



UNIVERSIDAD DEL SALVADOR
Carrera de Agronomía



Tesis

Control Biológico de Plagas de la Agricultura

Tutor: Ing. Agr. Carlos Damián Cohn

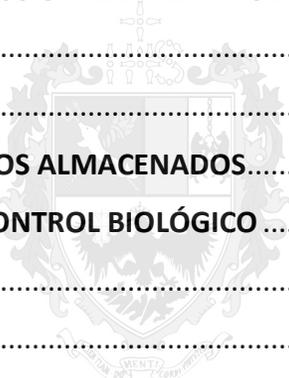
Autor: Patricio Ispizua

Año: 2018

Índice

RESUMEN	1
OBJETIVO	2
INTRODUCCIÓN	
Reseña histórica.....	3
Introducción al control biológico.....	9
Reglas de decisión	11
Tipos de control biológico	12
HONGOS	
Generalidades.....	15
Hongos entomopatógenos	18
Beauveria bassiana	22
Metarhizium anisopliae	27
Verticillium lecanii	30
BACTERIAS	
Generalidades.....	34
Bacterias entomopatógenas.....	41
Bacillus thuringiensis	44
Bacillus popilliae	48
VIRUS	
Virus entomopatógenos y su potencial insecticida.....	51
NEMATODOS	
Nematodos entomopatógenos	65
Familia Steinernematidae.....	67
Familia Heterorhabditidae.....	70
ENEMIGOS NATURALES PARASITOIDES	
Características	73
Trichogramma spp.	76
ENEMIGOS NATURALES DEPREDADORES	

Características y clasificación	79
Hippodamia convergens	81
Olla v-nigrum	82
Cycloneda sanguinea	83
Orius insidiosus	84
Podisus sp.	85
Doru lineare	86
Crisópidos	87
Hemeróbidos	88
PRODUCCIÓN Y FORMULACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATOGENOS	89
TECNOLOGIAS PARA LA PRODUCCION DE NEMATODOS ENTOMOPATOGENOS Y SUS	
BACTERIAS SIMBIONTES	109
CRÍA DE ENEMIGOS NATURALES	116
CONTROL DE INSECTOS EN GRANOS ALMACENADOS	119
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CONTROL BIOLÓGICO	129
CONCLUSIONES	130
BIBLIOGRAFÍA.....	131
ANEXO	132



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

Agradecimientos

Agradezco a los ingenieros agrónomos Marcelo J. Caviglia y Carlos D. Cohn por acompañarme y brindarme apoyo durante toda la carrera y el proceso de investigación de esta tesis, pero principalmente, les agradezco por sus enseñanzas, consejos y su fiel amistad.

Agradezco también a mi familia y amigos y, en especial, a la licenciada Yanina F. Fazio por su incondicional apoyo durante todos estos años.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

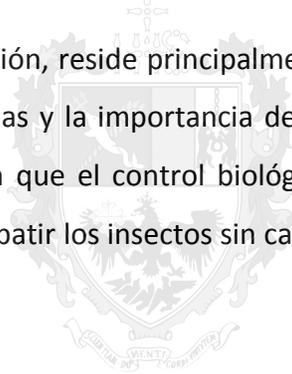
RESUMEN

Este trabajo consiste en la investigación descriptiva del control biológico de las plagas agrícolas.

En un principio se desarrollarán detalladamente los comienzos y la evolución del control de plagas, tanto químico como biológico. A continuación, encontraremos la definición y los diferentes tipos de control biológico.

Finalmente, se describirán las características de los agentes que intervienen en dicho control y su metodología de crianza para su futura liberación en el campo, concluyendo con una reflexión personal acerca de lo realizado.

La importancia de esta investigación, reside principalmente en la creciente resistencia de los insectos plaga a los insecticidas y la importancia de cuidar el medio ambiente, estos dos pilares fundamentales hacen que el control biológico sea un método interesante y cada vez más necesario para combatir los insectos sin causar daño ecológico alguno.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

OBJETIVOS

Objetivo general

Profundizar acerca del control biológico de plagas de la agricultura.

Objetivos específicos

- *Describir los diferentes tipos de control.*
- *Describir y caracterizar los agentes que participan en el control.*
- Describir los métodos de utilización de los insecticidas biológicos.
- Explicar las ventajas y desventajas de dicho control.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

INTRODUCCIÓN

Reseña histórica

Durante 350 millones de años, antes de la aparición de los seres humanos, no había plagas en la tierra. Había solamente millones de organismos diferentes sobreviviendo en diferentes ecosistemas.

Hace 250 mil años, apareció el Homo sapiens que llamó plagas a algunos millones de estos organismos. En efecto, una plaga se define como un organismo que reduce la disponibilidad, calidad o valor de unos recursos valiosos para el hombre. Estos recursos pueden ser una planta que nosotros cultivamos o un animal que criamos para algún uso, o bien pueden ser la salud o el bienestar de una persona.

En la actualidad, los organismos vivos, en su mayoría, no son plagas sino benéficos, como los que nos ayudan a polinizar las flores, a controlar los organismos no deseables y los que consumimos. Por ejemplo, se estima que, de cada millón de especies de insectos, apenas el 1 a 2% ha sido plaga en su vida.

Mientras se estima que la agricultura comenzó 8.000 años antes de cristo, la primera descripción de plagas e insectos no ocurrió hasta 1.500 años antes de cristo. Curiosamente, la primera documentación de uso de un insecticida remota a 2.500 años antes de cristo, utilizado por los Sumarios y era un compuesto de azufre para controlar insectos y ácaros.

Por los años 1.200 antes de cristo, los chinos habían desarrollado insecticidas extraídos de plantas, que hoy conocemos como insecticidas botánicos, en particular para el tratamiento de semillas. Además de utilizar cal y cenizas para la prevención y control de plagas, en campos, casa y granos almacenados, los chinos usaron mercurio y compuesto de arsénico, para controlar unas plagas humanas como las pulgas.

Después de varios siglos, los chinos reconocieron el papel de los enemigos naturales y la importancia de ajustar las fechas de siembra, para evitar mayores problemas de plagas. Los griegos y romanos, también, discutieron estos tipos de práctica, incluyendo a Homero quien escribió sobre el valor de la quema para el control de la langosta, en 950 antes de

cristo.

Las técnicas de control de plagas se siguieron desarrollando en China, con la primera aplicación práctica de control biológico, en el año 300 después de cristo: los chinos establecieron colonias de hormigas depredadoras, en sus plantaciones de cítricos, para controlar los gusanos y taladradores. Los nidos de hormigas fueron colocados estratégicamente en diferentes lugares de las plantaciones y el trabajo de ellas fue facilitado por caminos y puentes hechos de bambú, que permitían su acceso a los palos infestados.

Este desarrollo sofisticado del manejo de plagas, fue posible por el tradicional interés chino hacia los insectos que dio lugar, en el año 4.700 antes de cristo, a la crianza de gusanos de seda, pero también, por su visión holística del mundo que incluía el estudio de las cadenas alimenticias y mecanismos de control natural de las poblaciones de plagas.

Mientras tanto, los métodos europeos se basaban menos en conocimientos biológicos y más en fé religiosa y superstición. Esto cambió drásticamente cuando el Renacimiento valorizó y fomentó los conocimientos científicos y que un mayor conocimiento de los microorganismos fue posible con la invención del microscopio y el descubrimiento de las bacterias, en 1675.

En la primera mitad del siglo XVIII, el taxónomo Carlos Linneo contribuyó a desarrollar un sistema de identificación de insectos y sugirió el uso de escarabajos Coccinélidos, *Chrysopa* y otros insectos parasitoides para control biológico de las plagas.

De 1750 a 1880 fue un tiempo de revolución agrícola, en Europa, con un aumento del 150% en los rendimientos agrícolas, como resultado de la introducción de nuevas técnicas en los cultivos, uso de abonos, sistemas de rotación y el desarrollo de la maquinaria agrícola que permitió la siembra en surcos y el desmalezado de las calles con caballos.

Durante la mitad del siglo XIX, el cambio de una agricultura de subsistencia a una agricultura de monocultivo, trajo consigo un aumento de rendimiento muy significativo pero, también, contribuyó a la aparición de algunos de los mayores desastres agrícolas como el brote de tizón tardío en la papa, en 1840, que causó una terrible hambruna en Irlanda; el problema del mildiú polvoriento, en 1850, en la vid en toda Europa y la

invasión del insecto americano *Levid phylloxera* que casi acaba con los viñeros y la industria vinícola en Francia, en 1848.

El primer éxito relevante, con la importación y establecimiento de enemigos naturales para el control biológico, ocurrió en 1890. Después de su introducción accidental en 1860, la escama blanca del algodón amenazo con acabar las plantaciones de cítricos de California. Dado que esta plaga había venido de Australia, el departamento de agricultura de Estados Unidos envió un entomólogo a ese país para buscar los enemigos naturales de esta plaga. Después de descubrir que el escarabajo *Rodolia cardinalis* proveía un control rápido y efectivo de la escama, el entomólogo envió 140 de estos depredadores a California. En menos de año y medio, los descendientes de estos escarabajos lograron controlar la escama del algodón en toda California.

A final del siglo XIX, se establecieron claramente cinco tipos de métodos de control de plagas:

- Control cultural
- Variedades resistentes
- Control mecánico y físico
- Control químico
- Control biológico



A inicio del siglo XX, había cantidades de entomólogos, fitopatólogos y otros expertos trabajando en control de plagas.

En 1915, el sr. Sanderson, propuso la limpieza del terreno, después de la cosecha, como una medida sanitaria y también, el uso de cultivos trampas para el manejo de ciertos insectos.

El control de patógenos de plantas también había tenido avances significativos con el desarrollo de variedades tolerantes a la roya en cereales y a la marchitez causada por *Fusarium* en poroto y otras plantas leguminosas.

Durante este período, el control químico se benefició con el desarrollo de mejores equipos de aplicación. En 1921, por primera vez, se utilizó un avión para fumigar grandes áreas

agrícolas en Ohio, Estados Unidos.

Sin embargo, este desarrollo científico y tecnológico fue acompañado por la aparición de nuevos problemas; los plaguicidas inorgánicos causaban numerosos problemas de salud por su persistencia y alta toxicidad y varios pesticidas que habían sido muy efectivos, de repente perdían su capacidad de controlar plagas. Los científicos descubrieron que las plagas que sobrevivían a las fumigaciones daban lugar a nuevas generaciones resistentes a los insecticidas que antes las controlaban. El primer caso documentado de resistencia data de 1914, cuando el piojo de San José, *Quadraspidiotus perniciosus*, se volvió resistente a la aplicación de azufre y cal, en Estados Unidos.

La segunda guerra mundial trajo consigo una revolución en cuanto al control de plagas con plaguicidas orgánicos sintéticos muy efectivos que repusieron los compuestos inorgánicos. Como parte de los escenarios de esta guerra fueron zonas tropicales donde las enfermedades transmitidas por insectos, como la malaria, el tifus y la enfermedad del sueño causada por la mosca Tsé-Tsé, arriesgaban con acabar con las tropas, las investigaciones sobre plaguicidas se volvieron la prioridad número uno. Fue entonces cuando se descubrió el Dicloro-difenil-tricloroetano, conocido como DDT, superior a cualquier otro. Este veneno mataba a cualquier insecto, aun en cantidades mínimas y tenía una acción residual prolongada.

Una vez terminada la segunda guerra mundial, el DDT no solamente se siguió utilizando para el control de vectores, sino que se usó ampliamente en la agricultura, tanto en cultivos de manzana, algodón, maíz o papa, como en granos almacenados.

Este auge en el uso masivo y generalizado de los plaguicidas provocó un cambio de actitud hacia el control de plagas, desplazando al control biológico.

Sin embargo, el DDT, de milagroso paso a ser problemático, cuando en 1946, en Suecia, la mosca común se volvió resistente al DDT. En 1975, todas las plagas agrícolas, en California, habían desarrollado resistencia al DDT.

Los productores comenzaron a notar un extraño fenómeno de resurgencia de plagas. Después de una aplicación de DDT, la población de plagas bajaba, pero luego de un tiempo, subía a niveles mayores que los anteriores, por la desaparición de los enemigos

naturales.

En 1966, la Sra. Rachel Carlson publicó su libro “primavera silenciosa”, el cual marco el inicio de la conciencia y del movimiento ambientalista. El libro documentó muchísimos desastres asociados con el DDT en el mundo. Tiempo después, el DDT fue prohibido en Estados Unidos.

Mientras se desarrollaban compuestos órgano-clorados como el DDT, los alemanes desarrollaron un grupo mucho más toxico de insecticidas: los órgano-fosforados, como resultado directo de la investigación sobre gases tóxicos del sistema nervioso, usados en la primera y segunda guerra mundial.

Los órgano-fosforados abrieron paso al mercado. Dado que su persistencia en el ambiente es menor y que no hay un fenómeno de acumulación en los organismos, fueron presentados como productos inocuos para el ambiente y la salud humana.

Pero al igual que los órgano-clorados, su uso intensivo terminó creando resistencia en las plagas y sobretodo, por su alta toxicidad aguda en insectos, destruyeron a toda la fauna benéfica.

El uso masivo de los órgano-fosforados, fue asociado con un aumento dramático de casos de envenenamiento, por vía dermal y oral, en los trabajadores del campo y productores, por su alta toxicidad aguda para los seres vivos, tanto de sangre fría como caliente.

El Paration, uno de los primeros y más ampliamente usados órgano-fosforado, está incluido en la “docena sucia” al igual que el metilparation y malation.

Posteriormente, se desarrollaron nuevas clases de plaguicidas sintéticos orgánicos como los carbamatos y la formamidina, que fueron unos de los plaguicidas de mayor uso en los Estados Unidos.

Luego, la investigación se enfocó en la producción de insecticidas botánicos orgánicos, como en el caso de Neem, *Azadirachta indica*, cuyas hojas fueron usadas, desde siglos, para el control de plagas de granos almacenados y que ahora se encuentra, a nivel comercial, en forma de aceite, torta y extractos acuosos o alcohólicos. Otro ejemplo, fue el uso de los piretros, que provienen de un crisantemo del norte de África y que fueron preparados caseramente, por los pequeños productores.

Posteriormente, se desarrollaron plaguicidas basados en las hormonas de los insectos, utilizados como reguladores de crecimiento que alteran el crecimiento de los insectos y no les permiten cumplir su ciclo de vida. Además, los insecticidas microbiales, fueron desarrollados como una opción novedosa de control biológico de plagas. Uno de los microorganismos más común utilizado para el control de insectos ha sido el *Bacillus thuringensis*.

El fenómeno de resistencia de las plagas a los plaguicidas ha llegado a tales extremos que, hoy por hoy, más de la mitad de las especies de artrópodos reportados como plagas, pueden resistir a dos o más clases de insecticidas y 17 especies de plagas pueden resistir todas las clases de insecticidas disponibles en el mercado.

La resistencia es más frecuentemente observada en Dípteros, Lepidópteros y Coleópteros. La resistencia a los órgano-clorados existe para el 62% de las especies reportadas y a los órgano-fosforados, para el 47%. También, se ha empezado a detectar resistencia a los herbicidas en 55 especies de malezas.

El primer caso de resistencia de un fitopatógeno fue detectado hace 45 años y hoy, más de 100 especies de fitopatógenos son resistentes a los plaguicidas, incluyendo 59 especies de hongos resistentes a fungicidas.

En adición, algunas especies de nematodos y 5 especies de roedores han demostrado resistencia a los plaguicidas.

Investigaciones, indican que los plaguicidas sintéticos no solo generan resistencia en las plagas, sino que también las plantas en contacto con ellos cambian su metabolismo y se vuelven más vulnerables a las plagas.

Por lo tanto, la protección de una planta cultivada no debe ser considerada únicamente vía la eliminación de sus plagas, sino estimulando la capacidad de resistencia natural de la misma planta, con una mejor nutrición y ambiente.

Así nace el concepto de Manejo Integrado de Plagas, el cual es una estrategia de control de plagas basada en la ecología y en tácticas de manejo que protegen o favorecen los enemigos naturales de plagas, permitiendo el uso moderado de plaguicidas, solamente después de un monitoreo sistemático de las poblaciones de plagas que lo justifique.

Hoy, más que nunca, es necesario volver a pensar en el control biológico como la principal herramienta práctica para el manejo de plagas. ¿Por qué? No solo por los desastres ecológicos ocurridos, o porque hay muchos residuos en los ambientes, o porque el agua está contaminada, sino porque es con el control biológico que nosotros empezamos a manejar las plagas, siglos atrás, y hay un conocimiento acumulado que nos da la pauta para un control efectivo, duradero e inofensivo de las plagas, en nuestro ecosistema.

Introducción al control biológico

El control biológico es un método que emplea organismos vivos para reducir la densidad de la población de otros organismos plaga. Una plaga es cualquier organismo que produce un daño o reduce la disponibilidad y la calidad de un recurso humano. Los recursos abarcan desde la salud humana hasta plantas o animales destinados a fines alimenticios, de producción, o al esparcimiento (ej.: mascotas y plantas en áreas recreativas). Para el manejo de plagas existen varios métodos alternativos: el uso de productos de síntesis química (plaguicidas); cultivos genéticamente modificados resistentes a plagas; control biológico; o bien la combinación de una o más de estas tácticas, el manejo integrado de plagas.

El empleo de químicos como los plaguicidas no siempre es la mejor estrategia para combatir una plaga específica debido a que frecuentemente está asociado a efectos negativos como la resurgencia de la plaga blanco luego de un lapso de tiempo, los estallidos de plagas secundarias como consecuencia de la mortandad de los enemigos naturales que la controlaban (resultado de la baja especificidad del plaguicida) y/o la adquisición de una resistencia al plaguicida por parte de la plaga. Es así, que el uso del control biológico, al no dejar residuos químicos y al actuar de manera más específica y permanente sobre la población problema, fue ganando terreno como alternativa viable en el manejo de la salud vegetal.

¿Por qué una especie se convierte en plaga? La respuesta es que las poblaciones de la mayoría de las especies están bajo la influencia de un *control natural*. Dicho de otro modo,

las poblaciones de organismos están reguladas por la acción natural de sus depredadores, parásitos, parasitoides, patógenos y competidores; un fenómeno ecológico que mantiene a las especies en un estado de equilibrio. El problema surge cuando estas especies invaden o son transportadas accidental o intencionalmente a nuevas áreas donde sus enemigos naturales (que normalmente las controlan) no están presentes. Consecuentemente, las poblaciones de especies introducidas aumentan, en algunos casos, de tal modo, que pueden causar daños económicos y/o ecológicos severos convirtiéndose en plagas. El objetivo del control biológico es, mediante el uso de enemigos naturales, reducir el impacto perjudicial de la plaga reestableciendo los niveles de control natural auto-sostenido que se dan en los ambientes nativos.

Los organismos que son utilizados comúnmente como enemigos naturales en el control biológico de invertebrados, se clasifican en cuatro categorías: parasitoides, depredadores, patógenos y competidores. Estos agentes de control provienen de una gran variedad de grupos taxonómicos, incluyendo a los insectos, ácaros, nematodos y microorganismos, tales como las bacterias, los virus, los hongos y los organismos unicelulares. Estos agentes de control, al pertenecer a distintos grupos poseen diferentes propiedades biológicas y comportamentales. Estas diferencias hacen que unos u otros sean más o menos exitosos como biocontroladores en una estrategia de control determinada (ej.: control biológico clásico, conservativo, inoculativo o inundativo). Sin embargo, los organismos más exitosos se caracterizan por poseer uno ó más de los siguientes atributos: 1- un alto grado de especificidad con la plaga, 2- una sincronía con el ciclo de vida de la plaga (especialmente, cuando la especificidad predador-presa o parasitoide-huésped es alta), 3- una alta capacidad de crecimiento poblacional con respecto a la plaga (desarrollo más rápido, más generaciones por año y mayor fecundidad), 4- capacidad de sobrevivir períodos con poca abundancia de presa o aún en ausencia de la misma, 5- una alta capacidad de búsqueda, particularmente a bajas densidades de la plaga y finalmente 6- la habilidad de modificar su acción en función de su propia densidad y la de la plaga, es decir mostrar denso-dependencia.