

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Disertación previa a la obtención del título de licenciado en Ciencias
Biológicas.**

Nombre del estudiante: Alexis Mauricio Hurtado Peñafiel

Porcentaje de créditos: 100%

Nombre del director del trabajo de titulación: Álvaro Barragán M.Sc.

Título de monografía: Evolución del Control Biológico

Área en la que se inscribe la investigación: Zoología de invertebrados II

Quito, 2024

Certifico que la disertación de Licenciatura en Ciencias Biológicas del Sr. Alexis Hurtado Peñafiel ha sido concluida en conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Álvaro Barragán', is written over a horizontal line. The signature is fluid and cursive.

M.Sc. Álvaro Barragán

Director de disertación

Quito, 2024

AGRADECIMIENTOS

A mi abuelita Cira Aurora Burgos Peñafiel, a mi madre, Guadalupe Del Rocío Hurtado, por todo su amor y entrega durante toda mi vida. Mi gratitud eterna.

TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	2
3. ANTECEDENTES.....	3
4. OBJETIVOS.....	3
5. LAS PLAGAS.....	4
6. LA REVOLUCIÓN VERDE.....	4
7. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS.....	5
8. CONTROL BIOLÓGICO.....	6
9. CONTROL BIOLÓGICO CONSERVATIVO.....	9
10. CONCLUSIONES.....	10
11. BIBLIOGRAFÍA.....	11

1. RESUMEN.

La agricultura fue uno de los aportes más importantes para que los seres humanos se desarrollaran en sociedades complejas, sin embargo, desde los inicios de esta actividad las plagas fueron un limitante importante que los agricultores debían manejar.

En principio los agricultores utilizaron algunos medios físicos directos como labores agrícolas, podas, inundaciones, así como el uso de algunos animales como gansos para controlar caracoles y productos químicos, como azufre que generalmente son de extracción local.

Un hito importante fue el apareamiento de la “revolución verde”, donde una serie de innovaciones tecnológicas se implementaron, entre ellas el uso de pesticidas químicos para controlar las plagas. El modelo se replicó a nivel mundial con gran éxito en el aumento de producción de alimentos y la reducción de los daños causados por las plagas, sin embargo, también se pudieron encontrar efectos adversos sobre otros organismos biológicos, el ambiente y la salud de los seres humanos.

Este fue el punto de partida de la implementación del control biológico inoculativo, que trata sobre la producción en masa y liberación técnica de microorganismos antagonistas de plagas y enfermedades, así como parasitoides y predadores de insectos fitófagos dañinos. A la larga este tipo de control entró en la mecánica industrial de los pesticidas químicos, aislando a los pequeños agricultores de las ventajas de esta nueva tecnología.

En los últimos años se están implementando investigaciones sobre el control biológico conservativo, que busca manejar las condiciones ecológicas de los cultivos y sus zonas aledañas con el fin de conservar los antagonistas biológicos y promover su desarrollo de manera natural. Esta técnica está en desarrollo y sus resultados son positivos en granjas agrícolas pequeñas así como algunos proyectos de gran escala.

2. ABSTRACT

Agriculture was one of the most important contributions for human beings to develop in complex societies, however, from the beginning of this activity, pests were an important limitation that farmers had to manage.

In principle, farmers used some direct physical means such as agricultural work, pruning, flooding, as well as the use of some animals such as geese to control snails and chemical, such as sulfur, which are generally extracted locally.

An important milestone was the emergence of the "green revolution", a series of technological innovations were implemented, including the use of chemical pesticides to control pests. The model was replicated worldwide with great success in increasing food production and reducing damage caused by pests, however, adverse effects could also be found on other biological organisms, the environment and the health of beings humans.

This was the starting point of the implementation of inoculative biological control, which deals with the mass production and technical release of microorganisms antagonistic to pests and disease, as well as parasitoids and predators of harmful phytophagous insects. Ultimately this type of control entered the industrial mechanics of chemical pesticides, isolating small farmers from the advantages of this new technology.

In recent years, research has been implemented on conservative biological control, which seeks to manage the ecological conditions of crops and their surrounding areas in order to conserve biological antagonists and promote their development and its results are positive in small agricultural farms as well as some large-scale projects.

3. ANTECEDENTES:

El aparecimiento de la agricultura representó uno de los avances más importantes en la historia de los seres humanos (Noha Harari, 2019), la disponibilidad de alimentos ayudó a que las sociedades dividan el trabajo y puedan crecer las poblaciones en los asentamientos en donde se desarrollaban los cultivos, lo cual dio origen a sociedades modernas con divisiones del trabajo, además del aparecimiento de la cultura. Sin embargo, desde sus inicios los seres humanos debieron enfrentarse a varios tipos de desafíos como el control de factores climáticos, la irrigación artificial de los suelos y los daños provocados por las plagas agrícolas (Bairoch, 1979).

Desde las primeras civilizaciones hay registros de la utilización del control biológico para las plagas, por ejemplo los egipcios utilizaban a los gatos para cazar ratones y evitar las pérdidas de sus cosechas (King, 2003) y esta práctica se ha mantenido a lo largo de la historia en las zonas rurales del mundo entero. En la China es común la utilización de gansos para controlar caracoles y otros organismos acuáticos en las plantaciones de arroz (Altieri Y Nichols, 2013) También ha sido necesario la utilización de estrategias culturales: como las podas, des-hierve, arado, o el uso de sustancias naturales como las resinas de otras plantas o elementos químicos de la naturaleza como el azufre o el cobre (King, 2003).

4.OBJETIVOS:

. Objetivo General:

- Conocer la evolución del control biológico convencional hasta el control biológico conservativo.

. Objetivos Específicos:

- Describir los primeros experimentos de control biológico en el mundo
- Describir el control de plagas convencional y los efectos adversos de los químicos en el ambiente y la salud humana.
- Explicar el crecimiento del control biológico a nivel mundial en la segunda mitad del siglo XX, su interacción con el Manejo Integrado de plagas y la producción orgánica
- Comprender el cambio tecnológico que supone el control biológico conservativo

5 LAS PLAGAS.

Plaga es un término antropocéntrico que se refiere a un organismo vivo que pueda causar daño a los sistemas agrícolas, forestales, ornamentales, alimentos almacenados que tienen relación con la economía, la salud y seguridad alimentaria de las personas (Benavides et al. 2013; Cañedo et al, 2011).

Desde los primeros relatos de la humanidad se han reportado problemas con organismos nocivos, como algunas de las plagas de Egipto, que provocaron la hambruna del pueblo hebreo o la caída en la producción de la papa en Irlanda en 1845 por el tizón tardío, *Phytophthora infestans*, y el ataque del escarabajo colorado de la papa, *Leptinotarsa decemlineata* que tuvo como consecuencia una brutal hambruna y la forzada migración de irlandeses a los Estados Unidos (Mitchel, 2005).

En nuestro país plagas como la sigatoka en banano, la escoba de la bruja en cacao, la mancha blanca en camarón, la polilla guatemalteca de la papa, el gorgojo del eucalipto, las moscas de la fruta han sido factores que han afectado la economía de nuestro país a lo largo de su historia republicana, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y el desarrollo del sector agrícola exportador (Barragán et al., 2004, Barragán et al., 2009; Crespo et al., 2023)

6 LA REVOLUCIÓN VERDE.

Sin embargo, en el siglo XX hubo el rompimiento del manejo tradicional de plagas y enfermedades por el apareamiento de la “*revolución verde*”, hito histórico que fue el pilar fundamental del apareamiento de la agronomía como ciencia y técnica novedosa que logró incrementar la producción a nivel mundial (Picado, 2018; Pimentel 2008; Raj Patel, 2013) Si bien inicialmente el uso de los pesticidas tuvo un impacto positivo en el control de las plagas, también supuso el aumento de problemas relacionados con la contaminación ambiental, la muerte de varias especies de animales y la salud de los seres humanos (Cañedo et al., 2011, Mazón & Romero, 2020).

Con el apareamiento de la “*revolución verde*”, el control de plagas convencional fue muy utilizado en la agricultura, la ganadería y la industria alimentaria a lo largo de décadas; como por ejemplo en India, Indonesia la producción de arroz aumentó un 275% entre 1966 y 2000, así mismo en Chile hubo un crecimiento de 200 kg/ha por año en su producción de maíz después de 1964 y el mejoramiento en la producción de aguacate y cítricos (Conway, 1997; De Ponti et al., 1997, Ripa et al, 2008)

El uso de los plaguicidas no ha parado desde la década de 1940. En la actualidad se sigue produciendo casi unos 2,5 millones de toneladas y eso significa que tiene un costo de 20.000 millones de dólares por año (Ordoñez et al, 2019). Aun cuando se utiliza los plaguicidas o cualquier otro método de control de plagas, se sigue perdiendo los cultivos en un porcentaje cercano al 35% (Pimentel, 1996).

El modelo exitoso de la revolución verde extendió sus fronteras desde los Estados Unidos y Europa, hacia los países en vías de desarrollo y tuvo su propio sello en los países comunistas en donde el estado fue quien implanto el uso de la mecanización y los químicos para el control de plagas y enfermedades (Asela et al 2014). Es decir, no solo fue una técnica de los países capitalistas.

Ahora bien, en pleno apogeo de la “Revolución Verde” una periodista llamada Rachel Carson publicó una serie de artículos en los que se oponía a la utilización de estos pesticidas hechos por químicos, pues se descubrió que muchos estaban contaminando la tierra, el agua e incluso estaban dentro de las cadenas tróficas. (Mazón & Romero, 2022) Uno de estos pesticidas era el Dicloro Difenil Tricloroetano, DDT, que fue descubierto por Paul Müller como un insecticida potente para combatir a los insectos plaga que transmiten el tifus, la malaria y la peste, este invento le valió un premio Nobel (Angulo, 2017) Rachel Carson publicó el libro “Primavera Silenciosa”, en donde denunció el uso y abuso de pesticidas, especialmente el DDT y supuso el inicio de la búsqueda de formas alternativas del control de plagas (Mazón & Romero, 2022). Esta presión de los medios hizo que el presidente de los Estados Unidos, John F. Kennedy prohibiera el uso del DDT y además creara la Agencia de Protección Ambiental (Mazón & Romero, 2022).

El mejoramiento genético fue otra de las tecnologías en la producción de alimentos por lo que se produjeron una serie de experimentos de cruces y selección de variedades más productivas y resistentes a enfermedades (Cisneros, 1992); Posteriormente se buscó crear plantas resistentes a varias condiciones ambientales como sequías, inundaciones, salinidad e inclusive resistencia a los insectos con técnicas de ingeniería genética. Sin embargo, la utilización de pesticidas y herbicidas son parte del paquete de las industrias y los científicos buscan nuevamente crear un tipo de planta resistente a altas dosis de fertilizantes y fungicidas con químicos (Picado, 2008).

7. Manejo Integrado de plagas.

El concepto de “*manejo integrado de plagas*” MIP es un procedimiento que intenta mantener en niveles tolerables a las plagas de un cultivo, para que no rebasen los umbrales de daño económico, utilizando exclusivamente factores naturales adversos al desarrollo de los antagonistas, incorporando factores de mortalidad natural; y sólo en última instancia, acudir al uso de pesticidas como medida de emergencia (Cisneros, 1992 & CENGICAÑA, 2012).

Esta técnica tiene que coordinar e integrar métodos: culturales, físicos, etológicos, genéticos, químicos y biológicos, con el objetivo de disminuir pérdidas económicas (CENGICAÑA, 2012).

El MIP apareció cuando muchos insecticidas empezaron a mostrar resistencia por parte de los insectos, lo que de alguna manera mostraba una debilidad en la utilización de los pesticidas químicos, pues se incrementaban los costos de control y la efectividad no era la misma (Cisneros, 1992), pero también como una respuesta a la mejora de la calidad de vida de agricultores y trabajadores (Ripa, et al. 2008).

Una de las mejoras en el control de plagas es que se instaura un trabajo sistemático que emplea el reconocimiento taxonómico de la plaga, muestreos que nos permitan conocer la dinámica poblacional del target, medidas para saber si la plaga pasa del umbral de daño económico, mostrar las diferentes alternativas de control: biológico, cultural o químico y finalmente la toma de decisión de la mejor solución (Ripa 2008; Cisneros, 1992;).

Sin embargo, en muchos sistemas productivos el método de control químico siempre fue el más usado, dejando los pasos previos como un pretexto para mostrarlo a las instancias reguladoras (Altieri & Nichols, 2013).

8. Control Biológico.

De acuerdo con De Bach, (1974) el Control Biológico es la utilización de enemigos naturales, reproducidos por el ser humano, para disminuir o controlar poblaciones plagas. Es una técnica que implica la liberación masiva de organismos benéficos, como insectos depredadores, parasitoides o patógenos, para reducir rápidamente las poblaciones plagas.

El control biológico clásico, inundativo o inoculado se caracteriza por tratar de crear en laboratorio bioinsecticidas con la ayuda de bacterias, hongos, nematodos y virus entomopatógenos (De Bach, 1974; Cabrera, 2012; Höfte & Whiteley, 1989; Giraldo Calderón et al., 2008; Morales et al, 2021) o enemigos naturales como escarabajos, moscas, avispas parasitoides y más (Gurr & Wratten, 1999) para controlar plagas, generalmente insectos que causan problemas a producciones agrícolas.

En el año 1858 se liberó a la mariquita, *Rodolia cardinalis*, nativo de Australia, para que se enfrente a otro insecto, la cochinilla algodonosa, *Icerya purchasi*, que atacaba a los cítricos de California (Gurr & Wratten, 1999). Este fue sin duda el primer registro documentado sobre la utilización de controladores biológicos en el mundo, además de un caso de éxito que fue repetido en varias ocasiones, inclusive en las Islas Galápagos (Causton, 2001). Otro ejemplo muy conocido es el *Bacillus thuringiensis*, esta bacteria crea cristales que atraviesan el intestino de los insectos generalmente de los órdenes diptera, lepidoptera y coleópteros provocándolos así la muerte (Giraldo Calderón, et al. 2008; Höfte, 1989)

Dentro de las ventajas que podemos encontrar con el control biológico son las siguientes:

- **Sostenibilidad ambiental:** En comparación con los pesticidas químicos, el control biológico inundativo es más respetuoso con el medio ambiente. No introduce productos químicos tóxicos en el medio ambiente y no contamina el suelo, el agua o el aire, ni la vida de agricultores y consumidores.
- **Seguridad alimentaria:** Al no utilizar insecticidas químicos en la producción de alimentos, éstos son más sanos y generan beneficios a los seres humanos.
- **Preservación de la biodiversidad:** Se promueve el equilibrio biológico pues los insecticidas químicos matan no solo a plagas sino a otros insectos que pueden ser justamente controladores naturales.
- **Reducción de la resistencia a los pesticidas:** Al diversificar los métodos de control se reduce la aparición de resistencia de insectos plagas.
- **Eficiencia a largo plazo:** Aunque puede requerir más tiempo para observar resultados significativos, una vez establecidos, los organismos benéficos pueden mantener poblaciones de plagas bajo control de manera sostenible sin la necesidad de aplicaciones repetidas.
- **Menor riesgo para la salud humana y animal:** Debido a su naturaleza biológica, los organismos utilizados en el control biológico inundativo generalmente representan un menor riesgo para la salud humana y animal en comparación con pesticidas químicos.

En resumen, el control biológico inundativo ofrece una serie de beneficios significativos para la agricultura y el medio ambiente al reducir la dependencia de los pesticidas químicos y promover prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con la naturaleza.

Aunque el CBI tienen varias ventajas también puede tener algunos desafíos que se necesitan resolver:

- **Costos iniciales elevados:** La implementación del control biológico inundativo puede implicar costos iniciales significativos, que incluyen la cría y la liberación de los organismos benéficos, así como la infraestructura necesaria para su aplicación.
- **Dificultad para alcanzar los niveles de control de las poblaciones plaga en todos los sitios infestados.** Factores como la movilidad de las plagas y la adecuación del entorno pueden influir en la efectividad del control.
- **En algunos casos los organismos benéficos utilizados pueden interferir con especies no objetivo o con los procesos naturales del ecosistema de consecuencias imprevistas.**

- Las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de alimentos, pueden afectar la eficacia de los organismos benéficos utilizados en el control biológico inundativo. Cambios climáticos extremos pueden alterar la dinámica de las poblaciones de plagas y depredadores.
- Al igual que con los pesticidas químicos, las plagas pueden desarrollar resistencia a los organismos benéficos utilizados en el control biológico inundativo si se usan de manera repetida y excesiva.
- La implementación exitosa del control biológico inundativo requiere un conocimiento especializado de la biología de las plagas. Esto limita el acceso a este tipo de metodología de algunos agricultores.
- La adopción efectiva del control biológico inundativo puede requerir una curva de aprendizaje prolongada para comprender y optimizar los métodos de aplicación y estrategias de MIP.
-

En resumen, aunque el control biológico inundativo ofrece una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente al control de plagas, también presenta desafíos que deben abordarse para maximizar su efectividad y viabilidad en diferentes contextos agrícolas y ambientales.

Aunque el control biológico se desarrolló plenamente en el siglo XX, desde mediados del siglo XIX se hicieron los primeros ingresos de depredadores para controlar áfidos o escamas, como es el caso de la escama algodonosa, la plaga y la mariquita roja el control biológico (Causton, 2001).

A medida que avanzaba el siglo XX, comenzaron a surgir empresas y organizaciones dedicadas al desarrollo y comercialización de productos de control biológico. Estas empresas a menudo se enfocaban en la cría y distribución de insectos depredadores y parasitoides para su uso en la agricultura (Malais & Ravensberg, 1992).

Después de la Segunda Guerra Mundial, hubo un renovado interés en el control biológico como una alternativa casi imprescindible por falta de medio de control, por ejemplo en Italia los niños recolectaban larvas de *Leptinotarsa decemlineata*, esto motivó programas gubernamentales y universitarios para promover el control biológico y desarrollar métodos más efectivos (Gurr & Wratten, 1999)

En la década de los 50 y 60 se establecieron empresas que se especializaron en la producción y comercialización de productos biológicos para el control de las plagas. También se comenzaron a desarrollar las técnicas de cría en masa y de liberación de los antagonismos (Malais & Ravensberg, 1992, Rincon & Souza, 2010).

A partir de la década de 1970 y en adelante, la comercialización de controladores biológicos se expandió aún más impulsada por avances en la tecnología de

producción, la comprensión de la ecología de las plagas y el reconocimiento de los beneficios ambientales y de salud asociados con el control biológico (Flores, 2019).

Hoy en día, hay numerosas empresas en todo el mundo dedicadas a la producción y venta de productos de control biológico, que van desde insectos depredadores y parasitoides hasta hongos entomopatógenos y bacterias beneficiosas. Estos productos se utilizan en una variedad de sectores, incluida la agricultura, la silvicultura y el control de plagas urbanas (Malais & Ravensberg, 1992, Rincon & Souza, 2010, Giraldo Calderón, et al., 2008, Höfte & Whiteley, 1989)

Durante estas décadas, se establecieron empresas comerciales especializadas en la producción y venta de organismos benéficos para el control de plagas. También se comenzaron a desarrollar técnicas de cría en masa y métodos de liberación eficaces para maximizar el impacto de los controladores biológicos en el campo (Malais & Ravensberg, 1992).

Por ejemplo algunos organismos que se reproducen en laboratorios son los microhimenópteros, una de las familias que es más aprovechada en los criaderos es la Trichogrammatidae, estas micro avispas tienen una longitud menor a 1 mm más o menos y son parasitoides de huevecillos de varios órdenes de insectos como Diptera o Lepidoptera por ejemplo (Nuñez, 2000, De Bach, 1974)

Hoy en día, hay numerosas empresas en todo el mundo dedicadas a la producción y venta de productos de control biológico, que van desde insectos depredadores y parasitoides hasta hongos entomopatógenos y bacterias beneficiosas. Estos productos se utilizan en una variedad de sectores, incluida la agricultura, la silvicultura y el control de plagas urbanas (Malais & Ravensberg, 1992).

9 Control Biológico Conservativo.

Este enfoque implica la manipulación del entorno para fomentar la presencia y actividad de organismos benéficos que naturalmente controlan las plagas. En este tipo de técnica se debe manejar la diversificación de cultivos y la conservación de hábitat naturales y la no utilización de controladores químicos para promover poblaciones saludables de organismos benéficos (DeBach, 1974; Pronti & Coccia 2020, Silva et al., 2021, Gurr et al, 2004)

Está técnica promueve una conservación de organismos naturales del hábitat que, a su vez, regulan la población de plagas. Este proceso es una forma más pasiva de control de plagas, que se fundamenta en la gestión del ecosistema y promoción de la biodiversidad (Pronti & Coccia 2020; Holmgren, 2013). Por ejemplo en algunos cultivos de frutales en California, en tiempos pasados se utilizaban herbicidas para controlar las poblaciones de malas hierbas, en la actualidad se

incrementa la diversidad de plantas para que puedan atraer a insectos antagonistas plagas del cultivo principal (Gurr et al., 2004).

La utilización de plantas con flores que atraigan polinizadores que tienen larvas predadoras, como los Syrphidae, Crisopidae, Neuropteros y otros son una de las técnicas utilizadas en este tipo de control. “Malezas” que sirven de refugio y alimento para arañas, escarabajos y otros depredadores son alternativas naturales que requieren menos esfuerzo y gasto económico así como la utilización de pesticidas químicos (Saits et al, 2013; Holmgren, 2013)

En este sentido el diseño agroecológico, adquiere una importancia preponderante al inicio de algún cultivo agrícola, pues la localización de plantas con flores, cuerpos de agua, árboles frutales que atraigan aves, reservas de piedras y maderas para hormigas, arañas y escarabajos son la esencia de este tipo de control (Gurr et al., 2004)

10 Conclusiones:

La utilización del control biológico para el control de plagas ha sido una técnica que ha evolucionado desde las primeras etapas de la agricultura. La utilización de organismos antagónicos que limiten a las plagas en agricultura ha pasado por diferentes fases, desde el clásico traslado de depredadores de un lugar a otros, pasando por la producción en masa y dispersión de parasitoides, predadores, hongos entomopatógenos, bacterias hasta llegar al manejo de los agroecosistemas.

Hay mucha investigación y datos que muestran una efectividad en el control biológico inundativo en sistemas productivos pequeños así como en sistemas industriales, sin embargo, aún se siguen utilizando los químicos como alternativa de control.

El control biológico conservativo ha empezado a despuntar sobre todo en sistemas productivos agroecológicos pequeños, aunque en algunos lugares empieza a escalar en magnitud.

Se espera que la presión social a nivel mundial, por consumir alimentos más sanos y evitar la contaminación ambiental sea un motor de mejora en la investigación y puesta en marcha de estas metodologías.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. A., Nichols, C.I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología* 8(1). 7-20.
- Angulo, E. (2017). Historias de la malaria: Paul Müller, el DDT y Rachel Carson. Cuaderno de cultura científica. [Revisado en: 4 mar 2021]. <https://culturacientifica.com/2017/12/04/historias-la-malaria-paul-muller-ddt-rachel-carson/>
- Asela M. del Puerto Rodríguez. Susana S. Tamayo, Daniel E. Palacio Estrada. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología.*, 52(3), 372–387.
- Barragan, A. ; Pollet, A. ; Onore, G. 2004. La teigne de Guatemala en Equateur. Pour prévenir en Europe, description d'une invasion biologique réussie. *Phytoma. La Défense des Végétaux* – No 569 Mars 2004, 52-54.
- Barragán, A., Dangles, O., Cárdenas, R., Onore, G. 2009. The history of entomology in Ecuador. *Annales de Société Entomologique de France.* 45(4): 410 - 423.
- Bairoch, P. (1979). La agricultura y la revolución industrial, 1700-1914. In *Historia económica de Europa* (pp. 464-516).
- Benavides Machado, P., Gil-Palacio, Z., Góngora, C. E., & Arcila-Moreno, A. (2013). Manejo integrado de plagas. En *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 2, pp. 179–214). Cenicafé.
- Cabrera, G., Walsh, J. B. (2012). El control biológico de plagas. 22(128), 57–64. www.cienciahoy.org.ar/ch/ln/hoy128/Controlbiologicoplagas.pdf
- Cañedo V., Alfaro A., Kroschel J. (2011). Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas. Principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú. *Centro Internacional de la Papa (CIP)*, pp. 7–48.
- Causton, C.E. (2001) Dossier on *Rodolia cardinalis* Mulsant (Coccinellidae: Coccinellinae), a potential biological control agent for the cottony cushion scale, *Icerya purchasi* Maskell (Margarodidae). *Charles Darwin Foundation, Galápagos*.
- CENGICAÑA, J. M. Márquez. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). (2012). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Melgar,

M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (eds.). pp. 203–204. Artemis Edinter, S.A.

Crespo - Pérez V., Soto-Centeno A., Pinto M., Avilés A., Pruna W., Barragán A. 2023. Presence of the *Eucalyptus* snout beetle in Ecuador and potential invasion risk in South America. *Ecology and Evolution*.

Cisneros, F. (1992). Manejo Integrado de plagas. In Guía de investigación CIP 7. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 38 pp.

Conway, G. 1997. *The Doubly Green Revolution: Food for all in the twenty-first century*. London, UK, New York: (p. 335). Penguin Book. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig10314.pdf>

DeBach, P. 1974. *Biological Control by Natural Enemies*, Cambridge University Press. UK.

De Ponti, T., Rijk, B., & Van Ittersum, M. K. (2012). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural systems*, 108, 1-9.

Flores P. 2019. Latin America: An insight into the latest developments in organic agriculture. En: FiBL & IFOAM–Organics International. Bonn, Germany: *The World of Organic Agriculture*; FiBL & IFOAM–Organics International. pp. 268- 271.

Gabriel, D., Sait, S. M., Kunin, W. E., & Benton, T. G. (2013). Food production vs. biodiversity: comparing organic and conventional agriculture. *Journal of applied ecology*, 50(2), 355-364.

Geissen, V., Silva, V., Lwanga, E. H., Beriot, N., Oostindie, K., Bin, Z., ... & Ritsema, C. J. (2021). Cocktails of pesticide residues in conventional and organic farming systems in Europe—Legacy of the past and turning point for the future. *Environmental Pollution*, 278, 116827.

Gurr, G.M., Wratten, S.D. (1999). FORUM “Integrated biological control”: A proposal for enhancing success in biological control. *International Journal of Pest Management*, 45(2), 81–84.

Gurr, G.M., Wratten, S.D., Altieri, M.A. (Eds). (2004). *Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Artropods*. CABI Publishing.

Giraldo-Calderón, G. Pérez M. Morales C. A. Ocampo C. B. (2008). Evaluation of the triflumuron and the mixture of *Bacillus thuringiensis* plus *Bacillus sphaericus* for control of the immature stages of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in catch basins. *Biomédica*, 28, 224–233.

Höfte, H.; Whiteley, H.R. (1989). Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol. Rev.* 53:242-255.

Holmgren, D. (2013). La esencia de la permacultura. Barcelona: Cambium permacultura. Recuperado de https://holmgren.com.au/downloads/Essence_of_Pc_ES.pdf. Consultado: 15/10/2022.

Morales, J S. García-Morales, Mora. J. J. Castañeda-Nava. P. R. Nutan. J. M. R. Domínguez. J. A. M. Sánchez. R. B. González. J. N. E. Vara. G. R. Enríquez. (2021). Control biológico de plagas con microorganismos entomopatógenos. José Juvenio Castañeda Nava (Ed.), *Tópicos de Herramientas Biotecnológicas para el Desarrollo Agrícola* (1st ed., pp. 73–79). Conacyt, Ciatej. Coecytjal.

King, F.H. (2003) *Farmers of Forty Centuries*. Indy Publish. 216pp.

Malais, M.H., Ravensberg, W.J., 1999. Conocer y reconocer las plagas de cultivos protegidos y sus enemigos naturales. Koppert.

Mazón M, Romero O. 2023. Sesenta años después de la primavera silenciosa, Latinoamérica no ha reducido el uso de insecticidas. *Caldasia* 45(1):161–173.

Mitchel, J. (2005) (1861) *The last Conquest of Ireland (Perhaps)*, Univeristy Colleague Dublin Press.

Noha, Harari, Y. (2019). *De animales a Dioses, breve historia de la humanidad*. Géminis, Bogotá.

Núñez, M. Á. (2000). *Manual de técnicas agroecológicas* (No. 04; S589. 7, N8.). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Ordoñez-Beltrán, V., Parra-Acosta, H., Frías-Moreno, M. N., & Martínez-Tapia, M. E. (2019). Estudio sobre el uso de plaguicidas y su posible relación con daños a la salud. *Revista de toxicología*, 36(2), 148-153.

Picado, W. (2008). Ciencia y geopolítica en los orígenes de la Revolución Verde. *Revista de Ciencias Ambientales*, 36(2), 46–56.

Pimentel, D. (1996). Green revolution agriculture and chemical hazards. *The Science of the Total Environment*, 188(1), 586–598.

Pronti, A., & Coccia, M. (2020). Agroecological and conventional agricultural systems: Comparative analysis of coffee farms in Brazil for sustainable development. *Int. J. Sustainable Development*

Raj Patel. (2013). The Long Green Revolution. *Peasant Studies*, 40(1), 1–63.

Rincón, M., & Souza, B. (2010). *Insectos benéficos: guía para su identificación*. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación); INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias).

Ripa S., Renato y Larral D., Pilar (eds.) (2008) *Manejo de plagas en paltos y cítricos* Quillota, Chile. Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 23

Vázquez Rodríguez GA, Lucho-Constantino C, Coronel C, Beltrán I. 2014. Esbozo histórico de las ciencias ambientales I. De Hipócrates a Primavera Silenciosa. *Bol. Cient. Cienc. Basic. Ing. ICBI PÄDI*. 2(3).

