

**ACTIVIDAD INSECTICIDA DE EXTRACTOS DE *Azadirachta indica* A. Juss. (NEEM-
Meliaceae) SOBRE ÁFIDOS PLAGAS EN DOS CULTIVOS DEL GÉNERO *Vigna*
(Fabaceae) EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA (COLOMBIA)**

MONOGRAFÍA

LILIANA PATRICIA CARVAJAL OCHOA

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
BIOLOGÍA**

2020

**ACTIVIDAD INSECTICIDA DE EXTRACTOS DE *Azadirachta indica* A. Juss. (NEEM-
Meliáceae) SOBRE ÁFIDOS PLAGAS EN DOS CULTIVOS DEL GÉNERO *Vigna*
(Fabaceae) EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA (COLOMBIA)**

LILIANA PATRICIA CARVAJAL OCHOA

Trabajo de Grado presentado como requisito para obtener el título de Bióloga

DIRECTORES:

JORGE ENRIQUE ARIAS RÍOS MSc.

**Docente, departamento de Biología
Universidad de Córdoba**

MARY CECILIA MONTAÑO CASTAÑEDA Ph.D.

**Docente, Departamento de Química
Universidad de Córdoba**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
BIOLOGÍA**

Deja que tu fé sea más grande que tus miedos

A Dios, a mi madre, y mi fiel compañero.

Dedico

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, y por darme conocimiento y sabiduría para el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad de Córdoba y el cuerpo docentes del programa de Biología por su apoyo personal y profesional, por compartir su conocimiento, que aportaron a mi formación académica e integral.

A mis directores Jorge Enrique Arias Ríos por su apoyo, confianza, orientación y correcciones; Mary Cecilia Montaña Castañeda, por su confianza al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la concreción de este trabajo.

A los jurados Karol Dario Pérez García y Luis Eliecer Oviedo Zumaque por sus correcciones las cuales contribuyeron al mejoramiento de este trabajo.

Al grupo de investigación de química de los productos naturales por su apoyo

A mis amigos Alejandra Arrieta, Jeraldyn Montiel, Daniel Hoyos, Héctor Furnieles y demás compañeros por su amistad, con quienes logré compartir bonitas experiencias en el transcurso de mi carrera.

A Sair Soto Petro por acompañarme en momentos de tristeza y felicidad, por impulsarme a seguir adelante cuando quise desistir.

A todos y cada uno que aportaron en mi crecimiento profesional y espiritual.

RESUMEN

Debido al aumento en la utilización de insumos agrícolas y la problemática global de contaminación ambiental y presión selectiva a insecticidas, se ha fomentado la búsqueda de nuevas alternativas para disminuir el uso de insecticidas convencionales y por ende los impactos negativos que generan en los productos de cosechas, el ambiente y la salud humana; siendo una de ellas, el empleo de extractos vegetales para el control de insectos plagas en cultivos de interés agrícola, que en el marco de una agricultura sostenible constituye una opción biotecnológica cuya característica es convertir los recursos biológicos en productos útiles, efectivos, de bajo costo, biodegradables y de baja toxicidad. La actividad insecticida de los extractos de *Azadirachta indica*, ha sido registrada por varios autores, por lo cual, se realizó la revisión, compilación y análisis de la información referida a dicha actividad de los extractos de la especie sobre áfidos plagas en los cultivos de *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc. (habichuela) y *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (frijol cabecita negra), en el Departamento de Córdoba, Colombia; de igual manera se destacaron las propiedades, ventajas y desventajas del uso de extractos de *A. indica*, enfatizando en las consecuencias generadas por el uso de insecticidas convencionales a nivel global en los ecosistemas agrícolas y el medio ambiente, destacando la situación del uso de estos insecticidas en los últimos años en el Departamento de Córdoba. La información recopilada y presentada, está sustentada en libros digitales, artículos de revistas científicas, tesis y trabajos de investigación. La información bibliográfica muestra la realización de diversas investigaciones a nivel nacional e internacional sobre el uso de los extractos de neem como fuente potencial de compuestos bioactivos susceptibles de ser utilizados en el control de plagas agrícolas con excelentes resultados, fomentando el uso de estos extractos en Córdoba en cultivos de importancia en la agricultura y la economía en la región, con el objetivo de impulsar interés en el desarrollo de nuevas alternativas sobre el uso y aprovechamiento de la flora dentro del contexto de una agricultura a baja escala con menor impacto ambiental

Palabras clave: Neem, extractos vegetales, control de insectos plagas, uso sostenible.

ABSTRACT

Due to the increase in the use of agricultural inputs and the global problem of environmental contamination and selective pressure on insecticides, the search for new alternatives has been promoted to reduce the use of conventional insecticides and therefore the negative impacts they generate on crop products, the environment and human health; One of them being the use of plant extracts to control insect pests in crops of agricultural interest, which within the framework of sustainable agriculture constitutes a biotechnological option whose characteristic is to convert biological resources into useful, effective, low-cost products, biodegradable and low toxicity. The insecticidal activity of *Azadirachta indica* extracts has been registered by several authors, for which reason the review was carried out, compilation and analysis of the information related to said activity of the extracts of the species on aphids pests in the cultures of *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc. (long bean) and *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (black-headed bean), in the Department of Córdoba, Colombia; In the same way, the properties, advantages and disadvantages of the use of extracts of *A. indica* were highlighted, emphasizing the consequences generated by the use of conventional insecticides at a global level in agricultural ecosystems and the environment, highlighting the situation of their use insecticides in recent years in the Department of Córdoba. The information collected and presented is supported by digital books, articles in scientific journals, theses and research papers. The bibliographic information shows the performance of various national and international research on the use of neem extracts as a potential source of bioactive compounds that can be used in the control of agricultural pests with excellent results, promoting the use of these extracts in Córdoba in crops of importance in agriculture and the economy in the region, with the aim of promoting interest in the development of new alternatives on the use and exploitation of flora within the context of a small-scale agriculture with less environmental impact

Keywords: neem, plant extracts, insect pest control, sustainable use.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVOS GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
METODOLOGÍA.....	4
CAPÍTULO I	5
GÉNERO <i>Vigna</i>	5
Generalidades de la Familia Fabaceae	5
Características del Género <i>Vigna</i>	5
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp (Frijol cabecita negra)	6
<i>Vigna unguiculata</i> subsp <i>sesquipedalis</i> (L.) Verdc (Habichuela larga)	8
Insectos plagas de plantas del género <i>Vigna</i>	10
EXTRACTOS VEGETALES EN LA AGRICULTURA.....	12
<i>Azadirachta indica</i>	15
Requerimientos edafoclimáticos del neem	16
Principales metabolitos secundarios del neem.....	17
Actividad insecticida del neem.....	19
Efecto de las condiciones climáticas sobre los extractos de neem.....	20
INSECTICIDAS.....	21
Clasificación de los insecticidas convencionales	21
Organoclorados.....	21
Organofosforados.....	22
Carbamatos.....	22
Piretroides.....	23
CONSECUENCIAS ECOLÓGICAS DEL USO DE INSECTICIDAS CONVENCIONALES	23
USO DE INSECTICIDAS CONVENCIONALES EN CÓRDOBA: CONTEXTO Y CONSECUENCIAS.....	25

CAPÍTULO II	27
ESTUDIOS SOBRE EL USO DE EXTRACTOS VEGETALES A BASE DE NEEM CON ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN EL CONTROL DE INSECTOS PLAGAS AGRÍCOLAS.	27
USO DE LOS EXTRACTOS DEL NEEM SOBRE ÁFIDOS	33
EL NEEM COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA EN LA AGRICULTURA A BAJA ESCALA.....	40
CONCLUSIONES.....	42
RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Vigna unguiculata</i> L. (Walp).....	8
Tabla 2. Clasificación taxonómica de <i>Vigna unguiculata sesquipedalis</i> (L.) Verdc ..	9
Tabla 3. Clasificación taxonómica de <i>Azadirachta indica</i>	16
Tabla 4. Principales componentes del neem y su distribución en la planta.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de la metodología utilizada.	4
Figura 2: <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp	7
Figura 3: <i>Vigna unguiculata</i> subsp <i>sesquipedalis</i>	9
Figura 4: <i>Aphis craccivora</i> Koch.....	11
Figura 5: árbol de neem (<i>Azadirachta indica</i>).....	15
Figura 6: Estructura de la Azadiractina (Aza)	18

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Imagen 1. Semillas de <i>Vigna unguiculata</i> subsp <i>sesquipedalis</i> (habichuela larga) <i>Vigna unguiculata</i> (frijol cabecita negra).....	53
Imagen 2. Daños ocasionados por <i>Aphis craccivora</i> sobre <i>Vigna unguiculata</i> subsp <i>sesquipedalis</i>	53
Imagen 3. Áfido <i>Aphis craccivora</i>	54
Imagen 4. Hojas y frutos del árbol del neem.	54
Imagen 5. Ensayo de actividad insecticida de extractos de semillas de neem sobre <i>Aphis Craccivora</i> en plantas de habichuela <i>Vigna unguiculata</i> subsp <i>sesquipedalis</i> ...	55
Imagen 6: Método de extracción de maceración en frío.....	55
Imagen 7.Reconocimiento de insectos plagas	56

INTRODUCCIÓN

Las plantas han cumplido un rol fundamental en la vida y desarrollo del hombre, quien las ha utilizado para satisfacer sus necesidades básicas desde alimentos hasta medicina. Los estudios etnobotánicos surgen como un instrumento para rescatar tradiciones milenarias sobre los diversos usos que el hombre le ha dado a las plantas y como alternativa para dar valor agregado a los recursos vegetales (Carreño, 2016).

A mediados del siglo XIX, inició la necesidad de utilizar extractos botánicos para combatir las plagas que afectaban cultivos y productos (Borrego, 2015), sin embargo, estos fueron reemplazados por productos sintéticos que presentaban una alta eficacia biológica, bajo costo y largos periodos de acción, debido a su estabilidad química, no obstante, en los últimos años, los insecticidas convencionales se han considerado como una de las herramientas agrícolas más asociadas con el daño ambiental y su uso prolongado, ha generado resistencia y así mismo ha contribuido a la contaminación ambiental, afectando los factores bióticos y abióticos del ambiente y causando problemas de bioacumulación de los distintos eslabones de la cadena alimenticia (Devine *et al.*, 2008; Espinoza, 2015).

En Colombia, específicamente en el caribe colombiano, varios cultivos se han caracterizado por una alta incidencia de insectos plagas, entre los que se destacan los cultivos de *V. unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (habichuela larga) y *V. unguiculata* (frijol cabecita negra), los cuales son componentes en la dieta de muchas familias de la región. En la zona del bajo y medio Sinú, donde son típicos estos dos cultivos se ha hecho tradicional e imprescindible el uso de insecticidas convencionales, donde el 80% de los productores de la región han controlado de manera exitosa los insectos plagas en sus cultivos, menos del 10% de los productores no realiza algún tipo de control, y un porcentaje muy bajo de ellos ha aplicado insecticidas botánicos (Martínez *et al.*, 2019).

A nivel mundial, se ha incrementado el uso de técnicas y métodos no convencionales para minimizar y reducir los daños ocasionados por insectos en los cultivos, que sean amigables con el ambiente y que promuevan una producción de alimentos sanos e ino cuos desde el punto de vista ambiental, social y económico, los insecticidas de origen vegetal han demostrado ser una alternativa efectiva de control fitosanitario para insectos

plagas en cultivos, con ventajas a nivel toxicológico, ambiental, de costo y selectividad, al compararlos con plaguicidas convencionales. *A. indica* (neem) y numerosas plantas como *Allium sativum* (ajo), *Eucalyptus* spp (eucalipto), *Petiveria alliacea* L. (anamú), *Melia azedarach* (paraíso), *Piper nigrum* (pimienta), y *Nicotiana tabacum* (tabaco), entre otros poseen numerosos compuestos, que al ser extraídos han mostrado importantes actividades como insecticida, antialimentaria, disuasoria, entre otras (Figueroa, *et al.*, 2019; Peña, *et al.*, 2013).

Los extractos a base de neem presentan numerosos compuestos, sobresaliendo algunos esteroides, alcaloides, flavonoides, glucósidos y primordialmente terpenoides, entre los cuales se destaca la azadiractina (AZA), la cual puede encontrarse en diferentes órganos de la planta como la corteza, las hojas, los frutos y principalmente en las semillas; a pesar que actualmente se pueden encontrar formulaciones comerciales disponibles, como Neemix®, Neemban®, Neem Gold®, Neemazal®, Econeem®, Neemark®, Neemcure®, Azatin®, y Bio-Neem®, entre otras (Ahmad *et al.*, 2019), muchos agricultores desconocen su existencia y rechazan la idea de utilizar productos naturales y tradicionales por su dudosa capacidad.

Este estudio monográfico busca recopilar y resaltar información científica que pueda ser consultada sobre la actividad insecticida de algunos extractos de neem, teniendo en cuenta investigaciones con metodologías realizadas en campo y laboratorio, haciendo énfasis en el potencial uso para proteger los cultivos de habichuela larga y frijol cabecita negra, los cuales se han considerado en el bajo y medio Sinú, una forma cultural de subsistencia para pequeños productores. Una de las iniciativas que fomenta el estudio de extractos vegetales es la necesidad actual de utilizar nuevas prácticas y estrategias amigables con el ambiente que favorezcan una buena producción de alimentos inocuos.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERAL

- Analizar información sobre el uso de los extractos vegetales a base de *Azadirachta indica* en el control de áfidos en dos cultivos del Género *Vigna*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Resaltar las características morfológicas de las especies vegetales de *Azadirachta indica*, *Vigna unguiculata* y *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*.
- Describir las características morfológicas y comportamiento de los áfidos sobre los dos cultivos del genero *Vigna*
- Resaltar las propiedades insecticidas de los extractos de *Azadirachta indica* sobre áfidos.
- Destacar la importancia de los cultivos de frijol cabecita negra (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) y habichuela (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc) en la agricultura y economía de la región cordobesa.
- Documentar el uso potencial de extractos de *Azadirachta indica* para el control de insectos plagas en cultivos de interés agrícola.

METODOLOGÍA

La metodología de la presente monografía se basó en el desarrollo de cuatro fases (Figura 1): *diagnóstico*, para delimitar la problemática en un sitio específico; *revisión bibliográfica*, dividida en dos secciones, la primera se basó en la búsqueda sobre las principales temáticas que conforman el trabajo; cultivos de *Vigna unguiculata* (frijol cabecita negra) y *Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis* (habichuela larga), los insectos asociados a estos dos cultivos, el principal control fitosanitario utilizado en Córdoba y sus consecuencias ambientales, y generalidades de extractos vegetales del neem y su uso como bioinsecticidas; la segunda sección se enfocó en la búsqueda de ejemplos investigativos sobre el uso de extractos del neem el control de insectos plagas en cultivos de interés agrícola, haciendo énfasis en el control de áfidos; esta revisión se encuentra apoyada y sostenida en libros digitales, artículos de revistas científicas, tesis y trabajos de investigación; subsiguientemente se realizó un *análisis de información* y por último la *redacción* del estudio monográfico para cumplir con los objetivos propuestos.



Figura 1. Esquema de la metodología utilizada.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS GENERALES

GÉNERO *Vigna*.

Generalidades de la Familia Fabaceae

La familia Fabaceae presenta una distribución cosmopolita, su característica principal y por la cual se reconoce fácilmente, es por su fruto en legumbre, por poseer hojas alternas, compuestas, con estípulas; a nivel mundial se han registrado 730 géneros y 19.400 especies (Rodríguez y Gámez 2010).

Está dividida en tres subfamilias: Faboideae Rudd (o Papilionoideae Juss.), Caesalpinioideae DC y Mimosoideae DC; La mayoría de las especies pertenecientes a la familia vive en simbiosis con bacterias fijadoras del nitrógeno libre en la atmósfera; las bacterias se alojan en nódulos en las raíces y pertenecen, en su mayoría, al género *Rhizobium*, bastoncitos ciliados aerobios, que se alimentan de las sustancias azucaradas cedidas por la planta y son capaces de fijar químicamente el N₂ atmosférico, debido a esta simbiosis, las Fabaceae juegan un importante papel en el ciclo del Nitrógeno (Llamas y Acedo, 2016).

Características del Género Vigna.

El género *Vigna*, perteneciente a la familia Fabaceae, cuenta con alrededor de 150 especies muy heterogéneas y poco relacionadas, este incluye especies de importancia alimenticia, económica, social y ambiental ejerciendo múltiples usos en pequeños agricultores (González, 2019; Griffin *et al.*, 2015).

Los cultivos de *Vigna* están adaptados a diversas condiciones agroclimáticas y diferentes sistemas de cultivos. Las semillas secas, las vainas jóvenes y los brotes de estos cultivos se consumen, mientras que las otras partes de la planta se utilizan como forraje o heno para los animales de granja (Tofiño *et al.*, 2018).

González (2019) manifiesta que el género *Vigna* se caracteriza por ser hierbas perenes o anuales; trepadoras, rastreras o erectas; volubles con hojas trifoliadas y flores papilionadas blancas, amarillas, azules o purpuras; algunas de ellas presentan importancia forrajera y en su mayoría son originarias de África; así mismo menciona que las fuertes lluvias durante el período de floración son perjudiciales para la producción de estos cultivos ya que afectan el desarrollo de la vaina.

Entre las especies más conocidas de este género se encuentra el frijol cabecita negra (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), la cual presenta diferentes subespecies entre las que se destaca *Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis* (L.) Verdc, ambas legumbres son ampliamente conocidas y cultivadas en Córdoba, donde son recolectadas como grano seco forrajero y verdura hortaliza; en cuanto al rendimiento de la producción de las especies del género *Vigna*, Martínez y colaboradores (2019) afirman que la especie *Vigna unguiculata* (L.) Walp es la más productora con un promedio de 81 vainas por planta, mientras que *Vigna sesquipedalis* (L.) Verdc puede presentar un promedio de 67 vainas por planta; sin embargo, el rendimiento es compensado con el peso de cada vaina, que es mayor por ser mucho más largas.

Tofiño y colaboradores (2018) mencionan que existe una tradición de cultivo de más de diez años en el sector hortícola y leguminosas en el caribe colombiano, basándose en las consultas realizadas por AGROSAVIA a productores de hortalizas en tres departamentos del Caribe húmedo (Córdoba, Sucre y Bolívar), donde la habichuela (*Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis*) es resaltada como la especie que registra un mayor número de años de experiencia en el cultivo (17), seguida del frijol cabecita negra (13) y del frijol zaragoza (11).

***Vigna unguiculata* (L.) Walp (Frijol cabecita negra)**

Es una especie originaria de África e India y ampliamente cultivada en áreas tropicales y subtropicales, es conocida como frijol caupí, frijol de costa, frijol de castilla, poroto o cabecita negra, utilizada como fuente de proteína, calorías, fibra, minerales y vitaminas (Araméndiz *et al.*, 2016). Es una leguminosa herbácea, con habito de crecimiento indeterminado con tallo postrado, sus ramas son de forma cilíndrica y tienden

a enrollarse y entrelazarse, las hojas primarias o embrionarias son unifoliadas y crecen de manera opuesta y las hojas verdaderas son trifoliadas, las flores son blancas y amarillas (figura 2), la semilla es de color blanco o blanco amarillento y posee alrededor del hilio una careta o mancha negra (Anexo, imagen 1) la textura es lisa y el tamaño está determinado por el peso de 100 semillas (Albán, 2012). En el Caribe colombiano es cultivada por pequeños productores con limitaciones económicas y tecnológicas en superficies que oscilan entre 1.000 y 10.000 m²; se caracteriza por tener rusticidad, lo que permite una buena adaptación a los diferentes sistemas de producción, es precoz y sus costos de producción son bajos. (Araméndiz *et al.*, 2011).

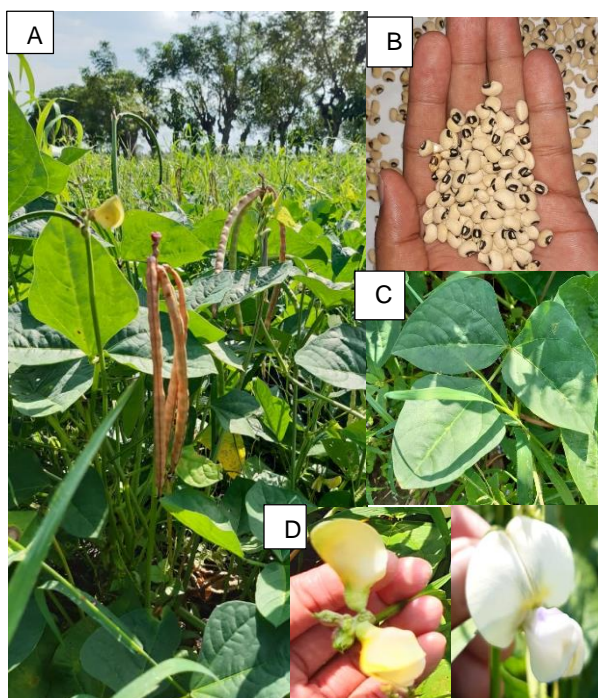


Figura 2: *Vigna unguiculata* (L.) Walp (frijol cabecita negra) a) planta b) semillas c) hoja d) flores

Estas plantas pueden adaptarse a una amplia gama de suelos, poseen capacidad de crecer en suelos de baja fertilidad, debido a la facultad de ejercer una simbiosis efectiva con micorrizas, tienen una considerable adaptación a la sequía, creciendo en regímenes climáticos que van desde los 650 mm hasta los 2000 mm (Álvarez *et al.*, 2019). En la tabla 1 se muestra la clasificación taxonómica de la especie (*Vigna unguiculata* L. (Walp)).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Vigna unguiculata* L. (Walp). [Tofiño, et al., (2018) Ed. (AGROSAVIA)]

Categoría	Taxón
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Género	Vigna
Especie	<i>Vigna unguiculata</i> L. (Walp).

***Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis* (L.) Verdc (*Habichuela larga*)**

Es una especie, originaria del continente asiático, conocida también con el nombre de habichuela larga, frijol espárrago o frijol “yarda larga”, se encuentra clasificada como una leguminosa de grano con propiedades nutricionales como fuente de proteína y fibra vegetal, ricas en vitamina A, riboflavinas, calcio, fósforo, sodio, potasio y magnesio; es una planta herbácea trepadora con hábito de crecimiento indeterminado, con hojas trifolioladas con largos peciolo, pubescentes con el terminal de mayor tamaño que las laterales que son asimétricas, las ramas son muy poco desarrolladas y de baja cantidad a consecuencia de la fuerte dominancia apical, las flores son azul violeta, subsésiles con cáliz campanulado, en el bajo y medio Sinú, la semilla utilizada es la negra criolla no certificada (Anexo, imagen 1), utilizada por más de un 90% de los agricultores obtenida de cultivos anteriores, adquirida de una generación a otra. (Martínez *et al.*, 2019), la domesticación de esta leguminosa se encaminó en la selección de ausencia de dehiscencia del fruto, tamaño pequeño de semilla e incremento en la carnosidad y succulencia de la vaina (Figura 3) (Tofiño *et al.*, 2018). Actualmente se encuentra ampliamente distribuida en Córdoba, en el Valle Medio del Sinú, que abarca los municipios de Montería, Cereté, Ciénaga de Oro, San Carlos y San Pelayo.



Figura 3: *Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis* a) planta b) vainas c) semillas criolla.

El sistema de producción de la habichuela forma parte de la cultura como componente en la dieta alimentaria y medio de subsistencia para pequeños horticultores donde el 86% de la producción se destina al mercado local y un 14 % al autoconsumo; así mismo es considerada como actividad tradicional y convencional, debido a que en su mayoría se emplea mano de obra familiar y sus labores agrícolas son realizadas manualmente (Martínez et al., 2019). En la tabla 2 se presenta la clasificación taxonómica de la especie *Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis* (L.) Verdc.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de *Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis* (L.) Verdc. [Tofiño, et al., (2018) Ed. (AGROSAVIA)]

Categoría	Taxón
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta

Clase	Magnoliopsidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Género	Vigna
Especie	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp
Subespecie	<i>sesquipedalis</i> (Verdc)

Insectos plagas de plantas del género Vigna

Los insectos están influenciados por las condiciones climáticas, con sus variaciones diarias y estacionales de temperatura, humedad, precipitaciones y vientos; se ha registrado que la severidad de las plagas del género *Vigna* se ha relacionado con la época de siembra y las características agroecológicas de cada localidad (Tofiño *et al.*, 2018).

Dentro de las plagas que se presentan con mayor frecuencia e incidencia en los cultivos de habichuela, especialmente durante las épocas de menores lluvias o bajo condiciones de estrés hídrico, se destaca un grupo de insectos, como: *Empoasca* sp (el lorito verde), *Diabrotica balteata* (crisomélidos), minador, *Bemisia tabaci* (mosca blanca), *Aphis craccivora*, y *Myzus persicae* (áfidos) (Mora, 2012). Por su parte, los cultivos de frijol cabecita negra son especialmente atacados por insectos como *B. tabaci*, trips, coleópteros como *Eriopis connexa*, *Diabrotica speciosa* y pulgones del género *Aphis* (FAO, 2018).

En Córdoba según información técnica, los cultivos de habichuela larga y frijol cabecita negra presentan en común el ser afectados principalmente por el pulgón negro, *Aphis craccivora* Koch (Figura 2), el cual ha sido reportado en regiones de África, Asia y América Latina; presenta un tamaño variable entre 3 y 4 mm de longitud, las ninfas son ápteras de color marrón oscuro y los adultos de color negro brillante (De La Pava y Sepúlveda, 2015). *A. craccivora* al comportarse como plaga (Anexo, imagen 3) genera una disminución en la producción lo que repercute en el valor o beneficio económico y la calidad del producto (Falconí, 2013). Este áfido afecta a estas plantas principalmente en

la fase de crecimiento, de manera directa (Anexo, imagen 2), a través del succionado, donde extraen carbohidratos y aminoácidos de la savia, ya sea de los brotes terminales, pecíolos, flores y vainas, provocando deformaciones y caída anticipada de las hojas, reducción en la tasa de crecimiento, retraso en el inicio de la floración y en el tamaño de las vainas de las plantas que sobreviven, o de manera indirecta (Anexo, imagen 2), a través de la transmisión de virus, debido que la melaza segregada por el pulgón conocida como rocío de miel, la cuales son excretadas por el ano, favorece el ataque del hongo que ocasiona la negrilla o fumagina que reduce la capacidad fotosintética de la planta (De La Pava y Sepúlveda, 2015).

Debido a las consecuencias generadas por insectos plagas, se hace imprescindible la utilización de vías para su control, que se basan tradicionalmente en el uso excesivo e indiscriminado de insecticidas químicos, los cuales causan un gran impacto sobre el agroecosistema y el medio ambiente (Rodríguez *et al.*, 2014).



Figura 4: Adulta áptero de *Aphis craccivora* Koch [InfluentialPoints.com (2016)]

Los áfidos son insectos fitófagos, succionadores de savia y usualmente viven en colonias, miden de 1 a 5 mm de longitud, de cuerpo globoso, blando, desnudos o cubiertos de excreciones cerosas, de movimientos relativamente lentos (Rosales *et al.*, 2013); su cuerpo presenta forma piriforme, es decir en forma de pera, presenta colores variados, como el verde, amarillo, naranja, rojo, amarillo pardo y negro, su abdomen consta de ocho a nueve segmentos, en la parte final del abdomen tienen una prolongación denominada cauda, la cual presenta diversas formas, tamaños y número de setas; así mismo es utilizada para la excreción de la melaza, desde el sexto segmento

abdominal, de la zona dorsal, salen dos cornículos o sifones, los cuales varían en tamaño, forma y número de setas, y son un carácter taxonómico. Pueden ser ápteros y alados, dicha capacidad ayuda a migrar a una zona con mejores condiciones ambientales o cambiar de hospedero cuando sea necesario; en el caso de los áfidos alados, presentan dos pares de alas de tipo membranosas que se mantienen unidas mediante pequeños ganchos llamados hamuli; en países tropicales por lo general presentan una reproducción asexual, vivípara por partenogénesis, además poseen una metamorfosis gradual, ya que todos sus estadios de desarrollo son ninfas y por lo general luego de cuatro mudas, aparece el áfido adulto. Para su alimentación constan de un aparato bucal succionador conformado por 4 estiletes; dos mandíbulas y dos maxilas, la unión de ambas maxilas forman el canal salival y el canal alimenticio (Ascenzo, 2016).

Los áfidos presentan gran importancia económica, debido a que causan pérdidas en todo tipo de cultivos, logrando formar grandes colonias por lo relativamente corto que es su ciclo de vida, de 10 a 14 días, con la ayuda de los áfidos ápteros que se encargan de la reproducción, mientras que los individuos alados migran fácilmente para colonizar nuevos hospederos (Ascenzo, 2016).

EXTRACTOS VEGETALES EN LA AGRICULTURA.

Los insecticidas convencionales tienen por objetivo específico eliminar insectos plagas y como consecuencia pueden tener un impacto letal o subletal en organismos que no son su objetivo, como recicladores de nutrientes del suelo, polinizadores de plantas, depredadores de plagas, invertebrados acuáticos, incluso aves y mamíferos pequeños; además de contaminar productos alimenticios para los niveles tróficos superiores a través del proceso de biomagnificación (Ruiz, 2015). Estos eventos por envenenamiento directo causan cambios en los niveles de las poblaciones de especies afectadas por insecticidas, los cuales se manifiestan con la reducción del tiempo de vida, tasa de desarrollo, fertilidad, fecundidad, comportamiento tanto en la alimentación como reproducción, afectando su diversidad y equilibrio dinámico del ecosistema; a pesar que en los últimos años, se han utilizado nuevos componentes con menor impacto y que la mayoría de las clases antiguas han disminuido, son pocos los insecticidas que no representan un riesgo ecológico (Devine et al., 2008).

La necesidad de controlar estos eventos y disminuir el uso de insecticidas convencionales promueve la búsqueda de nuevas alternativas que puedan ser efectivas para el control de plagas y al mismo tiempo ser económicas, rentables y que favorezcan una buena productividad de las cosechas. Manzanares (2019) considera que el empleo de extractos vegetales para el control de plagas, en el marco de una agricultura sostenible constituye una alternativa promisorio, debido a su efectividad, bajo costo y al no ser contaminantes de los productos de cosecha y el ambiente por su rápida degradación. Alrededor de 3.000 compuestos naturales de origen vegetal han sido registrados mostrando actividad bactericida, fungicida, insecticida, repelente y nematocida; estos compuestos químicos son derivados del metabolismo secundario de las plantas y presentan una distribución restringida en el reino vegetal, lo que significa que un producto secundario en particular, generalmente se halla solo en una especie o en un grupo de especies taxonómicamente relacionadas (Sierra *et al.*, 2018).

De acuerdo a Sotelo (2016) algunos productos del metabolismo secundario tienen funciones ecológicas específicas como atrayentes o repelentes de animales; muchos son pigmentos que proporcionan color a flores y frutos, jugando un papel esencial en la reproducción atrayendo a insectos polinizadores, o atrayendo a animales que van a utilizar los frutos como fuente de alimento, contribuyendo de esta forma a la dispersión de semillas. Otros compuestos tienen función protectora frente a predadores, actuando como repelentes, proporcionando a la planta sabores amargos, haciéndolas indigestas o venenosas; también intervienen en los mecanismos de defensa de las plantas frente a diferentes patógenos, actuando como pesticidas naturales.

Para Romero y colaboradores (2015) las especies vegetales producen una amplia y diversa gama de metabolitos secundarios para protegerse del ataque de herbívoros; sin embargo, la acción insecticida depende de factores genéticos, fenológicos, ambientales, fitosanitarios e incluso de la elaboración y la aplicación del producto. Los extractos botánicos se obtienen mediante métodos diferentes y a partir de semillas, hojas y/o raíces que se procesan frescas o secas; la materia prima vegetal procede de ecosistemas naturales o cultivos, todos estos factores influyen en su composición química y actividad biológica.

Nava y colaboradores (2012) explican que varias plantas que pertenecen a diferentes familias contienen una serie de fitoquímicos tales como saponinas, taninos, alcaloides, di y triterpenoides, entre otros, los cuales presentan alta actividad insecticida; el efecto nocivo de los extractos de plantas o sus compuestos puros contra los insectos se puede manifestar de diversas maneras, incluyendo la toxicidad, la mortalidad, inhibición de crecimiento, y supresión de comportamiento reproductivo reduciendo la fertilidad y fecundidad.

Con respecto a la obtención de estos extractos y compuestos con interesantes actividades biocidas, existen varios métodos para hacerlo. Amaguaña y Churuchumbi (2018) explican diferentes métodos de obtención de extractos vegetales, destacando entre los más importantes, las extracciones con solventes, las cuales consiste en la separación de los principios activos de la planta al ponerla en contacto con un solvente o la mezcla de ellos, capaz de arrastrar dichos principios, la cantidad de metabolitos secundarios extraídos dependerá de la polaridad del solvente; entre los métodos más utilizados se destaca, la maceración, difusión, decocción, percolación y Soxhlet.

Para Sierra y colaboradores (2018) la forma de extracción de metabolitos secundarios depende de la textura y el contenido acuoso del material vegetal a extraer y del tipo de sustancia que quiere aislar. Los metabolitos secundarios pueden ser volátiles, oleoresinosos, resinosos sólidos, termolábiles, termoestables, lipofílicos e hidrofílicos; teniendo en cuenta todas estas características se puede seleccionar entre una o más técnicas de extracción, así mismo explica que es preferible utilizar la técnica de maceración en frío (Anexo, imagen 7) para comprobar una actividad biológica, evitando que las temperaturas de tratamiento no sobrepasen los 40 °C para evitar la degradación de metabolitos termolábiles.

En los últimos años se han realizado estudios con diversas familias vegetales: Meliaceae, Myrtaceae, Amarilidaceae, Verbenaceae, Euphorbiaceae, Asteráceae, Solanaceae, Piperaceae, Apocynaceae, Cannaceae, Rutaceae, entre otras que pueden suministrar información de sustancias con acción insecticida, fungicida o herbicida (Manzanares, 2019; Torres, 2019).

***Azadirachta indica* (neem)**

La especie *A. indica* pertenece a la familia Meliaceae, es un árbol de crecimiento rápido, robusto, de hoja perenne (Figura 5), originario de la India, adaptado a climas tropicales y subtropicales, posee una corteza de color gris rojizo y puede alcanzar hasta 30 metros de altura; presenta una raíz principal pivotante de rápido crecimiento y desarrollo, clave para resistir la sequía; sus hojas son compuestas imparipinadas más una terminal, son pecioladas de forma aserrada de alrededor de 7 a 10 cm de largo, y ancho de 3 a 4 cm (Anexo, imagen 4); su flor es pequeña de 5 mm, blanca, bisexual, actinomorfa, que crece en racimos de hasta 22 cm de largo de manera axilar. (Villegas, 2017).

La floración depende de las condiciones edafoclimáticas de cada región y su fecundidad depende de la cantidad de iluminación recibida y la humedad del suelo, su fruto es una drupa producido en racimos; el color del epicardio al inicio de su formación es verde con endocarpio blanco y duro y al madurar el epicardio se torna amarillo (Anexo, imagen 4); la semilla tiene forma elipsoidal, mide alrededor de 1.4 cm de largo y 6.5 mm de ancho (Villegas, 2017).



Figura 5: árbol de neem (*Azadirachta indica*)

Datos empíricos señalan que el árbol de neem ingresó al país hace más de 30 años, con la siembra de cultivos ilícitos en los departamentos de Santander y Antioquia: específicamente en la zona del Magdalena Medio, Puerto Triunfo y Doradal, y algunos otros cultivos aislados en la zona norte del departamento del Valle del Cauca (Serrato y Bagett, 2012). En la tabla 3 se presenta la clasificación taxonómica de *Neem Azadirachta indica*.

Tabla 3. Clasificación taxonómica de *Azadirachta indica*. [Rúa, M [Herbario de Cultura Empresarial Ganadera (CEG) Internacional, 2017].

Categoría	Taxón
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotiledónea
Orden	Sapindales
Familia	Meliaceae
Género	Azadirachta
Especie	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.

Requerimientos edafoclimáticos del neem

El neem presenta una amplia adaptación a condiciones adversas, se adapta a las regiones tropicales, tropicales húmedas, subtropicales, y áridas, y a elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los mil metros sobre el nivel del mar, requiere de una temperatura máxima de 46°C, y una temperatura mínima de 26°C, una precipitación anual de 400 a 1200 mm; se adapta bien a suelos pobres en materia orgánica, de textura pesada, media y ligera, pH de 5.5 a 7.0, buen drenaje y una profundidad mayor a 150 centímetros; salinidad menor a 4 dS/m; y un fotoperíodo menor a 12 horas/luz. Puede prosperar en suelos rocosos y poco profundos, soportar hasta 50°C, sin embargo, la presencia de heladas puede ocasionar la muerte del árbol (Nino, 2018).

Principales metabolitos secundarios del neem

El neem produce más de 300 metabolitos secundarios, los cuales se encuentran en la corteza, hojas, frutos y semillas; un tercio de los cuales son triterpenoides de interés comercial y científico por sus efectos biológicos; en las últimas décadas al menos nueve triterpenos han demostrado una habilidad para impedir el crecimiento en los insectos, afectando a un número de especies que incluyen algunos de los insectos plagas de gran interés en la agricultura (López, 2012). En la tabla 4, se muestra los principales componentes del neem de naturaleza terpénica y su distribución en la planta

Tabla 4. Principales componentes del neem de naturaleza terpénica y su distribución en la planta. (Villegas 2017).

Compuesto	Órgano de la planta
Azadiractina	Hojas y semillas
Meliantrol	Semillas
Amorastaitina	Hojas
Vepinina	Semillas
Vilasinina	Hojas
Nimbina	Hojas y semillas
Nimbolina	Semillas
Geduninina	Semillas y corteza.
Salanina	Hojas y semillas

La azadiractina A de fórmula molecular $C_{35}H_{44}O_{16}$ llamada simplemente azadiractina, es el principal componente activo extraído de las hojas y semillas de neem y es uno de los productos vegetales más prometedores para el manejo integrado de plagas (Ahmad *et al.*, 2019), únicamente es producido por *A. indica*, la mayoría de las investigaciones se ha enfocado intensamente en este compuesto y se han identificado 9 isómeros, siendo Aza A y Aza B los más abundantes (Figura 2), la azadiractina A (Aza) se encuentra principalmente en las semillas y su concentración presenta una gran variación, la cual es

atribuida a múltiples factores como la zona agroclimática donde se produce la variabilidad genética entre árboles, las condiciones ambientales de producción y los procesos mismos de extracción y cuantificación (Estrella, 2017).

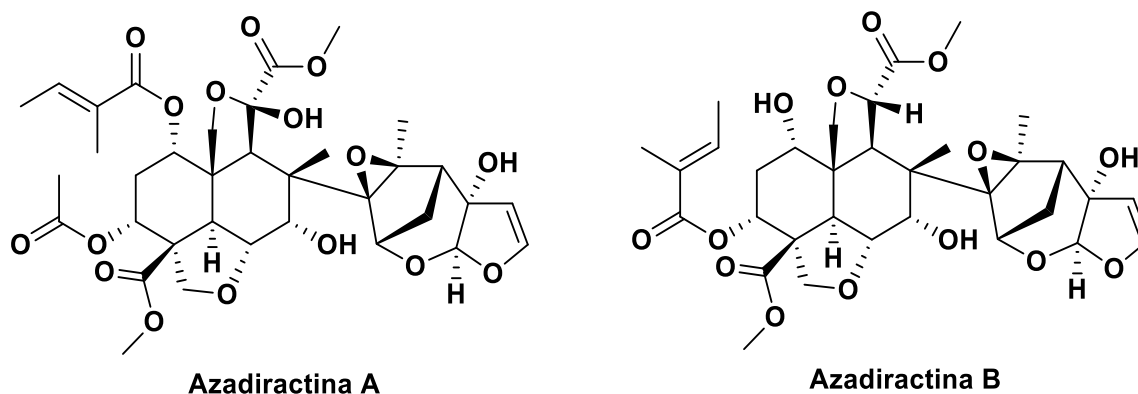


Figura 6: Estructura de la Azadiractina (Aza). [Dahiya *et al.*, 2016].

De acuerdo a la distribución en los órganos de la planta, se pueden encontrar los siguientes compuestos activos (López, 2012):

Hojas: se pueden aislar varias moléculas como un flavonoide polifenólico llamado quercetina, un β -sitosterol, el nimbosterol, nimbina, salanina y otros liminoides, como la nimocinolida e isonimocinolida. También se han aislado un grupo de alcanos de entre 14 y 31 carbonos, aminoácidos y ácidos grasos.

Flores: se puede extraer un aceite que contiene sesquiterpenos, nimbosterol y numerosos flavonoides entre los que destacan la melicitrina y el kaempferol. Las flores producen una cera compuesta por una mezcla compleja de ácidos grasos (araquídico, esteárico, palmítico, oleico y linoléico).

Corteza: se pueden encontrar una fuente de numerosos principios activos como la nimbina, nimbidina, nimbinina, nimbosterol, margosina, nimbineno y algunos diterpenos como la nimbinona, nimbocilina, nimbidiol y nimbiona.

Semillas: sin duda el elemento más interesante en la bioquímica del neem son las semillas, por su riqueza en lípidos y la presencia de moléculas con una intensa actividad

biológica como la azadiractina; de las semillas se obtiene un aceite compuesto de ácido oleico (50 – 60%), palmítico (13 – 15%), esteárico (14 – 19%), linoléico (8 – 16%) y araquídico (1 – 3%), composiciones que varían según el método de extracción, así como varios metabolitos secundarios de gran actividad

Actividad insecticida del neem

Cuando un insecto ingiere extractos de neem, este afecta su patrón de alimentación (efecto antialimentario), el desarrollo de su cuerpo (metamorfosis incompletas) y su ciclo reproductivo, actuando como una toxina; así se sabe que el Aza interfiere con las glándulas corpora cardíaca y corpora alata, inhibiendo la biosíntesis de las hormonas de la metamorfosis (ecdisona) y la hormona juvenil; estas hormonas son esenciales para los insectos, porque determinan la muda y la maduración de huevos y sin ellas, las larvas en sus primeros estadios pueden durar mucho tiempo sin cambiar de forma, para finalmente morir; así, los estados larvales pueden lograr empuparse pero los adultos salen con alas deformadas y otras deficiencias (López, 2012).

Ahmad y colaboradores (2019) explican que la acción principal de la azadiractina es inhibir la síntesis y la liberación de la hormona de la muda (MH) de la glándula protorácica, lo que conduce a una ecdisis defectuosa en las etapas inmaduras de los insectos, lo que impide la formación de adultos.

Los productos de neem han demostrado su eficacia en el control de aproximadamente 400 especies de insectos, incluidas plagas de importancia económica como *Pieris brassicae*, *Plutella xylostella*, *Spodoptera* spp, *Helicoverpa armígera*, trips, moscas blancas, áfidos y mineros de hojas; la azadiractina y otros compuestos encontrados en el neem hacen que los insectos se mantengan alejados de las plantas tratadas. (Gowda *et al.*, 2019; Ahmad *et al.*, 2019)

La actividad sinérgica de los componentes del neem es difícil de concretar, debido a su complejidad y la mezcla que se da entre ellos, sin embargo, se han planteado diferentes procesos. De acuerdo a la retrospectiva de estudios, estos actúan en diversos insectos de diferentes maneras. (Arriola, 2013).

- Inhibiendo el desarrollo de huevos, larvas o crisálidas
- Bloqueando la metamorfosis de las larvas o ninfas.
- Inhibiendo su apareamiento y comunicación sexual.
- Impidiendo su alimentación.
- Inhibiendo los procesos de metamorfosis en varios periodos de desarrollo del insecto.
- Inhibiendo la formación de quitina.
- Impidiendo que se realicen las mudas, necesarias para entrar en la siguiente etapa del desarrollo, de tal forma que actúa como regulador de crecimiento del insecto.

Así mismo se ha demostrado que en los insectos tratados con azadiractina se interfiere la síntesis de vitelogenina de la grasa corporal y su absorción por los huevos lo que resulta en una reducción en la fecundidad y el incremento a la esterilidad (Delgado, 2011).

Efecto de las condiciones climáticas sobre los extractos de neem

El efecto regulador insecticida de los extractos del neem bajo condiciones de campo, duran aproximadamente de 4-8 días, sin embargo, la temperatura, la luz ultravioleta, las precipitaciones y otros factores medioambientales ejercen una influencia negativa en los principios activos; estos extractos tienden a ser más efectivo en climas cálidos que en zonas frías, donde la actividad de sus principios es mucho más insignificante debido a que en climas templados, si baja la temperatura y predomina la lluvia, esta última produce un lavado o arrastre del material activo antes que ejerza la actividad insecticida (Arriola, 2013).

Por otra parte, se ha demostrado que la destrucción fotoquímica por parte de los rayos ultravioletas es completa, se demostró que el contenido en azadiractina en los extractos se reduce sobre un 65% después de 14 horas de exposición a las radiaciones ultravioletas y se produce una degradación del 100% después de 24 horas expuestas a radiaciones ultravioletas, o después de ocho días expuesto a la luz (Ramos, 2015).

INSECTICIDAS

Los insecticidas se encuentran incluidos en la clasificación general de los plaguicidas, siendo aquellas sustancias que eliminan insectos por medio de su acción química, física o biológica, su intensidad varía según sus características, el grado de susceptibilidad de las especies fitófagas y benéficas presentes, la formulación y dosis del producto, la forma en que es aplicado, la clase de cultivo, y las condiciones climáticas prevalecientes durante las aplicaciones (Cisneros, 2014).

Clasificación de los insecticidas convencionales

Los numerosos compuestos insecticidas que se usan en agricultura se han agrupado clásicamente en: insecticidas minerales o inorgánicos, insecticidas de origen vegetal, e insecticidas convencionales, estos últimos constituyen un grupo muy heterogéneo de compuestos orgánicos con características químicas, físicas y toxicológicas muy variables (Cisneros, 2014). Los insecticidas convencionales se les puede agrupar por su composición química en organoclorados, organofosforados, carbomatos, y piretroides (Bustillo, 2020).

Organoclorados. Son derivados de halógenos de hidrocarburos (cíclicos, aromáticos, ciclodiénicos), en general son insolubles en disolventes polares; afectan el sistema nervioso a nivel del axón; su vida media en el ambiente es superior a los diez años, en muchos casos sus productos de degradación parcial son más estables y más tóxicos que el compuesto original, presenta una gran persistencia en el ambiente tanto en el medio abiótico como biótico, acumulándose en el suelo, el agua, la fauna, en la grasa humana y leche materna; se descomponen muy lentamente en el suelo lo cual aumenta las posibilidades de entrar en la cadena suelo-planta-animal-hombre, son acarreados por el viento y transportados por los ríos, así estas sustancias y sus productos se han identificados en sitios remotos como Ártico y el Antártico en donde nunca se han aplicado (Bustillo, 2020).

En la mayoría de los países desarrollados estos productos han sido sustituidos por insecticidas con propiedades ambientales y toxicológicas menos adversas, sin embargo, en muchos países en desarrollo aún son usados (Bustillo, 2020).

Ejemplos comunes: DDT, Clordano (su uso agrícola está prohibido en Colombia), Endosulfan. (INTA, 2014).

Organofosforados. Son ésteres de ácido fosfórico y sus derivados, son poco estables química y bioquímicamente y por lo tanto, su tiempo de vida ambiental media va desde semanas a meses, afectan el sistema nervioso por su acción anticolinesterásica; la enzima colinesterasa es esencial para el control de las transmisiones entre células nerviosas; varían tanto en propiedades químicas como biológicas, su toxicidad aguda para insectos, aves y mamíferos puede ser desde muy baja hasta muy elevada, la mayoría se degrada rápidamente en el ambiente, aunque otros son relativamente estables, algunos son sensibles a la luz y tienen poca tendencia a acumularse en la cadena trófica, incluyen tanto productos de rápida descomposición como productos de mediana y larga persistencia (Bustillo, 2020).

Ejemplos comunes: Acefato®, Clorpirifos®, Diazinon®, Dimetoato®, Fenitrotion®, Malation®, Paration®, Pirimifos®, Profenofos® (INTA, 2014).

Carbamatos. Son ésteres N-metilados y N,N- dimetilados del ácido carbámico, son poco persistente, por sus características químicas, al igual que los insecticidas organofosforados, no tienden a persistir en el ambiente, ya que en la mayoría de los suelos son degradados por microorganismos mediante oxidación e hidrólisis; en su mayoría los carbomatos no contaminan los mantos freáticos, ni los suelos, ni se dispersan en sitios remotos, sin embargo por su gran variedad de estructuras en los compuestos de este grupo, no se puede generalizar, debido a que algunos eventos han demostrado que ciertos insecticidas como el aldicarb ha contaminado mantos freáticos (Bustillo, 2020).

Ejemplos comunes: Aldicarb®, Bendiocarb®, Carbaril®, Carbofuran®, Carbosulfan®, Metiocarb®, Metomil®, Pirimicarb® (INTA, 2014).

Piretroides. Son lipófilicos, insolubles en agua, de estabilidad variable ante la luz y el calor, son degradados por microorganismos por la diversidad de su estructura, se ha demostrado que se pueden acumular en los organismos expuestos a ellos, en concentraciones subletales o que no inhiban el metabolismo; son de amplio espectro y actúan principalmente por contacto; su actividad insecticida requiere de dosis bajas para controlar las plagas (Bustillo, 2020).

Ejemplos comunes: aletrina® (primer piretroide sintético), Bifentrina®, Ciflutrina®, tetrametrina®, Fenotrina®, Cipermitrina®, Deltametrina®, Fenvalerate®, Permetrina®, Resmetrina® (INTA, 2014).

CONSECUENCIAS ECOLÓGICAS DEL USO DE INSECTICIDAS CONVENCIONALES

En las últimas décadas varios ecosistemas terrestres naturales se han transformado en tierras agrícolas en forma dramática. La agricultura intensiva se sustenta en la aplicación de tecnologías e insumos, entre los que se incluyen fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas, semillas mejoradas, y maquinaria agrícola, lo cual en su conjunto, ha conducido a una disminución extensiva y permanente de la biodiversidad en muchas áreas del mundo, siendo muy evidente la pérdida de hábitat de especies y sus interacciones. (Bernandos y Zaccagnini, 2011). El uso de sustancias insecticidas genera gran preocupación, ya que al ser una de las herramientas agrícolas de mayor importancia, también es una de las que más asociada está a los daños ambientales relacionadas a la agricultura moderna (Devine *et al.*, 2008)

En general, se considera que las alteraciones del ambiente causadas por los insecticidas dependen de su toxicidad, de su grado de movilidad y de su tiempo de permanencia o residualidad en el ecosistema. El insecticida aplicado en un sitio puede pasar a la atmósfera por evaporación o permanecer en el suelo, en segundo caso, varios procesos determinan su destino final; su retención por sedimentos o por partículas suspendidas en el agua, fenómeno denominado adsorción; su ingreso en el metabolismo de las plantas; su degradación por microorganismos o biodegradación; y su arrastre por agua o lixiviación, que puede causar la contaminación de aguas superficiales o profundas; las propiedades del insecticida y del suelo, más las condiciones climáticas definen la

probabilidad de que acontezcan estos procesos, es decir, el destino y la dinámica del insecticida está determinado no solo por sus propiedades físicas y químicas sino también por las características del medio con el que interactúa. Algunos estudios indican que la cantidad de insecticida que entra en contacto directo o es consumida por los insectos blanco es una fracción extremadamente pequeña del total aplicado, del orden del 0,3%, lo que significa que el 99,7% va a parar a otro lugar o actúa sobre organismos que no son su blanco (Rodríguez, 2016).

Devine y colaboradores (2008) en la revisión documental “Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas” precisan que los insecticidas químicos pueden tener efectos tóxicos directos en los organismos que no son objetivos (letales o subletales), los cuales generan cambios en los niveles de población, manifestándose con la reducción del tiempo de vida, tasas de desarrollo, fertilidad, fecundidad, proporción de sexos y comportamiento; y efectos indirectos debido a la eliminación de las especies que son presas o competencia, los cuales son difíciles de evaluar, especialmente en escala de campo. En las últimas décadas el uso de insecticidas de amplio espectro ha generado un profundo efecto en la fauna, afectando poblaciones de aves, que ingieren semillas y granos tratados con insecticidas, así mismo los artrópodos que no son el objetivo, se ven a menudo gravemente afectados por el uso de insecticidas, generando lo que se conoce como “resurgimiento”, donde se produce un aumento en el número de los insectos plagas al eliminar sus depredadores y parasitoides; algunos mamíferos pequeños, los cuales son menos sensibles a las aplicaciones directas en campo; y algunos polinizadores como las abejas con efectos temporales, mostrando mayor mortalidad de huevos y larvas; entre otros. Por otra parte la aplicación de insecticidas incluso dentro de las pautas regulatorias prescritas puede tener consecuencias ambientales perjudiciales por su composición química, estos efectos son agudizados por el uso inadecuado, existiendo muchos ejemplos del mal uso y abuso de los insecticidas, vale la pena destacar, que en los últimos años se utilizan nuevos insecticidas con componentes de menor impacto ambiental que presentan perfiles de toxicidad enormemente mejorados con relación a sus predecesores, como resultado de una conciencia ambiental cada vez mayor, por la credibilidad ambiental entre las corporaciones y los procesos de registro, armonización y evaluación del riesgo cada vez más rigurosos, siendo más compatibles con los

programas de manejo integrado de plagas (IPM) los cuales favorecen de manera directa la biodiversidad (Devine *et al.*, 2008).

En Colombia, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), es la entidad encargada de diseñar y ejecutar estrategias para prevenir, controlar y reducir riesgos sanitarios, biológicos y químicos en compañía con el Instituto Nacional de Vigilancia en Medicamentos y Alimentos INVIMA y la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia ANDI. Desde el año 1938 el Ministerio de Agricultura empezó a utilizar términos como “Sanidad Vegetal y Asistencia Técnica”. A través del tiempo se incluyeron términos en relación a los efectos de los plaguicidas como “Toxicológico, para los productos formulados que se apliquen en el país (Ramírez, 2018).

USO DE INSECTICIDAS CONVENCIONALES EN CÓRDOBA: CONTEXTO Y CONSECUENCIAS

Entre los agroquímicos con efecto insecticida registrados por su uso en la zona del medio y bajo Sinú cordobés, teniendo en cuenta una población de 486 agricultores encuestados, se destacan los compuestos *órgano fosforados*, entre ellos los principios activos metil paratión, clorpirifós, malatión, dimetoato, y profenofos; *carbamatos*, como aquellos productos cuyos ingredientes activos son metomil, carbaril, tiodicarb; entre los *piretroides* está el compuesto cipermetrina; entre los inhibidores de quitina el compuesto registrado fue el Lufenuron. De igual manera se registró que algunos jornaleros de Córdoba han utilizado en los últimos años insecticidas químicos que han sido prohibidos en Colombia, entre los que se destaca Aldrín, Tiodan, Lindano y DDT; es preocupante que estas sustancias aún se utilicen a pesar que se ha comprobado el gran impacto negativo de éstos productos sobre el medio ambiente y que a nivel nacional se reconoce su alto nivel de toxicidad sobre la salud de los seres humanos (Amador *et al.*, 2017).

Para Amador y colaboradores (2017) la demostración del uso habitual en Córdoba de algunos compuestos agroquímicos prohibidos en Colombia, es indicativo de otra forma de ejercicio de prácticas nocivas para la sostenibilidad ambiental y humana, por motivos que pueden estar relacionados con diversos factores como el económico, el apego cultural a ciertas sustancias plaguicidas, la disponibilidad de los mismos en el mercado

o el desconocimiento de las causas por las cuales están prohibidos, incluyendo los riesgos potenciales para la salud de las generaciones presentes y futuras, incluso es posible que los patronos o contratistas los prefieran por la alta efectividad, por la larga duración de los efectos de este tipo de agroquímicos ignorando intencionalmente o prefiriendo desconocer la evidencia científica de los impactos de dichos insumos agrícolas sobre la salud humana y del ambiente.

A su vez, estos autores manifiestan que la mayoría de agricultores a baja escala en Córdoba carecen de conocimiento válido sobre riesgos producidos por los químicos empleados y no utilizan las medidas de protección adecuadas, reutilizan los recipientes de plaguicidas para transportar líquidos para su consumo y desechan los envases a las orillas de los cultivos. Bajo este panorama es indiscutible que el uso de insecticidas convencionales debe disminuir paulatinamente en el departamento de Córdoba, y se debe promover el uso de nuevas alternativas con menor toxicidad, las cuales no representen un riesgo para la salud y el ambiente, teniendo en cuenta que los insecticidas van degradando la biota y la salud humana de la región en una forma silenciosa. Es preocupante que desde el punto de vista político no se le haya dado una mayor relevancia y control a esta problemática en nuestra región, aun conociendo que estas sustancias químicas tienden a acumularse tanto en los suelos, la flora y la fauna; lo que ha ocasionado que los plaguicidas de más alta persistencia tengan prohibido su uso en el territorio nacional colombiano según la Resolución 447 de 1974 del Ministerio de Agricultura y la Resolución 1311 de 2001 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

CAPÍTULO II

ESTUDIOS SOBRE EL USO DE EXTRACTOS VEGETALES A BASE DE NEEM CON ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN EL CONTROL DE INSECTOS PLAGAS AGRÍCOLAS.

El estudio y utilización de extractos de plantas han presentado un gran auge en diferentes países debido a excelentes resultados en el control de insectos que afectan diversos cultivos, mostrando ser generalmente más seguros que los insecticidas convencionales, por su capacidad de degradación que disminuye la presencia de residuos tóxicos en el ambiente y en los productos de cosecha (Romero *et al.*, 2015).

Los resultados obtenidos en diferentes trabajos corroboran la actividad insecticida que posee los extractos tanto foliar y de semillas de neem bajo diferentes condiciones (campo, laboratorios e invernaderos), diferentes espacios geográficos, especie de insectos y diferentes métodos de extracción de los metabolitos secundarios.

De acuerdo a la bibliografía consultada se encuentran pocos estudios en Colombia que demuestren el empleo de extractos a base de neem en el control de insectos plagas, sin embargo a nivel internacional se encuentran investigaciones sobre el uso de los extractos de neem, que tienen por prioridad dar solución a daños ocasionados por diferentes insectos plagas en cultivos de interés agrícola, como *Cucumis sativus* (pepino), *Cucumis melo* (melón), *Beta vulgaris* (remolacha), *Solanum lycopersicum* (tomate), *Phaseolus vulgaris* (frijol), y *Vigna unguiculata* (frijol cabecita negra), entre otros.

En México, Delgado (2011) evaluó el efecto antialimentario y la toxicidad de los extractos metanólico y hexánico de semillas de *Azadirachta indica*, hojas de *Piper auritum* y *Petiveria alliacea* sobre larvas de *Spodoptera exigua* 4^o instar, en condiciones de laboratorio y campo en un cultivo de tomate, demostrando que el mayor efecto disuasivo alimentario se encontró en el extracto metanólico de neem, seguido por el extracto metanólico *P. auritum* y el menor efecto en el extracto metanólico de *P. alliacea*; por otro lado los extractos hexánicos de las tres especies evaluadas no mostraron ningún efecto de disuasión sobre las lavas de *S. exigua*. Los porcentajes de mortalidad para *A. indica*, *P. auritum* y *P. alliacea* fueron 38.9, 28.8, 21.2 %, respectivamente en condiciones de

laboratorio; la CL₅₀ mostró que el extracto metanólico de *A. indica* fue el más tóxico con un valor aproximado de 4 ppm.

Se estableció que en campo el efecto tóxico del extracto metanólico de las tres especies, presentó la misma tendencia que en laboratorio, sin embargo, el porcentaje de mortalidad fue menor, ya que los factores abióticos (temperatura, precipitación, humedad, radiación solar, entre otros) probablemente provocaron que los compuestos químicos se degradaran rápidamente en comparación a las condiciones controladas en laboratorio.

Así mismo, el autor menciona que la mortalidad del insecto plaga depende directamente de la sinergia de los compuestos activos, la concentración y el tiempo de exposición. Por lo tanto, si se presentan más de dos compuestos en una especie de planta, sus extractos pueden aumentar su acción biocida, por lo que la toxicidad será mayor a la de un solo metabolito aislado. El efecto tóxico que se observó en las especies *A. indica*, *P. auritum* y *P. alliacea* las cuales presentan terpenoides, alcaloides y flavonoides en su extracción con metanol, puede manifestar efectos en insectos plaga como inhibición de su desarrollo por medio de efectos aleloquímicos y la actividad insecticida.

Villamil y colaboradores (2012) evaluaron el efecto insecticida del extracto etanólico de semillas de neem sobre ninfas de la chinche de los pastos *Collaria scenica* Stal, a través de diferentes concentraciones (0,50,150, y 250 ppm), siendo la mayor concentración la más eficaz, presentando la mayor mortalidad, menor número de exuvias y adultos; de igual manera los autores manifiestan que el contenido de azadiractina en el extracto etanólico de semillas de neem a concentraciones entre 50 ppm y 250 ppm resulta tener un importante efecto insecticida sobre la chinche de los pastos actuando como inhibidor del desarrollo de las ninfas reduciendo la ecdisis hasta en un 50% causando alteraciones como mudas incompletas que terminan ocasionando la muerte del insecto antes que pueda completar su desarrollo y reproducirse.

Por otra parte, los autores enfatizan que durante las colectas de *C. scenica* (las chinches) en campo, se evidenció en los pastizales fumigados una baja incidencia de enemigos naturales de la chinche, como la arañita *Alpeida variabilis* Keyserling (Aranae: Araneidae) y la mariquita *Eriopsis conexa* Germar (Coleoptera: Coccinellidae) registrados por estudios anteriores, mientras que las chinches parecen perdurar o reaparecer al poco

tiempo de las aplicaciones químicas. Este evento se conoce como “resurgimiento” que se origina, como consecuencia de los efectos secundarios de los insecticidas químicos, que se basa principalmente en la eliminación de enemigos naturales, lo que genera un aumento en las poblaciones de insectos plagas a una velocidad mayor. (MEDUCA & MINSA, 2010).

Chaparro (2019) elaboró dos biopesticidas a base de Neem con el objetivo de determinar la efectividad sobre el control de *Planococcus citri* (cochinilla blanca) en plantas de *Codiaeum variegatum* (planta ornamental) en El Salvador, bajo un sistema de invernadero, utilizando dos métodos de extracción; maceración y fermentación a concentraciones variadas, obteniendo mayor efectividad por parte del método de extracción de maceración, donde obtuvo una mortalidad de los individuos mayor al 80% en comparación al 70.7% de fermentación estimados sobre una población de 25 individuos.

Para Colombia se han registrado algunas investigaciones sobre el uso de los extractos de neem, así mismo se registrado en las últimas décadas trabajos investigativos sobre otros extractos botánicos de diferentes familias como *Ranunculaceae*, *Piperaceae*, *Solanaceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Amaryllidaceae* (Barrera *et al.*, 2017; Mosquera *et al.*, 2009), entre otros. Todas estas investigaciones tienen como finalidad controlar insectos plagas en cultivos de interés agrícola que forman parte importante en la economía colombiana como el frijol, el maíz, el arroz, la habichuela, el café, el plátano, el tomate, entre otros.

Guerrero (2016) evaluó el efecto tóxico de los extractos provenientes de las hojas de *Azadirachta indica* sobre *Sitophilus oryzae* (gorgojo del arroz) en Colombia, utilizando dos métodos de extracción (maceración y Soxhlet) y cuatro solventes diferentes (agua, etanol, acetato de etilo y hexano), además determinó la presencia de azadiractina a través de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), para la actividad insecticida utilizó el método de impregnación de sustrato de superficies no porosas (pellets de harina trigo), obteniendo como resultado, que el método de maceración, empleando como solvente etanol al 96%, fue el que presentó mejores resultados para la extracción de los compuestos insecticidas de las hojas del neem, sin embargo, la mayoría de los solventes

con excepción al hexano mostraron excelente rendimiento, esto puede ser atribuido a que una mayor cantidad de compuestos de los extractos de neem son más afines a solventes polares; así mismo, el extracto etanólico por maceración presentó una mayor concentración de azadiractina con un 1,28% p/v, y sus porcentajes de mortalidad sobre el gorgojo de arroz fueron los mayores en un 82%.

Figuroa y colaboradores (2019) en Huila, Colombia, aplicaron extractos vegetales de (*Azadirachta indica*, *Piper nigrum*, *Petiveria alliacea*, *Nicotiana tabacum*, *Lippia alba*, *Allium sativum*) y sus mezclas como bioplaguicidas para el control de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de maíz (*Zea mays*), bajo condiciones de campo, teniendo en cuenta la altura de la planta y el grado de eficiencia de los tratamientos; a través de este estudio determinaron que los extractos usados durante el proyecto mostraron ser eficaces en el control de la *S. frugiperda*; logrando resultados en promedio mayores al 80%, en donde no se evidenciaron diferencias significativas entre dichos extractos y el plaguicida comercial utilizado (Clorpirifós), siendo el extracto de *P. nigrum* el más eficaz (84,5 %), seguido de extracto de *A. indica* con un valor de 81,5 %, lo que representa su actividad biológica contra *S. frugiperda* en el cultivo de maíz; aunque la efectividad de los bioplaguicidas puede no alcanzar una eficiencia del 100 %, su aplicación unida a otros métodos de manejo integrado de plagas permitirá obtener rendimientos satisfactorios que garanticen la producción agrícola, mientras se preserva la biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Así mismo, no hubo diferencia significativa ($p>0,05$) en la altura de las plantas tratadas con los bioplaguicidas entre sí y las tratadas con clorpirifós; sin embargo, si hubo diferencia comparada con el grupo testigo lo que indica la efectividad de los biotratamientos. Por otra parte, sostienen que el uso de los bioplaguicidas en el mundo ha tenido un incremento del 16 % en el último año y la tendencia de crecimiento se ha mantenido en los últimos 10 años, comparado con otras técnicas no convencionales, tal como uso de cepas de virus, las cuales son más costosas y de difícil manejo o el desarrollo de diferentes especies transgénicas de maíz resistentes a la *S. frugiperda* que a pesar de haber presentado efectividad contra la plaga, la alteración de los ecosistemas a partir de estos cultivos sigue estando en discusión.

Pérez y colaboradores (2019) ejecutaron un proyecto para implementar el uso de extracto del árbol de neem (Bio-Neem), como una alternativa biológica en el control de *Trialeurodes vaporariorum* (mosca blanca) en un cultivo de *Solanum lycopersicum* (tomate) en el municipio del peñol, departamento de Antioquia, Colombia, bajo condiciones de invernadero, realizando monitoreo semanales a las parcelas, teniendo en cuenta el número de ninfas y adultos presentes en las plantas y realizando comparaciones con testigos químicos (Evisect, Lamndacialotrina, Thiametoxan, Metomyl y Proxan); concluyendo que el uso de extracto del árbol de neem (*Azadirachta indica*) como el Bio-Neem en dosis de 5 cc/litro de agua en el cultivo de *S. lycopersicum* es eficiente para controlar a *Trialeurodes vaporariorum*, no obstante resaltan que el tiempo de acción de éste tipo de insecticida es mucho más lento que un agroquímico convencional.

Los resultados obtenidos por estos autores son positivos y argumentan que Bio-Neem presentó resultados similares a los del testigo químico, destacándose así como una alternativa viable para los productores de tomate en control del insecto plaga en cuestión, a su vez recomiendan el uso de productos de origen orgánico tales como productos de extractos de ajo-ají, extracto de cola de caballos, aceite de neem, extracto de manzanilla y extracto de tabaco, entre otros.

El proyecto realizado por CORPOICA (AGROSAVIA) bajo la dirección de Negrete y Morales (2003), es uno de los primeros registros en Cereté, Córdoba sobre el uso de extractos de Neem en el control de plagas, donde recomiendan el uso de extractos de hojas, semillas, secas y maduras de *Azadirachta indica* en la regulación de *Spodoptera frugiperda* (cogollero del maíz), a través de una cartilla donde resaltan las propiedades de las plantas de *A. indica*(neem), *Melia azedarach* (paraíso) y *Nicotiana tabacum* (tabaco) como insecticidas ecológicos, además de describir de manera puntual los pasos para realizar los extractos de manera tradicional e indicar un rango de mortalidad que puede tener sobre la especie en cuestión; con la finalidad de promover la búsqueda de soluciones tanto económicas como ecológicas en la producción agrícola cordobesa.

Diversos estudios en algunos países latinoamericanos han utilizado los extractos de neem para contrarrestar daños causados por algunas especies del Orden Hemíptero,

debido a sus efectos directos sobre los cultivos, los cuales aumentan por ser vectores con elevada capacidad para transmitir enfermedades a las plantas, considerándose en su mayoría como plagas perjudiciales en la agricultura, entre estas se destacan insectos chupadores de savia como los áfidos y *Bemisia tabaci* (la mosca blanca).

Arriola (2013), evaluó tres insecticidas a base de neem, dos de tipo comercial (1: neem y ácido alílico y, 2: neem, azufre orgánico y aceites naturales) y uno tradicional (extracto acuoso de hojas y semillas de neem) para el control de la mosca blanca *Bemisia tabaci* en plantas de pepino en Guatemala, demostrando que el tratamiento tradicional a base de hojas y semillas de neem presentó mayor efectividad sobre el control de adultos de mosca blanca, con una dosis de 1.50 l/ha, así mismo recomienda la implementación de este tipo de insecticidas por sus excelentes resultados.

Romero y colaboradores (2015) determinaron la actividad insecticida de los extractos etanólicos de *Azadirachta indica* L (neem), *Catharanthus roseus* L. (vinca rosea), *Ruta graveolens* L. (ruda), *Bougainvillea glabra* Choisy (trinitaria), *Lantana camara* L. (carioquito) y *Ruellia tuberosa* L. (yuquilla) sobre los adultos de *Bemisia tabaci* Genn. en condiciones de laboratorio en Venezuela, afirmando que los extractos de las seis plantas estudiadas provocaron mortalidades superiores a la que se obtuvo en el testigo en los tres tiempos evaluados (24, 48 y 72 horas), además, los tratamientos con *R. graveolens* y *A. indica* produjeron los mayores porcentajes de mortalidad, 99,1 y 95,6% respectivamente, seguidos del obtenido con *L. camara*; el resto de las plantas provocaron mortalidades iguales o inferiores al 50%; como la mayoría de los resultados de investigaciones sobre actividad insecticida de extractos vegetales, el número de muertos de los insectos, aumentó en función del tiempo para todos los extractos, alcanzando los mayores porcentajes a las 72 horas.

Por otro lado, los autores explican que para los procesos de investigación de extractos vegetales para el desarrollo de nuevos insecticidas es importante determinar la menor concentración en que se evidencie su mayor eficacia; los métodos de manejo, además de ser eficaces para combatir a las plagas, deben ser ambientalmente benignos y rentables económicamente; una concentración efectiva menor implica la reducción de la demanda de materia prima para obtener el producto.

Navarrete y colaboradores (2016) estudiaron los efectos del neem sobre *Bemisia tabaci* y sus controladores biológicos en un cultivo de *Cucumis melo* L. (melón) en condiciones de campo, en Ecuador, utilizando como tratamiento, un extracto acuoso de semillas de neem y aceite formulado de neem (INBIO-75), incluyendo un testigo químico (imidacloprid); donde evidenciaron una reducción en las poblaciones adultas de *B. tabaci* en aquellas parcelas tratadas con neem en extracto acuoso y aceite (INBIO-75), explicando que dichas reducciones se deben a la presencia de volátiles en el neem, que son liberados como mensajes olfatorios, que evitan que los insectos *B. tabaci* colonicen el área tratada, confirmando la acción repelente de estas sustancias, así mismo destacan un efecto reductor en los estados inmaduros de *B. tabaci*, como consecuencia de un número menor de adultos y el efecto disuasivo del neem sobre la ovoposición de este insecto plaga, influyendo positivamente en el rendimiento del cultivo de melón, sin embargo, los extractos del neem presentaron una mortalidad inferior a las presentadas por el testigo químico (imidacloprid). Por otra parte, no fueron observadas diferencias estadísticas en el número de depredadores/planta entre los tratamientos, lo que sugiere que los compuestos a base de neem, no afectaron la actividad de controladores biológicos en melón, por su acción sistémica, donde deben ser ingeridos para poder ejercer su acción.

Por último, Cruz (2018) evaluó el efecto insecticida de extractos de neem sobre adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en Nuevo León, México, comparando resultados con un testigo químico (Sivanto Prime) bajo las mismas condiciones, mostrando resultados positivos similares a Navarre *et al.*, 2016.

Estos trabajos por sus metodologías y resultados, recomienda los extractos de neem como una herramienta viable para el control de mosca blanca bajo diferentes condiciones, mostrando ser una alternativa que favorece la producción de cultivos.

USO DE LOS EXTRACTOS DEL NEEM SOBRE ÁFIDOS

En Córdoba una de las problemáticas fitosanitarias que acarrea los cultivos de habichuela y frijol cabecita negra es la incidencia de insectos plagas en las diferentes

etapas fenológicas de las plantas, entre los cuales se destacan los áfidos, específicamente *Aphis Craccivora*, esta especie de insecto plaga puede reducir el rendimiento de las cosechas hasta más del 75 % de la producción si no efectúa un control adecuado (Loya *et al.*, 2013). Diversos autores recomiendan el uso de insecticidas botánicos u orgánicos, como el neem, por su efectividad contra el ataque severo de áfidos, sin generar o acumular residuos tóxicos en los productos de cosechas, mostrándose como una ventaja para aquellos cultivos que incluso en la etapa de fructificación son susceptibles al ataque de insectos plagas tal como las legumbres.

Se destacan diversas investigaciones que ratifican la actividad insecticida de los extractos del neem sobre poblaciones de áfidos, así mismo se resalta algunos estudios sobre insecticidas a base de neem que provocan poca o nula fitotoxicidad sobre algunas plantas del género *Vigna*; lo cual genera una base potencial que busca impulsar el uso de nuevas opciones ecológicas para el control de áfidos en cultivos de *V. unguiculata* y *V. unguiculata* subsp. *sesquipedalis* en el Departamento de Córdoba.

En México, Díaz y colaboradores (2010) determinaron la concentración de azadiractina (AZA), la actividad insecticida sobre *Aphis gossypii* y la fitotoxicidad en *Ixora coccinea* L de cuatro extractos de semillas de *Azadirachta indica* (oleoso, metanólico, hexánico, y acuoso) extraídos por extrusión simple, extrusión en frío, Soxhlet y acuosa respectivamente; donde argumentan que los análisis de los extractos por HPLC mostraron concentraciones significativamente diferentes de 2478, 565, 422 y 150 ppm de AZA en el extracto metanólico, hexánico, oleoso y acuoso respectivamente; en cuanto a la actividad insecticida utilizaron diferentes dosis 0.01, 0.1 y 0.2 mg de AZA, destacando al extracto metanólico como el de mayor potencial insecticida (0.2 mg AZA), con 100 % de mortalidad a 48 y 72 h; por otro lado los extractos acuoso, metanólico y hexánico no presentaron fitotoxicidad, es decir, no causaron daños en las hojas *I. coccinea* a las 72 h, por lo contrario el extracto oleoso fue el único que produjo lesión en un 35 %.

Estos autores también plantean que la concentración de los compuestos bioactivos del neem no es alta en las diferentes partes de la planta, y la preparación de bioinsecticidas efectivos a base de neem requiere que el proceso de extracción pueda arrastrar el mayor contenido de compuestos relacionados con la actividad insecticida; para dicha extracción

se han propuesto varios métodos destacándose aquellos que usan como solvente, etanol, hexano, acetona, acetato de etilo y metanol. Díaz y colaboradores consideran que los extractos comerciales de la semilla de *Azadirachta indica* se valoran primordialmente por su contenido de azadiractina aunque puedan contener otros compuestos que ejercen efectos aditivos a la acción insecticida.

González (2012) evaluó la acción insecticida del extracto acuoso de semillas de neem sobre el pulgón negro *Aphis craccivora* en plantas de poroto *Vigna unguiculata*, en condiciones de invernadero, en San Lorenzo Paraguay, aplicando los extractos vía radicular logrando determinar que Neem actúa de forma sistémica y ocasiona mortalidad en individuos de *A. craccivora*; por otra parte destaca que los extractos del neem no presentan fitotoxicidad sobre las plantas de *V. unguiculata* en todo el proceso de la ensayos de bioactividad, sin embargo, algunos autores mencionados por este estudio encontraron daños por fitotoxicidad en *Vicia fabae* y en hojas de *Ixora coccínea*.

Peña y colaboradores (2013) evaluaron los efectos de extractos de plantas *Petiveria alliacea* L. (anamú), *Eucaliptus* spp (eucalipto), *A. indica* (neem) y *Melia azedarach* L. (paraíso) para el control de áfidos *Aphis craccivora* en *Vigna unguiculata* en Cuba, utilizando el método de maceración, en condiciones de campo. Donde explican que la mayor efectividad se obtuvo en la tercera aplicación de los tratamientos, donde el extracto de eucalipto alcanzo el 75% de la mortalidad de los individuos, seguido del extracto de neem con un 64%, cumpliendo con el 60% de eficiencia técnica exigido por el Centro Nacional de Sanidad Vegetal para productos fitosanitarios alternativos y biológicos; por lado los autores afirman que existe un incremento de la efectividad de los extractos relacionados con el tiempo; a mayor tiempo, mayor efectividad de los extractos botánicos.

Torres y Zamora (2013) evaluaron la eficacia de insecticidas botánicos (extracto de hojas de *Gliricidia sepium* (madero negro), *Capsicum microcarpum* (chile), extracto de madero negro más chile y *A. indica* (neem) en el manejo de poblaciones de *Aphis* sp (áfidos), *Halticus bracteatus* (chinche negro) y *Bemisia tabaci* (mosca blanca) en un cultivo de *Cucumis sativus* (pepino) en Nicaragua, teniendo como variable la dinámica de la población de insectos y el número de hojas, flores, frutos, y altura de las plantas del

cultivo de pepino; señalando que las plantas tratadas con extracto de hoja de neem mostraron los más altos promedios de desarrollo, floración, fructificación y producción del cultivo, así mismo mencionan que el extracto de hoja de neem, fue el tratamiento más efectivo en la reducción de poblaciones de áfidos en el cultivo de pepino; el extracto madero negro y extracto de Chile y su mezcla, ejercieron mayor efecto en la reducción de chinche negro, debido a que las plantas tratadas con estos insecticidas presentaron las menores poblaciones de estos insectos. A su vez todos los tratamientos presentaron resultados similares en el control de la mosca blanca.

Peña y colaboradores (2013) evaluaron insecticidas no convencionales, caldo sulfocálcico, *Azadirachta indica* (Bioneem) y *Allium sativum* - *Capsicum chinense* (Alisin), para el control de *Aphis gossypii* Glover en frijol, en Colombia, determinando las concentraciones letales (CL₉₅) y subletales (CL₅₀), demostrando que para el 95% de mortalidad de *A. gossypii*, las concentraciones del caldo sulfocálcico, Bioneem y Alisin no fueron superiores a 0,64%, 1,22% y 2,18% y para el 50% de mortalidad la concentraciones no fueron superiores a 0,25%, 0,71% y 0,94% respectivamente, indicando que estos productos muestran potencial para ser aplicados sobre el cultivo de frijol, con el objetivo de controlar poblaciones de *A. gossypii*, considerándose como una importante plaga que ataca varios cultivos de interés agrícola. Además resaltan que después de las aplicaciones de los insecticidas, los individuos de *Aphis* no presentaron una mortalidad inmediata, determinando que el crecimiento poblacional de *A. gossypii* fue interrumpido cuando se usó el caldo sulfocálcico, el Bioneem y el Alisin en concentración de 0,39%, 0,56%, 1,43%, respectivamente, la obtención de control de *A. gossypii* a bajas concentraciones representa un gran avance en relación a los estudios que buscan el control de este áfido; sin embargo, el hecho de que *A. gossypii* presente alta susceptibilidad, no implica que estos productos puedan ser aplicados indiscriminadamente en concentraciones más altas que las recomendadas; por otra parte señalan que los efectos fitotóxicos de estos productos fueron muy bajos en plantas de frijol.

Poma (2016) determinó la efectividad de tres tipos de bioinsecticida a base de *Azadirachta indica* en el control de *Myzus persicae* (pulgón verde) en Bolivia, resaltando

tres métodos de extracción tradicional para los agricultores (maceración, decocción y fermentación) con sencillas metodologías, a diferentes concentraciones (40, 60 y 80 ml por litro de agua), determinando que los porcentajes promedio obtenidos sobre una población de 50 individuos por planta, expresan que la técnica de maceración alcanzó porcentajes de 91,3% y 94% entre el 4to y 5to día luego de la aplicación del bioinsecticida a comparación de la técnica de decocción que llegó a 85,3% y 87,3%, y la técnica de fermentación que obtuvo un 76,6% y 78%, respectivamente; a su vez explica que este tipo de técnicas de obtención de biocida, son manejables y accesibles y de reducido costo, las cuales pueden ser usadas por el agricultor.

En Venezuela Montero y colaboradores (2017) evaluaron la actividad insecticida de los extractos etanólicos de seis especies vegetales, *A. indica* (neem), *Cymbopogon citratus* (malojillo), *Lantana cámara* (cariaquito), *Lippia alba* (poleo), *Citrus paradisi* (toronjo) y *Citrus grandis* (pomelo rojo) sobre *Aphis gossypii* en condiciones de laboratorio, utilizando diferentes concentraciones 250, 500, 750, 1000ppm, empleando una técnica de inmersión de hojas en cada solución de concentración conocida, registrando la mortalidad a las 24, 48 y 72 h, obteniendo como resultado porcentajes de mortalidad de 100 y 98% para malojillo y neem respectivamente, seguidos por poleo (98%), cariaquito (97%), toronjo (95,5 %) y pomelo rojo (94,6 %).

Los autores afirman que el extracto etanólico del neem derivados de árboles del neem cultivados en Venezuela, tienen potencial para ser utilizado en el manejo de las poblaciones locales del áfido *Aphis gossypii*, así mismo dan a conocer diferentes trabajos donde los extractos a base de neem provocan mortalidad y reducción hasta del 80% sobre poblaciones de áfidos. Estos estudios de actividad biológica, a nivel de laboratorio, constituyen la base de identificación de los candidatos más promisorios para el desarrollo de agentes destinados al manejo de plagas ambientalmente amigables.

En Nigeria, Asawalam y Constance (2018) evaluaron la efectividad de extractos de hojas de *Ocimum gratissimum* (albahaca de clavo), *A. indica* (neem), *Vernonia amigdalina* (vernonia amarga), bulbo de *Allium sativum* (ajo), rizoma de *Cúrcuma longa* (Cúrcuma), *Musa paradisiaca* (plátano), y semillas de *Xylopiya aethiopica* (pimienta negra) sobre insectos plagas *Aphis craccivora* (pulgón negro) *Bemisia tabaci* (mosca blanca), *Amrasca*

biguttula biguttula (Jassid) y *Zonocerus variegatus* (saltamonte) en platas de *Vigna radiata* L. Wilczek en condiciones de campo, comparando los resultados con un producto químico (lambdacialotrina), teniendo en cuenta parámetros de rendimiento de cultivo como altura de la planta, número de vainas por planta, longitud de la vaina, número de semillas por vaina, peso medio de las semillas (g) y densidad de poblaciones de insectos, teniendo como resultados una población significativamente menor de insectos en las parcelas tratadas con extractos de plantas y lambda cialotrina en comparación con el control, de igual manera los parámetros de rendimiento fueron significativamente mayores en las parcelas tratadas en comparación con las parcelas de control.

Por otro lado los autores manifiestan la necesidad de alentar a los agricultores al uso de insecticidas botánicos que sean factibles en los cultivo de legumbres que incluyen todos los frijoles, guisantes y lentejas, como estrategia de control contra insectos con la finalidad de incorporarlos a un programa de manejo integrado de plagas.

En Nepal, Dhakal y colaboradores (2019) evaluaron la bioeficacia de cuatro insecticidas (tres de origen biológico y uno de origen químico) bajo diferentes concentraciones (Jholmol (125 ml/L), Neemix (2 ml/L), extracto de cannabis (100 g/L), y clorpirifós 50% EC y Cypermethrin 5% EC (2 ml/L) sobre el áfido *Aphis Craccivora*, en un cultivo de caupí, realizando 3 aplicaciones durante los ensayos, así mismo tuvieron en cuenta el rendimiento del cultivo y la relación costo/beneficio de los productos; sus resultados indicaron que todos los insecticidas fueron significativos para la reducción de áfidos, sin embargo, los mayores efectos fueron obtenidos por Neemix, de igual manera se registró mayor rendimiento del cultivo y mejor ganancia neta con el extracto de neem.

Por otro lado, los autores manifiestan que se registran alrededor de 21 plagas de insectos de diferentes grupos que causan daños en los cultivos de caupí desde la germinación hasta la madurez, entre estos el pulgón *Aphis craccivora*, el cual genera pérdidas tanto cualitativas como cuantitativas en el rendimiento de semillas y la producción de cultivos.

Carvajal (2019, inédito) evaluó de manera preliminar, la actividad insecticida del extracto etanólico de semillas del neem sobre el áfido *A. craccivora* en cultivo de *V. unguiculata* subsp *sesquipedalis* en Cereté, Córdoba, realizando un análisis fitoquímico preliminar para determinar la clase de metabolitos secundarios presentes en el extracto, así mismo

determinar la concentración del extracto del neem a la cual se podría observar una buena actividad insecticida sobre la especie de insecto (usando dos concentraciones 250, 500ppm y un tratamiento control), teniendo como metodología la observación y seguimiento de la planta a las 24, 48 y 72 horas.

En sus resultados argumenta que el extracto de semillas de Neem presenta metabolitos de naturaleza alcaloidal y triterpénica, identificados por reacciones o pruebas de análisis químico preliminar; para alcaloides se utilizaron los reactivos de Dragendorff, Mayer y Valsler, las cuales todas arrojaron resultados positivos y para la identificación de triterpenos se utilizó la prueba de Liebermann-Burchard; con relación a los ensayos de actividad biológica se manifiesta un proceso de cambio positivo en las planta después de la aplicación de los distintos tratamientos, observando una mayor mortalidad de insectos de *A. craccivora* en la concentración 500ppm de aproximadamente el 40% y 80% a las 48 y 72 horas, respectivamente (Anexo, imagen 6), indicando así un efecto insecticida del extracto de Neem sobre *A. craccivora* en plantas de habichuela, de la misma manera destaca que no se observan efectos de fitotoxicidad ni durante, ni después de los tratamientos bajo las concentraciones utilizadas, por el contrario se observaron nuevos brotes terminales después de la aplicación del extracto.

Al igual que los extractos aplicados por Figueroa *et al.*, 2019, la mortalidad de los insectos no alcanzó el 100% de efectividad, sin embargo, esta modalidad de trabajo fundamenta conocimientos básicos para futuras investigaciones que busquen generar soluciones alternativas a los daños causados por insectos plagas en cultivos nativos, que generen gran importancia en la economía local.

La mayoría de los extractos vegetales con capacidad insecticida presentan este inconveniente de ejercer controles moderados o bajos, lo cual difiere con las expectativas de los agricultores sobre los insecticidas en general, sin embargo, las aparentes desventajas se compensan con los mayores estándares de seguridad, además de la menor toxicidad y acumulación en el medio ambiente y productos de cosecha, no obstante es utópico llegar a pensar que podrían reemplazar completamente a los insecticidas convencionales.

EL NEEM COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA EN LA AGRICULTURA A BAJA ESCALA

El uso de productos botánicos se ha convertido en uno de los medios más viables para proteger los productos agrícolas y el ambiente, como una estrategia alternativa clave para el manejo sostenible de insectos plagas en la agricultura a baja escala, que garantiza la estabilidad económica y ecológica. Uno de los productos botánicos ampliamente utilizados son los extractos a base de neem, siendo uno de los primeros en la lista de alrededor de 2400 bioplagicidas en el mundo; siendo efectivos contra más de 350 especies de artrópodos, 12 especies de nematodos, 15 especies de hongos, tres virus, dos especies de caracoles y una especie de crustáceos (Agbo *et al.*, 2019)

El neem y numerosas plantas ha demostrado tener propiedades insecticidas, farmacológicas, y poseer cualidades de gran importancia en la agricultura y el desarrollo rural, por tal razón, durante los últimos años se han considerado ciertas características que deben poseer las plantas con propiedades insecticidas con la finalidad de aprovecharlas al máximo sin deteriorar el ambiente (Cobeña, 2015) así:

Ser perenne; estar ampliamente distribuida y en grandes cantidades en la naturaleza, o que se pueda cultivar; usar órganos renovables de la planta (hojas, flores o frutos); no ser destruida cada vez que se necesite recolectar material (evitar el uso de raíces y cortezas); requerir poco espacio, manejo, agua y fertilización; tener usos complementarios (como medicinales); no tener un alto valor económico, y ser eficaz en bajas dosis.

Todas las cualidades mencionadas son aplicables para *A. indica*, además, no es una planta en vía de extinción, no es difícil de encontrar y a pesar de no ser nativa de Colombia se encuentra ampliamente distribuida por motivos de reforestación, y por uso ornamental, así mismo su utilización no implica alteraciones importantes en su densidad en el ecosistema

la mayoría de las investigaciones científicas sobre insecticidas vegetales seleccionan una vertiente o enfoque hacia la agricultura de subsistencia, donde se busca la

independencia del agricultor, proporcionándole alternativas de combate de plagas mediante el uso de plantas de su mismo medio, constituyendo una opción muy útil para agricultores de escasos recursos económicos que cuentan con superficies de terreno pequeños; así mismo se busca que las metodologías utilizadas puedan ser repetida por el agricultor y obtener resultados similares (Agbo *et al.*, 2019).

Simbaña (2018) considera que la sociedad actual debe entender que cualquier sistema de producción agrícola debe ser respetuoso con el medio ambiente, para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y asegurar el futuro de generaciones venideras; así mismo expresa que los bioinsecticidas no son la panacea para resolver todos los problemas de las plagas, sin embargo son una base que incentiva al uso de nuevas estrategias o prácticas de menor impacto ambiental.

CONCLUSIONES

Las diferentes investigaciones científicas en países de América latina, Asia y África como Paraguay, Brasil, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Nicaragua, El Salvador, México, Guatemala, Cuba, Nepal, Nigeria y en menor proporción en Colombia, resaltan el destacado uso de extractos de neem para el control de especies de insectos plagas como los áfidos, sumado a la baja fitotoxicidad presentada por parte de las plantas tratadas, fomentan una alternativa promissora que puede ser usada en cultivos de interés económico, como la habichuela y el frijol cabecita negra, los cuales en los últimos años han generado aportes significativos a la economía de nuestra región, aunque tengan la desventaja actualmente de generar problemas de acumulación de residuos tóxicos por el mal uso y persistencia de los insecticidas químicos convencionales que se utilizan para el control de sus plagas.

La información obtenida a través de la recopilación documental corrobora la actividad insecticida de los extractos del neem con muy buenos resultados sobre el control de diferentes especies de insectos incluidos en diferentes órdenes taxonómicos; hemípteros tales como *Aphis gossypii*, *Aphis craccivora*, *Myzus persicae*, *Collaria scenica*, *Bemisia tabaci*, *Planococcus citri*; lepidópteros como *Spodoptera frugiperda* y *Spodoptera exigua*; coleópteros tal como *Sitophilus oryzae* y ortópteros como *Zonocerus variegatus* los cuales son importantes plagas en cultivos de interés agrícola.

Los estudios fitoquímicos realizados a extractos obtenidos de *Azadirachta indica* han evidenciado la presencia de una amplia variedad de metabolitos secundarios, algunos de ellos responsables de sus actividades biológicas, y su uso puede impulsar a una nueva práctica fitosanitaria de bajo impacto ambiental en cultivos de habichuela y frijol cabecita negra, los cuales presentan una importancia a nivel local por su aporte nutricional y económico a muchas familias de la región.

RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en esta recopilación documental brindan conocimientos básicos y ejemplos investigativos necesarios para entender la eficacia y algunos procesos biológicos afectados en los diferentes insectos plagas agrícolas debido a los compuestos activos de los extractos de neem, sin embargo se hace necesario formular nuevos estudios investigativos sobre la actividad insecticida en diferentes cultivos de interés a nivel local y nacional, teniendo en cuenta los efectos directos sobre los insectos plagas, controladores biológicos y la fitotoxicidad sobre las plantas tratadas.

Realizar estudios de actividad insecticida de los extractos foliares y semillas del neem sobre insectos del género *Aphis* sobre plantas de habichuela y frijol cabecita negra a nivel de laboratorio y campo con la finalidad de incentivar y generar cultivos sustentables locales a largo plazo.

De manera general, continuar con investigaciones en los campos químico, biológico y agronómico, sobre el uso de extractos botánicos en el control de insectos plagas y enfermedades, así mismo en aspectos de tipo medicinal, aromático y/o cosmético, que tengan bajo impacto ambiental, que sean selectivos, efectivos, biodegradables y de bajo costo.

BIBLIOGRAFÍA

Agbo, B., Nta, A., Ajaba, M. (2019). Bio-pesticidal Properties of Neem (*Azadirachta indica*). *Advances and Trends in Agricultural Sciences*. (1), 18-22.

Ahmad, S., Khan, N., Basri, R., Siddiqui, S., Nayyer, A. (2019). Botanical and their application in control of insect pest. Kaushik, B., Deepak, K., Shamin (Ed). *Biofertilizers and Bipesticides in sustainable agricultura* (pp. 98-149) Canadá. Apple academic press.

Amaguaña, F., Churuchumbi, E. (2018). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). (Tesis pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador. (pp- 94).

Amador, C., Luna, J., Puello, E. (2017). Prácticas empleadas por fumigadores de plaguicidas del medio y bajo Sinú departamento de Córdoba. *Revista temas agrarios*. 22(1), 29-40.

Álvarez, A., Bruzón, Y., Matos, Y. (2019). Evaluación agronómica de cuatro cultivares de frijol caupí (*Vigna unguiculata*), en la localidad de Velasco, Municipio Gibara. Trabajo presentado en la conferencia científica internacional de la Universidad de Holguín, Cuba.

Albán, M. (2012). Manual de cultivo de frijol caupi. Perú: Aspromor. 28 páginas. Disponible en: https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPI.pdf

Asawalam, E., Constance. (2018). Control of field insect pests of mung vean (*Vigna radiata* L. Wilczek) using some plant extracts in Umudike, Nigeria. *Journal of medicinal plants for economic development* 2(1), 01-05

Ascenzo, A. (2016). Especies de Aphididae (Orden: Hemiptera) encontrados en cultivos en el distrito de Asia. (Tesis pregrado). Universidad Ricardo Palma, Facultad de ciencias biológicas, Perú. (pp-119).

Araméndiz, H., Camacho, M., Sierra, C. (2011). Comportamiento agronómico de líneas promisorias de frijol caupí *Vigna unguiculata* L. (Walp) en el Valle del Sinú. Universidad de Córdoba, *Revista temas agrarios*.16:(2), 9-17.

Araméndiz, H., Cardona C., Combatt, E. (2016). Contenido nutricional de líneas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) seleccionadas de una población criolla. Universidad de Córdoba. *Revista información tecnológica*. 27(2), 53-60.

Arriola, J. (2013). Evaluación de tres insecticidas a base de Neem sobre el manejo de adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*; *aleyrodidae*) en pepino; aldea las Tunas, Salamá. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Guatemala. (pp- 59).

Barrera, J., Fernández, C., Pérez, K. (2017). Extractos vegetales: alternativa de control de *Colaspis* sp (Coleóptera: Chrysomelidae) en plátano cv. Harton. *Revista temas agrarios*. 23:(1), 9-17

Bernardos, J., Zaccagnini, E. (2011). El uso de insecticidas en cultivos agrícolas y su riesgo potencial para las aves en la región pampeana. *Revista de Ornitología Neotropical Hornero*. 26(1):55-64.

Borrego, S. (2015). Los biocidas vegetales en el control del biodeterioro del patrimonio documental. Perspectivas e impacto. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 46(3), 259-269.

Bustillo, A. (2020). Los insecticidas en el control químico de plagas, Capítulo 11, p. 184-200. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340661268_Los_insecticidas_en_el_control_quimico_de_plagas_Nematodos_entomopatogenos_para_controlar_la_broca_del_cafe

Carreño, P. (2016). La etnobotánica y su importancia como herramienta para la articulación entre conocimientos ancestrales y científicos. (Monografía). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá- Colombia. (pp- 44).

Carvajal, L. (2019). Actividad insecticida de extracto de semillas del neem sobre *Aphis craccivora* en cultivo de *Vigna unguiculata subsp. sesquipedalis*. Trabajo presentado en

el primer Congreso nacional de semilleros de investigación y emprendimiento en la Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

Cisneros, F. (2014). Control químico de plagas. AgriFoodGateway Horticultura Internacional Departamento de Ciencia Hortícola. Disponible en: <https://hortintl.cals.ncsu.edu/search/node/Fausto%20H.%20Cisneros?page=1>

Cruz, A. (2018). Extractos de neem (*Azadirachta indica* A. juss.) para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn) en un cultivo de tomate. (Tesis de Maestría). Universidad autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. México. (pp- 59).

Chaparro, J. (2019). Determinación de la efectividad de *Azadirachta indica* (Neem) como biopesticida para el control de *Planococcus citri* (conchilla blanca). (Tesis pregrado). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, El Salvador. (pp- 103).

Cobeña, G. (2015). Respuesta del pimiento (*Capsicum annum* L.) a seis dosis de bioinsecticida de cedro rojo (*Cedrela odorata*) para controlar pulgón verde (*Myzus persicae*). (Tesis pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador. (pp- 107)

Dahiya, N., Chianese, G., Mequanente, S., Tagliatalata-Scafati, O., Esposito, F., Lupidi, G., Bramucci, M., Quasinti, L., Christophides, G., Habluetzel, A., Lucantoni, L. (2016). In Vitro and Ex Vivo Activity of an *Azadirachta Indica* A.Juss. Seed Kernel Extract on Early Sporogonic Development of Plasmodium in Comparison With Azadirachtin A, Its Most Abundant Constituent. *Elsivier*. 23, (1743- 1752).

Dhokal, R., Ghimire, R., Sapkota, M., Thapa, S., Bhatta, A., Regmi, R. (2019). Bioefficacy of different insecticides on cowpea aphid (*Aphis craccivora* koch). *Int. J. Entomol. Res.* 7(1), 01-07

De La Pava, N., Sepúlveda, P. (2015). Biología del áfido negro (*Aphis craccivora*: Aphididae) sobre frijol caupi (*Vigna unguiculata*, Fabaceae). *Revista Acta biológica Colombiana*. 20(3):93-97.

Delgado, E. (2011). Propiedades entomotóxicas de los extractos vegetales de *Azadirachta indica*, *Piper auritum* y *Petiveria alliacea* para el control de *Spodoptera exigua*. (Tesis Maestría). Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de fitotecnia, México. (pp- 82)

Devine, G., Eza, D., Oigusuku, E., Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 25(1), 74-100.

Díaz, G., López, J., Villanueva, J., Osorio, F., Otero, G., Camacho, E. (2010). Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* a. Juss. *Revista Agrociencia*. 44: 821-833.

Estrella, C. (2017). Impregnación de aceite de neem (*Azadirachta indica*) en soporte textil para combatir la mosca de la fruta *Anastrepha striata*. (Tesis pregrado). Escuela politecnica Nacional, Facultad de ingeniería química y agroindustria (pp- 84).

Espinoza, A. (2015). Determinación de la actividad insecticida de los aceites esenciales y extractos hidroalcohólicos de: Floripondio, Khoa y Altamisa; en modelo *Drosophila melanogaster*. (Tesis). Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia. (pp- 102)

Falconi, J. (2013). Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de kiwicha. Agrobanco. Disponible en: https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/021-a-kiwicha_MIPE_.pdf

FAO. (2018) Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. Ciudad de Panamá. 292 páginas. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>

Figuroa, A., Castro, E., castro, H. (2018). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Revista Acta biológica Colombiana*. 24(1):58-66.

González, R. (2012). Efecto del extracto de Neem *Azadirachta indica* A. juss sobre el pulgón negro *Aphis craccivora* (hemíptera: Aphididae). (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Paraguay. (pp- 48)

González, J. (2019). Caracterización morfoagronómica y físico-química de 22 accesiones de Vignas sp pertenecientes al banco de germoplasma de la UTMach. (Tesis). Universidad técnica de Machala, unidad académica de ciencias agropecuarias, Ecuador. (pp- 76).

Gowda, M., Sheetal, A., Kole, C. (2019). The Neem Genome, Nueva Delhi, India: Springer Nature Switzerland.

Griffin, M., Pérez, D., Camacaro, N., Marín, C., León, O. (2015). Caracterización morfológica de semilla de accesiones locales del género *Vigna* conservadas en el Banco de Germoplasma del INIA-CENIAP. *Revista agronomía tropical*. 65 (3-4), 175-188.

Guerrero, J. (2016). Producción de extractos de *Azadirachta indica* (nim) y evaluación de su actividad insecticida para el control de *Sitophilus oryzae*. (Tesis). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Bucaramanga, Colombia. (pp- 76).

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), (2014). Plaguicidas químicos, composición y formulaciones, etiquetado, clasificación toxicológica, residuos y métodos de aplicación. Aplicación eficiente de fitosanitarios. (pp. 1-14). Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_aplicacin_eficiente_de_fitosanitarios_cap_2____fo.pdf

Llamas, F., Acedo, C. (2016). Las Leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): una síntesis de los usos y de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *Revista de divulgación científica AmbioCiencias*.14, (pp 5-18)

Loya, G., Beltrán, F., Ruiz, F., Zamora, S. (2013). Evidencia de Antibiosis contra al áfido negro, *Aphis craccivora* Koch, en el frijol Yorimón, *Vigna unguiculata* (L.). *Revista invurnus*, 8(1), (pp 27-30)

López, M. (2012). Caracterización de la fracción lipídica extractable de la semilla del árbol de neem (*Azadirachta indica* A. juss) obtenida a nivel laboratorio por lixiviación (Tesis pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería (pp- 260)

Manzanares, R. (2019). Sistematización del uso de insecticidas botánicos registrados y no registrados en Nicaragua. (Tesis Maestría). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. (pp- 53).

Martínez A., Tordecilla, R., Cordero, C., Grandett, L. (2019). Entorno tecnológico y socioeconómico de la habichuela larga en el Caribe Húmedo de Colombia. *Revista ciencia y agricultura*. 16(2), 7-24.

Ministerio de educación (MEDUCA) y Ministerio de salud (MINSAL). (2010). Guía del Manejo Integrado de Plagas (MIP) para técnicos y productores. Versión número 1. Recuperado de: https://www.jica.go.jp/project/panama/0603268/materials/pdf/04_manual/manual_04.pdf

Montero, O., Morales, P., Pino, O., Cermeli, M., González, E, Rosales, L. (2017). Actividad insecticida de seis extractos vegetales sobre *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Revista de Protección Vegetal*. 32 (3), 1-6

Mora, R. (2012). Efecto de la aplicación de portadores orgánicos en el rendimiento del cultivo del frijol (*Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis*) variedad habichuelas largas. (Diplomado). Universidad De Holguín Sede Oscar Lucero Moya, Cuba.

Mosquera, O., Henao, L., Niño, J. (2009). Evaluación de la actividad insecticida in vitro de extractos vegetales contra la broca del café. *Recursos Naturales y Ambiente*. 58: 45-50

Nava, E., García, C., Ricardo, J., Báez, C., Vázquez, E. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Revista Ra Ximhai*. 8(3), 17-29.

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: *Revista de Ciencias de la Vida*. 25(1):33-44.

Negrete, F y Morales, J. (2003). El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA*, Cereté, Córdoba.

Nino, C. (2018). Elaboración de jabón artesanal con principio antibacterial natural a base de corteza y hojas de neem (*Azadirachta indica*). (Tesis pregrado). Universidad industrial de Santander, Colombia.

Peña, A., Castellanos, L., Bata, A. (2013). Efecto de extractos de plantas para el control de áfidos de la habichuela (*Vigna unguiculata* (L.) como alternativa local en la agricultura urbana. *Revista Agroecosistemas*. 1(2): 148-156.

Peña, M., Castro, J., Soto, A. (2013). Evaluación de insecticidas no convencionales para el control de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) en fríjol. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 16(1): 131-138.

Pérez, G., Parra, J. (2019). Uso de extracto del árbol de neem (*Azadirachta indica*), para el control de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) como alternativa, para mitigar el impacto negativo de los agroquímicos en el Municipio del Peñol Antioquia. (Proyecto de investigación). Universidad Nacional Abierta y Distancia UNAD. Medellín, Colombia. (pp- 89).

Poma, H. (2016). Determinación de la efectividad del uso de tres tipos de bioinsecticida a base del Neem (*Azadirachta indica*) en el control del pulgón verde (*Myzus persicae*). (Tesis pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. (pp- 84).

Ramírez, L. (2018). Exposición a agroquímicos en trabajadores de un cultivo de flores de la sabana de Bogotá. (Tesis). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá, Colombia. (pp- 106).

Ramos, R. (2015). Aceite de Neem un insecticida ecológico para la agricultura: Zoe comunidad agropecuaria. Disponible en: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/Neem/neem01.htm>

Rodríguez, S y Gámez L. (2010). Clave vegetativa para la identificación de árboles de la familia fabaceae de la ciudad de Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes, *Revista Pittieria*. 34, 89-111.

Rodríguez, A., Tamayo, S., Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 52 (3):372-387.

Rodríguez, R. (2016). Desarrollo de métodos para la reducción de la contaminación por plaguicidas en aguas subterráneas mediante la adición de residuos orgánicos a los suelos. (Tesis doctorado). Universidad de Sevilla. España. (pp- 332)

Romero, R., Morales, P., Pino, O., Cermeli, M., González, E. (2015). Actividad insecticida de seis extractos etanólicos de plantas sobre mosca blanca. *Revista de protección vegetal*. 30: 11-16.

Rosales, A., Flores, M., Aguirre, L., González, R., Villegas, N., Vega, H. (2013). Diversidad de áfidos (Hemiptera: Aphididae) en el sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4 (7), 987-997

Rúa, M. (2017). *Azadirachta Indica*. Catálogo de Arbóreas, *Herbario de Cultura Empresarial Ganadera (CEG) Internacional*. 1: 1-13.

Ruiz, A. (2015). Situación del uso de pesticidas en la producción agrícola en el distrito de Fernando Lores: centro poblado de Panguana primera zona, Tamshiyacu y Santa Ana primera zona-Loreto 2015. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de agronomía, Perú. (pp- 81).

Serrato, M., Bagett, M. (2012). Evaluación de la estabilidad de la avena líquida tratada con el extracto de hojas de nim (*Azadirachta indica*). (Tesis pregrado). Universidad de Cartagena, Colombia. (pp- 55)

Sierra, M., Barros, R., Gómez, D., Mejía, A., Suarez, D. (2018). Productos naturales: metabolitos secundarios y aceites esenciales. Fundación universitaria agraria de Colombia. (7-49)

Simbaña, M. (2018). Uso de extractos vegetales de plantas amazónicas para el diseño de programas de manejo integrado de plagas (MIP) en Ecuador. (Tesis Doctoral). Universidad de Sevilla, Ecuador. (pp- 193)

Sotelo, H. (2016). Estado del arte en el uso potencial de extractos vegetales del género *Piper* para el control de plagas agrícolas. (Monografía). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA, Colombia. (pp- 104).

Tofiño, A., Rozo Y., Gómez, D., Gómez, L., Tamayo, P. (2018). Modelo productivo de frijoles para el Caribe húmedo colombiano. Mosquera, Colombia: *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)*. (12-192)

Torres, V., Zamora, C. (2013). Evaluación de insecticidas botánicos en el manejo de poblaciones de áfidos (*Aphis* sp), chinche negro (*Halticus bracteatus*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) durante Noviembre 2012 - Enero 2013. (Tesis). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León. (pp- 79)

Torres, J. (2019). Análisis en la implementación de la química verde en el desarrollo agrícola sostenible en Colombia. (Monografía). Fundación Universidad de América. Bogotá, Colombia. (pp- 78)

Villamil, D., Naranjo, N., Van, M. (2012). Efecto Insecticida del Extracto de Semillas de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sobre *Collaria scenica* Stal (Hemiptera: Miridae). *Revista EntomoBrasilis*. 5(2):125-129.

Villegas, V. (2017). Actividad antimicrobiana de hojas de Neem (*Azadirachta indica* A. juss) en queso panela. (Tesis). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México. (pp- 93).

ANEXOS

Imagen 1. Fotos de semillas de: **a)** *Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis* (habichuela larga) **b)** *Vigna unguiculata* (frijol cabecita negra)



Imagen 2. Fotos de daños ocasionados por *Aphis craccivora* sobre *Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis*: **a)** daño directo sobre la vaina. **b)** daño indirecto en hojas (presencia de fumagina).



Imagen 3. Fotos del áfido *Aphis craccivora*, principal insecto que afecta a los cultivos de habichuela y frijol cabecita negra: **a)** hembras ápteras adultas **b)** Hembras ápteras y ninfas en diferentes estadios

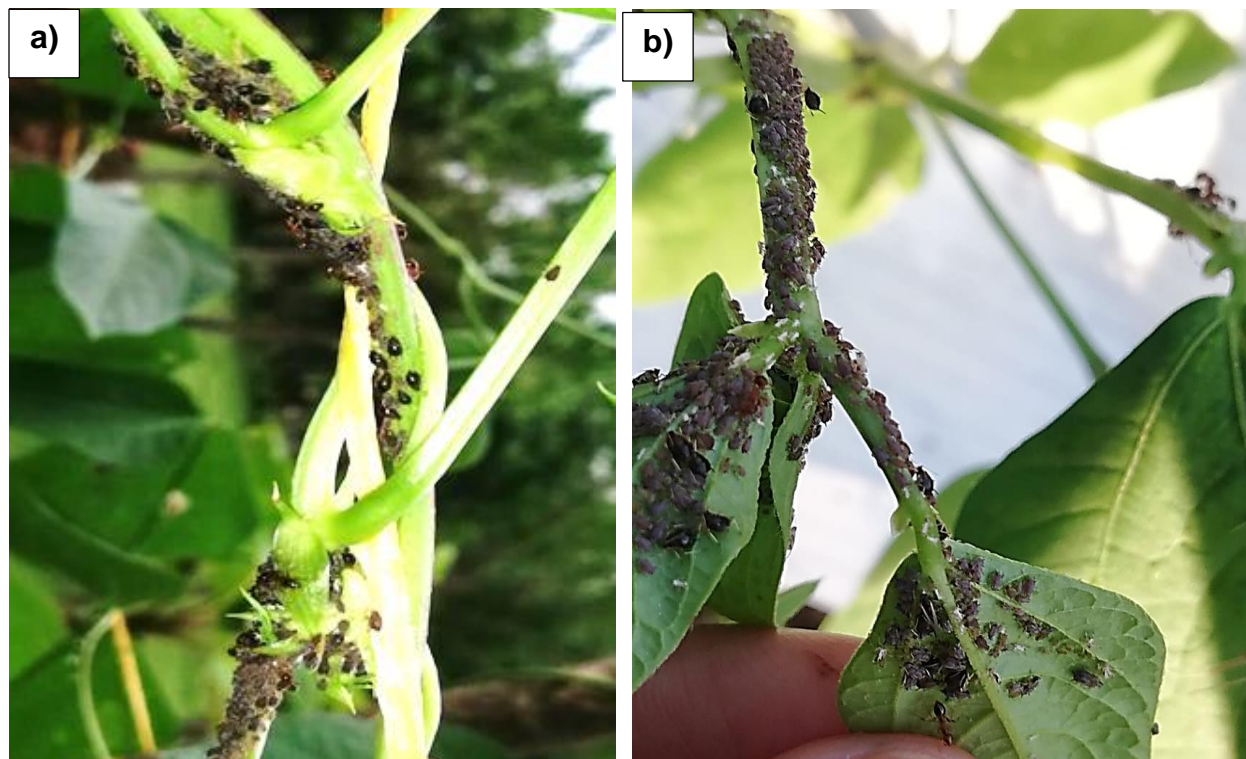
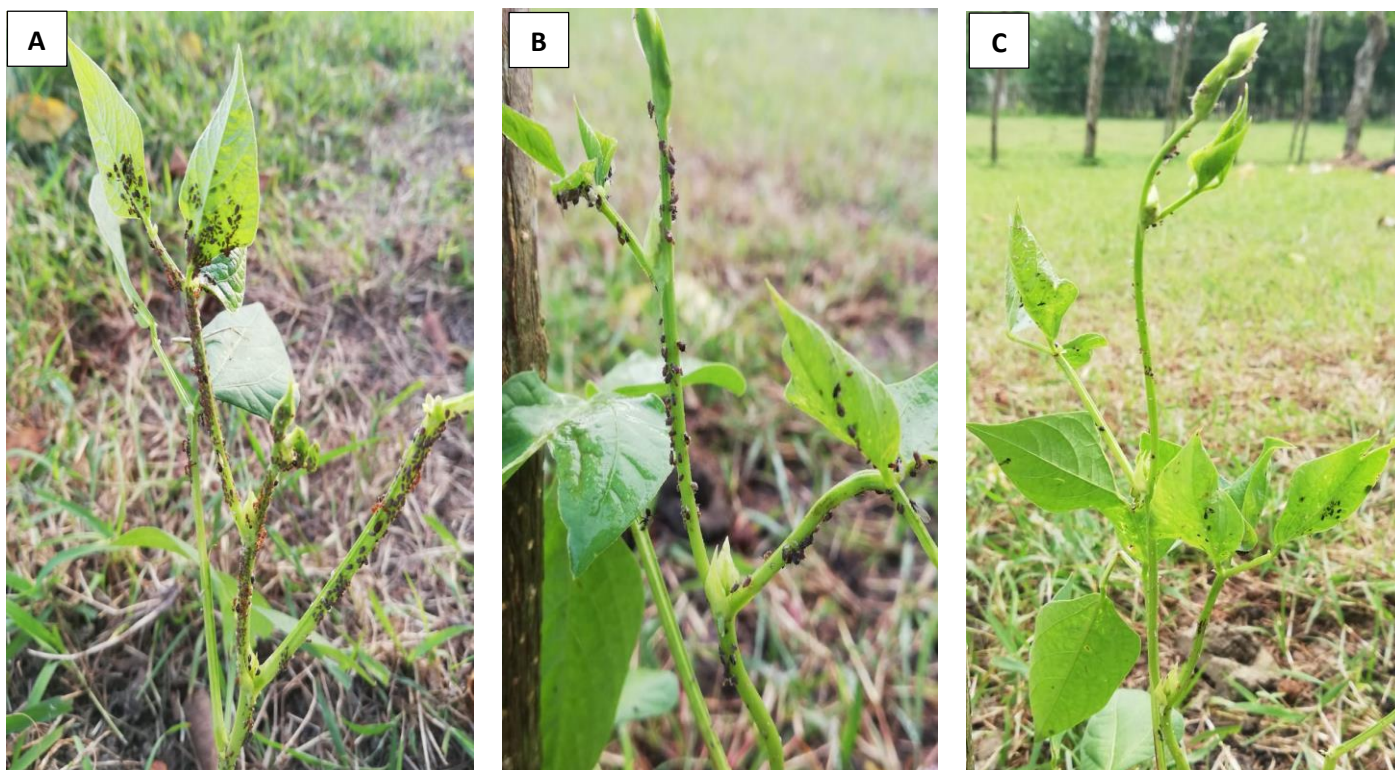


Imagen 4. Fotos de hojas y frutos del árbol del neem.



Imagen 5. Ensayo de actividad insecticida de extractos de semillas de neem sobre *Aphis Craccivora* en plantas de habichuela *Vigna unguiculata* subsp *sesquipedalis* (Carvajal, 2019)



- A. Planta infestada a las tres semanas de germinación sin aplicación de extracto.
- B. Planta después de la aplicación del extracto de semillas de Neem (500ppm) a las 48 horas
- C. Planta después de la aplicación del extracto de semillas de Neem (500ppm) a las 72 horas.

Imagen 6: Extractos de hoja de neem en método de extracción de maceración en frío.



Imagen 7. Reconocimiento de insectos plagas



Salidas de campo, reconocimiento de insectos plagas en cultivos de habichuela y frijol cabecita negra en Cereté-Córdoba (Carvajal, 2019)