Gusano barrenador gigante en caña de azúcar.	(Rocha et al., 2021).
	Edición CRISPR Cas9 en <i>Trichoderma harzianum</i> .	(Vieira et al., 2021).
	Hongos endofíticos.	(Fontana et al., 2021).
	Encapsulación de <i>Bacillus thuringiensis</i> .	(de Oliveira et al., 2021).
	Quitinasas.	(Pasin et al., 2021).
Microbioma de rizosfera.	(de Faria et al., 2021).	

En las entrevistas para abordar el tema tecnológico se encontró que el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) fue quien introdujo los bioinsumos en Colombia en los 80's derivado del problema de la roya en el café. Y en su buena fe les enseñaron a los agricultores a propagar microorganismos artesanalmente, lo que se identifica hoy como un riesgo para los empresarios del sector. De acuerdo con los entrevistados, Colombia ha sido pionero en entender

los procesos, desarrollar y exportar bioproductos y bioinsumos que sean fáciles de aplicar. El Valle del Cauca, en especial fue pionero en la exportación de insectos benéficos en Latinoamérica.

El rol de AGROSAVIA fue “entender que teníamos que generar procesos para la agricultura sostenible, por tanto, se fortalecieron grupos disciplinarios que trabajaban en Control biológico y biofertilizantes” añade Alba Cotes. Sin embargo, las investigaciones no se podían quedar en “este microorganismo es bueno para esta plaga” sino que tenían que desarrollar productos de alta calidad tecnológica que llegaran al mercado. Aquí se encontraron con grandes limitaciones de planificación, investigación, financiación, etc., porque “cuando el desarrollo iba en la mitad del camino los agricultores nos pedían que les vendiéramos el producto, pero aún no se podía vender” comenta Alba Cotes, a lo que el agricultor preguntaba “¿Qué hago si me trae buenos resultados, pero no me trae un producto tecnológico después?”

Esta visión concuerda con la dada por Angélica Herrera, “AGROSAVIA tiene el pensamiento de ser una empresa, ser un distribuidor, o comercializador” sin embargo, esto no es funcional, pues para comprar un producto se pueden llegar a trámites engorrosos como “necesitar la firma del representante legal para llenar el formulario de afiliación de proveedor y el director está en comisión dos meses, no tienes firma no hay negocio”.

A nivel técnico existe una gran limitación en el control biológico y es su definición. Alba Cotes comenta que “ha habido muchas definiciones porque es de vieja data, pero en realidad control biológico es cuando se usa un organismo vivo para el manejo de un problema fitosanitario. No necesariamente cuando se mata la plaga, si no cuando hago que ese organismo deletéreo no haga daño. Pero claramente es cuando se usa el organismo vivo porque cuando uso el metabolito o el antibiótico eso no es control biológico, es control químico a pesar de que el metabolito sea de origen biológico”, esto concuerda con lo comentado por Nicolás Cock, “La palabra control biológico podría excluir los extractos de plantas y otras categorías de productos que no son de organismos vivos, desarrolladas desde otras fuentes biológicas, desde BioProtection Global, se han hecho esfuerzos para homologar los términos y se promueven los términos biocontrol, bioprotección o bioinsumo”.

Una de las alternativas recientes de control biológico es el uso de nemátodos entomopatógenos. Adriana Sáenz, investigadora de la Pontificia Universidad Javeriana, especialista en MIP con énfasis en control de insectos, nos explica que “Los nemátodos son gusanos asociados a suelo, buscan un hospedero para ingresar en ellos y liberar las bacterias, de esta manera hacen el

control biológico, pueden atacar ácaros, artrópodos, infinidad de insectos, garrapatas. Los géneros de nemátodos entomopatógenos más destacados son *Steinernema* con aproximadamente 110 especies descritas y *Heterohabditis* con 30 especies descritas, a nivel mundial. De las ventajas de trabajar con nemátodos es que el nemátodo puede permanecer en suelo, puede matar otros hospederos, se multiplica y se recicla en campo e incluso se puede usar combinado con hongos para aprovechar la movilidad del nemátodo”.

Si el relacionamiento Estado-Empresa no ha sido sólido, el relacionamiento Empresa-Universidades o Centros de investigación es casi inexistente. “Por más intentos de acercamiento que Invesa ha tenido con las universidades, esta alianza aún no se ha podido concretar” comenta Camilo Uribe y con él coinciden Víctor Esquivel y Angélica Herrera. Entre las razones se destacan que “tienen ritmos muy diferentes a los de las empresas, tienen desarrollos muy interesantes, pero a la hora de hacer escalado, concretar un negocio o negociar regalías se torna complicado”, e inclusive llegan a “ser el doble de costosas, que hacer nuestra propia investigación” asegura Víctor Esquivel, además, “el tema de derechos de autor es complejo, hemos preferido manejarlo internamente para patentar productos o sistemas y quedarnos con el conocimiento y explotarlo de la mejor manera” apunta Angélica Herrera. Entre otras cosas, “aunque las universidades, tienen la disposición y quieren desarrollar conocimiento, publicaciones, también quieren desarrollar productos y como desarrollan el producto, tener parte de las regalías, no han entendido que si quisieran poner el producto en el mercado no pueden, deberían tener un departamento administrativo, de ventas, jurídico, etc. Si una tesis no tiene el andamiaje empresarial se va a quedar en tesis, no va a llegar a ser un producto”, concluye Angélica Herrera. El único caso de éxito para el grupo de empresas entrevistadas es la alianza entre Biocultivos y el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional (IBUN). Precisamente, Biocultivos nace como una spin-off de IBUN y sumada a la alianza con la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz) “les ha permitido a ellos una solución a sus cultivos y a nosotros una oportunidad en el mercado de los biológicos en el cultivo del arroz, además, sin la academia no podemos existir, todos los proyectos los buscamos financiar a partir de Minciencias y el Fondo Nacional de Regalías (FNR)”, asegura Juliana Sarmiento.

Oportunidades y retos

Colombia presenta importantes oportunidades y retos en los tres ambientes, lo que influye en el desempeño económico y competitivo de los bioinsumos, de manera resumida se presentan en la tabla 4.

Tabla 4

Oportunidades y retos de los bioinsumos

Ambiente	Oportunidades	Retos
Institucional	<p>Colombia tiene potencial para el cambio a través del ambiente institucional que ha creado y además por los lineamientos internacionales con la Unión Europea con su estrategia “De la granja a la mesa”, Japón y Canadá.</p> <p>Estrategias como iNNpuls, la Línea Especial de Crédito y programas como “El campo innova” buscan promover la producción de soluciones sostenibles para el campo.</p>	<p>Articulación entre las autoridades regulatorias, que permitan establecer una serie de estándares que guíen y den armonización a las reglamentaciones. Adicional, que se generen acuerdos con ánimo de permanencia en las decisiones y criterios tomados.</p> <p>Implementación de las políticas públicas existentes en articulación con el sector empresarial y los centros de investigación, para de esta manera abarcar grandes, medianos y pequeños productores.</p> <p>Generar convocatorias específicas que lleven a la solución de problemáticas desde un ámbito multidisciplinar.</p>
Organizacional	<p>Existe una tendencia de crecimiento global de los bioinsumos, además, las políticas públicas mundiales apuntan de manera indirecta a la promoción y adopción de estos. Desde Asobiocol se manifiesta disposición para hacer parte de mesas de trabajo conjuntas con el Estado para plantear planes y políticas públicas en pro de los bioinsumos. Colombia tiene gran potencial en su biodiversidad, la variedad de genes, especies y ecosistemas crea un ambiente lleno de oportunidades.</p>	<p>Generar cambios desde la educación a productores, asistentes técnicos, consumidores, agrónomos entre otros actores, para implementar estas nuevas tecnologías.</p> <p>Promover la producción de los bioinsumos por medio de incentivos, como reducción de impuestos, que permitan ser más competitivos frente a los agroquímicos.</p> <p>Aceleramiento de las empresas para convertir estas tecnologías en catalizadoras de la forma de producir productos agrícolas.</p> <p>Establecer alianzas entre la Universidad, la Empresa y el Estado, esta triple alianza es necesaria para generar impactos importantes en esta industria.</p>
Tecnológico	<p>AGROSAVIA cuenta con la infraestructura, experiencia e investigadores idóneos para avanzar en investigaciones y desarrollos de vanguardia.</p> <p>Actualmente se presentan oportunidades para avanzar en temas poco explorados como las enfermedades víricas, herbicidas biológicos, enfermedades foliares y de postcosecha.</p>	<p>Financiar proyectos de largo plazo que generen gran impacto y alcance en la transferencia de las tecnologías.</p> <p>Incentivar a la homologación de términos de control biológico nacional e internacionalmente.</p> <p>Se requieren investigadores y emprendedores arriesgados, que se atrevan a proponer nuevos desarrollos, a pensar en cosas que no se han hecho, para llevar esta industria a un nivel superior.</p> <p>Transitar hacia la restauración de suelos, más allá del control biológico y la biofertilización.</p>

Conclusiones

En el tema de regulaciones Colombia es pionero en Latinoamérica, sin embargo, Brasil con su reciente Programa Nacional de Bioinsumos logra dar un gran paso adelante convirtiéndose en el segundo país latinoamericano con regulaciones específicas para los bioinsumos. Por su parte, México y Argentina deben acelerar sus procesos en creación de regulaciones específicas, para dejar de adaptar regulaciones de agroquímicos obsoletas en bioinsumos. La alineación entre los ambientes institucional, organizacional y tecnológico para los bioinsumos en Colombia, determina el desempeño económico del sector y sus necesidades para la transición a la bioeconomía. Para avanzar hacia una agricultura sostenible como propósito de la Misión de Bioeconomía, es necesario a nivel institucional progresar en una mayor articulación y coordinación entre las entidades públicas regulatorias, así como en la armonización de sus requisitos. Las políticas públicas y programas que promueven el uso de los bioinsumos deben tener metas más ambiciosas, enfocadas en el control y seguimiento de los Límites Máximos de Residuos de la producción local, además, generar incentivos ligados a la reducción arancelaria y tributaria. En el ambiente organizacional se debe destacar el rol de las empresas y el gremio por su gestión hacia la transición a tecnologías más limpias para el sector agropecuario. Aunque, el alto riesgo de la producción artesanal puede afectar este sector, por esta razón es indispensable fortalecer la difusión y el conocimiento de los bioinsumos para ir cambiando la cultura y costumbres frente a la agricultura convencional. Por lo anterior, se evidencia la falta de operación del servicio de extensión agropecuaria, esta es indispensable para poder llegar a los pequeños productores. Finalmente, en el ambiente tecnológico se debe consolidar la relación entre Universidad – Empresa, para poder avanzar en nuevos desarrollos tecnológicos. Además, se debe priorizar más estratégicamente la investigación a través de convocatorias públicas.

Referencias

- Agronet (2020). *Producción y Agronegocios*. <https://bit.ly/3l19Ayx>
- Báez-Vallejo, N., Camarena-Pozos, D. A., Monribot-Villanueva, J. L., Ramírez-Vázquez, M., Carrión-Villarnovo, G. L., Guerrero-Analco, J. A., ... & Reverchon, F. (2020). Forest tree associated bacteria for potential biological control of *Fusarium solani* and of *Fusarium kuroshium*, causal agent of *Fusarium dieback*. *Microbiological research*, 235, 126440.
- Baker, K. F., & Cook, R. J. (1974). *Biological control of plant pathogens*. San Francisco, EE. UU.: W. H. Freeman and Company.
- Baker, R. (1983). State of the art: plant diseases. Ponencia presentada en Proceedings of the National Interdisciplinary Biological Control Conference. Las Vegas, EE. UU.
- Balbino, H. M., Monteiro, T. S. A., Coutinho, R. R., Pacheco, P. V. M., & de Freitas, L. G. (2021). Association of *Duddingtonia flagrans* with microorganisms for management of *Meloidogyne javanica* and acquisition of nutrients in soybean. *Biological Control*, 159, 104626.
- Bassi, A. (1935). Del mal del segno, calcinaccio o moscardino, mallatia che affigge i bachi da seta e sul modo di liberarne le bigattaie anche le piu infestate. Part I: Theoria. Orcesi, Lodi. p. 1-9, 1-67.
- Bolívar-Anillo, H. J., Garrido, C., & Collado, I. G. (2020). Endophytic microorganisms for biocontrol of the phytopathogenic fungus *Botrytis cinerea*. *Phytochemistry Reviews*, 19(3), 721-740.
- Canal Agro Estadão. (2021). *Mercado de bioinsumos cresce, mas ainda há entraves*. <https://bit.ly/3mtwdjG>
- Carvalho, F. P. (2006). Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environmental science & policy*, 9(7-8), 685-692.
- CNA (2014). *Boletín Censo Nacional Agropecuario 2014*. <https://bit.ly/3Dn Ct3h>
- Colciencias. (2018). Diagnóstico Programa Colombia Bio.
- Colciencias. (2018). Programa Colombia Bio
- Côrtes, M. V. D. C. B., Guimarães, R. A., Freire, D. M. G., Prabhu, A. S., & da Silva-Lobo, V. L. (2021). An overview of the virulence factors and the biocontrol potential of *Sarocladium oryzae*. *Fungal Biology Reviews*, 37, 1-7.

- Cotes, A., Fargetton, X., Kohl, J., Díaz, A., Gómez, M., & Grijalba, M. (2018). Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Mosquera: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Cuartas, P. (2020). Bioinsumos y políticas públicas en América Latina [Sesión de conferencia]. Ciclo de conferencias virtuales, Bogotá DC.
- DANE (2020). *Boletín técnico Producto Interno Bruto IV trimestre 2020*. <https://bit.ly/3oDFrE>
- Darwin, E. (1800). *Phytologia*. Publ., London.
- De Bach, P. (1964). *Biological control of insect pests and weeds*. Londres, Reino Unido: Chapman and Hall.
- de Faria, M. R., Costa, L. S. A. S., Chiamonte, J. B., Bettiol, W., & Mendes, R. (2021). The rhizosphere microbiome: functions, dynamics, and role in plant protection. *Tropical Plant Pathology*, 46(1), 13-25.
- De la Granja a la Mesa: Hacia unos alimentos más saludables y sostenibles en Europa*. Consilium.europa.eu. (2021). <https://bit.ly/3lpD2U9>
- de Oliveira, J. L., Fraceto, L. F., Bravo, A., & Polanczyk, R. A. (2021). Encapsulation Strategies for *Bacillus thuringiensis*: From Now to the Future. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(16), 4564-4577.
- Delaplane, K. S. (1996). *Pesticide usage in the United States: History, benefits, risks, and trends*.
- Departamento Nacional de Planeación (2016). CONPES 3857. *Lineamientos de política para la intervención a la red terciaria*. <https://bit.ly/3ahjTgs>
- Departamento Nacional de Planeación (2021). CONPES 4023. *Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente: nuevo compromiso por el futuro de Colombia*. <https://bit.ly/3liAVBp>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*. Presidencia de la República-Departamento Nacional de Planeación–DNP. <https://bit.ly/3uWA9xa>
- DNP, GGGI. (2017). *Macroeconomía y Crecimiento Verde. Análisis y Retos para Colombia*. Bogotá.
- DNP/GGGI. (2016). *Crecimiento Verde para Colombia. Elementos conceptuales y experiencias internacionales*. Bogotá D.C.

- Dreistadt, S.H., M.L. Flint, and J.K. Clark. 2004. Pests of Landscape Trees and Shrubs: An Integrated Pest Management Guide. 2nd ed. Oakland: *Univ. Calif. Agric. Nat. Res. Publ.* 3359.
- e Silva, M. T. R., Calandrelli, A., Rinaldi, L. K., Miamoto, A., Moreno, B. P., da Costa, W. F., ... & Dias-Arieira, C. R. (2021). Arbuscular mycorrhizae maintain lemongrass citral levels and mitigate resistance despite root lesion nematode infection. *Rhizosphere*, 19, 100359.
- Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46(4), 387-400.
- Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46(4), 387-400
- Encuesta nacional agropecuaria (ENA)*. Dane.gov.co. (2019). <https://bit.ly/3DkwjRq>
- Estévez J. A. (2020). Bioinsumos y políticas públicas en América Latina [Sesión de conferencia]. Ciclo de conferencias virtuales, Bogotá DC.
- Evangelista-Martínez, Z., Contreras-Leal, E. A., Corona-Pedraza, L. F., & Gastélum-Martínez, É. (2020). Biocontrol potential of *Streptomyces* sp. CACIS-1.5 CA against phytopathogenic fungi causing postharvest fruit diseases. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 1-10.
- FAOSTAT. (2019). *Pesticides indicators*. Fao.org. <https://bit.ly/3ak4bBa>.
- Fontana, D. C., de Paula, S., Torres, A. G., de Souza, V. H. M., Pascholati, S. F., Schmidt, D., & Dourado Neto, D. (2021). Endophytic Fungi: Biological Control and Induced Resistance to Phytopathogens and Abiotic Stresses. *Pathogens*, 10(5), 570.
- Food and Agriculture Organization (FAO), & World Health Organization (WHO). (2004). *Pesticide residues in food*. Roma. <https://bit.ly/3Fztn5o>
- Gobierno de Colombia. (2018). *Política de crecimiento verde 2018*. Presidencia de la República-Departamento Nacional de Planeación–DNP. <https://bit.ly/3v1YfGV>
- Gobierno de Colombia. (2020). *Bioeconomía para una Colombia Potencia viva y diversa 2019*. Presidencia de la República-Ministerio de Educación Nacional–Colciencias. <https://bit.ly/2YtRr8o>
- Gobierno de Colombia. (2019). *Misión de Sabios-2019*. Presidencia de la República-Ministerio de Educación Nacional–Colciencias. <https://bit.ly/3oEWbDf>
- Goulet, F., & Krotsch, T. (2020). *Políticas públicas para promover la innovación y la adopción de bioinsumos en el sector agropecuario*. Pp-al.org. <https://bit.ly/3lfbMYe>

- Grandjean, L. (2021). *Banned in Europe: How the EU exports pesticides too dangerous for use in Europe*. <https://bit.ly/3Fr2Gje>
- Guerrero-Barajas, C., Constantino-Salinas, E. A., Amora-Lazcano, E., Tlalapango-Ángeles, D., Mendoza-Figueroa, J. S., Cruz-Maya, J. A., & Jan-Roblero, J. (2020). *Bacillus mycoides* A1 and *Bacillus tequilensis* A3 inhibit the growth of a member of the phytopathogen *Colletotrichum gloeosporioides* species complex in avocado. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(10), 4049-4056.
- Harper, D. R. (2006). *Biological Control by Microorganisms*. *eLS*. doi:10.1038/npg.els.0004334
- Helfrich LA, Weigmann DL, Hipkins P, Stinson ER (2009) Pesticides and aquatic animals: a guide to reducing impacts on aquatic systems. In: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Heydari, A., & Pessarakli, M. (2010). A review on biological control of fungal plant pathogens using microbial antagonists. *Journal of biological sciences*, 10(4), 273-290.
- ICA, Instituto Colombiano Agropecuario (2019). Estadística de Comercialización de Plaguicidas.
- IGAC (2017). *Conflictos de uso del territorio colombiano*. <https://bit.ly/3iDiMwe>
- Keswani, C., Singh, H. B., García-Estrada, C., Caradus, J., He, Y. W., Mezaache-Aichour, S., ... & Sansinenea, E. (2020). Antimicrobial secondary metabolites from agriculturally important bacteria as next-generation pesticides. *Applied microbiology and biotechnology*, 104(3), 1013-1034.
- Kirby, W. & W. Spence. 1815. *An Introduction to Entomology*. Longman, Brown, Green & Longmans, London. 285 p.
- La Vanguardia. (2016). *Los plaguicidas provocan 200.000 muertes al año*. <https://bit.ly/3AhBL5G>
- Leahy, J., Mendelsohn, M., Kough, J., Jones, R., & Berckes, N. (2014). Biopesticide oversight and registration at the us Environmental Protection Agency. <https://goo.gl/vyHUqe>.
- Lozano-Tovar, M. D., Garrido-Jurado, I., Quesada-Moraga, E., Raya-Ortega, M. C., & Trapero-Casas, A. (2017). *Metarhizium brunneum* and *Beauveria bassiana* release secondary metabolites with antagonistic activity against *Verticillium dahliae* and *Phytophthora megasperma* olive pathogens. *Crop Protection*, 100, 186-195.
- M. Kenis, B.P. Hurley, F. Colombari, S. Lawson, J. Sun, C. Wilken, R. W. & S. S. (2019). Guide to the classical biological control of insect pests in planted and natural forests. In *FAO Forestry Paper No. 182. Rome, FAO*. <https://bit.ly/3mvamIn>

- Majewski M, Capel P (1995) Pesticides in the atmosphere: distribution, trends, and governing factors. *Pesticides in the hydrologic system*, vol 1. Ann Arbor Press Inc., Boca Raton, FL, p 118
- Ministerio del Medio Ambiente, Departamento Nacional de Planeación, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (1997). Política Nacional de Biodiversidad. Santafé de Bogotá.
- Neira-Monsalve, E., Sáenz-Aponte, A., Rodríguez-Bocanegra, M. X., Gutiérrez-Rojas, I., Terán, W., & Quevedo-Hidalgo, B. (2019). In vitro production of the biological control agent *Heterorhabditis indica* SL0708 in different agar media. *Biocontrol Science and Technology*, 29(11), 1090-1105.
- OCDE. (2011). Hacia el Crecimiento Verde. Un resumen para los diseñadores de políticas. Paris
- Ortiz, A., & Sansinenea, E. (2021). Recent advancements for microorganisms and their natural compounds useful in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 1-7.
- Oviedo, M. A. Z., & Giraldo, A. S. (2018). Control microbiológico de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae) en caña panelera a nivel de campo. *Boletín Científico. Centro de Museos*, 22(2).
- Palau Hernan, Senesi Sebastián (2013). Nueva Economía Institucional y Sistemas Agroalimentarios. Facultad de Agronomía, Programa de Agronegocios y Alimentos. Universidad de Buenos Aires.
- Pasin, T. M., de Oliveira, T. B., Scarcella, A. S. D. A., Polizeli, M. D. L. T. D. M., & Guazzaroni, M. E. (2021). Perspectives on Expanding the Repertoire of Novel Microbial Chitinases for Biological Control. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(11), 3284-3288.
- Pesticides Action Network (PAN) North America. (2021). *No more excuses: Global network demands phase-out of Highly Hazardous Pesticides by 2030 | Pesticide Action Network*. Panna.org. <https://bit.ly/3Fzvs1c>
- PND (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*. <https://bit.ly/3uSGxoX>
- Popp, J., K. Peto, and J. Nagy. 2013. Pesticide productivity and food security. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33:243–255.
- Ramírez-Gil, J. G., & Morales-Osorio, J. G. (2020). Integrated proposal for management of root rot caused by *Phytophthora cinnamomi* in avocado cv. Hass crops. *Crop Protection*, 137, 105271.
- Ranzani Herrmann, G. (2020). *Obrigado ABCBio*. Koppert.com.br. <https://bit.ly/3oKMpQl>

- Rasmussen, Wayne D., Nair, Kusum, Mellanby, Kenneth, Fussell, George Edwin, Gray, Alic William, Crawford, Gary W. and Ordish, George (2020). "Origins of agriculture". Encyclopedia Britannica. <https://bit.ly/3FjxOBb>
- Restrepo, S. R., Henao, C. C., Galvis, L. M. A., Pérez, J. C. B., Sánchez, R. A. H., & García, S. D. G. (2021). Siderophore containing extract from *Serratia plymuthica* AED38 as an efficient strategy against avocado root rot caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Biocontrol Science and Technology*, 31(3), 284-298.
- Rocha, F. Y. O., Negrisoli Junior, A. S., de Matos, G. F., Gitahy, P. D. M., Rossi, C. N., Vidal, M. S., & Baldani, J. I. (2021). Endophytic *Bacillus* Bacteria Living in Sugarcane Plant Tissues and *Telchin licus licus* Larvae (Drury) (Lepidoptera: Castniidae): The Symbiosis That May Open New Paths in the Biological Control. *Frontiers in microbiology*, 12, 1010.
- Sobre - CropLife Brasil*. CropLife Brasil. (2021). <https://croplifebrasil.org/sobre-croplife/>.
- Stenberg, J. A., Sundh, I., Becher, P. G., Björkman, C., Dubey, M., Egan, P. A., & Viketoft, M. (2021). When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *Journal of Pest Science*, 1-12.
- Thambugala, K. M., Daranagama, D. A., Phillips, A. J., Kannangara, S. D., & Promputtha, I. (2020). Fungi vs. fungi in biocontrol: an overview of fungal antagonists applied against fungal plant pathogens. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 10.
- Tucci, M., Ruocco, M., De Masi, L., De Palma, M., & Lorito, M. (2011). The beneficial effect of *Trichoderma* spp. on tomato is modulated by the plant genotype. *Molecular Plant Pathology*, 12(4), 431–354. <https://doi.org/10.1111/j.13643703.2010.00674.x>
- United Nations. (2015). World population projected to reach 9.7 billion by 2050.
- United States Environmental Protection Agency EPA. (2012). *Integrated Pest Management (IMP) Principles*. <https://bit.ly/3oG5umK>
- Vieira, A. A., Vianna, G. R., Carrijo, J., Aragão, F. J., & Vieira, P. M. (2021). Generation of *Trichoderma harzianum* with pyr4 auxotrophic marker by using the CRISPR/Cas9 system. *Scientific reports*, 11(1), 1-7.
- Xinhua. (2020). *Colombia presenta agenda estratégica 2020-2030 para duplicar exportaciones de flores*. *Americaeconomia.com*. <https://bit.ly/3DiOWoF>
- Zambrano, E. C., Parra, A. S., & Ortiz, Á. M. M. (2021). Biocontrol of rice sheath blight with microorganisms obtained in rice cultivated soils. *Bragantia*, 80.
- Zylbersztajn (1996). Governance structures and agribusiness coordination: A transaction costs economics based approach. *Research in Domestic and International Agribusiness*

Management. Editor Ray Goldberg. Graduate School of Business Administration. Harvard University. Vol. 12. 1996.