UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA



CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PARA LA OBTENCIÓN DELTÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

ANÁLISIS DOCUMENTAL DEL POTENCIAL AGROBIOLÓGICO DE LOS EXTRACTOS BOTÁNICOS DE *Thevetia peruviana, Azadirachta indica y Ricinus communis* PARA EL CONTROL DE ARTRÓPODOS Y AGENTES FITOPATÓGENOS

AUTOR

Jonatan Gustavo Carpio Cueva

Edgar Kashigint Vargas Mukuimp

DIRECTOR

Dr. Segundo Benedicto Valle Ramírez, PhD.

PASTAZA – ECUADOR
2021

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Jonatan Gustavo Carpio Cueva con C.I. 1725192593 y Edgar Kashigint Vargas Mukuimp con C.I. 1600835852 hacen constar que son autores del Trabajo de Integración Curricular titulado: **"**Análisis documental del potencial agrobiológico de los extractos botánicos de *Thevetia peruviana*, *Azadirachta indica* y *Ricinus communis* para el control de artrópodos y agentes fitopatógenos**"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Segundo Benedicto Valle Ramírez, PhD. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

Jonatan Gustavo Carpio Cueva

C.I. 1725192593

Edgar Kashigint Vargas Mukuimp

C.I. 1600835852

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACÓN

El tribunal de sustentación aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: **“**Análisis documental del potencial agrobiológico de los extractos botánicos de *Thevetia peruviana*, *Azadirachta indica* y *Ricinus communis* para el control de artrópodos y agentes fitopatógenos**”**

Firmado electrónicamente por:
BELGICA DOLORES YAGUACHE CAMACHO

Ing. MSc. Bélgica Dolores Yaguache Camacho
Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
JULIO CESAR MUNOZ RENGIFO

Dr. Julio César Muñoz Rengifo, PhD
Miembro del Tribunal

Ing. MSc. Sandra Luisa Soria Re
Miembro del Tribunal

Certificado No. 197-SAU-UEA-2021

Puyo, 21 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los estudiantes: Jonatan Gustavo Carpio Cueva, con C.I. 1725192593 y Edgar Kashigint Vargas Mukuimp, con C.I. 1600835852, con el Tema: **"Análisis documental del potencial agrobiológico de los extractos botánicos de *Thevetia peruviana*, *Azadirachta indica* y *Ricinus communis* para el control de artrópodos y agentes fitopatógenos.",** de la carrera, Ingeniaría Agropecuaria. Director de la investigación, Dr. C. Segundo Benedicto Valle Ramírez, PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 21 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO
MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por la salud y fortaleza que me brindo para poder alcanzar mi meta de ser un profesional. “Los verdaderos proyectos no son en los que se construyen las grandes obras, son en los que se forman a las personan que construyen las grandes obras” S/N Con esta frase, en segundo lugar agradezco al expresidente de la república Dr. Rafael Correa Delgado, PhD., por la voluntad política que tuvo para desarrollar políticas que permitieron invertir en la mejora de la educación y crear programas de Becas al mérito académico, como al que yo accedí en concurso público y me permitió ganar una beca estudiantil, la misma que me permitió romper las barreras que me mantenían excluido del sistema de educación, estudiar y alcanzar mi título de Ingeniero Agropecuario por la prestigiosa Universidad Estatal Amazónica..

Agradezco infinitamente a mis abuelos Emiliano Carpio y Melva Cueva, a mis tíos Jenny Carpio y Luis Arévalo, a mi primo Cristian Arévalo, a la familia Solano Torres por brindarme siempre su apoyo incondicional, a la Ing. Mercedes Oña, Dra. Elisa López y amigos de la Universidad que siempre estuvieron dándome ánimos y fueron un pilar fundamental para poder cumplir mi meta.

Gracias a la Universidad Estatal Amazónica, mi segundo hogar y a todos los docentes que han formado parte de mi formación profesional, por haber impartido sus conocimientos día a día. De manera muy especial agradezco al Dr. Segundo Valle maestro y tutor del proyecto de titulación, a la MSc. Bélgica Yaguache, MSc. Sandra Soria y al Dr. Julio Cesar Muñoz por haber realizado las respectivas revisiones, correcciones y por sus sugerencias las mismas que han sido necesarias para que este proyecto se desarrolle de una manera muy satisfactoria.

Jonatan Gustavo Carpio Cueva

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a mis Padres y Hermanos que, con su apoyo incondicional, dedicación y ejemplo supieron guiar cada uno de mis pasos ayudándome a superar mis flaquezas. A mi persona, por nunca darme por vencido aun en los momentos en que creí que la vida se desmoronaba en mil pedazos.

Expreso mi gratitud a la Universidad Estatal Amazónica, al Departamento de Ciencias de la Tierra, Escuela de Ingeniería Agropecuaria que han permitido formarme académica e íntegramente para ser un profesional útil a la sociedad.

De igual manera a todas y cada una de las personas que me brindaron su amistad y me permití llamarlos amigos en el transcurso de mi vida universitaria, los mismo que brindaron momentos de júbilo y congojo que nunca olvidare y perduraran en la posteridad.

Por último, expreso mis más sinceros sentimientos de agradecimiento y gratitud por su ayuda, aporte y entrega al Dr. Segundo Valle y al Dr. Julio Cesar Muñoz que con su experiencia y conocimiento ayudaron a la conclusión del presente trabajo; y, cual arquitectos ha ayudado a colocar el primer peldaño de mi vida profesional.

Edgar Kashigint Vargas Mukuimp

Dedicatoria

Con mucho amor dedico el presente trabajo a Dios y a mis abuelos, Emiliano Carpio y Melva Cueva por su apoyo incondicional durante toda mi vida y por estar siempre pendientes de mi persona, dándome ánimos en mis momentos más críticos. Y a todas esas personas, que durante estos 5 años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se volviera realidad. Gracias a todos...

Jonatan Gustavo Carpio Cueva

Dedicatoria

Dedico la presente tesis a todas las personas que directa o indirectamente, en pequeña o gran medida aportaron su granito de arena para que yo pudiera culminar mis estudios y una etapa más de mi vida.

A Carmela, la mujer que elegí para compartir mi vida y quien por azares del universo llego a colmar mi vida de dicha y alegría, brindándome su amor, comprensión y confianza; solo te puedo decir gracias y ¡lo logramos!

Edgar Kashigint Vargas Mukuimp

Resumen

El presente trabajo se centró en la recopilación de información con el fin de determinar la actividad agrobiológica de *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum, *Azadirachta indica* Juss y *Ricinus communis* L., en el control de insecto plaga, ácaros, bacterias, hongos y nemátodos fitopatógenos usando extractos botánicos. Para la búsqueda de información se utilizó combinaciones de palabras claves y operadores boléanos los mismos que nos permitieron reducir el rango que búsqueda en las diferentes bases de datos con el fin de encontrar información actual y verídica acorde a los objetivos de esta investigación.

Los resultados que se obtuvieron al analizar la información de los múltiples estudios, permitieron afirmar que los extractos de las tres plantas estudiadas son efectivos en el control de insecto plaga, ácaros, bacterias, hongos y nemátodos fitopatógenos condicionando el porcentaje de efectividad al tiempo de exposición y concentración del extracto. El análisis de varios autores nos permitió determinar que la mayor eficacia se encentra en los biopreparados a base de semillas y hojas ya que en ellas se encuentra una mayor concentración de toxinas las mismas que a su vez presentan inocuidad para la microfauna, insectos benéficos, los agricultores y reduce los costos de producción.

Palabras clave: *Thevetia peruviana*, *Azadirachta indica*, *Ricinus communis*, control, insecto, ácaros, bacterias, hongos, nemátodos, patógenos, extractos, actividad,

Abstract

The present work focused on the compilation of information in order to determine the agrobiological activity of *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum, *Azadirachta indica* Juss and *Ricinus communis* L in the control of insect pests, mites, bacteria, fungi and nematodes phytopathogens using botanical extracts. For the information search, combinations of keywords and Boléan operators were used, which allowed us to reduce the range that we searched in the different databases in order to find current and truthful information according to the objectives of this research.

The results obtained when analyzing the information from the multiple studies, allowed to affirm that the extracts of the three plants studied are effective in the control of insect pests, mites, bacteria, fungi and phytopathogenic nematodes, conditioning the percentage of effectiveness at the time of exposure and extract concentration. The analysis of several authors allowed us to determine that the greatest efficacy is found in biopreparations based on seeds and leaves, since in them there is a higher concentration of toxins, which in turn present harmlessness for the microbiota, beneficial insects, the farmers and reduces production costs.

Keywords*:* *Thevetia peruviana*, *Azadirachta indica*, *Ricinus communis*, control, insect, mites, bacteria, fungi, nematodes, pathogens, extracts, activity

Tabla de contenidos

Capítulo 1: Introducción 1

1.1. Justificación 2

1.1. Planteamiento del Problema 3

1.2. Objetivos 4

1.2.1. Objetivo general: 4

1.2.2. Objetivos específicos: 4

Capítulo 2: Fundamentación teórica 5

2.1. Descripción botánica de las especies en estudio 5

2.1.1. *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum 5

2.1.2. *Azadirachta indica* A. Juss. 5

2.1.3. *Ricinus communis* L. 6

2.2. Distribución geográfica de las especies en estudio 7

2.2.1. *T. peruviana* 7

2.2.2. *A. indica* 7

2.2.3. *R. communis* 8

2.3. Hábitat y exigencias culturales de las especies en estudio 8

2.3.1. *T. peruviana* 8

2.3.2. *A. indica* 8

3.3.3. *R. communis* 9

2.4. Principales usos de las especies en estudio como agentes agrobiológicos 9

2.4.1. *T. peruviana* 9

2.4.2. *A. indica* 9

2.4.3. *R. communis* 10

2.5. Toxicidad de los agentes agrobiológicos 10

2.5.1. *T. peruviana* 10

2.5.2. *A. indica* 11

2.5.3. *R. communis* 11

2.6. Composición química de los agentes agrobiológicos 12

2.6.1. *T. peruviana*..... 12
2.6.2. *A. indica* 12
2.6.3. *R. communis* 13
2.7. Actividad insecticida de los agentes agrobiológicos 13
2.7.1. *T. peruviana*..... 13
2.7.2. *A. indica*. 14
2.7.3. *R. communis* 14
2.8. Actividad acaricida de los agentes agrobiológicos..... 15
2.8.1. *T. peruviana*..... 15
2.8.2. *A. indica* 15
2.8.3. *R. communis* 15
2.9. Actividad antibacteriana de los agentes agrobiológicos..... 15
2.9.1. *T. peruviana*..... 15
2.9.2. *A. indica* 16
2.9.3. *R. communis* 16
2.10. Actividad antifúngica..... 16
2.10.1. *T. peruviana*..... 16
2.10.2. *A. indica* 17
2.10.3. *R. communis* 17
2.11. Actividad nematicida..... 18
2.11.1. *R. communis* 18
2.12. Metodologías de obtención de los extractos 18
2.12.1. Trituración..... 18
2.12.2. Extracción..... 18
2.12.3. Infusión 19
2.12.4. Evaporización (Extractos secos)..... 19
2.12.5. Tamizado..... 19
2.12.6. Maceración 20
2.12.7. Decocción..... 20
2.12.8. Prensado 20
2.12.9. Filtrado 20
2.12.10. Secado (bajo sombra)..... 21

2.12.11. Destilación 21
2.12.12. Centrifugado 21
2.12.13. Extracción por Soxhlet 21
2.13. Técnicas de aplicación de los extractos 21
2.13.1. Pulverización 22
2.13.2. Contacto e inmersión 22
2.13.3. Película residual 22
2.13.4. Difusión en medio agar 22
Capítulo 3: Metodología de la investigación 23
3.1. Tipo o Diseño de Investigación 23
3.2. Métodos de Investigación 23
3.2.1. Método exploratorio 24
3.2.1.1. Análisis y definición de la necesidad de la información. 25
3.2.1.2. Selección de las fuentes de información. 25
3.2.1.3. Estrategias de búsqueda 25
3.2.1.3.1. Criterios de inclusión en la búsqueda de información. 25
3.2.1.3.2. Criterios de exclusión. 27
3.2.1.5. Valoración de los resultados. 27
3.2.1.6. Manejo de la información 27
Capítulo 4: Resultados 29
4.1. Efecto de los extractos de *T. peruviana* (Pers.) K. Schum, *A. indica* Juss y *R. communis* L. en el control de insectos plaga y ácaros en cultivos de interés agrícola. 33
4.1.1. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control de insectos plaga 33
4.1.2. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control de ácaros 37
4.1.3. Efecto del extracto de *A. indica* en el control de insectos plaga 38
4.1.4. Efecto del extracto de *A. indica* en el control de ácaros 42
4.1.5. Efecto del extracto de *R. communis* en el control de insectos plaga 43
4.1.6. Efecto del extracto de *R. communis* en el control de ácaros 46
4.2. Efecto de los extractos de *T. peruviana*, *A. indica* y *R. communis* en el control de bacterias, hongos y nemátodos fitopatógenos en cultivos de interés agrícola 47
4.2.1. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control de bacterias 47

4.2.2. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control de hongos 49
4.2.3. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control nemátodos fitopatógenos 54
4.2.4. Efecto del extracto de *A. indica* en el control de bacterias 56
4.2.5. Efecto del extracto de *A. indica* en el control de hongos. 56
4.2.6. Efecto del extracto de *A. indica* en el control nemátodos fitopatógenos. 57
4.2.7. Efecto del extracto de *R. communis* en el control de bacterias 60
4.2.8. Efecto del extracto de *R. communis* en el control de hongos. 61
4.2.9. Efecto del extracto de *R. communis* en el control nemátodos fitopatógenos. 62

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones 65

5.1. Conclusiones 65

5.2. Recomendaciones 65

Referencias 66

Índice de tablas

Tabla 1. Efecto insecticida de los extractos de *T. peruviana* 34
Tabla 2. Efecto acaricida de los extractos de *T. peruviana* 37
Tabla 3. Efecto insecticida de los extractos de *A. indica* 39
Tabla 4. Efecto acaricida de los extractos de *A. indica* 42
Tabla 5. Efecto insecticida de los extractos de *R. communis* 44
Tabla 6. Efecto acaricida de los extractos de *R. communis* 46
Tabla 7. Efecto bactericida de los extractos de *T. peruviana* 48
Tabla 8. Efecto fungicida de los extractos de *T. peruviana* 51
Tabla 9. Efecto nematicida de los extractos de *T. peruviana* 55
Tabla 10. Efecto bactericida de los extractos de *A. indica* 56
Tabla 11. Efecto fungicida de los extractos de *A. indica* 57
Tabla 12. Efecto nematicida de los extractos de *A. indica* 58
Tabla 13. Efecto bactericida de los extractos de *R. communis* 61
Tabla 14. Efecto fungicida de los extractos de *R. communis* 62
Tabla 15. Efecto nematicida de los extractos de *R. communis* 64

Índice de figuras

Figura 1. Planta de *Thevetia peruviana* (a), flor (b), fruto(c) y látex (d).. 5
Figura 2. Árbol de Neem (*Azadirachta indica*) (a), hojas (b), flores (c) y frutos (d).. 6
Figura 3. Planta de *Ricinus communis* (a), flor (b), frutos (c) y semillas secas (d). 7
Figura 4. Numero de estudios que arrojó la búsqueda de información en las principales bases de datos. 29
Figura 5. Numero de publicaciones por año que arrojaron las búsquedas de información en las principales bases de datos. 30
Figura 6. Partes de *T. peruviana*, *A. indica* y *R. communis* utilizados para la elaboración de los extractos 30
Figura 7. Potencial agrobiológico de las especies analizadas en correspondencia a los estudios indagados 31
Figura 8. Distintos ambientes de estudio en los que se han evaluado el potencial agrobiológico de las especies de estudio 31
Figura 9. Países en los que se desarrollaron las investigaciones sobre los extractos botánicos de *T. peruviana*, *A. indica* y *R. communis* 32

Capítulo 1: Introducción

Desde épocas tempranas del surgimiento y desarrollo del ser humano, se tuvo la necesidad de combatir las plagas que afectaban los cultivos y productos con el uso de sustancias capaces de eliminarlos (Del Puerto, Suárez, & Palacio, 2014). El empleo de plaguicidas de origen botánico se remonta al menos a dos milenios en la antigua China, Egipto, Grecia y la India (Woodford, 2003). Cuando el ser humano desarrolló la agricultura en la prehistoria jamás podría haber dimensionado la forma que se iba a desarrollar tal proceso (Sanhueza, 2010)**.**

La sobre explotación del recurso suelo y la acumulación de plaguicidas está provocando un grave problema ambiental, ya que a futuro podría verse reflejado en la improductividad y por consiguiente una escasez de medios, tanto alimenticios como productivos para el hombre (Sanhueza, 2010). La actividad agrícola en estos últimos tiempos, viene generando preocupación por las aplicaciones de productos químicos, sin opinión profesional, lo que genera graves alteraciones ambientales al ecosistema, especialmente en las zonas donde el agricultor no cuenta con asesoramiento técnico. Los agricultores aplican los pesticidas por la necesidad de proteger sus cultivos, sin tomar en cuenta la toxicidad del producto que conlleva a la contaminación por residuos químicos a los cultivos, lo cual repercute en el suelo, aire y agua (Castillo, Ruiz, Manrrique y Pozo, 2020).

En los últimos veinticinco años la literatura ha reportado cientos de compuestos aislados a partir del metabolismo secundario de las plantas que han mostrado actividad plaguicida, y son una forma de eliminar en gran medida el uso de los tóxicos plaguicidas sintéticos (Pérez, 2012). El empleo de extractos vegetales para el control de plagas, enfermedades y arvenses en el marco de una agricultura sostenible constituye una alternativa promisoria, debido a su efectividad, bajo costo y no ser contaminantes del ambiente. Los compuestos naturales de origen vegetal han mostrado actividad bactericida, fungicida, insecticida, repelente y nematicida (Celis, Mendoza y Pachón, 2009).

1.1. Justificación

El empleo de extractos vegetales para el control de plagas, enfermedades y arvenses en el marco de una agricultura sostenible constituye una alternativa promisoria, debido a su efectividad, bajo costo y no ser contaminantes del ambiente. Los compuestos de origen vegetal han mostrado actividad bactericida, fungicida, insecticida, repelente y nematicida (Celis et al., 2009). La intensificación de la producción de alimentos conduce a menudo a un abuso de plaguicidas, dando lugar a nuevos brotes de plagas, poblaciones de plagas resistentes (insectos, bacterias y malas hierbas), aumenta los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, y plantea obstáculos al comercio (residuos) (Del Puerto et al., 2014).

La agricultura orgánica con sus restricciones para el uso de insumos químicos sintéticos, parece ofrecer una alternativa de baja residualidad a los productos cultivados convencionalmente (Baker, Benbrook, Groth & Lutz, 2002). En la actualidad se afirma la tendencia de volver a las fórmulas que la naturaleza brinda, es decir el retorno a las fórmulas orgánicas y naturales, a partir de extractos vegetales con potencial agrobiológico formulados para que controlen y eliminen de manera eficaz determinadas plagas (Del Puerto et al., 2014). Los bioplaguicidas a base de plantas tienen la ventaja de ser respetuosos con el medio ambiente y a menudo, no son peligrosos para la salud humana además de ser biodegradables. Aunque tienen la reputación de ser más sensibles a las variaciones de temperatura, humedad o radiación lumínica y menos eficaces que los insecticidas químicos, siendo un tema de creciente interés, especialmente como parte de las estrategias de manejo integrado de plagas (Mboussi, Ambang, Kakam & Bagny, 2018).

Los extractos de origen vegetal se caracterizan por la presencia de determinados metabolitos secundarios los cuales forman parte de las estrategias defensivas de las plantas, y que pueden ser agrupados en compuestos nitrogenados, fenólicos y terpenoides. Dichos compuestos le proporcionan importantes características a los extractos, como son antialimentarios, antivirales, antimicrobianos, repelentes, inhibidores de germinación de semillas que permiten su utilización para proteger los cultivos e incrementar la calidad y su producción alimentaría, ya que tienen la propiedad de ser menos tóxicos y más fácilmente degradables (Celis et al., 2018).

1.1. Planteamiento del Problema

En la agricultura las plagas representan uno de los mayores problemas a combatir debido a los daños que causa a los cultivos. En la última década el mayor aliado del productor ha sido los insecticidas químicos por su rápida acción en el control de poblaciones de insectos. Sin embargo, no se tomó en cuenta que los mencionados pesticidas afectan de igual manera a otros insectos que actúan como depredadores naturales, parasitarios y polinizadores. Estos últimos de suma importancia para el propio agricultor por la naturaleza de su labor (García y Rodríguez, 2012).

Devine, Eza, Ogusuku y Furlong (2008) manifiestan que las restricciones acerca del uso de insecticidas incluyen los efectos en la salud humana, los ecosistemas agrícolas como son los insectos beneficiosos, el medio ambiente, en su sentido más amplio: por ejemplo, las especies que no son el objetivo, paisajes y comunidades; y encontrar la presencia de insectos por encima del umbral económico, condición que confieren la resistencia a los insecticidas. Además, los insecticidas pueden ser tóxicos para una gran cantidad de otros organismos. El uso indiscriminado puede funcionar durante algunos años, pero después de un tiempo, no hay suficientes organismos beneficiosos del suelo para retener los nutrientes (Aktar, Sengupta & Chowdhury, 2009).

Los plaguicidas no solo alteran el balance de la naturaleza desequilibrando los sistemas de vida (agua y suelo), además su uso indiscriminado constituye un peligro para la salud de los agricultores al momento de su aplicación. Los consumidores también pueden verse afectados en la cadena alimentaria ya que se producen alimentos contaminados con trazas de plaguicidas sintéticos excediendo los límites permisibles (García, 2015).

Se reportan estudios de la efectividad de los extractos botánicos de diferentes especies, entre ellas *T. peruviana, A. indica* y *R. communis* en el control de artrópodos plaga y fitopatógenos de cultivos, sin embargo, existe la necesidad de determinar hasta qué punto esta alternativa de control se ha estudiado, sobre qué tipo de artrópodos plagas y agentes fitopatógenos se ha evaluado y cuáles han sido los resultados de eficacia en el control, esto a su vez permitirá realizar estudios experimentales de validación en distintas condiciones.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

- Analizar documentalmente el potencial agrobiológico que tienen los extractos botánicos de *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum, *Azadirachta indica* Juss y *Ricinus communis* L. para el control de artrópodos plaga y agentes fitopatógenos.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de los extractos de *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum, *Azadirachta indica* Juss y *Ricinus communis* L. en el control de insectos plaga y ácaros en cultivos de interés agrícola.
- Determinar el efecto de los extractos de *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum, *Azadirachta indica* Juss y *Ricinus communis* L. en el control de bacterias, hongos y nemátodos fitopatógenos en cultivos de interés agrícola.

Capítulo 2: Fundamentación teórica

2.1. Descripción botánica de las especies en estudio

2.1.1. *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum

T. peruviana, es un arbusto venenoso de la familia Apocynaceae comúnmente llamada adelfa bastarda, adelfa exiliada, manzana de tigre, jacapa y nuez de la suerte (Pramod, Atreya & Kanchan, 2015). Es un arbusto que puede alcanzar hasta 6 m de altura con un tronco de 10 a 12 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) con abundantes ramas y una corteza blanquecina (látex abundante en todos sus órganos). Las hojas son verdes brillantes, simples, lineales de 5 a 15 cm de longitud y 1.2 a 2 cm de ancho, mientras que las flores son acampanadas con una dimensión de 3 a 5 cm de longitud de color amarillo y muy vistosas, solitarias o a veces en grupos. El fruto es una cápsula triangular, verde cuando esta inmadura y café claro cuando madura, en el interior de la capsula se encuentra una semilla solitaria grande y de testa dura. Todas las partes de la planta son venenosas dado que contienen tevetina, siendo este un narcótico fuerte. Su periodo de floración se da entre abril y junio, y fructifica entre agosto y septiembre. Esta especie es de rápido crecimiento, llegando a producir frutos entre 6 a 8 años, pero también puede reproducirse por estacas (Aguirre, 2012).



Figura 1. Planta de *Thevetia peruviana* (a), flor (b), fruto(c) y látex (d). Tomado de: Fuentes & Aguilar (2019).

2.1.2. *Azadirachta indica* A. Juss.

El árbol de neem pertenece a la familia Meliácea es originaria de la India y Birmania, tiene hábitos de crecimiento en regiones tropicales y semitropicales (Maithani, Parcha, Pant, Dhulia & Kumar, 2011). Es una especie de rápido crecimiento, llegando a alcanzar los 25 m de altura. Su tronco es recto, con corteza gris, de copa redonda y densa. Las hojas están compuestas de nueve

a 17 foliolos alargados con bordes dentados. Su raíz pivotante es bastante profunda, aunque las abundantes ramificaciones laterales pueden ser superficiales. Las inflorescencias se dan en racimos, con flores pequeñas, blancas y fragantes (Aguirre, 2012). Produce drupas amarillas, elipsoides y glabras, de 12 a 20 mm de largo. Las frutas son verdes, se tornan amarillas al madurar, aromáticas con olor a ajo. Su floración empieza de marzo a abril y los frutos maduran entre abril y agosto según la localidad (Hashmat, Azad & Ahmed 2012).



Figura 2. Árbol de Neem (*Azadirachta indica*) (a), hojas (b), flores (c) y frutos (d). Tomado de: Patel, Nagulapalli, Bhattacharyya, Sethi & Bishayee (2010).

2.1.3. *Ricinus communis* L.

R. communis conocida como higuerilla en el Ecuador, es un arbusto de tallo grueso y leñoso hueco que al igual que los peciolos, nervios e incluso las propias hojas en algunas variedades, puede tomar un color púrpura oscuro y suele estar cubierto de un polvillo blanco, semejante a la cera. Las hojas son muy grandes de nervación palmeada y hendidas de cinco a nueve lóbulos, de bordes irregularmente dentados; las hojas son alternas con peciolo muy largo unido por su parte inferior. Las flores están dispuestas en grandes inflorescencias que emergen de una espata en los nudos entre el tallo y los pedúnculos de las hojas; en la parte inferior de dichas inflorescencias están las flores masculinas, con un cáliz de cinco piezas lanceoladas/triangulares y múltiples estambres soldados, con forma de columna y ramificada en forma de coliflor. Las flores femeninas se encuentran en la parte superior de la panícula (ovario), formado por tres hojas carpelares y rematadas por un pistilo trifurcado con papilas destinadas a captar el polen. Florece

casi todo el año, el fruto es globuloso trilobulado, casi siempre cubierto por abundantes púas que le dan un aspecto erizado; tiene tres cavidades cada una con una semilla grande y jaspeada de superficie lisa y brillante, rematada por una excrecencia y que contiene una toxina llamada ricina. Al secarse los frutos, la cubierta espinosa se tensa progresivamente produciendo finalmente un efecto de resorte que lanza la semilla a distancias superiores a los diez metros, siendo ésta la forma de esta planta para extenderse durante su propagación (Ramos, 2015).



Figura 3. Planta *de Ricinus communis* (a), flor (b), frutos (c) y semillas secas (d). Tomado de: Khan & Rehman (2019).

2.2. Distribución geográfica de las especies en estudio

2.2.1. *T. peruviana*

Esta planta es originaria de América Central y del Sur, pero ahora se cultiva con frecuencia en las regiones tropicales y subtropicales (Kishan, Krishn, Vimlesh, Sheik & Alok, 2012). Según el Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá (2014) es una especie cultivada en todo el mundo. En el Ecuador crece entre 0 – 1,200 msnm, en las provincias de Loja, El Oro, Guayas y Manabí (Aguirre, 2012).

2.2.2. *A. indica*

El árbol de neem se introdujo en lugares como Australia, África oriental y subsahariana, sudeste asiático y América del Sur. Hoy en día, el neem está bien establecido en al menos 30 países en todo el mundo. Algunas plantaciones en pequeña escala también han tenido éxito en Europa y Estados Unidos de América (Lauridsen, Kanchanaburagura & Boonsermsuk, 1991). En

Ecuador se encuentra en la costa seca entre 0 - 800 msnm, encontrándose en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Manabí y Esmeraldas (Aguirre, 2012).

2.2.3. *R. communis*

La higuerilla tiene su centro de origen en Etiopía y en el Este de África. El género *Ricinus* es considerado monotípico, siendo reconocidas cuatro subespecies: *R. sinensis, R. zanzibarensis, R. persicus y R. africanus* las cuales abarcan 25 cultivares botánicas, todas compatibles entre sí (Jachmanian, Pérez, Villamil y Villamil, 2009). *R. communis* está disperso por casi todas las regiones cálidas del globo, habiéndose naturalizado por ser una planta cultivada desde la antigüedad (Ramos, 2015). En el Ecuador esta especie es introducida y cultivada en áreas entre 0 - 3000 msnm, en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Galápagos, Guayas, Imbabura, Loja, Los Ríos, Manabí, Napo, Pichincha y Tungurahua (Aguirre, 2012).

2.3. Hábitat y exigencias culturales de las especies en estudio

2.3.1. *T. peruviana*

Es una planta de climas templados (Kishan et al. 2012) y puede crecer en suelos degradados y condiciones climáticas adversas, por lo que es una buena planta para recuperar suelos desgastados (Zibbu & Batra, 2011). Tolera la mayoría de los tipos de suelo siempre que estén bien drenados y estén situados a pleno sol en un área protegida. Es útil como planta de paisajismo en climas cálidos, ya que no necesita mucho mantenimiento (Kishan et al. 2012). En su hábitat nativo, *T. peruviana* se encuentra en bosques de tierras bajas siempre verdes o en bosques ribereños a 50 - 200 m de altitud. Es tolerante a la sequía y moderadamente tolerante a suelos salinos (Schmelzer, 2006).

2.3.2. *A. indica*

El árbol de neem crece bien desde la costa hasta casi los 1000 msnm, teniendo un alto rango de adaptación a las diferentes zonas y suelos. Tiene un mejor desarrollo en áreas con 1200 mm de precipitaciones anuales (subhúmedas), prosperando bien en áreas de hasta de 2000 mm de lluvias (Cruz y Sánchez, 2004). Puede crecer en varios tipos de suelo, pero prospera mejor en suelos arenosos y profundos con buen drenaje (pH 6.2-7.0). Es un árbol tropical / subtropical típico y existe a temperaturas medias anuales en el rango de aproximadamente 21 a 32 °C y también puede tolerar temperaturas altas a muy altas. No tolera temperaturas inferiores a 4 °C (Arulkumar, Karthika, Gopalasatheeskumar & Arulkumaran, 2019).

3.3.3. *R. communis*

Requiere un clima cálido sin heladas (Ramos, 2015). El clima caliente y húmedo es el más propicio para esta especie; con precipitaciones en la época de crecimiento y seco en la cosecha. Como se trata de una especie esencialmente tropical, su producción y rendimiento dependen de las condiciones ambientales. El estrés hídrico en la fase de maduración de los frutos, determina bajo peso de la semilla y menor contenido de aceite. No obstante, se considera que es tolerante a la sequía. La temperatura debe de estar comprendida entre 20 y 35 °C. En general se considera que es una especie poco exigente, sin embargo, por el desarrollo y estructura de la planta y por la rapidez de su crecimiento, es una especie que requiere suelos profundos, bien drenados, de texturas livianas y fértiles. Los suelos excesivamente pesados no son adecuados para este cultivo. El pH del suelo debe ser de reacción ligeramente ácida (pH 5-6.5) aunque hay registros de producción en suelos con pH de 8 (Jachmanian et al., 2009).

2.4. Principales usos de las especies en estudio como agentes agrobiológicos

2.4.1 *T. peruviana*

En años recientes esta planta es considerada como una fuente potencial de compuestos biológicamente activos, a saber, insecticidas, anti termitas, rodenticidas, antimicrobial, fungicidas, bactericidas, anti VIH y anticancerígeno, entre otros (Arias, 2013). El aceite de la semilla demuestra actividad antibacteriana contra, *Bacillus anthracis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Stathylococcus aureus* y *Vibro cholerae*. En un trabajo reciente se demostró las propiedades antifúngicas fotoactiva de extractos de semillas (n-hexano y CH_2Cl_2) y sus fracciones contra el hongo *Cladosporium cucumerinum*. De las hojas se ha aislado flavonoides, tales como glicósidos sinápicos de kaemferol y quercetina, glucósidos flavonoles y flavanona, así como iridoides. En la corteza se han identificado triterpenos y dinormonoterpenoides. También se han encontrado iridoides en las raíces (Pacheco, Taborda y De la Rosa, 2006).

2.4.2. *A. indica*

El neem, identificado por la organización mundial de la salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1989, como un pesticida natural considerándose uno de los árboles más prometedores del siglo XXI por su gran potencial en el manejo de plagas, la protección del medio ambiente y la medicina (Nicoletti, Maccioni, Coccioletti, Mariani & Vitali, 2012). Se ha utilizado como planta medicinal (tratamiento de

inflamaciones, infecciones virales, hipertensión y fiebre), planta sombreadora, repelente, material de construcción, combustible, lubricante, fertilizante y más recientemente como pesticida. Aunque los plaguicidas sintéticos siguen siendo el principal medio de protección de los cultivos, se ha incrementado el uso de métodos alternativos, debido a la necesidad actual de superar problemas como la resistencia y la reducción de los riesgos de contaminación ambiental provocada por productos sintéticos no biodegradables (Mossini & Kemmelmeier, 2005).

2.4.3. *R. communis*

El aceite de higuerilla no es comestible siendo ampliamente empleado como una materia prima para muchos productos de la industria química, debido a la presencia en su estructura de grupos hidroxilos y dobles enlaces, haciéndolo adecuado para la mayoría de reacciones químicas y modificaciones (Ogunniyi, 2006). Llaven, Borbón, Hernández & Coyac (2019) afirma que el potencial agrobiológico de *R. communis* es amplio, siendo la semilla donde se extrae el aceite, también llamado aceite de ricino y tiene numerosas aplicaciones industriales ya que es usado para la producción de pesticidas, fertilizantes entre otros. Posee metabolitos secundarios en raíces, tallos, hojas y frutos siendo tóxicos encontrándose albúminas (ricina) y alcaloides (ricenina). La ricina es utilizada como un nematicida e insecticida para controlar diversas plagas en cultivos (Corpoica-Centro de investigacion la Selva, 2008). Los extractos de diferentes partes de la higuerilla poseen una toxicidad y ha sido confirmado en distintas especies de insectos plaga pertenecientes a los órdenes Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Hymenoptera y Lepidóptera (Rodríguez, 2005).

2.5. Toxicidad de los agentes agrobiológicos

2.5.1. *T. peruviana*

Las semillas, hojas, frutos y raíces de *T. peruviana* se consideran fuentes con un fuerte potencial toxico biológicamente activo usado como insecticida, fungicida y bactericida. Esta planta también puede producir glucósidos cardíacos, como peruvoside y nerifolina, que tienen un índice terapéutico relativamente alto en comparación con el de digoxina (Zibbu & Batra, 2011). También produce toxicidad a todas las especies animales salvo a algunos tipos de aves e insectos. Su intoxicación puede producirse por inhalación, ingestión o contacto con la savia o extractos del vegetal, lo que la hace en su totalidad tóxica para el hombre. La tevetina A, la tevetina B, peruvósidos, neriifolina, thevetoxina y rutósidos son los cardenólidos que le

proporcionan el carácter tóxico a *T. peruviana*. Las semillas son la parte más tóxica encontrándose en ella la mayor proporción de glucósidos cardiacos y además encontramos pequeñas trazas de ácido cianhídrico, un compuesto inhibidor de la respiración celular extremadamente tóxico. Adquieren gran relevancia la edad del individuo y la forma de administración (González, 2013).

Las dosis potencialmente letales varían entre una y dos semillas para los niños, y ocho y diez semillas para los adultos. En cuanto a las hojas, se han calculado dosis de cuatro gramos. Las semillas y el látex concentran la mayor cantidad de metabolitos tóxicos, como glicósidos cardiotónicos (cerebrina y la tevetina) con efectos similares a la digitalina y heterósidos, de los cuales los más importantes son la tevetina A y la B. La tevetina A contiene canogenina, tevetosa y gentiobiosa y la tevetina B, digitoxenina, gentiobiosa, tevetosa y nerifolina. El látex es rico en terpenoides y acetato de bamirina; en las hojas se ha encontrado neriantina y en las flores frescas, quercitina y kaempferol (Escobar, Leiva y Morales, 2012). Aguilar y Maycotte (2013) descubrieron mediante un análisis bromatológico las concentraciones de cardenólidos en diferentes partes de la planta: semillas 4.8%, hojas 0.07%, frutas 0.05% y en la savia 0.04%.

2.5.2. *A. indica*

Los extractos pueden causar fitotoxicidad cuando se encuentran en altas concentraciones, dependiendo de la especie, edad y etapa de desarrollo de la planta a la que se aplican. Sin embargo, cuando se utilizan en el campo a las dosis recomendadas, no han demostrado tal efecto. Además, la azadiractina es totalmente biodegradable y su vida media en el suelo es de unos 20 días (Mossini & Kemmelmeier 2005).

2.5.3. *R. communis*

Las semillas son muy tóxicas por la presencia de albúmina (ricina), ya que basta la ingestión de unas pocas, masticadas o tragadas, producen un cuadro de intensa gastroenteritis con deshidratación; puede dañar gravemente el hígado y el riñón e incluso producir la muerte. Es una de las toxinas biológicas más potentes que se conocen. El aceite de ricino, obtenido por prensado de las semillas y calentado para destruir la ricina, es uno de los purgantes más reputados, debiéndose su acción al ácido ricinoleico; tiene el inconveniente de su desagradable sabor (Ramos, 2015).

La ricina es una poderosa toxina proteica que se encuentra en todas las partes de la planta, pero se concentra particularmente en las semillas. La toxina se podría utilizar como arma biológica. La toxina purificada se puede encontrar en forma cristalina, como polvo liofilizado seco, o disuelto en líquido (Pita, Anadón y Martínez, 2004).

2.6. Composición química de los agentes agrobiológicos

2.6.1. *T. peruviana*

El triósido thevetin es el componente principal encontrándose en las semillas, contenido en una mezcla de cerberoside (thevetin B) y thevetin A en una proporción de 2:1. Los monósidos aislados de las semillas incluyen neriifolina, cerberina (2' – O - acetilneriifolina), peruvosida (cannogenina - teviósido), ruvosida (cannogenol - theviósido) y ácido perubosídico (perusitina). La semilla contiene entre 57-63 % de aceite, después de la purificación consiste principalmente en ácido oleico (60 %), ácido palmítico (16 %), ácido esteárico (11 %), ácido linolénico (7 %) y ácido linoleico (5 %). El aceite entrando en un proceso de desintoxicación podría servir como aceite vegetal para uso doméstico (Schmelzer, 2006).

En un estudio de análisis químico, Zibbu & Batra (2011) determinaron los siguientes componentes por cada parte del vegetal analizado. Para tallos y hojas (bomesitol), semillas (Theveside, viridoside y thevefolin), pericarpio de frutos y flores (acetato de epiperuviol, alfa y beta - amirina, kaempferol y quercetina) y para semillas (peruvoside, cerberin, neriifolin, thevetin B).

2.6.2. *A. indica*

El componente activo más importante es azadiractina y los otros son nimbolinina, nimbina, nimbidina, nimbidol, nimbinato de sodio, gedunina, salanina y quercetina. Las hojas contienen ingredientes como nimbin, nimbanene, 6-desacetylnimbinene, nimbandiol, nimbolide, ácido ascórbico, n-hexacosanol y aminoácido, 7-desacetyl-7-benzoylazadiradione, 7-desacetyl-7-benzoylgedunin, 17-hydroxyazadiradione. La quercetina y el ß-sitosterol, flavonoides polifenólicos, se encontraron en hojas frescas de neem atribuyendo propiedades antibacterianas y antifúngicas. Las semillas contienen componentes valiosos que incluyen gedunina y azadiractina (Alzohairy, 2016).

Las semillas están constituidas principalmente por ácido oleico (50-60 %), ácido palmítico (15-19 %), ácido esteárico (14-19 %), ácido linoleico (8-16 %) y caracterizado por un sabor acre y un persistente y olor desagradable (Escalante et al. 2004).

2.6.3. *R. communis*

La ricina forma parte del grupo de proteínas inactivadoras de ribosomas (RIPs) de tipo 2, que se caracterizan por presentar dos cadenas polipeptídicas: una capaz de inhibir la síntesis de proteínas y otra con propiedades de lectina, es decir es capaz de unirse a hidratos de carbono. La ricina es el principal representante de las RIPs de tipo 2 (Olsnes & Kozlov, 2001) y está constituida por una cadena A (RTA), de 267 aminoácidos y 30-32 kDa, unida por un puente disulfuro a una cadena B (RTB), de 262 aminoácidos y 32-34 kDa. El puente disulfuro entre ambas cadenas se establece mediante los restos de cisteína en la posición 259 de la RTA y 4 de la RTB (Rutenber & Robertus, 1991).

La RTA puede inhibir la síntesis de proteínas al tener actividad enzimática de N-glicosidasa (ARNr N-glicosilasa, ARNr N-glicosidasa), hidrolizando el enlace Nglicosídico entre una adenina y una ribosa del ácido ribonucleico ribosómico (ARNr) 28 S de las células eucariotas (Glück, Endo & Wool, I., 1994). La RTB es una lectina que presenta preferencia de unión a la galactosa. En su estructura hay cuatro puentes disulfuro y dos dominios, cada uno con cuatro subdominios (λ, α, β y γ). Los subdominios 1α y 2γ son los que tienen capacidad de unirse a la galactosa, si bien se ha planteado la posible existencia de un tercer punto de unión en el subdominio 1β (Steeves et al., 1999). La ricina es una glicoproteína, con dos zonas de glicosilación en la RTB (Asn95 y Asn135) y una o dos en la RTA (Asn10 y, en algunas ocasiones, Asn236) (Rutenber & Robertus, 1991).

2.7. Actividad insecticida de los agentes agrobiológicos

2.7.1. *T. peruviana*

Las semillas han demostrado ser muy efectivas para destruir la cutícula quitinosa de los insectos por tener una variedad de compuestos que incluyen terpenos, glucósidos y esteroles. Varios plaguicidas de origen botánico ofrecen un control eficaz de las plagas de insectos, pero pocos se han probado sistemáticamente en heterópteros (Mboussi et al., 2018). Los granos actúan

como veneno de contacto; machacados con una solución de jabón se utilizan como insecticida (Schmelzer, 2006).

Mboussi et al. (2018) utilizaron los extractos acuosos de las semillas con dos concentraciones (10 y 25 %) y comparando resultados con el insecticida de referencia Actara (0.26 g/L). Este insecticida se usa en alternancia con imidacloprid para tratar miridos en el campo. La eficiencia de los extractos acuosos de *T. peruviana* resulto efectiva en la reducción de las poblaciones de miridos (*Sahlbergella singularis* Haglund) en el campo. Los insectos afectados fueron las ninfas de *S. singularis* cuando se encontraban en las etapas 4ª y 5ª siendo de mucha efectividad en referencia al insecticida químico.

2.7.2. *A. indica.*

El efecto insecticida de neem involucra principalmente orugas y escarabajos, con varias especies de lepidópteros, coleópteros, homópteros, dípteros y heterópteros probados con resultados positivos (Mossini & Kemmelmeier 2005). El poder insecticida se ha confirmado en 500 especies de insectos plaga y su baja toxicidad en campo para vertebrados e insectos benéficos (parasitoides, abejas y depredadores) ha sido remarcada. Entre sus efectos se destacan la inhibición del apareamiento y comunicación sexual, impedimento de la oviposición y eclosión de huevos, esterilidad en adultos, bloqueo de los pasos de mudas necesarias para entrar a la siguiente etapa del desarrollo, efecto anti-alimentario y el bloqueo de la síntesis de quitina (Montero, Naranjo y Van Strahlen, 2012).

2.7.3. *R. communis*

El valor insecticida de la planta de ricino ha demostrado eficiencia en termitas que dañan la madera de *Mangifera indica* Linn *y Pinus longifolia* Roxb siendo examinado en ensayos comparativos. El orden de la actividad insecticida fue dicloro difenil tricloroetano (DDT) = hexacloruro de benceno (BHC) > aceite de ricino + torta de ricino (1:1) > aceite de ricino > hojas de ricino > torta de ricino > aceite de neem > hojas de neem. Todos los tratamientos redujeron significativamente la pérdida de peso en piezas de madera expuestas a termitas (Rana, Dhamija, Prashar & Sharma, 2012).

2.8. Actividad acaricida de los agentes agrobiológicos

2.8.1. *T. peruviana*

Los estudios sobre el efecto acaricida son muy escasos, encontrándose estudios recientes como la evaluación de la eficiencia de extractos alcohólicos y acuosos de *T. peruviana* contra el ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* Banks, donde fue evidente su eficacia en todas las etapas de crecimiento, y el efecto se dio por contacto causando un shock nervioso, afectando el funcionamiento de las enzimas necesarias responsables de un importante proceso biológico que causa que el metabolismo se detenga produciendo luego la muerte, o la razón puede sea que los extractos de *T. peruviana* contienen compuestos secundarios como flavonoides, glucósidos y turbinas (Malik & Hermize, 2020).

2.8.2. *A. indica*

Los estudios sobre el potencial acaricida que tienen los extractos de neem son escasos encontrándose entre ellos la evaluación de los extractos de las semillas sobre el ácaro fitófago *Tetranychus cinnabarinus* Boisd, el ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot y la araña depredadora *Cheiracanthium mildei* L. Koch (Mansour, Ascher, & Abo-Moch, 1997).

2.8.3. *R. communis*

Ghosh et al. (2013) utilizaron un extracto etanólico al 95% para probar la eficacia frente a líneas de referencia resistentes a acaricidas mediante un ensayo en laboratorio. En estudios realizados por Marroquín (2018), el extracto de higuerilla mostró una mortalidad en araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) del 85 % el más alto y de 34 % el más bajo.

2.9. Actividad antibacteriana de los agentes agrobiológicos

2.9.1. *T. peruviana*

La actividad antimicrobiana del extracto de etanol fue probado contra especies bacterianas de *Escherichia coli* Escherich, *Streptococcus lactis* Lohnis, *Enterobacter aerogenes* Kruse, *Alcaligenes faecalis* Castellani & Chalmers, *Pseudomonas aeruginosa* Schroeter, *Proteus vulgaris* Hauser; siendo *E. coli* donde se observó una mejor actividad antimicrobiana con los extractos que mostraron máxima actividad (Kishan et al. 2012). Según Zyara & Taher (2013), el potencial antimicrobiano del extracto de hojas de plantas experimentales en comparación con el

extracto de callo *in vitro*, el extracto de callo de la planta posee una mayor actividad en comparación con el extracto de hoja contra gram - positivos (*Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*) y cepas gramnegativas (*Pseudomonas aeruginosa*).

En un estudio realizado por Arias, Ortega, Peñuela & arias (2019) determinaron que los extractos de etanol y hexano obtenidos de cultivos *in vitro* de *T. peruviana* (callos y suspensiones celulares), presentaron actividad antibacteriana contra bacterias grampositivas (*S. aureus y B. cereus*). Se han trabajado principalmente con extractos obtenidos de frutos y hojas, lo que indica que el cultivo in vitro de suspensiones celulares de *T. peruviana* es una estrategia factible para la producción de compuestos con actividad antimicrobiana de especies alternativas.

2.9.2. *A. indica*

Los extractos de las hojas de *A. indica* poseen una buena actividad antibacteriana, lo que confirma el gran potencial de los compuestos bioactivos y son útiles para racionalizar el uso de esta planta en la atención primaria de salud. El extracto de metanol y el extracto de cloroformo tiene una actividad antibacteriana de moderada a buena. *Proteus vulgaris* y *Micrococcus luteus* fueron las bacterias más susceptibles, mientras que *Bacillus subtilis* era una bacteria más resistente al hexano, cloroformo y extractos de metanol de neem (Koona & Budida, 2011).

2.9.3. *R. communis*

El aceite esencial de las hojas de *R. communis* tiene una fuerte actividad antimicrobiana contra todos los microorganismos probados con mayor sensibilidad para *B. subtilis, S. aureus* y *Enterobacter cloacae* Jordan-Hormaeche. Los efectos citotóxicos y apoptóticos del aceite esencial sobre las líneas celulares HeLa se examinaron mediante un ensayo MTT (Bromuro de 3-(4,5- dimetiltiazol-2-ilo)-2,5-difeniltetrazol). La citotoxicidad del aceite fue bastante fuerte con valores de CI_{50} inferiores a 2.63 mg/ml para ambas líneas celulares (Zarai et al., 2012).

2.10. Actividad antifúngica

2.10.1. *T. peruviana*

En un estudio realizado por Zyara & Taher (2013) mostraron que la hoja de *T. peruviana* en una concentración de 200 mg/ml afecta al hongo *Condida albicans* (Robin) Berkhout. Las semillas poseen propiedades antifúngicas fotoactiva frente al hongo *C. cucumerinum*. El aceite

de la semilla de *T. peruviana* demostró actividad antimicrobiana contra *B. anthracis, B. subtilis, B. pumilus, S. aureus y V. cholerae.*

Los extractos brutos y algunas de las fracciones correspondientes obtenidas de semillas de *T. peruviana* en n-hexano y en diclorometano fueron fototóxicos cuando se probaron contra *C. cucumerinum*. El diclorometano era más eficaz en la extracción de compuestos con actividad biológica contra el hongo ensayado, ya que las fracciones resultantes eran más activas que las obtenidas con semillas de adelfa amarilla (Gata, Nogueira, Matos & Bruno de Sousa, 2003).

Los extractos de semillas de *T. peruviana* tienen una alta tasa de inhibición eficaz contra cepas de *P. megakarya*. Este estudio sirvió como base para determinar la concentración efectiva para el uso de la planta como control biológico contra *P. megakarya* (Ngoh et al., 2014) y especies de hongos de *Fusarium oxysporum* Schltdl, *Alternaria helianthi* Hansford, *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn, *Aspergillus niger* van Tieghem y *Penicillium* spp (Kishan et al. 2012).

2.10.2. *A. indica*

Las pruebas que involucraron el uso de extractos de hojas en cultivo líquido mostraron inhibición del crecimiento vegetativo de *F. oxysporum, Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, *Sclerotium rolfsii* y *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Los extractos acuosos de hojas inhiben en diversos grados a ciertos patógenos foliares en el arroz: *Pyricularia oryza* (Curzi) CC Tu y Kimbr, *R. solani, C. lunata, A. niger* y *Fusarium moniliforme* Sheldon, el grado de actividad es variable con el organismo de prueba; *Sarocladium oryzae* Sawada y *F. oxysporum, Phaeoisariopsis personata* Berk. Y MA Curtis y *Puccinia arachidis* Speg. en maní, y *A. niger* y *Aspergillus flavus* Link también en maní (Mossini & Kemmelmeier, 2005).

2.10.3. *R. communis*

La planta entera de higuerilla hervida en agua, o las semillas machacadas, se han incorporado al suelo para combatir a los hongos que atacan las raíces, tales como *Rhizoctonia solani* en almácigos y *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes, que provoca marchitamiento en papa. También retrasa el desarrollo del tizón tardo (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary) en tomate, combate la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) en café (Ramos, 2015).

2.11. Actividad nematicida

2.11.1. *R. communis*

Los compuestos tóxicos, alcaloides, fenoles, terpenoides y las lectinas tales como la ricina y la ricinus aglutinina, tienen la capacidad para adherirse fuertemente a los anfidios de los nemátodos fitoparásitos como *Meloidogyne* spp. Goeldi (Marbán, Jeyaprakash, Jansson, Damon, & Zuckerman, 1987). La torta deshidratada de higuerilla cuando es incorporada al suelo en concentraciones de 1.5, 2 y 3 % en plántulas de café de 60 días de edad, redujo las poblaciones del nemátodo *Pratylenchus coffeae* Sher & Allen en 61, 70 y 76 % respectivamente; mientras que Carbofuran redujo la población en 54 % con relación al testigo. Asimismo, este autor encontró que la higuerilla combate otros fitonemátodos como *Aphelenchus avenae* Bastian, *Hoplolaimus indicus* Sher, *Pratylenchus delattrei* Luc, *Tylenchorhynchus brassicae* Cobb, *Helicotylenchus dihystera* (Cobb) Sher., *y Rotylenchulus reniformis* Linford y Oliveira (Rodríguez, 2005).

2.12. Metodologías de obtención de los extractos

2.12.1. Trituración

Es el proceso en el cual se desintegra o se reduce el tamaño de sustancias sólidas por medios físicos, ejemplos de estos son las maquinas trituradoras, molinos o combinados como es este caso el molino usado para llevar a cabo los procesos de trituración fue un molino manual marca corona, con un tamaño de desintegración (molienda grosera) entre 0.1 (100 µm) y 0.3 (300 µm) mm (Ramos & Vega, 2015). Los componentes vegetales usados se deben secar a temperatura ambiente durante tres semanas para su posterior triturado usando un molino manual (Corona® Hand Mill) (Imbaya, 2018).

2.12.2. Extracción

Hay que tener en cuenta que la concentración de las sustancias activas puede variar según la región donde se cultive la planta o la época del año en la que sea cosechada, por tanto, una vez obtenido el extracto, el siguiente paso es su estandarización (Santamaría, González, & Astorga 2015). Los extractos son preparados por métodos apropiados usando etanol u otro solvente adecuado. Pueden ser mezclados diferentes lotes de tejido vegetal previo a la extracción. El tejido vegetal a ser extraído debe someterse a un tratamiento preliminar, por ejemplo,

inactivación de enzimas, molienda o trituración. Además, las materias indeseables deben ser eliminadas antes de la extracción. Los extractos crudos de plantas son aquellos que se obtienen mediante operaciones sencillas, sin modificaciones, es decir sin aislar algunos de sus componentes (Tituaña 2013).

2.12.3. Infusión

La infusión es el método más antiguo que se conoce para extraer la "esencia" de flores, hojas, frutas y semillas o especias, es muy fácil y económico de realizar, incluso no precisa de maquinaria o herramientas especializadas para llevarla a cabo (Carmona, 2021). Con ella se extrae suficiente cantidad de sustancias activas, con muy poca alteración de su estructura química, ya que se minimiza el efecto destructivo del calor sobre éstas (López, 2002). Las infusiones se llevan a cabo en agua caliente, pero no en ebullición, la metodología correcta es, calentar el agua hasta el punto de hervor y retirar del fuego, dejando pasar un minuto para que la temperatura baje y se estabilice siendo este el tiempo adecuado en donde agregaremos el material a extraer (Carmona, 2021).

2.12.4. Evaporización (Extractos secos)

Estos tienen una consistencia seca y son fácilmente pulverizables, se obtienen por evaporación del disolvente y desecación del residuo. Los extractos secos no deben presentar un contenido de humedad mayor del 5%. Presentan una concentración muy superior de principio activo que el componente original, son preparados bastante estables, aunque en ocasiones resultan higroscópicos y de fácil manipulación; como líquido extractor se utiliza alcohol de diversa concentración y agua. Actualmente es posible obtener extractos secos nebulizados que son más estables que los tradicionales, por ser menos higroscópicos (Carrión y García, 2010).

2.12.5. Tamizado

El tamizado es un método físico para separar mezclas que consiste en la separación de una mezcla de sólidos en dos o más fracciones que se diferencian en el tamaño mínimo y máximo de los sólidos que las componen. Para llevarla a cabo se utilizan tamices, los cuales son elaborados usando malla o pueden ser superficies sólidas perforadas con orificios de dimensiones homogéneas y bien definidas, de modo que muestran selectividad para retener sobre su superficie a las partículas que tengan un diámetro equivalente superior a un determinado tamaño. A este

valor o tamaño mínimo de cada una de las aberturas del tamiz se le conoce como luz de malla o mesh (Samaniego y Estrada, 2012).

2.12.6. Maceración

Se prepara colocando entre 20 y 50 g de material que contiene el principio activo por litro de agua, previamente pesado en un recipiente opaco. Se deja reposar en un lugar fresco y oscuro, el tiempo requerido. Por lo general, si se trata de partes blandas (como flores y hojas) el tiempo de maceración será de unas 12 horas y, si son partes duras (como raíces y cortezas) será de 24 horas. Pasado este tiempo se cuela el líquido resultante. Normalmente, se toman de dos a tres tazas al día de una dilución del macerado. La maceración resulta útil para aquellas drogas cuyos principios activos sean termolábiles. A veces se realiza primeramente una maceración para reblandecer los tejidos vegetales y seguidamente, una decocción (López, 2002).

2.12.7. Decocción

Consiste en echar la planta en agua hirviendo y dejarla hervir entre cinco a 30 minutos, a una temperatura superior al punto de ebullición, en un recipiente cerrado para evitar la evaporación. Se utiliza para raíces, tallos fuertes y cortezas (Guerra, 2005). Generalmente se aplica este método a partes leñosas de la planta y el tiempo de decocción depende de las características de dichas partes (Naveda, 2010).

2.12.8. Prensado

El material vegetal es exprimido mecánicamente para liberar el aceite y este es recolectado y filtrado (Rodríguez, Alcaráz y Real, 2012). Se separa el extracto por este medio, se lava el residuo con el líquido de extracción y ambos líquidos se llevan al contenido de masa preestablecido (Guerra, 2005).

2.12.9. Filtrado

La técnica consiste en verter la mezcla sólido-líquido que se quiere tratar sobre un filtro que permita el paso del líquido pero que retenga las partículas sólidas. El filtro, en el laboratorio suele ser papel poroso, pero puede ser de otros materiales que permitan el paso de líquidos. En cualquier caso, es necesario seleccionar la porosidad del filtro según el diámetro de las partículas

que se quieren separar. Para la obtención de los diferentes extractos se usó un filtro de muselina (Popoca, 2014).

2.12.10. Secado (bajo sombra)

Se extiende el material en papel absorbente procurando que haya intercambio de aire para evitar incremento de humedad y contaminación por hongos. Se coloca en un lugar con sombra a temperatura con la finalidad de la conservación de sus ingredientes activos (Rodríguez et al., 2012)

2.12.11. Destilación

La destilación es un proceso que consiste en variar la temperatura para separar de un líquido uno o más componentes que se encuentran juntos (Rodríguez, 2015). Empleado cuando los principios activos que se quiere obtener sean particularmente volátiles (Guerra, 2005).

2.12.12. Centrifugado

La centrifugación es un método por el cual se pueden separar sólidos de líquidos de diferente densidad mediante una fuerza centrífuga. Los componentes más densos de la mezcla se desplazan fuera del eje de rotación de la centrífuga, mientras que los componentes menos densos de la mezcla se desplazan hacia el eje de rotación. De esta manera los químicos y biólogos pueden aumentar la fuerza de gravedad efectiva en un tubo de ensayo para producir una precipitación del sedimento en la base del tubo de ensayo de manera más rápida y completa (Mercado, 2014).

2.12.13. Extracción por Soxhlet

Aparato de extracción semicontinua, pues en una de las fases el sustrato se agrega solo al principio, mientras que el solvente de extracción cumple un ciclo de extracción y purificación continua. La purificación se realiza en forma paralela por destilación del solvente, de manera que el sustrato siempre está en contacto con el solvente puro; se utiliza cuando es necesaria una extracción exhaustiva de la droga. Es útil en escala de laboratorio, a pesar de que la extracción no tenga una alta eficiencia, pues la regeneración del solvente se realiza automáticamente evitando excesivos manipuleos (Guerra, 2005).

2.13. Técnicas de aplicación de los extractos

2.13.1. Pulverización

Fraccionar una masa sólida o líquida en partículas o gotas. Es el proceso que realiza un equipo pulverizador: fracciona la masa líquida contenida en el tanque, mediante un chorro proyectado por cañerías, que se "rompe" en las boquillas hidráulicas o pastillas generando gotas de diferentes tamaños (Massaro, 2007)

2.13.2. Contacto e inmersión

Se coloca el inóculo en una placa o caja de Petri y sobre el mismo se vierte el medio de cultivo previamente fundido. Este método se utiliza para microorganismos aerobios (Santambrosio, Ortega y Garibaldi, 2009). El principio básico es la inmersión periódica permite el intercambio gaseoso dentro del recipiente. Los sistemas de inmersión temporal emplean medios líquidos lo cual facilita la asimilación de nutrientes (Tello, Agila y Legarda, 2018).

2.13.3. Película residual

Consistió en tomar un recuadro de cinco por cinco centímetros de hoja de la planta libre de entomopatógenos y plaguicidas y se sumergió en un vaso de precipitado de 250 mL por diez segundos en cada una de las soluciones de los extractos en estudio. Posteriormente los recuadros de hoja se colocaron en papel absorbente durante 30 minutos para eliminar el exceso de humedad (Rodríguez, Cerna, Ochoa y Hernández, 2016).

2.13.4. Difusión en medio agar

El método se basa en la relación entre la concentración de la sustancia necesaria para inhibir una cepa bacteriana y el halo de inhibición de crecimiento en la superficie de una placa de agar con un medio de cultivo adecuado y sembrado homogéneamente con la bacteria a ensayar y sobre la cual se ha depositado un disco de papel filtro de seis milímetros de diámetro, o se ha sembrado en pozo impregnado con una cantidad conocida de la sustancia (Stella y Marin, 2009).

Capítulo 3: Metodología de la investigación

3.1. Tipo o Diseño de Investigación

En el siguiente estudio se realizó una investigación no experimental, exploratoria documental de fuentes de información primaria y secundaria (Osorio y Añez, 2016), enfocadas en el potencial agrobiológico que tienen los extractos botánicos de *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum, *Azadirachta indica* Juss y *Ricinus communis* L. para el control de insectos plaga, ácaros, bacterias, hongos y nematodos fitopatógenos, en cultivos de interés agrícola.

3.2. Métodos de Investigación

Para este estudio se utilizó el método exploratorio documental, para ello se realizó una búsqueda sistemática de fuentes de información primaria y secundaria acorde a Osorio y Añez, (2016). Las fuentes de información primaria fueron: artículos de investigación, contenidos en revistas científicas, libros productos de una investigación, tesis de pregrado, postgrado y doctorado. Las fuentes de información secundaria fueron: libros que interpretan otros trabajos y artículos de revisión.

Las variables para el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos se las describe a continuación:

1. En el objetivo número uno se incluyeron resultados de la actividad insecticida y acaricida de los extractos de *T. peruviana*, *A. indica* y *R. communis* en el control de insectos plaga y ácaros en cultivos de interés agrícola.

Las variables que permitieron hacer un análisis y comparación en este objetivo fueron:

a. Tipo de artrópodos plaga: insectos y ácaros
b. Tipo de cultivo: agrícola o forestal
c. Origen del extracto: raíz, tallo, hoja, flores y semillas
d. Metodología de obtención del extracto: Trituración, maceración, infusión, destilación, extracción por Soxhlet, evaporización y destilación
e. Condiciones del estudio: laboratorio, invernadero y campo
f. Metodología de aplicación del extracto: aspersión e inmersión
g. Estadio del insecto o arácnido sobre el que se evaluó: huevo, ninfa, larva y adulto.

h. Eficacia: a nivel de laboratorio ($g.L^{-1}$; $g.mL^{-1}$; $mg.L^{-1}$; $mg.mL^{-1}$; g.Kg; $mL.L^{-1}$; $\mu L.mL^{-1}$; $\mu l.mL^{-1}$ y $mg.L^{-1}$) y mortalidad (%) y a nivel de campo: dosis de aplicación ($mL.L^{-1}$; $g.L^{-1}$; $g.L^{-1}$; $mL.L^{-1}$ y g.Kg), tiempo de efectividad (horas / días) y mortalidad (%).

2. En el objetivo número dos se incluyeron resultados de la actividad fitosanitaria de los extractos de *T. peruviana*, *A. indica* y *R. communis* en el control de bacterias, hongos y nemátodos fitopatógenos en cultivos de interés agrícola.

Las variables que permitieron hacer un análisis y comparación en este objetivo fueron:

a. Tipo de fitopatógenos: bacterias, hongos y nemátodos.
b. Tipo de cultivo: agrícola o forestal
c. Origen del extracto: raíz, tallo, hoja, flores y semillas
d. Metodología de obtención del extracto: trituración, maceración, infusión, destilación, extracción por Soxhlet, evaporización y destilación
e. Condiciones del estudio: laboratorio, invernadero y campo
f. Metodología de aplicación del extracto: Difusión en medio agar (envenenamiento en medio de cultivo)
g. Estadio del sobre el que se evaluó (nemátodos): huevos, juveniles y adultos
h. Eficacia: a nivel de laboratorio: concentración ($g.L^{-1}$; $g.mL^{-1}$; $mg.L^{-1}$; $mg.mL^{-1}$; g.Kg; $mL.L^{-1}$; $\mu L.mL^{-1}$; $\mu l.mL^{-1}$ y $mg.L^{-1}$) y mortalidad (%) y a nivel de campo: dosis de aplicación ($mL.L^{-1}$; $g.L^{-1}$; $g.L^{-1}$; $mL.L^{-1}$ y g.Kg), tiempo de efectividad (horas / días) y mortalidad (%) en nemátodos, inhibición de crecimiento (%) para hongos y bacterias y a nivel de campo: dosis de aplicación (mL) e incidencia (%)

3.2.1. Método exploratorio

Para el cumplimiento de los objetivos de esta investigación se definieron diferentes etapas del proceso de búsqueda acorde a la metodología de la Universidad de Alicante (2010) y J. César Muñoz-Rengifo (comunicación personal, 27 de enero de 2021): Análisis y definición de la necesidad de la información, nivel y cobertura de la búsqueda, selección de las fuentes de información, estrategias de búsqueda, valoración de los resultados y manejo de la información recuperada.

3.2.1.1. Análisis y definición de la necesidad de la información.

Existe la necesidad de identificar estudios sobre la actividad agrobiológica que tienen los extractos botánicos de *T. peruviana*, *A. indica* y *R. communis* para el control de artrópodos plaga y agentes fitopatógenos en los cultivos.

3.2.1.2. Selección de las fuentes de información.

Para llevar a cabo el cumplimiento del trabajo de investigación, se realizó una búsqueda de información bibliográfica en bases de datos científica como: ScienceDirect (Reed Elsevier; Países Bajos), Springer Link (Julius Springer; Luxemburgo), Scopus (Elsevier; Países Bajos), Scielo (FAPESP and BIREME; Brasil), Dialnet (Universidad de La Rioja; España), Redalyc (UAEM; México), PubMed (National center for Biotechnology information; Estados Unidos), Taylor & Francis Online (William Francis y Richard Taylor; Reino Unido), Google académico (Google, LLC - Alphabet Inc; Estados Unidos) y repositorio de tesis a nivel nacional e internacional.

3.2.1.3. Estrategias de búsqueda.

3.2.1.3.1. Criterios de inclusión en la búsqueda de información.

1. Términos para búsqueda de información

Se procedió a realizar la búsqueda de información utilizando descriptores como: Biopesticidas y el cual abarca todos los sinónimos como acaricidas, insecticida, larvicida, pesticida, bactericida, fungicida; y a partir de estos descriptores se definieron las palabras claves; además, los operadores lógicos que se utilizaron fueron: AND, OR, AND NOT, para las búsquedas en español al igual que las palabras clave fueron traducidos.

Para el primero objetivo específico se utilizaron descriptores de búsqueda para la actividad insecticida y acaricida de *Thevetia peruviana*: *Thevetia peruviana* "non-target organisms"; *"Thevetia peruviana*" and *"Spodoptera frugiperda*"; *"Thevetia peruviana*" and *"*Insecticidal potential"; *"Thevetia peruviana*" and *"Polyphagotarsonemus latus*"; *"Thevetia peruviana*" and *"*Botanical extracts" and *"*insecticidal"; (*Thevetia peruviana*) AND (acaricidal) AND (botanical extract); (*Thevetia peruviana*) AND (extract) AND (acaricidal); (*Thevetia peruviana*) AND (Ixodoidea). Así mismo para la actividad insecticida y acaricida de *Azadirachta indica*: *"Azadirachta indica*" and *"*Insecticidal potential" and *"*farming"; *"Azadirachta indica*" and

*"*Insecticidal"; *"Azadirachta indica*" and *"*Insecticide extracts"; *"Azadirachta indica*" and *"Toxoptera aurantii*"; *"Azadirachta indica*" and *"Phyllophaga spp*"; *"Azadirachta indica*" and *"*Thysanoptera"; *"Azadirachta indica*" and *"Atta cephalotes*"; *"Azadirachta indica*" and *"*Insecticidal activity"; (*Azadirachta indica*) AND (acaricidal) AND (plants). Finalmente, para la actividad insecticida y acaricida de *Ricinus communis*: (*Ricinus communis*) AND (compounds) AND (insecticide); (*Ricinus communis*) AND (insecticide); (Activity) AND (insecticide) AND (*Ricinus communis*); (Acaricide) AND (botanical extract) AND (*Ricinus communis*).

Para el segundo objetivo específico se utilizaron descriptores de búsqueda para la actividad bactericida, fungicida y nematicida de las especies botánicas estudiadas. Para la actividad bactericida de *Thevetia peruviana*: (*Thevetia peruviana*) AND (bactericidal); (*Thevetia peruviana*) AND (Xanthomonas); (*Thevetia peruviana*) AND (Pseudomonas); (*Thevetia peruviana*) AND (extract). Para *Azadirachta indica*: (*Azadirachta indica*) AND (bactericidal) AND (*Pseudomona solonacearum*); (*Azadirachta indica*) and (botanical extracts) y para *Ricinus communis*: (Activity) AND (*Ricinus communis*) AND (bactericidal) AND (*Ralstonia solanacearum*).

Los descriptores utilizados para la actividad fungicida de *Thevetia peruviana* fueron: (*Thevetia peruviana*) AND (extract) AND (FUNGICIDE); (*Thevetia peruviana*) AND (extract) AND (FUNGICIDE). Para *Azadirachta indica*: (*Azadirachta indica*) AND (fungicide) AND (botanical extract) y para *Ricinus communis*: (Fungicide) AND (botanical extract) AND (*Ricinus communis*).

Los descriptores utilizados para la actividad nematicida de *Thevetia peruviana* fueron: (*Thevetia peruviana*) AND (botanical extract) and (NEMATICIDE). Para *Azadirachta indica*: (*Azadirachta indica*) and (botanical extracts); (*Azadirachta indica*) and (botanical extracts) and (nematicide); (*Azadirachta indica*) and (botanical extracts) and (Nematicidal potential); y para *Ricinus communis*:(*Ricinus communis*) AND (nematicide) and (extract).

2. Año de publicación: Artículos científicos de los últimos 25 años.
3. Idioma: estudios en castellano, inglés, portugués, francés y canarés
4. Tipología de documento. Entre los estudios seleccionamos aquellos que sean de una fuente oficial y sean confiables, tales como: libros, tesis y artículos científicos.

3.2.1.3.2. Criterios de exclusión.

Los criterios de exclusión fueron:

1. Artículos en los cuales se presenta estudios de los extractos botánicos de *Thevetia peruviana, Azadirachta indica, Ricinus communis* enfocados en:
   a. Salud humana
   b. Control de animales como ratas, moluscos, perros, aves, bovinos y peces
   c. Documentos que contengan información sobre aceites esenciales
2. Resúmenes de congresos
3. Publicaciones no arbitradas
4. Documentos sin listas de referencias

3.2.1.5. Valoración de los resultados.

1. Se considero la pertinencia y relevancia al problema de investigación
2. Correspondencia con las variables planteadas
3. Estudios con convivencia de escalas y rigurosidad científica, la cual se corroboró la veracidad y análisis de la investigación.

3.2.1.6. Manejo de la información

Se realizó una lectura crítica de los documentos bibliográficos seleccionados, posteriormente se identificó y agrupó por separado los documentos que contienen información para el cumplimiento de cada uno de los objetivos. Para el análisis de las variables o criterios de cada uno de los objetivos específicos, se elaboraron tablas en hojas de cálculo utilizando el software Microsoft Office Excel (Microsoft Corporation; USA) y además se procesaron los documentos obtenidos mediante estadística descriptiva utilizando tablas de frecuencias mediante un programa de análisis estadístico de datos IBM SPSS statistics 28.0.

Las tablas con información para el cumplimiento del objetivo específico uno, contienen en la parte superior (de izquierda a derecha) organismo objetivo, cultivo / daño producido, parte utilizada / metodología de extracción, condición de estudio / tratamiento, aplicación, mortalidad (%) y referencia.

Las tablas con información para el cumplimiento del objetivo específico dos, contienen en la parte superior (de izquierda a derecha) organismo objetivo, cultivo / daño producido, parte

utilizada / metodología de extracción, condición de estudio / tratamiento, aplicación, inhibición (%) y referencia. En estas tablas se organizó toda la información obtenida en la búsqueda y permitió sintetizar, analizar y escribir los resultados de cada uno de los objetivos planteados.

Capítulo 4: Resultados

Del análisis de los resultados de la búsqueda de información, utilizando los criterios de búsqueda arrojaron un total de 59 estudios representando el 100 %, de los cuales 44 estudios fueron encontrados en la base de datos de Google académico (Figura 4), constituyendo ≈74.6 % de la información utilizada en esta investigación. En las otras bases datos se encontraron ocho artículos representando ≈ 1.7 % y 6.8 % de estudios analizados.

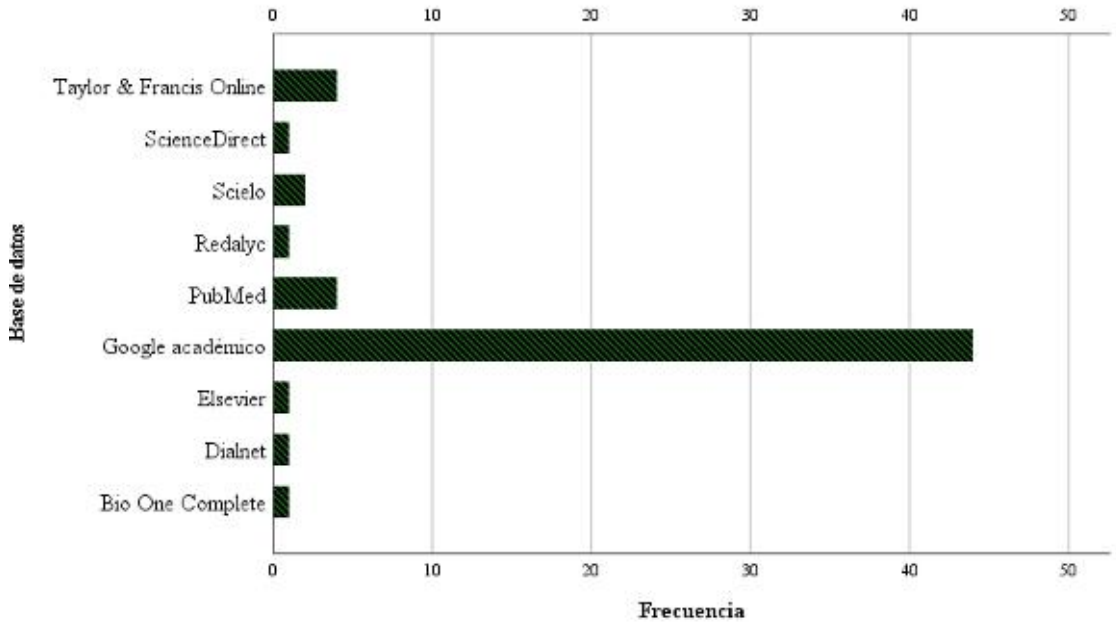

Figura 4. Numero de estudios que arrojó la búsqueda de información en las principales bases de datos.

Se destacan 8 publicaciones del 2018, que representan el mayor número (Figura 5), con el 13.56 % de los estudios analizados, así mismo con un menor número de publicaciones se posicionan los años: 1997, 2003, 2005, 2009 ≈1.9 %; mientras que para el 2021 ya se han publicado 4 documentos que representó ≈6.8 % de las publicaciones, dando un total de 59 publicaciones analizadas de las cuales 55 son artículos científicos, 2 son tesis de pregrado y 2 son tesis de postgrado.

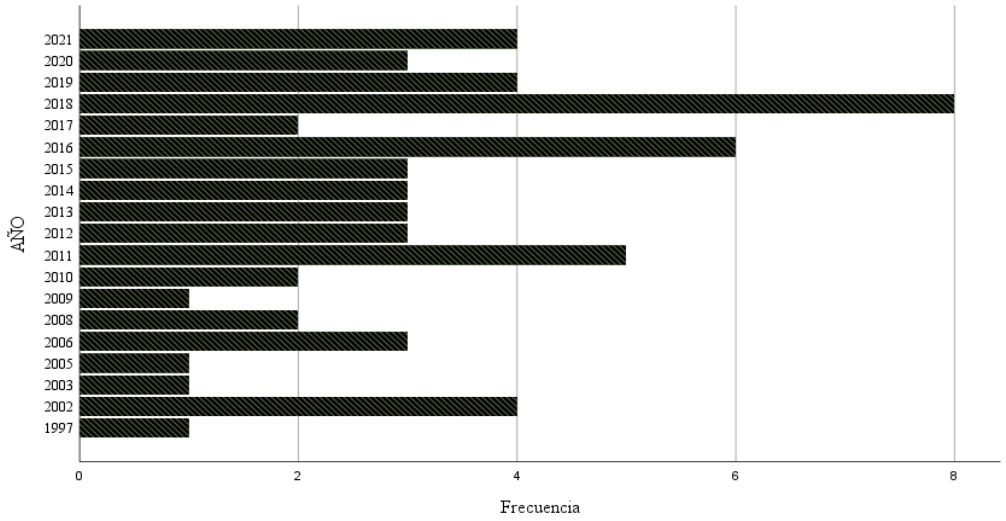

Figura 5. Numero de publicaciones por año que arrojaron las búsquedas de información en las principales bases de datos.

Para *T. peruviana* las semillas fueron el componente más estudiado con ≈22.03 % de la información analizada, seguido de las hojas 16.95 % y para tallos, raíces y flores el 1.7 y 3.4 % respectivamente. Para *R. communis* las semillas fueron el componente más evaluado dando el 10.1 %, seguido de las hojas con un 3 %. Finalmente *A. indica*, las semillas tuvieron un mayor valor de estudio con nueve documentos que representa ≈15.25 % (Figura 6), seguido de las hojas con 6.8 %.

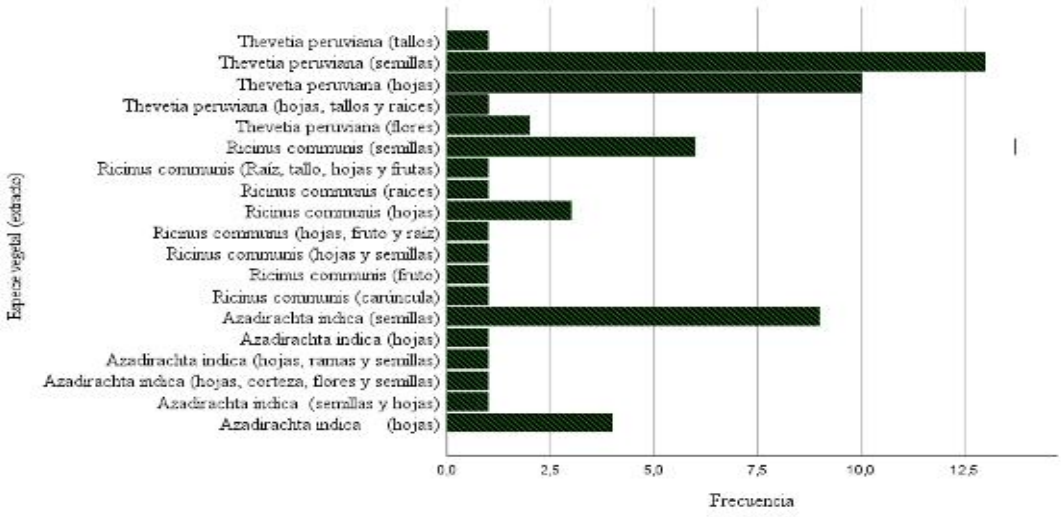

Figura 6. Partes de *T. peruviana*, *A. indica* y *R. communis* utilizados para la elaboración de los extractos

Las especies estudiadas de forma general presentaron una mayor actividad insecticida con 23 documentos que representando ≈39 % (Figura 7) según los estudios realizados por los diferentes autores, seguido de la actividad fungicida (25.4 %), nematicida (22 %), acaricida y bactericida con ≈6.8 % respectivamente.

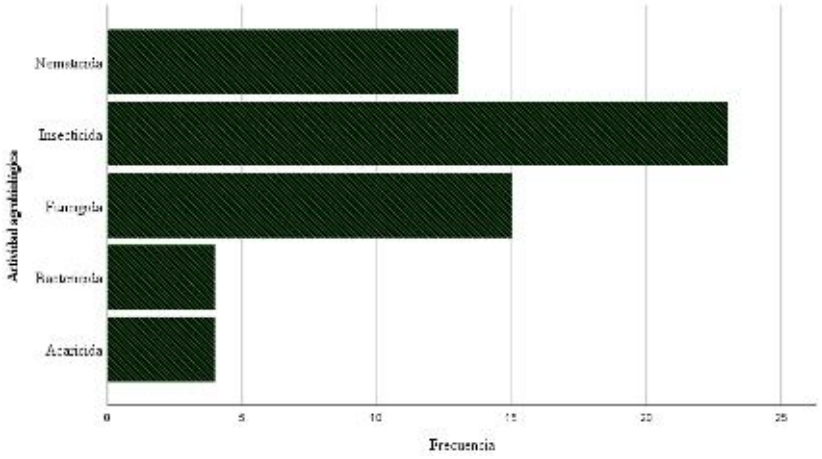

Figura 7. Potencial agrobiológico de las especies analizadas en correspondencia a los estudios indagados

La mayoría de estos estudios (41) fueron realizados en laboratorio representando ≈69.5 % (Figura 8) seguido de estudios realizados experimentalmente en campo (10) dando ≈16.9% e invernadero en un 8.5 % lo que corresponde a cinco documentos.

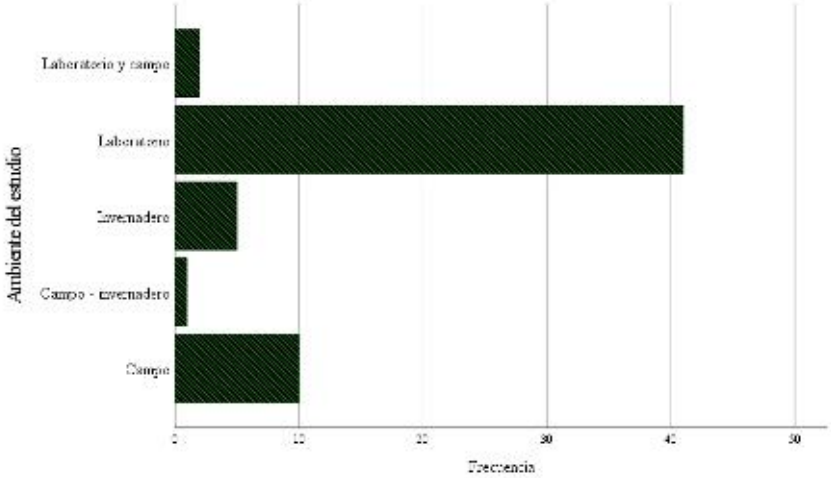

Figura 8. Distintos ambientes de estudio en los que se han evaluado el potencial agrobiológico de las especies de estudio

Este análisis muestra pocos estudios realizados en condiciones de campo en relación a los realizados en laboratorio. Los estudios aplicados en campo arrojarían resultados verificables sobre el potencial agrobiológico de cada una de estas especies, por lo que a partir de esta información se debe potenciar los estudios experimentales en campo, los mismos que estarían evidenciando los resultados obtenidos en condiciones de laboratorio.

La India es el país con más índices de estudios (15) sobre la evaluación de los extractos agrobiológicos en el control de insectos fitófagos y enfermedades ocasionadas por fitopatógenos representando ≈25.42 % (Figura 9), seguido de Camerún con 10 investigaciones equivalente al 16.95 % y, México y Nigeria con cinco estudios que equivale al 8.5 %. Según la tabulación de datos general la mayoría de estas investigaciones fueron realizadas en el continente de África y Asia.

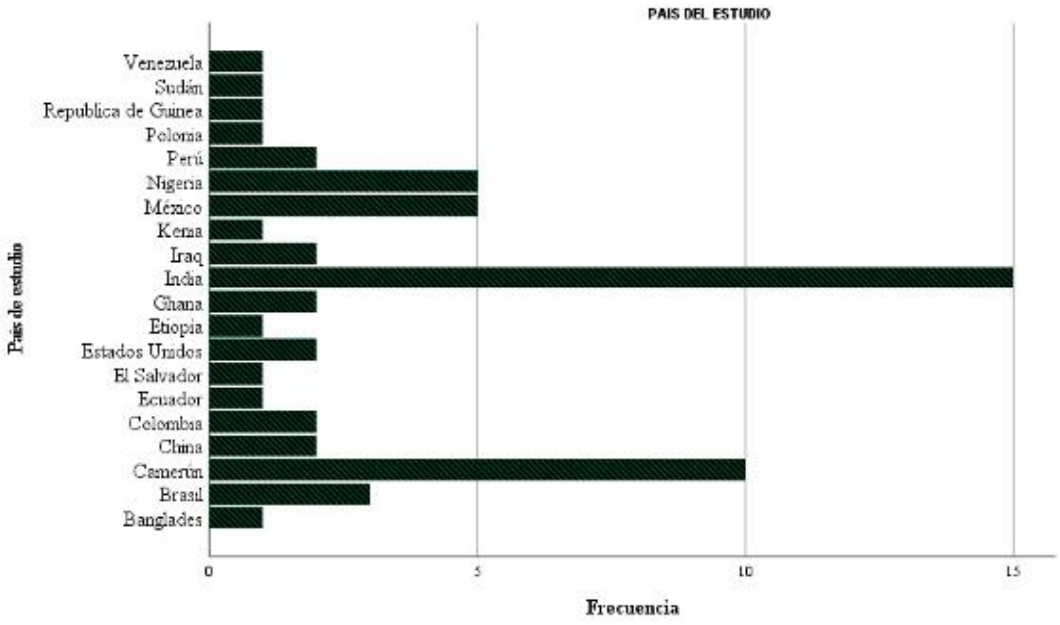

Figura 9. Países en los que se desarrollaron las investigaciones sobre los extractos botánicos de *T. peruviana*, *A. indica* y *R. communis*

4.1.Efecto de los extractos de *T. peruviana* (Pers.) K. Schum, *A. indica* Juss y *R. communis* L. en el control de insectos plaga y ácaros en cultivos de interés agrícola.

4.1.1. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control de insectos plaga.

Los estudios realizados por diferentes autores, muestran el potencial insecticida de *T. peruviana* en el control de insectos de los órdenes Hemiptera, Coleóptera, Lepidóptera y Orthóptera como se muestran en la Tabla 1. Mboussi et al. (2018), demostraron que los extractos a base de semillas, fueron eficaces al reducir la población de miridos (*S. singularis* y *Distantiella teobroma* Distant) en condiciones de campo similar al control químico con Actara®25.

La mayoría de insectos evaluados corresponden al orden Coleóptera, al respecto Palma y Serrano (1997), al evaluar la efectividad de los extractos de las hojas en el control del gorgojo del pimiento (*Anthonomus eugenii*) registraron una mortalidad del 50.6 % a las 24 h y 93.8 % a las 72 h en condiciones *in vitro*, así mismo, Theurkar, Patil, Ghadage y Gaikwad (2014) al aplicar extractos de hojas en el control de adultos de *Holotrichia serrata* F., demostraron una eficacia del 50 % de mortalidad con la concentración al 0.03 % a las 48 horas de la aplicación bajo condiciones de laboratorio.

También se evaluaron los extractos de tallos y hojas en el control de lepidópteros como el gusano de mazorca (*Helicoverpa armigera*) y gusano soldado (*Spodoptera litura*). Mishra et al. (2015) aplicando una concentración del extracto al 5 % en condiciones *in vitro*, produjo un índice anti-alimentario del 54.3 %, provocando entre 37.5 % a 77.7 % de inanición para larvas de *H. Armigera.* Ray et al. (2012) en un T3 en condiciones *in vitro* (Tabla 1) a una concentración del extracto al 3.02 % (CI_{50}), dio como resultado una mortalidad larvaria entre 27,5-61,5 %, pupación 28,4-60,2 % y emergencia de adultos en un 19.8 % a las cuatro horas de su aplicación para *S. litura.*

Los datos analizados permitieron determinar que los extractos de *T. peruviana* son eficaces en el control de insectos plaga de los órdenes antes mencionados y en algunos casos la eficacia es comparable al control químico de referencia.

Tabla 1

Efecto insecticida de los extractos de T. peruviana. Se muestra el mejor resultado.

Insecto objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto / metodología de extracción	Condición de estudio/tratamientos	Eficacia	Ref.
Coccinelidae, Chrysomelidae, Pentatomidae, Tettigonidae, Scarabaeidae, Pigomorphidae, Acrididae, Ciccadellidae, Oedemeridae	Causan pérdidas de 60 a 80 % de la producción total en *Solanum tuberosum* L	Semillas/ Trituración-extracción	Campo / Tratamientos T0 = Control T1 = Extractos acuosos (50 g/L) T2 = Extracto acuoso (20 g/L) + Decis® 5 CE (Deltamerina) (0,5 mL/L) + Bravo® 720 (Clorotalonil) (0,8 mL/L) T3 = Bravo® 720 (1.7 mL/L) T4 = Decis® (Deltametrina) 5 CE (1.2 mL/L) *Aplicación. Pulverización	El T1 (24 h) y T4 (48 h) después de la aplicación mostraron una mortalidad del 80 %.	(Dida et al., 2019)
Sahlbergella singularis Haglund y *Distantiella Theobroma* Distant en 4º y 5º estadio	*Theobroma cacao* / Se alimentan de la savia de ramas semilignificadas, cogollos y frutos. Las pérdidas pueden llegar al 30-40 % de la producción potencial.	Semillas/ Trituración-extracción	Laboratorio / Tratamientos T1 = *T. peruviana* al 10 % (100 mL/L de agua = 1.47 g / L) T2 = *T.P* al 25 % (250 mL/L de agua = 3.67 g/L) T3 = Actara®25 (Thiamethoxam granulado) 4 g/15 L T4 = control negativo (agua) Campo / Tratamientos T1 = Soluciones acuosas (*T.P* al 25 %) a 14.7 g / L T2 = Actara®25 a 0.27 g / L (1.5 L) T3 = Control negativo (agua) *Aplicación. Inmersión-pulverización (químico)	En campo el T1 consiguió un TL 50 a los 1.44 días y TL 90 a los 4 días. El T2 a los 2 días presento una reducción total de los insectos (TL 90)	(Mboussi, Ambang, Kakam & Bagny, 2018)
Aphis fabae Scopoli	*Solanum scabrum* / Causa graves daños en el floema al chupar la savia de las células vegetales y deja la planta debilitada, deshidratada, atrofiada en el crecimiento.	Hojas/ Triturado-extracción.	Campo / Tratamientos T1 = E. de hoja de Artemisia annua 0.5 %. T2 = E. de hoja de Artemisia annua 1 %. T3 = E. de hoja de Thevetia peruviana 0.15 %. T4 = E. de hoja de Thevetia peruviana 0.3 %. T5 = Agua. T6 = Albaz® 10 EC (Alfa cipermetrina 100 g/L). *Aplicación. Pulverización	Las concentraciones de *A. annua* al 1 % (22 días) y *T. peruviana* 0.3 % (34 días) mostraron la mayor reducción de la población de *A. fabae*	(Imbaya, 2018)

Sitophilus zeamais	Causa daño en el grano de maíz almacenado, llegando a producir más de un 20 % de pérdidas.	Semillas/ Trituración-tamizado	Laboratorio / Tratamientos: T1 = *Jatropha curcas* T2 = *Thevetia peruviana* T3 = *Piper guineense* T4 = Control (Permetrina® (piretroide)) Cada tratamiento se evaluó con 5 dosis (0 g, 2.5 g; 5 g, 7.5 g, 10 g) / 50 g de maíz. *Aplicación. Inmersión	Se obtuvo una mayor mortalidad con las dosis: 5.0, 7.5 y 10 g; logrando una mortalidad significativa a 14 días después del tratamiento (DDT)	(Ukpai, Ibediungha & Ehisianya, 2017)
Helicoverpa armigera Hübner, cuarto estadio	Es una de las plagas agrícolas más importantes en el mundo y habita en diversos hábitats ecológicos, lo que provoca grandes pérdidas de rendimiento en una amplia gama de cultivos.	Tallos/ Trituración-extracción	Laboratorio / Se proporcionó a las larvas 1 g de la dieta para cada tratamiento que contenía concentraciones de los extractos al 0.005 % (T1), 0.01 % (T2), 0.05 % (T3), 0.01 % (T4), 0.5 % (T5), 1 % (T6) y 5 % (T7) más la dieta que contiene solo solvente (Tratamiento control) *Aplicación. Anti-alimentación (contacto)	T7 (5 %) = 54.3 % índice anti-alimentario; 37.5% a 77.7% de inanición Del T1 al T7: 0,005 % - 5 % de extracto resultó en un índice anti-alimentario de 2,06% –37,35%	(Mishra, Gupta & Kumar, 2015)
Holotrichia serrata F. adulto	Causan daños a los cultivos comerciales tales como maní, papa, guisante, maíz, caña de azúcar, etc. Esta plaga inflige pérdidas considerables en el rendimiento de la producción de caña de azúcar.	Hojas/ Maceración–extracción	Laboratorio / Tratamientos T1 = 0.015 g / 100 mL de agua destilada T2 = 0.020 g / 100 mL de agua destilada T3 = 0.025 g / 100 mL de agua destilada T4 = 0.030 g / 100 mL de agua destilada T5 = 0.035 g / 100 mL de agua destilada *Aplicación. Pulverización	El 50 % de la mortalidad se registró con la concentración al 0.025 % después de 48 horas.	(Theurkar et al., 2014)
Spodoptera litura (Fab.)	Plaga polífaga de un gran número de hortalizas de mesa	Hojas/ Extracción–evaporización.	Laboratorio / Tratamientos T1 = Extracto + metanol T2 = E. + m. – hexano T3 = E. + m. – cloroformo T4 = E. + m. – acetato de etilo T5 = E. + m. – agua Todos los tratamientos se evaluaron a las mismas concentraciones de 0.5, 1, 2, 3 y 5 % *Aplicación. Pulverización	T1 (2.5 %) = 53,8% de mortalidad de larvas, 29,6% de pupación y 22,3% de emergencia de adultos T3 (IC_{50};3.02 %) = mortalidad larvaria (27,5-61,5%), pupación (28,4-60,2%) y emergencia de adultos (19,8%) después de 4 h.	(Ray, Dutta, Srivastava, Kumar & Saha, 2012)

Callosobruchus maculatus F. Adulto	Afecta principalmente a las leguminosas de grano (lentejas, habas secas, garbanzos, guisantes secos, entre otros) llegando a infestar y causar un daño hasta del 100 %	Hoja, tallo y raíces/ maceración	Estudio realizado en laboratorio bajo diferentes dosis: Para alcohol de petróleo y acetato de etilo (0.01875, 0.03750, 0.07500 y 0.15000 g) Para el extracto de acetona y metanol (0.025, 0.050, 0.10 y 0.20 g) *Aplicación. Contacto	El extracto de raíz con disolvente en alcohol de petróleo fue el más tóxico. Las hembras fueron más tolerantes que los machos registrándose índices de mortalidad después de 24, 48 y 72 horas de exposición.	(Mollah & Islam, 2007)
Anthonomus eugenii Cano	*Capsicum* y *Solanum* / Reducido número de frutos, caída precoz, maduración prematura y frutos deformes	Hojas/ Infusión	Se evaluaron 35 especies vegetales; a nivel de laboratorio *Aplicación. Inmersión	Se dio como efectividad una mortalidad del 50.6 % a las 24 h y 93.8 % a las 72 h.	(Palma & Serrano, 1997)

4.1.2. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control de ácaros

La literatura revisada reporta un solo artículo reciente sobre la eficacia que tienen los extractos acuoso y alcohólico a base de hojas en el control del acaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*). En este estudio Malik & Hermize (2020), determinaron que la aplicación de estos extractos en el control del ácaro blanco en el cultivo de pimienta mejorada Karisma, mostraron valores de eficacia que llegaron al 87.22 % (extracto alcohólico), valor cercano al registrado con el tratamiento químico (91.72 %) a base del insecticida Ortus® (Fipronil + tiametoxam) bajo invernadero como se lo detalla en la Tabla 2.

Los resultados obtenidos por los autores muestran que ambos extractos tuvieron efecto en todas las etapas de crecimiento del ácaro blanco. El efecto que produjo la muerte del ácaro fue por contacto, causando un shock nervioso, afectando el funcionamiento de las enzimas necesarias responsables del proceso biológico que causa que el metabolismo se detenga, provocando posteriormente la muerte del objeto de estudio (Malik & Hermize, 2020). El Tratamiento con el pesticida Ortus® tuvo una mayor eficiencia de mortalidad en todas las etapas de vida de *P. latus*, mientras que para los extractos fue el T1 en condiciones bajo invernadero

Tabla 2

Efecto acaricida de los extractos de T. peruviana. Se muestra el mejor resultado.

Organismo objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto / metodología de extracción	Condición de estudio/tratamientos	Resultados	Ref.
Polyphagotarsonemus latus (Banks)	Pimienta Karisma / Se alimenta del envés de las hojas. La aparición de daños, incluida la envoltura repentina de las hojas, puede causar una infección grave que puede detener el crecimiento de las plantas y provocar su muerte.	Hojas / Trituración – extracción	Bajo invernadero T1 = Extracto alcohólico 50 $mL.L^{-1}$ de agua T2 = Extracto acuoso 50 $mL.L^{-1}$ de agua T3 = Pesticida Ortus® (Fipronil, tiametoxam) 1 $mL.L^{-1}$ de agua *Aplicación. Fumigación	Etapa de huevos: T1 = 80.38 % ± 21 días T2 = 75.94 % ± 21 días T3 = 90.33 % ± 21 días Etapa ninfal: T1 = 86.94 % ± 21 días T2 = 80.39 % ± 21 días T3 = 91.72 % ± 21 días Etapa adulta: T1 = 87.22 % ± 21 días T2 = 80.22 % ± 21 días T3 = 91 % ± 21 días	(Malik & Hermize, 2020)

4.1.3. Efecto del extracto de *A. indica* en el control de insectos plaga

Se determinó la actividad insecticida que tiene los extractos de *A. indica* sobre insectos pertenecientes a los órdenes Lepidóptera, Coleóptera, Thysanóptera, Hemiptera e Himenóptera como se muestra en la Tabla 3. Estudios realizados por Figueroa et al. (2019) en campo demostraron la eficacia que tienen extractos de diferentes especies incluida *A. indica* donde este extracto alcanzó una eficacia del 81.5 % de mortalidad cercano al 82.4 % obtenido con el control químico (clorpirifos) en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), lo que demuestra su alta eficacia de control.

En otro estudio, Kona, Taha & Mahmoud (2014) al evaluar el extracto de semillas en el control de larvas del minador del tomate (*Tuta absoluta*) registró una mortalidad entre 33 y 46.7 % a las 24 horas y el 100 % a los 4 días en condiciones *in vitro*. Por otro lado, Oliveira, Bueno, Marini & Reiss (2006) al evaluar el extracto de semillas a diferentes dosis en el control de la hormiga cortadora de hojas (*Atta sexdens rubropilosa*), determinaron que la dosis de 20 µg / mL produjo una eficiencia del 100 % de mortalidad a los 6 días en condiciones de laboratorio.

Tabla 3

Efecto insecticida de los extractos de A. indica. Se muestra el mejor resultado.

Insecto objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/ metodología de extracción	Condición de estudio / Tratamientos	Eficacia	Ref.
Spodoptera frugiperda	*Zea mays* L./ Devora sus hojas, tallo y granos; disminuyendo su rendimiento	Hojas/ maceración	Campo / Tratamientos T1 = *Petiveria alliacea* = 300 g / 1 L T2 = *Piper nigrum* = 134 g/1 L T3 = *Azadirachta indica* = 300 g /1 L T4 = *Lippia alba* = 600 g/1 L T5 = *Allium sativum* = 450 g/1 L T6 = *Nicotiana tabacum* = 600 g/1 L T7 = P.a - P.n (1:1) = 300 -134 g/1 L T8 = P.n – A.i (1:1) = 134 -300 g/1 L T9 = A.i – P.a (1:1) = 300 – 300 g/1 L T10 = N.t – L.a (1:1) = 600 – 600 g/1 L T11 = A.s – N.t (1:1) = 450 – 600 g/1 L T12 = L.a – A.s (1:1) = 600 – 450 g/1 L *Aplicación. Aspersión	El T2 fue de mayor eficacia (84.5 %), superando al tratamiento usado con clorpirifos (82.4 %); El T12 presentó un efecto de sinergismo (82.8 %). El T3 mostró un valor de 81.5 % de mortalidad, lo que representa su actividad biológica contra *S. frugiperda*	(Figueroa, Castro & Castro, 2019)
Phyllophaga spp	Amaranto, cafeto, caña de azúcar, chía, flores ornamentales, frijol, frutales, hortalizas, jamaica, maíz y nopal / Daña el sistema radical	Semillas/ Triturado–prensado	Campo Dosis de aplicación es del 15 % con relación al peso de la semilla (esto es por cada kilo de semilla a tratar se agregan 150 g del extracto, dosis única). La semilla se humedece, se mezcla con la planta y se deja reposar por 24 horas antes de la siembra. *Aplicación. Contacto-ingestión	Incremento la producción hasta en un 23 % con respecto a las parcelas en donde no se aplica.	(Aragón et al., 2018)
Frankliniella occidentalis	Causa daños directamente a través de la alimentación e indirectamente transmitiendo virus. Se alimenta de manera penetrante-chupadora.	Semillas y hojas /Triturado–extracción	Laboratorio / Tratamientos T0 = Control negativo (agua destilada al 0.01 %) Concentraciones al (1 %, 3 %, 5 % y 10 %) para: T1 = Aceite de *A. indica* T2 = Extractos de *P. hysterophorus* T3 = Extracto de *D. Alba* T4 = Conserve® (Spinosad) (212 µL/400 mL de agua) *Aplicación. Ingestión	Para T1 a una concentración del 10 % produjo una mortalidad del 40 % en 24 h.	(Shah, Ullman, Stafford & Khan, 2017)

Bemisia tabaci Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae)	*Cucumis melo* L./ Provoca daños directos (succión de savia) e indirectos provocando la proliferación del hongo *Capnodium sp.*, capaz de interferir en la actividad fotosintética de la planta de melón.	Semillas/ extracción	• Campo T1 = Extracto de semillas (25, 50, 75 y 100 g/L^{-1}) T2 = Aceite formulado (2.50, 5, 7.5 y 10 mL/L^{-1}) T3 = Químico: Confidor® R (imidacloprid 1 mL/L^{-1}) T4 = Testigo (aplicación de agua) • Invernadero T1 = Extracto de semillas (50 y 100 g/L^{-1}) T2 = Aceite formulado (5 y 10 mL/ L^{-1}) T3 = Químico: Confidor® R imidacloprid (1 mL/ L^{-1}) T4 = Testigo absoluto (agua) *Aplicación. Aspersión (campo) -microaspersión (Invernadero)	Los extractos acuosos con la dosis de 100 gL^{-1} presentó una mortalidad del 75 % a los 2 y 3 días. A nivel de invernadero los extractos tienen un efecto disuasivo sobre la oviposición de *B. tabaci.* Los derivados de *A. indica* no afectaron las poblaciones de depredadores, pero si interfirieron en la actividad de los parasitoides.	(Navarrete, Valarezo, Cañarte y Solórzano, 2016)
Myzus cerasi F.	Cereza / Se alimentan de los brotes, moviéndose gradualmente a hojas y brotes jóvenes	Semillas/ extracción	Campo 1) Infusión de cola de caballo de campo, (2) infusión de bulbos de ajo, (3) jabón de potasio hortícola con la adición de tanaceto, (4) infusión de semillas de mostaza blanca, (5) decocción de la madera de arbusto de *Quassia amara* (L.), (6) extracto de las semillas del árbol de neem (*Azadirachta indica* L.) y (7) el control *Aplicación. Pulverización	Los tratamientos aplicados nos arrojaron una eficacia entre 45.5 %-49.7 % respectivamente	(Danelski, Czubik & Rozpara, 2015)
Tuta absoluta (huevos y larvas)	Minador del Tomate / Se alimentan dentro del tejidos del mesófilo que lo ahuecan. También, pueden penetrar en los tallos y frutos jóvenes.	Semillas/ Triturado-Extracción	Laboratorio / Tratamientos T0 = Control T1 = Extracto de la semilla de *A. indica* T2 = Extracto de semillas de *Jatropha curcus* A concentraciones (1000, 500, 250, 125 y 62.5 mg/L) para huevos Larvas: (8000, 6000, 4000 y 2000 mg/L) *Aplicación. Inmersión (aplicación tópica)	Para ambos tratamientos alcanzo una mortalidad del 25 % en huevos a los 4 días. Para larvas: 33-46.7 % y 23.5-48.5 % después de 24 h y el 100 % en 4 días.	(Kona, Taha & Mahmoud, 2014)
Plutella xylostella, Brevicoryne brassicae, Hellula undalis	*Brassica oleracea* L / Afectan todas las etapas de crecimiento de la planta, causan graves daños a la cabeza del	Semillas/ Triturado– extracción	Campo / Tratamientos T1 = Extracto de la semilla de neem (10 mL/L de agua) T2 = Extracto de hojas de *Lantana cámara* (de éter de petróleo) (10 mL/L de agua)	El uso de semillas de *A. indica* y hojas de *L. camara* extractos aumentaron el rendimiento en 37.05 % y 25.80 %, respectivamente. Las plantas	(Baidoo & Adam, 2012)

	cultivo, así como las hojas de la envoltura, lo que reduce su comerciabilidad.		T3 = Químico Mektin® (Abamectina) (10 mL/L de agua) T5 = Control *Aplicación. Pulverización	tratadas *con A. indica* registraron el menor número de *P. xylostella*	
Mahanarva fimbriolata ninfa	Caña de azúcar	Semillas/ Triturado– extracción. Producto formulado a partir de las semillas	Laboratorio / Tratamientos T1 = NeemAzal (0.002, 0.005, 0.016, 0.050 y 0.158 % (v: v)) T2 = Nimkol (0.050, 0.158, 0.500, 1.581 y 5 % (v: v)) T3 = extracto acuoso (0.050, 0.158, 0.500, 1.581 y 5 % (v: v)) T4 = control (agua) *Aplicación. Pulverización	NeemAzal (72.6 % de mortalidad ninfal) Para el extracto y Nimkol (64.9 y 58.2 % de mortalidad) Los productos y el extracto de Neem redujeron la fecundidad entre un 75 % y un 85 %.	(García, Grisoto, Vendrandramin & Botelho, 2006)
Atta sexdens rubropilosa	Defoliación de plantas (cortadoras de hojas, así como flores, frutos, tallos y semillas de diversas especies de plantas)	Semillas/ Triturado– prensado– maceración	Laboratorio / Tratamientos T1 = Control T2 = Aceite (5, 10, 30 µg / mL) Dosis de 2, 10, 20 µg / mL para los T. T3 = Pasta – extracto de hexano T4 = Pasta – extracto de diclorometano T5 = Pasta – extracto de metanol *Aplicación. Contacto-ingestión	T2 = La dosis a 30 µg/mL (mortalidad 98 % a los 8 días) T3 = La dosis a 20 µg/mL (mortalidad 92 % a los 10 días) T4 = La dosis a 20 µg/mL (mortalidad 100 % a los 6 días) T5 = La dosis a 20 µg/mL (mortalidad 96 % a los 10 días)	(Oliveira et al., 2006)

Aragón et al. (2018) afirmaron que el uso de insecticidas vegetales para el control de plagas tiene ciertas ventajas, ya que por ser sustancias naturales no contaminan el ambiente, ni la salud humana y son de baja toxicidad, con base a esto su uso debe considerarse como una opción que reemplace la utilización de insecticidas químicos para el control de plagas del suelo. Además, Navarrete et al. (2016) al evaluar los compuestos *A. indica* en el control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) determinaron que estos compuestos no tuvieron influencia sobre las poblaciones de insectos benéficos depredadores.

Los resultados obtenidos por los diferentes autores mostraron que los extractos presentan porcentajes de mortalidad altos en insectos plaga determinando así su actividad insecticida y la inocuidad de los mismos.

4.1.4. Efecto del extracto de *A. indica* en el control de ácaros

Con respecto a la actividad acaricida se reporta un solo estudio realizado, donde Castiglioni, Vendramim y Tamai. (2002) al evaluar el extracto acuoso a base de hojas, rama y semillas en el control de la araña roja (*T. urticae*), determinaron que el extracto a base de hojas presentó un porcentaje de mortalidad del 85.2 % a los 5 días de la aplicación en condiciones de laboratorio.

Los datos presentados en este estudio permitieron determinar la actividad acaricida en *T. urticae,* aunque la carencia de información no permite dar un criterio más sólidas basado en más evidencia.

Tabla 4

Efecto acaricida de los extractos de A. indica. Se muestra el mejor resultado.

Organismo Objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/ metodología de extracción	Condición de estudio/tratamiento	% de inhibición	Ref.
Tetranychus urticae (KOCH)	*Canavalia ensiformis* / No específico.	Hojas, ramas y semillas/Macerado-filtrado.	Laboratorio. T1= E. acuoso de hojas al 1 y 5 % (p/v) T2= E. acuoso de ramas al 5 % (p/v) T3= E. acuoso de semilla al 5 % (p/v) *Aplicación. Pulverización	El T1 presento mortalidad de 85.2 a los 5 días. TL50 = 3.15	(Castiglioni et al., 2002)

4.1.5. Efecto del extracto de *R. communis* en el control de insectos plaga

Sotelo et al. (2020) muestran resultados del potencial insecticida de *R. communis* en el control de insectos del orden Hemíptera y Coleóptera, donde al evaluar extractos de hojas, fruto y raíz, más un control positivo (Imidacloprid®) en el manejo del pulgón de la caña de azúcar (*Melanaphis sacchari* Zehntner) donde el T3 registró una mortalidad del 96 % a las 72 h con la concentración al 1 % (0.15 mL) del extracto en condiciones *in vitro*.

La mayoría de los insectos evaluados corresponden al orden Hemíptera teniendo resultados positivos como lo describen Crisanto y Ayquipa (2013), en su estudio para el control de adultos de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), donde registró una mortalidad del 78.3 % a las 24 horas en condiciones *in vitro*. También se ha evaluado el uso de extractos de semillas en el control del escarabajo rojo de la harina (*Tribolium castaneum*) sobre el cual se ha obtenido una mortalidad del 100 % en larvas de 5° y 7° estadio a las 24 horas de la aplicación (Barbarinde, Oyegoke & Adekunle 2011).

En el control de larvas de *Spodoptera frujiperda* Lázaro (2016) no mostró una reducción significativa de la incidencia a los 20 días de la aplicación; sin embargo, con el control químico redujo la incidencia a un 60 % en condiciones de campo. Así mismo, Pacheco (2009) al evaluar extractos de esta especie en el control del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal demostró que no tuvo un efecto de control, aunque evidenció fuertes efectos de repelencia.

Tabla 5

Efecto insecticida de los extractos de R. communis. Se muestra el mejor resultado.

Organismo Objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/metodología de extracto	Condición de estudio/tratamiento	% de mortalidad	Ref.
Melanaphis sacchari Zehntner	*Sorghum bicolor* L. / No especificado.	Hojas, fruto y raíz/Secado-macerado-destilación.	Laboratorio E. de n- hexano, E. de acetona y E. de metanol respectivamente. T1= 0.15mL al 0.25 % T2= 0.15mL al 0.5 % T3= 0.15mL al 1 % Control Imidacloprid® al 1 % *Aplicación. Contacto	El T3 tuvo una mortalidad del 96 % a las 72 h. Control. 100 imidacloprid al 1 % en 72h.	(Sotelo et al., 2020)
Spodoptera frujiperda.	*Zea mays* L / Roe la epidermis de las hojas, consume la lámina follar dejando huecos irregulares. Actúa como cortador, defoliador y cogollero según el estadio.	Carúncula /Licuado - Reposo - filtrado.	Campo. T1= 4L/20L Agua. T2= 3L/20L Agua. T3= 2L/20L Agua. Testigo T4= 100 gr Lannate® (Metomil)+ 250 mL Dorsan® 48 EC (Clorpirifos) *Aplicación. Aspersión	El menor % de incidencia lo tuvo el T4 = 60 % a los 20 días, seguido de T3 = 83.3.	(Lázaro, 2016).
Bemisia tabaci GENN.	No especificado.	Semilla/Secado-Pulverizado-Macerado-Filtrado.	Laboratorio. T1= 1 mg/L de E. T2= 5 mg/L de E. T3= 10 mg/L de E. T4= 50 mg/L de E. T5= 100 mg/L de E. *Aplicación. Contacto	El porcentaje más alto de mortalidad en adultos lo tuvo el T5 con 78.3 a las 24 h. DL50= 56.5 mg / L	(Crisanto y Ayquipa, 2013).
Tribolium castaneum	Granos almacenados	Semilla/Triturado-tamizado-filtrado	Laboratorio T1= 0.1 mL E. etanólico / 5 g sorgo. T2= 0.1 mL E. etanólico / 5 g sorgo. *Aplicación. Ingestión	El T1 y T2 causaron una mortalidad del 100 % de Larvas de 5º a 7º estadio en 24 h.	(Barbarinde, Oyegoke & Adekunle, 2011)

Scyphophorus acupunctatus Gyllenhal.	*Agave tequilana* Wer var. azul / Barrena el tallo (piña) y las hojas (penca) favoreciendo la entrada de patógenos que provocan marchites y muerte de la planta.	Hojas y semillas/Secado-molido-tamizado-macerado-filtrado-concentrado en rotavapor-refrigeración-liofilización.	Laboratorio T1= E. hidroetanólico al 0.00001 % T2= E. hidroetanólico al 0.0001 % T3= E. hidroetanólico al 0.001 % T4= E. hidroetanólico al 0.01 % T5= E. hidroetanólico al 0.1 % T6= E. hidroetanólico al 1 % T7= E. hidroetanólico al 10 % Testigo Acetona al 95 % *Aplicación. Ingestión	Los E. hidroetanólico del 0.00001 al 10 % no mostraron mortalidad significativa. El E. hidroetanólico de hojas mostró efecto repelente.	(Pacheco, 2009)

4.1.6. Efecto del extracto de *R. communis* en el control de ácaros

En los estudios que reporta la literatura se muestra el potencial acaricida de *R. communis* en el control de ácaros del orden Prostigmata como se muestra en la tabla 6. Cada uno de los extractos usados en los estudios fueron comparados con insecticidas químicos (Deltametrina®, Abamectina®, Spirotetramat®, Imidacloprid®) demostrando en los casos estudiados tener una eficacia similar al químico de referencia. Al respecto, Carrillo et al. (2009), al evaluar los extractos de semilla en el control de la araña roja (*Tetranychus urticae*) determinaron que el T5 presento una mortalidad del 93.9 % a una concentración del 20 % y el tratamiento químico con Abamectina® fue ligeramente superior con un 96.8 % en concentración de 1mL. En el estudio realizado por Marroquin (2018) al evaluar extractos de esta especie en el control de adultos de la araña roja obtuvo con el T7 una mortalidad del 85 ± 1.41 % a una concentración de 5 g/L en condiciones de laboratorio para los dos casos de estudio, demostrando ser una potencial alternativa al control químico o de uso en conjunto aplicándolo en un control integrado de plagas.

Tabla 6

Efecto acaricida de los extractos de R. communis. Se muestra el mejor resultado.

Organismo Objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/ metodología de extracto	Condición de estudio/tratamiento	% de mortalidad	Ref.
Tetranychus urticae Koch	*Zea mays*, *Gossypium barbadense*, *Vitis vinífera*, cítricos y frutales / Causa disminución de vigor de la planta, caída de las hojas y el manchado de color grisáceo en las hojas.	No especificado.	Laboratorio. T1= E. vegetal 0.01 g/L T2= E. vegetal 0.05 g/L T3= E. vegetal 0.2 g/L T4= E. vegetal 0.8 g/L T5= E. vegetal 1.5 g/L T6= E. vegetal 3.5 g/L T7= E. vegetal 5 g/L Control químico. Deltametrina® 5 g/L Abamectina 5® g/L Spirotetramat 5® g/L Imidacloprid 10® g/L *Aplicación. Inmersión	El T7 mostro una mortalidad de 85.0 ± 1.41 en adultos a las 24 horas. El DL50 fue de 136.51 ppm. Testigo químico tuvo una mortalidad de 83.5 ± 3.53, 85.5 ± 3.53, 80 ± 0.00 y 84 ± 5.65 respectivamente.	(Marroquin, 2018)
Tetranychus urticae Koch	*Solanum lycopersicum*, *Fragaria ananassa* / Causa no específica	Fruto/Triturado - filtrado.	Laboratorio. T1= E. etanólico al 1 % + agua. T2= E. etanólico al 5 % + agua. T3= E. etanólico al 10 % + agua. T4= E. etanólico al 15 % + agua. T5= E. etanólico al 20 % + agua. T6= Testigo1 (Agua + etanol) T7= Testigo2 (1 mL abamectina®) *Aplicación. Aspersión	El T5 tuvo una mortalidad del 93.9 en 1 hora, mientras que el DL50 fue de 10.7 El testigo químico tuvo una mortalidad de 96.8 %.	(Carrillo et al., 2009)

4.2.Efecto de los extractos de *T. peruviana*, *A. indica* y *R. communis* en el control de bacterias, hongos y nemátodos fitopatógenos en cultivos de interés agrícola

4.2.1. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control de bacterias

El estudio realizado por Taiwo (2019) demostró la efectividad que tiene el extracto de la semilla bajo condiciones de laboratorio en el control de microorganismos patógenos como *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *B. cereus* y *Xanthomonas oximopoides,* donde el tratamiento con el extracto de n-hexano exhibió actividad contra todos los organismos probados con zonas de inhibición entre 9-14 mm y 0.2-3 mm respectivamente, excepto para *E. coli* y *P. syringine* que no mostraron zonas de inhibición. Este tratamiento mostró una actividad significativamente alta contra *B. subtilis* y *P. aeruginosa*, mientras que el tratamiento realizado con el extracto de semilla crudo y hervido, controló cuatro de los microorganismos (*B. subtilis*, *B. cereus*, *P. aeruginosa* y *X. oximopoides*) a una concentración de 0.5 mL.

Ahmad & Bhardwaj (2018) usaron extractos de hojas para evaluar su efecto en *Pseudomonas aeruginosa* en condiciones de laboratorio, dando como resultado una zona de inhibición de 26 mm aplicando una concentración de 100 mg/mL. En este estudio el extracto de acetona mostró una actividad moderada contra los microorganismos probados (*P. aeruginosa*, *M. luteus* y *Shigella flexneri* Castellani & Chalmers), así como, también el extracto con hexano mostró actividad moderada contra *M. luteus* y mala actividad contra *P. aeruginosa* y *S. flexneri* en diferentes concentraciones. Kumar et al. (2016) mediante estudios realizados en laboratorio demostraron que los extractos de hojas de *T. peruviana* mostraron una zona de inhibición contra *A. tumefaciens* (30 ± 0.6 mm), *E. coli* (28 mm), *B. subtilis* (26 mm), *E. chrysanthemi* (24 mm) y *X. phaseoli* (21 mm).

Tabla 7

Efecto bactericida de los extractos de T. peruviana. Se muestra el mejor resultado.

Organismo objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/ metodología de extracción	Condición de estudio/tratamientos	Inhibición (%)	Ref.
E. coli, P. syringine, P. aeruginosa, B. subtilis, B. cereus, X. oximopoides y Candida albican.	No especifica	Semillas/ Decocción-triturado y extracción	Laboratorio / Tratamientos T1 = Extracto crudo (0.5 mL/pocillo) T2 = Extracto hervido (0.5 mL/pocillo) T3 = n-hexano (0.5 mL/pocillo) + 30 g de polvo de semilla destilada. *Aplicación. Difusión del extracto en medio agar.	El T3 exhibió actividad contra todos los organismos excepto *E. coli* y *P. syringine* y mostró una actividad alta contra *B. subtilis* (9 mm) y *P. aeruginosa* (14 mm). El T1 y T2 fue capaz de controlar a una concentración de 0.5 ml a *B. subtilis* (3 mm), *B. cereus* (2-1.20 mm), *P. aeruginosa* (3 mm) y *X. oximopoides* (0.50-0.20 mm).	(Taiwo, 2019)
P. aeruginosa	No especifica	Hojas/Triturado-extracción	Laboratorio / Tratamientos T1 = Extracto + hexano (200 mg/mL, 100 mg/mL, 50 mg/mL y 25 mg/mL) T2 = Extracto + acetona (200 mg/mL, 100 mg/mL, 50 mg/mL y 25 mg/mL) T3 = Extracto + metanol (200 mg/mL, 100 mg/mL, 50 mg/mL y 25 mg/mL) Cada concentración se disolvió en 100 % de Dimetilsulfóxido (DMSO) *Aplicación. Difusión de pozos de agar (High – Cromatografía liquida de alto rendimiento)	El T3 mostró una actividad apreciable contra *Pseudomonas aeruginosa* a 100 mg/mL; zona de inhibición medida 26 mm. También en 200 mg/mL y 50 mg/mL, las actividades fueron significativas.	(Ahmad & Bhardwaj, 2018)
B. subtilis, E. coli , Agrobacterium tumefaciens , Xanthomonas phaseoli y Erwinia chrysanthemi	No especifica	Hojas / Triturado – extracción	Laboratorio / Tratamientos T1 = Extracto + hexano (25g/150mL disolvente) T2 =Extracto + cloroformo (25g/150mL disolvente) T3 =Extracto + etanol (25g/150mL disolvente) T4 =Extracto + metanol (25g/150mL disolvente) T5 = Gentamicina (30 mcg) *Aplicación. Difusión del extracto en medio agar.	Se encontró que el T4 era más efectivo mostrando la mayor zona de inhibición contra *A. tumefaciens* (30 ± 0.6 mm), *E. coli* (28 mm), *B. subtilis* (26 mm), *E. chrysanthemi* (24 mm) y *X. phaseoli* (21 mm).	(Kumar, Joshi, Sati & Rai, 2016

4.2.2. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control de hongos

Meena et al. (2021) evaluaron en laboratorio el extracto crudo de hoja + extracto alcohólico al 100 % contra *A. solani* donde el tratamiento mostró una inhibición del 71.48 % siendo uno de los mejores tratamientos con respecto al resto. En otro estudio, Mboussi et al. (2021) analizaron los extractos acuosos de la semilla sobre el patógeno *Rigidoporus lignosus* a diferentes concentraciones, de las cuales usando la dosis de 100 mg/mL lograron un 100 % de inhibición, así como el tratamiento T2/C5 (50 mL/mL) que inhibió completamente el crecimiento de micelio del patógeno bajo condiciones de laboratorio. Estos dos extractos tuvieron los mismos efectos que el tratamiento T3 con el funguicida químico Cyproconazole® que provocó el 100 % de inhibición. Estos dos extractos tuvieron los mismos efectos que Cyproconazole® y pueden, por tanto, estar integrado en el control biológico de las plantaciones de caucho según los investigadores antes mencionados.

Ngoh (2021), al evaluar en laboratorio tres concentraciones [(6.25 (C1), 12.5 (C2) y 25 (C3) µL/mL)] del extracto de semillas en el control de *M. fijiensis* determinó una inhibición del 60-90 % y del 40-80 % con las concentraciones de 12.5 µL/mL y 25 µL/mL, respectivamente. Essomé et al. (2020) al evaluar la eficacia de los extractos de semillas en el control de *Phytophthora colocasiae*, demostraron una inhibición completa del crecimiento radial de este patógeno con la dosis de 12.5 mg/mL a los 7 días bajo condiciones de laboratorio.

Mboussi et al. (2016) al aplicar extractos de semillas de *T. peruviana* y *A. indica* a una concentración de 50 µL/mL en el control de *Phytophthora megakarya* en *Theobroma cacao*, verificaron una tasa de inhibición del 100 % sobre el crecimiento del micelio. Este estudio hace referencia a lo encontrado por Ambang et al. (2010), quienes realizaron estudios similares en laboratorio, demostraron que las concentraciones de 50, 25 y 12.5 $\mu L/mL^{-1}$ de extractos crudos con acetato de etilo dieron como resultado tasas de inhibición del 100, 70 y 50 % en *P. megakarya*. Estos resultados sugieren que los extractos crudos de las semillas de *T. peruviana* son sustancias biocidas eficientes con actividad antifúngica.

Ngoh et al. (2014) al valorar las semillas en extractos de acetona, metanol y acuoso bajo condiciones de laboratorio, inhibieron el crecimiento de cepas de *C. gloeosporioides* entre el 11.90 y 93 %. El extracto de acetona demostró inhibición en la germinación de esporas de *C. gloeosporioides* con casi el 100 % de inhibición en todas las concentraciones. Ambang et al. (2011) en sus estudios realizados en campo demostraron la eficacia de la semilla en el control

de *Cercospora arachidicola* Hori *y Cercosporidium personatum* (Berk y Curt) en cultivo de *Arachis hypogaea* (maní). La incidencia de la enfermedad, el tamaño de la lesión y la gravedad causada por la mancha foliar por Cercospora (MFC) se redujeron a 37.25, 33.10 y 32.61 % en parcelas rociadas con extractos metanólicos de *T. peruviana* (EMTP) en comparación con el control.

Tabla 8

Efecto fungicida de los extractos de T. peruviana. Se muestra el mejor resultado.

Organismo objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/ metodología de extracción	Condición de estudio/tratamientos	% de inhición	Ref.
Alternaria solani	*Solanum tuberosum* / Causa importantes pérdidas económicas en el cultivo.	Hojas/Triturado – extracción.	Laboratorio / Tratamientos T1 = Extracto crudo de hoja + extracto alcohólico 100 % T2 = Extracto crudo de hoja + extracto alcohólico 50 % T3 = Extracto crudo de hoja + Extracto acuoso *Aplicación. Pulverización	El T1 mostró una inhibición del 71.48 % seguido por el T2 y el T3 que mostró un porcentaje de inhibición del 56.60 % y 20.24 %.	(Meena, Meena, Chittora & Sharma, 2021)
Mycosphaerella fijiensis Morelet	*Musa spp* / Responsable de la enfermedad de la estría de la hoja negra, afecta el proceso fotosintético a través del secado parcial o total del sistema foliar de la planta, esto da como resultado pérdidas de rendimiento de hasta el 100 %.	Semillas/Triturado – extracción. Maceración – extracción para el extracto acuoso	Laboratorio / Tratamientos T1 = Extracto de hexano (HE) T2 = Extracto de acetato de etilo (EAE) T3 = Extracto de acetona (AcE) T5 = Extracto de metanol (ME) T6 = Extracto acuoso (AqE) Cada tratamiento se evaluó a tres concentraciones de extractos 6.25 (C1), 12.5 (C2) y 25 (C3) µL/mL. T7 = Control negativo (0 µL/mL) T8 = Fungicida Bankit® (Azoxistrobina) (50 mg/5 mL MeOH = 100 µL/99.9 mL medio agar de agua) *Aplicación. Revestimiento (Aplicación aséptica)	El T3 y T6 redujeron el crecimiento del tubo germinativo de *M. fijiensis* a concentraciones de C2 y C3 con un porcentaje entre 60-90 % y 40-80 % de inhibición. El T3 mostró eficacia igual o superior que el fungicida utilizado en la germinación de conidios en todos los ensayos	(Ngoh, 2021)
Rigidoporus lignosus (basidiomicetes)	*Hevea brasiliensis* / Causante de la podredumbre de la raíz y se transmite de árbol en árbol a través de las raíces laterales llegando a causar más del 60% de mortalidad de las plantas.	Semillas/Trituración – maceración	Laboratorio / Tratamientos T1 = Extractos acuosos (EAq); concentraciones: C1 = 3.5 mg/mL; C2 = 7 mg/mL; C3 = 15 mg/mL; C4 = 30 mg/mL; C5 = 50 mg/mL y C6 = 100 mg/mL T2 = Extracto metanólico (ME); concentraciones: C1 = 3.5 mL/mL; C2 = 7 mL/mL; C3 = 15 mL/mL; C4 = 30 mL/mL; C5 = 50 mL/mL T3 = Fungicida Onazol® 100 (1 mL/200 mL de agua destilada) T4 = Control negativo (0 mg/mL) *Aplicación. Suspensión en medio de cultivo Agar	El T1/C6 logro un 100 % de inhición, así como el T2/C5 que inhibieron completamente el crecimiento del micelio patógeno. Estos dos extractos tuvieron los mismos efectos que T3 compuesto por cyproconazole 100	(Mboussi et al., 2021)

Phytophthora Colocasiae (mildiú velloso)	*Colocasia esculenta* (L.) Schott / Afecta principalmente a las hojas y puede destruir completamente cultivares susceptibles dentro de los 10 días y causar perdidas de rendimiento en un 50 %.	Semillas/Trituración – extracción (maceración)	Laboratorio / Tratamientos T1 = Agua T2 = Metanol T3 = Acetato de etilo T4 = Acetona Las dosis de los extractos (12.5, 25, 50 y 100 µL / mL) T5 = Callomil plus® 72 WP (12 % de metalaxilo y 60 % óxido de cobre) (1 g/5 mL de agua destilada). *Aplicación. Suspensión en medio de cultivo Agar	El T4 a una dosis de 12.5 µL/mL inhibió completamente el crecimiento radial de *P. colocasiae* in vitro. La actividad de este extracto fue comparable al del fungicida sintético de referencia (Callomil plus 72 WP)	(Essomé et al., 2020)
Phytophthora megakarya	*Theobroma cacao* / Su ataque provoca pérdidas que puede alcanzar más del 80 % de daño cuando las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo y en ausencia de medidas fitosanitarias	Semillas/Trituración (extracción)	Laboratorio / Tratamientos T0 = Control T1 = Extracto acuoso de *T. peruviana* T2 = Extracto acuoso de *A. indica* Los extractos se utilizaron en tres concentraciones: C1: 12.5 µL/mL; C2: 25 µL/mL y C3: 50 µL/mL Los extractos se utilizaron en tres concentraciones: C1: 12.5 µL/mL; C2: 25 µL/mL y C3: 50 µL/mL T4 = Ridomil Gold® Plus (25 µg/mL) *Aplicación. Suspensión en medio de cultivo Agar	Los dos extractos en altas concentraciones (50 µL/mL) indujeron una tasa de inhibición del 100 % sobre el crecimiento del micelio. Con el extracto en concentración C2, la tasa de inhibición varía de 42.5 a 100 % y de 27 a 88 %, teniendo el mismo efecto que Ridomil Gold Plus.	(Mboussi et al. 2016)
Colletotrichum gloeosporioides	*Manihot esculenta* / Se caracteriza por chancros en tallos, ramas y frutos, también presenta manchas foliares y muerte regresiva de las puntas.	Semillas/Triturado – extracción. El extracto acuoso se obtuvo por maceración	Laboratorio / Tratamientos T1 = hexano T2 = acetato de etilo T3 = acetona T4 = metanol T5 = extracto acuoso T6 = Control (Mancoxyl® (Mancozeb 640 g/Kg y Cymoxanil 80 g/Kg)). Para los extractos se evaluaron a distintas concentraciones (6.25, 12.5 y 25 µL/mL) y una concentración de fungicida (62 µg/mL) utilizados en medio PDA. *Aplicación. Inmersión - pulverización	El T3, T4 y T5 inhibieron el crecimiento de cepas entre el 11.90 % y el 93 %. El T3 demostró ser activo en la inhibición de la germinación de esporas de *C. gloeosporioides* con casi el 100 % de inhibición en todas las concentraciones que (inhibitorias mínimas) fueron determinadas.	(Ngoh et al, 2014)
Cercospora arachidicola Hori, *y Cercosporidium personatum* (Berk y Curt)	*Arachis hypogaea* / Afecta a todas las partes aéreas del maní y provoca pérdidas con un rendimiento superior al 50 %.	Semillas/Triturado – maceración	Campo / Tratamientos T1 = EM1 (1.7 kg/ha) T2 = EM2 (3.8 kg/ha) T3= Benomyl® (4 Kg/Ha) T4 = Control (sin aplicación de fungicida). *Aplicación. Pulverización	La incidencia de la enfermedad, el tamaño de la lesión y la gravedad de MFC se redujeron a 37.25, 33.10 y 32.61 % en parcelas rociadas con EMTP en comparación con el control. La integración de la resistencia del	(Ambang et al. 2011)

				host y EMTP protege eficientemente el maní contra MFC.	
Phytophthora megakarya	*Theobroma cacao* / Enfermedad de campo más importante en los granos de cacao, llega a provocar hasta un 80 % de pérdida de producción cuando no hay protección.	Semillas/Trituración – maceración (extracción)	Laboratorio / Tratamientos T0 = Control T1 = ECH (12.5, 25 y 50 $\mu L/mL^{-1}$) T2 = ECAE (12.5, 25 y 50 $\mu L/mL^{-1}$) T3 = ECM (12.5, 25 y 50 $\mu L/mL^{-1}$) *Aplicación. Suspensión en medio de cultivo Agar	A los 7 días el T2 dio como resultado tasas de inhibición del 100, 70 y 50 %. El T3 dio presentó tasas de inhibición del 37.5, 43.2 y 63.9 % para las concentraciones de 12.5, 25 y 50 $\mu L/mL^{-1}$)	(Ambang et al., 2010)
Cladosporium cucumerinum	Ataca la parte aérea de la planta. En hojas y tallos se observan áreas acuosas verde pálido, las que eventualmente cambian a gris claro rodeadas por un halo amarillo. Las plantas infectadas pueden presentar entrenudos cortos.	Semillas/Extracción	Laboratorio / Tratamientos Extracto + T1 = Hexano + crudo – $CHCl_3$ (100%) T2 = Hexano + 1-9 µL - $CHCl_3$-CH_3OH(80:20). T3 = CH_2Cl_2 + crudo – $CHCl_3$ (100 %) T4 = CH_2Cl_2 + 6-8 µL – $CHCl_3$ -CH_3OH (99:1) T5 = CH_2Cl_2 + 51-55 µL – $CHCl_3$ -CH_3OH T6 = CH_2Cl_2 + 56-59 µL (50:50) T7 = CH_2Cl_2 + 60-70 µL *Aplicación. Pulverización	El T1 era fotoactivo (con una inhibición de área de crecimiento de hongos menor de 0.5 cm de diámetro), mientras que el T3 mostró trazas de fotoinhibición. El CH_2Cl_2 es más eficaz en extraer compuestos con actividad biológica contra el hongo probado, ya que las fracciones resultantes eran más activos que los obtenidos con n-hexano.	(Gata et al., 2003)

Según Meena et al. (2021) las formulaciones a base de plantas se pueden utilizar con éxito en la agricultura para tratar enfermedades de las plantas y puede limitar el uso de agentes de control químico para niveles más seguros. Por lo tanto, el uso de extracto de plantas contra hongos fitopatógenos es un campo de estudio importante y será una mejor alternativa de los existentes antifúngicos químicos en un futuro próximo.

Essomé et al. (2020) demostraron la eficacia de los extractos a base de las semillas en condiciones *in vitro* contra *P. colocasiae* y, por tanto, puede constituir una alternativa para el control del mildiú velloso en *C. esculenta*. Los extractos crudos de las semillas de *T. peruviana* contienen una gran cantidad de compuestos bioactivos, que una vez purificado, podría presentar una actividad antifúngica bastante alta al igual que los fungicidas sintéticos. Este estudio preliminar constituye una base para futuras pruebas en condiciones naturales. Ambang et al. (2011) afirman que los extracto metanólicos de las semillas de *T. peruviana* (METPS) pueden considerarse un importante biofungicida capaz de sustituir fungicidas sintéticos que contaminan mucho el medio ambiente. Los METPS son fáciles de obtener, baratos, biodegradables. Como tal, el uso de METPS en la protección de cultivos sería económica y ambientalmente gratificante para muchos productores de cultivos en regiones tropicales.

4.2.3. Efecto del extracto de *T. peruviana* en el control nemátodos fitopatógenos

Rehman et al. (2013) en su estudio realizados en condiciones de invernadero evaluaron los extractos florales de *Calotropis procera*, *Tagetes erecta, Lantana camara, T. peruviana y Nerium indicum* dando como resultado una reducción significativa en la infección de las raíces en el cultivo de garbanzos var. Avarodhi en comparación con el control, haciendo un énfasis al tratamiento realizado con *Calotropis procera* que mostró un mayor impacto potencial contra los juveniles (J_2) del nemátodo agallador, en comparación con los extractos de flores probados de *T. peruviana* y *Nerium indicum* que también redujeron la infección en las raíces.

Tobih (2011) mediante estudios realizados en campo indicaron que los componentes de las plantas insecticidas evaluadas tienen efectos de control sobre los nematodos agalladores. Los componentes de rendimiento que se investigaron mejoraron positivamente en comparación con los tratamientos de control. La presencia de agallas en las raíces realizados con tratamientos control, resultaron con daño muy severo. El estudio mostró que *C. odorata* fue

más eficaz contra los nematodos agalladores, aunque todos los tratamientos tuvieron diversos grados de impacto sobre los nemátodos agalladores.

Los resultados obtenidos por los autores, demostraron que los extractos florales probados anteriormente con un enfoque integrado también serían más útiles para controlar la infección por nemátodos en cultivos de importancia económica siendo promisorio para un medio ambiente libre de contaminación.

Tabla 9

Efecto nematicida de los extractos de T. peruviana. Se muestra el mejor resultado.

Organismo objetivo	**Tipo de cultivo/daño producido**	**Origen del extracto/ metodología de extracción**	**Condición de estudio/tratamientos**	**Resultados**	**Ref.**
Meloidogyne incognita	Garbanzos var. Avarodhi./ Suprime el crecimiento de la planta, pero también interfiere en la nodulación, nitrógeno fijación y afecta negativamente al rendimiento global	Flor / Extracción	Estudio realizado en invernadero: T1- *Calotropis procera* (80mL) +1000 J_2 T2- *Tagetes erecta* (80mL) +1000 J_2 T3- *Lantana camara* (80mL) +1000 J_2 T4- *Nerium indicum* (80mL) + 1000 J_2 T5- *Thevetia peruviana* (80 mL) 1,000 J_2 T6 - Inoculado sin tratar (1000J_2) T7 - Sin tratar sin inocular (control) *Aplicación. Fertiirrigación	T1 mostró el mayor impacto potencial contra los juveniles (J_2) del nemátodo agallador, en comparación con los extractos de flores probados de *Thevetia peruviana* y *Nerium indicum* que también redujeron la infección en las raíces en comparación con el control inoculado no tratado.	(Rehman et al., 2013)
Meloidogyne spp	*Celosia argentea* L. / Inflige daño a la planta con hinchazones visibles, perdidas de rendimiento de hasta 20 %. Causan retraso en el crecimiento, clorosis, necrosis, caída de hojas, hojas pequeñas, falta de respuesta al tratamiento de otros problemas, madurez prematura con resultante reducción drástica a la cantidad y calidad del rendimiento	Hojas / Trituración–extracción	Campo / Tratamientos T1 = *Ocimum viride* T2 = *Thevetia peruviana* T3 = *Chromolaena odorata* T4 = controles *Aplicación. Mantillo orgánico a razón de 10 toneladas / Ha	Todos los tratamientos tuvieron diversos grados de impacto negativo sobre los nemátodos agalladores. El estudio demostró que *C. odorata* fue más eficaz contra los nematodos agalladores.	(Tobih, 2011)

4.2.4. Efecto del extracto de *A. indica* en el control de bacterias

La literatura reporta un estudio realizado en laboratorio del potencial bactericida de *A. indica* en el control de la bacteria *Erwinia carotovora* del orden Enterobacterales (Tabla 10), donde se evaluó el efecto del extracto acuoso, el cual provocó una inhibición del crecimiento bacteriano de 8.33 mm a las 48 horas de la inoculación, valor que difiere del control químico con Estreptomicina (Viswanath et al., 2018).

El estudio citado permitió determinar la actividad de *A. indica* en el control de *E. carotovora*, aunque la escasa información no permitió dar criterios más sólidos.

Tabla 10

Efecto bactericida de los extractos de A. indica. Se muestra el mejor resultado.

Organismo Objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/ metodología de extracto	Condición de estudio/tratamiento	% de inhibición	Ref.
E. carotovora	*Solanum tuberosum L.* / Causa pudrición del fruto y pérdidas del 15 al 30 % de la cosecha.	Hoja/Triturado-macerado-filtrado.	Laboratorio. T1= E. Acuso al 10 % (v/v) Control positivo. T2= Estreptomisina (aminoglucido) a 150 ppm. *Aplicación. Contacto	Inhibición de crecimiento en mm. T1= 8,33 en 48 horas. Control T2= 15,33 mm.	(Viswanath, Bhat, Bhat, & Wani, 2018)

4.2.5. Efecto del extracto de *A. indica* en el control de hongos.

En los estudios realizado por diferentes autores muestran el efecto inhibidor de *A. indica* en el control de hongos del orden Pleosporales, Helotiales, Eurotiales, Hipocreales y Uredinales como se muestra en la tabla 11. Algunos estudios realizados fueron comparados con funguicidas (Plantineb® 80 WP (maneb)) demostrando que los extractos pueden ser utilizados como complemento en el control de estos patógenos como lo demuestran Pégalepo et al. (2018) en su estudio en el que mediante el uso de extractos de semillas en condiciones de laboratorio inhibió el crecimiento de *Phakopsora pachyrhizi* con valores similares al control químico de referencia.

En estudios realizados en el control de Pleosporales como es el caso de *Cochliobolus miyabeanus*, Amadioha (2002) demostró en su estudio realizado en laboratorio que el extracto de hojas presentó una eficacia en la inhibición del crecimiento radial en un 67.6 % a las 48 horas, de la igual forma Wang et al. (2010) presentaron valores considerables de la

eficiencia de biopreparados de semillas el control de 4 tipos de hongos patógenos *Monilinia fructicola, Penicillium expansum, Trichothecium roseum* y *Alternaria alterno* mostrando inhibición en el crecimiento de 65.7, 34.1, 66.9 y 30.7 % respectivamente a las 72 horas bajo condiciones de laboratorio. Por último, Pégalepo et al. (2018) en su estudio realizado en laboratorio con extractos de semillas presentó resultados de inhibición de crecimiento radial del 100 % a los 7 días en *Phakopsora pachyrhizi*, demostrando que los extractos pueden ser alternativas de control o de rotación al tratamiento químico.

Tabla 11

Efecto fungicida de los extractos de A. indica. Se muestra el mejor resultado.

Organismo Objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/metodología de extracto	Condición de estudio/tratamiento	% de inhibición	Ref.
Phakopsora pachyrhizi	*Glycine max*/No especificado.	Semilla/Triturado-Maceración-Filtrado.	Laboratorio. T1= 12.5 µg/mL T2= 25 µg/mL T3= 50 µg/mL T4= 100 µg/mL T5= 5,33 µg/mL Plantineb® 80 WP (maneb) *Aplicación. Difusión en medio Agar	El T4 presenta inhibición de 100 % en 7 días. T5= 100,0 %	(Pégalepo et al., 2018)
Monilinia fructicola, Penicillium expansum, Trichothecium roseum Alternaria spp	*Prunus salicina Pyrus*/Causa descomposición de la fruta.	Semilla/Maceración-filtración.	Laboratorio. T= 100 (mg EN/mL) PDA *Aplicación. Difusión en medio Agar	Inhibición en 72 h. M. fructicola = 65.7 % P. expansum = 34.1 % T. roseum = 66.9 % A. alternata = 30.7 %	(Wang, Li, Cao & Jiang, 2010)
Cochliobolus miyabeanus	*Oryza sativa* / No especificado.	Hojas/Macerado-filtrado	Laboratorio. T1= 1 mL de E. etanólico al 95 % Control T2= Alcohol *Aplicación. Contacto	El T1 inhibió significativamente el crecimiento radial en 67.6 ±1.9 % a las 48 horas. T2= 8.2 ±1.2 %	(Amadioha, 2002)

4.2.6. Efecto del extracto de *A. indica* en el control nemátodos fitopatógenos.

Nile et al. (2018) demostraron que los extractos de neem en condiciones de invernadero fueron letales para juveniles de segundo estadio de *Meloidogyne incognita* (J_2). La mortalidad completa de J_2 se registró en concentraciones de 40, 60 y 80 % respectivamente para diluciones de extracto estándar (SE) y para SE sin diluir. El SE sin diluir mostró 100 % de

inhibición de la producción de huevos. Nwankwo et al. (2016) mediante estudios realizados en laboratorio encontraron que el desempeño general del neem en el control de nemátodos fue mejor que el nematicida sintético (Carbofurano®). En la cosecha, la presencia de agallas fue significativamente menor en las plantas tratadas con Carbofurano en comparación con las plantas tratadas con neem. La concentración al 100 % y Carbofurano® a 1000 mg. L^{-1} redujo sustancialmente la patogenicidad de los nemátodos reduciendo así el número de agallas y bajo peso radicular. El tratamiento con *A. indica* también mostró un aumento de crecimiento y rendimiento en plantas tratadas.

Javed et al. (2008) al aplicar formulaciones de neem al suelo redujeron significativamente la invasión de *Meloidogyne javanica* en las raíces de tomate. Los extractos de hojas al 10 % causaron 83 % y 85 % de inmovilidad y 35 % y 28 % de mortalidad en invernadero. Aplicaciones al suelo de Aza (Formulación comercial de hojas de neem) redujeron significativamente la invasión, y retrasó el desarrollo de nemátodos dentro de las raíces de tomate.

Tabla 12

Efecto nematicida de los extractos de A. indica. Se muestra el mejor resultado.

Organismo objetivo	**Tipo de cultivo/daño producido**	**Origen del extracto/ Metodología de extracción**	**Tratamientos y condición de estudio**	**Resultados**	**Ref.**
Nematodos fitoparásitos	No especifica	Semillas/Triturado– extracción	Extracto de semillas al 20 % de concentración *Aplicación. Inmersión	Los nematicidas a base de neem tienen un potencial significativo, pero necesitan ser popularizados a través de programas de educación para agricultores	(Kumar, Kumar & Kumar, 2021)
M. incognita	*Solanum lycopersicum* / Las infecciones por nemátodos agalladores de las raíces, que resulta en la formación de agallas naturales en plantas, que afectan directamente a la absorción de nutrientes y agua con reducción en el crecimiento y desarrollo de cultivos o plantas	Hojas, corteza, flores y semillas/Triturado - extracción.	Invernadero / Tratamientos T1 = Extracto acuoso T2 = Extracto alcohólico Las concentraciones usadas son ((20, 40, 60 y 80 % (v/v) + 10 mL de agua destilada T3 = Dicloroisocianurato de sodio (NaDCC), NaOCl, $HgCl_2$ y fosfato de sodio (20, 40, 60 y 80 % (v/v) se prepararon utilizando agua destilada. *Aplicación.	Con las concentraciones al 40, 60 y 80 % de extracto etanólico para J_2 produjo un 100 % de inhibición. Los extractos de *A. indica* eran letales para juveniles de segunda etapa (J_2) y eclosión de huevos con mejora simultánea en el crecimiento de plantas de tomate tratadas	(Nile, Nile, Keum, Kim & Venkidasa, 2018)

Meloidogyne Spp	*Vigna unguiculata* (L.) Walp / Formación de agallas de la raíz (retraso en el crecimiento, reducción de la absorción de nutrientes y agua, marchitamiento, deficiencia de minerales, planta débil y de bajo rendimiento, provocando pérdidas de más del 90% en población alta.	Hojas/Triturado – extracción	Inmersión de raíces Laboratorio / Tratamientos T1 = extracto acuoso (100 %, 80 %, 60 %, 40 %, 20 %) T2 = Carbofurano 3G (Benzofuranil metilcarbamato) (1000 mgL^{-1}, 750 mgL^{-1}, 500 mgL^{-1}, 250 mgL^{-1}, 100 mgL^{-1}) a razón de 5ml por tratamiento. *Aplicación. Inyección al suelo (inoculación)	El T1 con la concentración al 100 % y Carbofurano a 1000 mgL^{-1} redujo sustancialmente la patogenicidad de los nemátodos reduciendo así número de agallas y bajo peso radicular. El Tratamiento con *A. indica* también mostro un aumento de crecimiento y rendimiento en plantas tratadas.	(Nwankwo, Onuseleogu, Confidence & Okorocha, 2016)
M. javanica / J2	*Lycopersicon esculentum* Mill / Causa graves pérdidas de rendimiento siendo responsable de al menos el 90% de todos los daños.	Hojas / Triturado – extracción	Invernadero / Tratamientos T0 = Control T1 = Extracto de hojas (1,5%, 2,5%, 3%, 5% y 10% p / v) T2 = Tortas (1,5%, 2.5%, 3%, 5% y 10% p / v) T3 = producto refinado, Aza (0,025%, 0.05% y 0,1% p / v) *Aplicación. Inoculación	Los extractos de hojas al 10% causaron 83% y 85% inmovilidad y 35% y 28% de mortalidad. Aplicaciones al suelo de Aza al 0.05% y 0.1% p / v redujo significativamente la invasión y retrasó el desarrollo de nemátodos dentro de las raíces de tomate	(Javed et al., 2008)

Estudios realizados por Kumar et al. (2021) indican que los extractos de *A. indica* son menos tóxico para los organismos y microorganismos no objetivo, son de fácil manejo y aplicación que no requiere un alto nivel de capacitación, son de bajo costo, mejora la estructura del suelo y el estado de nutrientes del suelo por sus aportes de nitrógeno (5.5 – 7.1 %), fósforo (1.1 %) y potasio (1.5 %), además estimula otras poblaciones microbianas del suelo como bacterias y hongos que pueden desempeñar un papel antagonista contra los nemátodos. Otra de las ventajas que tienen es que generan productos tóxicos descompuestos como fenólicos, amoníaco o aumento de actividad depredadora y parasitaria de la biota del suelo.

Según Nile et al. (2018) y Kumar et al. (2021) al aplicar concentraciones altas del extracto crudo de la planta son más efectivas en el control de los nemátodos y como tal causan un aumento en el crecimiento de las plantas y mejora del rendimiento, proporcionando una alternativa adecuada y más barata para el manejo de *Meloidogyne* spp.

Nwankwo et al. (2016) sugieren que los extractos y formulaciones comerciales derivadas de neem no debe aplicarse al suelo en la temporada de lluvias ya que se lixiviará rápidamente de las zonas de raíces. El extracto de hoja de neem tiene propiedad nematicida y sería eficaz en el manejo de nemátodos agalladores. Por lo tanto, los agricultores podrían adoptarlo como alternativa al Carbofurano u otros químicos nematicidas sintéticos para controlar el nemátodo agallador en las tierras agrícolas.

4.2.7. Efecto del extracto de *R. communis* en el control de bacterias

La literatura reporta un estudio realizado en laboratorio en el cual se demuestra el potencial bactericida de *R. communis* de acuerdo al estudio realizado por Yihune & Yemata (2019) quienes al evaluar el extracto etanólico en el control de *Ralstonia solanacearum* determinaron un porcentaje de inhibición del crecimiento bacteriano de 11.54 ± 0.10 mm a las 24 horas representado un valor porcentual de inhibición del 84.53 ± 1.69 %.

El estudio citado permitió determinar la actividad de *R. communis* en el control de *R. solanacearum,* aunque la escasa información no permitió dar criterios más sólidos.

Tabla 13

Efecto bactericida de los extractos de R. communis. Se muestra el mejor resultado.

Organismo Objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto / metodología de extracto	Condición de estudio/tratamiento	Eficiencia	Ref.
Ralstonia solanacearum	*Capsicum annuum L.* Obstruye el tejido y bloquea el transporte de agua y minerales en la planta, esto da como resultado un marchitamiento rápido, especialmente plantas jóvenes.	Hojas/Secado-triturado-tamizado-macerado- filtrado.	Laboratorio. T1= 100 mg/mL^{-1} (1E.:Etan.10) T2= 50 mg/mL^{-1} (1E.:Etan.10) T3= 25 mg/mL^{-1} (1E.:Etan.10) T4= 12.5 mg/mL^{-1} (1E.:Etan.10) T5= 6.25 mg/mL^{-1} (1E.:Etan.10) *Aplicación. Contacto	Zona de inhibición del crecimiento bacteriano (mm). T1= 11.54 ± 0.10 en 24 horas. Inhibiciones porcentuales relativas (%) T1= 84.53 ± 1.69	(Yihune & Yemata, 2019)

4.2.8. Efecto del extracto de *R. communis* en el control de hongos.

Se reportan dos estudios del efecto inhibidor de *R. communis* en el control de hongos del orden agonomicetales, microascales e hipocreales como se muestra en la tabla 14. Alcalá de Marcano et al. (2005) al valorar el efecto inhibidor del extracto de semillas de *R. communis* sobre *Sclerotium rolfsii y Thielaviopsis basicola* en comparación a los fungicidas (Iprodione® y Benomyl®) verificaron una inhibición del crecimiento micelial del 8.3 % e inhibición del 49.3 % en el número de esclerocios a los 21 días bajo condiciones de laboratorio.

Sharma y Trivedi (2002) al evaluar el extracto de hojas de *R. communis* en el control de *Fusarium oxysporum* demostraron en laboratorio una eficacia en la inhibición del crecimiento del 67.52 % a las 72 horas, por lo que afirmaron que los extractos pueden ser utilizados como complemento en el control de estos patógenos o de rotación en controles integrados.

Tabla 14

Efecto fungicida de los extractos de R. communis. Se muestra el mejor resultado.

Organismo Objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/metodología de extracto	Condición de estudio/tratamiento	% de inhibición	Ref.
Sclerotium rolfsii Thielaviopsis basicola	No especificado	Semilla/Macerado-Filtrado	Laboratorio. T1= Papa dextrosa (PD) + extracto acuoso de semillas de tártago (30 g/L) Testigo. T2= Papa dextrosa (PD) + Iprodione® (rovral) (3.0 g/L) T3= Papa dextrosa (PD) + Benomyl® (benlate) (2.5 g/L) *Aplicación. Inmersión	T1 presento a los 21 días una reducción del crecimiento micelial en un 8.3 % y un número de esclerocios menor del 49.3 %. T2 presento inhibición del 79%. T3 presento inhibición del 54.1 %.	(Alcalá de Marcano, Vargas y Pire, 2005)
Fusarium oxysporum f.sp. *cumini*	*Cuminum cyminum L.* /Causa la marchitez del comino y pérdidas de hasta el 80 %	Hojas/Triturado-Macerado - Centrifugado-Filtrado	Laboratorio. T1= 6mL de E. en 100 mL de PDA *Aplicación. Inmersión	Inhibición de crecimiento. Ricinus communis (67.52 %) a las 72 horas.	(Sharma y Trivedi, 2002)

4.2.9. Efecto del extracto de *R. communis* en el control nemátodos fitopatógenos.

En los estudios se muestra el potencial nematicida en el control de nematodos del orden Tylenchida como se muestra en la tabla 15. En el estudio realizado en laboratorio por Arboleda et al. (2012) se comparó el extracto cetónico de semilla, hojas, tallo y raíz de *R. communis* con el nematicida Furadan® demostrando que el extracto a base de semilla tiene una eficacia similar al químico de referencia en el control de *Radopholus similis*.

Sharma y Trivedi, (2002) indicaron que los extractos de hojas de *R. communis* aplicados al control de *Meloidogyne incognita* presentaron la máxima inhibición de eclosión en un 11,91 % a las 24 horas bajo condiciones de laboratorio, así mismo Arboleda et al. (2012) usando extractos cetónicos de *R. communis* registraron una eficacia de mortalidad del 89 % a las 48 horas.

Adomako & Kwoseh (2013) comprobaron en sus estudios de laboratorio que los biopreparados a base de semilla tiene un potencial inhibidor de 0.71 % en la eclosión de huevos de *Meloidogyne* spp. Al noveno día, mientras que la mortalidad en juveniles fue de 8.45 % a las 72 horas, igualmente, Salim, Salman, Majeed & Hussein (2016) en su estudio de

laboratorio, presentaron valores de mortalidad de 95.6 % en el control de *Meloidogyne* sp. con extractos de semilla en un lapso de 48 horas. Finalmente, Adegbite & Adesiyan (2006) usando extractos botánicos de raíz para el control de *M. incognita* presentaron valores de mortalidad de 93 % a las 48 horas bajo condiciones de laboratorio.

La información presentada por los autores permitió corroborar que los extractos de *R. communis* son eficaces en el control de nemátodos fitopatógenos y a su vez sirve como alternativa del control químico.

Tabla 15

Efecto nematicida de los extractos de R. communis. Se muestra el mejor resultado.

Organismo Objetivo	Tipo de cultivo/daño producido	Origen del extracto/metodología de extracto	Condición de estudio/tratamiento	% de mortalidad	Ref.
Meloidogyne sp.	*Solanum melongena* / Provoca perdida de rendimiento y calidad.	Semilla / Molido - filtrado.	Laboratorio. T1= 10mL de E. al 5 % T2= 10mL de E. al 10 % T3= Agua (Testigo) *Aplicación. Contacto	El T2 demostró mayor mortalidad con 95.6 % a las 48 h. y el Testigo en un 13 % a las 48 h.	(Salim et al., 2016).
Meloideogyne spp.	*Solanum lycopersicum L.* / La infestación del nematodo agallador causa pérdidas en el rendimiento de 73-100 %.	Semillas / Triturado – Batido – Filtrado	Laboratorio y Campo. T0= E. crudo de ricino. T1= 20 mL de E. acuoso al 40 % (v/v). T2= 20 mL de E. acuoso al 30 % (v/v). T3= 20 mL de E. acuoso al 20 % (v/v). T4= 20 mL de E. acuoso al 10 % (v/v). *Aplicación. Inmersión	T0= Mostró inhibición en la eclosión de huevo en un 0.71 % al noveno día. La mortalidad de juveniles en un 8.45 % a las 72 h.	(Adomako & Kwoseh, 2013)
Radopholus similis (COBB.) THORNE]	*Musa* AAB Simmonds/ Produce lesiones que modifican la forma cilíndrica de la raíz debido a los daños ocasionados en raíces y cormos afectando su desarrollo y crecimiento.	Raíz, tallo, hojas y semilla / Secado - Extracción Soxhlet - Rota - evaporación.	Laboratorio. Extracto cetónico de semillas, raíz, hojas y tallo, 3 tratamientos respectivamente. T1= 2 mL al 25 % E.C T2= 2 mL al 50 % E.C T3= 2 mL al 100 % E.C T1= 0.33 g/L Furadan® (Carbofuran)(Test) T2= 2 mL Agua destilada (Testigo) *Aplicación. Contacto	El T3 de con semillas mostró una mortalidad del 89 % en 48 h. Los tratamientos testigo mostraron valores de mortalidad para T1 un 98 % y para T2 entre 0.7 y 12 %.	(Arboleda, Guzmán y Mejía, 2012)
M. Incognita (Kofoid & White) Chitwood.	*Glycine max* L. / No especificado.	Raíz / Molido - Macerado- Centrifugado - Filtrado.	Laboratorio. T1= 10 mL de E. al 100 % T2= 10 mL de E. al 5 % T3= 10 mL de E. al 10 % T4= 10 mL de E. al 20 % Testigo. T2= 10 mL de agua destilada. *Aplicación. Contacto	El T1 mostro una mortalidad de 93 % a las 48 horas El T4 mostro una mortalidad de 60 % a las 12h. y 62 % a las 48h.	(Adegbite & Adesiyan, 2006).
Meloidogyne incognita	*Cuminum cyminum L.* / Causa una reducción de aproximadamente un 43 % en el rendimiento.	Hoja / Triturado -Centrifugado - Filtrado.	Laboratorio. T1= E. al 25 % T2= E. al 50 % T3= E. al 75 % T4= E. al 100 %	El T4 mostró inhibición de 11.91 % a las 24h. *Aplicación. Inmersión	(Sharma & Trivedi, 2002)

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

1. Los extractos de semillas y hojas de *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum, *Azadirachta indica* Juss y *Ricinus communis* L. presentaron mayores resultados de mortalidad en el control de insectos plaga y ácaros, siendo las semillas las que tuvieron un mayor índice debido a su composición toxicológica. El uso de estos extractos en la agricultura no afectó de manera negativa a los organismos y microrganismos benéficos.

2. Los extractos de semillas y hojas de *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum, *Azadirachta indica* Juss y *Ricinus communis* L. presentaron mayores resultados de inhibición en el control de bacterias, hongos y nemátodos fitopatógenos, siendo los extractos de semillas los que presentaron mejores resultados. También la aplicación de estos extractos incrementó la productividad en cultivos agrícolas.

5.2. Recomendaciones

1. Incentivar el uso de extractos vegetales con potencial agrobiológico debido a que presentan valores similares al control con pesticidas sintéticos, con la ventaja de que estos extractos son más respetuosos con el medio ambiente y resultan menos riesgoso para los seres humanos en cuanto a salud y reducen los costos de producción.

2. Se recomienda realizar más estudios en campo para corroborar los resultados obtenidos en laboratorio con el fin de reforzar la información citada en este estudio y así aumentar el uso de estos extractos basado en comprobaciones científicas.

Referencias

Adegbite, A., & Adesiyan, S. (2006). Root extracts of plants to control root-knot nematode on edible soybean. *Journal of Vegetable Science, 12*(2), 5–12. doi:10.1300/j484v12n02_02

Adomako, J., & Kwoseh, C. (2013). Effect of castor bean (*Ricinus communis* L.) aqueous extracts on the performance of root-knot nematodes (*Meloideogyne* spp.) on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Science and Technology (Ghana), 33*(1). doi:10.4314/just.v33i1.1

Aguilar, C., & Maycotte, Z. (2013). Intoxicación por *Thevetia Peruviana* (Hueso o codo de fraile). Presentación de un Caso. *Revista de La Asociación Mexicana de Medicina Critica y Terapia Intensiva, 27*(4), 245–248.

Aguirre, Z. (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Ministerio Del Ambiente - Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura 130. Retrieved (https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/21/14042335632720/especies_forestales_bosques_secos_del_ecuador.pdf).

Ahmad, T., & Bhardwaj, U. (2018). Antibacterial activity and HPLC analysis of *Thevetia peruviana* leaf extracts. *International Journal of Pharmacognosy*, *5*(1), 69–73. https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.5(1).69-73

Ahmad, T., Hamid A., Sharma A., & Bhardwaj, U. (2017). *Thevetia Peruviana*: A multipurpose medicinal plant- a review. *International Journal of Advanced Research, 5*(8), 486–93. doi: 10.21474/ijar01/5081.

Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Toxicology Interdisciplinary, 2*(1), 1–12. doi: 10.2478/v10102-009-0001-7.

Alcalá de Marcano, D., Vargas, N., y Pire, A. (2005). Efecto de extractos vegetales y fungicidas sintéticos sobre el crecimiento micelial in vitro de *Sclerotium rolfsii* y *Thielaviopsis basicola*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, *22*(4), 1-6.

Alzohairy, A. (2016). Therapeutics role of *Azadirachta indica* (Neem) and their active constituents in diseases prevention and treatment. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-11. doi:10.1155/2016/7382506

Amadioha, A. (2002). Fungitoxic Effects of Extracts of *Azadirachta indica* against *Cochliobolus miyabeanus* causing Brown Spot Disease of Rice. *Archives Of Phytopathology and Plant Protection, 35*(1), 37–42. doi:10.1080/03235400210000009597

Ambang, Z., Ndongo, B., Essono, G., Ngoh, J., Kosma, P., Chewachong, G., & Asanga, A. (2011). Control of leaf spot disease caused by *Cercospora* sp on groundnut (*Arachis Hypogaea*) using methanolic extracts of yellow oleander (*Thevetia peruviana*) seeds. *Australian Journal of Crop Science, 5*(3), 227–32.

Ambang, Z., Ngoh, J., Essono, G., Bekolo, N., Chewachong, G. & Asseng, C. (2010). Effect of *Thevetia peruviana* seeds extract on in vitro growth of four strains of *Phytophthora megakarya*. *Plant Omics Journal, 3*(3), 70–76.

Aragón, A., Torres, C., Argón, M., Cuate, V., Olguín, J., & Lugo, A. (2018). Estrategias agroecológicas para el control de gallina ciega en cultivos agrícolas. En Nájera R. y Aragón G. (Eds.), Diversidad, Ecología y Manejo de Insectos Rizófagos (pp. 135-147). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. ISBN: 978-607-525-547-7.

Arboleda F., Guzmán O., y Mejía L. (2015). Efecto de extractos cetónicos de higuerilla (*Ricinus communis* Linneo.) sobre el nemátodo barrenador [*Radopholus similis* (cobb.) thorne] en condiciones in vitro. *Revista Luna Azul*, (35), 28 - 47.

Arias, J. (2013). *Optimización de parámetros de cultivo en suspensión de células de la especie vegetal Thevetia peruviana y su efecto en la producción de metabolitos secundarios* (Tesis de posgrado, Universidad nacional de Colombia, Medellín, Colombia). Recuperado de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20912/8028288.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arias, J., Ortega, I., Peñuela, M., & Arias, M. (2019). Antimicrobial activity of callus and cell suspension cultures extracts of *Thevetia peruviana*. *Revista de la facultad de ciencias de la Universidad de Colombia, 8*(1), 45-56. doi:10.15446/rev.fac.cienc.v8n1.69976

Arulkumar, R., Karthika, S., Gopalasatheeskumar, K., & Arulkumaran, G. (2019). Neem (*Azadirachta indica*): A miraculous medicinal plant from India. *International journal of universal pharmacy and bio sciences, 8*(4), 48–59.

Baidoo, P., & Adam, J. (2012). The Effects of Extracts of *Lantana camara* (L.) and *Azadirachta indica* (A. Juss) on the population dynamics of *Plutella xylostella, Brevicoryne brassicae* and *Hellula undalis* on Cabbage. *Sustainable Agriculture Research, 1*(2), 229-234. doi: 10.5539/sar.v1n2p229.

Baker, B., Benbrook, C., Groth, E., & Lutz, K. (2002). Pesticide residues in conventional, integrated pest management (IPM)-grown and organic foods: insights from three us data sets. *Food additives and contaminants, 19*(5), 427–46. doi: 10.1080/02652030110113799.

Barbarinde, A., Oyegoke, O., & Adekunle, E. (2011). Larvicidal and insecticidal properties of *Ricinus communis* seed extracts obtained by different methods against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection, 44*(5), 451–459. doi:10.1080/03235400903093220

Carmona, A. (2021). Que son los métodos de infusión. Recuperado de https://www.altosanto.mx/que-son-los-metodos-de-infusion/

Carrillo, J., Hernández, B., Chávez, J., Vera, A., y Perales, C. (2009). Efecto de extractos vegetales sobre la mortalidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), en laboratorio. *Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, 53*, 154-157.

Carrión, A., y García, C. (2010). *Preparación de extractos vegetales: Determinación de Eficiencia de Metódica* (Tesis de pregrado Universidad De Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas Escuela de Bioquímica y Farmacia, Cuenca, Ecuador).

Castiglioni, E., Vendramim, J., y Tamai, M. (2002). Evaluación del efecto tóxico de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* (KOCH) (ACARI, TETRANYCHIDAE). *Agrociencia, 6*(2), 75-82.

Castillo, B., Ruiz, J., Manrique, M., y Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). *Espacios, 41*(10), 11.

Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá. (2014). Cascabela thevetia, *Thevetia peruviana* (Pers.) K.Schum. Recuperado de https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/105

Celis, A., Mendoza, C. & Pachón. M., 2009. Review: plant extracts used as biocontrol in management of plagues, diseases and weeds. *Temas Agrarios*, 5–16.

Corpoica-Centro de investigación La Selva. (2008). *Higuerilla: "Alternativa Productiva, Energética y Agroindustrial Para Colombia."* Antioquia-Colombia. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18628/43631_55277.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Crisanto, K., & Ayquipa, G. (2013). Efecto del extracto etanólico de semilla de *Ricinus communis* L. sobre adultos de *Bemisia tabaci* GENN., en condiciones de laboratorio. *Revista Científica Sagasteguiana*, *1*(1), 11-18.

Cruz, M., & Sánchez, R. (2004). El árbol del nim, establecimiento y aprovechamiento en la Huasteca Potosina. Vol. Primera. San Luis Potosí, México. Recuperado de http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/165.pdf

Danelski, W., Czubik, T., & Rozpara, E. (2015). Assessment of the effectiveness of plant-derived pesticides in controlling the black cherry aphid *Myzus cerasi* f. in organic growing of sweet cherry. *Research Institute of Hortoculture*, *18*(3), 96–100.

Del Puerto, A., Suárez, S., y Palacios, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 52*(3), 372–387.

Devine, G., Eza, D., Ogusuku E., y Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, 25*(1), 74–100. doi: 10.17843/rpmesp.2008.251.1241.

Dida, S., Ambang, Z., Djieto, Ch., Chedjou, B., Heu, A., Angele & Ndongho. (2019). Effect of aqueous extracts of *Thevetia peruviana* K. seeds on the control of late blight and pest insects of *Solanum tuberosum* L. in Cameroon. *Greener Journal of Agricultural Sciences, 9*(1), 14–22. doi: 10.15580/GJAS.2019.1.121418176.

Escalante, M., Béjar, Garden, A., Vélez, R., García, R., Carrillo, A., Cháidez, C., y Partida, J. (2004). Contenido de azadiractina a en semillas de nim (*Azadirachta indica* A. JUSS) colectadas en Sinaloa, México. *Revista Fitotecnia Mexicana, 27*(4), 305-31.

Escobar, R., Leiva, L., y Morales, A. (2012). Intoxicación por cascabela *Thevetia Lippold* (L.) (covadonga). Presentación de un caso. *Revista Electrónica de Las Ciencias Médicas En Cienfuegos, 10*(2), 55–57.

Essomé, Ch., Ngoh, J., Heu, A., Ndogho, A., Ngatsi, P., Chewachong, G., & Ambang, Z. (2020). Évaluation des activités antifongiques des extraits de plantes contre *Phytophthora colocasiae*, agent causal du mildiou du taro (*Colocasia esculenta* (L.) schott) au Cameroun. *Journal of Applied Biosciences, 151*, 15584–15597. doi: 10.35759/JABs.151.7.

Figueroa, M., Castro, A., y Castro, T. (2019). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Acta Biológica Colombiana, 24*(1), 58–66. https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.69333

Fuentes , A., & Aguilar, R. (2019). *Useful Tropical Plants-Thevetia peruviana Images.* Recuperado de http://tropical.theferns.info/image.php?id=Thevetia+peruviana

García, C., y Rodríguez, G., (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai, 8*(3), 1–10.

García, J., Grisoto, E., Vendrandramim, J., & Botelho, P. (2006). Bioactivity of neem, *Azadirachta indica*, against spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) on sugarcane. *Ecolotoxicology Bioactivity, 99*(6), 2010–2014.

García, S. (2015). *Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en los suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulación y propuesta de un modelo productivo sostenible* (Tesis de posgrado, Universidad internacional SEK, Carchi, Ecuador). Recuperado de https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1474

Gata, L., Nogueira, J., Matos, O., & Bruno de Sousa, R. (2003). Short communication photoactive extracts from *Thevetia peruviana* with antifungal properties against *Cladosporium cucumerinum*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 70*(1), 51–54. doi: 10.1016/S1011-1344(03)00024-1.

Ghosh, S., Tiwari, S., Srivastava, S., Sharma, K., Kumar, S., Ray, D., & Rawat, S. (2013). Acaricidal properties of *Ricinus communis* leaf extracts against organophosphate and pyrethroids resistant Rhipicephalus (Boophilus) microplus. *Veterinary Parasitology*, *192*(1-3), 259–267. doi:10.1016/j.vetpar.2012.09.031

Glück, A., Endo, Y., & Wool, I. (1994). The ribosomal RNA identity elements for ricin and for alpha-sarcin: mutations in the putative CG pair that closes a GAGA tetraloop. *Nucleic acids research*, *22*(3), 321–324. https://doi.org/10.1093/nar/22.3.321

González, A. (2013). Dangerous Herbal Weight-Loss Supplements. R. W. V. Preedy (Ed.), Bioactive food as dietary interventions for liver and gastrointestinal disease (119-126). Estados Unidos: Elsevier Inc.

Guerra, E. (2005). *Obtención, caracterización y evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los extractos fluidos, blandos y secos así como de las tinturas del rizoma y de la fronda de calahuala (Phlebodium pseudoaureum) a nivel de laboratorio* (Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química, Guatemala).

Hashmat, I., Azad, H., & Ahmed, A. (2012). Neem (*Azadirachta Indica* A. Juss) - a nature ’s drugstore: An overview. *International Research Journal of Biological Sciences*, *1*(6), 76–79.

Imbaya, E., (2018). *Artemisia annua and Thevetia peruviana against Aphis fabae and non-target organism on Solanum scabrum* (Masters theses, Masinde Muliro University of Science and Technology, Kenia). Recuperado de https://ir-library.mmust.ac.ke/bitstream/handle/123456789/1249/ELISHEBA%20IMBAYA%20THESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jachmanian, I., Pérez, E., Villamil, J., & Villamil, J. (2009). El cultivo de tártago (*Ricinus Communis* L.) en el Uruguay: Información Preliminar. Recuperado de http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429261109141949.pdf

Javed, N., Gowen, R., El-hassan, A., Inam-ul-haq, M., Shahina, F., & Pembroke, B. (2008). Efficacy of neem (*Azadirachta indica*) formulations on biology of root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) on tomato. Crop Protection, *27*(1), 36–43. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.04.006

Khan, S., & F. Rehman. (2017). Ricinus Cmmunis: Ethnomedicinal Uses and Pharmacological Activities. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 30*(5):1815–27

Kishan, S., Krishn, A., Vimlesh, M., Sheik, U., & Shukla A. (2012). *Thevetia peruviana*. *International Research of Pharmacy, 3*(4), 74–77.

Kona, N., Taha, A., & Mahmoud, M. (2014). Effects of botanical extracts of neem (*Azadirachta indica*) and Jatropha (*Jatropha curcus*) on eggs and larvae of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Persian Gulf Crop Protection, 3*(3), 41–46.

Koona, S., & Budida, S. (2011). Antibacterial Potential of the Extracts of the Leaves of *Azadirachta indica* L. *Notulae Scientia Biologicae*, *3*(1), 65-69. doi: 10.15835/nsb315470

Kumar, D., Kumar, V., & Kumar, A. (2021). Nematicidal potential of the neem tree *Azadirachta indica* (A. Juss). *Indian Farmer, 8*(2), 216–20.

Kumar, P., Joshi, S., Sati, S., & Rai, D. (2016). A comparative evaluation of phytochemical and antibacterial properties of *Ricinus communis* Linn and *Thevetia peruviana* Schum. of Kumaun Himalaya. *Journal of Pharmaceutical and Medical Sciences, 5*(2), 13–19.

Lauridsen, E., Kanchanaburagura, C., & Boonsermsuk, S. (1991). El neem (*Azadirachta indica* a. Juss) en Tailandia. Información sobre recursos genéticos forestales, (19), 1–8. Recuperado de (http://www.fao.org/3/u5380s/U5380S08.htm).

Lázaro, A. (2016). *Efecto de tres dosis de extracto de carúncula de Ricunus communis L. en el control de Spodoptera frugiperda J. E. Smith en Zea mays L. hibrido dekalb-1596 en Virú-La Libertad* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trujillo, Perú). Recuperado de http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1955260

Llaven, V., Borbón, A., Ochoa, X., Hernández, A., & Coyac, J., (2019). Productividad de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el norte de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10*(5), 1011–1022. doi: 10.29312/remexca.v10i5.1790.

López, M. (2002). Formas de administración de plantas medicinales. *Manual de Fitoterapia*, 21(2), 122–125. Recuperado de: https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13026490

Maithani, A., Parcha, V., Pant, G., Dhulia, I., & Kumar, D. (2011). *Azadirachta indica* (neem) leaf: a review. *Journal of Pharmacy Research*, *4*(6), 1824–1827.

Malik, T., & Hermize, F. (2020). Evaluation of the efficiency of aqueous and alcoholic extract of Thevetia (*Thevetia peruviana*) and its comparison with pesticide ortus in controlling the broad mite *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (acari: Tarsonemidae), on karisma pepper in greenhouse. *Plant Archives*, *20*(1), 1515–1520.

Mansour, A., Ascher, S., & Abo-Moch, F. (1997). Effects of Neemgard on phytophagous and predacious mites and on spiders. *Phytoparasitica, 25*(4), 333-336. doi: 10.1007/BF02981097

Marbán, N., Jeyaprakash, A., Jansson, B., Damon, R., & Zuckerman, M. (1987). Control of root-knot nematodes on tomato by lectins. *Journal of Nematology*, *19* (3), 331-335.

Marroquin, U. (2018). *Evaluación de extractos vegetales en el control de araña roja (Tetranychus urticae Koch)* (Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División Agronómica, Coahuila, México). Recuperado de http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45161/Marroquin%20L%c3%b3pez%2c%20Ursula%20D%27%20Alba.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Massaro, A. (2007). Aplicación terrestre de plaguicidas: ¡ hay que cambiar la forma de trabajar!, 1-4. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-otra-forma-de-pulverizar.pdf

Mboussi, B., Ambang, Z., Ndogho, A., Patrice, J., Dooh, N., & Essouma, M. (2016). In vitro Antifungal Potential of Aqueous Seeds Extracts of *Azadirachta indica* and *Thevetia peruviana* against *Phytophthora megakarya* in Cameroon. *Journal of Applied Life Sciences International*, *4*(4), 1–12. https://doi.org/10.9734/JALSI/2016/23710

Mboussi, B., Heu, A., Nourou, A., Nsangou, K., Ajebe, D., & Ntsefong, N. (2021). In vitro evaluation of the fungicidal potential of aqueous and methanolic extracts of *Thevetia peruviana* on the development of *Rigidoporus lignosus*, causal agent of white root rot of *Hevea brasiliensis*. *Biotechnology Journal International*, *25*(1), 1–13. https://doi.org/10.9734/BJI/2021/v25i130127

Mboussi, S., Ambang, Z., Kakam, S., & Bagny, L., (2018). Control of cocoa mirids using aqueous extracts of *Thevetia peruviana* and *Azadirachta indica*. *Cogent Food & Agriculture, 4*(1), 1430470. doi: 10.1080/23311932.2018.1430470.

Meena, B., Meena, S., Chittora, D., & Sharma, K. (2021). Antifungal efficacy of *Thevetia peruviana* leaf extract against *Alternaria solani* and characterization of novel inhibitory compounds by Gas Chromatography-Mass Spectrometry analysis. *Biochemistry and Biophysics Reports, 25*(2021), 100914. doi: 10.1016/j.bbrep.2021.100914

Mercado, A. (2014). *Sustentación de título por suficiencia profesional – centrifugación* (Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de Procesos, Arequipa, Perú). Recuperado de http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4190

Mishra, M., Gupta, K., & Kumar, S. (2015). Impact of the Stem Extract of *Thevetia neriifolia* on the feeding potential and histological architecture of the midgut epithelial tissue of early fourth instars of *Helicoverpa armigera* Hübner. *International Journal of Insect Science, 7,* 53-60. doi:10.4137/ijis.s29127

Mollah, J., & Islam, W. (2007). Toxicity of *Thevetia peruviana* (Pers) Schum. extract to adults of *Callosobruchus maculatus* f. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Agriculture & Rural Development, 5*(1–2), 105–109. doi: 10.3329/jard.v5i1.1466.

Montero, D., Naranjo, N., y Van Strahlen, M. (2012). Efecto Insecticida del Extracto de Semillas de Neem (Azadirachta indica A. Juss) sobre Collaria scenica Stal (Hemiptera: Miridae*). Entomobrasilis. 5*(2), 120-129. doi: 10.12741/ebrasilis.v5i2.224

Mossini, G., & Kemmelmeier, C. (2005). A árvore nim (*Azadirachta indica* A. Juss): múltiplos usos. *Acta Farmacéutica Bonaerense, 24*(1), 139–148.

Navarrete, B., Valarezo, O., Cañarte, E., & Solórzano, R. (2016). Efecto del nim (*Azadirachta indica* Juss.) sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) y controladores biológicos en el cultivo del melón (*Cucumis melo* L.) *La Granja, 25*(1), 33. https://doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.03

Naveda, G. (2010). *Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de Ruda (Ruta graveolens), con alto contenido de polifenoles* (Tesis de pregrado. Escuela Politécnica

Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito, Ecuador). Recuperado de https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2295

Ngoh, J., (2021). *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum. potential antifungal agent against *Mycosphaerella fijiensis* Morelet , fungi responsible of black leaf streak disease (BLSD) of plantain (*Musa* spp). *Journal of Agricultural Studies, 9*(2). doi: 10.5296/jas.v9i2.18553.

Ngoh, J., Ambang, Z., Tih, A., Heu, A., Kosma, P., Maho, E., & Tih, R. (2014). Screening and the effect of extracts of *Thevetia peruviana* on the development of *Colletotrichum gloeosporioides* , causal agent of Cassava Anthracnose Disease. *Journal of Agricultural Research and Development*, *4*(4):54–65.

Ngoh, P., Ambang, Z., Bekolo, N., Heu, A., & Kuate, W. (2014). Effect of extracts of *Thevetia peruviana* (Pers.) K.Schum on development of *Phytophthora megakarya* causal agent of black pod disease of cocoa. *Journal of Applied Biosciences*, *77*(1), 6564-6574. doi:10.4314/jab.v77i1.11

Nicoletti, M., Maccioni, O., Coccioletti, T., Mariani, S., & Vitali, F. (2012). Neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) as source of bioinsectides. *Insecticides - Advances in Integrated Pest Management*: 411–28.

Nile, S., Nile, H., Keum, S., Kim, H., & Venkidasamy, B. (2018). Nematicidal potential and specific enzyme activity enhancement potential of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) aerial parts. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*, 4204–4213. https://doi.org/10.1007/s11356-017-0821-5

Nwankwo, E., Onuseleogu, D., Confidence, O., & Okorocha, A. (2016). Effect of neem leaf extracts (*Azadirachta indica*) and synthetic pesticide (Carbofuran) on the root-knot nematode (*Meloidogyne spp*) of cowpea (Vigna). *International Journal of Entomology Research*, *1*(3), 01–06.

Ogunniyi, D. (2006). Castor Oil: A Vital Industrial Raw Material. *Bioresource Technology 97*(9):1086–91. doi: 10.1016/j.biortech.2005.03.028.

Oliveira, M., Bueno, O., Marini, T., & Reiss, I. (2006). Toxicity of *Azadirachta indica* to leaf-cutting ant Atta sexdens rubropilosa (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, *47*(2), 423–431.

Olsnes, S., & Kozlov, J.(2001). Ricin. *Toxicon : official journal of the International Society on Toxinology*, *39*(11), 1723–1728. https://doi.org/10.1016/s0041-0101(01)00158-1

Osorio, B., y Añez, E. (2016). Estructura referencial y prácticas de citación en tesis doctorales en educación. *Revista de Investigación,* 40(89), 105–22.

Pacheco, C. (2009). *Efecto del extracto hidroetanólico de higuerilla Ricinus communis L. sobre el adulto del picudo del agave Scyphophorus acupunctatus Gyllenhal* (Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Morelos, México).

Palma, M., y Serrano, L. (1997). Efecto de extractos botánicos sobre el picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano) resultados preliminares. *Agronomía Mesoamericana*, *8*(1), 99–107.

Patel, S., Nagulapalli, K., Bhattacharyya, P., Sethi, G., & Bishayee, A. (2010). Potential of Neem (*Azadirachta Indica* L.) for Prevention and Treatment on Oncologic Diseases. S*eminars in Cancer Biology 40–41*(1):100–115. doi: 10.1016/j.semcancer.2016.03.002.

Pégalepo, N., Charles, A., Bekolo, N., Pégalepo, M., Alain, H., Serge, M., & Zachée, A. (2018). Antifungal potential of aqueous extracts of neem seeds (*Azadirachta indica*) on the vitro development of six strains of *Phakopsora pachyrhizi*, Causal agent of asian Soybean Rust. Journal of Applied Life Sciences International, 15(4), 1-9. https://doi.org/10.9734/JALSI/2017/38365

Pérez, E. (2012). Plaguicidas Botánicos: Una Alternativa a Tener En Cuenta. *Fitosanidad, 16*(1):51–59

Pita, R., A. Anadón y Martínez, M. (2004). Ricina: Una Fitotoxina de Uso Potencial Como Arma. *Revista de Toxicología, 21*(3):51–63.

Popoca, A. (2014). Proceso de Filtración. Recuperado de http://azucenapopocaflores.blogspot.com/2014/12/proceso-de-filtracion.htm

Pramod, Atreya & Kanchan. (2015). Thevetia Peruviana. Wilderness and Environmental Medicine, 26(4):590–91. doi: 10.1016/j.wem.2015.07.007.

Ramos, E. (2015). Obtención de un insecticida biológico a partir de la higuerilla (Ricinus communis) (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala, Unidad académica de ciencias químicas y de la salud carrera de ingeniería química, Machala, Ecuador). Recuperado de https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTMACH_e473be025d1d7aa0c65eed42d679eb90

Ramos, F., y Vega, K. (2015). *Diseño y Construcción de una maquina trituradora de hojas secas de Guayusa con una capacidad de 6.5 quintales por hora* (Tesis de pregrado, Escuelo Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito, Ecuador). Recuperado de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10287/3/CD-6137.pdf

Rana, M., Dhamija, H., Prashar B., & Sharma, S. (2012). *Ricinus communis* L. A Review. *International Journal of PharmTech Research, 4*(4), 1706-1711.

Ray, P., Dutta, D., Srivastava, S., Kumar, B., & Saha, S. (2012). Insect growth regulatory activity of *Thevetia nerifolia* Juss. against *Spodoptera litura* (Fab.). *Journal of Applied Botany and Food Quality, 85*(2), 212–215.

Rehman, B., Ahmad, F., Babalola, O., Ganai, A., Parihar, K., & Siddiqui, A. (2013). Usages of botanical extracts for the management of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in chickpea. *Journal of Pure and Applied Microbiology, 7*(3), 2385–2388.

Rodríguez, C. (2005). Epazote, hierba de la cucaracha, paraíso, higuerilla y sabadilla. EN RAP-AL, RACAM, SOMAS, CP Eita Tlaxcala. (Ed.), Plantas contra plagas 2. Texcoco, México: Colegio de postgraduados, 2005.

Rodríguez, J. (2015). Obtención de las funciones de transferencia de las temperaturas del tope y fondeo de una destilación binaria. Revista Digital de Investigación y Postgrado, 5(2), 795–802.

Rodríguez, J., Cerna, E., Ochoa y Hernández, O. (2016). Evaluación de extractos vegetales sobre pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) (Hemiptera: Aphididae) en Sorgo en Guanajuato. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, *7*(3), 18-24.

Rodríguez, M., Alcaráz, L. y Real, S. (2012). Procedimientos para la extracción de aceite en plantas aromáticas. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas Del Noroeste, S.C (pp.12-17). La Paz. Baja California Sur, México.

Rutenber, E., & Robertus, J. (1991). Structure of ricin B-chain at 2.5 A resolution. *Proteins, 10* (3), 260-269.

Salim, A., Salman, S., Majeed, I., & Hussein, H. (2016). Evaluation of some plant extracts for their nematicidal properties against root-knot nematode, *Meloidogyne* sp. J*ournal of Genetic and Environmental Resources Conservation*, *4*(3), 241-244.

Samaniego, M., y Estrada, E. (2012). *Diseño y Construcción de un Equipo Mixto de Molienda y Tamizado Para Materiales Minerales* (Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba Ecuador). Recuperado de http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1973

Sanhueza, C. (2010). *Contaminación medioambiental por plaguicidas organoclorados y sus efectos en la salud humana en Chile* (Tesis de posgrado, Universidad del Bío-Bío, Departamento de Ciencias Sociales, Chillan, Chile). Recuperado de http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1936/1/Sanhueza_Gutierrez_Carolina.pdf

Santamaría, C., Gonzáles, A., y Astorga, F. (2015). Extractos vegetales, aplicación para la reducción del estrés. NutriNews, 75–80. Recuperado de https://nutricionanimal.info/download/0315-ena-WEB.pdf

Santambrosio, E, Ortega, M, y Garibaldi A. (2009) Siembra y recuento de microorganismos. Universidad Tecnológica Nacional. Departamento de Ingeniería Química. Recuperado de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/biotecnologia/practicoIII.pdf

Schmelzer, G. (2006). *Thevetia Peruviana* (Pers.) K. Schum. Prota4u 1–4. Recuperado de https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?g=psk&p=Thevetia+peruviana+(Pers.)+K.Schum.

Shah, R., Ullman, D., Stafford, C., & Khan, I. (2017). Feeding and mortality of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* Pergande, 1895 (Thysanoptera: Thripidae) in Response to Botanical Extracts. *Acta Zoologica Bulgarica, 69*(3), 421–28.

Sharma, N., & Trivedi, C. (2002). Screening of leaf extracts of some plants for their nematicidal and fungicidal properties against *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum*. *Asian Journal of Experimental Sciences, 16*(1&2), 21-28.

Sotelo, C., Salinas, D., Peña, G., Tejo, A., Gonzáles, M., & Zamilpa, A. (2020). Insecticidal compounds in *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) to control *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae). *Florida Entomologist*, *103*(1), 91-95.

Steeves, M., Denton, E., Barnard, C., Henry, A., & Lambert, M. (1999). Identification of Three Oligosaccharide Binding Sites in Ricin. Biochemistry, *38*(36), 11677-11685. doi:10.1021/bi990493o.

Stella, L., y Marin, D. (2009). Metodologías para evaluar in vitro la actividad antibacteriana de compuestos de origen vegetal. *Scientia et Technica*, (15)42.

Taiwo, M. (2019). Anti-microbial activities of Raw and Boiled *Thevetia peruviana* Seed on some selected microorganisms. *Specialty Journal of Biological Sciences*, *5*(4), 49–52.

Tello, G., Agila, M., y Legarda, C. (2018). Características y uso del sistema de inmersión temporal in vitro propagación en la familia bromeliaceae. *Universidad y Sociedad, 10*(3):134–41.

Theurkar, V., Patil, B., Ghadage, K., Birhade, N., & Gaikwad, N. (2014). Investigation on Effect of *Thevetia peruviana* (Pers) on the Mortality of *Holotrichia Serrata* (Fab) Adults (Coleoptera: Scarabaiedae). *International Research Journal of Pharmacy*, *5*(3), 212–214. https://doi.org/10.7897/2230-8407.050345

Tituaña, G. (2013). *Estudio del proceso de obtención de extractos de plantas medicinales cultivadas por la asociación flor de campo en la estancia y mushukwiñary en Tambalo de Pasa para promover su desarrollo* (Tesis de posgrado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ciencia e ingeniería en alimentos, Ambato, Ecuador). Recuperado de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8563/1/MAI%2005.pdf

Tobih, F. (2011). Evaluation of Some Plant Materials as Organic Mulch for the Control of Yam Tuber Beetles (*Heteroligus sp*.) in Delta State, Nigeria. *International Journal of AgriScience, 1*(4), 166–171. https://doi.org/10.3923/aj.2011.166.171

Ukpai, O., Ibediungha, B., & Ehisianya, C. (2017). Potential of seed dusts of *Jatropha curcas* L., *Thevetia peruviana* (Pers.), and *Piper guineense* Schumach. Against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) (Coleoptera: Curculionidae) in storage of corn grain. *Polish Journal of Entomology*, *86*(3), 237–250. https://doi.org/10.1515/pjen-2017-0014

Universidad de Alicante. (2010). La Búsqueda de Información Científica. España. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/33983/1/BUSQUEDA_informacion_DOCTORADO.pdf

Viswanath, H., Bhat, K., Bhat, N., Wani, T., & Mughal, M. (2018). Antibacterial efficacy of aqueous plant extracts against storage soft rot of potato caused by *Erwinia carotovora*. *International Journal of Corrent Mocrobiology and Applied Sciences, 7*(1). https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.314

Wang, J., Li, J., Cao, J., & Jiang, W. (2010). Antifungal activities of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts on postharvest diseases in fruits. *African Journal of Microbiology Research, 4*(11), 1100-1104.

Woodford, T. (2003). An Introduction to Arthropod Pest Control. By J. R. M. Thacker. Cambridge: Cambridge University Press (2002), pp. 343, 19.95, Paperback. ISBN 0-521-56787-4. Experimental Agriculture, 39(3), 338–338. doi:10.1017/s0014479703301334

Yihune, E., & Yemata, G. (2019). Antibacterial activity of medicinal plant extracts against *Ralstonia solanacearum* (Smith) that causes bacterial wilt in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Scientiarum. Biological Sciences, 41*(1), e45402. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v41i1.45402

Zarai, Z., Chobba, I., Mansour, R., Békir, A., Gharsallah, N., & Kadri, A. (2012). Essential oil of the leaves of *Ricinus communis* L.: In vitro cytotoxicity and antimicrobial properties. *Lipids in Health and Disease, 11*(1), 102. doi:10.1186/1476-511x-11-102

Zibbu, G., & Batra, A. (2011). *Thevetia peruviana* (Pers.) Schum.: A plant with enormous therapeutic potential. *Journal of Pharmacy Research, 4*(12), 4461-4464.

Zyara, M., & Taher, A. (2013). The antimicrobial activity of leaves and callus extracts of *Thevetia peruviana* In vitro. *Journal of Biotechnology Research Center, 7*(3), 74-80.