

CAPÍTULO 4

El diseño de nuevos biopesticidas a partir de productos naturales

Stephanie Hernández Castro

Daniela Molina Estrada

Alberto Ramírez García

Estudiantes de licenciatura en
Diseño Molecular y Nanoquímica.
Universidad Autónoma del
Estado de Morelos

Jorge Enrique García Robles

Estudiante de la carrera de
Químico Farmacéutico Biólogo.
Universidad de Guadalajara

Coordinadores:

Jaime Escalante García

José Domingo Rivera Ramírez

*"¿Quién puede creer que se pueda verter sobre la superficie de la
tierra semejante diluvio de venenos sin hacer que enferme toda
forma de vida? La industria química, fitosanitaria, o como quieran
llamarla, es hija de la Primera y Segunda Guerra Mundial."*

-Rachel Carson

<https://doi.org/10.56604/qflaQVERJ2025-04d>

Introducción

Con el crecimiento y diversificación que han tenido la sociedad y la cultura durante los siglos XIX, XX y XXI, se han desarrollado distintas formas de asegurar el bienestar y la persistencia de la población. Por ejemplo, el desarrollo de combustibles para el suministro de energía de autotransportes y maquinarias de producción, el desarrollo de recipientes de contención y embalaje para el aislamiento de fármacos, medicamentos y alimentos o el desarrollo de fuentes de suministro de energía para fines domésticos, económicos e industriales. También es posible beneficiarnos, además de los combustibles, materiales y baterías, de tecnologías de producción, transporte, transformación, almacenaje y venta de alimentos, tales como saborizantes, conservadores, edulcorantes, colorantes y procesos.

En todos estos desarrollos, a la luz de la ciencia, y en particular a la luz de la química, podemos encontrar tres denominadores comunes:

- 1) El desarrollo científico a nivel de ciencia básica y tecnología. Éstas suministran el acervo de conocimientos, técnicas y formas de medir la viabilidad, el impacto y el beneficio de cada desarrollo.
- 2) La implementación de procesos y técnicas industriales. Las cuales trasladan el conocimiento y la técnica de nivel básico a escalas de producción en masa, las cuales son capaces de solventar la demanda que se genera como consecuencia de haberlos puesto a disposición de la población.
- 3) La acumulación de desechos y la puesta en riesgo de las fuentes de donde se obtienen recursos para implementar desarrollos. Este es un aspecto que siempre ha acompañado el desarrollo, implementación y comercialización de cada nuevo producto o servicio.

Cada uno de estos tres denominadores son consecuencia y guardan interdependencia unos con otros. Con la evidencia acumulada durante las últimas décadas del siglo XX y las dos primeras del siglo XXI, ha surgido la necesidad de redirigir la forma en que se desarrolla, implementa y utiliza cada nueva tecnología; siempre con la premisa de incrementar, o al menos sostener, los beneficios hacia la humanidad y la naturaleza.

Por ejemplo, hablando del tema de sustentabilidad alimentaria, muchos alimentos se pueden obtener por el cultivo de especies del reino vegetal –de esta actividad también es posible obtener otros productos como fármacos, maderas, papel, bases poliméricas, tabaco y aceites esenciales y aromáticos–.

Un aspecto inherente a dicha actividad es el daño económico y financiero que puede ser causado por agentes biológicos externos, llamados plagas, tales como insectos, artrópodos, hongos, bacterias y virus, ya sea durante el cultivo, la recolección, el almacenaje y traslado, y la exhibición al consumidor final. En ese sentido, la implementación de medidas de control y erradicación de dichas especies externas han sido necesarias.

En el presente capítulo se abordará el tema de bioplaguicidas como método emergente del control de plagas de cultivos de plantas de interés humano, todo desde una perspectiva histórica, científica y de impacto social, ambiental y económico.ⁱ

De acuerdo con el organismo sobre el que actúan, los pesticidas se pueden clasificar en:¹

- Herbicida: mata hierbas
- Defoliador: destruye las hojas
- Insecticida: mata insectos en general
- Funguicida: mata hongos
- Bactericida: mata bacterias en general
- Miticida: mata arañas, semejante al acaricida
- Nematicida: mata a gusanos redondos, lombrices
- Acaricida: mata arañas microscópicas

Una mirada histórica al tema de los pesticidas

Un pesticida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias usadas para prevenir, destruir o controlar a una plaga tal como insectos, hongos, roedores o cualquier especie no deseada para las plantas y que pudiera causar daño durante la producción y almacenaje de cultivos. El término “pesticida” incluye a insecticidas, herbicidas, fungicidas y roecidas.²

Durante el desarrollo de las técnicas de cultivo y el cuidado de alimentos a lo largo de la historia de la humanidad, se documentó ampliamente “el uso de sustancias para remover insectos”, el cultivo de plantas venenosas o nutricionales para eliminar insectos; así mismo en los primeros siglos de nuestra

i. Es interesante mencionar que el uso de pesticidas también abarca actividades como la preservación de obras, como las de arte en museos y literarias en bibliotecas.

1. De la Llata-Loyola, M. *Ecología y medio ambiente*. México : Ed. Progreso, México 2007.

2. Abubakar, Y., Tijjani, H., Egbuna, C., Adetunji, C. O., Kala, S., Kryeziu, T. L., Ifemeje, J.; Patrick-Iwuanyanwu, K. C. *Pesticides, History, and Classification. Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control*, 2020, 29–42.

era, en Europa y Asia se emplearon cenizas, caldo de bordelés (una mezcla de sulfato de cobre y cal), azufre, cobre, compuestos arsenicales, tabaco molido, cianuro de hidrógeno, compuestos de mercurio, zinc, fósforo y plomo para la lucha contra insectos, e incluso el riego con ácido sulfúrico o arsénico.³ Estos compuestos fueron llamados insecticidas de la primera generación.⁴

En lo referente al uso de plantas como pesticidas, un ejemplo muy ilustrativo lo muestra una receta de 1760 para las plagas en los graneros, atribuida al párroco de San Sulpicio en París, la cual recomendaba:⁵

"Ajenjo, dos puñados de sabina y la misma cantidad de tanaceto; albahaca pequeña, salvia grande, salvia pequeña y hojas de perejil, un puñado de cada una, dos puñados de verdes de puerros; triturarlos bien y colocarlos en un caldero".

La práctica pesticida tomó relevancia desde el punto de vista científico alrededor del siglo XVI con el uso de para-pesticidas a base de mercurio (que tuvieron gran efectividad como desinfectantes de semillas) y arsénico; durante el siglo XVII se empleó a la nicotina como insecticida, lo cual representó el primer uso para tales propósitos de un compuesto natural.

Ya entrado el siglo XX y con el conocimiento en síntesis orgánica acumulado hasta el momento, los pesticidas sintéticos empezaron a tomar relevancia. El Salvarsan por ejemplo, fue un compuesto de órgano-arsénico descubierto por Paul Ehrlich en 1907, y persistió hasta la aparición del primer pesticida sintético en 1939, el diclorodifeniltricloroetano (DDT). Éste fue en su momento el insecticida más usado del mundo, lo que le valió a Paul Müller el premio Nobel de Medicina en 1948, sobre todo por el control de la malaria, ceguera de los ríos (oncocercosis), fiebre amarilla y el tifus durante la Segunda Guerra Mundial.⁶ Posterior a esto, sustancias como el DD (mezcla de 1,3-dicloropropeno, 1,2-dicloropropano, 3,3-dicloropropano, 2,3-dicloropropeno, 1939),⁷

3. Abubakar, Y.; Tijjani, H.; Egbuna, C.; Oluwaseun-Adetunji, C.; Kala, S.; Kryeziu, T.; Ifemeje, J.; Patrick-Iwuanyanwu, K. Pesticides, History, and Classification in Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control in *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control*. Elsevier, 2020, Pages 29-42. SBN: 978-0-12-819304-4 DOI: 10.1016/B978-0-12-819304-4.00003-8
4. Junco, D. Historia de los Pesticidas Utilizados en la Agricultura ¿Qué es un Pesticida o Plaguicida? https://www.academia.edu/15068274/HISTORIA_DE_LOS_PESTICIDAS_UTILIZADOS_EN_LA_AGRICULTURA_QUE_ES_UN_PESTICIDA_O_PLAGUICIDA. (Acceso 18 nov. 2020)
5. Chopard, L. Balachovski, (A. S.). *La lutte contre les Insectes. Principes, méthodes, applications* París, *Bulletin de la Société entomologique de France*, 1951, 56, 64.
6. Zadoks, J.; Waibel, H. (2000). From pesticides to genetically modified plants: history, economics and politics. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 2000, 48, 125-149. doi:10.1016/s1573-5214(00)80010-x
7. Romero, A. "From Oil Well to Farm": Industrial Waste, Shell Oil, and the Petrochemical Turn (1927-1947). *Agricultural History*, 2016, 90, 70-93. <https://doi.org/10.3098/ah.2016.090.1.70>

el 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético, 1942)⁸ y el carbendazim emergieron como pesticidas prometedores (*Figura 1*).

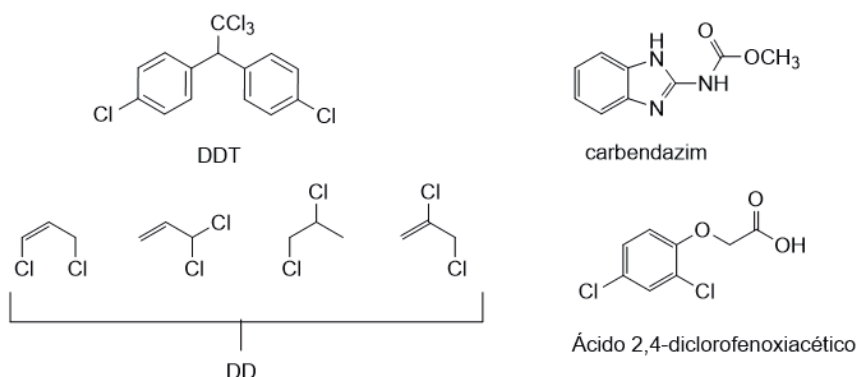


Figura 1. Estructura de compuestos representativos de la familia del DD

Ya en el tercer cuarto del siglo XX, se dio paso al uso de pesticidas organoclorados, organofosforados y carbamatos.² Por su parte, los primeros usos de compuestos organofosforados como insecticidas ocurrieron durante la Segunda Guerra Mundial y las investigaciones posteriores permitieron generar análogos y derivados con actividades insecticidas, acaricidas, nematocidas, fungicidas, reguladores de crecimiento de plantas y agentes antitumorales (*Figura 2*).⁹

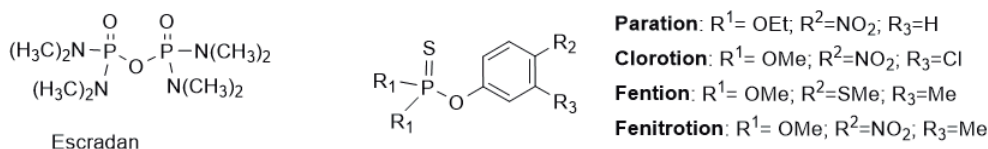


Figura 2. Estructuras de algunos insecticidas organofosforados.

- Abubakar, Y., Tijjani, H., Egbuna, C., Adetunji, C. O., Kala, S., Kryeziu, T. L., Ifemeje, J.; Patrick-Iwuanyanwu, K. C. Pesticides, History, and Classification. *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control*, 2020, 29–42.
- Pohanish, R. Sittig's Handbook of Pesticides and Agricultural Chemicals, Elsevier, USA, 2015, 196–331. ISBN: 9781455731572.
- Kang, J.; Zettel, V.; Ward, N. The Organophosphate Pesticides *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*, 1995 5, 325–339

Clasificación y mecanismo de acción

Los pesticidas se pueden clasificar según su mecanismo de acción como:¹

- Insecticida sistémico: es el que se aplica al sustrato, por el sistema de riego o por aspersión. Puede ser absorbido por la raíz o a través de las estomas de la planta, entra a la savia y mata al insecto cuando lo succiona. Por lo general no son selectivos y destruyen por igual a insectos perjudiciales y benéficos.
- Por contacto o foliar: se aplica al suelo o sobre la planta en forma manual, mecánica o aérea. Actúa al ponerse en contacto con el insecto o sus larvas. Por lo general no son selectivos.
- Translaminares: el producto no entra a la savia, pero se deposita en el parénquima de la planta. Controla insectos, gusanos o larvas que tienen su habitat en el parénquima.
- Estomacales o por ingestión: Se emplea para los insectos o larvas comedores de hojas; el insecticida, compuesto por diferentes especies de *Bacillus thuringiensis* (BTs), se aplica al suelo y es tóxico para los insectos o larvas que lo ingieren.

Factores que promovieron el uso de pesticidas y sus consecuencias en la salud pública y el medio ambiente

Es interesante explorar algunas de las motivaciones que fomentaron el desarrollo y uso de los pesticidas, ya que no todas fueron el asegurar el incremento de la producción agrícola.

Es innegable la aportación que en su momento el uso de pesticidas trajo a la humanidad; el aumento en la producción, distribución y suministro de alimentos a la población y el fomento de la agricultura como actividad económica no son poca cosa. Sin embargo, se ha sugerido que tuvieron otras motivaciones. Por ejemplo, durante la Segunda Guerra Mundial el uso de pesticidas se dirigió también a la destrucción de las reservas de alimentos de bandos enemigos.² La influencia del uso de pesticidas fue tal que en

1. De la Llata-Loyola, M. *Ecología y medio ambiente*. México : Ed. Progreso, México 2007.
2. Abubakar, Y., Tijjani, H., Egbuna, C., Adetunji, C. O., Kala, S., Kryeziu, T. L., Ifemeje, J.; Patrick-Iwuanyanwu, K. C. *Pesticides, History, and Classification. Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control*, 2020, 29–42.

los meses inmediatos al fin de la Segunda Guerra Mundial, la revista *Time* atribuyó la victoria de los Aliados a dos tecnologías: la bomba atómica y el DDT. Paralelamente a esto, Headley en 1968 documentó que los beneficios económicos del uso de DDT durante ese evento fueron de hasta 4:1.⁶ Estas dos situaciones propiciaron el uso indiscriminado de pesticidas en muchas regiones del planeta, que si bien sus consecuencias en el ambiente fueron conocidas casi desde el principio, no siempre fueron tomadas en cuenta. Por ejemplo, estudios de toxicidad durante la Segunda Guerra en Europa, Italia e Islas de Pacífico Sur, afirmaron que el DDT era uno de los insecticidas más eficientes jamás creados y que su toxicidad en humanos era muy baja.¹⁰ El mismo Müller en su lectura del Nobel afirmó que algunas especies de mosca generaban resistencia, mas esto no se vio como una advertencia medioambiental, sino como una oportunidad para el desarrollo de nuevos pesticidas.¹¹

Ya se ha mencionado la influencia que tuvo el libro “*Silent Spring*” de Rachel Carson, quien comparó el DDT con los daños de la radiación atómica. Esto, como en otras tecnologías de origen químico, propició el escrutinio público respecto al uso de pesticidas, pero fue la evidencia científica generada por entomologistas, oficiales de salud pública y biólogos de campo, así como por agencias regulatorias como USDA (*United States Department of Agriculture*), PHS (*Public Health Service*), FDA (*Food and Drug Administration*), FWS (*Fish and Wildlife Service*), universidades, compañías agroquímicas e instituciones, la que dio un punto de partida confiable para la búsqueda de otras alternativas. Fue por 1948 que la tendencia de uso de DDT se cambió por la de restringirlo en lecherías en 1949; o la documentación de que, en Suiza, las moscas morían cuando tenían contacto con productos domésticos que estaban impregnados con DDT.

A principios del presente siglo, Zadoks y Waibel⁶ resumieron en cinco lecciones el costo que los pesticidas significó para la humanidad y el medio ambiente. Enriqueciendo tales lecciones con ideas generadas durante la investigación documental de este capítulo, es posible exponerlas como sigue:

La primera lección es la del impacto biológico-social que el uso de pesticidas acarreo conforme su uso se fue extendiendo. Todos los organismos vivos

6. Zadoks, J.; Waibel, H. (2000). From pesticides to genetically modified plants: history, economics and politics. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 2000, 48, 125–149. doi:10.1016/s1573-5214(00)80010-x
10. Rowe-Davis, F. *BANNED A History of Pesticides and the Science of Toxicology*, Yale UNIVERSITY PRESS, USA, 2014. ISBN: 978-0-300-20517-6
11. Bouwman, H.; Bornman, R.; van den Berg, H.; Kylin, H. DDT: fifty years since *Silent Spring*, *Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation*, 2013, 1, 240-259

relacionados con el cultivo o consumo de alimentos enfrentarán un problema relacionado con el uso de pesticidas. Por un lado, las consecuencias a la salud pública en humanos debido a las enfermedades cancerígenas y teratogénicas; y por el otro el deterioro del equilibrio ambiental al erradicar especies endémicas que a la luz de un cultivo de interés humano se consideran plaga, pero que en su entorno natural son piezas fundamentales de sus biomas y ecosistemas. Estas situaciones son parte de un complejo y creciente entrelazamiento que se autopreserva y autoincentiva a través del crecimiento del consumo y la producción de más alimentos para cada vez más personas.

La segunda lección se refiere al papel que juega la regulación. Conforme se incrementa el uso de una tecnología, aumenta la evidencia de sus efectos y por consecuencia la variedad y dureza de la regulación que la pretende moderar. Esto tiene como consecuencia que los costos de desarrollo y producción se incrementen al ser necesario incorporar tecnologías de análisis, control y producción cada vez más confiables, precisas y costosas. Esto a su vez propicia que las empresas productoras y/o desarrolladoras de pesticidas busquen incrementar su posicionamiento en el mercado para solventar los costos.

Esta idea se puede complementar con el hecho de que esto impide que instituciones de educación puedan competir por el desarrollo tecnológico, dando como resultado que tecnologías químicas con gran potencial no vean su oportunidad de costear gastos de desarrollo, transferencia tecnológica y evaluación regulatoria.

La tercera lección hace énfasis en el sobrevalor que se le dio a tecnologías como los pesticidas al momento de su aparición, lo cual también propició su producción. Si bien, desde la aparición de los pesticidas, diversas investigaciones también documentaron los daños debidos a su uso y que los beneficios reportados por Headley eran cuestionables, fue difícil detener la tendencia de producción basada en beneficios económicos inmediatos y circunstanciales.

La cuarta lección sostiene que los primeros modelos de estudio tanto económico, medioambientales y biológicos utilizados en la medición del impacto del uso de pesticidas, fueron deficientes y que dejaron de considerar variables que hoy se sabe son importantes. Según Zadoks y Waibel, muchos datos fueron tomados de muestras pequeñas o se tomaron posturas de si era viable o no dejar de usar un pesticida (sin ofrecer alguna otra alternativa o desmeritando las que pudiera haber). Esto llevó a la conclusión de que los costos desfavorables eran menores que las ventajas de seguir utilizando pesticidas. Los autores también critican el hecho de que conceptos como Agricultura Sustentable o Manejo integral de Pestes hayan sido desestimados por los

departamentos de investigación de las empresas involucradas en la comercialización de pesticidas.

Este tipo de evaluaciones, acerca de la validez de las técnicas de estudio anteriores a la actualidad, de ningún modo se deben interpretar como una acusación a quienes las desarrollaron y ejecutaron: hacerlo de hecho significaría una muestra de irresponsabilidad. Como ya se dijo antes, las consecuencias del uso de una tecnología, sobre todo de aquellas de origen químico, sólo es posible medirlas después de su uso. Hoy en día tenemos evidencia de lo que ha acontecido y de ahí surgen nuestras motivaciones para emprender nuevos y mejores desarrollos. Por otro lado, pretender ejecutar nuevas tecnologías o emprender nuevos desarrollos ignorando la evidencia acumulada o argumentando que es únicamente por el interés del conocimiento o por la remediación circunstancial de una problemática aparentemente urgente, sin la evaluación apropiada, también representa un serio cuestionamiento.

Finalmente, **la quinta lección** se refiere a la forma en que los usuarios finales de una tecnología planean sus actividades para ajustarse a ella. En el caso del uso de los pesticidas ha sido posible medir cómo agricultores y granjeros han diseñado sus planes de cultivo para seguir utilizando pesticidas. Esta es una situación compleja en la que han influido la demanda de los mercados y la regulación; cuando un agricultor pretende generar productos y precios competitivos debe alinearse a ambas, propiciando así la rentabilidad y dependencia de los pesticidas. En el supuesto de que nuevas alternativas pudieran estar disponibles para los agricultores, estas deben pasar por un proceso de aprobación por ellos, lo que dependerá de sus costos, sus beneficios económicos y su impacto en la calidad de los cultivos.

Nuevas estrategias en el control de plagas en los cultivos

Reflexiones como las de Zadoks y Waibel, junto con el impresionante registro de alrededor de 67,000 especies de plagas que incluyen casi cualquier tipo de ser vivo, y tomando en cuenta que han llegado a causar pérdidas de hasta 40% de la producción de cultivos –con sus inherentes consecuencias– propiciaron que la búsqueda de agentes pesticidas se haya refinado en los últimos años, enfocándose desde luego en los mayores beneficios posibles, porque después de todo, aún no podemos prescindir de los pesticidas, al menos no en todos los cultivos.¹²

12. Chandler, D.; Bailey, A.; Tatchell, G.; Davidson, G.; Greaves, J.; Grant, W. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 2011, 366, 1987–1998. doi:10.1098/rstb.2010.0390

Dentro de este contexto –donde es innegable considerar los casos expuestos en otros capítulos de este libro– surgió una ideología genérica llamada Manejo Integrado de las Plagas (IPM, Integrated Pest Management), cuya herramienta ejecutora son los biopesticidas, una gama amplia de estrategias que tienen la intención de evitar, sustituir, postergar o al menos disminuir el uso de pesticidas.

Uno de los aspectos más sobresalientes del IPM es que no necesariamente se concentra en el desarrollo de más compuestos –una característica que probablemente contradiría las motivaciones de muchos científicos interesados en el contenido de este capítulo–, ya que una de sus principales premisas condena el hecho de que durante las décadas de auge de los pesticidas se hizo un uso amplio y quizá sobrevalorado de compuestos sintéticos. Greaves y sus colaboradores puntualizan que la fabricación y uso indiscriminado de “viejos pesticidas” provocaron daños a la salud pública, pero en situaciones realmente cotidianas e inmediatas, como lo es en agricultores y operadores de producción. En este mismo sentido, debido al uso indiscriminado de pesticidas puros y mezclados, con una intensión de profilaxis en los cultivos y de forma geográficamente localizada, provocó que especies de plagas generaran resistencias.

Así, los conceptos de IPM y de biopesticida se han enfocado en una premisa sencilla: la protección sustentable de los cultivos. El IPM es un sistema que combina diferentes estrategias de protección de cultivos con un monitoreo de sus plagas y el enemigo natural de éstas. La idea central del IPM es que la combinación de diferentes prácticas supera las deficiencias de las prácticas individuales, además de que no busca erradicar especies que fungen como plagas, sino manipularlas a niveles de beneficio económico. Algunas estrategias del IPM son las siguientes:

- Uso de pesticidas sintéticos con alta selectividad y bajo riesgo de toxicidad, por ejemplo, reguladores de crecimiento.
- Desarrollo de cultivos que tengan resistencia total o parcial a plagas.
- Técnicas de cultivo como la rotación, intercultivo o siembra.
- Métodos físicos como escardadores mecánicos.
- Uso de productos naturales como semioquímicos o biocidas.
- Control de plagas con depredadores naturales, parásitos, ácaros, patógenos microbiológicos y antagonistas de plagas.
- Herramientas informativas para agricultores con las cuales sea posible decidir cuándo es adecuado utilizar pesticidas u otros controles. Esto incluye viabilidad económica y conocimientos de ciclos de vida de plagas.

Biopesticidas

Los biopesticidas son herramientas para la protección de cultivos en el IPM y se definen como agentes producidos en masa a partir de un microorganismo o un producto natural, destinados al control de plagas de plantas. Los biopesticidas se pueden clasificar de acuerdo con su sustancia activa o modificación genética:

1. **Microorganismos.** Bacterias, hongos, oomicetos, virus y protozoarios son los microorganismos más empleados en el control biológico de plagas como insectos, patógenos y maleza. Para tener una idea general de la extensión de la investigación y los alcances de los biopesticidas microbianos, se ha documentado que se han desarrollado al menos 170 biopesticidas a base de hongos entomopatogénicos para combatir insectos y ácaros en cultivos de invernadero, frutas y vegetales, y cultivos de gran tamaño provenientes de Sudamérica.¹³ En la *Tabla 1* se recogen algunos ejemplos.

Tabla 1. Microorganismos Biopesticidas

Categoría	Tipo	Compuesto activo	Plaga blanco	Cultivo
Bacteria	Insecticida	<i>Bacillus thuringiensis</i> var <i>kurstaki</i>	orugas	Vegetales, frutos rojos, vegetación ornamental
	Fungicida	<i>Bacillus subtilis</i> QST713	<i>Botrytis</i> spp.	Vegetales, frutos rojos, vegetación ornamental.
		<i>Coniothyrium minitans</i>	<i>Sclerotinia</i> spp.	Cultivos comestibles
	Nematicida	<i>Pasteuria usgae</i>	Nemátodos picadores	Pasto
		<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Nemátodos de tierra	Vegetales, frutos rojos, cítricos, plantas ornamentales, tabaco y pasto.
Hongos	Insecticida	<i>Beauveria bassiana</i>	Palomilla	Cultivos comestibles
	Herbicida	<i>Chondrostereum purpureum</i>	Protección de cortes de madera en árboles y arbustos	Silvicultura
	Antagonista	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Rhizoctonia</i> , <i>Fythium</i> , <i>Fusarium</i>	Cultivos en general
	Micoparásito	<i>Coniothyrium minitans</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Cultivos agrícolas y hortícolas
	insecticida	<i>Cydia pomonella</i> GV	Polilla de manzana	Peras y manzanas
Virus	Antiviral	Exposición moderada a virus del mosaico amarillo de calabacita	virus del mosaico amarillo de calabacita	Transplantes de melones y calabacitas, sandías, calabazas
		<i>Phytophthora palmivora</i>	<i>Morenia orderata</i>	Cultivos cítricos

13. de Faria M. R., Wraight S. P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biol. Control*, 2007, 43, 237–256

Uno de los ejemplos más sobresalientes de los biopesticidas microbianos es la δ -endotoxina Bt (expresada por el patógeno de insectos *Bacillus thuringiensis*), una proteína cristalina que se produce durante la formación de esporas bacterianas que es capaz de lisar células de estómago de insectos susceptibles que la ingieren. Esta proteína es específica y no es activa en vertebrados ni en humanos. Este biopesticida se ha formulado en aerosoles y su uso ha sido exitoso en cultivos de maíz, soja y algodón.

Así como existen organismos que dañan a plantas de interés humano, existen también organismos que lo hacen en plantas que se consideran maleza, esta particularidad ha permitido utilizar patógenos de plantas como herbicidas microbianos. Productos como DeVine (*Phytophthora palmivora*) se han utilizado en árboles cítricos contra maleza trepadora y proporcionan 95-100% de control después de un año de aplicación.¹⁴

Si bien existen ejemplos alentadores del uso de biopesticidas microbianos en cultivos, esta práctica dista mucho de ser universal y se puede decir que sólo se ha aplicado en países con grandes producciones de cultivos y sólo en un porcentaje de ellos. Por ejemplo, contra la polilla de manzanas *Cydia pomonella*, se ha empleado granulovirus (CpGV); en el estado de Washington, el productor más grande de manzana en EUA, para el año 2000 se empleaba en el 13% de los cultivos. En Brasil, contra la oruga de la soja (*Anticarsia gemmatilis*), se empleó nucleopoliédrovirus en 4 millones (35 %) de hectáreas de cultivo durante los 1990's.

2. **Fitopesticidas.** Muchos metabolitos secundarios de plantas les han conferido a estas protecciones contra la depredación de herbívoros, por lo que dichos compuestos se pueden emplear como biopesticidas. Los biopesticidas vegetales o fitopesticidas inducen efectos subletales en insectos, como la inhibición del crecimiento y desarrollo de las larvas y modificaciones en el comportamiento como antiapetentes, feromonas que impiden la respuesta sexual y agentes repelentes.¹⁵

Los pesticidas de origen vegetal se han usado desde la antigüedad, tal es el caso de la nicotina, el pelitre o piretrina y la rotenona, entre otros. Sin embargo, con la aparición de los pesticidas sintéticos se observaron

14. Bailey, K. Chapter 13 - The Bioherbicide Approach to Weed Control Using Plant Pathogens., En *Integrated Pest Management*. Editor(s): Abrol, D. Academic Press, 2014, páginas 245-266. ISBN 9780123985293, doi.org/10.1016/B978-0-12-398529-3.00014-2.

15. Tello-Marquina, J.; Palmero-Llamas, D.; García-Ruiz, A.; de Cara-García, M. Biopesticidas obtenidos de las plantas, un resultado más de la coevolución: Actualidad y Utilidad. En: *Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos*. Fundación Cajamar, 2010, páginas 81-105.

ventajas como mayor eficacia, acción prolongada, persistencia, facilidad de fabricación y empleo. Fue con los fenómenos derivados del uso indiscriminado de pesticidas sintéticos que actualmente se ha vuelto a considerar el uso, investigación y búsqueda de los fitopesticidas.¹⁵ En las **Tablas 2 y 3** se enlistan las alternativas para combatir plagas específicas a partir de cultivos vegetales.

Una característica general de los biopesticidas obtenidos de plantas es su baja toxicidad en mamíferos y su alta degradabilidad en los sitios donde se utilizan. Esto ha generado la idea de que este tipo de biopesticidas deberían de ser sometidos a menos evaluaciones regulatorias que los pesticidas sintéticos; sin embargo, ha sido documentado el desarrollo de resistencias en plagas,¹⁶ o prácticas cuestionables como promover el uso de productos no aprobados como fitopesticidas (como nutrientes o fortificantes de plantas) para combatir plagas; o por otro lado el uso doméstico de compuestos naturales como pesticidas, motivado por consejos de persona a persona. Es importante siempre recordar que el hecho de que un fitopesticida se obtenga de plantas, no lo hace inocuo para la salud humana, de otras especies, ni el medio ambiente.

Tabla 2. Guía de elección de cultivos para combatir plagas.¹⁷

Tipo de plaga	Cultivo controlador
Ácaros	- Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>, L.) - Cebolla (<i>Allium cepa</i>, L.) - Higuera (<i>Ricinus communis</i>, L.) - Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>, L.)
	- Paraíso (<i>Melia azederach</i>, L.) - Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>, L.) - Mamey (<i>Achras zapota</i>, L.) - Yerba limón (<i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.))
Afidos	- Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>, L.) - Ajo (<i>Allium sativum</i>, L.) - Cebolla (<i>Allium cepa</i>, L.) - Paraíso (<i>Melia azederach</i>, L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i>, A. Just) - Anón (<i>Annona squamosa</i>, L.) - Ají picante (<i>Capsicum frutescens</i>, L.) - Mamey (<i>Achras zapota</i>, L.) - Adelfa (<i>Nerium oleander</i>, L.) - Guanábana (<i>Annona muricata</i>, L.)
	- Anís (<i>Pinpinella anisum</i>, L.) - Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>, L.) - Manzanilla (<i>Matricaria chamomilla</i>, L.) - Flor de muerto (<i>Tagetes erecta</i>, L.) - Yerba de limón (<i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.)) - Albahaca (<i>Occimum basilicum</i>, L.) - Eucalipto (<i>Eucalyptus citriodora</i>, L.) - Espinaca (<i>Spinacea oleracea</i>, L.) - Estramonio (<i>Datura estramonium</i>, L.) - Piñón amoroso (<i>Gliricidia sepium</i>, (Jacq) Steud)
Antracnosis	Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.)
Babosa	- Adelfa (<i>Nerium oleander</i>, L.) - Incienso (<i>Artemisa absinthium</i>, L.) - Piñón de botija (<i>Jatropha curcas</i>)
Bacterias	Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> , L.)
Barrenador del melón	Mamey (<i>Achras zapota</i> , L.)

16. Bielza, P.; Quinto, V.; Contreras, J.; Torné, M.; Martín, A.; Espinosa, P. Resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain. *Pest Manag Sci.* 2007, 63, 682-687. doi: 10.1002/ps.1388.
17. Zardón, A. *Plaguicidas naturales*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, Cuba, 2000. ISBN 978-959-7023-20-3.

Barrenador del tallo	- Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just)	- Cucaracha (<i>Zebrina pendula</i> , Schnitzl)
Bibijagua	- Mate (<i>Canavalia ekmani</i> , URB.) - Canavalia (<i>Canavalia cubensis</i> , Gris)	- Higuera (<i>Ricinus communis</i> , L.) - Paraíso (<i>Melia azederach</i> , L.)
Orugas del puerro	Girasol (<i>Helianthus annuus</i> , L.)	
Chinches	- Cucaracha (<i>Zebrina pendula</i> , Schnitzl) - Piñón amoroso (<i>Gliricidia sepium</i> , Jacq) Steud)	-
Cochinillas	Inciense (<i>Artemisa absinthium</i> , L.)	
Crismélidos	- Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just)	- Mamey (<i>Achras zapota</i> , L.) - Eucalipto (<i>Eucalyptus citriodora</i> , L.)
Cucarachas	- Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> , L.) - Cucaracha (<i>Zebrina pendula</i> , Schnitzl) - Calabaza (<i>Cucurbita máxima</i>)	- Vetiver (<i>Portulaca oleracea</i> , L.) - Paraíso (<i>Melia azederach</i> , L.)
Enfermedades del suelo (fungosas o bacterianas)	Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.)	
Escarabajo de la papa	- Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just)	- Ají picante (<i>Capsicum frutescens</i> , L.)
Escarabajos en general	- Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>) - Anís (<i>Pimpinella anisum</i> , L.)	
Gorgojos de almacén	- Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.) - Higuera (<i>Ricinus communis</i> , L.) - Paraíso (<i>Melia azederach</i> , L.) - Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> , L.)	- Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just) - Eucalipto (<i>Eucalyptus citriodora</i> , L.) - Yerba buena (<i>Mentha nemorosa</i> , Wild) - Sasafrás (<i>Elaphrium graveolens</i> , H.B.K.)
Gorgojos del arroz	Mamey (<i>Achras zapota</i> , L.)	
Grillos	Guanábana (<i>Annona muricata</i> , L.)	
Gusano cogollero del maíz	- Paraíso (<i>Melia azederach</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just)	-
Gusano de alambre	Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.)	
Gusano de manzano	Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.)	
Hierbas rastreras	Flor de muerto (<i>Tagetes erecta</i> , L.)	
Hiedra terrestre	Flor de muerto (<i>Tagetes erecta</i> , L.)	
Hongos	- Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.) - Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.) - Anís (<i>Pimpinella anisum</i> , L.)	- Guayaba (<i>Psidium guajava</i> , L.) - Estramonio (<i>Datura stramonium</i> , L.) - Maravilla (<i>Myrabilis jalapa</i> , L.)
Hormigas	- Ají picante (<i>Capsicum frutescens</i> , L.) - Yerba buena (<i>Mentha nemorosa</i> , Wild)	- Inciense (<i>Artemisa absinthium</i> , L.)
Imperata cilíndrica	- Ajonjolí (<i>Sesamum orientale</i> , L.)	
Insectos (en general)	- Inciense (<i>Artemisa absinthium</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just) - Yerba limón (<i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.)	
Langostas	- Anón (<i>Annona squamosa</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just) - Cucaracha (<i>Zebrina pendula</i> , Schnitzl)	
Langosta migratoria	- Flor de muerto (<i>Tagetes erecta</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just)	

Mariposas	Flor de muerto (<i>Tagetes erecta</i> , L.)	
Moscas	- Adelfa (<i>Nerium oleander</i> , L.) - Campana (<i>Datura candida</i> , L.)	
Mosca blanca	- Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just)	- Albahaca (<i>Occimum basilicum</i> , L.)
Mosca domestica	- Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.) - Incienso (<i>Artemisa absinthium</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just)	- Yerba de limón (<i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.)) - Adelfa (<i>Nerium oleander</i> , L.) - Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> , L.)
Mosca del mediterráneo	- Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just) - Flor de muerto (<i>Tagetes erecta</i> , L.)	
Mosquitos	- (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just) - Nim Campana (<i>Datura candida</i> , L.)	
Minador de la hoja	Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.)	
Mosaico del pepino y del tabaco	Ají picante (<i>Capsicum frutescens</i> , L.)	
Nematodos	- Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.) - Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just) - Flor de muerto (<i>Tagetes erecta</i> , L.) - Yerba limón (<i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.))	- Girasol (<i>Helianthus annuus</i> , L.) - Higuera (<i>Ricinus communis</i> , L.) - Estramonio (<i>Datura estramonium</i> , L.) - Maravilla (<i>Myrabilis jalapa</i> , L.)
Orugas	- Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.) - Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> , L.) - Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just) - Flor de muerto (<i>Tagetes erecta</i> , L.) - Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.)	- Ají picante (<i>Capsicum frutescens</i> , L.) - Estramonio (<i>Datura estramonium</i> , L.) - Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> , L.) - Mamey (<i>Achras zapota</i> , L.) - Guanábana (<i>Annona muricata</i> , L.)
Piojo en aves	Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.)	
Piojo en personas	Añil cimarrón (<i>Indigofera anil</i> , L.)	
Piricularia oryzae	Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.)	
Polillas	- Paraíso (<i>Melia azederach</i> , L.) - Verviver (<i>Portulaca oleracea</i> , L.)	
Polilla de la col	Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just)	
Ratones	Piñón amoroso (<i>Gliricidia sepium</i> , (Jacq) Steud)	
Roya del frijol	Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.)	
Roya del trigo	Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.)	
Saltahojas	- Nim (<i>Azadirachta indica</i> , A. Just) - Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.)	
Saltamontes	Guanábana (<i>Annona muricata</i> , L.)	
Sarna	- Añil cimarrón (<i>Indigofera anil</i> , L.) - Adelfa (<i>Nerium oleander</i> , L.)	
Trips	Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.)	
Virus del enrollamiento de la hoja	Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> , L.)	
Xantomonas sp	Ajo (<i>Allium sativum</i> , L.)	

Tabla 3. Plantas que pueden usarse como bioplaguicidas y las plagas a las cuales afecta.¹⁷

Planta	Plagas las cuales controlan
Adelfa	Moscas, Áfidos, Caracoles, Saltahojas, Gorgojos, Minador del piñón, Pulgones, Polilla de la col, Nemátodos, Marchitez por Rhizoctonia, Fusarium.
Aguacate	Ratones
Ají picante	Áfidos, Orugas, Mosaico del pepino y del tabaco, Escarabajo de la papa, Hormigas.
Ajo	Áfidos, orugas, Xantomonas sp, Pírcularia orizae, nemátodos, moscas, hongos en general, escarabajo de la papa, Tortuguilla del frijol, gusano del manzano, gusano de alambre, Hormigas, Tizón tardío, Roya, Mancha parda, Tizón del arroz, Moho de la semilla, Botritis, Antracnosis, Míldeo veloso, Gorgojos de almacén, Chinchas, Orugas, Trips, Mosquitos, Nemátodos, Bactericida (Erwinia, Pseudomonas y Xantomonas).
Ajonjolí	Imperata cilíndrica.
Albahaca	Mosca blanca.
Anís	Áfidos, Escarabajos, Hormigas.
Anón	Áfidos, Saltahojas, Gorgojos, Escama verde del café, Polilla de la col.
Añil cimarrón	Piojos, Chinchas de casa, Sarna.
Campana	Moscas, Mosquitos, Nemátodos.
Canavalia	Bibijaguas.
Calabaza	Cucarachas.
Cardo santo	Nemátodos.
Cebolla	Áfidos, Ácaros, Crisomélido común, Gorgojos, Gusano de la col, Pudrición blanda bacteriana, Roya, Tizón tardío, Carbón, Botritis, Marchitez, Antracnosis, mancha parda.
Cilantro	Áfidos.
Cucaracha	Barrenador del tallo, Orugas, Escarabajos de la papa.
Cundeamor	Nemátodos.
Cúrcuma	Ácaros, Orugas, Gorgojos de almacén.
Chirimoya	Pulgones, primavera del tabaco, cucarachas, Ácaros de los cítricos.
Espinaca	Áfidos.
Estramonio	Áfidos, orugas, nemátodos y hongos.
Eucalipto	Gusano de la papa, Tortuguilla del frijol, Áfidos (repelente), Xantomonas, Pudrición parda del fruto.
Flor de muerto	Orugas, Nemátodos, Mosca del Mediterráneo, Langosta migratoria, Mariposas, Áfidos, Roya del frijol, Tizón del arroz (pírcularia), Marchitez.
Frijol caballero	Nemátodos.
Fruta bomba/papaya	Nemátodos, Insectos en general.
Girasol	Nemátodos, cebolleta.
Guanábana	Áfidos, Saltamontes, Grillos, Orugas.
Guayaba	Fungicida.
Gülrifo espinoso	Caracoles.
Higuereta	Ácaros, Hongo de la papa, Nemátodos, Bibijagua, Gorgojos de almacén, antracnosis, marchitez.
Incienso	Moscas, Grillos, Babosas, Escarabajos y Gorgojos de almacén, Áfidos, Hormigas, Pulgones, Orugas, Gusano de la col, Mantecillas.
Mamey colorado	Áfidos, Ácaros, Orugas, Tortuguilla, Barrenador del melón, Gorgojo del arroz, Crisomélidos, mariposa pequeña de la col, Gusano de las crucíferas.
Manzanilla	Desinfecta semillas, Nemátodos (Meloïdogine), Roya, Cardón, Pudrición del tallo.
Maravilla	Hongos.
Maromera	Nemátodos.
Mate	Bibijaguas.
Mostaza negra	Nemátodos, Pulgones.
Nim	Áfidos, Barrenador del tallo, Orugas, Nemátodos, Moscas, Insectos en general, Mosca blanca, Gusano cogollero del maíz, Mosca del Mediterráneo, Escarabajo de la papa, Saltahojas, Langosta migratoria, Langostas, Tortuguillas, Caracoles, Marchitez por: Fusarium y Rhizoctonia.
Orégano francés	Mosca blanca.
Paraíso	Áfidos, Bibijagua, Babosas, Gusano cogollero del maíz, Plagas de almacén (en frutas secas).
Pino	Tizón, Marchitez (Rhizoctonia, Fusarium), Botritis, Corazón negro del tallo.
Piñón amoroso	Áfidos, Chinchas, Orugas y Ratones.
Piñón de botija	Caracoles, mosca doméstica, Falso medidor.
Romero	Escarabajos.
Sasafrás	Gorgojos de almacén.
Tabaco	Áfidos, Ácaros, Barrenador del tallo, Trips, Gorgojos, Minador de la hoja, Orugas, Roya del frijol, Hongo de la papa, Roya del trigo y frijol, Virus del enrollamiento de la hoja, Gorgojos de almacén, Hongos, Mosca blanca, Piojillo en aves, Piojos en abejas, Áfidos y Tortuguillas del frijol, la papa y las plantas de vivero.

Tomate	Ácaros, Orugas, Nemátodos, Mosca, Bacterias, Insectos en general.
Toronjil de menta	Gorgojos, Áfidos, Polillas, Mancha parda, Mancha gris.
Verdolaga	Nemátodos.
Vetiver	Cucarachas, Polillas.
Yerba buena	Gorgojos de almacén, Hormigas.
Yerba limón	Insectos en general, Arañuelas, Nemátodos.

3. **Semioquímicos.** Un semioquímico (del griego “semeon” que significa signo o señal) es un compuesto orgánico empleado por algún tipo de insecto para transmitir mensajes químicos específicos para modificar el comportamiento o fisiología de otro organismo receptor con la finalidad de localizar compañeros, hospederos, fuentes de alimento, inhibir competición, evitar depredación o vulnerar para ser depredado.¹⁸

Una de las ventajas de los semioquímicos es la de poder transmitir mensajes a grandes distancias sin la necesidad del contacto físico entre individuos y a concentraciones bajas; esto es debido a que se trata de compuestos con una alta especificidad de acción, por lo que se cree que su uso como pesticidas tendría un impacto bajo en el medio ambiente.

La clasificación de los semioquímicos se basa en el efecto o función sobre cada especie de insectos. No obstante, la baja concentración a la que actúan provoca que sea difícil caracterizarlos, por lo que aún no ha sido posible definir si para casos específicos de comunicación se trata de un solo compuesto o de varios, ni de las concentraciones efectivas a las que actúan; en este mismo sentido, algunos semioquímicos pueden actuar como feromonas, cairomonas (comunicación por semioquímicos en la que una especie genera beneficios para otra, a cambio de algún perjuicio aceptable por el emisor) o alomonas (comunicación por semioquímicos en la que una especie se beneficie de otra), dependiendo de la especie sobre la que actúen. Los semioquímicos se clasifican en dos grupos generales:

En primer lugar, están las feromonas que actúan en individuos de la misma especie (reacciones intraespecíficas). Éstas a su vez están clasificadas en feromonas cebadoras que provocan cambios fisiológicos profundos a largo plazo y en feromonas liberadoras que provocan cambios a corto y mediano plazo.

En segundo lugar, están los aleloquímicos que median interacciones entre individuos de diferentes especies (interacciones interespecíficas).

18. Faleiro, R.; El-Shafie, H. A. F. *Semiochemicals and Their Potential Use in Pest Management* en *Biological Control of Pest and Vector Insects* Editor Shields, V. *IntechOpen*, USA, 2017. ISBN978-953-51-3036-9 DOI: 10.5772/66463.

Estos a su vez se dividen en caïromonas, las cuales median interacciones que benefician al organismo receptor y en alomonas, que benefician al emisor. Existen también las sinomonas, las cuales favorecen a individuos emisores y receptores y las apneumonas, que son sustancias producidas por materiales no vivientes que provocan respuestas favorables en un organismo receptor, pero daños graves en un segundo organismo encontrado en el material no viviente.

Los semioquímicos se han empleado en el manejo de plagas desde inicios del siglo XX. Las feromonas sexuales de miembros de los órdenes *Lepidoptera* y *Coleoptera* se han empleado en el manejo de plagas de cultivos de importancia comercial tales como polilla del algarrobo *Ectomyelois ceratoniae*, el gusano ejército *Spodoptera frugiperda*, gusano barrenador de hojas de tomate *Tuta absoluta*, moscas de ruta *Bactrocera* sp, escarabajo de pino de las montañas *Dendroctonus ponderosae*, psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* y gorgojo rojo de las palmas *Rhynchophorus ferrugineus*.

La forma de utilizar y formular semioquímicos en el control de plagas ha tenido que ver con dos aspectos fundamentales: primero, la generación de mezclas de feromonas tales que desplacen el límite de beneficios de feromonas individuales; en segundo la dirección del viento, ya que la dispersión controlada es vital para evitar inducciones fisiológicas fuera de los cultivos de interés.

Este último requerimiento implica la implementación de una técnica de dispersión y/o de dispositivos dosificadores calificados, lo cual a su vez representa un costo más elevado comparado con las metodologías de control "habituales". Además, el costo desafío de la implementación de semioquímicos abarca aspectos fisicoquímicos como la estabilidad, volatilidad de estos frente a factores medioambientales como temperatura y luz, lo que provoca que estos compuestos tengan tiempos de vida media cortos al almacenarse y aplicarse.

Conclusiones

El uso de pesticidas en el manejo de plagas en los últimos 130 años es uno de los ejemplos más ilustrativos de cómo y por qué una tecnología de origen químico tiene consecuencias en el medio ambiente y la salud pública, pero sin embargo es difícil prescindir de ella por las profundas y complejas implicaciones económicas y sociales que la acompañan. Muchas tecnologías de remediación han surgido con la finalidad de paliar los efectos negativos de los pesticidas, sin embargo, ninguna de ellas es lo suficientemente robusta como para confiar en que será infalible y que no le estamos delegando a las generaciones futuras un problema similar a la que hoy estamos enfrentando.