



UNAP



FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

TESIS

**ACTIVIDAD ANTIALIMENTARIA DE ACEITES ESENCIALES DE ESPECIES
VEGETALES DE LA FAMILIA DE PIPERACEAE, POTENCIALES
BIOPLAGUICIDAS, 2020**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO**

PRESENTADO POR:

MAO DENG JESULIN VELA MENDOZA

ASESORES:

Q.F. LILIANA RUIZ VÁSQUEZ, Dra.

Ing. LASTENIA RUIZ MESIA, Dra.

IQUITOS, PERÚ

2021

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°052-PCGT-FFyB-UNAP-2021/OFICIO N°-DINV-UNAP-2021

En la ciudad de Iquitos, Distrito de Iquitos, Departamento de Loreto, por vía Zoom de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, a los 03 días del mes de setiembre de 2021, a horas 18:00, se dio inicio a la sustentación pública de Tesis titulada "ACTIVIDAD ANTIALIMENTARIA DE ACEITES ESENCIALES DE ESPECIES VEGETALES DE LA FAMILIA DE *Piperaceae*, POTENCIALES BIOPLAGUICIDAS, 2020", aprobado con Resolución Decanal N°180-2021-FFyB-UNAP, presentado por el bachiller: MAO DENG JESULIN VELA MENDOZA, para optar el Título Profesional de Químico(a) Farmacéutico(a) que otorga la Universidad de acuerdo con Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal N°105-2021-FFyB-UNAP, está integrada por:

- | | |
|--|------------|
| - Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, Dra. | Presidente |
| - Q.F. MARIO JAVIER DE LA CRUZ FLORES, Mtro. | Miembro |
| - Q.F. HENRY VLADIMIR DELGADO WONG. | Miembro |

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: adecuadamente.

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido aprobada con la calificación buena.

Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Químico(a) Farmacéutico(a).

Siendo las 19:15 se dio por terminado el acto académico de sustentación.


Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, Dra.
Presidente

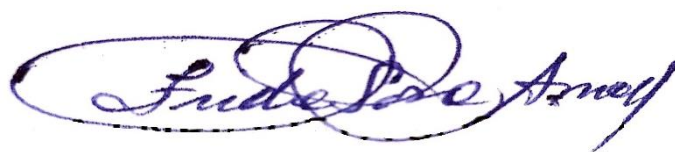

Q.F. MARIO JAVIER DE LA CRUZ FLORES, Mtro.
Miembro


Q.F. HENRY VLADIMIR DELGADO WONG.
Miembro


Q.F. Q.F. LILANA RUIZ VÁSQUEZ, Dra.
Asesora


Ing. Quim. LASTENIA RUIZ MESIA, Dra.
Asesora

JURADO Y ASESORES



Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, Dra.

CQFP: 03468

Presidente



Q.F. MARIO JAVIER DE LA CRUZ FLORES, Mgr.

CQFP: 13374

Miembro



Q.F. HENRY VLADIMIR DELGADO WONG.

CQFP: 12492

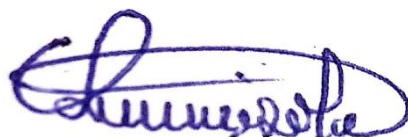
Miembro



Q.F. LILIANA RUIZ VÁSQUEZ, Dra.

CQFP: 12491

Asesora



Ing. Quim. LASTENIA RUIZ MESIA, Dra.

CIP: 27677

Asesora

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres **Amelia Mendoza, Regner Vela** que pusieron todo el empeño y el esfuerzo en apoyarme en mis estudios, por brindarme la confianza y la seguridad de cumplir con mis metas planteadas en todo el estudio de mi presente carrera profesional.

A mi hijo **Deckan Mao** por ser la motivación en mi vida personal tanto académica y profesional.

Mao Deng

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC).

Al Laboratorio de Investigación de Productos Naturales Antiparasitarios de la Amazonía (LIPNAA), Centro de Investigación de Recursos Naturales de la Amazonia (CIRNA), Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Por permitirme hacer las investigaciones correspondientes en sus instalaciones.

A la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), por ser nuestra casa de estudio y ser mi segundo hogar en mi vida profesional.

Al Instituto de Ciencias Agrarias (ICA), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, España. Por permitirme hacer las investigaciones correspondientes en sus instalaciones.

A la Dra. Liliana Ruiz Vázquez, por su dedicación, paciencia, enseñanza y constante exigencia de estudiar en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Dra. Lastenia Ruiz Mesia, por su paciencia y enseñanza durante el desarrollo del proyecto de investigación.

Ing. Hivelli Ericka Ricopa Cotrina, por su enseñanza, apoyo y motivación para seguir adelante con el proyecto.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

- Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), contrato N° 433-2019-FONDECYT, Resolución Rectoral N° 0263-2020-UNAP.

Proyecto titulado: “Bioplaguicidas naturales basados en aceites esenciales de Piperáceas: una alternativa para el control de plagas en cultivos agrícolas”.

Investigadora Principal: Dra. Liliana Ruiz Vásquez.

ÍNDICE GENERAL

Acta de Sustentación	ii
Jurado	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Fuente de financiamiento	vi
Índice general	vii
Índice tablas	viii
Índice figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
Introducción	1
Capítulo I: Marco teórico	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	5
1.2.1. Generalidades de la familia piperaceae	5
1.2.2. Género <i>piper</i>	5
1.2.2.1. Descripción botánica del género <i>piper</i>	6
1.2.3. Estudios fitoquímicos y actividades biológicas	6
1.2.4. Pesticidas	8
1.2.4.1. Mecanismo de defensa de las plantas	8
1.2.4.2. Plaguicidas sintéticos	8
A. Compuestos organoclorados	9
B. Compuestos organofosforados (OP)	10
C. Compuestos tipo carbamatos	11
1.2.4.3. Pesticidas de origen natural o bioplaguicidas	12
A. Rotenona	13
B. Neem	14
C. Nicotina	15
D. Piretrinas	16
E. Aceites esenciales de plantas	17
1.2.5. Insectos diana	18
1.2.5.1. <i>Spodoptera littoralis</i> (Bois)	19

1.2.5.2. <i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	21
1.2.5.3. <i>Rhopalosiphum padi</i> (L)	23
1.3. Definiciones de términos básicos	24
Capítulo II: Hipótesis y variables	26
2.1. Formulación de la hipótesis	26
2.2. Variables y definiciones operacionales	26
Capítulo III: Metodología	27
3.1. Diseño y tipo.	27
3.2. Diseño muestral	27
3.2.1. <i>Piper coruscans</i> kunth.	28
3.2.2. <i>Piper sancti-felicis</i> Trel.	28
3.2.3. <i>Piper casapiense</i> (Miq) C. DC	28
3.2.4. <i>Piper obliquum</i> Ruiz & Pav.	29
3.2.5. <i>Piper anonifolium</i> (Kunth).	29
3.2.6. <i>Piper tuberculatum</i> Jacq.	29
3.2.7. <i>Piper dumosum</i> Rudge	29
3.2.8. <i>Piper reticulatum</i> L	30
3.2.9. <i>Piper soledadense</i> Trel	30
3.2.10. <i>Piper mituense</i> Trel. & Yunck	30
3.3. Procedimiento de recolección de datos	30
A. Preapación de la muestra	30
B. Obtención de los aceites esenciales	31
C. Ensayos de actividad antialimentaria	31
3.4. Procesamiento y análisis de datos	32
Capítulo IV: Resultados	33
Capítulo V: Discusión	37
Capítulo VI: Conclusiones	40
Capítulo VII: Recomendaciones	41
Capítulo VIII: Fuentes de información	42
Anexos	49
1. Especies vegetales de Piper, código de exicata, parte de la planta, lugar de recolección y ubicación en Universal Transverse Mercator (UTM)	49
2. Constancia de identificación taxonómica de las especies vegetales del género Piper	50

3. Obtención de aceites esenciales y ensayos de actividad biológica	51
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del género <i>Piper</i>	6
Tabla 2. Clasificación taxonómica de <i>S. littoralis</i>	19
Tabla 3. Clasificación taxonómica de <i>M. persicae</i>	21
Tabla 4. Clasificación taxonómica de <i>R. padi</i>	23
Tabla 5. Variables y definiciones operacionales	26
Tabla 6. Especies vegetales del género <i>Piper</i> , parte de la planta utilizada, masa de la muestra seca, masa de los AE y porcentaje de rendimiento	33
Tabla 7. Actividad antialimentaria de los aceites esenciales de las especies vegetales de <i>Piper</i>	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismo de acción del diclorodifeniltricloroetano (DDT)	10
Figura 2. Ciclo biológico de <i>S. littoralis</i>	20
Figura 3. Ciclo biológico de <i>M. persicae</i>	22
Figura 4. Ciclo biológico de <i>R. padi</i>	24
Figura 5. Especies vegetales de <i>Piper</i> y porcentaje de rendimiento	34
Figura 6. Porcentaje de actividad antialimentaria de los AE	35

RESUMEN

Las plagas son causas importantes en la pérdida de cultivos agrícolas y forestales. Siendo las plagas de larvas de insectos de lepidópteros las más voraces y perjudiciales para la producción de alimentos. El uso intensivo de los insecticidas sintéticos si bien ha permitido un aumento espectacular en el rendimiento de las cosechas, también ha acarreado problemas por la aparición de biotipos resistentes a los distintos agroquímicos, contaminación del medio ambiente y problemas para la salud. En la actualidad hay un gran interés en el desarrollo de nuevas herramientas para controlar las poblaciones de insectos donde se incluyen ampliamente los aceites esenciales, los metabolitos secundarios, insecticidas y tóxicas, mostrando una promisoría alternativa en la protección de los cultivos.

El objetivo de este trabajo de investigación fue buscar potenciales antialimentarios de aceites esenciales de especies vegetales de la familia Piperaceae. Para ello se ha extraído por el método de hidrodestilación los aceites esenciales de diez (10) especies vegetales del género *Piper* (*P. coruscans*, *P. soledadense*, *P. sancti-felicis*, *P. casapiense*, *P. obliquum*, *P. anonifolium*, *P. tuberculatum*, *P. dumosum*, *P. reticulatum* y *P. mituense*). Los aceites esenciales fueron ensayados frente a insectos herbívoros como *Spodoptera littoralis*, *Myzus persicae* y *Rhopalosiphum padi*. Como resultado se observó que los efectos antialimentarios AE de *P. sancti-felicis* ($EC_{50} = 0,86 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), y *P. mituense* fueron activos frente a los tres tipos de insectos ensayados (*S. littoralis*, *M. persicae* y *R. padi*). *P. tuberculatum* y *P. reticulatum* fueron activos frente a *M. persicae* y *P. casapiense* ($EC_{50} = 0,38 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) y *P. obliquum* ($EC_{50} = 2,56 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) fue activo frente a *R. padi*.

Palabras clave: *Piper*, aceites esenciales, bioplaguicidas y antialimentario.

ABSTRACT

Pests are major causes in the loss of agricultural and forest crops. Lepidopteran insect larvae pests being the most voracious and damaging to food production. Although the intensive use of synthetic insecticides has allowed a spectacular increase in crop yields, it has also caused problems due to the appearance of biotypes resistant to different agrochemicals, environmental contamination and health problems. At present there is great interest in the development of new tools to control insect populations that widely include essential oils, secondary metabolites, insecticides and toxins, showing a promising alternative in crop protection

The objective of this research work was to search for antifeedant potentials of essential oils of plant species of the Piperaceae family. For this, the essential oils of ten (10) plant species of the *Piper* genus (*P. coruscans*, *P. soledadense*, *P. sancti-felicis*, *P. casapiense*, *P. obliquum*, *P. anonifolium*, *P. tuberculatum*, *P. dumosum*, *P. reticulatum* and *P. mituense*). The essential oils were tested against herbivorous insects such as *Spodoptera littoralis*, *Myzus persicae* and *Rhopalosiphum padi*. As a result, it was observed that the AE of *P. sancti-felicis* ($EC_{50} = 0,86 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) and *P. mituense* were active against the three types of insects tested (*S. littoralis*, *M. persicae* y *R. padi*). In addition, *P. tuberculatum* and *P. reticulatum* were active against *M. persicae* and *P. casapiense* ($EC_{50} = 0,38 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) and *P. obliquum* ($EC_{50} = 2,56 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) were active against *R. padi*.

Keywords: *Piper*, essential oils, biopesticides and antifeedant.

INTRODUCCIÓN

La Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), estima que anualmente entre el 20 y 40% de cultivos se pierde a causa de las plagas, que representa alrededor de \$ 220 mil millones de la economía mundial (1).

A menudo se hace uso indiscriminado de agroquímicos sintéticos para prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier plaga como insectos, hongos fitopatógenos, nematodos y malezas, sin embargo, esto puede generar riesgos graves para la salud humana, contaminación para el medio ambiente y problemas de resistencia por parte del patógeno (2–5).

Plagas producidas como *Spodoptera frugiperda* considerada como una de las plagas más importantes del cultivo del maíz en Perú (6) hace que se planteen alternativas al control de plagas agrícolas, siendo las plantas una fuente importante de aceites esenciales (AE) y metabolitos secundarios que pueden ser utilizados.

El género *Piper*, es el más grande de la familia Piperaceae, presentando una distribución pantropical con alrededor de 3000 especies. En Perú esta familia está representada por tres géneros y 830 especies, y de estas aproximadamente 324 especies pertenecen al género *Piper* (7–9).

Los aceites esenciales de muchas especies de *Piper* se caracterizan por la presencia de metabolitos secundarios como monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanoides con importantes efectos biológicos (7) como insecticida, antialimentario, fitotóxico, nematicida, alelopático, herbicida, frente a hongos fitopatógenos (10–13) entre otros. Así tenemos que el AE de *P. hispidinervum* tiene actividad insecticida frente a *Tenebrio molitor* (14), *Sitophilus zeamais* (15), *S. frugiperda* (16) *S. littoralis*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum padi* y *Leptonitarsa decemlineata* (11). *P. aduncum* también fue activo frente a *T. molitor* (14).

Dada la importancia que presentan los metabolitos secundarios presentes en los aceites esenciales de las especies del género *Piper* en la protección de cultivos agrícolas, la amplia diversidad química y biológica, la falta de estudios de las especies de nuestra amazonia como antialimentarios, el objetivo de este trabajo fue la búsqueda de aceites esenciales como bioplaguicida frente a *Spodoptera littoralis*, *Myzus persicae* y *Rhopalosiphum padi*.

En este trabajo de investigación se ha obtenido y ensayado los AE de diez (10) especies vegetales del género *Piper*. Como resultados obtuvimos que los AE de *P. sancti-felicis* y *P. micanse* fueron activos frente a los tres tipos de insectos (*S. littoralis*, *M. persicae* y *R. padi*). También se observó actividad de *P. tuberculatum* y *P. reticulatum* frente a *M. persicae*, *P. casapiense* y *P. obliquum* frente a *R. padi*.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el 2007, Upadhyay *et al.*, en un estudio cuantitativo experimental evaluaron la actividad del aceite esencial de *Piper nigrum* (L.) como repelente, insecticida e inhibidor del desarrollo de una plaga importante del grano de trigo como lo es *Tribolium castaneum* (Herbst). Los resultados indicaron que los adultos de *T. castaneum* fueron significativamente repelidos por el aceite esencial a una concentración de 0,2% (v:v). El aceite ha mostrado una relación dosis-respuesta a medida que aumentaba la mortalidad de larvas y adultos, mientras que la supervivencia de las larvas y la emergencia de adultos disminuían con el aumento de la concentración de aceite esencial. Se encontró que la concentración efectiva (CE₅₀) de aceite de *P. nigrum* para reducir el número de larvas transformadas en pupas al 50% era de 6,919 µl (17).

En el 2007, de Morais *et al.*, desarrollaron un estudio cuantitativo, donde ensayaron frente a larvas de *Aedes aegypti* en el tercer estadio los aceites esenciales de cuatro especies del género *Piper* (*P. gaudichaudianum*, *P. humaytanum*, *P. permucronatum* y *P. hostmanianum*). Donde *P. permucronatum* de composición química principalmente dillapiol (54,70%) y miristicina (25,61%), fue el más activo con una LC₅₀= 36µg/ml y LC₉₀= 47µg/ml, seguidamente de *P. hostmanianum* (18).

En el 2009, Lima *et al.*, realizaron un estudio experimental, del aceite esencial de las hojas *P. hispidinervum*, evaluando su efecto sobre el comportamiento y/o la mortalidad de la oruga de maíz *S. frugiperda* (primer y tercer estadio), donde se observaron la actividad insecticida frente a este insecto, causando reducción de alimentación y mortalidad, siendo el componente principal safrol (82%). Las orugas, después del intervalo de tiempo de 96 horas, mostraron síntomas de neurotoxicidad (16).

En el 2012, Souto *et al.*, realizaron un estudio experimental, evaluaron el efecto insecticida de los aceites esenciales de la parte aérea de *Piper aduncum*, *P.*

marginatum (quimiotipos A y B), *P. divaricatum* y *P. callosum* frente a *Solenopsis saevissima* (hormigas obreras de fuego). Los resultados indican que la concentración letal media más baja (CL₅₀) en 48 h fue para el aceite de *P. aduncum* (58,4 mg/L), seguido de *P. marginatum* tipos A (122,4 mg/L) y B (167,0 mg/L), *P. divaricatum* (301,7 mg/L) y *P. callosum* (312,6 mg/L). Siendo los principales componentes químicos dilapiol (64,4%) para *P. aduncum*; *p*-menta-1 (7), 8-dieno (39,0%), 3,4-metilendioxiopropiofenona (19,0%) y (E)- β -ocimeno (9,8%) en el quimiotipo A y (E)-isoosmorizol (32,2%), (E)-anetol (26,4%), isoosmorizol (11,2%) y (Z)-anetol (6,0%) en el quimiotipo B de *P. marginatum*; metileugenol (69,2%) y eugenol (16,2%) en *P. divaricatum*; safrol (69,2%), metileugenol (8,6%) y β -pineno (6,2%) en *P. callosum* (19).

En el 2016, Volpe *et al.*, realizaron un estudio cuantitativo y experimental, del aceite esencial de *Piper aduncum*, estudiaron la eficacia contra ninfas y adultos de *Diaphorina citri* (hemiptera). En componente químico mayoritario fue el dillapiol y se probaron en tres concentraciones (0,5, 0,75 y 1,0%). Todos los tratamientos causaron una mortalidad del 90-100% en las ninfas, mientras que los tratamientos tópicos con el aceite que contenían el 79,9 y 85,4% de dillapiol a diluciones de 0,75% y al 1% los cuales fueron eficaces en adultos (mortalidad \geq 80%) (20).

En el 2017, Andrés *et al.*, realizaron un estudio cuantitativo, en el cual obtuvieron el aceite esencial de *P. hispidinervum* y evaluaron la actividad antialimentaria frente a *S. littoralis*, *Leptinotarsa decemlineata*, *M. persicae* y *R. padi*, además de la actividad nematocida frente a *Meloidogyne javanica*. El compuesto mayoritario safrole (78-81%), explicó la mayor parte de la acción antialimentaria frente a los insectos. Sin embargo, el compuesto terpinoleno (5-9%), fue activo frente a *M. javanica*, este efecto fue sinérgico al combinarse con el compuesto safrol. El aceite esencial también suprimió fuertemente la eclosión e infecciosidad del huevo de nematodos juveniles (11).

En el 2019, Jaramillo-Colorado *et al.*, realizaron un estudio cuantitativo para comprobar el efecto antialimentario de los aceites esenciales de cuatro especies del género *Piper* (*P. dilatatum*, *P. divaricatum*, *P. aff. Hispidum* y *P.*

sanctifelicis), donde se ha ensayado frente a plagas de importancia económica en la agricultura como *S. littoralis*, *M. persicae* y *R. padi*. Observaron fuertes efectos antialimentarios de todos los aceites esenciales, siendo *P. dilatatum* el más efectivo, los principales componentes encontrados en estos aceites fueron eugenol (37,5%), metil-eugenol (36,3%) y γ -elemene (10,7%) (21).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Generalidades de la familia Piperaceae

Las Piperaceae, también conocida como la familia de la pimienta, contiene aproximadamente 3600 especies en 13 géneros, distribuidos principalmente en dos géneros principales: *Piper* (2000 especies) y *Peperomia* (1600 especies) (22).

La familia Piperaceae ha proporcionado a muchas civilizaciones pasadas y presentes una fuente de diversos medicamentos y especias de alto grado alimenticio (23). Están muy extendidos en regiones tropicales y subtropicales cálidas y son especialmente comunes en América del Sur y Central, y en Asia central (24).

1.2.2. Género *Piper*

El género *Piper*, es el más grande de la familia Piperaceae, distribuida en regiones tropicales y subtropicales de ambos hemisferios con aproximadamente 2000 especies (22). En Perú esta familia está representada por tres géneros y 830 especies y de esta aproximadamente 324 pertenecen al género *Piper* (7–9).

1.2.2.1. Descripción botánica del género *Piper*

Las
una
(8).



Piper son plantas con flores que pueden ser pequeños árboles, arbustos o hierbas (24). Se conocen como “cordoncillos”, debido a la presencia de diminutas flores agrupadas en inflorescencia en forma de espiga o en racimos, poseen tallos nudosos, sus hojas son variadas, siempre simples, alternas, frecuentemente enteras, elípticas u ovaladas. En la tabla 1, se muestra la clasificación taxonómica.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del género *Piper*

Clasificación (22)	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotiledónea
Clase	Magnoliopsida
Orden	Piperales
Familia	Piperaceae
Género	<i>Piper</i> L.

1.2.3. Estudios fitoquímicos y actividades biológicas

Los Aceites esenciales, son mezclas complejas de principios olorosos almacenados en diferentes partes de plantas de la planta y juegan un papel importante en los mecanismos de defensa de las plantas de ataques tanto bióticos como abióticos (10,25).

Las especies de este género tienen diversas actividades biológicas y se utilizan en farmacopeas en todo el mundo. También se usan en la medicina popular para el tratamiento de muchas enfermedades en varios países (7).

Se producen alrededor de 3000 aceites esenciales utilizando menos de 2000 especies de plantas, entre las cuales 300 son importantes desde un punto de vista comercial (7,26). Estos aceites esenciales tienen un gran valor debido a sus aplicaciones como medicamentos, cosméticos, alimentos y agroquímicos (7,25–27). Especies de género *Piper* presentan una amplia variedad de compuestos químicos con importantes actividades biológicas que pueden ser de interés en el área agrícola como insecticidas, antifúngicas, nematocidas entre otras (3,4,11,28).

Los estudios químicos de las especies del género *Piper* han llevado a la identificación de una variedad de nuevos compuestos que pertenecen a diferentes clases, incluyendo alcaloides, amidas, cromenos, derivados de ácidos benzoicos, lignanos, neolignanos, propenilfenoles, terpenos, esteroides, chalcones, diidrochalcones, flavonas, flavanonas, kavalactonas, piperólidos, ceramidas, ácidos grasos, flavonoides y aceites esenciales (7). Los aceites esenciales de *Piper* se caracterizan por la presencia de monoterpenos (β -ocimeno, α -pineno y β -pineno), sesquiterpenos (E-cariofileno y germacreno D) y fenilpropanoides con importantes efectos biológicos (29).

Muchas especies de *Piper* son biológicamente activas y han mostrado actividad antitumoral (12), antimicrobiano (30), antioxidante, insecticida, larvicida (13), antiinflamatorio, antinociceptivo, inhibidor enzimático, tripanocida, antiplaquetario, alelopático, antiofídico, antipalúdico, antileishmania, ansilótico/antidepresivo, antituberculoso, antidiabético, nematocida, herbicida, hepatoprotector, frente a *Helicobacter pylori* (31), amebicida (32), diurético (7,33), antialimentario y fitotóxico (11).

1.2.4. Pesticidas

1.2.4.1. Mecanismo de defensa de las plantas

Las plantas han tenido que desarrollar mecanismos de defensa hacia sus depredadores, que incluyen insectos, hongos fitopatógenos, bacterias, virus y otros animales herbívoros. Para ello algunos metabolitos secundarios son importantes como parte de las defensas vegetales contra herbívoros. Por otro lado, resulta cada vez más claro que estos mecanismos de defensa no están sustentados en un solo tipo de sustancia, sino que las plantas generan una diversidad muy grande de metabolitos secundarios los cuales son en esencia producto de millones de años de co-evolución plantas-depredadores, existiendo interacciones planta-insecto (34).

La mayor parte de las veces las sustancias químicas de defensa “desalientan” la herbivoría de los insectos, ya sea actuando como disuasivos de la alimentación o antialimentarios (feeding deterrents o antifeedants), evitando la oviposición o alterando el desarrollo de las larvas, en lugar de matarlos. Si podemos entender estos fenómenos, estaremos en posibilidad de desarrollar sustancias más “amigables” con el medio ambiente, que pueden ser útiles en la protección de cultivos (34).

“Actualmente la búsqueda de métodos de protección de cultivos incluye no solo productos de plantas, sino que se han explorado otras alternativas tales como el empleo de bacterias, virus y nemátodos entomopatógenos. También se han explorado organismos marinos y microorganismos que sean capaces de producir sustancias con actividad disuasoria de la alimentación contra insectos” (34).

1.2.4.2. Plaguicidas Sintéticos

Desde la década de 1960, el método más común para el control de plagas ha sido el uso riguroso de plaguicidas organoclorados como diclorodifeniltricloroetano (DDT), seguido de otros plaguicidas organofosforados

y carbamatos, que se han reportado que causan efectos adversos incluso en los organismos benéficos (polinizadores), envenenamiento agudo y crónico de aplicadores, trabajadores agrícolas, destrucción de peces, aves y otros animales salvajes, extensa contaminación de las aguas subterráneas, resistencia a plaguicidas en poblaciones de plagas, dejan residuos en los alimentos, piensos, forrajes y contaminan el ambiente, poniendo en riesgo la salud de la humanidad (35–38).

A. Compuestos organoclorados. Los compuestos orgánicos halogenados fueron los primeros productos sintéticos usados como pesticidas, el más importante fue el DDT (39), además están los derivados clorados de los ciclodienos, entre los que se incluyen clordano, aldrina, dieldrina, heptacloro, endrina y toxafeno; y los compuestos relacionados con el hexaclorociclohexano como el lindano (40).

Diclorodifeniltricloroetano (DDT). La molécula fue sintetizada en el 1873, pero no fue hasta 1940 que el químico suizo Paul Hermann Müller descubrió el efecto tóxico del DDT contra varios insectos, por ello recibió el premio Nobel en Fisiología o Medicina (1948). La actividad insecticida fue muy amplia y el éxito que tuvo propició el desarrollo de muchos otros compuestos orgánicos sintéticos clorados. Tiene una toxicidad moderadamente aguda con respecto a los mamíferos. Es soluble en aceite y muy insoluble en agua (41,42).

El DDT mostró gran eficacia para combatir a los mosquitos que transmiten la malaria, el tifus y otras enfermedades humanas propagadas por insectos (41). En su mecanismo de acción inhibe los procesos dependientes de Ca^{+2} calmodulina, esenciales para la liberación de neurotransmisores. Los ciclodienos inhiben la actividad de la enzima $\text{Ca}^{+2} - \text{Mg}^{+2} - \text{ATPasa}$ y conduce un aumento de calcio en la terminal neuronal, que promueve la liberación inducida por calcio de los neurotransmisores almacenados en vesículas y la propagación del estímulo por las neuronas vecinas (Figura 1) (43).

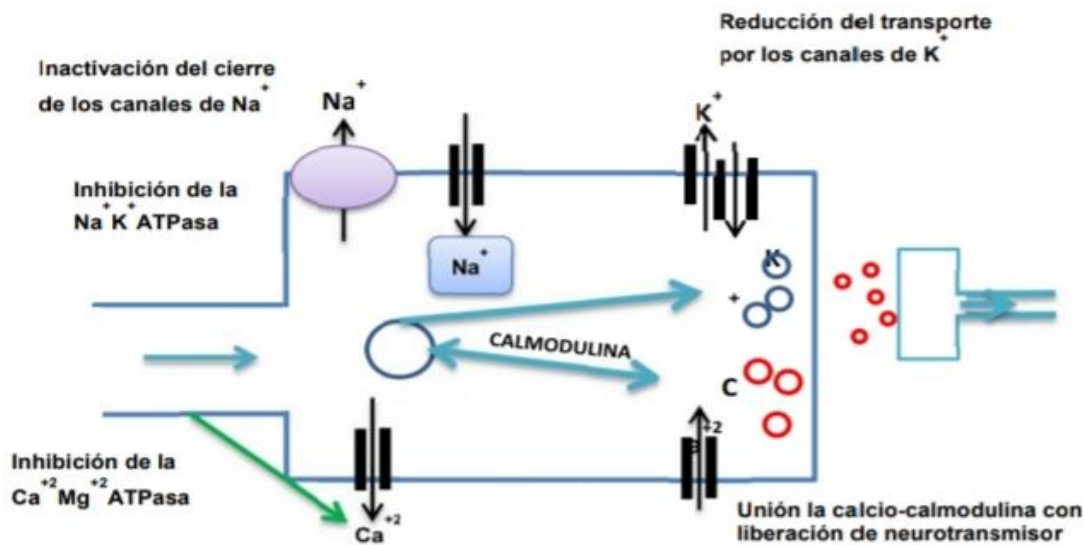


Figura 1. Mecanismo de acción del diclorodifeniltricloroetano (DDT) (41)

El DDT durante su periodo de uso ha entrado en el aire, agua y suelo durante su proceso de fabricación y aplicación como insecticida. DDT y derivado como diclorodifenildicloroetileno (DDE) perduran en el suelo por mucho tiempo, éstos pueden evaporarse en el aire y depositarse en otros lugares, el DDT dura menos en climas tropicales debido a su evaporación química y a la descomposición más rápida de los microorganismos, en estos climas puede desaparecer en periodos menores de un año (41).

En los seres humanos del DDT ingiriendo en los alimentos en altas cantidades y en un corto tiempo, lo más probable es que afecte al sistema nervioso, provocando excitación, temblores y ataques. También experimentan sudores, dolor de cabeza, náuseas, vómitos y vértigos, los efectos sobre el sistema nervioso se dan una vez que se detiene la exposición. Pruebas en animales de laboratorio han confirmado el efecto del DDT sobre el sistema nervioso (41). La agencia internacional para la investigación del cáncer (IARC por sus siglas en inglés) y la protección ambiental (EPA) en EEUU, ha determinado que el DDT y DDE tienen la posibilidad de causar cáncer en humanos (41).

B. Compuestos Organofosforados (OP). Son insecticidas muy tóxicos y liposolubles y su fórmula general deriva del ácido fosfórico. Pertenecen a

diferentes familias: fosfatos, fosfonatos, fosforoamidotoatos, fosforodiamidatos, varias de ellas azufradas. Desde 1942 se han sintetizado más de 50.000 productos de este tipo (42).

Se emplean como insecticidas, acaricidas, nematocidas y fungicidas. Algunos actúan como insecticidas de contacto y otros como insecticidas sistémicos. Los compuestos fosforados orgánicos que contienen nitrógeno cuaternario (fosforilcolina) son, no sólo potentes inhibidores de la colinesterasa, sino directamente colinérgicos algunos de ellos (soman, sarín, tabun) han sido utilizados como gases de guerra y se denominan gases nerviosos por ser ésta la diana fundamental de su acción. Se estima que el 40% de las cosechas son tratadas con este tipo de insecticida (42).

Las moléculas de los OP poseen un grupo activo responsable de la inhibición de las colinesterasas unido a radicales alquilo o arilo que actúan como vehículo del anterior. La sustitución de uno de los radicales oxígeno del átomo de fósforo, por un átomo de flúor que potencian la acción anticolinesterasa y dificulta la regeneración de las enzimas envenenadas. La mayor parte de los compuestos OP, son solubles en disolventes orgánicos, y parcialmente solubles en agua. Se degradan fácilmente por oxidación, fotólisis y en ambiente húmedo (43).

C. Compuestos tipo Carbamatos. Son productos derivados del ácido carbámico. Son insecticidas comunes que inhiben la actividad colinesterasa y provocan manifestaciones muscarínicas y algunos síntomas nicotínicos, incluidas fasciculaciones musculares y debilidad. Puede producirse una neuropatía días o semanas después de la exposición (44).

Son absorbidos por todo el tubo digestivo, los pulmones y la piel. Inhiben la colinesterasa plasmática y de los glóbulos rojos, evitando la degradación de la acetilcolina, que de esta forma se acumula en las sinapsis. Los carbamatos son eliminados espontáneamente dentro de las 48 horas después de la exposición (44).

1.2.4.3. Pesticidas de origen natural o bioplaguicidas

Los insecticidas botánicos siguen siendo un tema de gran interés entre la comunidad internacional de investigación, reflejado en el crecimiento sostenido de las publicaciones científicas dedicadas al tema. Debido a que los cultivos agrícolas se ven cada vez más gravemente afectados por varias plagas como insectos, bacterias, hongos y malezas, causando reducción del rendimiento y mala calidad de los cultivos (35). Lo que ha llevado en los últimos 50 años al crecimiento del uso global de insecticidas naturales, esto se ha logrado en parte con un cambio a nuevos productos con menor impacto ambiental y para la salud (45,46).

Los pesticidas naturales son productos químicos extraídos de las plantas que se utilizan para matar o retardar el crecimiento de plagas que dañan o interferir con el crecimiento de cultivos, arbustos, árboles maderos y otra vegetación. Además, presentan baja toxicidad para organismos que no son objetivo como humanos, animales y el medio ambiente. Son fabricados por otros organismos, generalmente para su propia defensa, o se derivan de una fuente natural como plantas, animales, bacterias y ciertos minerales (35). Aproximadamente el 80% de los plaguicidas aplicados ingresan a diversos recursos ambientales, lo que expone a los animales, agricultores y consumidores de productos agrícolas, a graves problemas de salud (47,48).

La práctica de usar derivados de plantas o insecticidas botánicos como lo conocemos ahora, en la agricultura se remonta al menos a dos milenios en la antigua China, Egipto, Grecia e India. Incluso en Europa y América del Norte, El uso de productos botánicos se remonta a más de 150 años, antes del descubrimiento de las clases principales de insecticidas químicos sintéticos (organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides) (36).

Algunos pesticidas naturales importantes incluyen: rotenona, neem, nicotina, piretrinas y aceites esenciales (47).

A. Rotenona. Se han utilizado durante siglos, y como veneno para peces durante más de 150 años, al ser muy tóxico se utiliza a menudo para erradicar poblaciones de peces no deseados (pececillos en los lagos antes de introducir truchas). La rotenona es uno de varios isoflavonoides producido en las raíces o rizomas de plantas del género *Derris*, *Lonchocarpus* y *Tephrosia* (Fabaceae). La mayor parte de la rotenona utilizada en la actualidad proviene de *Lonchocarpus utilis* y *L. urucu* cultivado en Venezuela y Perú y a menudo se le llama raíz cubé (36,47).

La extracción de la resina de la raíz de cubé con disolventes orgánico indican que los componentes principales son rotenona (44%) y deguelina (22%). La rotenona se vende comúnmente como polvo que contiene del 1% al 5% de ingredientes activos. Los productos a base de rotenona están aprobados para su uso como insecticidas orgánicos bajo muchos nombres comerciales y la mayoría se venden como mezclas que contienen extractos de rotenona y piretro (36).

La rotenona es particularmente activa pues a diferencia de la nicotina y las piretrinas, no solo actúa sobre el sistema nervioso central sino también sobre el mecanismo de la respiración celular. Es inofensiva para los animales de sangre caliente y, por el contrario, muy activa sobre los animales de sangre fría (batracios, peces, y reptiles). Inhibe las oxidaciones celulares interrumpiendo la transferencia de la cadena respiratoria y afectando, en consecuencia, al metabolismo energético mitocondrial (49). Como insecticida, se considera un veneno para el estómago porque debe ingerirse para que sea eficaz (36). La rotenona pura es comparable al DDT y otros plaguicidas sintéticos en términos de su toxicidad aguda para los mamíferos (35).

La seguridad de la rotenona se ha cuestionado recientemente debido a:

- a. Informes controvertidos de que la exposición aguda en ratas produce lesiones cerebrales consistentes con las observadas en humanos y animales con enfermedad de Parkinson (50).

b. La persistencia de rotenona en cultivos alimentarios después del tratamiento (50).

Un estudio de los residuos de rotenona en aceitunas realizado en Italia determinó que la vida media de la rotenona es de 4 días, y los niveles de residuos de la cosecha estaban por encima del límite de tolerancia (51). Además, los residuos fueron concentrado en el aceite obtenido de las aceitunas. Como un pesticida agrícola, el uso de rotenona es limitado a la producción de alimentos orgánicos (36,47). En otro estudio la rotenona presento una resistencia de 3 a 5 días sobre las hojas después de su aplicación, tiempo que puede reducirse usando mezclas, como los jabones o soluciones alcalinas (49).

B. Neem. Se deriva del árbol de neem, *Azadiracta indica* (Meliaceae) de las regiones tropicales áridas, contiene varios compuestos insecticidas. El principal ingrediente activo es la azadiractina (triterpeno), que disuade y mata a muchas especies de orugas, trips y mosca blanca. Tanto las semillas como las hojas pueden ser utilizados para preparar la solución de neem. Las semillas de neem contienen una mayor cantidad de aceite de neem. Las hojas de neem están disponibles todo el año en comparación con la semilla. Una solución de neem pierde su eficacia unas 8 horas después de su preparación y cuando se expone a la luz solar directa. Es más efectivo aplicar neem por la noche, directamente después de la preparación, en condiciones de humedad o cuando las plantas y los insectos están húmedos (36,47).

Las semillas del árbol de neem comprenden un 40% de aceite con azadiractina como principal ingrediente activo responsable de la actividad insecticida. El aceite de neem es un fertilizante natural vital utilizado en prácticas agrícolas comunes. Las hojas de neem se han utilizado durante siglos contra las plagas de granos almacenados debido a sus propiedades repelentes (36,47).

En conjunto, se sabe que todas las partes de la planta de neem exhiben subproductos que imparten inherentemente defensa química frente al ataque de plagas. Además, los ingredientes funcionales del neem exhiben un

significado terapéutico como el aceite de neem, la corteza, las hojas y sus compuestos puros tienen propiedades anticancerígenas y antimicrobianas. El extracto de hoja de neem posee propiedades antiinflamatorias, mientras que el aceite de neem actúa como un agente para la fertilidad. Este atributo único del neem lo convierte en un agente bioplaguicida ideal, ya que no causa toxicidad inespecífica a los mamíferos

(36,47).

La azadiractina tiene dos efectos sobre los insectos. A nivel fisiológico, la azadiractina bloquea la síntesis y liberación de hormonas de muda (ecdisteroides) de la glándula protorácica, lo que conduce a una ecdisis incompleta en insectos inmaduros. En insectos hembras adultas, un mecanismo de acción similar conduce a la esterilidad. Además, la azadiractina es un potente antialimentario para muchos insectos y se aisló por primera vez sobre las langostas del desierto (36,47).

A diferencia de las piretrinas, la azadiractina ha desafiado la síntesis total hasta este punto. En EE. UU., Neem se convirtió rápidamente en el paradigma moderno para el desarrollo de pesticidas botánicos. El entusiasmo por el neem fue fomentado por varias conferencias internacionales en las décadas de 1980 y 1990 (36,47).

C. Nicotina. Es un alcaloide obtenido del follaje de las plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*) y especies afines, tiene una larga historia como insecticida. La nicotina y dos alcaloides estrechamente relacionados, la nornicotina y la anabasina, son venenos sinápticos que imitan a la neurotransmisora acetilcolina. Como tales, causan síntomas de envenenamiento similar al observado con insecticidas organofosforados y carbamatos. Debido a la extrema toxicidad de la nicotina pura para los mamíferos y su rápida absorción dérmica en humanos, la nicotina ha experimentado una disminución en su uso, principalmente como fumigante en invernaderos contra plagas de cuerpo blando. Sin embargo, sigue habiendo cierto interés en la preparación de jabones de ácido graso de

nicotina estables, presumiblemente con biodisponibilidad y toxicidad reducidas para los humanos (36,47).

La nicotina es altamente lipófila y puede atravesar los tejidos dérmicos, así como la barrera hematoencefálica. Tanto en insectos como en mamíferos, la nicotina es una toxina nerviosa de acción extremadamente rápida. Compite con la acetilcolina, el principal neurotransmisor, al unirse a los receptores de acetilcolina en las sinapsis nerviosas y provocar una descarga nerviosa incontrolada. Esta interrupción de la actividad normal del impulso nervioso da como resultado una falla rápida de los sistemas del cuerpo que dependen de la información nerviosa para su funcionamiento adecuado. En los insectos, la acción de la nicotina es bastante selectiva (36,47).

D. Piretrinas. Piretro también conocido como piretrinas, se extrae de la semilla de *Chrysanthemum cineraria* y se ha utilizado como insecticida durante más de 100 años. Hoy estas plantas se cultivan principalmente en Kenia. El piretro es eficaz contra una amplia gama de plagas de jardín de cuerpo blando como mosca blanca, cochinillas y trips, pero no controla los ácaros (36,47).

Las piretrinas son neurotoxinas, actúan alterando la conducción nerviosa por ralentización de los canales de Na^+ durante la fase de reconstitución del potencial de acción de las neuronas. En consecuencia, el insecto presenta hiperactividad seguida de convulsiones (49). El mecanismo de acción de las piretrinas es similar al del DDT y muchos plaguicidas organoclorados. Las piretrinas son degradadas por los ácidos del estómago en los mamíferos, por lo que la toxicidad para los seres humanos y las mascotas es muy baja. Sin embargo, la toxicidad puede ocurrir cuando se aplica el producto más de lo especificado en la etiqueta. La formulación comercial de pesticidas, por lo general contiene de 20 a 25% piretrinas (36,47).

Las piretrinas son especialmente lábiles en presencia del componente UV de la luz solar, hecho que ha limitado enormemente su uso al aire libre. Un estudio reciente indicó que la vida media de las piretrinas en frutos de tomate y pimiento cultivados en el campo fue de 2 horas a menos (52). Este problema

creó el interés para el desarrollo de derivados sintéticos "piretroides" que son más estables a la luz solar (36,47).

Los piretroides modernos, desarrollados en las décadas de 1970 y 1980, han tenido un gran éxito y representan uno de los ejemplos de los plaguicidas sintéticos basados en un modelo de producto natural. Sin embargo, tenga en cuenta que los piretroides modernos tienen poca semejanza estructural con las piretrinas naturales y su estructura molecular y el mecanismo de acción también difiere (36,47).

E. Aceites esenciales de plantas. La destilación al vapor de plantas aromáticas produce aceites esenciales, utilizados durante mucho tiempo como fragancias y aromatizantes en las industrias de perfumes y alimentos, respectivamente, y más recientemente para aromaterapia y como medicamentos a base de hierbas (36).

Los aceites esenciales de plantas se producen comercialmente a partir de varias fuentes botánicas, muchas de las cuales son miembros de la familia de la menta (Lamiaceae). Los aceites generalmente están compuestos por mezclas complejas de monoterpenos, fenoles y sesquiterpenos relacionados biogenéticamente. Así, tenemos el 1,8-cineol, el componente principal de los aceites de romero (*Rosmarinus officinale*) y eucalipto (*Eucalyptus globus*); eugenol de aceite de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*); timol de tomillo de jardín (*Thymus vulgaris*); y mentol de varias especies de menta (especie *Mentha*) (36).

La acción rápida contra algunas plagas es indicativa de un modo de acción neurotóxico, y hay evidencia de interferencia con el neuromodulador octopamina por algunos aceites y con los canales de cloruro activados por GABA (36).

Algunos de los componentes terpenoides purificados de los aceites esenciales son moderadamente tóxicos para los mamíferos, pero, con pocas excepciones, los aceites en sí o los productos a base de aceites son en su mayoría no

tóxicos para los mamíferos, aves y peces. Sin embargo, como insecticidas de amplio espectro, tanto los polinizadores como los enemigos naturales son vulnerables a intoxicaciones por productos a base de aceites esenciales (36).

Debido a su volatilidad, los aceites esenciales tienen una persistencia limitada en condiciones de campo; por lo tanto, aunque los enemigos naturales son susceptibles a través del contacto directo, es poco probable que los depredadores y parasitoides que reinvasen un cultivo tratado uno o más días después del tratamiento se envenenen por contacto con los residuos, como suele ocurrir con los insecticidas convencionales (36).

En Estados Unidos se ha estimulado el desarrollo de insecticidas, fungicidas y herbicidas a base de aceites esenciales para aplicaciones agrícolas e industriales y para el mercado de consumo de aceite de romero, aceite de clavo y aceite de tomillo como ingredientes activos. El interés en estos productos ha sido considerable, particularmente para el control de plagas y enfermedades de invernadero y para el control de plagas domésticas y veterinarias. Otro factor que favorece el desarrollo de insecticidas botánicos a base de aceites esenciales vegetales es el costo relativamente bajo de los ingredientes activos, resultado de su amplio uso mundial como fragancias y aromatizantes (36).

1.2.5. Insectos diana

Las enfermedades causadas por patógenos como insectos, hongos, nematodos y malas hierbas, contribuyen significativamente una gran pérdida anual en el rendimiento de los cultivos en todo el mundo (27).

S. littoralis, *M. persicae* y *R. padi* son insectos causantes de importantes daños y pérdidas en la agricultura a nivel nacional y mundial (3,4) por su incidencia sobre cultivos hortícolas, su capacidad de transmisión de virus (áfidos). Además, son insectos que son fácilmente criados y mantenimiento en el laboratorio (34).

1.2.5.1. *Spodoptera littoralis* (Bois). Conocida también como rosquilla negra. Esta especie es muy polífaga y se conoce por su extrema voracidad. Los principales cultivos afectados son los hortícolas, pimiento, alfalfa, maíz, algodón, tomate, patata entre otros. La oruga es de color negruzco y se arrolla en espiral, las orugas tienen actividad nocturna y comen cualquier parte verde de la planta y los frutos. Presenta seis estadios larvales y en su mayor desarrollo puede alcanzar de 3,5 a 4 cm de longitud. Los adultos se caracterizan por llevar dibujado, en las alas anteriores, un 4 en la derecha y su simétrico en la izquierda. Las larvas se alimentan tanto de hojas, flores y frutos, llegando a alcanzar un marcado gregarismo (34). En la tabla 2 se muestra su clasificación taxonómica.



Tabla 2. Clasificación taxonómica de *S. littoralis*

Clasificación (34)	
Phylum:	Artropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Lepidoptera
Superfamilia:	Noctuidea
Familia:	Noctuidae
Género:	<i>Spodoptera</i>
Especie:	<i>S. littoralis</i> (Bois)

Ciclo biológico. Estas larvas pasan por 6 estadios larvarios habitualmente siendo la duración de todo el estado de larva variable en función de la temperatura. La crisalidación tiene lugar en tierra, a una profundidad de 3 cm. En cuanto al tiempo que pasan en este estado varía mucho, desde más de cuatro meses. En cuanto a los adultos o imagos vuelan en varias generaciones consecutivas y solapadas, en los meses de marzo, hasta mediados de octubre. Tienen las alas anteriores con diversas tonalidades de ocre, pardo y blanquecino, formando característicos dibujos. Las alas posteriores son enteramente blancas. Las hembras colocan entre 200 y 1000 huevos. Esta especie es muy difícil de destruir cuando la oruga ya es de gran tamaño, pues muestra una notable resistencia natural a la mayoría de plaguicidas, por tanto, es conveniente combatirla cuando las orugas son pequeñas (Figura 2) (53).

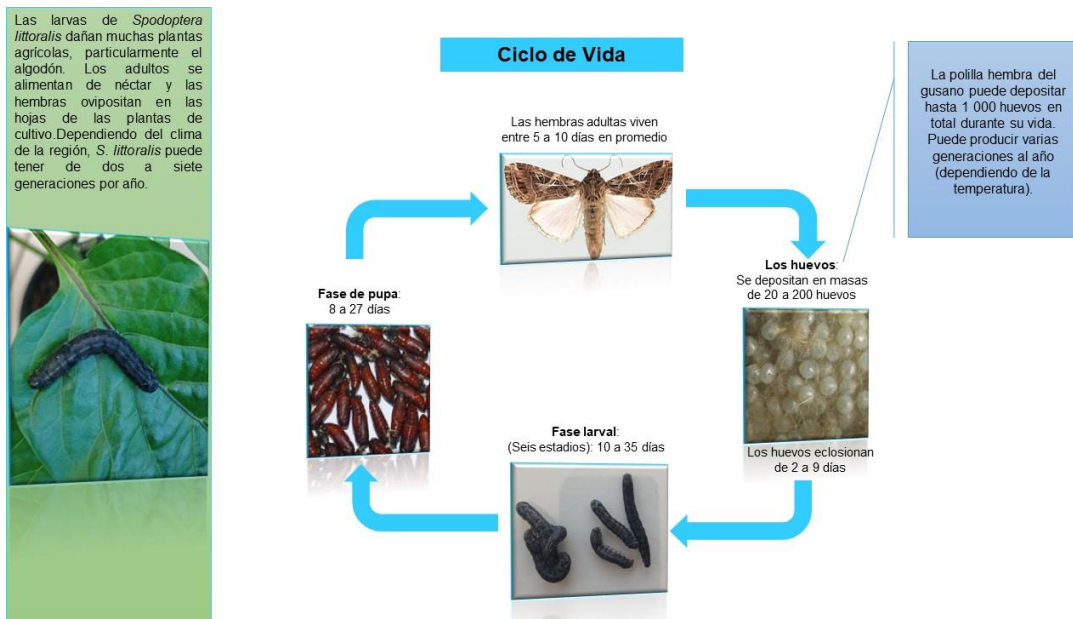


Figura 2. Ciclo biológico de *S. littoralis*

1.2.5.2. *Myzus persicae* (Sulzer). Conocido como pulgón verde del melocotonero. Es un pulgón de tamaño medio, de 1,2 a 2,3mm. Las formas ápteras presentan color verde amarillento y entre verde y negro las formas aladas. Es capaz de transmitir más de 100 tipos de virus, entre los que encontramos algunos muy persistentes como luteovirus del amarilleo occidental de la remolacha. La importancia de este fenómeno, radica en que los migrantes de primavera, pueden volar más temprano en la estación cuando se originan en hospederos secundarios pudiendo llegar a los cultivos de papa cuando las plantas son más sensibles al PVY. Además, los alados originados en hospederos secundarios, tienen más posibilidad de llegar a los cultivos portando virus que aquellos originados en hospederos primarios (34,54). En la tabla 3 se muestra su clasificación taxonómica.



Tabla 3. Clasificación taxonómica de *M. persicae*

Clasificación (34)	
Phylum:	Artropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Hemiptera
Superfamilia:	Phytophagoidea
Familia:	Aphididae
Género:	<i>Myzus</i>
Especie:	<i>M. persicae</i> (Sulzer)

Ciclo biológico. Es heteróico holocíclico, quiere decir se desarrolla sobre un hospedero primario y otro secundario y presenta una fase asexual y sexual. Su desarrollo puede ser rápido, a menudo de 10 a 12 días para una generación completa y con más de 20 generaciones anuales reportadas en climas templados (55).

M. persicae para tolerar las condiciones adversas del invierno, los áfidos atraviesan esta estación en su forma latente, huevos, en los brotes tiernos y las axilas de las yemas del duraznero. Cerca del inicio de la primavera, los huevos eclosionan y de cada uno surge una hembra fundatrix. Esta forma está adaptada, más que para alimentarse y subsistir por largos períodos de tiempo, para reproducirse en forma masiva y acelerada por medio de partenogénesis. De ella se originan nuevas hembras partenogénicas que se reproducen por dos o tres generaciones hasta que surgen las virginóparas, hembras partenogénicas aladas que emigran a un hospedero secundario (una planta herbácea, generalmente) y originan nuevas hembras partenogénicas llamadas exiliadas (56).

De las hembras exiliadas, que se reproducen continuamente durante los meses de verano, surgen por vía directa los machos alados de la especie y, además, una forma llamada ginópara, también alada. A finales del otoño, los machos y las ginóparas emprenden el vuelo de retorno al duraznero. Una vez ahí, las ovíparas (hembras sexuales) son originadas a partir de las ginóparas y, luego del apareamiento con los machos, realizan una nueva puesta de huevos para reiniciar el ciclo (Figura 3) (56).

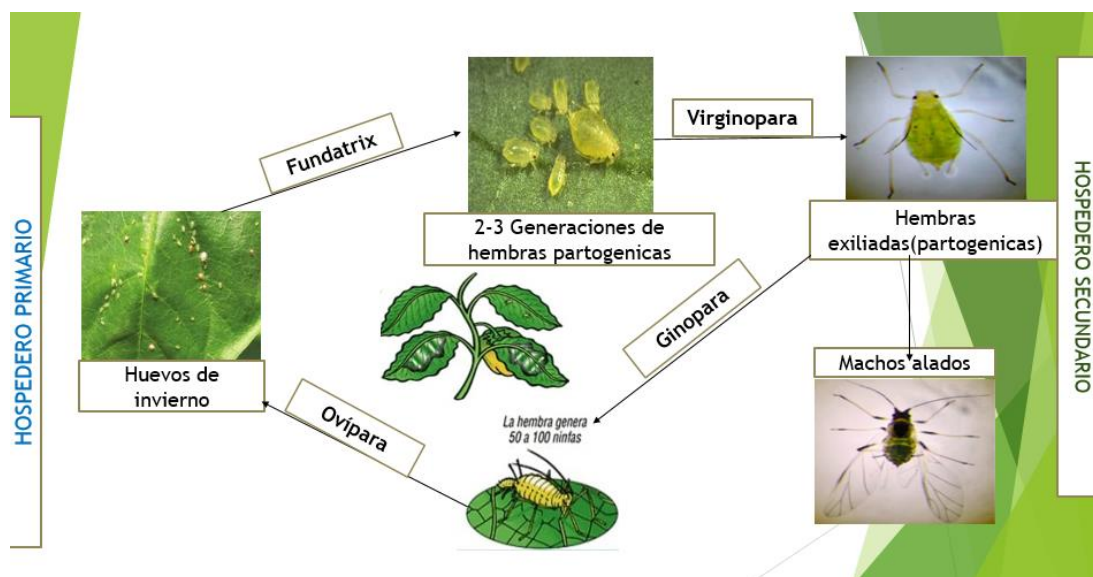


Figura 3. Ciclo biológico de *M. persicae*

Es importante recalcar que, si bien el ciclo de *M. persicae* en sus orígenes era siempre holocíclico, con la evolución de esta especie en muchos lugares el ciclo ha derivado a anholocíclico (sin fase sexual), o sea que la reproducción de la plaga se realiza netamente por la vía de la partenogénesis originando formas ápteras y aladas. Esto ocurre principalmente en lugares donde las condiciones climáticas son lo suficientemente favorables, especialmente en invernaderos (56).

1.2.5.3. *Rhopalosiphum padi* (L). Conocido como pulgón de la avena, pulgón de los cereales. Es uno de los 14 áfido considerados dentro de los de mayor importancia económica en el mundo y es altamente polífaga. Su tamaño varía entre 1,2 y 2,4mm, su color va desde el verde al negro grisáceo, aunque generalmente es de color verde oliva. En cuanto a su hospedador secundario es bastante polífago. Prefiere las gramíneas, incluidos los cereales y las plantas de pasto. Es vector de virus vegetales persistentes y algunos no persistentes: BYDV (virus de la hoja manchada del maíz), el potyvirus del enanismo amarillo de la cebolla. Se distribuye por todo el mundo (34,54). En la tabla 4 se muestra su clasificación taxonómica.



Tabla 4. Clasificación taxonómica de *R. padi*

Clasificación (34)	
Phylum:	Artropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Hemiptera
Superfamilia:	Phytophagoidea
Familia:	Aphididae
Género:	<i>Rophalosiphum</i>
Especie:	<i>R. padi</i> (L)

Ciclo biológico. *R. padi* y *M. persicae* tienen un ciclo de vida similar, es decir, heteroico holocíclico. Su hospedero primario es el cerezo aliso (*Prunus padus*) y tiene la capacidad de desarrollarse sobre gramíneas, principalmente avena, maíz, trigo y cebada, como hospederas secundarias. Debido a lo poco común de su hospedero primario, el cual se encuentra escasamente en Europa, Asia y África, suele reproducirse sobre las gramíneas anteriormente mencionadas (Figura 4.) (57,58).

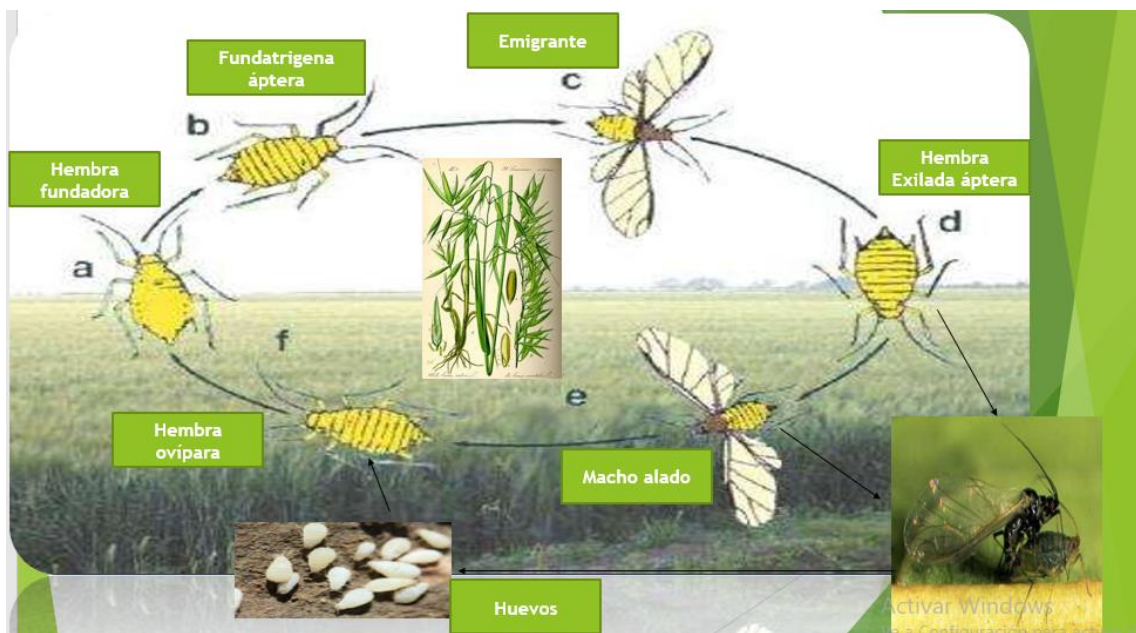


Figura 4. Ciclo biológico de *R. padi*

1.3. Definiciones de términos básicos

Aceites esenciales: Desde un punto de vista químico, los aceites esenciales son mezclas complejas de sustancias volátiles que son lipófilas y generalmente odoríferas y líquidas, están dotados de aromas (7).

Bioplaguicidas: Son pesticidas basados en microorganismos o productos naturales. Introducen modos de acción únicos y complejos (59). Se consideran alternativas más seguras a los pesticidas químicos en el manejo de plagas (60).

Hidrodestilación: Es un proceso conocido y difundido mundialmente para obtener el aceite esencial de una planta aromática, consiste en poner el material vegetal a ebullición en un destilador y obtener los aceites esenciales con condensación (61).

Antialimentario: Se usa para referirse a los extractos, productos, aceites esenciales u otros que actúan como disuasivos de la alimentación (34).

Metabolito secundario: Respuesta de la defensa química contra el daño que ocasionan las heridas y el ataque de microorganismos patógenos en las plantas superiores, se induce la síntesis y acumulación de compuestos de bajo peso molecular (62)

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

Los aceites esenciales de las especies vegetales de la familia Piperaceae seleccionadas, presentan actividad bioplaguicida como antialimentario frente a *S. littoralis*, *M. persicae* y *R. padi*.

2.2. Variables y definiciones operacionales

Variable independiente

Aceites esenciales de *Piper*.

Variable dependiente

Actividad antialimentaria.

Tabla 5. Variables y definiciones operacionales

Variable	Definición	Tipo de la naturaleza	Indicador	Escala de medición	Categoría	Valores de la categoría	Medio de verificación
Independiente: Aceites esenciales de <i>Piper</i> .	Los aceites esenciales son mezclas complejas de sustancias volátiles que son lipófilas y generalmente odoríferas y líquidas.	Cuantitativa	% Rendimiento del aceite esencial	Razón	Masa del Aceite esencial	Aceite esencial: miligramos	Muestras obtenidas
Dependiente: Actividad antialimentaria.	Cualquier sustancia capaz de disuadir la alimentación de los insectos.	Cuantitativa	%FR %SI EC ₅₀	Razón	Porcentaje de inhibición	Dosis 100 µg/cm ²	Datos de EC ₅₀

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

Tipo de estudio: El estudio realizado fue experimental y prospectivo.

Experimental: Porque la investigación del presente estudio permitió establecer una analogía de causa y efecto, a través de procedimientos controlados donde se manipuló y controló las variables.

Prospectivo: Se determinó la relación entre las variables sobre los resultados a obtener. Se registraron todos los hechos ocurridos a partir de la fecha de ejecución de la investigación.

Diseño metodológico: Se realizó la recopilación y analizó los datos obtenidos de las diferentes fuentes. Se identificó y cuantificó la causa de un efecto, manipulando deliberadamente las variables.

3.2. Diseño muestral

Población: Constituida por diez (10) especies vegetales de la familia Piperaceae, que fueron recolectadas en los Distritos de Mazán, Punchana y San Juan Bautista (Carretera Iquitos – Nauta Km 29 entrada de palo seco), Departamento de Loreto.

Muestra: Especies vegetales (hojas, tallos y flores) recolectadas de su hábitat natural y en los lugares donde existía el mayor número de individuos de estas especies, en época de floración, previa georreferenciación, un ejemplar codificado de cada especie se depositó en el HERBARIUM AMAZONENSE de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (Ver anexos 1 y 2).

Especies vegetales recolectadas: *P. coruscans*, *P. sancti-felicis*, *P. casapiense*, *P. obliquum*, *P. anonifolium*, *P. tuberculatum*, *P. dumosum*, *P. reticulatum*, *P. soledadense* y *P. mituense*.

3.2.1. *Piper coruscans* Kunth.

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas, tallos y flores en el Distrito de Mazán, Fundo Estación biológica – Isula Rio Napo. En el mes de diciembre de 2019. Código de exicata 039849. Coordenadas en UTM, X: 710990; Y: 9619525 (Anexos 1 y 2).



3.2.2. *Piper sancti-felicis* Trel.

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas, tallos y flores, se recolecto en el Distrito de Punchana. En el mes de enero del 2020. Código exicata 036367. Coordenadas en UTM, X: 695305; Y: 9587673 (Anexos 1 y 2).



3.2.3. *Piper casapiense* (Miq) C. DC.

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas, tallos y flores en el Distrito de Mazán, Fundo Estación biológica – Isula Rio Napo, especie se encuentra en tipo de suelo arcilloso, bosque secundario no inundable. En el mes de diciembre del 2019. Código exicata 041044. Coordenadas en UTM, X: 711556; Y: 9623266 (Anexos 1 y 2).



3.2.4. *Piper obliquum* Ruiz & Pav.

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas, tallos y flores, en el Distrito de Mazán, Fundo Estación biológica – Isula, Rio Napo, se encuentra en tipo de bosque purma. En el mes de diciembre del 2019. Código exicata 027690. Coordenadas en UTM, X: 711396; Y: 9623398 (Anexos 1 y 2).



3.2.5. *Piper anonifolium* (Kunth).

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas, tallos y flores en el Distrito de Mazán- fundo estación biológica – Isula, Rio Napo. En el mes de diciembre del 2019. Código exicata 042381. Coordenadas en UTM, X: 711399; Y: 9623398 (Anexos 1 y 2).



3.2.6. *Piper tuberculatum* Jacq.

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas, tallos y flores a orillas del Rio Napo, en el Distrito de Mazán, Fundo Estación biológica – Isula. En el mes de diciembre del 2019. Código exicata 020115. Coordenadas en UTM, X: 710947; Y: 9619547 (Anexos 1 y 2).



3.2.7. *Piper dumosum* Rudge.

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas y tallos, en la carretera Iquitos – Nauta Km 29, a la entrada de Palo seco, Distrito de San Juan Bautista. En el año 2019. Código exicata 040311. Coordenadas en UTM, X: 675962; Y: 9559237 (Anexos 1 y 2).



3.2.8. *Piper reticulatum* L.

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas y tallos, en la carretera Iquitos – Nauta Km 29, a la entrada de Palo seco, Distrito de San Juan Bautista. En el año 2019. Código exicata 042127. Coordenadas en UTM, X: 676047; Y: 9559417 (Anexos 1 y 2).



3.2.9. *Piper soledadense* Trel.

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas, tallos y florescencia en la carretera Iquitos – Nauta Km 29, a la entrada de Palo seco, Distrito de San Juan Bautista. En el año 2019. Código de exicata 033308. Coordenadas en UTM, X: 675915; Y: 9559216 (Anexos 1 y 2).



3.2.10. *Piper mituense* Trel. & Yunck.

Arbusto con flores en forma de espiga, se recolectaron las hojas y tallos, en la Carretera Iquitos-Nauta km 29 a la entrada de Palo seco, Distrito de San Juan Bautista. En el año 2019. Código de exicata 041473 Coordenadas en UTM, X: 676010; Y: 9559392 (Anexos 1 y 2).

3.3. Procedimiento de recolección de datos

A. Preparación de la muestra

Las muestras recolectadas (hojas, tallos y flores) se trasladaron al Laboratorio de Productos Naturales Antiparasitarios de la Amazonia (LIPNAA), se limpiaron, cortaron y se procedió al secado a una temperatura de 20°C durante unos 15 días, transcurridos el tiempo las muestras fueron pesadas y utilizadas para la extracción de los aceites esenciales.

B. Obtención de los aceites esenciales

Para este procedimiento se montó un equipo de hidrodestilación, para el cual se utilizó un balón de 2000 mL, que fue colocado sobre una cocinilla eléctrica y con ayuda de un soporte universal y unas nueces fue conectado a un refrigerante. Seguidamente se colocó 150 g de muestra seca en el balón, se añadió 1300 mL de agua destilada y se encendió la cocinilla, luego fue puesto a ebullición hasta obtener los aceites esenciales, este procedimiento se realizó hasta agotamiento de los aceites esenciales de las muestras (los días de trabajo fueron de hasta 21 días por muestra dependiendo del rendimiento). Los aceites esenciales se obtuvieron mezclados con agua, para la separación se utilizó una pera de separación y por densidad fue obtenido el aceite. Una vez obtenido el aceite puro se almacenaron en viales de color ámbar, hasta su utilización para los ensayos actividad antialimentaria (Anexo 3).

C. Ensayos de actividad antialimentaria

Para los ensayos de actividad bioplaguicida como antialimentario se utilizó un insecto masticador *S. littoralis* (rosquilla negra) (63,64), además de insectos chupadores (áfidos) *M. persicae* (pulgón del melocotonero) y *R. padi* (pulgón de la avena) (64,65). Las poblaciones de *S. littoralis* y pulgones fueron mantenidos en cámaras climatizadas a una temperatura de 22 ± 1 °C, humedad relativa del 60-70% y fotoperíodo de 16:8 horas (luz:oscuridad). *S. littoralis* se crío en cajas de plástico de diferentes dimensiones dependiendo del estadio larval, tamaño y número. Las larvas se alimentaron con una dieta artificial general para noctúidos y los adultos con solución azucarada. Los pulgones se criaron en cámaras climatizadas sobre sus hospedadores. *M. persicae* sobre plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L. var. Califronia Wonder) y *R. padi* sobre cebada (*Hordeum vulgare*), en jaulones ventilados, transfiriéndose a plantas frescas cada 7-10 días (64).

Procedimiento experimental. Los ensayos con *S. littoralis*, se basaron en la preferencia de larvas del sexto estadio (L6) por discos de hojas (tratados y control) de la planta huésped de *C. annuum*, que fueron colocados en placas Petri con una capa fina de agar. La superficie de los discos (1cm²) se trataron superficialmente con una solución stock de aceite esencial (10 mg/mL). Para cada ensayo se utilizó 6 placas petri con dos insectos de *S. littoralis* por placa. Una vez consumido el 75% de la superficie de los discos control o tratamiento,

las áreas foliares restantes se midieron con el programa de procesamiento de imagen digital *ImageJ* (<http://imagej.nih.gov/ij>) y se calculó el índice de consumo (%FR). Las muestras con resultados de $FR \geq 75\%$, se realizó estudios de dosis-respuesta (EC_{50}) (66).

Para los ensayos con áfidos se utilizaron cajas de plásticos de 3x3x1,5 cm, tapados y con ventilación, colocando en cada caja una capa fina de agar (2,5%) que permitió la adhesión e impidió la desecación del material vegetal empleado para el ensayo. En cada experimento se utilizó 20 cajas, con 10 áfidos en cada una de ellas. Con *M. persicae* se utilizó dos medios discos de hojas de *C. annuum*, mientras que con *R. padi* se utilizó dos fragmentos de hoja de *H. vulgare* (1 cm² cada uno) por caja. Cada fragmento de hoja se fue tratado con el aceite esencial a ensayar (tratamiento 10 mg/mL) y la otra mitad o fragmento se trató con la disolvente acetona. Las cajas se incubaron a 22 ± 1 °C y 16:8 horas (luz:oscuridad) colocándose en posición invertida y bajo luz indirecta durante 24 horas. Después de 24 horas se contaron los pulgones asentados en el tratamiento y en el control, y se realizó el cálculo del índice de inhibición del asentamiento (%SI) para cada muestra. Las muestras con resultados de $FR \geq 75\%$, se realizó estudios de dosis-respuesta (EC_{50}) (66).

3.4. Procesamiento y análisis de datos

La actividad alimentaria %FR y %SI se calculó utilizando la siguiente formula:

$$FR = \left[1 - \left(\frac{T}{C} \right) \right] \times 100$$

Donde T y C es el consumo de las hojas de tratamiento o control

$$\%SI = \left[1 - \left(\frac{\%T}{\%C} \right) \right] \times 100$$

Donde %C y %T son el porcentaje de áfidos asentados en las hojas de tratamiento o control (11,67).

Los aceites esenciales se ensayaron a una dosis inicial de 100 µg/cm², y aquéllos que dieron como resultado un índice de repelencia significativo a esta dosis, se sometieron a experimentos de dosis-respuesta para calcular sus dosis efectivas (EC_{50} =dosis a la cual se produce un 50% de inhibición de la alimentación y/o asentamiento) mediante análisis de regresión lineal (11,67).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este trabajo de investigación se ha extraído por el método de hidrodestilación el aceite esencial de diez (10) especies vegetales del género *Piper*, en la tabla 6 se muestra las especies, parte de la planta utilizada (hojas, tallos y flores), masa de la muestra seca, masa de los aceites esenciales y porcentaje de rendimiento.

Tabla 6. Especies vegetales del género *Piper*, parte de la planta utilizada, masa de la muestra seca, masa de los AE y porcentaje de rendimiento

N°	Especie Vegetal	Parte de la planta	Masa de la muestra seca	Masa de aceites esenciales	% de rendimiento
01	<i>P. coruscan</i>	Hojas, tallos y flores	589,13 g	2,80 g	0,47%
02	<i>P. sancti-felicis</i>	Hojas, tallos y flores	458,03 g	4,05 g	0,88%
03	<i>P. casapiense</i>	Hojas, tallos y flores	422,69 g	0,53 g	0,13%
04	<i>P. obliquum</i>	Hojas, tallos y flores	1239,67 g	1,56 g	0,13%
05	<i>P. anonifolium</i>	Hojas, tallos y flores	1246,35 g	1,16 g	0,10%
06	<i>P. tuberculatum</i>	Hojas, tallos y flores	565,39 g	0,74 g	0,13%
07	<i>P. dumosum</i>	Hojas y tallos	1102,49 g	0,86 g	0,078%
08	<i>P. reticulatum</i>	Hojas y tallos	766,39 g	0,97 g	1,26%
09	<i>P. soledadense</i>	Hojas, tallos y flores	442,23 g	2,41 g	0,54%
10	<i>P. mituense</i>	Hojas y tallos	393,76 g	0,44 g	0,11%

En la gráfica de barras (Figura 5) se presenta el porcentaje de rendimiento de las especies vegetales con respecto a la masa de la muestra seca y se observa que las masas varían entre los 442,23 y 766,39 g de las especies de *Piper* como *P. reticulatum*, *P. sancti-felicis*, *P. soledadense* y *P. coruscan*, son los que presentan mayor rendimiento en aceites esenciales que van desde 0,54 a 1,26%; mientras que especies con mayor cantidad de muestra como *P. dumosum*, *P. anonifolium* y *P. obliquum* (masas superiores a 1000 g), presentan un porcentaje de rendimiento muy bajo (0,078 a 0,1%).

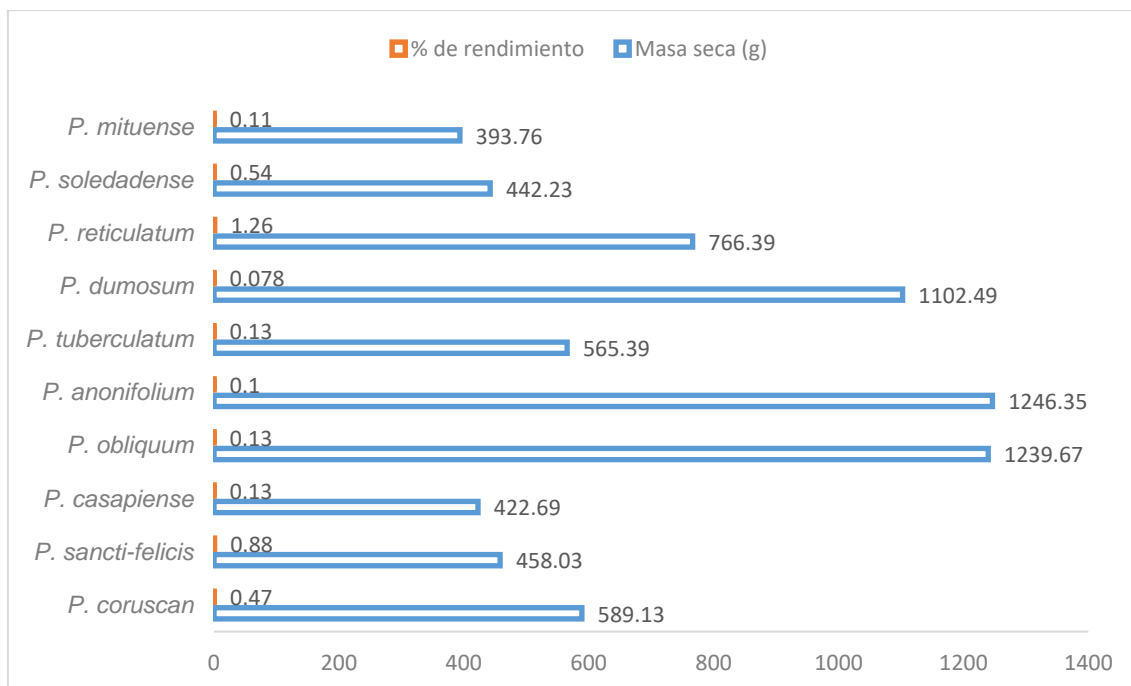


Figura 5. Especies de *Piper* y porcentaje de rendimiento de los aceites esenciales

Los aceites esenciales extraídos de las diez (10) especies vegetales del género *Piper*, fueron utilizados para estudiar el papel defensivo (efectos antialimentarios frente a insectos) que presentan frente a plagas de insectos.

Se ha evaluado los aceites esenciales (AE) de las especies seleccionadas en ensayos de actividad antialimentaria frente a insectos herbívoros como *S. littoralis*, *M. persicae* y *R. padi* (Tabla 7).

M. persicae y *R. padi*, resultaron ser los insectos más sensibles a los aceites esenciales ensayados. Del total de **AE**, 40,0% fueron activos (%SI>75) frente a *M. persicae*, 40,0% frente a *R. padi* (%SI>75) y 20,0% frente a *S. littoralis* (%FR>75) (Figura 2).

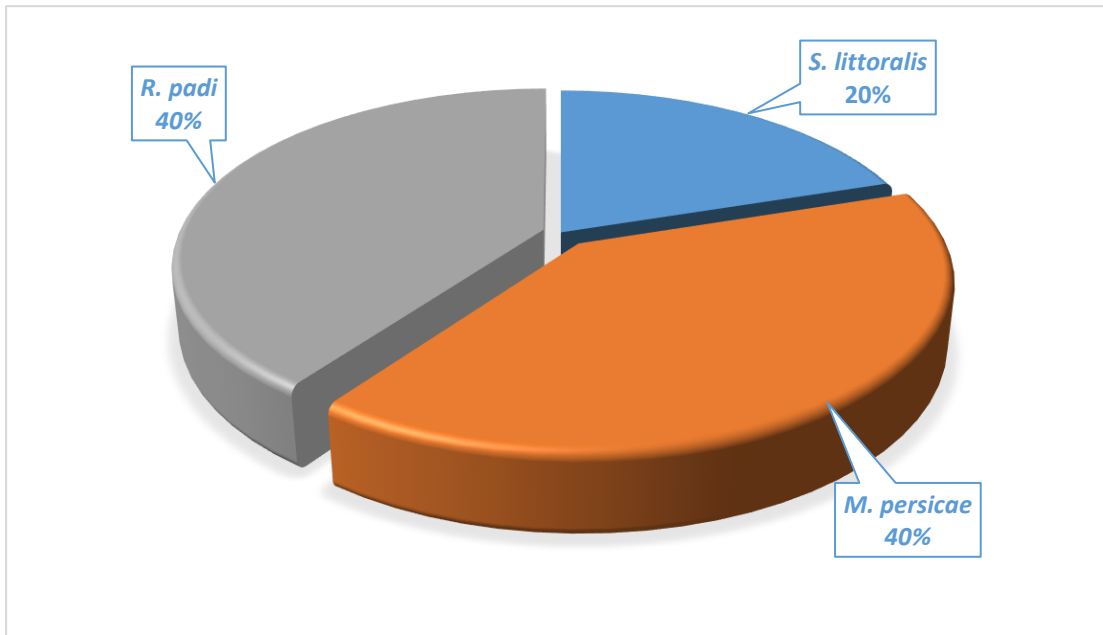


Figura 6. Porcentaje de actividad antialimentaria de los aceites esenciales

En la tabla 7, se muestra los efectos antialimentarios de los aceites esenciales evaluados. *P. sancti-felicis* y *P. mituense* mostraron importantes efectos antialimentarios frente a los tres tipos de insectos ensayados (*S. littoralis*, *M. persicae* y *R. padi*). *P. casapiense* ($EC_{50} = 0,38 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) fue el más activo frente a *R. padi* (además de actividad moderada frente a *M. persicae*), seguido de *P. sancti-felicis* ($EC_{50} = 0,86 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), *P. mituense* ($EC_{50} = 0,97 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) y *P. obliquum* ($EC_{50} = 2,56 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). También se observó moderada actividad *P. reticulatum*, *P. soledadense* y *P. anonifolium* frente a este mismo insecto.

P. reticulatum ($EC_{50} = 1,26 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), *P. mituense* ($EC_{50} = 2,32 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), *P. tuberculatum* ($EC_{50} = 3,95 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) y *P. sancti-felicis* ($EC_{50} = 5,35 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) presentaron importante actividad frente al áfido *M. persicae*, y los AE de *P. coruscan*, *P. anonifolium*, *P. casapiense*, *P. obliquum* presentaron moderada actividad frente a este mismo áfido ($FR < 75\%$ y $SI < 75\%$) (Tabla 7).

Finalmente tenemos que *P. mituense* ($EC_{50} = 1,56 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) y *P. sancti-felicis* ($EC_{50} = 4,20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), fueron los únicos AE activos frente a *S. littoralis*, mientras que *P. dumosum* presentó moderada actividad (Tabla 7).

Tabla 7. Actividad antialimentaria de los aceites esenciales de las especies vegetales de *Piper*

Especies	<i>S. littoralis</i> %FR ^a EC ₅₀ (µg/cm ²) ^c	<i>M. persicae</i> %SI ^b EC ₅₀ (µg/cm ²) ^c	<i>R. padi</i> %SI ^b EC ₅₀ (µg/cm ²) ^c
<i>P. coruscan</i>	40 ± 5	74 ± 5	34 ± 7
<i>P. sancti-felicis</i>	90 ± 4 4,20 (3,53-4,98)	79 ± 5 5,35 (4,06-7,05)	97 ± 1 0,86 (0,56-1,34)
<i>P. casapiense</i>	12 ± 8	67 ± 7	76 ± 5 0,38 (0,16-0,88)
<i>P. obliquum</i>	21 ± 9	58 ± 7	89 ± 3 2,56 (1,76-3,54)
<i>P. anonifolium</i>	30 ± 8	69 ± 5	52 ± 8
<i>P. tuberculatum</i>	9 ± 6	77 ± 5 3,95 (2,91-5,80)	39 ± 7
<i>P. dumosum</i>	58 ± 12	32 ± 8	40 ± 8
<i>P. reticulatum</i>	26 ± 13	90 ± 4 1,62 (0,92-2,85)	62 ± 6
<i>P. soledadense</i>	48 ± 13	44 ± 9	56 ± 7
<i>P. mituense</i>	91 ± 3 1,56 (0,87-2,78)	91 ± 3 2,32 (1,91-2,83)	92 ± 4 0,97 (0,56-1,69)

^a % FR=[1-(T/C)]x100, donde T y C son el consumo de los discos de las hojas del tratamiento y control, respectivamente (100 µg/cm²); ^b %SI=[1-10(%T/%C)]x100, donde %T y %C son el porcentaje de áfidos asentados sobre la superficie de las hojas del tratamiento y el control, respectivamente (100 µg/cm²); ^c EC₅₀: dosis capaz de producir un 50% de actividad antialimentaria expresado en µg/cm², con límites de confianza del 95% (inferior, superior).

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Las enfermedades causadas por patógenos como insectos, hongos, nematodos y malas hierbas, contribuyen significativamente una gran pérdida anual en el rendimiento de los cultivos en todo el mundo (27). El uso indiscriminado de agroquímicos para controlar estas plagas y enfermedades puede causar tanto graves riesgos para la salud humana, contaminación del medio ambiente y posibles problemas de resistencia por parte de los patógenos (3,4).

Los aceites esenciales, pueden desempeñar un papel importante en la protección de los cultivos y son propuestos como una alternativa a los pesticidas sintéticos, además de ser más amigable con el medio ambiente. Estos compuestos presentan diferentes tipos de actividades biológicas (11,28,36,47).

El género *Piper*, el más grande de la familia Piperaceae, estar representado por aproximadamente 324 especies en nuestro país (9). Los aceites esenciales de estas especies presenta una amplia variedad de compuestos químicos con importantes actividades biológicas que pueden ser de interés en el área agrícola como antialimentarios, insecticidas, antifúngicas, nematocidas entre otras (3,4,11,16,18).

Las especies vegetales para esta investigación fueron recolectados en diferentes distritos del departamento de Loreto así tenemos del Distrito de Mazán *P. coruscan* (589,13 g; 0,47%), Distrito de Punchana *P. sancti-felicis* (458,03 g; 0,88%) y Distrito de San Juan Bautista *P. reticulatum* (766,39 g; 1,26%), *P. soledense* (442,23 g; 0,54%). La literatura informa que algunas especies tropicales de *Piper* han presentado altos rendimientos de aceites esenciales (68). El rendimiento de aceite esencial y sus principales componentes volátiles en *Piper spp.* puede variar según la región geográfica y los factores ambientales relacionados con el clima, suelo, luz solar, temperatura y humedad (28,69).

Las especies del género *Piper* presentan una función importante en la defensa de la planta frente a plagas y varios estudios han informado de la actividad insecticida de los aceites esenciales de *Piper* (11,16–21,70), incluidos los efectos antialimentarios sobre *S. littoralis*, *M. persicae* y *R. padi* (11,21,71). Así tenemos a *P. sanctifelicis* recolectado en el departamento de Chocó, Colombia que tuvo una actividad selectiva frente a *S. littoralis* ($EC_{50} = 4,48 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), sin embargo, fue inactivo frente a *M. persicae* y *R. padi*. Si comparamos con nuestros resultados podemos observar que la especie *P. sancti-felicis* recolectado en el departamento de Loreto, Perú también mostro actividad frente a *S. littoralis* ($EC_{50} = 4,20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), con una actividad superior de 0.94 veces al reportado por Jaramillo-Colorado et al., 2014 (21), en nuestro estudio además, *P. sancti-felicis* presentó una fuerte actividad frente a *R. padi* ($EC_{50} = 0,86 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) y *M. persicae* ($EC_{50} = 5,35 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), siendo el insecto más sensible *R. padi*, estos datos refuerzan importancia de esta especie como antialimentario.

La especie *P. anonifolium* (72) y *P. tuberculatum* (73) presentan actividad antifúngica frente a *Cladosporium cladosporioides* y *C. sphaerospermum*, en nuestro estudio *P. tuberculatum* presenta una importante actividad antialimentaria frente a *M. persicae* ($EC_{50} = 3,95 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) y moderada actividad frente a *R. padi*. Mientras *P. anonifolium* la actividad fue moderada frente a los dos tipos de áfidos ensayados, esta es la primera vez que se reporta la actividad antialimentaria de estas especies.

Los aceites esenciales de otras especies de *Piper*, como *P. hispidinervum* tiene actividad amebicida (32) e insecticida frente a *Sitophilus zeamais* (15), *Tenebrio molitor* (14), *Spodoptera frugiperda* (16), *S. littoralis*, *M. persicae*, *R. padi*, *Leptonitarsa decemlineata* y *Meloidogyne javanica*. También, *P. divaricatum*, *P. dilatatum*, *P. aff. Hispidum* (21) presentaron fuertes efectos antialimentarios (*S. littoralis*, *S. frugiperda*, *Leptonitarsa decemlineata*, *M. persicae* y *R. padi*). *P. permucronatum* y *P. hostmanianum* fueron activos frente a larvas de *Aedes aegypti* (18).

P. aduncum, *P. marginatum* tipos A y B, *P. divaricatum* y *P. callosum*, también ha sido descritos como insecticidas contra la hormiga de fuego *Solenopsis saevissima* (19). *P. divaricatum*, *P. nigrum* (L.) y *P. dilatatum* presentaron actividad repelente frente a *Tribolium castaneum* (74). Además, *Piper aduncum* mostró efectos insecticidas frente a *Diaphorina citri* (hemiptera) (20).

Se ha demostrado en diferentes estudios que los aceites esenciales de especies de *Piper* presentan importantes efectos en la protección de cultivos frente a diferentes tipos de plagas, lo cual lo convierte en plantas promisorias para el control de insectos. Es la primera vez que se presentan estudios de actividad antialimentaria de las especies vegetales del género *Piper*: *P. coruscan*, *P. sancti-felicis*, *P. casapiense*, *P. obliquum*, *P. anonifolium*, *P. tuberculatum*, *P. dumosum*, *P. reticulatum*, *P. soledadense* y *P. mituense* recolectadas en Perú, y especies como *P. sancti-felicis*, *P. obliquum*, *P. anonifolium* y *P. tuberculatum*, se ha visto de muchas de estas especies tienen resultados importantes como antialimentarios (Tabla 7).

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Las plagas en la agricultura es un problema que cada año ocasiona grandes pérdidas económicas a los agricultores y los lepidópteros son uno de los insectos más voraces. En este trabajo de investigación se estudió las capacidades defensivas los aceites esenciales extraídos del género *Piper*, los cuales mostraron importantes efectos antialimentarios, siendo los áfidos (*M. persicae* y *R. padi*) los insectos más sensibles, seguido de *S. littoralis*, corroborando que los metabolitos secundarios presentes en *Piper*, tienen importante actividad defensiva frente a insectos herbívoros de importancia económica.

Además, es importante destacar que es la primera vez que se presentan estudios de actividad antialimentaria de las especies vegetales del género *Piper* (*P. coruscan*, *P. sancti-felicis*, *P. casapiense*, *P. obliquum*, *P. anonifolium*, *P. tuberculatum*, *P. dumosum*, *P. reticulatum*, *P. soledadense* y *P. mituense*), recolectadas en Perú, obteniendo potenciales resultados para continuar los estudios como bioplaguicidas.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios de análisis mediante cromatografía de gases-masas, con el fin de identificar los metabolitos secundarios presentes en las muestras y realizar el análisis estructura actividad.
- Se recomienda más estudios del manejo integrado de plagas, ya que es muy importante, dada que cada vez hay más plagas que afectan a los cultivos agrícolas cada año.
- Sería importante realizar la actividad antialimentaria de los aceites esenciales frente a *Spodoptera frugiperda*, insecto de gran importancia en la pérdida agrícola en Perú y América.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. FAO - News Article: New standards to curb the global spread of plant pests and diseases. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/en/item/1187738/icode/>
2. Bonner MR, Alavanja MCR. Pesticides, human health, and food security. *Food Energy Secur.* 2017;6(3):89-93.
3. Valadares ACF, Alves CCF, Alves JM, De Deus IPB, De Oliveira Filho JG, Dos Santos TCL, et al. Essential oils from *Piper aduncum* inflorescences and leaves: chemical composition and antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. *An Acad Bras Ciênc.* 2018;90(3):2691-9.
4. Marques Fonseca M, Lehner M, Gonçalves MG, Junior TJ, Fonseca Silva A, Bonfim F, et al. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. *Rev Bras de Plantas.* 2015;17:45-50.
5. Mustapha M, Zardi-Bergaoui A, Chaieb I, Flamini G, Ascrizzi R, Jannet H. Chemical Composition and Insecticidal Activity of *Crithmum maritimum* L. Essential Oil against Stored-Product Beetle *Tribolium Castaneum*. *Chem Biodivers.* 2020;17(3):e1900552
6. Ojeda D'Ugard RA. Insecticidas para el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) en maíz (*Zea mays* L.) en La Molina [Internet]. [Lima, Perú]: Universidad Nacional Agraria la Molina; 2018. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3420>
7. Takeara R, Gonçalves R, Santos Ayres VF dos, Guimarães AC. Biological Properties of Essential Oils from the *Piper* Species of Brazil: A Review. *Aromatic and Medicinal Plants - Back to Nature* [Internet]. 2017; Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/aromatic-and-medicinal-plants-back-to-nature/biological-properties-of-essential-oils-from-the-piper-species-of-brazil-a-review>
8. Jaramillo MA, Manos PS. Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae). *Am J Bot.* 2001;88(4):706-16.
9. León B. Piperaceae endémicas del Perú. *Rev peru biol.* 2013;13(2):492s-563s.

10. Moghaddam M, Mehdizadeh L. Essential Oil and Antifungal Therapy. En: Recent Trends in Antifungal Agents and Antifungal Therapy. 2016. p. 29-74.
11. Andrés MF, Rossa GE, Cassel E, Vargas RMF, Santana O, Díaz CE, et al. Biocidal effects of *Piper hispidinervum* (Piperaceae) essential oil and synergism among its main components. Food Chem. Toxicol. 2017;109:1086-92.
12. Girola N, Figueiredo CR, Farias CF, Azevedo RA, Ferreira AK, Teixeira SF, et al. Camphene isolated from essential oil of *Piper cernuum* (Piperaceae) induces intrinsic apoptosis in melanoma cells and displays antitumor activity in vivo. Biochem. Biophys. Res. Commun. 2015;467(4):928-34.
13. Rojas E Silva Aizzo J. Variabilidade química do óleo essencial da *Piper obliquum* Ruiz & Pav. Da estação ecológica cuniã, porto velho-ro. [Brasil]: Universidade Federal de Rondônia; 2013. Disponible en: http://www.pgdra.unir.br/uploads/85796698/menus/dissertacoes/Jussara_Rojas_%20e_Silva_Aizzo-Dissertacao_2011_2013.pdf
14. Fazolin M, Estrela JLV, Catani V, Alécio MR, Lima MS de. Insecticidal properties of essential oils of *Piper hispidinervum* C. DC.; *Piper aduncum* L. and *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum against *Tenebrio molitor* L., 1758. Cienc. Agrotecnologia. 2007;31(1):113-20.
15. Estrela JLV, Fazolin M, Catani V, Alécio MR, Lima MS. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2006;41(2):217-22.
16. Lima RK, Cardoso MG, Moraes JC, Melo BA, Rodrigues VG, Guimarães PL. Insecticidal Activity of Long-pepper essential oil (*Piper hispidinervum* C. DC.) on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Acta Amazonica. 2009;39(2):377-82.
17. Upadhyay RK, Jaiswal G. Evaluation of biological activities of *Piper nigrum* oil against *Tribolium castaneum*. Bulletin of Insectology. 2007;60(1):57-61.
18. de Morais SM, Facundo VA, Bertini LM, Cavalcanti ESB, Anjos Júnior JF, Ferreira SA, et al. Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from *Piper* species. Biochem. Syst. Ecol. 2007;35(10):670-5.

19. Souto RNP, Harada AY, Andrade EHA, Maia JGS. Insecticidal activity of *Piper* essential oils from the Amazon against the fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotrop Entomol.* 2012;41(6):510-7.
20. Volpe HX, Fazolin M, Garcia RB, Magnani RF, Barbosa JC, Miranda MP. Efficacy of essential oil of *Piper aduncum* against nymphs and adults of *Diaphorina citri*. *Pest Manag Sci.* 2016;72(6):1242-9.
21. Jaramillo-Colorado BE, Pino-Benitez N, González-Coloma A. Volatile composition and biocidal (antifeedant and phytotoxic) activity of the essential oils of four Piperaceae species from Choco-Colombia. *Ind Crops Prod.* 2019;138:111463.
22. Oyemitan IA. African Medicinal Spices of Genus *Piper*. En: Kuete V, editor. *Medicinal Spices and Vegetables from Africa.* Academic Press; 2017. p. 581-97.
23. Scott IM, Jensen HR, Philogène BJR, Arnason JT. A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochem Rev.* 2008;7(1):65-75.
24. Kuete V, Viertel K, Efferth T. 18 - Antiproliferative Potential of African Medicinal Plants. En: Kuete V, editor. *Medicinal Plant Research in Africa* [Internet]. Oxford: Elsevier; 2013. p. 711-24.
25. Nazzaro F, Fratianni F, Coppola R, De Feo V. Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals (Basel).* 2017;10(4).
26. Raut JS, Karuppayil SM. A status review on the medicinal properties of essential oils. *Ind Crops Prod.* 2014;62:250-64.
27. Arraiza MP, González-Coloma A, Andres MF, Berrocal-Lobo M, Domínguez-Núñez JA, Jr ACDC, et al. Antifungal Effect of Essential Oils. *Potential of Essential Oils.* 2018; Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/potential-of-essential-oils/antifungal-effect-of-essential-oils>
28. Silva J, Trindade R, Alves N, Figueiredo P, Maia J, Setzer W. Essential Oils from Neotropical *Piper* Species and Their Biological Activities. *Int. J. Mol. Sci.* 2017;18:2571.
29. Parmar VS, Jain SC, Bisht KS, Jain R, Taneja P, Jha A, et al. Phytochemistry of the genus *Piper*. *Phytochemistry.* 1997;46(4):597-673.

30. Saga Kitamura RO, Romoff P, Young MCM, Kato MJ, Lago JHG. Chromenes from *Peperomia serpens* (Sw.) Loudon (Piperaceae). *Phytochemistry*. 2006;67(21):2398-402.
31. Nascimento JC do, Paula VF de, David JM, David JP. Occurrence, biological activities and ¹³C NMR data of amides from *Piper* (Piperaceae). *Quím Nova*. 2012;35(11):2288-311.
32. Sauter IP, Rossa GE, Lucas AM, Cibulski SP, Roehe PM, da Silva LAA, et al. Chemical composition and amoebicidal activity of *Piper hispidinervum* (Piperaceae) essential oil. *Ind Crops Prod*. 2012;40:292-5.
33. Novaes A da S, da Silva Mota J, Barison A, Veber CL, Negrão FJ, Kassuya CAL, et al. Diuretic and antilithiasic activities of ethanolic extract from *Piper amalago* (Piperaceae). *Phytomedicine*. 2014;21(4):523-8.
34. Burillo J, Coloma AAG. Insecticidas y repelentes de insectos de origen natural. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria; 2009. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=510537>
35. Ghodake VN, Naik SV, Bhukhanwala KN, Kande KV, Bhor NJ, Patravale VB. Nanoengineered Systems for Biopesticides. En: Mustansar Hussain C, editor. *Handbook of Nanomaterials for Industrial Applications*. Elsevier; 2018. p. 243-59.
36. Isman MB. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu Rev Entomol*. 2006;51:45-66.
37. Lengai GMW, Muthomi JW, Mbega ER. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*. 2020;7:e00239.
38. Nicholson GM. Fighting the global pest problem: preface to the special *Toxicon* issue on insecticidal toxins and their potential for insect pest control. *Toxicon*. 2007;49(4):413-22.
39. Isern MD. La química de los pesticidas y su metodología analítica. Argentina: Universidad del Centro Educativo Latinoamericano; 2002. Disponible en: https://www.ucel.edu.ar/images/2018/PDF_UCEL/Libros_publicados/Quimica/ISERN_S._Quimica_de_los_pesticidas_y_su_metodologia_analitica.pdf

40. Panam BO. Toxicología de los insecticidas organoclorados. Boletín de la oficina sanitaria panamericana. 1985;10.
41. Diagnostico situacional del uso de DDT y el control de la malaria. I Instituto de Salud Ambiente y Trabajo de México (ISAT), México:58.
42. Ferrer A. Intoxicación por plaguicidas. Anales del Sistema Sanitario de Navarra. 2003;26:155-71.
43. Giannuzzi L, Ortega F, Ventosi EG. Efectos tóxicos de los plaguicidas, insecticidas organofosforados y carbamatos. Toxicología General y Aplicada. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas; 2018. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/109896>
44. O'Malley GF, O'Malley R. Envenenamiento con organofosforados y carbamatos. <https://www.msmanuals.com/es/professional/lesiones-y-envenenamientos/intoxicaci%C3%B3n/envenenamiento-con-organofosforados-y-carbamatos>.
45. Isman MB. ¿A renaissance for botanical insecticides? Pest Manag Sci. 2015;71(12):1587-90.
46. Isman MB. Botanical Insecticides in the Twenty-First Century-Fulfilling Their Promise?. Annu Rev Entomol. 2020;65:233-49.
47. E OC, O OC, S UC, U O, S JP, U AE. Natural Pesticides (Biopesticides) and Uses in Pest Management- A Critical Review. Asian J. Biotechnol. 2019;1-18.
48. Egwu OC, Dickson MA, Gabriel OT, Okai IR, Amanabo M. Risk Assessment of Heavy Metals Level in soil and Jute Leaves (*Corchorus olitorius*) Treated with Azadirachtin Neem seed Solution and Organochlorine Pesticides. Int J Agric Environ biotechnol. 2019;4(3).
49. Regnault-Roger C, Vincent C. Biopesticidas de origen vegetal. Ediciones Mundi-Prensa; 2004. 380 p.
50. Betarbet R, Sherer TB, MacKenzie G, Garcia-Osuna M, Panov AV, Greenamyre JT. Chronic systemic pesticide exposure reproduces features of Parkinson's disease. Nat Neurosci. 2000;3(12):1301-6.
51. Cabras P, Caboni P, Cabras M, Angioni A, Russo M. Rotenone Residues on Olives and in Olive Oil. J Agric Food Chem. 2002;50(9):2576-80.
52. Antonious GF. Residues and half-lives of pyrethrins on field-grown pepper and tomato. J Environ Sci Health B. 2004;39(4):491-503.

53. Universitat Politècnica de València E. Universitat Politècnica de València. *ing. agua*. 2014;18(1):ix.
54. Ortego J. Importancia de los hospederos primarios de *Myzus persicae* Sulzer en la epidemiología del PVY. *Ralap*. 2016;5(1):64-76.
55. Paulmann MK. The effect of *Myzus persicae* infestation on the 2-C-methyl-D-erythritol 4-phosphate (MEP) pathway in *Arabidopsis thaliana*. 2016. Disponible en: [/paper/The-effect-of-Myzus-persicae-infestation-on-the-\(-\)-Paulmann/f25bee68ad16af5c8b5877fd1b2b665642f35f14](#)
56. Espinoza-Bolaños LD. Estudios de preferencia del parasitoide *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) por distintas asociaciones planta hospedera - áfido huésped. 2010; Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1592843>
57. Andorno AV. Evaluación del sistema planta hospedera – huésped alternativo como estrategia para el control biológico de pulgones (Hemiptera: Aphididae) en sistemas de producción hortícola en cultivos protegidos. :174.
58. Pulgón de la espiga [Internet]. CropLife Latin America. Disponible en: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/pulgón-de-la-espiga>
59. BioPesticide Mode-of-Action: The LabCoat Guide to Pesticides & BioPesticides. BioScience Solutions. 2017. Disponible en: <http://biocomm.eu/2017/12/18/biopesticide-mode-action-labcoat-guide-pesticides-biopesticides/>
60. Vimala Devi PS, Duraimurugan P, Chandrika KSVP. *Bacillus thuringiensis*-based nanopesticides for crop protection. En: Koul O, editor. *Nano-Biopesticides Today and Future Perspectives*. Academic Press; 2019. p. 249-60.
61. Tisserand R, Young R. Essential oil composition. En: *Essential Oil Safety*. Elsevier; 2014. p. 5-22.
62. Jiménez GS, Ducoing HP, Sosa MR. La Participación de los Metabolitos Secundarios en la Defensa de las Plantas. *Rev Mex Fitopatol*. 2003;21(3):355-63.
63. Domek JM, Cantelo WW, Wagner RM, Li BW, Miller-Ihli NJ. Nutritional Composition of Potato Foliage. *J Agric Food Chem*. 1995;43(6):1512-5.

64. González-Coloma A, Terrero D, Perales A, Escoubas P, Fraga BM. Insect Antifeedant Ryanodane Diterpenes from *Persea indica*. J Agric Food Chem. 1996;44(1):296-300.
65. Arenal FG, Pérez AF. La patología vegetal: ciencia y técnica. En: Patología vegetal, Vol 1, 2000, ISBN 84-7114-900-1, págs 25-33. Phytoma; 2000. p. 25-33.
66. Gutiérrez C, Fereres A, Reina M, Cabrera R, González-Coloma A. Behavioral and Sublethal Effects of Structurally Related Lower Terpenes on *Myzus persicae*. J Chem Ecol. 1997;23(6):1641-50.
67. Ruiz-Vásquez L, Reina M, López-Rodríguez M, Giménez C, Cabrera R, Cuadra P, et al. Sesquiterpenes, flavonoids, shikimic acid derivatives and pyrrolizidine alkaloids from *Senecio kingii* Hook. Phytochemistry. 2015;117:245-53.
68. Maia JGS, Andrade EHA. Database of the Amazon aromatic plants and their essential oils. Quím Nova. 2009;32(3):595-622.
69. de Almeida RRP, Souto RNP, Bastos CN, da Silva MHL, Maia JGS. Chemical variation in *Piper aduncum* and biological properties of its dillapiole-rich essential oil. Chem Biodivers. 2009;6(9):1427-34.
70. Ahmad N, Fazal H, Abbasi BH, Farooq S, Ali M, Khan MA. Biological role of *Piper nigrum* L. (Black pepper): A review. Asian Pac J Trop Biomed. 2012;2(3):S1945-53.
71. Jaramillo Colorado B, Julio-Torres J, Duarte Restrepo E, Gonzalez Coloma A, Julio-Torres LF. Estudio comparativo de la composición volátil y las actividades biológicas del aceite esencial de *Piper marginatum* Jacq Colombiano. Bol Latinoam Caribe Plantas Med Aromat. 2015;14(5):343-54.
72. da Silva JKR, Pinto LC, Burbano RMR, Montenegro RC, Guimarães EF, Andrade EHA, et al. Essential oils of Amazon *Piper* species and their cytotoxic, antifungal, antioxidant and anti-cholinesterase activities. Ind Crops Prod. 2014;58:55-60.
73. Navickiene HMD, Morandim A de A, Alécio AC, Regasini LO, Bergamo DCB, Telascrea M, et al. Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. Quím Nova. 2006;29(3):467-70.

74. Naseem MT, Khan R. Comparison of repellency of essential oils against red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). J Stored Prod Res. 2011;2:131-4.

Anexos

Anexo 1. Especies vegetales de *Piper*, código de exicata, parte de la planta, lugar de recolección y ubicación en Universal Transverse Mercator (UTM)

Código de exicata	Especie Vegetal	Parte de la planta	Lugar de recolección	Ubicación UTM
039849	<i>P. coruscan</i>	Hojas, tallos y flores	Distrito de Mazán	710990 9619525
036367	<i>P. sancti-felicis</i>	Hojas, tallos y flores	Distrito de Punchana	695305 9587673
041044	<i>P. casapiense</i>	Hojas, tallos y flores	Distrito de Mazán	711556 9623266
027690	<i>P. obliquum</i>	Hojas, tallos y flores	Distrito de Mazán	711396 9623398
042381	<i>P. anonifolium</i>	Hojas, tallos y flores	Distrito de Mazán	711399 9623398
020115	<i>P. tuberculatum</i>	Hojas, tallos y flores	Distrito de Mazán	710947 9619547
040311	<i>P. dumosum</i>	Hojas y tallos	Distrito de San Juan Bautista	675962 9559237
042127	<i>P. reticulatum</i>	Hojas y tallos	Distrito de San Juan Bautista	676047 9559417
033308	<i>P. soledadense</i>	Hojas, tallos y flores	Distrito de San Juan Bautista	675915 9559216
041473	<i>P. mituense</i>	Hojas y tallos	Distrito de San Juan Bautista	676010 9559392

Anexo 2. Constancia de identificación taxonómica de las especies vegetales del género *Piper*



Centro de Investigación de
Recursos Naturales
Herbarium Amazonense - AMAZ

INSTITUCION CIENTIFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO
CODIGO DE AUTORTIZACION AUT-ICND-2017-005

CONSTANCIA

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del CIRNA, de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

HACE CONSTAR:



Que, las muestras botánicas presentado por LILIANA RUIZ VASQUEZ, del Proyecto FONDECYT-CONCYTEC (N° 433-2019-FONDECYT), con Resolución Rectoral N° 0263-2020-UNAP, pertenecen al proyecto: "Bioplágidas naturales basados en aceites esenciales de Piperaceae: Una alternativa para el control de plagas en cultivos agrícolas"; han sido DETERMINADAS en este Centro de Investigación y Enseñanza, Herbarium Amazonense-AMAZ, del Centro de Investigación de Recursos Naturales de la UNAP-CIRNA-UNAP, como se indica a continuación:

ITEM	CODIGO AMAZ	ESPECIE VEGETAL	PARTES DE LA PLANTA	LUGAR DE RECOLECCIÓN
1	039849	<i>Piper coruscans</i> kunth	Hojas y tallos, florescencia	Fundo estación biológica- Isula, Río Napo, Distrito de Mazán, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto
2	036367	<i>Piper sancti-felicis</i> Trel.	Hojas y tallos, florescencia	Av. 28 de julio N° 250, Distrito de Punchana, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto
3	041044	<i>Piper casapiense</i> (Miq.) C. DC.	Hojas y tallos, florescencia	Fundo estación biológica- Isula, Río Napo, Distrito de Mazán, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto
4	027690	<i>Piper obliquum</i> Ruiz & Pav.	Hojas y tallos, florescencia	Fundo estación biológica- Isula, Río Napo, Distrito de Mazán, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto
5	042381	<i>Piper anonifolium</i> kunth	Hojas y tallos, florescencia	Fundo estación biológica- Isula, Río Napo, Distrito de Mazán, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto
6	020115	<i>Piper tuberculatum</i> Jacq.	Hojas y tallos, florescencia	Fundo estación biológica- Isula, Río Napo, Distrito de Mazán, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto
7	040311	<i>Piper dumosum</i> Rudge	Hojas y tallos	Carretera Iquitos-Nauta km 29 a la entrada de Palo seco, Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto
8	042127	<i>Piper reticulatum</i> L.	Hojas y tallos	Carretera Iquitos-Nauta km 29 a la entrada de Palo seco, Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto
9	033308	<i>Piper soledadense</i> Trel.	Hojas y tallos	Carretera Iquitos-Nauta km 29 a la entrada de Palo seco, Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto
10	041473	<i>Piper mituense</i> Trel. & Yunck.	Hojas y tallos	Carretera Iquitos-Nauta km 29 a la entrada de Palo seco, Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto

Se expide la presente constancia a la interesada, para los fines que estime conveniente.

Atentamente,


Bigo Richard J. Huaranca Acostupa M.Sc.
Coordinador del Herbarium AMAZ
CIRNA-UNAP

08 de febrero del 2021

Anexo 3. Obtención de aceites esenciales y ensayos de actividad biológica.



Recolección de especies vegetales



Secado de la muestra



Masa de la muestra seca



Decantación, separación y obtención de los aceites esenciales



Extracción de los aceites esenciales



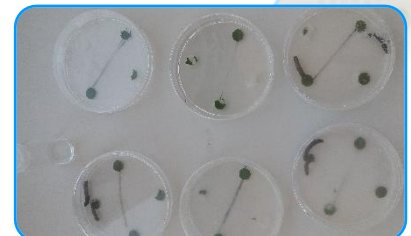
Aceites esenciales



Ensayos *R. padi*



Ensayos *M. persicae*



Ensayos *S. littoralis*