

TRABAJO FIN DE GRADO

ACEITES VEGETALES PARA EL CONTROL DE PLAGAS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS



Curso 2020-2021

Convocatoria de julio

Alumna: Joana del Carmen Rodríguez Riverol

Tutora: Cristina Giménez Mariño

ÍNDICE

1. Resumen/Abstract.....	2
2. Introducción.....	2
3. Objetivos.....	3
4. Material y métodos	3
5. Resultados y discusión.....	4
5.1. Control convencional de plagas en los cultivos.....	4
5.2. Control de las plagas a lo largo de la historia.....	6
5.3. Agricultura sostenible. Búsqueda de alternativas a los productos fitosanitarios.....	8
5.4. Metabolitos secundarios de las plantas.....	9
5.5. Aceites esenciales.....	11
5.5.1. Definición.....	11
5.5.2. Obtención.....	12
5.5.3. Principales familias, géneros y especies estudiadas.....	13
6. Conclusiones.....	17
7. Bibliografía.....	18

1. RESUMEN:

Durante años, los pesticidas químicos han sido la sustancia de elección frente al tratamiento de plagas en cultivos. Actualmente son conocidos los efectos nocivos de estas sustancias, tanto para los seres vivos como para el medio ambiente. Es aquí donde los aceites esenciales obtenidos de las plantas cobran un papel importante, al ser una alternativa prometedora y con importantes resultados, además de ser sustancias de origen natural. Aceites esenciales como los obtenidos a partir de las especies *Vanilla planifolia* Jacks., *Coffea arabica* L., *Eucalyptus globulus* L., han demostrado multitud de acciones beneficiosas en el control de las plagas. Actualmente sólo se conoce un pequeño porcentaje de los aceites esenciales, lo que genera una buena línea de investigación en la búsqueda de alternativas a los pesticidas convencionales.

Palabras claves: aceites esenciales, pesticidas naturales, plagas, pesticidas.

ABSTRACT:

For years chemical pesticides have been the substance chosen for crop pests control. Actually are known the side effects of this substances, not only for human beings but for the environment too. It is here where essential oils from plants have an important role, because they are an interesting alternative versus chemical pesticides, and are also natural substances. Essential oils, for example, from *Vanilla planifolia* Jacks., *Coffea arabica* L., *Eucalyptus globulus* L., have shown a lot of beneficial actions at pests control. Currently we only know, a small number of essential oils, which creates a good line of research in the search for alternatives to conventional pesticides.

Keywords: essential oils, natural pesticides, crops, pesticides.

2. INTRODUCCIÓN:

Los productos fitosanitarios han sido usados desde hace siglos y actualmente, en la prevención y control de plagas de cultivos [1]. Si bien es cierto que, en líneas generales, presentan una gran eficacia en su tarea, también presentan una gran toxicidad a nivel global. Pesticidas como los organoclorados o las permetrinas, generalmente llegan hasta los seres vivos a través del suelo por tratamiento directo, antes o después de la siembra, por pulverización, o mediante arrastre por lluvias. Estas

sustancias son capaces de alterar la actividad de la enzima colinesterasa, afectar la transmisión nerviosa y modificar numerosos ecosistemas, entre sus efectos negativos [2].

Esta gran problemática relacionada con los fitosanitarios, ha hecho despertar el interés de la comunidad científica por el estudio y desarrollo de alternativas menos dañinas para los seres vivos y el medio ambiente. Actualmente se encuentran en curso investigaciones sobre los aceites esenciales, entre otras sustancias, cuyos primeros resultados son prometedores [2].

Esta línea de investigación para desarrollar alternativas más sostenibles y menos dañinas, es importante no sólo desde el punto de vista de la salud, si no también económicamente. A día de hoy existe un gran número de países desfavorecidos de cuyos cultivos depende la subsistencia de la población. Estos cultivos son bastante vulnerables a las condiciones meteorológicas y al mal uso de los fitosanitarios. Por ello el desarrollo de nuevas alternativas, entre las que ya hemos destacado los aceites esenciales, no sólo podría conllevar beneficios personales para los agricultores, sino también a nivel mundial, medioambientalmente hablando [1].

3. OBJETIVOS:

General: reflejar la relevancia de los aceites esenciales para el control de plagas en cultivos agrícolas.

Específicos: estudiar la actividad de los aceites esenciales de diversas plantas, frente a distintas plagas de los cultivos agrícolas. Estudiar su evolución a lo largo de la historia y sus beneficios frente a los pesticidas convencionales.

4. MATERIAL Y MÉTODOS:

Al tratarse de una revisión bibliográfica, el método empleado para la redacción del trabajo ha sido la búsqueda de artículos en revistas científicas sobre el tema. La recopilación información se ha realizado utilizando como fuente el Punto Q de la Biblioteca de la ULL, mediante la búsqueda de palabras claves como “pesticidas”, “aceites esenciales”, “pesticides” o “natural oils”. Las bases de datos consultadas a través del Punto Q han sido: Dialnet, Medline y Scopus. El número total de artículos

consultados ha sido de 65, de los cuales se ha hecho una selección final de 59 artículos a partir de los que se ha desarrollado este trabajo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

5.1. Control convencional de plagas en los cultivos:

Los plaguicidas son productos químicos empleados para controlar plagas en cultivos. En la agricultura convencional son importantes para alcanzar y mantener altos niveles de productividad y rentabilidad [2,3]. De la misma forma que su uso trae beneficios para la agricultura, por el incremento en el rendimiento de las cosechas, pueden ser altamente tóxicos para muchas formas de vida. Esta toxicidad se potencializa por su persistencia en los ambientes donde se aplican [2,4]. Un incremento en el uso de estos químicos genera un gran impacto negativo sobre la salud humana y los ecosistemas, así como la pérdida de los enemigos naturales de las plagas con una mayor resistencia a los pesticidas más usados [2,5].



Figura 1: fumigación manual de pesticidas en cultivos [6]



Figura 2: fumigación de pesticidas en cultivos mediante maquinaria [7]

Anualmente mueren y enferman en el mundo debido al envenenamiento por residuos de pesticidas, alrededor de un millón de personas [2,8]. A esto debemos añadir que producen una disminución de los insectos polinizadores, como las abejas, que a su vez repercuten negativamente sobre los cultivos [2,9], generando una disminución del rendimiento y afectando la seguridad alimentaria. Esta también se ve afectada por la contaminación de los alimentos en general y de las aguas superficiales y subterráneas [2,10], encontrándose incluso concentraciones trazas en áreas lejanas a los sitios de aplicación de pesticidas [2,11].

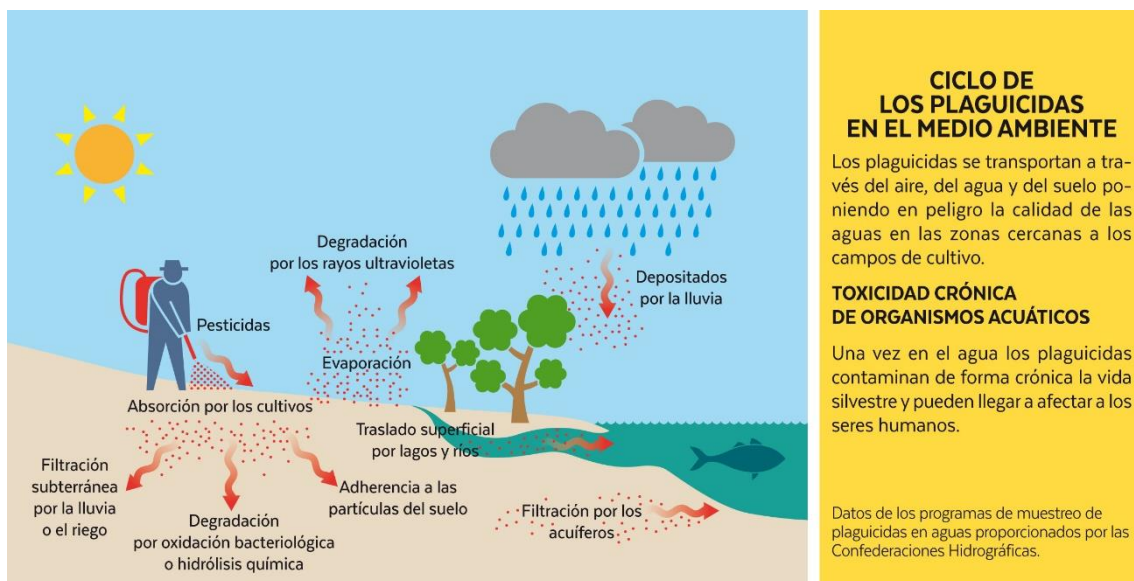


Figura 3: ciclo de los plaguicidas en el medio ambiente [12]

El riesgo de toxicidad se incrementa por el escaso desarrollo tecnológico, en los países más desfavorecidos, que limita el monitoreo en alimentos, aire, agua, suelo y el resto de componentes del ecosistema. Estudios realizados por la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina [2,13], han revelado que el 50% de las intoxicaciones y el 75% de los casos de muerte por pesticidas suceden en países de la región tropical, a pesar de que se aplican solamente el 15% de los pesticidas usados a nivel mundial. Esto plasma la urgente necesidad de mejorar el uso de los plaguicidas [2].

5.2. Control de las plagas a lo largo de la historia:

En los primeros tiempos, para la protección de los cultivos se utilizaban métodos como: rotación de cultivos, selección de cultivos resistentes y, controles físicos. Poco a poco, se introdujeron diferentes productos químicos para el control de plagas en los ecosistemas creados por el hombre. Las propiedades plaguicidas de las plantas y sus metabolitos secundarios han sido utilizadas por la humanidad desde la antigüedad, especialmente en culturas donde el uso tradicional de las plantas ha estado muy arraigado [14].

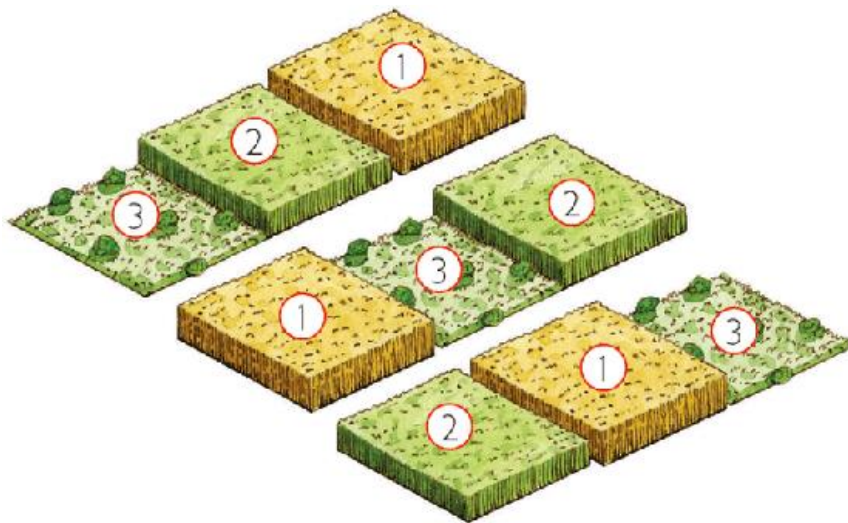


Figura 4: representación de la rotación de los terrenos para la siembra de cultivos [15]

Es el caso de la cultura china, donde se utilizaban especies de piretro (*Tanacetum cinerariifolium* Trevir.) y derris (*Derris trifoliata* L.), y la cultura romana que usaba especies de eléboro (*Helleborus foetidus* L.) como plaguicidas naturales. Al comienzo del desarrollo agrícola, se utilizaron especias como la canela (*Cinnamomum verum* J.), la mostaza (*Sinapsis alba* L.), la nuez moscada (*Myristica fragrans* Houtt.) y la pimienta (*Piper nigrum* L.) para proteger los alimentos de los insectos. Estas prácticas en la agricultura comenzaron hace dos milenios en la antigua China, Egipto, Grecia e India; incluso en Europa y Norteamérica, el uso documentado de productos botánicos se remonta a más de 150 años [16].

Antes de la Segunda Guerra Mundial, se usaban cuatro grupos principales de compuestos: la nicotina y los alcaloides, la rotenona y los rotenoides, el piretro y las

piretrinas, y los aceites vegetales [14]. Algunos presentaban inconvenientes por su toxicidad sobre especies no diana (nicotina) o, inestabilidad de las moléculas (piretro). Como consecuencia, su uso disminuyó con la comercialización de insecticidas químicos más baratos, fáciles de producir y manejar [17].



Figura 5: señal de peligro por pesticidas en el medio [18]

Actualmente se conoce que el uso continuo y masivo de plaguicidas sintéticos puede producir efectos secundarios, como la toxicidad aguda y crónica para el ser humano, desarrollo de resistencia en plagas, eliminación de agentes naturales de biocontrol y polinización, efectos sobre organismos no diana y, contaminación ambiental sobre toda la cadena alimentaria [16]. Los gobiernos respondieron a estos problemas con medidas reguladoras, prohibiendo o restringiendo los productos más dañinos y creando políticas para sustituir los productos químicos por aquellos que suponen menos riesgos para la salud humana y el medio ambiente [16,17, 19].

La regulación de los productos fitosanitarios en la Unión Europea, que influye en los plaguicidas naturales, fue armonizada por primera vez con la Directiva 91/414/CEE en 1993. Se establecieron criterios sobre la seguridad de las sustancias activas, así como la seguridad y eficacia de los productos. Se adoptó un nuevo registro de productos ya comercializados y sólo el 26% superaron la evaluación de seguridad [17, 19]. En 2011, el Reglamento (CE) 1107/2009 introdujo algunos criterios para el registro de productos fitosanitarios de origen vegetal como sustancias básicas y plaguicidas de bajo riesgo [19].

5.3. Agricultura sostenible. Búsqueda de alternativas a los productos fitosanitarios:

En los últimos 200 años la población mundial se ha visto incrementada por más de 7 veces, y en consecuencia la producción agrícola lo ha hecho como mínimo por 10 [20]. En 2050 se espera que la población mundial crezca a 9,6 mil millones, con la mayoría del crecimiento en países en vías de desarrollo. Por tanto, la manera de producir la comida es un tema central en nuestra supervivencia. Además, cabe destacar que existen serios problemas en el sistema, ya que según la FAO, un 12,5% de la población mundial se encuentra en riesgo de desnutrición. Es en este contexto en el que la producción ecológica, por ser un método más sostenible, se postula como una posible vía para mitigar los daños producidos por el actual sistema agrario. España cuenta con un mercado creciente de alimentos ecológicos y con el apoyo institucional para favorecer la adopción de tales métodos de producción [21].

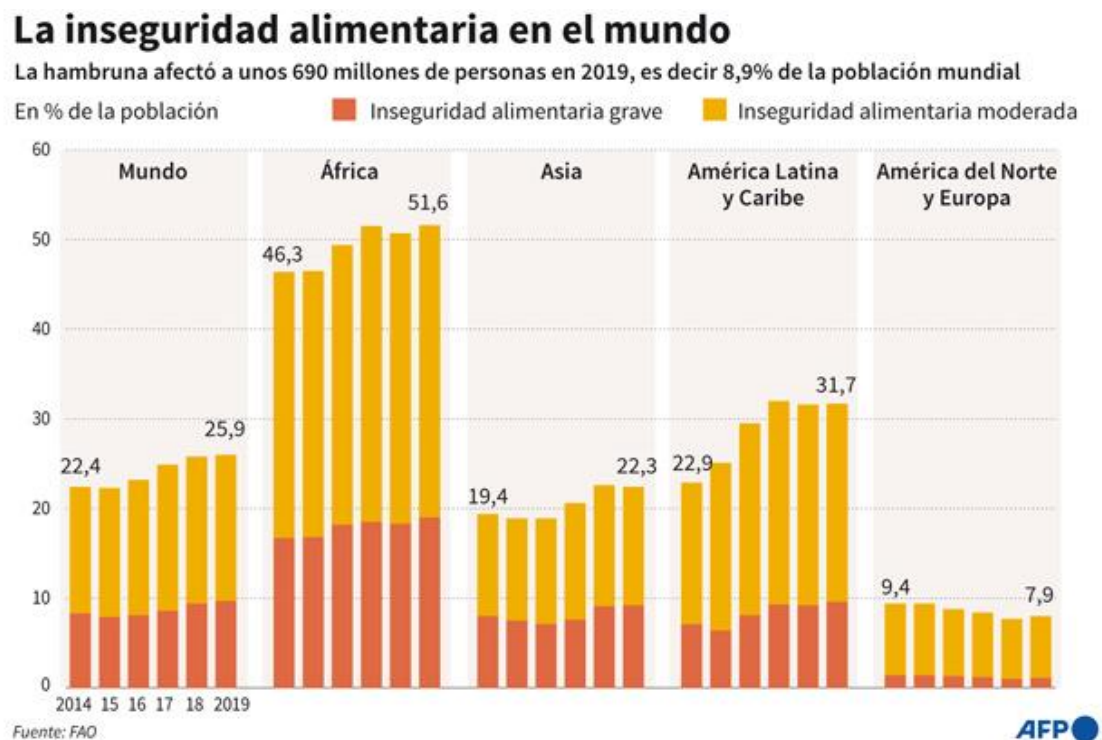


Figura 6: gráfica de la inseguridad alimentaria en el mundo hasta el año 2019 [22]

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2010) aún existen 925 millones de personas malnutrida y el 98% de ellas

viven en países en vía de desarrollo. En estos países el rendimiento de las cosechas ha disminuido y se han registrado bajos valores per cápita, lo cual hace necesario buscar alternativas que incrementen las producciones agrícolas. Para solucionar este problema se ha generado un incremento del uso pesticidas en estos países. Este incremento se potencializa por las afectaciones de las variables meteorológicas debido al cambio climático [2].

5.4. Metabolitos secundarios de las plantas:

En la búsqueda de soluciones alternativas a los problemas en la sanidad vegetal, se ha incrementado el interés en las plantas y su quimio-biodiversidad como fuente de metabolitos secundarios bioactivos con el objetivo de lograr un manejo sostenible de las plagas [1].

Los metabolitos secundarios son pequeñas moléculas orgánicas que generalmente presentan una estructura compleja y única de carbono [19]. Pueden encontrarse como moléculas simples o complejas, y pueden distribuirse en diferentes partes de la planta como tejidos vegetales de tallos, hojas y frutos [23]. Estas sustancias se han usado en beneficio de la humanidad desde hace muchos años como agentes fitosanitarios de origen vegetal [1,14].

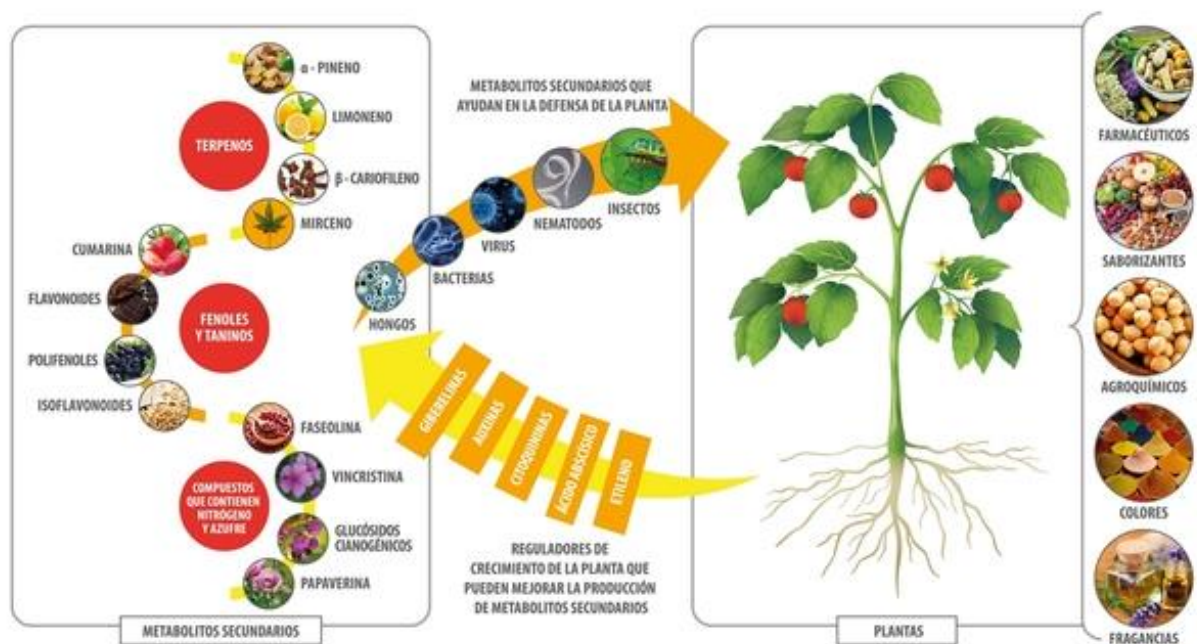


Figura 7: representación de los metabolitos secundarios producidos por las plantas [24]

Puede emplearse toda la planta, residuos de cultivos y partes de las plantas y el uso de compuestos y los extractos, actuando directamente sobre la plaga diana o induciendo resistencia [1].

Durante años la agricultura se ha basado en el uso de pesticidas para combatir las plagas, afectando algunos de estos productos a la salud de los humanos y creando problemas medioambientales y de resistencias [16]. Para contribuir a los programas de manejo integrado de cultivos, se requiere que los productos para la protección vegetal, además de presentar alta efectividad y especificidad, demuestren perfiles ambientales y toxicológicos benignos [1,25].

Existen tres grandes categorías de metabolitos secundarios vegetales como productos naturales: terpenos y terpenoides (~25.000 tipos, 55%), alcaloides (~12.000 tipos, 27%) y compuestos fenólicos (~8.000 tipos, 18%) [26]. Las familias de plantas relacionadas suelen hacer uso de estructuras químicas relacionadas para la defensa (por ejemplo, los isoflavonoides en las fabáceas, los sesquiterpenos en las solanáceas), aunque algunas clases químicas se utilizan para funciones defensivas en todos los taxones (por ejemplo, los derivados fenilpropanoides) [27].

Metabolitos secundarios			
Categoría	Terpenos y terpenoides	Alcaloides	Compuestos fenólicos
Porcentaje	55%	27%	18%
Ejemplos	Eucaliptol (<i>Eucalyptus globulus Labill.</i>), Zingibereno (<i>Zingiber officinale Rosc.</i>)	Nicotina (<i>Nicotiana tabacum L.</i>), Cafeína (<i>Coffea arabica L.</i>)	Vainillina (<i>Vanilla planifolia Jacks.</i>), Ácido cafeico (<i>Coffea arabica L.</i>)
Propiedades	Antisépticas	Antitumorales	Antioxidantes

Tabla 1: grupos de metabolitos secundarios, propiedades y ejemplos.



Figura 8: Eucalipto, café y vainilla [28, 29, 30]

El reino vegetal presenta una gran reserva de moléculas por descubrir; las plantas producen variedad de sustancias químicas importantes para mediar en la interacción con su entorno [16]. Se sabe que más de 2.000 especies de plantas tienen propiedades plaguicidas, y muchas de ellas son utilizadas por los agricultores de los países en vías de desarrollo [31]. Sin embargo, se estima que hasta ahora sólo se ha investigado el 20-30% de los AEs en las plantas [32].

Dentro de una sola especie, se pueden producir entre 5.000 y 20.000 compuestos primarios y secundarios individuales, aunque la mayoría de ellos como cantidades traza que normalmente se pasan por alto en un análisis fitoquímico [32, 33, 34]. De este modo, los compuestos biológicos potencialmente útiles de esta reserva de material vegetal, permanecen sin descubrir, sin investigar, sin desarrollar o infrautilizados [32,35, 36].

5.5. Aceites esenciales:

5.5.1. Definición:

Los aceites esenciales (AEs) son productos naturales caracterizados por un fuerte olor, constituidos por mezclas complejas de compuestos volátiles y obtenidos a partir de un material natural mediante destilación (seca, con agua o vapor) o prensado entre otros métodos [37, 38].

El término “pesticidas verdes” hace referencia a aquellas sustancias de origen natural que pueden contribuir en el control y reducción de plagas, y en el aumento de

la producción alimentaria. Los pesticidas verdes son seguros, ecológicos y más compatibles con el medioambiente que los pesticidas sintéticos [39, 40].

Los Aes, son la principal causa de los olores en las plantas aromáticas. Estas complejas mezclas se encuentran compuestas por terpenos (especialmente mono y sesquiterpenos, y mono y sesquiterpenoides), compuestos aromáticos y alifáticos con vidas medias de entre 24-48h, que no persisten en el medioambiente [41]. La composición química de los aceites esenciales se ve afectada por sustancias endógenas y factores exógenos, por ejemplo, especies de la planta, posición geográfica, condiciones climáticas, recolección, tiempo y método de extracción [42]. Se podría decir que los aceites esenciales son la estrategia defensiva que presentan las plantas frente a las plagas, además de presentar un importante papel en las interacciones planta-planta y atracción de insectos polinizadores [43]. La seguridad ambiental que presentan es uno de los motivos del aumento de su empleo en la agricultura, cosmética, medicina y, recientemente en la conservación sostenible de bienes culturales, ya que son fácilmente degradables de manera natural [44]. Además, salvo algunas excepciones, los aceites esenciales no han mostrado ninguna toxicidad a los animales homeotérmicos y se consideran “generalmente reconocidos como seguros” por la Agencia de Protección Ambiental de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos [45].

5.5.2. Obtención:

Para la obtención de AEs se emplean diferentes técnicas de extracción, que incluyen métodos directos como la compresión de la hoja, y métodos indirectos como la destilación por arrastre con vapor y la destilación con agua asistida por radiación de microondas (HDMO). En esta última técnica el efecto de la radiación calienta el agua hasta ebullición de tal manera que el vapor generado penetra y rompe las estructuras celulares que contienen la esencia, la cual es liberada y arrastrada por el vapor de agua para su posterior condensación y separación. La HDMO es un proceso muy rápido y relativamente económico y los AEs obtenidos se encuentran libres de productos de descomposición térmica y de contaminantes [46, 47].

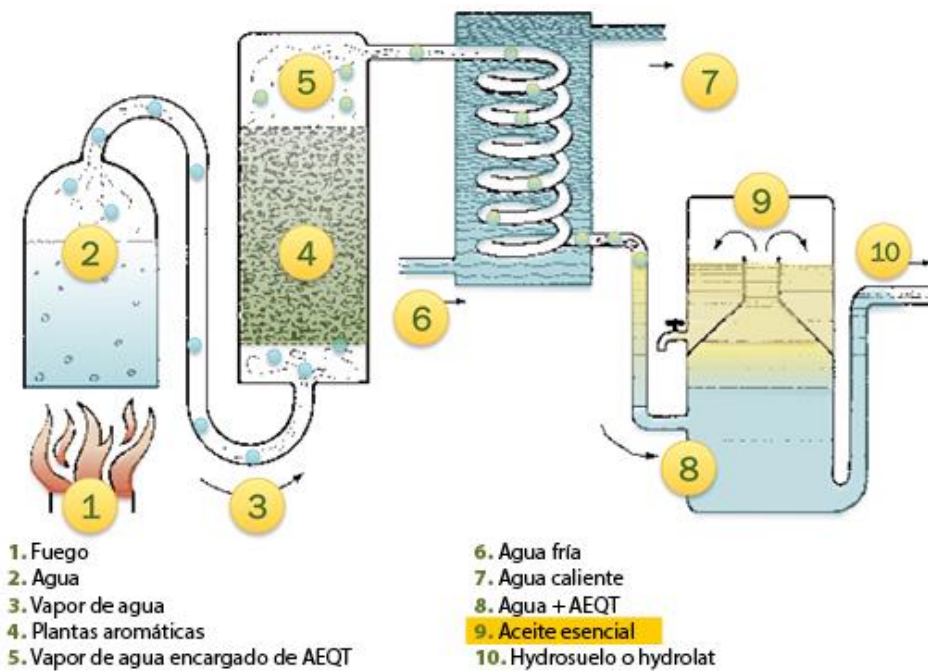


Figura 9: mecanismo de obtención de los aceites esenciales [48]

5.5.3. Principales familias, géneros y especies estudiadas:

Como ya se ha mencionado, la toxicidad tanto a nivel humano como medioambiental de los fitoquímicos, es la razón por la cual se investigan los AEs como posible alternativa. Una de las familias más estudiadas ha sido la Lamiaceae, ya que sus componentes han resultado ser letales frente a los insectos, además de ser seguros y accesibles. El único inconveniente es la degradación de los AEs con la luz, cuya solución podría ser la encapsulación [49].

Entre las principales plantas productoras de aceites esenciales se encuentran: ajedrea silvestre (*Satureja montana L.*) con acción fungicida, bactericida y antiséptico; [50] el ciprés (*Cupressus sempervirens L.*) con acción antiviral [29]; la lavanda (*Lavandula L.*) con acción antibacteriana [51]; y el hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*) con acción antioxidante, antiinflamatorio y antimicrobiano [52].

En los últimos años el interés de la comunidad médica por los aceites esenciales y remedios herbales se ha visto incrementado, al igual que la industria agrícola entre otras. Merece mención especial el incremento en la búsqueda de aceites esenciales con

actividad antimicrobiana y antioxidante para la industria alimentaria [53]. Los AEs son naturales, biodegradables y de baja toxicidad [38,54]. Además, no se acumulan en el ambiente y presentan espectro de acción específico, lo que disminuye las resistencias [38, 55].

Recientemente, varios estudios se han centrado en el uso de aceites esenciales en el control de plagas por insectos. Los Aes pueden degradarse más rápidamente que los pesticidas sintéticos, y presentan mayor especificidad para no perjudicar a los insectos beneficiosos [56]. Además, investigaciones recientes demuestran sus efectos larvicidas [57], su capacidad para retrasar el desarrollo, y causar la mortalidad de larvas adultas y huevos, y su acción detectora y repelente [58].

Los AEs son constituidos por sustancias de baja masa molecular, altamente volátiles y termolábiles que se oxidan e hidrolizan fácilmente en dependencia de su estructura. Por ello son insolubles en disoluciones acuosas, lo que limita su empleo como saborizantes en alimentos. La encapsulación de AEs beneficia la liberación controlada, incrementa la biodisponibilidad y eficiencia contra patógenos. Esto se garantiza si se encapsulan en diferentes sistemas, tales como emulsiones o cápsulas. Las emulsiones son también una forma valiosa de controlar las enfermedades de las plantas [38].



Figura 10: aceites esenciales obtenidos de las plantas por maceración [59]

Las emulsiones son utilizadas en productos farmacéuticos, cosméticos y fitosanitarios. Las ventajas de estos sistemas son la facilidad de su preparación y bajo costo, pero tiene como limitantes la inestabilidad física cuando se exponen por ejemplo a calor o congelación [38].

Estudios realizados con la especie *Pimpinella anisum* L. (anís), frente a los trips han demostrado presentar acción plaguicida. Los trips son insectos que ocasionan un deterioro de la calidad estética del botón floral. Por el desarrollo de resistencias, los trips representan la segunda plaga más importante del rosal [60].

En investigaciones llevadas a cabo con los aceites esenciales de: *Eucalyptus globulus* Labill., *Rosmarinus officinalis* L., *Allium sativum* L. se observó su eficacia frente a *A. gossypii*, *M. persicae* y *M. euphorbiae*, en cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L. híbrido Paloma). Los AEs pueden inhibir la respiración, disminuir la alimentación, o afectar el crecimiento entre otros efectos [61]. Tratamientos con aceite esencial de ajo (*A. sativum* L.) + aceite vegetal de soja y de eucalipto (*E. globulus* Labill) + aceite vegetal de soja, disminuyeron el número de individuos. Por otro lado, el aceite de *Allium sativum* L. incrementó la mortalidad de adultos de cucaracha alemana *Blattella germánica* [62]. Con respecto al aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. los componentes allyl isotiocianato, (E) –nerolidol, limoneno, p-cymeno e γ - terpineno demostraron fuerte actividad larvicida contra el mosquito *Aedes aegypti* [63, 64]. También se demostró que el aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. tiene actividad adulticida, ovicida y larvicida contra la plaga de grano almacenado *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) [65, 66]. El aceite puede tener efecto subletal como acción repelente sobre el trips de la cebolla *Thrips tabaci* [67].

Como se ha señalado anteriormente, los AEs han cobrado especial importancia en industrias como la alimentaria, donde aumentan las resistencias bacterianas, sobre todo, mediante la formación biofilms. Los biofilms son colonias bacterianas que crecen en una matriz producida por ellas mismas y adheridas a una superficie. Según un estudio llevado a cabo, se analizó la capacidad antimicrobiana de aceites esenciales (carvacrol, eugenol, timol y vainillina) frente a *E. coli* aisladas en superficies de la industria cárnica. Los hallazgos encontrados indican que los componentes de aceites esenciales podrían

ser aplicados en un futuro como alternativas válidas a los agentes biocidas convencionales [68]. Los moscardones también son un problema en esta industria. Un estudio publicado por la revista *Insects* confirma la actividad de los aceites esenciales de *Allium sativum L.*, *Rosmarinus officinalis L.*, and *Salvia officinalis L.*, frente a tal insecto [69].



Figura 11: simúlido, conocido vulgarmente como mosca negra [70]

Como se ha señalado, los aceites esenciales han demostrado presentar buenos resultados frente a plagas de diversos insectos, además de no afectar a los insectos beneficiosos como ocurre con los pesticidas, produciendo en consecuencia una disminución de los insectos polinizadores beneficiosos. Además, está el problema de las resistencias a los pesticidas que crean los insectos perjudiciales para las plagas. El pulgón del melocotón, por ejemplo, *Myzus persicae* presenta 6 tipos de resistencias. Además de los pesticidas convencionales, los basados en hongos han sido usados durante décadas, pero su desarrollo ha sido obstaculizado por la legislación y la dificultad en su uso. Por todo ello, la mejor alternativa sigue siendo el empleo de los pesticidas botánicos [71].



Figura 12: distintas plantas que presentan aceites esenciales en su composición [72]

Planta		
Nombre científico	Nombre común	Propiedades
<i>Cymbopogon flexuosus</i> Wats.	Pasto de limón	Pesticidas
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	Pesticidas
<i>Rosmarinus officinalis</i> Schleid.	Salvia	Pesticidas
<i>Vetiveria zizanooides</i> Roberty	Vetiver	Pesticidas
<i>Eugenia caryophyllus</i> Merr. & L. M. Perry	Clavo	Pesticidas
<i>Thymus vulgaris</i> L.	Tomillo	Pesticidas
<i>Mentha piperita</i> G. Mey.	Menta	Repelente de hormigas, moscas, polillas y piojos
<i>Mentha spicata</i> L.	Hierbabuena	Repelente de moscas
<i>Ocinum basilicum</i> L.	Albahaca	Repelente de moscas
<i>Cymbopogon winterianus</i> Jowitt.	Citronela de Java	Repelente de insectos y animales

Tabla 2: plantas y propiedades [73]

6. CONCLUSIONES:

La gran problemática de los pesticidas químicos es su toxicidad sobre el conjunto de los seres vivos y la contaminación ambiental. Entre sus efectos nocivos destacan la reducción de los insectos polinizadores y la toxicidad tanto aguda como crónica para los seres vivos.

La contaminación ambiental, alimentaria y humana, junto con la hambruna mundial, hacen necesaria la búsqueda de alternativas ecológicas y saludables para el conjunto de la población mundial.

En la búsqueda de alternativas a los productos químicos los aceites esenciales, usados durante siglos en el control de las plagas en cultivos, cobran especial importancia. Por su origen natural, escasa toxicidad y múltiples aplicaciones, además de existir un gran porcentaje aún sin descubrir de los mismos, representan una alternativa muy interesante a investigar para el control de plagas.

7. BIBLIOGRAFÍA:

[1] Oriela Pino, Yaíma Sánchez, Miriam M. Rojas. Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. I: ackground, research approaches and trends. Rev. Protección Veg. Vol. 28 No. 2 (2013): 81-94.

[2] Díaz, O., & Betancourt Aguilar, C. R. Los pesticidas; clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: una revisión. 2018. Revista Científica Agroecosistemas, 6(2), 14-30.

[3] Villacres, N. (2014). El uso de plaguicidas químicos en el cultivo de papa (*solanumtuberosum*) su relación con el medio ambiente y la salud. Tungurahua: Universidad Técnica de Ambato.

[4] Verma, N., & Bhardwaj, A. (2015). Biosensor Technology for Pesticides. Appl Biochem Biotechnol, 175(6),3093–3119. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1489-2>

[5] Ha, T. M. (2014). A review on the Development of Integrated Pest Management and Its Integration in Modern Agri-culture. Asian Journal of Agriculture and Food Science, 2(4), 336-340.

[6] Pesticidas en cultivos [Internet]. Periódico Ecoticias; 2021. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: <https://www.ecoticias.com/sostenibilidad/192769/Reducir-uso-pesticidas-deber-obligacion>

[7] Pesticidas en cultivos [Internet] Revista Cuerpamente; 2019. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: https://www.cuerpamente.com/ecologia/medio-ambiente/como-afectan-disruptores-endocrinos-hormonas_2638

[8] Lorenz, E. S. (2006). Pesticide safety fact sheet. Pennsylvania: Pennsylvania State University.

[9]Frazier, M. T., et al. (2015). Assessing Honey Bee (Hyme-noptera: Apidae) Foraging Populations and the Poten-tial Impact of Pesticides on Eight US Crops. J Econ En-tomol, 108(5), 2141-2152. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jee/tov195>

[10] Zhan, Y., & Zhang, M. (2014). Spatial and temporal patterns of pesticide use on California almonds and associated risks to the surrounding environment.Sci Total Environ, 472, 517-529. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.022>

[11] Dash, S. (2015). Ernvironmental pollution and its disatrous effect: a review. International Journal of Recent Scienti-fic Researc, 6(2), 2554-2560.

[12] Ciclo de los plaguicidas en el medioambiente [Internet]. Organización Ecologistas en acción; 2018. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/100458/rios-plagados-de-pesticidas/>

[13] Brechelt, A. (2004). Manejo Ecológico de Plagas y Enfer-medades. Santiago de Chile:Red de Acción en Plagui-cidas y sus Alternativas para América Latina.

[14] Singh Rattan R, Anuradha S. Plant secondary metabolites in the sustainable diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) management. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences. 2011;1(3):295-309. Disponible en: <http://www.cibtech.org/jls.htm>

[15] Rotación de cultivos [Internet]. Recursos académicos; 2013. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: <https://www.recursosacademicos.net/la-rotacion-de-cultivos/>

[16] Isman MB. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu Rev Entomol. 2006;51:45-66. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annuev.ento.51.110104.151146>

[17] Regnault-Roger C. Trends for commercialisation of biocontrol agent (biopesticide) products. En: Mérillon JM, Ramawat KG, editores. Plant defence: biological control, progress in biological control 12. 2012. p.139-60. Disponible: https://doi.org/10.1007/978-94-007-1933-0_6

[18] Peligro pesticidas [Internet]. Concepto de plaguicidas; 2021. [consultado 2021 jun 2]. Disponible: <https://concepto.de/plaguicidas/>

[19] Cavoski I, Caboni P, Miano T. Natural Pesticides and Future Perspectives. In: Stoytcheva M, editor. Pesticides in the Modern World - Pesticides Use and Management. 2011. p. 169-90.

[20] Frederico, G. (2005). Feeding the World: an economic history of agriculture, 1800-2000. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/9781400837724>

[21] Ryan Armstrong, La agricultura ecológica como instrumento del desarrollo sostenible. Universitat de Barcelona. 2013. Treballs finals del Màster "Estudios Internacionales: organizaciones internacionales y cooperación – Colección Memorias MEI", Facultat de Dret, Universitat de Barcelona, Curs:2012-2013 , Director: Xavier Fernández Pons Disponible en: <http://hdl.handle.net/2445/56291>

- [22] Gráfico hambruna mundial [Internet]. Periódico la Opinión Colombia; 2020. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: <https://www.laopinion.com.co/mundo/el-hambre-crece-y-empeorara-con-la-pandemia>
- [23] Elena Cristina Quispe Chavez. Los compuestos fenólicos en las plantas. Ciencia amazónica. Vol. 5. 2 (2015): 89-90.
- [24] Metabolitos secundarios en las plantas [Internet]. Engormix; 2019. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/como-asegurar-efectividad-fitobioticos-t43810.htm>
- [25] Smith K, Evans DA, El-Hiti GA. Role of modern chemistry in sustainable arable crop protection. Phil Trans R Soc B. 2008;363:623-637. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2174>
- [26] Zwenger S, Basu Ch. Plant terpenoids: applications and future potentials. Biotechnology and Molecular Biology Reviews. 2008;3(1):1-7. Disponible en: <https://digscholarship.unco.edu/biofacpub/4>
- [27] Dixon RA. Natural products and plant disease resistance. Nature. 2001;411:843-847. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/35081178>
- [28] *Eucaliptus globulus* [Internet]. Herbiolys; 2020. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: https://www.louis-herboristeria.com/es/2286-eucalipto-bio-v%C3%ADas-respiratorias-tintura-madre-eucalyptus-globulus-50-ml-herbiolys-3700550510796.html?content_only=1.
- [29] *Coffea arabica* [Internet]. Blog Pikaplant; 2019. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: https://pikaplant.com/es/?attachment_id=7751&v=04c19fa1e772
- [30] *Vanilla planifolia* [Internet]. Blog Bioenciclopedia; 2018. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: <https://www.bioenciclopedia.com/vainilla/>
- [31] Adeyemi MMH. The potential of secondary metabolites in plant material as deterrents against insect pests: A review. Afr J Pure Appl. Chem. 2010;4(11):243-246. Disponible en: <https://doi.org/10.5897/AJPAC.9000168>
- [32] Wink M. Introduction: biochemistry, physiology and ecological functions of secondary metabolites. Annual Plant Reviews. 2010;40:1-19. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781444320503.ch1>
- [33] Isman MB. Botanical insecticides in modern agriculture and an increasingly regulated world Conference at National Center for Animal and Plant Health (CENSA). Mayabeque, Cuba. 2013. 51 slides.
- [34] Fischer D, Imholt C, Pelz HJ, Wink M, Prokopc A, Jacoba J. The repelling effect of plant secondary metabolites on water voles, *Arvicola amphibious*. Pest Manag Sci. 2013;69:437-443. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ps.3438>

[35] Ribera AE, Zuñiga G. Induced plant secondary metabolites for phytopathogenic fungi control: a review. *J Soil Sci Plant Nutr.* 2012;12(4):893- 911. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012005000040>

[36] Cutler H, Cutler S. *Biologically actives natural products: Agrochemicals.* CRC Press LLC, Boca Ratón, Florida; 1999.

[37] Roohinejad, S., Koubaa, M., Barba, F. J., Leong, S. Y., Khelfa, A., Greiner, R. & Chemat, F. (2017). Extraction methods of essential oils from herbs and spices. En: S. M. B. Hashemi, A. M. Khaneghah, & A. de Souza Sant'Ana (Eds.), *Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications* (pp. 21-56). Chichester: Wiley-Blackwell.

[38] Yojhansel Aragüez, Jorge A. Pino. Conocimientos actuales acerca de la encapsulación de aceites esenciales, *CENIC Cienc. Quím.*, 2021; vol. 52. (1):010-025.

[39] Isman M. B, Machial CM. (2006). Pesticides based on plant essential oils: From traditional practiceto commercialization. In Rai M, Carpinella MC (eds.), *Naturally Occurring Bioactive Compounds*, Elsevier, BV, pp 29–44. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1572-557X\(06\)03002-9](https://doi.org/10.1016/S1572-557X(06)03002-9)

[40] Hussein A. H. Said-Al Ahl, Wafaa M. Hikal, Kirill G. Tkachenko. *Essential Oils with Potential as Insecticidal Agents: A Review.* AIS 2017. Vol 3, No 4. pp 23-33.

[41] Bakkali, F.; Averbeck, S.; Averbeck, D.; Idaomar, M. Biological effects of essential oils—A review. *Food Chem. Toxicol.* 2008, 46, 446–475. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>

[42] Rasooli, I.; Gachkar, L.; Yadegari, D.; Bagher-Rezaei, M.; Taghizadeh, M.; Alipoor-Astaneh, S. Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Food Chem.* 2007, 102, 898–904. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.035>

[43] Theis, N.; Ler dau, M. The evolution of function in plant secondary metabolites. *Int. J. Plant Sci.* 2003, 164, 93–102.

[44] Isman, M.B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ann. Rev. Entomol.* 2006, 51, 45–66. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev.entro.51.110104.151146>

[45] Burt, S. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *Int. J. Food Microbiol.* 2004, 94, 223–253. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>

[46] Kingston, HM, Jassie, LB. *Introduction to microwave sample preparation, theory and practice.* Washington: American Chemical Society; 1988. p. 7-31.

[47] Jennifer P. ROJAS Ll. , Aidé PEREA V., Elena E. STASHENKO. Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos. VISTAE, 2019. Vol 16, No. 1. pp 110-115.

[48] Obtención aceites esenciales [Internet]. Blog Steemit; 2018. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: <https://steemit.com/spanish/@skynov/de-la-quimica-a-la-vida-ciencia-para-curiosos-proceso-de-obtencion-de-aceites-esenciales>

[49] Asgar Ebadollahi, Masumeh Ziaee and Franco Palla. Essential Oils Extracted from Different Species of the Lamiaceae Plant Family as Prospective Bioagents against Several Detrimental Pests. *Molecules* 2020, 25, 1556. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules25071556>

[50] Muñoz Centeno. L. M. Plantas medicinales españolas: Satureja montana L. (Lamiaceae, ajedrea silvestre). *Lazarra* 24: 19-23 (2003).

[51] De Silva B.C.J., Hossain S., Wimalasena S.H.M.P., Pathirana H.N.K.S., Dahanayake P.S., Heo G.J. (2018): Comparative *in vitro* efficacy of eight essential oils as antibacterial agents against pathogenic bacteria isolated from pet-turtles. *Veterinarni Medicina*, 63: 335-343. Disponible en: <https://doi.org/10.17221/142/2017-VETMED>

[52] Roja Rahimi and Mohammad Reza Shams Ardekani. Medicinal Properties of *Foeniculum Vulgare* Mill. in Traditional Iranian Medicine and Modern Phytotherapy. *Chin. J. Integr. Med.* 2013. Vol. 19 (1): 73-79. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11655-013-1327-0>

[53] Vintila, 2017; Shojaee-Aliabadi et al., 2017; Hashemi et al., 2017; Tariq et al., 2019.

[54] Kuttan, R., & Liju, V. B. (2017). Safety evaluation of essential oils. En: S. M. B. Hashemi, A. M. Khaneghah, & A. de Souza Sant'Ana (Eds.), *Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications* (pp. 247-292). Chichester: Wiley-Blackwell.

[55] Solís-Quispe, L., Pino, J. A., Tomaylla-Cruz, C., Solís-Quispe, J. A., Aragón-Alencastre, L. J., & Solís-Quispe, A. (2018a). Chemical composition and larvicidal activity of the essential oils from *Minthostachys spicata* (Benth) Epling and *Clinopodium bolivianum* (Benth) Kuntze against *Premnotrypes latithorax* Pierce. *Amer. J. Essent. Oils Nat. Prod.*, 6(2), 22-28.

[56] Pillmoor JB, Wright K, Terry AS. (1993). Natural products as a source of agrochemicals and leads for chemical synthesis. *Pestic. Sci.*,39:131-140. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ps.2780390206>

[57] Bathal SS, Singh D, Dhillon RS. (1993). Effect of crude root oils of *Inularacemosa* and *Saussurealappa* on feeding, survival and development of *Spodopteralitura* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Eur. J. Entomol.*, 90(2):239-240.

[58] Landolt PJ, Hofstetter RW, Biddick LL. (1999). Plant essential oils as arrestants and repellents for neonate larvae of the codling moth (Lepidoptera, Tortricidae). *Environ. Entomol.*, 28(6):954-960. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ee/28.6.954>

[59] Aceites esenciales [Internet]. Blog 65ymas. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: <https://www.65ymas.com/consejos/5-aceites-esenciales-tus-musculos-22487-102.html>

[60] Agustín Robles-Bermúdez, Candelario Santillán-Ortega, J. Concepción Rodríguez-Maciél, José Roberto Gómez-Aguilar, Néstor Isiordia-Aquino y Rubén Pérez-González. Trampas tratadas con *Pimpinella anisum*, como atrayente de trips (Thysanoptera: Thripidae) En rosal. REMEXCA. 2018. Vol. 22 (1): 11-90.

[61] Akhtar, Y. & Isman, M. B. Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. *Journal of Applied Entomology*. 2004. 128: 32-38. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00806.x>

[62] Tunaz, H.; Kubilay, M. Er. & Sikber, A. A. Fumigant toxicity of plant essential oils and selected monoterpenoid components against the adult german cockroach, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae) *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2009. Vol 33 (2): 211-217. Disponible en: <https://doi:10.3906/tar-0805-22>

[63] Park et al., 2011. . Larvicidal Activity of Myrtaceae Essential Oils and Their Components against *Aedes aegypti*, Acute Toxicity on *Daphnia magna*, and Aqueous Residue. *Journal of Medical Entomology*. Vol 48 (2): 405-410. Disponible en: <https://doi.org/10.1603/ME10108>

[64] Regnault-Roger et al., 2004. Biopesticidas de origen vegetal. 1ra ed., Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp: 20-38.

[65] Işık, M. & Görür, G. 2009. . Aphidicidal activity of seven essential oils against the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae). *Munis Entomology & Zoology*. Vol 4 (2): 365-372.

[66] Miresmailli, S. & Isman M.B. 2006. Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. *Journal of Economy Entomology*, December. Vol 99 (6): 2015-23. Disponible en <https://doi.org/10.1093/jee/99.6.2015>

[67] Lindeman Sedy, K.A. & Koschier, E.H. 2003. Bioactivity of carvacrol and thymol against *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci*. *Journal of Applied Entomology* 127: 313-316. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00767.x>

[68] Sara Da Silva Janeiro, Ana I. Jiménez Belenguer, María Ruiz Rico, José M. Barat. Actividad antimicrobiana y anti-biofilm de compuestos de aceites esenciales en cepas de *Escherichia coli* presentes en la industria cárnica. 2019. Universitat de Valencia.

[69] Stefano Bedini, Salvatore Guarino, Maria Cristina Echeverria, Guido Flamini, Roberta Ascricchi, Augusto Loni and Barbara Conti; *Allium sativum*, *Rosmarinus officinalis*, and *Salvia officinalis* Essential Oils: A Spiced Shield against Blowflies. *Insects* 2020, Vol.11(3), p.143. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/insects11030143>

[70] Mosca negra cultivos [Internet]. Blog Humboldt; 2020. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: <https://www.humboldtseeds.net/es/blog/lucha-mosca-suelo-cultivos-marihuana/>

[71] Chandler, D., Bailey, A.S., Tatchell, G.M., Davidson, G., Greaves, J. & Grant, W.P. (2011) The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 366, 1987-1998. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0390>

[72] Aceites esenciales plantas [Internet]. Federación Internacional de Aromaterapia; 2019. [consultado 2021 jun 2]. Disponible en: https://ifaroma.org/es_ES/home/explore_aromatherapy/essential-oil-extraction

[73] Hussein A. H. Said-Al Ahl, Wafaa M. Hikal and Kirill G. Tkachenko. Essential Oils with Potential as Insecticidal Agents: A Review. AIS, 2017. Vol 3, No. 4. pp 23-33.