

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**TESIS:**

**Actividad biocida de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube"  
en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L. Ayacucho 2024**

Para optar el título profesional de:  
**QUÍMICO FARMACÉUTICO**

PRESENTADO POR:  
**Bach. Jorge Luis TINEO QUISPE**

ASESOR:  
**Dr. Q.F. Enrique Javier AGUILAR FELICES**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

A mi familia les debo un reconocimiento eterno por el inmenso amor que me han brindado y por los invaluablees sacrificios que han realizado para hacer realidad cada una de mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, institución reconocida por su papel fundamental en la formación de excelentes profesionales comprometidos con el servicio a la sociedad.

A la Facultad de Ciencias de la Salud, en especial a la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, por la formación académica de calidad que me brindó. De igual manera, extendiendo mi reconocimiento a la plana de docentes, cuyo conocimiento y exigencia fueron fundamentales en mi desarrollo personal y profesional.

Al Dr. Q.F. Enrique Javier AGUILAR FELICES, por su sólido respaldo desde la formulación del proyecto hasta la culminación de esta investigación, desempeñando un rol fundamental en calidad de asesor.

Al Biólogo Ronald AIMITUMA AIMITUMA, por su valiosa orientación, colaboración y apoyo brindado en la conducción de este trabajo, en calidad de coasesor.

Al Dr. Carlos CARRASCO BADAJOZ, por su valiosa contribución en el procesamiento de los datos.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	13
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LA PERSPECTIVA TEÓRICA	19
2.1. Marco Referencial	19
2.1.1. Antecedentes Internacionales	19
2.1.2. Antecedentes Nacionales	21
2.1.3. Antecedentes Locales	23
2.2. Marco Teórico	25
2.2.1. <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC “cube”.	25
2.2.2. <i>Aedes aegypti</i> Linnaeus 1762	32
2.3. Marco Conceptual	35
2.3.1. Biocida	35
2.3.2. Mosquito <i>Aedes aegypti</i> L.	35
2.3.3. Extracto hidroalcohólico	35
2.3.4. Rotenona	35
2.3.5. Concentración letal media CL <sub>50</sub>	36
2.4. Marco Ético y Legal	36
2.5. Hipótesis	37
2.6. Identificación de Variables	37
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1. Alcance de Investigación	39
3.2. Diseño de Investigación	39
3.3. Unidad de Análisis	40
3.4. Población de Estudio	40
3.5. Muestra	40
3.6. Técnicas de Recolección de Datos	40
3.7. Instrumentos de Recolección de Datos	41
3.8. Diseño Metodológico	41
3.9. Análisis de Datos	44
3.10. Consideraciones Éticas	44

CAPÍTULO IV. RESULTADOS	45
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	51
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	57
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	69

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”	25
<b>Tabla 2.</b> Compuestos químicos presentes en <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	26
<b>Tabla 3.</b> Estudios farmacológicos y toxicológicos de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., y especies afines	29
<b>Tabla 4.</b> Usos tradicionales de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	30
<b>Tabla 5.</b> Especies vegetales con potencial biocida o larvicida frente a <i>Aedes aegypti</i> L.	31
<b>Tabla 6.</b> Clasificación taxonómica de <i>Aedes aegypti</i> Linnaeus, 1762	32
<b>Tabla 7.</b> Niveles de acción de la rotenona y mecanismos asociados	36
<b>Tabla 8.</b> Diseño metodológico de los tratamientos	40
<b>Tabla 9.</b> Metabolitos secundarios presentes en el extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”, Ayacucho 2025	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Estructura química de lonchocarpeno	27
<b>Figura 2.</b> Estructura química de lonchocarpina	27
<b>Figura 3.</b> Estructura química de rotenona	27
<b>Figura 4.</b> Estructura química de deguelina	28
<b>Figura 5.</b> Estructura química de tefrosina	28
<b>Figura 6.</b> Estructura química de toxícarol	28
<b>Figura 7.</b> Estructura química de isolonchocarpina	29
<b>Figura 8.</b> Representación esquemática del ciclo de vida del mosquito <i>Aedes aegypti</i> L.	34
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de mortalidad para comparar las medias del efecto biocida de cinco concentraciones del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube” sobre larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., tras 24 horas de exposición	46
<b>Figura 10.</b> Concentración letal media (CL <sub>50</sub> ) estimada mediante análisis Probit del efecto biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”, sobre larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., tras 24 horas de exposición. La línea central corresponde a la CL <sub>50</sub> , y las líneas superior e inferior representan los límites del intervalo de confianza al 95 %	47
<b>Figura 11.</b> Mortalidad porcentual de larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., a las 4, 8, 12 y 24 horas de exposición al extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube” (3,0 g/L) y al larvicida Temephos® (0,1 g/L)	48
<b>Figura 11.</b> Curva espectral UV–Visible del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”	50

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> Constancia de identificación taxonómica de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”	70
<b>Anexo 2.</b> Certificación taxonómica de <i>Aedes aegypti</i> L.	71
<b>Anexo 3.</b> Flujograma del diseño metodológico para la determinación de la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”	72
<b>Anexo 4.</b> Raíces recolectadas de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”	73
<b>Anexo 5.</b> Recolección de larvas de <i>Aedes aegypti</i> L., en los barrios de Maravilla, Mariscal Cáceres, Valle Dorado y Santa Rosa del distrito de Pichari 2025	74
<b>Anexo 6.</b> Flujograma del procedimiento de la obtención del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”, Ayacucho 2025	75
<b>Anexo 7.</b> Preparación de las concentraciones a ensayar del extracto hidroalcohólico de las raíces de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube” en el Laboratorio de Farmacognosia, Ayacucho 2025	76
<b>Anexo 8.</b> Screening fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”, Ayacucho 2025	77
<b>Anexo 9.</b> Esquema de las reacciones del screening fitoquímico realizadas con el extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube”.	78
<b>Anexo 10.</b> Selección de larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., laboratorio de Vectores, Pichari – VRAEM	79
<b>Anexo 11.</b> Preparación de diluciones del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube” y evaluación de su efecto biocida en larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., en el Laboratorio de Vectores, Pichari – VRAEM	80
<b>Anexo 12.</b> Porcentaje de mortalidad larvaria de <i>Aedes aegypti</i> L., para cada una de las concentraciones evaluadas	81

<b>Anexo 13.</b>	Prueba de Kruskal - Wallis para comparar las medias del efecto biocida de las cinco concentraciones del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube” sobre larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., tras 24 horas de exposición	82
<b>Anexo 14.</b>	Concentración letal media (CL <sub>50</sub> ) mediante análisis Probit del efecto biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube” sobre larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., tras 24 horas de exposición	83
<b>Anexo 15.</b>	Mortalidad porcentual de larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., a las 4, 8, 12 y 24 horas de exposición al extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., “cube” (3,0 g/L) y al larvicida Temephos® (0,1 g/L)	84
<b>Anexo 16.</b>	Matriz de definición y operacionalización de las variables	85
<b>Anexo 17.</b>	Matriz de consistencia	86

## RESUMEN

El uso de extractos vegetales como alternativa al control químico de vectores ha cobrado relevancia por su bajo impacto ambiental y su menor riesgo de generar resistencia. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube" en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L. La raíz se recolectó de la comunidad de Sankirwato (UTM: Norte: 8623700.67 y Este: 624608.95), del distrito de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco. Se realizó el screening fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., y la evaluación de la actividad biocida se efectuó de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Organización Mundial de la Salud; para ello, se utilizaron concentraciones de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 y 3,0 g/L, registrándose la mortalidad a las 24 horas. Los resultados obtenidos en el ensayo de screening fitoquímico muestran la presencia de cumarinas, saponinas, azúcares reductores, aminoácidos/péptidos libres, fenoles, resinas, cardenólidos, flavonoides, triterpenos y antraquinonas. El bioensayo de actividad biocida mostró una mortalidad dependiente de la concentración, alcanzando el 100 % a una concentración de 2,0 g/L. En comparación, el larvicida control Temephos® 0,1 g/L también logró el 100 % de mortalidad en el mismo periodo de exposición, hallándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), asimismo, la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) fue estimada en 0,41 g/L. Se concluye que el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., tiene actividad biocida en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L.

**Palabras clave:** *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., actividad biocida, biocida natural, *Aedes aegypti* L, concentración letal media.

## ABSTRACT

The use of plant extracts as an alternative to chemical vector control has gained relevance due to their low environmental impact and reduced risk of resistance development. In this context, the present study aimed to evaluate the biocidal activity of the hydroalcoholic extract from the root of *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube", against the fourth larval stage (LIV) of *Aedes aegypti* L. The root was collected from the community of Sankirwato (UTM: North: 8623700.67 and East: 624608.95), district of Pichari, province of La Convención, Cusco department. A phytochemical screening of the hydroalcoholic extract of *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., was conducted, and the evaluation of its biocidal activity was carried out following the guidelines established by the World Health Organization. Concentrations of 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, and 3.0 g/L were tested, and larval mortality was recorded after 24 hours. The phytochemical screening revealed the presence of coumarins, saponins, reducing sugars, free amino acids/peptides, phenols, resins, cardenolides, flavonoids, triterpenes, and anthraquinones. The biocidal activity bioassay showed a concentration-dependent mortality, reaching 100 % at 2.0 g/L. In comparison, the control larvicide Temephos® 0.1 g/L also achieved 100 % mortality within the same exposure period, with statistically significant differences ( $p < 0.05$ ). Furthermore, the median lethal concentration ( $LC_{50}$ ) was estimated at 0.41 g/L. It is concluded that the hydroalcoholic extract of the root of *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC. exhibits biocidal activity against the fourth larval stage of *Aedes aegypti* L.

**Keywords:** *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., biocidal activity, natural biocide, *Aedes aegypti* L., median lethal concentration.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El mosquito *Aedes aegypti* L., es uno de los principales vectores de enfermedades metaxénicas virales como el dengue, chikungunya, zika y la fiebre amarilla urbana, las cuales, representan una gran amenaza para la salud pública en las regiones tropicales y subtropicales. Controlar la población del mosquito se ha convertido en un desafío importante para la salud pública, debido a su capacidad de adaptarse y reproducirse en diversos entornos. Ante este contexto surge la necesidad de explorar nuevas alternativas ecológicas, como bioinsecticidas derivados de plantas que sean eficientes y ambientalmente seguras para el control de *Aedes aegypti* L., en sus estadios larvales (Kandel *et al.*, 2019).

En la actualidad, la resistencia a los insecticidas es un problema creciente y ha sido definida por el Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas (IRAC, 2019) como un cambio heredable en la sensibilidad de una población de insectos; este fenómeno se debe al uso incorrecto o excesivo de insecticidas, lo que favorecen la supervivencia de los mosquitos.

Este estudio aborda la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube", en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L., para el cual, se evaluaron diferentes concentraciones del extracto con el propósito de identificar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) y determinar su viabilidad como alternativa para el control de vectores. El enfoque se delimitó al estudio del estadio larval IV, debido a la relevancia en la supervivencia del mosquito y su resistencia a otros métodos de control químico, que a menudo generan resistencia en la población de mosquitos (Amariles *et al.*, 2013).

El cube se comporta como biocida, principalmente, por la presencia de rotenona, un compuesto insecticida de origen natural que actúa inhibiendo la cadena de transporte de electrones en la mitocondria, bloqueando la producción de energía (ATP) en las células de las larvas, lo que provoca su inmovilización y muerte (Li *et al.*, 2003). Además, otros metabolitos secundarios, como flavonoides, triterpenos y saponinas, pueden potenciar este efecto al alterar la permeabilidad celular y afectar procesos fisiológicos esenciales (Harborne, 1998).

Por lo expuesto, el problema de investigación planteado fue el siguiente:  
¿Tendrá el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube", actividad biocida en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L.?

Por estas razones, se desarrolló el presente trabajo de investigación, teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Evaluar la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube" en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube", en diferentes concentraciones sobre el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L., a las 24 horas de exposición.
- Determinar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube".
- Comparar la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube", con el larvicida Temephos®.
- Realizar el screening fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube".

## CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LA PERSPECTIVA TEÓRICA

### 2.1. Marco Referencial

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Mariños *et al.* (2004), llevaron a cabo un bioensayo acerca del efecto biocida de la raíz de *Lonchocarpus utilis* Smith., “barbasco” como regulador de larvas de mosquitos. La metodología utilizada se basó en un estudio experimental de carácter cuantitativo, en el cual se midió la actividad biocida a través de cinco dosis de polvo de la raíz diluidas en agua destilada: 0,15; 1,0; 2,1; 3,1 y 6,25 g/L, para cada dosis emplearon 1 mL. Hallaron que, a las 12 horas de exposición, las concentraciones más elevadas: 3,1 g/L y 6,25 g/L, generaron niveles de mortalidad larval del 89 % y 98 %, respectivamente; mientras que, en agua proveniente de criaderos artificiales, se registraron tasas de 82 % y 86 %, respectivamente. Después de 24 horas, los niveles de mortalidad se incrementaron hasta alcanzar el 94 % y 99 % en agua destilada, y el 90 % y 93 % en agua de criaderos artificiales. Esto les permitió concluir que, el uso del polvo de raíz de resultó eficaz contra larvas de *Aedes benarrochi* L., posicionándose como un agente biocida potencial.

Sanabria *et al.* (2009), realizaron un ensayo experimental enfocado en evaluar la acción larvicida de extractos vegetales obtenidos a partir de plantas frente a larvas de *Aedes aegypti* L. La metodología utilizada se basó en un estudio experimental, donde se realizaron bioensayos utilizando extractos acuosos de las plantas en diversas concentraciones, con un mínimo del 5 %, y un control positivo con Temephos® al 1 %. La mortalidad de las larvas fue evaluada tras 72 horas de exposición. Los principales resultados muestran que las semillas de *Annona muricata* L., mostraron alta eficacia larvicida incluso al 5 %, comparable con el control positivo, respectivamente; mientras que, los extractos de *Melia azederach* L., y *Zanthoxylum chiloperone* Mart. ex Engl., no evidenciaron actividad larvicida. En el caso de *Bulnesia sarmentoi* Lorentz ex Griseb., y *Bixa orellana* L., se evidenció una actividad larvicida leve, logrando una mortalidad del 18 % en las larvas tras 72 horas de exposición. Esto permitió concluir que la *A. muricata* L., representa una opción prometedora para el manejo del mosquito, contribuyendo a disminuir la presencia del vector del dengue en áreas tropicales.

González *et al.* (2013), realizaron un estudio sobre el efecto insecticida de extractos vegetales en larvas de *Culex tarsalis* Coquillet., a nivel de laboratorio. La metodología de investigación fue de tipo experimental y cuantitativo, se obtuvieron extractos metanólicos y hexánicos a partir de plantas, en donde se procedió a realizar los respectivos ensayos. Las concentraciones que fueron sometidas a las pruebas fueron: 400, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 ppm, registrando las tasas de mortalidad larval a las 24, 48 y 72 horas después de la aplicación de los tratamientos. Los resultados fueron analizados con el programa Probit para poder determinar la CL<sub>50</sub>. Los extractos de *Annona muricata* L., *Carica papaya* L., y *Azadirachta indica* A. Juss., alcanzaron los mejores niveles de eficacia, logrando en la dosis de 1000 ppm, una mortalidad superior al 80 % desde las primeras 24 horas. Llegaron a la conclusión de que los extractos vegetales constituyen una alternativa prometedora para el control de esta especie.

Suret (2020), realizó un estudio para evaluar la actividad larvicida e insecticida de extractos etanólicos obtenidos de tallos de *Equisetum arvense* L., “cola de caballo” y de la corteza de *Quassia amara* L., “cuasia” frente a larvas de *Aedes aegypti* L. La metodología de investigación empleada fue de tipo experimental, para ello se prepararon ocho concentraciones: 0,124; 0,150; 0,50; 1,0; 3,0; 6,0; 9,0 y 20,0 mg/mL, la mortalidad larval se registró a las 24 horas posteriores a la aplicación de los tratamientos. Los resultados fueron analizados mediante el programa Probit, obteniéndose una CL<sub>50</sub> de 317,56 mg/mL para “cola de caballo” y de 421,28mg/mL para “cuasia”. A la concentración de 20,0 mg/mL se alcanzaron porcentajes de mortalidad de 31,48 % y 54,63 % respectivamente. Se concluye que los extractos vegetales evaluados representan una alternativa prometedora para el control biológico de mosquitos de importancia medica en la salud pública.

Flores (2022), realizó un estudio para evaluar el efecto larvicida de extractos hidroalcohólicos elaborados a partir de semillas de *Bixa orellana* L., “urucú” y hojas de *Annona squamosa* L., “chirimoya” frente a larvas del mosquito de *Aedes aegypti* L. La metodología utilizada se basó en un estudio experimental; el material vegetal fue recolectado en la localidad de Santa Cruz de la Sierra, mientras que las larvas se recolectaron mediante levantamientos entomológicos en las localidades de Clara Chuchio y Warnes. Se realizaron dos ensayos en diferentes tiempos; en la primera prueba, el extracto de *Bixa orellana* L., presentó una mortalidad del 9,05 %, mientras que, el extracto de *Annona squamosa* L., alcanzó el 12,4 % y; en la segunda prueba, la

mortalidad aumentó a 34 % para el primero y 47,1 % para el segundo. El estudio concluyó que ambas especies vegetales presentaron un potencial larvicida que justifica una evaluación más profunda en condiciones estandarizadas, considerando su posible uso en el control del mosquito vector.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Gonzales (2007), llevó a cabo un estudio enfocado en comparar el costo-efectividad del uso de *Lonchocarpus utilis* Smith., “barbasco” frente al control químico tradicional, aplicado al vector adulto de *Aedes aegypti* L., en el Alto Huallaga. La metodología utilizada se basó en un estudio cuasi experimental, donde se midió la efectividad del rociado espacial utilizando dos formulaciones biocidas. La intervención consistió en tres ciclos de aplicación con un intervalo de 7 días entre ellos; la evaluación del impacto se realizó empleando los tres indicadores entomológicos Índice Aédico, Índice Recipientes y Índice Breteau y los resultados mostraron que el rociado espacial fue efectivo para reducir la infestación en las áreas tratadas. Se observaron diferencias significativas en los índices antes y después de la intervención. Llegando a concluir que, el estudio permitió evidenciar que el tratamiento del rociado fue eficaz para disminuir la presencia del vector, observando un descenso notable en la población de mosquitos adultos.

Callo y Farfán (2011), realizaron una investigación enfocada en evaluar la actividad insecticida del extracto etanólico de las semillas de *Annona muricata* L., “mazasamba” sobre larvas de *Aedes aegypti* L. La metodología empleada se basó en un estudio experimental donde se prepararon cuatro concentraciones diferentes: 50,0; 500; 5,000 y 10,000 ppm. El experimento se ejecutó en condiciones controladas, donde se expusieron 10 larvas en vasos con agua declorada junto al extracto preparado. Los resultados, analizados mediante el programa Probit, determinaron una  $CL_{50}$  de 3,667 ppm a las 42 horas de exposición. Asimismo, en la concentración de 10,000 ppm se logró una mortalidad del 100 % desde las primeras 37 horas. Llegando a la conclusión de que los extractos vegetales constituyen una alternativa prometedora para el control biológico de mosquitos de importancia medica en la salud pública.

Gómez *et al.* (2014), realizaron un estudio comparativo para determinar la eficacia del uso de *Lonchocarpus utilis* Smith., “barbasco” frente a la Deltametrina® en el control larvario de *Aedes aegypti* L., realizado en el Alto Huallaga durante los años 2008–2009. La metodología se basó en un estudio experimental. Se emplearon raíces frescas, cortadas en fragmentos de 2 cm de diámetro, deshidratadas a 50 °C

durante 48 horas y luego trituradas manualmente con un molino hasta obtener un polvo fino. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores del Índice Aédico antes y después de la aplicación del *L. utilis.*, lo que refleja su efectividad en el control del vector. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) al comparar los valores del Índice Aédico tras aplicar Deltametrina®, lo cual sugiere que ambos tratamientos presentaron niveles similares de eficacia. Se concluye que, si bien la Deltametrina® mostró una eficacia ligeramente superior frente al uso del “barbasco”.

Rojas *et al.* (2015), realizaron un bioensayo enfocado en evaluar el uso de *Sapindus saponaria* L., como agente biocida contra *Aedes aegypti* L., bajo condiciones *in vitro*. La metodología empleada se basó en un estudio experimental. La recolección de frutos se llevó a cabo en la sierra del Perú, siendo sometidos a un proceso de despepado y secado a 105 °C, fueron triturados con ayuda de un mortero hasta lograr una mezcla uniforme. Para obtener el extracto, se mezclaron 530 g de polvo con etanol al 96 %, generando una solución homogénea. Posteriormente, el extracto fue concentrado mediante hidrodestilación, mediante la técnica de arrastre de vapor. Se prepararon tres concentraciones: 0,092 g/mL; 0,160 g/mL y 0,9 g/mL, para la evaluación biocida, las larvas en estadios II, III y IV fueron distribuidos en grupos de 20 en 100 mL de agua para ello se realizaron tres repeticiones por cada concentración y un control negativo. Los resultados mostraron que la concentración de 0,9 g/mL provocó una mortalidad del 100 % de las larvas tras 24 horas exposición. Llegando a concluir que el extracto vegetal posee un potencial biocida natural, atribuido principalmente a su alto contenido de saponinas 1,3 %.

González (2020), realizó un estudio para evaluar el efecto biocida de extractos etanólicos elaborados a partir de semillas de *Annona muricata* L., “mizasamba” y *Carica papaya* L., “papaya” frente a larvas del mosquito de *Aedes aegypti* L. La metodología utilizada se basó en un estudio experimental; el material vegetal y las larvas fueron recolectados en la provincia de La Convención, departamento de Cusco. Las concentraciones que fueron sometidas a las pruebas fueron: 10, 100, 1000, 10,000 y 50,000 ppm, registrando las tasas de mortalidad larval a las 12, 24 y 36 horas después de la aplicación de los tratamientos. Los resultados fueron analizados mediante el programa Probit, determinándose una  $DL_{50}$  de 19,054 ppm a las 24 horas para ambas especies. A la concentración de 50,000 ppm se alcanzó una mortalidad del 100 % desde las primeras 12 horas. Llegando a la conclusión de que los extractos vegetales

constituyen una alternativa prometedora para el control biológico de mosquitos de importancia medica en la salud pública.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Pino (2013), realizó una investigación enfocada en evaluar la actividad larvicida del extracto hidroalcohólico de las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “quinua” sobre larvas de *Culex quinquefasciatus* Say., en el estadio III. La metodología empleada se basó en un estudio experimental donde se prepararon cinco concentraciones diferentes: 10,0; 12,0; 15,0; 17,0 y 20,0 g/L. El experimento se ejecutó en condiciones controladas, donde se expusieron 10 larvas en vasos con agua declorada junto al extracto preparado. La mortalidad fue medida después de 24 horas y se calcularon los valores de la CL<sub>50</sub> usando el software Probit y se realizó el screening fitoquímico para determinar la presencia de compuestos activos. Los resultados mostraron que las concentraciones más altas 17,0 y 20,0 g/L, causaron mortalidades del 68 % y 85 %, con una CL<sub>50</sub> de 14,97 g/L. Esto permitió concluir que, los alcaloides, saponinas, azúcares reductores y flavonoides fueron los principales responsables del efecto larvicida observado.

Flores (2014), realizó una investigación enfocada en evaluar la actividad biocida del extracto hidroalcohólico obtenido a partir de las hojas de *Ambrosia arborescens* Mill., “marco” frente a las larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* Say. La metodología empleada se basó en un estudio experimental que consistió en preparar un extracto hidroalcohólico concentrado de 60,000 mg/L, que se diluyó en siete concentraciones diferentes: 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5 y 10,0 mg/L. El experimento se ejecutó en condiciones controladas, donde se expusieron 10 larvas en vasos con agua declorada junto al extracto preparado. La mortalidad fue medida después de 24 horas y se calcularon los valores de la CL<sub>50</sub> usando el método de análisis Probit y se realizó el screening fitoquímico para determinar la presencia de compuestos activos. Los resultados mostraron que las concentraciones más altas 9,0 a 10,0 mg/L, causaron mortalidades del 54 % y 58 %, con una CL<sub>50</sub> de 8,84 mg/L. Esto permitió concluir que, los alcaloides, triterpenos y esteroides fueron los principales responsables del efecto biocida observado.

Saume (2016), realizó una investigación enfocada en evaluar el efecto biocida del extracto hidroalcohólico obtenido a partir de las hojas de *Lupinus paniculatus* Desr., “qera” frente a las larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* Say. La metodología usada se basó en un estudio experimental que consistió en preparar un extracto

hidroalcohólico concentrado de 80,000 ppm (80 g/L), que se diluyó en cinco concentraciones diferentes: 15,000 y 25,000 ppm (15 a 25 g/L). El experimento se ejecutó en condiciones controladas, donde se expusieron 10 larvas en vasos con agua declorada junto al extracto preparado. La mortalidad fue medida después de 24 horas. Se calcularon los valores de CL<sub>50</sub> usando el método Probit y se realizó el screening fitoquímico para determinar la presencia de compuestos activos. Los resultados mostraron que las concentraciones más altas 22,500 a 25,000 ppm (22,5 a 25 g/L) causaron mortalidades del 38 % al 58 %, con una CL<sub>50</sub> de 24,1 ppm. Esto permitió concluir que, los alcaloides, compuestos fenólicos, lactonas y esteroides fueron los principales responsables del efecto biocida observado.

Quispe (2017), realizó un estudio acerca del efecto biocida del extracto hidroalcohólico de semillas de *Lupinus mutabilis* Sweet., “tarwi” sobre larvas de *Culex quinquefasciatus* Say. La metodología se basó en un estudio experimental donde se prepararon seis diluciones a partir de una solución madre de 40,000 mg/L. Las diluciones finales fueron: 3,000; 4,000; 5,500; 7,000; 9,000 y 11,000 mg/L, donde se tuvieron que probar sobre grupos de 10 larvas del mosquito, se utilizó agua declorada como control y Temephos® como control positivo y la mortalidad larval se evaluó después de 24 horas, y se calculó la CL<sub>50</sub> mediante análisis Probit. Las concentraciones de 9,000 y 11,000 mg/L, provocaron mortalidades del 70 % y 75 %, mientras que, las concentraciones más bajas de 3,000 y 5,500 mg/L mostraron una mortalidad del 32,5 % al 35 %. La CL<sub>50</sub> se estimó en 6,36 mg/L, con un límite de confianza del 95 %. Esto permitió concluir que, los alcaloides y lactonas fueron los principales compuestos responsables de la mortalidad larval, mientras que, los taninos, saponinas y aminos presentaron menores concentraciones.

Martínez (2020), realizó un estudio experimental orientado a evaluar el potencial biocida de extractos provenientes de *Dieffenbachia cannifolium* (Kunth.) Schott., *Xanthosoma poeppigii* Schott., *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., y *Clibadium surinamense* L., dirigidos al control de larvas del mosquito *Aedes aegypti* L. La metodología usada se basó en un estudio experimental en donde se prepararon cinco concentraciones de extracto 15,000 a 25,000 ppm (15 a 25 g/L). Se realizaron lecturas después de 24 horas y los datos fueron analizados mediante el método Probit para determinar la concentración letal media CL<sub>50</sub>. Se observó una mortalidad larval de entre 38 % y 58 %, a las concentraciones de 22,500 a 25,000 ppm (22,5 g/L a 25,0 g/L) y la CL<sub>50</sub> resultó ser de 24,073 ppm (24,073 g/L). Concluyó que, los alcaloides, compuestos

fenólicos y lactonas fueron los principales metabolitos responsables del efecto biocida observado en las larvas del mosquito.

## 2.2. Marco Teórico

### 2.2.1. *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., “cube”.

#### 2.2.1.1. Clasificación Taxonómica (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., “cube”

<b>Categoría</b>	<b>Descripción.</b>
División	: MAGNOLIOPHYTA
Clase	: MAGNOLIOPSIDA
Subclase	: ROSIDAE
Orden	: FABALES
Familia	: PAPILIONACEAE
Género	: Lonchocarpus
Especie	: <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.
Nombre vulgar	: “Cube”

*Nota.* Constancia emitida por la bióloga Laura Medina Aucasime, especialista en taxonomía y sistemática de plantas (Anexo 1).

**2.2.1.2. Sinonimia Botánica.** *Amerimnon latifolium* Willd., *Dalbergia pentaphylla* Poir., *Dalbergia pentaphylla* Poir., *Derris latifolia* Pato., *Derris nicou* Aubl. JF Macbr., *Lonchocarpus discolor* Huber., *Lonchocarpus heptaphyllus* Poir. DC., *Lonchocarpus latifolius* DC., *Lonchocarpus pentaphyllus* Poir. Kunth ex DC., *Lonchocarpus swartzii* DC., *Lonchocarpus utilis* A.C. Sm., *Robinia nicou* Aubl. y *Robinia sepium* Sw. (Tozzi y Silva, 2007).

**2.2.1.3. Descripción botánica.** Presenta un sistema radicular axonomorfo, caracterizado por raíces robustas y bien desarrolladas que almacenan altas concentraciones de rotenona, un compuesto de naturaleza tóxica. Sus hojas son compuestas, alternas y presentan una estructura imparipinnada; el pecíolo muestra un engrosamiento basal. En cuanto al tallo, es de forma cilíndrica, ramificada, nudosa y textura semileñosa. Presenta inflorescencia en racimo, con pequeñas flores. El fruto es tipo legumbre o vaina larga, aplanada, aguda; alcanza alturas de 2,5 hasta 5 metros y se adapta bien a entornos tropicales (Very, 2005).

**2.2.1.4. Distribución geográfica.** Es una especie vegetal que forma parte de la familia Fabaceae, la cual agrupa alrededor de 150 especies a nivel mundial, de las cuales 10 especies se encuentran en el Perú. Esta especie es oriunda de regiones tropicales de América Central y del Sur, donde crece como arbusto o árbol pequeño (Luzuriagaimbo *et al.*, 2020).

**2.2.1.5. Composición química.** La composición química de las raíces, hojas y tallos de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., “cube” ha sido ampliamente estudiada durante los últimos años (Tabla 2).

**Tabla 2**

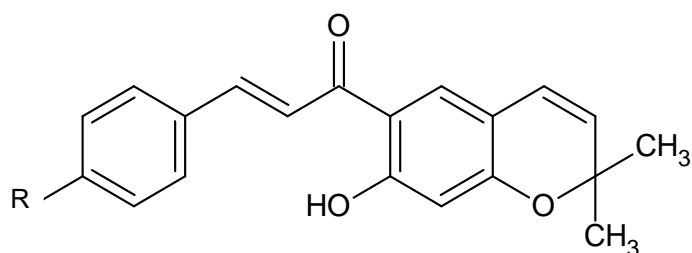
*Compuestos químicos presentes en Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC.*

Grupo	Compuestos químicos	Parte de la planta	Referencia
Rotenoides.	Rotenona (44 %), rotenolona (6.7 %), deguelina (22 %), tefrosina (4.3 %).	Raíces.	(Luzuriagaimbo <i>et al.</i> , 2020); (Very, 2005); (Magalhães <i>et al.</i> , 2000).
Isoflavonas.	Isoflavonas con anillos pirano/furano.	Raíces, tallos y hojas.	(Luzuriagaimbo <i>et al.</i> , 2020).
Flavonoles prenilados.	Prenil-urucuel A, prenil-isotirumalina, prenilutilinol.	Raíces.	(Luzuriagaimbo <i>et al.</i> , 2020).
Flavonas preniladas.	3'-metoxilupinifolina, (2S)-6-( $\gamma,\gamma$ -dimetilalil)-5,4'-dihidroxi-3'-metoxi-6'',6''-dimetilpirano, prenilutilina.	Raíces.	(Luzuriagaimbo <i>et al.</i> , 2020).
Flavanonas preniladas.	Flavanona.	Raíces.	(Luzuriagaimbo <i>et al.</i> , 2020).
Flavonoides diversos de <i>Lonchocarpus latifolius</i> .	3,5-dimetoxi-2,2-dimetilpirano-5,6:8,7-flavona, 3-metoxi-2,3:7,8-furanoflavona, 3,4-metilendioxi-2,3:7,8-furanoflavona.	Raíces.	(Magalhães <i>et al.</i> , 2000).
Estilbenos.	Lonchocarpeno, metoxilonchocarpeno, 3,5-dimetoxi-4-O-prenil-cis-estilbeno.	Raíces.	(Luzuriagaimbo <i>et al.</i> , 2020).
Chalconas.	4-hidroxilonchocarpina	Raíces	(Luzuriagaimbo <i>et al.</i> , 2020).
Otros flavonoides.	Caranjacromeno, karanjina, lanceolatina B, pongacromeno, pongaglabrona, ponganpina.	Raíces	(Magalhães <i>et al.</i> , 2000).

### 2.2.1.5.1 Estructura química de los rotenoides (Figuras 1,2,3,4,5,6 y7)

#### Figura 1

Estructura química de lonchocarpeno

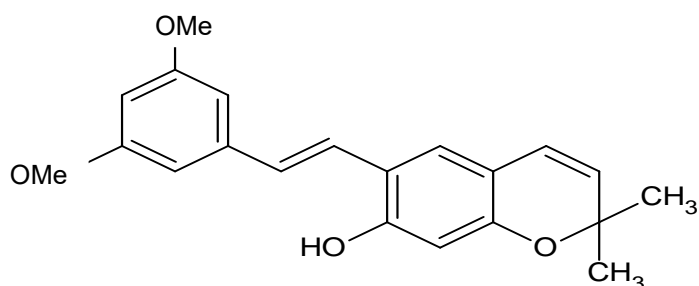


Nombre químico: 5 - hidroxí -7- metoxi - 3 - (2,4 - dimetoxifenil) - 4H - 1 - benzopiran - 4 - ona.

Nota: tomado de (Lee y Gong, 2012).

#### Figura 2

Estructura química de lonchocarpina

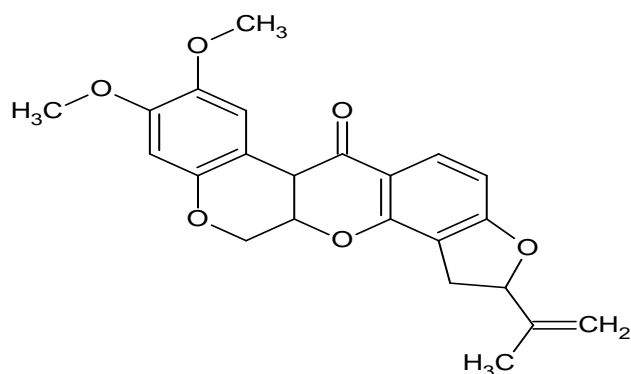


Nombre químico: 1- [2,4,5 - trimetoxi - 6 - (3 - metilbut - 2 - enil) fenil] - 3 - (4 - metilfenil) prop - 2 - en - 1- ona.

Nota: tomado de (Lee y Gong, 2012).

#### Figura 3

Estructura química de rotenona

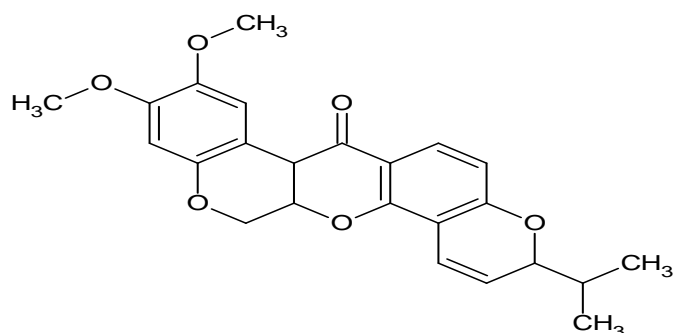


Nombre químico: (2R, 6aS, 12AaS) - 1, 2, 12, 12a - Tetrahidro - 8,9 - dimetoxi - 2 - (1 - propenil) - 6H [1] benzofuro [3,2 - c] [1] benzopiran - 6 (6aH) - ona.

Nota: tomado de (Lee y Gong, 2012).

#### Figura 4

Estructura química de deguelina

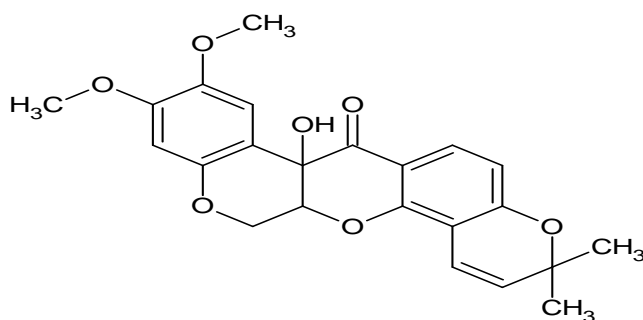


Nombre químico: (2R, 6aS, 12AaS) - 1, 2, 12, 12a - Tetrahidro - 8,9 - dimetoxi - 2 - (1 - metiletil) - 6H [1] benzofuro [3,2 - c] [1] benzopiran - 6 (6aH) - ona.

Nota: tomado de (Rao *et al.*, 2020).

#### Figura 5

Estructura química de tefrosina

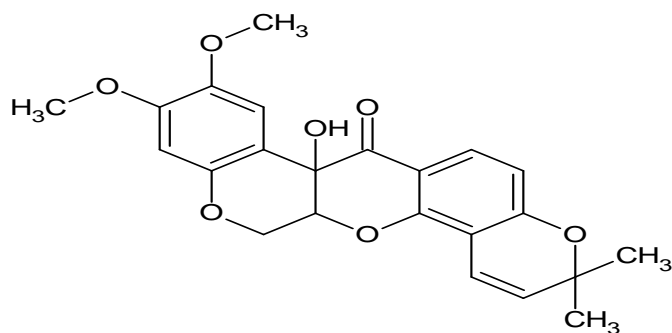


Nombre químico: (2R, 3R, 6aS, 12aS) - 2,3, 6a, 12a - Tetrahidro - 8,9 - dimetoxi - 3 - hidroxil - 2 - (1-metiletil) - 6H - [1] benzofuro [3,2 c] [1] benzopiran - 6 - ona.

Nota: tomado de (Rao *et al.*, 2020).

#### Figura 6

Estructura química de toxicarol

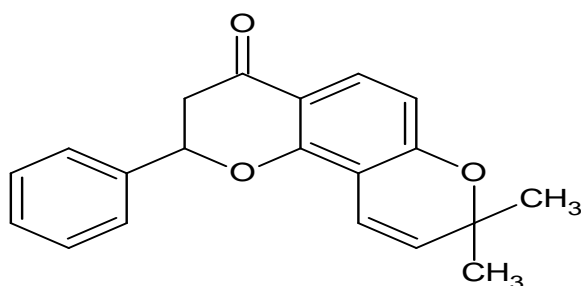


Nombre químico: (2R, 3R, 6aS, 12aS) - 8,9 - dimetoxi - 3 - hidroxil - 2 - (1 - metiletil) - 6H - [1] benzofuro [3,2 - c] [1] benzopiran - 6(2H) - ona.

Nota: tomado de (Rao *et al.*, 2020).

## Figura 7

### Estructura química de isolonchocarpina



Nota. (8,8 - dimethy 1 - 2 - pheny 1 - 2,3 - dihydro - 4H,8H - venzo [1,2 - b:3,4 - b'] dipyrano - 4 - one).

Nota: tomado de (Rao *et al.*, 2020).

**2.2.1.6. Estudios farmacológicos y toxicológicos.** Diversos estudios experimentales han permitido precisar múltiples actividades biológicas en extractos de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC. (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Estudios farmacológicos y toxicológicos de Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., y especies afines

Tipo de extracto / compuesto.	Actividad / efecto observado	Resultados destacados	Referencias
Rotenona (compuesto aislado de la raíz).	Neurotoxicidad en mamíferos (modelo animal).	Asociada con efectos similares al Parkinson por estrés.	(Sherer <i>et al.</i> , 2003).
Extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	Antimicrobiana (bacterias y hongos).	Presencia de compuestos fenólicos y alcaloides responsables de dicha actividad.	(Nascimento <i>et al.</i> , 2000).
Extracto etanólico e hidroalcohólico de la hoja y tallo de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., y otras especies.	Leishmanicida ( <i>Leishmania peruana</i> , <i>Leishmania braziliensis</i> ).	Efectiva <i>in vitro</i> , pero con una alta toxicidad, se requiere estudios futuros.	(Arévalo <i>et al.</i> , 2022).
Extracto etanólico de la raíz de <i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.).	Antitripanosómica ( <i>Trypanosoma cruzi</i> ).	Potencial farmacológico atribuido a derricina, lonchocarpina e isocordoína; requiere estudios futuros.	(Bortoluzzi <i>et al.</i> , 2020).
Rotenona (compuesto aislado de la raíz).	Neurotoxicidad en mamíferos (modelo animal).	Asociada con efectos similares al Parkinson por estrés.	(Sherer <i>et al.</i> , 2003).

**Tabla 3**

Continuación...

<b>Tipo de extracto / compuesto.</b>	<b>Actividad / efecto observado</b>	<b>Resultados destacados</b>	<b>Referencias</b>
Extracto etanólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC. Rotenona (compuesto aislado de la raíz).	Acaricida frente a <i>Sarcoptes scabiei</i> en ratones de laboratorio. Insecticida.	Disminución significativa de la infestación, con mejorías clínicas. Inhibe la cadena de transporte de electrones mitocondrial, útil contra <i>Aedes aegypti</i> L.	(Escobedo y Martel, 2016) (Lopez <i>et al.</i> , 2020).

**2.2.1.7. Usos tradicionales.** Diversos estudios y saberes ancestrales han evidenciado que el polvo obtenido de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC. (Tabla 4).

**Tabla 4**Usos tradicionales de la de raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.

<b>Ámbito</b>	<b>Uso / Aplicación</b>	<b>Parte de planta empleada</b>	<b>Evidencia / Observación</b>	<b>Referencia</b>
Entomología.	Insecticida natural contra <i>Neoconocephalus sp</i> (adultos).	Raíz.	Alteración motora, parálisis progresiva, mortalidad del 70 % en 6 horas y 100 % en 24 horas.	(Artabe y Cajilima, 2023).
Industria agrícola.	Insecticida natural en cultivos.	Raíz.	Alta concentración de rotenona; menos dañino para el entorno que, otros pesticidas sintéticos	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2005).
Medicina tradicional.	Antiinflamatorio, antipirético y analgésico (uso externo e interno).	Raíz.	Infusiones y ungüentos aplicados externamente para aliviar dolores musculares, fiebre y artritis.	(Duke y Vásquez, 1994).
Ganadería	Prevención y control de ectoparásitos externos.	Raíz	Efectivo en animales de sangre caliente por su corto poder residual y bajo poder tóxico.	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2005).
Ecotoxicología.	Toxicidad en hábitat acuático.	Raíz.	Altamente tóxico para (peces y crustáceos).	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2005).

### 2.2.1.8. Plantas con actividad biocida/larvicida frente a *Aedes aegypti* L.

Para el control biológico de mosquitos, diversas especies de plantas han demostrado tener un potencial biocida/larvicida (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Especies vegetales con potencial biocida/larvicida frente a Aedes aegypti L.*

Planta	Parte utilizada	Tipo de extracto	Actividad biológica	Mecanismo de acción	Referencias
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Hojas y semillas.	Etanólico	Larvicida y repelente.	La azadiractina inhibe la alimentación y bloquea el proceso de muda.	(Priya <i>et al.</i> , 2023).
<i>Millettia pinnata</i> .	Semillas.	Etanólico	Larvicida.	Los flavonoides alteran la integridad de membrana celular.	(Perumalsamy <i>et al.</i> , 2015)
<i>Ocimum sanctum</i> L.	Hojas.	Aceite esencial.	Larvicida.	Afectan la respiración larval.	(Nawarathne y Dharmarathne, 2024)
<i>Annona muricata</i> L.	Semillas.	Etanólico	Larvicida.	Acetageninas bloquean la cadena respiratoria	(Yang <i>et al.</i> , 2004)
<i>Piper nigrum</i> L.	Frutos.	Etanólico	Larvicida.	La piperina y amida alteran la actividad motora.	(Pereira <i>et al.</i> , 2021)
<i>Bocageopsis multiflora</i> .	Hojas.	Aceite esencial.	Larvicida y adulticida.	Los sesquiterpenos inhiben las enzimas claves en el metabolismo.	(Silva <i>et al.</i> , 2024)
<i>Ricinis communis</i> L.	Semillas.	Crudo.	Larvicida.	Ricina y toxinas provocan lisis celular.	(Baz <i>et al.</i> , 2024)

**2.2.1.9. Datos ecotoxicológicos.** La rotenona se encuentra presente en diferentes especies del género *Lonchocarpus*, siendo su principal metabolito activo. Su uso es a nivel mundial debido a que contiene un amplio espectro de propiedades insecticidas, acaricidas y pesticidas. La intoxicación en personas, insectos, animales y

peces ocurre porque se bloquea el complejo I de la cadena respiratoria en las mitocondrias, lo que provoca muerte celular por apoptosis debido a la producción excesiva de radicales libres (Ramesh y Robin, 2022).

**2.2.1.10. Toxicidad aguda.** Estudios han demostrado que el valor de la CL<sub>50</sub> de la rotenona por vía oral para ratas oscila entre los 60 - 135 mg/kg, 350 mg/kg para ratones y para humanos 300 - 500 mg/kg es decir de 21 y 35 g para una persona de aproximadamente 70 kg. Estos niveles pueden causar efectos tóxicos agudos como náuseas, vómitos, diarrea, deterioro función cardiopulmonar y pérdida de la función locomotora. En peces, la exposición oscila entre 0,1 - 10 g  $\mu$ /L, interfiriendo en la respiración celular y causando la muerte por hipoxia (Ramesh y Robin, 2022).

**2.2.1.11. Toxicidad crónica.** Se define como la capacidad de una sustancia o compuesto químico para producir efectos nocivos en un organismo tras una exposición continua o repetida durante un periodo prolongado. Estos efectos pueden perdurar en el organismo durante toda la vida y manifestar de una forma progresiva, incluyendo alteraciones fisiológicas, cambios en el comportamiento, afectaciones en la reproducción y en el crecimiento (Mendoza, 2008).

**2.2.1.12. Valores de NOAEL (nivel sin efecto adverso observado) y NOEL (nivel sin efecto observado).** Estudios preliminares de toxicidad crónica con *Daphania magna*, se determinó un valor de NOEL de 1,25  $\mu$ g/L, correspondiente a la dosis más alta que no presento efectos negativos sobre la supervivencia. De igual manera, se estimó un valor de NOEL equivalente, ya que por debajo del umbral no se registró ninguna alteración. Estos parámetros nos ayudan a permitir establecer límites en futuras aplicaciones con el extracto hidroalcohólico de la raíz *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., en criaderos artificiales (Rach *et al.*, 1988).

## 2.2.2. *Aedes aegypti* L.

### 2.2.2.1. Clasificación Taxonómica (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Clasificación taxonómica de Aedes aegypti Linnaeus 1762.*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
PHYLUM	: ARTRÓPODA
CLASE	: INSECTA
ORDEN	: DÍPTERA
FAMILIA	: CULICIDAE

**Tabla 6***Continuación ...*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Género	: Aedes
Especie	: <i>Aedes aegypti</i> L.

*Nota.* Constancia emitida por el biólogo Ronald Aimituma Aimituma, especialista en entomología médica y control de vectores (Anexo 2).

**2.2.2.2. Ciclo de vida.** Los mosquitos tienen una metamorfosis completa (holometábola), el cual pasa por cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 8):

**Huevo:** Las hembras prefieren ovositar sus huevos en las paredes internas de los recipientes oscuros que contengan agua, ubicándolo cerca de la superficie, pero nunca llegan a ovositar directamente sobre el agua, los huevos se depositan de forma individual, presentan una longitud aproximada de 1 mm, y al momento de ser ovositada suele tener un color blanco, el cual se torna a negro brillante en un lapso de dos horas, su superficie es lisa y resistente, lo que le permite sobrevivir en condiciones de desecación. En el momento de la postura, los embriones no están listos; tienen que pasar 2 a 3 días para el desarrollo de la larva. Si los huevos no encuentran humedad, se secan y mueren; pero si hay abundante humedad, estos huevos con las larvas desarrolladas podrían desarrollar resistencia a sequías y pueden sobrevivir hasta 2 años (Balta, 1997).

**Larva:** Tras la eclosión, emerge la larva, la cual corresponde a la primera fase larval I de los cuatro estadios larvales II, III y IV, en lo que se observa un crecimiento progresivo de tamaño. Durante esta fase, su principal comportamiento es la alimentación continua; se caracterizan por sus movimientos ondulatorios en forma de serpenteo (Balta, 1997). Poseen un sifón respiratorio corto, lo cual les permite captar oxígeno en la superficie del agua, tiene una postura de reposo casi vertical. Bajo condiciones ambientales factibles con temperaturas entre 25 y 29 °C, el desarrollo desde la eclosión hasta la etapa de pupa puede completarse en un período de 5 a 7 días, aunque por lo general este proceso dura entre 7 y 14 días (Sánchez, 2012).

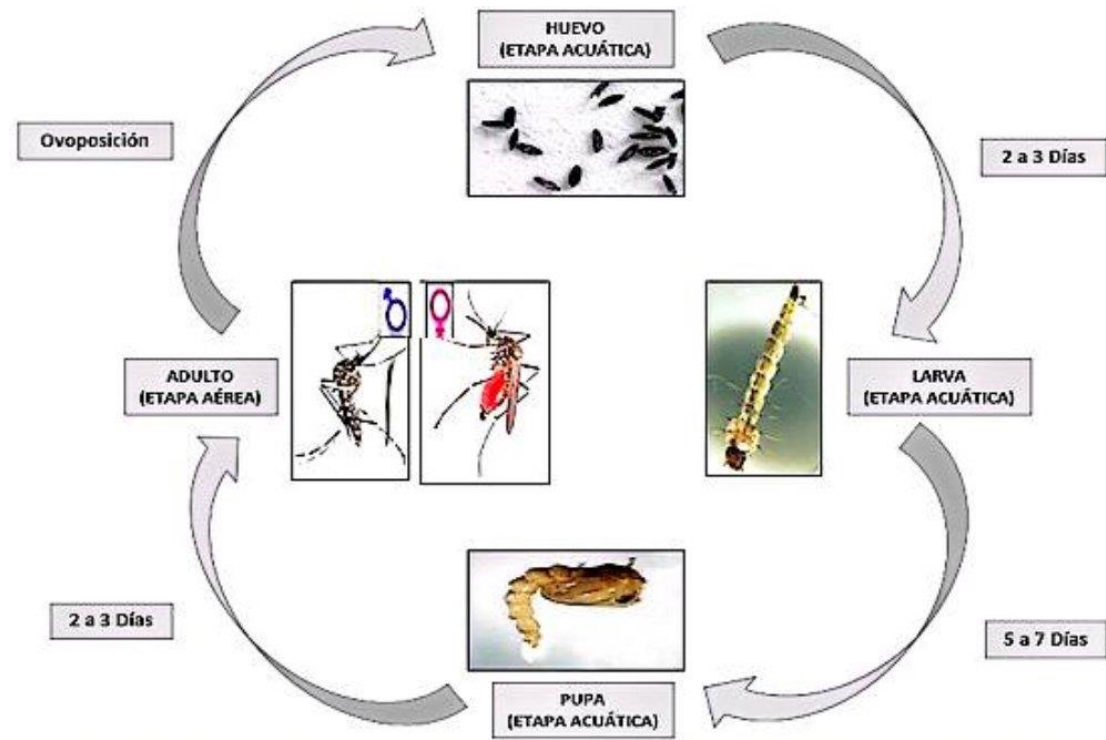
**Pupa:** Corresponde a la etapa de transición entre la vida acuática (larval) y la fase aérea (adulto). Morfológicamente, presenta una forma curva similar a una coma que se oscurece y en esta etapa el mosquito no se alimenta. La duración de esta fase es de 2 a 3 días en condiciones favorables con temperatura de 28 a 32 °C (Balta, 1997).

**Adulto:** En esta etapa reproductiva, el mosquito emerge de la pupa y permanece sobre las paredes del recipiente durante algunas horas, tiempo en el que tarda el endurecimiento de su exoesqueleto. En los machos, el abdomen rota 180° para permitir la cópula. Esta puede darse a partir de las 24 horas posteriores después de que haya emergido del agua. Suele ocurrir durante el vuelo, siendo la hembra la que atrae al macho mediante la vibración sonora de sus alas. A lo largo de su vida, el mosquito adulto puede copular en múltiples ocasiones (Balta, 1997).

Tanto los machos como las hembras de *Aedes aegypti* L., se alimentan de néctar. Las hembras adicionalmente requieren una fuente de sangre caliente, la cual les proporcionará las proteínas para la maduración y desarrollo de los huevos, cuando una hembra llega a completar su alimentación, que es equivalente a unos 2 o 3 mg de sangre aproximadamente, puede producir en promedio 200 huevos que van a ser depositados en diferentes sitios. Transcurrida la alimentación sanguínea, el huevo llega a desarrollarse en aproximadamente tres días, presenta un rango de vuelo limitado, generalmente menor a 50 metros, y a menudo permanece en el mismo lugar de donde emergió (Balta, 1997).

**Figura 8**

*Representación esquemática del ciclo de vida del mosquito Aedes aegypti L.*



*Nota.* Elaboración propia, basado en (Balta, 1997) y (Sánchez, 2012).

**2.2.2.3. Importancia médica de *Aedes aegypti* L., en el ámbito de la salud pública.** En estos últimos años, el control vectorial de *Aedes aegypti* L., es crucial para reducir la incidencia de las enfermedades, ya que estas son transmitidas a través de picaduras de los mosquitos hembras infectadas. Existen métodos convencionales para su control, como los diversos insecticidas sintéticos, los cuales presentan limitaciones debido al desarrollo de resistencia en las poblaciones de los mosquitos. Estas enfermedades representan un riesgo para millones de personas y para la salud pública, especialmente en regiones tropicales y subtropicales, y los brotes pueden sobrecargar los sistemas de salud y provocar altas tasas de mortalidad y morbilidad. La capacidad de *Aedes aegypti* L., para adaptarse a entornos urbanos y su resistencia a muchos insecticidas comunes hacen necesario explorar nuevas estrategias. Es por esta razón que el estudio de agentes biocidas naturales como el extracto de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., es una posible alternativa más segura y sostenible para el manejo de *Aedes aegypti* L. (Heinz y Benelli, 2016).

## **2.3. Marco Conceptual**

### **2.3.1. Biocida**

Sustancias químicas o microorganismos como virus y hongos, que tienen capacidad de destruir, neutralizar, prevenir o inhibir organismos dañinos como algas y plagas de insectos que son considerados un riesgo para la salud humana. Estos agentes actúan penetrando en el interior del organismo, impidiendo que este realice sus funciones vitales (Patiño *et al.*, 2018); (Mcgraw, 2013).

### **2.3.2. Mosquito *Aedes aegypti* L.**

Vector que transmite los virus del dengue, del zika, la fiebre amarilla y la chikungunya (Minsa/Digesa, 2023).

### **2.3.3. Extracto hidroalcohólico**

Es una solución que se obtiene al extraer compuestos bioactivos de una planta usando una mezcla de agua y alcohol como solvente. Es popular en investigaciones de plantas medicinales debido a que el agua y el alcohol permiten disolver tanto compuestos polares como no polares, logrando así un perfil amplio de metabolitos secundarios (Pérez y García, 2023).

### **2.3.4. Rotenona**

Es un compuesto químico natural que se extrae de la raíz de las plantas del género *Lonchocarpus* que actúa como pesticida e insecticida natural debido a su

toxicidad para los insectos (Gómez *et al.*, 2013). Sus niveles de acción y sus mecanismos asociados han sido determinados (Tabla 7).

**Tabla 7**

*Niveles de acción de la rotenona y mecanismos asociados*

Nivel	Mecanismo principal	Referencia
Molecular / Bioquímico.	Inhibe el complejo I de la cadena respiratoria mitocondrial → ↓ATP y ↑ especies reactivas de oxígeno (ROS).	(Li <i>et al.</i> , 2003).
Celular.	Activa las vías apoptóticas (JNK, p38 MAPK, p53), disfunción de autofagia y liberación de citocromo c.	(Chang <i>et al.</i> , 2024).
Tisular / Inmunológico.	Activación de microglía, liberación de IL-1β, IL-6, TNF-α, inflamación y daño vascular.	(Radad <i>et al.</i> , 2019).
Sistémico / Conductual.	Degeneración nigroestriatal, síntomas motores tipo Parkinson y alteraciones conductuales.	(Betarbet <i>et al.</i> , 2000).

### 2.3.5. Concentración letal media (CL<sub>50</sub>)

Corresponde al valor estadístico que representa la dosis de una sustancia capaz de provocar la muerte del 50 % de una población de organismos expuestos ya sea durante el tiempo de exposición o dentro de un intervalo definido posterior a este. Se utiliza como parámetro para poder evaluar la toxicidad aguda en algunos compuestos biológicos y químicos. El valor de la CL<sub>50</sub> se expresa en peso de sustancias por unidades de volumen de aire normal (miligramos de sustancia por litro, mg/L) (Guinea y Torres, 2018).

## 2.4. Marco Ético y Legal

Este estudio se rige por principios éticos que aseguran el bienestar de los organismos involucrados en la investigación, en este caso, las larvas de *Aedes aegypti* L. Además, se busca garantizar que la aplicación del extracto de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., se realice de manera controlada, utilizando solo las concentraciones necesarias para el estudio, con el fin de minimizar cualquier posible efecto adverso.

En cuanto al marco legal, el uso de extractos biocidas en el Perú está regulado por diversas normativas para asegurar su uso responsable y seguro. En el caso específico de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., este contiene rotenona, un compuesto que presenta alta toxicidad para organismos acuáticos. La Norma Técnica Peruana NTP 204.014, que regula el uso de productos biocidas, establece criterios de aplicación controlada para evitar daños ambientales, particularmente en ecosistemas acuáticos.

Esta norma exige que los productos biocidas sean evaluados para asegurar que no presenten riesgos significativos para la biodiversidad acuática.

El estudio se ajusta a las disposiciones de la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) y la Ley sobre la Gestión y Manejo de Productos Químicos (Decreto Supremo N° 014-2018-MINAM), que regulan el manejo adecuado de sustancias químicas y naturales. A pesar de la toxicidad de la rotenona, este trabajo se enfoca exclusivamente en el control de *Aedes aegypti* L en su fase larval, bajo condiciones controladas utilizando recipientes artificiales, tales como baldes, tinas, ollas, entre otros, en los cuales las larvas de *Aedes aegypti* L., suelen desarrollarse habitualmente, y no en cuerpos de agua naturales. De esta manera, se asegura minimizar el impacto ambiental y reducir el riesgo para otras especies acuáticas.

## **2.5. Hipótesis**

### **2.5.1. Hipótesis principal**

**H1:** El extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., presenta actividad biocida evidenciada por un aumento significativo en la mortalidad de larvas del estadio IV de *Aedes aegypti* L., en comparación con el grupo control.

### **2.5.2. Hipótesis secundaria**

**H2:** La mortalidad larval está directamente relacionada con la concentración del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.

**H3:** El extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., tiene una actividad biocida comparable a los insecticidas sintéticos, como el Temephos® empleados en el control larval de *Aedes aegypti* L.

**H4:** Los compuestos bioactivos del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., son los responsables de la actividad biocida observada.

## **2.6. Identificación de Variables**

### **2.6.1. Variable independiente**

Concentración del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.

#### **Indicador:**

- Concentraciones del extracto hidroalcohólico (g/L): 0,25 g/L; 0,50 g/L; 1,0 g/L; 2,0 g/L y 3,0 g/L.

### **2.6.2. Variable dependiente**

Mortalidad de *Aedes aegypti* L., en el estadio larval IV.

**Indicador:**

- Porcentaje de mortalidad larval después del tratamiento.
- Tiempo hasta la muerte de las larvas (si corresponde).
- Comportamiento (inmovilidad, alteración, etc.).

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Alcance de Investigación

El estudio tuvo un alcance aplicado y experimental.

Se consideró aplicado porque buscó generar evidencia útil para el control biológico de *Aedes aegypti* L., mediante el uso de un biocida natural, con impacto potencial en la salud pública. El estudio fue experimental dado que se manipuló la variable independiente (concentración del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., “cube”) para evaluar su efecto biocida sobre la variable dependiente (Mortalidad de *Aedes aegypti* L., en el estadio larval IV) bajo condiciones controladas (Hernández, 2014).

### 3.2. Enfoque de la Investigación

El enfoque fue de tipo cuantitativo, ya que los datos obtenidos se expresaron en valores numéricos y se analizaron mediante métodos estadísticos (Hernández, 2014).

### 3.3. Diseño de Investigación

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental de posprueba con grupo control (Tabla 8), siguiendo el enfoque metodológico de Hernández (2014). Del modo siguiente:

RG <sub>m</sub>	X <sub>m</sub>	O <sub>m</sub>
RG <sub>p</sub>	X <sub>p</sub>	O <sub>p</sub>
RG <sub>c</sub>	...	O <sub>c</sub>

Donde:

R: Asignación aleatoria.

G<sub>m</sub>: Grupo experimental.

G<sub>p</sub>: Grupo patrón Temephos®.

G<sub>c</sub>: Grupo control.

X<sub>m</sub>: EH a una concentración de 0,25 g/L; 0,50 g/L; 1,0 g/L; 2,0 g/L y 3,0 g/L.

X<sub>p</sub>: Temephos® 0,1 g/L.

O: Observación de número de larvas muertas.

...: Ausencia de estímulo.

**Tabla 8***Diseño metodológico de los tratamientos*

<b>Grupo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis</b>
Grupo I	Agua	200 mL
Grupo II	Temephos®	0,1 g/L.
Grupo III	EH	0,25 g/L
Grupo IV	EH	0,50 g/L
Grupo V	EH	1,0 g/L
Grupo VI	EH	2,0 g/L
Grupo VII	EH	3,0 g/L.

*Nota.* EH: Extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.

### **3.4. Unidad de Análisis**

Estuvo conformada por 10 larvas del estadio IV de *Aedes aegypti* L., expuestas en vasos plásticos descartables que contenían 190 mL de agua declorada y 10 mL del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.

### **3.5. Población de Estudio**

Raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., “cube”, recolectada en la comunidad de Sankirwato, ubicada en el distrito de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco, a una altitud de 686,05 m.s.n.m.

### **3.6. Muestra**

Seis kilogramos de raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., “cube”. La selección se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando únicamente raíces sanas y maduras, aptas para la obtención del extracto hidroalcohólico.

### **3.7. Técnicas de Recolección de Datos**

#### **3.7.1. Observación directa**

Esta técnica permitió registrar de manera sistemática los cambios en el comportamiento, mortalidad, morbilidad, inmovilidad y alteraciones en su desarrollo en las larvas de *Aedes aegypti* L., en el estadio larval IV después de la aplicación del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.

#### **3.7.2. Cuantificación de datos.**

Se registraron los datos cuantitativos del número de larvas muertas y el porcentaje de mortalidad en cada grupo de tratamiento a las 24 horas de exposición.

### **3.8. Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.8.1. Cuaderno de campo o registro de observaciones**

Esta herramienta fue muy útil durante todo el desarrollo del experimento, ya que permitió registrar de forma sistemática las observaciones diarias, como la mortalidad, el comportamiento de las larvas y las condiciones del experimento (temperatura, humedad, etc.).

#### **3.8.2. Contadores manuales**

Se emplearon contadores manuales para así poder registrar de manera sistemática el número de larvas muertas en las distintas concentraciones a las 24 horas de exposición, lo que facilitó el análisis de los resultados sobre la efectividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.

#### **3.8.3. Cámaras de Petri**

Las larvas de *Aedes aegypti* L., fueron colocadas en cámaras de Petri para facilitar la observación directa de su comportamiento durante el experimento.

#### **3.8.4. Termohigrómetro**

Este instrumento se utilizó para poder monitorear y medir constantemente las condiciones ambientales en el entorno del trabajo experimental, siendo uno de los factores que podría influir en la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.

#### **3.8.5. Lupa de mano**

Se empleó una lupa de mano para poder visualizar con mayor precisión a las larvas muertas y vivas, y así analizar en detalle los cambios conductuales que pudieron presentar.

### **3.9. Diseño Metodológico para la recolección de datos**

#### **3.9.1. Recolección de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.**

Se llevó a cabo en la comunidad de Sankirwato (UTM: Norte: 8623700.67 y Este: 624608.95), ubicada en el distrito de Pichari, provincia La Convención, departamento de Cusco, durante el mes de febrero, fue cuidadosamente extraída y envuelta en papel kraft, etiquetada con la información geográfica correspondiente a la zona de recolección.

Posteriormente, fue trasladada al laboratorio de Farmacognosia de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, donde se realizó una limpieza superficial con el fin de eliminar las impurezas (Anexo 4). Una parte de la muestra vegetal fue llevada para su clasificación taxonómica con la **Blga, Laura Aucasime Medina** especialista

en taxonomía y sistemática de plantas (Anexo 1), y la otra parte de la raíz se cortó en trozos de aproximadamente 2 cm de diámetro. Estos fueron sometidos a un proceso de deshidratación a 40 °C en una estufa durante 96 horas.

Una vez seca, fue triturada mediante un molino y posteriormente tamizada utilizando un colador, obteniéndose un polvo de textura fina. Este material fue almacenado en un frasco hermético y conservado en un ambiente seco y protegido de la luz.

### **3.9.2. Recolección de larvas del mosquito *Aedes aegypti* L.**

Se obtuvieron a partir de recipientes inservibles con agua estancada en los barrios del distrito de Pichari: Maravilla, Mariscal Cáceres, Valle Dorado y Santa Rosa, para el cual, se utilizaron pipetas Pasteur de marca Plastibrand® y botellas plásticas con capacidad de 1000 mL con tapa hermética, para garantizar su hábitat natural (Anexo 5).

El material biológico fue trasladado al Laboratorio de Investigación de Vectores de la Red de Servicios de Salud Cusco VRAEM (Anexo 5). Se seleccionaron y separaron las larvas de *Aedes aegypti* L., de otras especies de insectos, para ser utilizadas en el ensayo. Estas se mantuvieron en una bandeja transparente de plástico de 5 L de capacidad con 3 L de agua, que consistía una mezcla en proporción 1:1 entre agua del área de recolección y agua potable. La bandeja se ubicó en un lugar apropiado, bajo condiciones ambientales controladas: temperatura entre 22 y 24 °C, humedad relativa de  $60 \pm 2$  % y fotoperiodo de 12 horas, parámetros que fueron monitoreados con un termohigrómetro (Solitec-Perú).

### **3.9.3. Proceso de obtención del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.**

Se obtuvo mediante la técnica de maceración utilizando alcohol etílico al 80 %. Para ello se pesó 200 g de muestra seca y molida, los cuales fueron colocados en un frasco de vidrio de boca ancha junto con 2 L de alcohol etílico al 80 %. El frasco fue sellado herméticamente y se dejó en maceración durante 5 días en un ambiente oscuro y libre de humedad, con agitación diaria durante 30 minutos, para que así el solvente distribuya homogéneamente. Transcurrido este primer periodo, el extracto fue filtrado y al residuo se volvió a añadir nuevamente 2 L de alcohol etílico al 80 %, repitiendo el proceso de maceración durante otros 5 días bajo las mismas condiciones, con fin de obtener una mayor cantidad de extracto. Finalmente, ambos fueron reunidos y concentrados en un equipo rotavapor (Anexo 5), luego fue llevado a una estufa de secado a 40 °C durante tres días, seguidamente y, seguidamente fue liofilizado hasta

obtener un polvo fino, con un rendimiento de 43 g, el cual fue almacenado en un frasco color ámbar previamente rotulado y manteniéndolo refrigerado a 4 °C (Anexo 6). Se calculó el porcentaje de rendimiento del extracto y posteriormente se prepararon cinco concentraciones 0,25 g/L; 0,50 g/L; 1,0 g/L; 2,0 g/L y 3,0 g/L del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., “cube” en el laboratorio de Farmacognosia (Anexo 7).

#### **3.9.4. Screening fitoquímico.**

Se llevó a cabo la identificación preliminar de los metabolitos secundarios presentes en la muestra, mediante pruebas específicas de reacciones de coloración y precipitación, siguiendo los protocolos descritos por Cuellar y Miranda (2000) (Anexos 8 y 9).

#### **3.9.5. Detección espectrofotométrica de la rotenona.**

La muestra fue diluida con metanol y se realizó un barrido espectrofotométrico en el rango UV de 200 a 500 nm, registrándose los picos característicos y la identificación de rotenona se realizó por comparación con la referencia bibliográfica descritas Huang *et al.*, (2002) y Ming *et al.* (2011) (Figura 12).

#### **3.9.6. Evaluación de la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC.**

Se utilizó un protocolo experimental larvicida basado en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005), con el fin de determinar la capacidad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC (Figura 9 y Anexo 14). Para ello se realizó un bioensayo de mortalidad por contacto directo, en el que las larvas de *Aedes aegypti* L., fueron sumergidas directamente en las soluciones del extracto, siguiendo la metodología propuesta por Perumalsamy *et al.* (2015), lo que permitió evaluar el actividad biocida.

Se emplearon vasos plásticos descartables de 200 mL de capacidad (4 cm de base, 6,5 cm de diámetro y 8,5 cm de altura), en los cuales se colocaron 190 mL de agua declorada y 10 mL del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., completando así el volumen total de 200 mL.

Las larvas de *Aedes aegypti* L., en estadio IV fueron previamente recolectadas y concentradas en una bandeja plástica con agua declorada, con una pipeta tipo Pasteur (marca Plastibrand®), se transfirieron cuidadosamente 10 larvas por vaso. Se aplicaron cinco concentraciones del extracto de hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC: 0,25 g/L; 0,50 g/L; 1,0 g/L; 2,0 g/L y 3,0 g/L (Tabla 7). Cada ensayo fue

evaluada en cinco repeticiones independientes, incluyendo un grupo control (agua declorada) y un grupo patrón tratado con 0,1 g/L de Temephos® (Figuras 9, 11 y Anexos 17, 16).

La observación de la mortalidad larval se realizó a las 4, 8, 12 y 24 horas posteriores a la exposición. En cada punto de evaluación, se registró el número de larvas inmóviles que no respondía al estímulo mecánico aplicado con una pipeta Pasteur (marca Plastibrand®). Se siguió el mismo procedimiento para el grupo control.

Se determinó el porcentaje de mortalidad larvaria para cada una de las concentraciones evaluadas (Anexo 13), empleando la fórmula correspondiente:

$$\% \text{ mortalidad larvaria} = \frac{N^{\circ} \text{ larvas muertas}}{N^{\circ} \text{ larvas expuestas}} \times 100$$

Debido a la ausencia de mortalidad larval en el grupo control, no fue necesario aplicar la fórmula de corrección para los datos de mortalidad (Abbott, 1925).

### **3.10. Análisis de Datos**

Se realizó el recuento del número de larvas muertas después de 24 horas y se determinó el porcentaje de mortalidad larvaria. Estos datos son presentados en forma de figuras (histogramas y curvas) y tablas. La diferencia entre los tratamientos se analizó utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal -Wallis (nivel de significancia  $\alpha < 0,05$ ). El análisis se realizó mediante el paquete estadístico INFOSTAT (García, 2018). Asimismo, se determinó la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) y sus intervalos de confianza al 95 %, mediante el modelo estadístico Probit, el cual permite relacionar la concentración del extracto (variable independiente) con la mortalidad larvaria acumulada (variable dependiente). Para ello, las concentraciones fueron transformadas a logaritmos y la mortalidad a unidades Probit, utilizando el software MINITAB 16 (Vilcacundo y Patricio, 2012; Alonzo, 2013) (Figura 10 y Anexo 15).

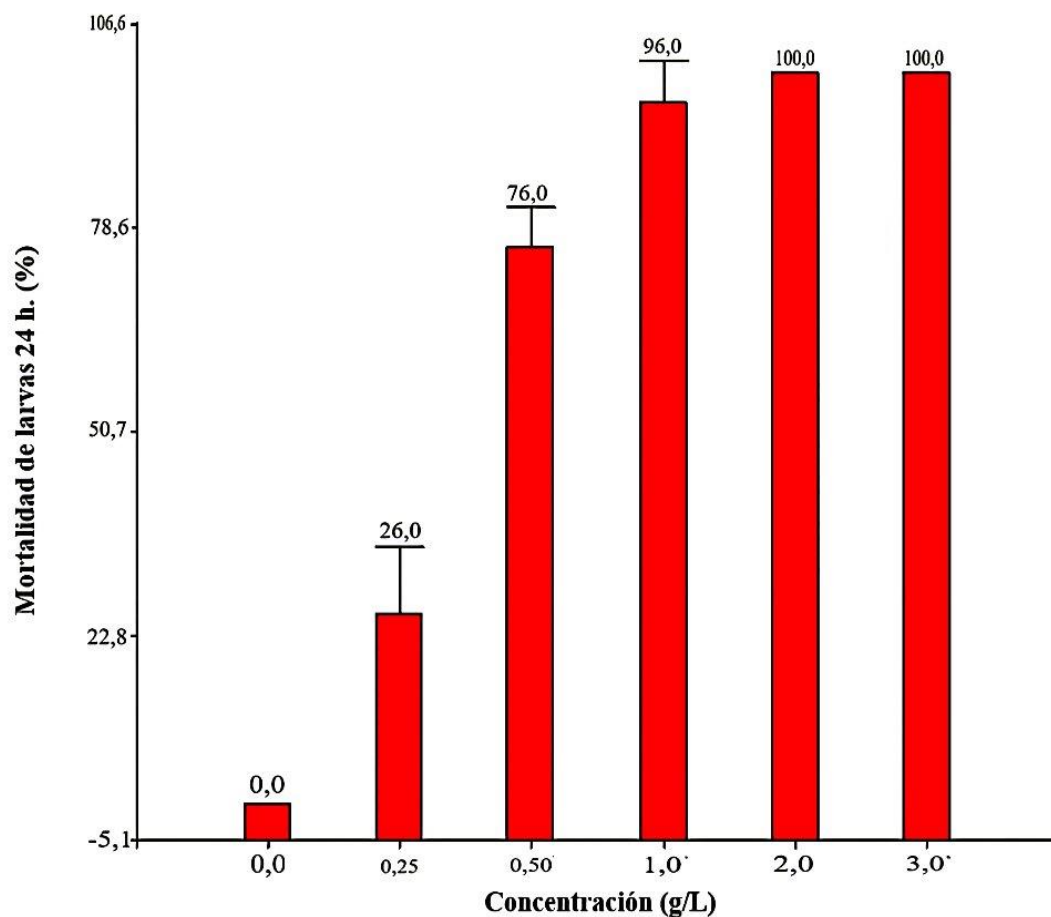
### **3.11. Consideraciones Éticas**

La raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.), no es una especie protegida y se comercializa libremente. Asimismo, las larvas en estadio IV de *Aedes aegypti* L., se pueden encontrar libremente en recipientes con aguas estancadas en el entorno urbano, por lo que su uso experimental no implica impacto ambiental ni compromete especies protegidas.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS**

**Figura 9**

*Porcentaje de mortalidad para comparar las medias del efecto biocida de las cinco concentraciones del extracto hidroalcohólico de la raíz de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., “cube”, sobre larvas del estadio IV de Aedes aegypti L., tras 24 horas de exposición*

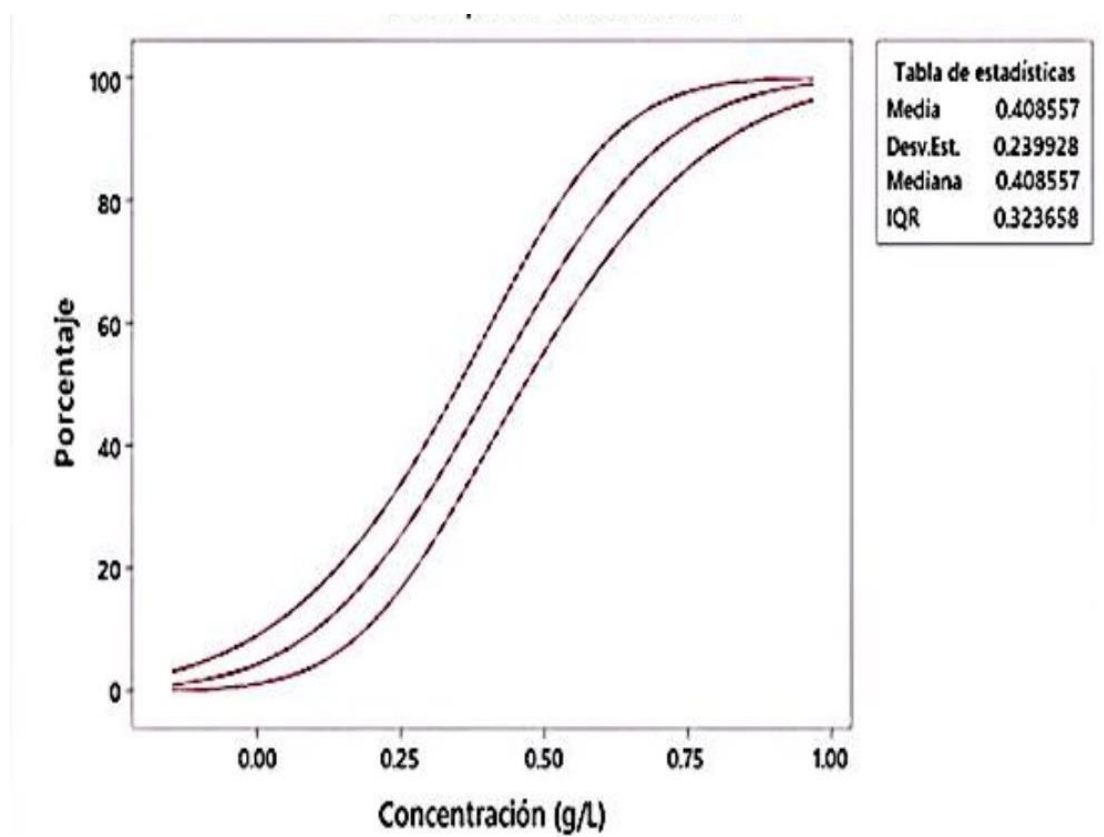


Prueba de Kruskal – Wallis:  $H = 25,39, p = 0,0001$

*Nota.* Elaboración propia. Se observa un incremento significativo en la mortalidad larval con el aumento de la concentración del extracto.

**Figura 10**

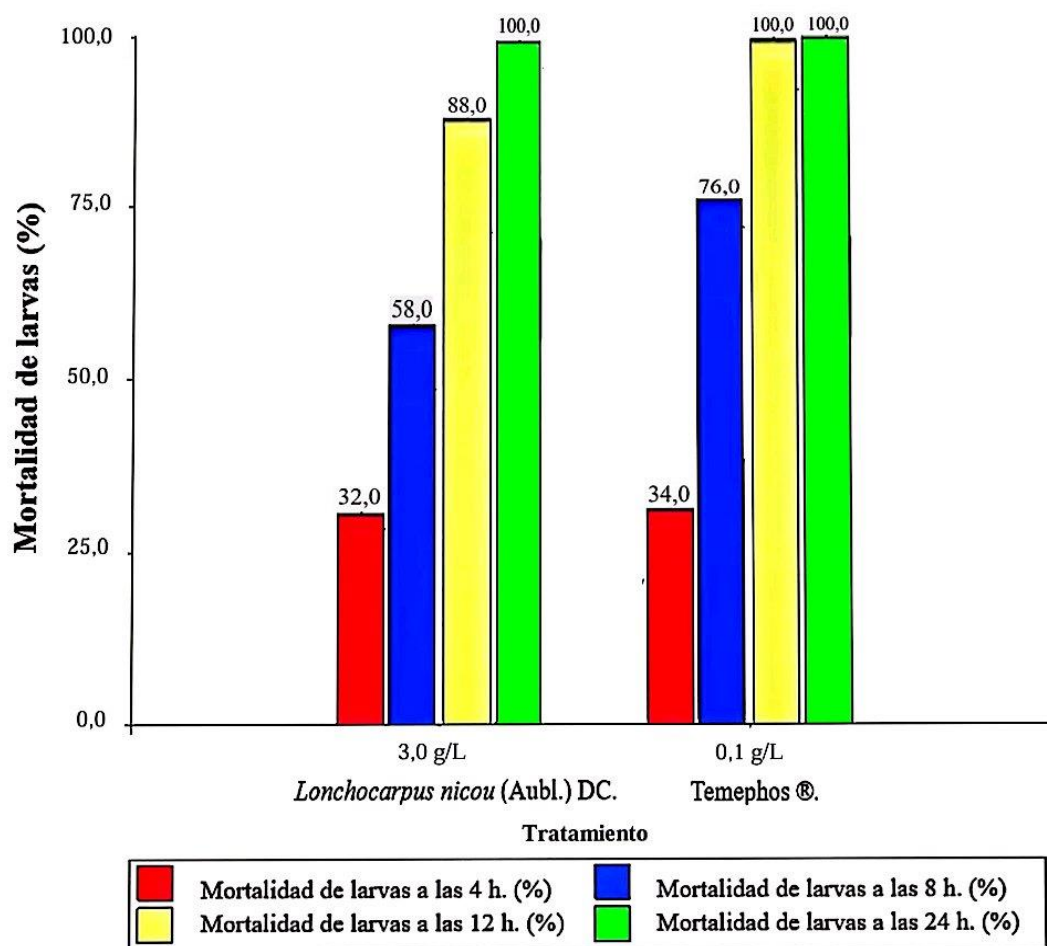
Concentración letal media ( $CL_{50}$ ) estimada mediante análisis Probit del efecto biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., “cube”, sobre larvas del estadio IV de *Aedes aegypti* L., tras 24 horas de exposición. La línea central corresponde a la  $CL_{50}$ , y las líneas superior e inferior representan los límites del intervalo de confianza al 95 %



*Nota.* Elaboración propia. El análisis Probit permitió estimar la  $CL_{50}$  con un nivel de confianza del 95 %, evidenciando la eficacia del extracto a diferentes concentraciones.

**Figura 11**

*Mortalidad porcentual de larvas del estadio IV de Aedes aegypti L., a las 4, 8, 12 y 24 horas de exposición al extracto hidroalcohólico de la raíz de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., “cube” (3,0 g/L) y al larvicida Temephos® (0,1 g/L)*



*Nota.* Elaboración propia. Se comparan los porcentajes de mortalidad larval entre el tratamiento con extracto vegetal y el control positivo con Temephos® durante distintos intervalos de tiempo.

**Tabla 9**

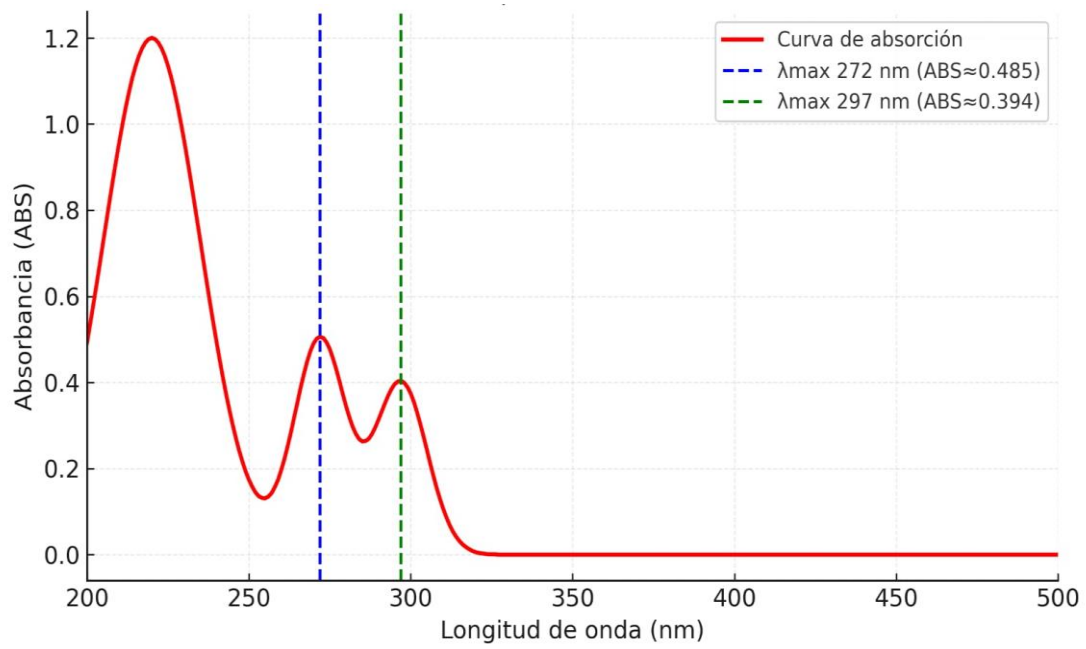
*Metabolitos secundarios presentes en el extracto hidroalcohólico de la raíz de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., "cube", Ayacucho 2025*

<b>Metabolitos secundarios</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Resultados</b>
Fenoles	Cloruro férrico	++
Flavonoides	Shinoda	+
Triterpenos	Liebermann - Bouchardat	+
Aminoácidos y/o péptido libre	Ninhidrina	++
Saponinas	Espuma	++
Azúcares reductores	Benedict	++
Camarinas	Baljet	+++
Antraquinonas	Börntrager	+
Cardenólidos	Kedde	+
Resinas	Solubilidad en agua destilada	+

Leyenda: (+++) Muy abundante, (++) Abundante y (+) Poco.

**Figura 12**

*Curva espectral UV-Visible del extracto hidroalcohólico de la raíz de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., "cube"*



## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

El *Aedes aegypti* L., es el vector de enfermedades como dengue, zika y chikungunya, el cual lo convierte en un problema de salud pública (Kandel *et al.*, 2019). La resistencia a insecticidas químicos impulsa una necesidad de buscar alternativas sostenibles, en este marco el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., destaca por su actividad biocida atribuida a la rotenona. Su eficacia biocida ha sido comprobada a nivel de laboratorio donde que ha demostrado potencialidad para el control vectorial, sin embargo, su uso requiere considerar algunos riesgos ambientales y la normativa que regula los biocidas en el Perú.

Cabe señalar que Martínez (2020), evaluó el potencial biocida de extractos hidroalcohólicos obtenidos de las hojas de cuatro especies vegetales nativas, entre ellas *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., frente a larvas de IV estadio de *Aedes aegypti* L., para ello utilizó concentraciones de 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm y 2500 ppm, alcanzando una mortalidad larval máxima de apenas 30 %, incluso a una concentración 2500 ppm equivalente a 2,5 g/L. En contraste, en nuestro estudio, se utilizó extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., logrando una mortalidad del 100 % a partir de 2,0 g/L equivalente a 2000 ppm (Figura 9). Esta diferencia en la eficacia biocida podría atribuirse a la parte de la planta utilizada, ya que en el presente trabajo de investigación se empleó la raíz, mientras que Martínez (2020), utilizó hojas. Esta variación botánica es relevante, ya que los compuestos activos como la rotenona se encuentran en mayor concentración en la raíz. Además, la concentración letal media  $CL_{50}$  obtenida en nuestro estudio fue de 0,41 g/L (Figura 10) significativamente menor a la  $CL_{50}$  de 2,734.89 ppm equivalente a 2,73 g/L reportada por Martínez (2020), lo que evidencia una mayor potencia biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC. En cuanto al screening fitoquímico Martínez (2020), reportó que en el extracto hidroalcohólico de las hojas de predominaban los alcaloides (+), catequinas (+) y los compuestos fenólicos (+), mientras que, en nuestro ensayo, se identificaron metabolitos secundarios como fenoles, flavonoides, saponinas, cumarinas, antraquinonas, cardenólidos y resinas todos

con presencia abundante (Tabla 9). La diversidad de estos compuestos podría explicar el mayor efecto biocida observado, la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., al ser una fuente rica en metabolitos, ofrece un mayor potencial biocida para el control biológico de las larvas de *Aedes aegypti* L., que al de las hojas.

Estudios previos reportados por Mariños *et al.* (2004), evaluaron el efecto biocida del polvo de la raíz de *Lonchocarpus utilis* Smith., sobre larvas de *Anopheles benarrochi* L., utilizando cinco dosis: 0,15; 1,0; 2,1; 3,1 y 6,25 g/L, en agua destilada y agua de criaderos artificiales. A las 12 horas, las concentraciones más altas 3,1 y 6,25 g/L generaron mortalidades del 89 % y 98 % en agua destilada y del 82 % y 86 % en agua de criadero. Después de 24 horas, los niveles de mortalidad se incrementaron hasta alcanzar el 94 % y 99 % en agua destilada, y el 90 % y 93 % en agua de criaderos artificiales, a partir de estos datos, los autores calcularon una dosis letal media DL<sub>50</sub> de 0,48 g/L en agua destilada y de 0,83 g/L en agua de criadero. En comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde se empleó un extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., logrando una mortalidad larval del 100 % a partir de 2,0 g/L (Figura 9), además, la concentración letal media CL<sub>50</sub> obtenida en nuestro estudio fue de 0,41 g/L (Figura 10 y Anexo 15) significativamente menor, esta diferencia puede estar relacionada no solo con la especie vegetal utilizada, sino también con la parte de la planta empleada, al tipo de vector evaluado, la calidad del agua y, sobre todo el método de extracción aplicado. Mientras Mariños *et al.* (2004), emplearon un polvo crudo obtenido mediante rallado y secado al aire, en el presente trabajo se utilizó una extracción hidroalcohólica estandarizada, que permitió concentrar de forma más eficiente metabolitos activos como cumarinas, saponinas, fenoles, cardenólidos, flavonoides y triterpenos, los cuales han sido asociados en la literatura con mecanismos tóxicos en larvas de mosquitos. La mayor eficacia observada con *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., podría explicarse por su mayor solubilidad de compuestos en etanol y por una posible concentración más alta de rotenona, principio activo natural altamente insecticida presente en las raíces de varias especies del género *Lonchocarpus*.

Los ensayos realizados por Gómez *et al.* (2014), evaluaron la efectividad del polvo de la raíz de *Lonchocarpus utilis* Smith., “barbasco” frente a un insecticida químico de referencia Deltametrina® para el control vectorial de *Aedes aegypti* L., en el alto Huallaga en los años de 2008-2009, observando una disminución significativa del Índice Aédico tras la aplicación de ambos productos, aunque, la Deltametrina® al

1 %, mostró una ligera superioridad en eficacia biocida esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ), lo que sugiere que el barbasco al 4 % también resulta ser eficaz en condiciones de campo. Los resultados obtenidos en el presente estudio evidenciaron que el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., a concentraciones entre 2,0 y 3,0 g/L equivalente a 0,2 y 0,3 %, logrando alcanzar una mortalidad larvaria del 100 %, a las 24 horas de exposición en larvas del IV estío de *Aedes aegypti* L. En las mismas condiciones, el Temephos® al 0,1 % equivalente a 1,0 g/L también logró el 100 % de mortalidad (Figura 11 y Anexo 16). Hallándose diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ), lo que evidencia que incluso a una menor proporción 0,3 %, el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., logró una eficacia comparable a incluso superior al Temephos®.

En estudios similares como el de Sanabria *et al.* (2009), quienes evaluaron extractos acuosos de diversas plantas locales como *Annona muricata* L., *Melia azederach* L., *Zanthoxylum chiloperone* Mart. ex Engl. y *Bixa orellana* L., contra larvas de *Aedes aegypti* L. De todas ellas, las semillas de *Annona muricata* L., destacaron al mostrar una eficacia larvicida del 100 % incluso a una concentración mínima del 5 %, comparable a la obtenida con el larvicida Temephos® al 1 % y las demás especies como *Melia azederach* L., *Zanthoxylum chiloperone* Mart. ex Engl., no evidenciaron actividad larvicida relevante y *Bixa orellana* L., logró apenas un 18 % de mortalidad a las 72 horas lo cual indica una acción débil o retardada. En comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación en el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., logró una mortalidad del 100 % a partir de la concentración de 2,0 g/L (0,2 %) a las 24 horas de exposición (Figura 9 y Anexo 14), superando a sí en eficacia y velocidad de acción a la mayoría de los extractos utilizados por Sanabria *et al.* (2009), esto indica que su eficacia larvicida es comparable a la del insecticida sintético, en concordancia con el estudio de Sanabria *et al.* (2009), sin embargo, a diferencia de los extractos acuosos, el uso del solvente hidroalcohólico en este estudio permitió una mejor extracción de metabolitos bioactivos como cumarinas, saponinas y fenoles, posiblemente responsables del alto nivel de mortalidad observado.

El presente estudio demuestra la efectividad del extracto hidroalcohólico de la raíz del *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., frente a las larvas de *Aedes aegypti* L., en condiciones controladas de laboratorio. Sin embargo, se debe de considerar el impacto ambiental asociado al uso de los compuestos como la rotenona principal compuesto

activo del género *Lonchocarpus*. Diversos estudios han reportado que la rotenona contiene alta toxicidad en organismo no objetivo, principalmente en peces y otros vertebrados acuáticos, además de posibles efectos en animales mamíferos cuando se usa de manera indiscriminada, en este contexto la Norma Técnica Peruana NTP 204,014 establece algunos criterios específicos para el uso de productos biocidas, orientados a minimizar los impactos ambientales en ecosistemas acuáticos y así poder garantizar la seguridad en su aplicación, el estudio se enmarca en lo dispuesto por la Ley General del Ambiente (Ley N.º 28611) y la Ley sobre la Gestión y Manejo de Productos Químicos (Decreto Supremo N.º 014,2018 – MINAN), en relación con estudios de campo de Gonzales (2007), quien evaluó el uso del *Lonchocarpus utilis* Smith. “barbasco” en un contexto de campo. En su estudio, se comparó la eficacia y costo del barbasco frente al control químico convencional mediante rociado espacial en el Alto Huallaga, evidenciando que, tras tres ciclos de aplicación con intervalos semanales, los índices entomológicos como Índice Aédico, Índice de Recipientes y Índice Breteau) disminuyeron significativamente. Este hallazgo demuestra que los extractos naturales derivados del género *Lonchocarpus* no solo son eficaces en condiciones de laboratorio, como se ha demostrado en el presente trabajo, sino que también tienen un impacto positivo en la reducción del vector en escenarios comunitarios. Lo anterior refuerza la pertinencia del uso de extractos naturales como el *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., siempre que su uso se aplique bajo lineamiento de bioseguridad y regulaciones ambientales. De esta manera se puede constituir que el uso de biocida vegetales sea una alternativa sostenible y de bajo costo frente a insecticidas sintéticos, particularmente en algunas zonas endémicas que cuentan con recursos limitados. No obstante, la aplicación de estos extractos debe evitarse aplicar directamente en cuerpos de agua y así asegurando que su uso no comprometa los recursos ictiológicos de importancia económica y alimentaria.

Mientras que Quispe (2017), evaluó el efecto biocida del extracto hidroalcohólico de semillas de *Lupinus mutabilis* Sweet., “tarwi” frente a larvas de *Culex quinquefasciatus* Say., empleando concentraciones entre 3,000; 4,000; 5,500; 7,000; 9,000 y 11,000 mg/L equivalentes a 3,0; 4,0; 5,5; 7,0; 9,0; y 11 g/L, utilizando tanto agua declorada como control negativo y Temephos® como control positivo los resultados indicaron que las concentraciones más altas 9,000 y 11,000 mg/L generaron una mortalidad entre 70 % y 75 %, mientras que, las concentraciones más bajas 3,000 y 5,500 mg/L solo alcanzaron una mortalidad entre 32,5 % y 35 % y la concentración

letal media fue estimada  $CL_{50}$  en 6,36 g/L, lo cual indica una toxicidad moderada. En comparación, el presente estudio evidenció que el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., logró una mortalidad del 100 % a partir de 2,0 g/L y una  $CL_{50}$  de apenas 0,41 g/L (Figuras 9 y 10) valor considerablemente inferior al reportado por Quispe (2017), también reportó que el Temephos® superó al extracto vegetal, sin embargo en nuestra investigación extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC a una concentración de 3,0 g/L., alcanzo al igual que el Temephos al 0,1 g/L un 100 % de mortalidad larvaria a las 24 horas de exposición, hallándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) (Figuras y 11), lo que refuerza su efectividad como alternativa biocida. La superioridad observada podría explicarse por varios factores: la parte de la planta empleada raíz vs. semilla, el tipo de vector *Aedes aegypti* L., vs. *Culex quinquefasciatus* Say., la diversidad de metabolitos y la eficiencia del método de extracción. Mientras Quispe identificó alcaloides y lactonas como los principales compuestos activos, en el presente estudio se detectó una mayor riqueza fitoquímica, incluyendo fenoles, flavonoides, cumarinas, cardenólidos, triterpenos y saponinas, todos con presencia abundante, lo que podría explicar su mayor potencia insecticida.

Cuando se aplicó la prueba de Kruskal - Wallis ( $p < 0,05$ ), en los porcentajes de mortalidad, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con distintas concentraciones del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., (Figura 9 y Anexo 14). Esta diferencia indica que la eficacia larvicida del extracto depende directamente de la dosis aplicada. El análisis de rangos (Ranks) reveló una clara jerarquización en la respuesta biocida, la concentración de 0,0 g/L no registró ninguna mortalidad 0 %, ubicándose estadísticamente en el grupo A, mientras que, las concentraciones de 0,25 g/L y 0,50 g/L presentaron mortalidades moderadas de 26 % y 76 % ubicándose en el grupo A y AB, seguido por la concentración de 1,0 g/L con una mortalidad de 96 % clasificándose en el grupo BC, mientras que, las concentraciones de 2,0 g/L y 3,0 g/L con los valores más altos de mortalidad al 100 % y se agruparon en el mismo nivel estadístico grupo C. Estos resultados muestran una tendencia clara a mayor concentración del extracto, mayor es la mortalidad larval, lo que concuerda con el comportamiento esperado de un agente biocida dependiente de dosis. La curva ascendente de eficacia evidencia que el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., posee un alto potencial larvicida, siendo efectivo incluso en concentraciones intermedias como 0,50 g/L. Esta

relación dosis respuesta confirma la hipótesis del presente estudio y respalda la viabilidad de este recurso fitotóxico para el control biológico de *Aedes aegypti* L., en su estadio larval IV.

El análisis espectrofotométrico UV-Visible del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* Aubl.) DC evidenció picos de absorbancia en 272 nm (ABS: 0,485) y 318 nm (ABS: 0,244) (Figura 12), lo cual sugiere la presencia de metabolitos secundarios con estructuras conjugadas como cumarinas, flavonoides y posiblemente rotenoides. Estos valores son consistentes con lo reportado por Huang *et al.* (2002), quienes identificaron  $\lambda_{\text{máx}}$  entre 218 y 294 nm para rotenona en distintos solventes, y por Ming *et al.* (2011), que ubicaron la  $\lambda_{\text{máx}}$  en 298 nm en condiciones acuosas. La similitud entre los picos obtenidos y los estándares de rotenona refuerza la hipótesis de que este compuesto, junto a otros metabolitos identificados en el screening fitoquímico como saponinas, fenoles, cardenólidos y aminoácidos, contribuyen significativamente a la actividad larvicida del extracto. Por tanto, este análisis espectral valida preliminarmente la presencia de principios activos relevantes en el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* Aubl.) DC., y complementa los resultados de eficacia biocida observados en los bioensayos contra larvas de *Aedes aegypti* L.

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

1. El extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., mostró una actividad biocida significativa contra larvas de *Aedes aegypti* L., en estadio IV, a las 24 horas de exposición.
2. La concentración letal media ( $CL_{50}$ ) del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., fue estimada en 0,41 g/L a las 24 horas de exposición.
3. La comparación entre el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., y el Temephos® mostró una mortalidad promedio del 100 % en ambos tratamientos sobre larvas de *Aedes aegypti* L., en estadio IV, tras 24 horas de exposición.
4. Los metabolitos secundarios presentes en el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., fueron cumarinas, saponinas, azúcares reductores, aminoácidos/péptidos libres, fenoles, resinas, cardenólidos, flavonoides, triterpenos y antraquinonas.

## CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

1. Explorar la formulación del extracto en presentaciones estables y prácticas (como tabletas o emulsiones), que permitan su aplicación a nivel comunitario, promoviendo el uso de biocidas naturales frente a productos químicos sintéticos como el Temephos®.
2. Evaluar la eficacia del extracto en condiciones de campo (criaderos naturales o artificiales), a fin de comprobar su efectividad en ambientes reales, considerando factores ecológicos como temperatura, pH del agua, radiación solar y presencia de materia orgánica.
3. Fomentar alianzas entre instituciones académicas, centros de salud y gobiernos locales, especialmente en zonas endémicas como Ayacucho, para integrar alternativas naturales como el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., dentro de programas de control larvario sostenibles y ecológicos.
4. Difundir los resultados obtenidos en comunidades vulnerables y capacitar al personal de salud y promotores locales sobre el uso potencial de extractos vegetales como insumos para el manejo preventivo del dengue y otras arbovirosis transmitidas por *Aedes aegypti* L.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W. (1925). *Un método para calcular la eficacia de un insecticida*. *Revista de Entomología Económica*, 18(2), 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Alonzo, A. (2013). *Módulo ecotoxicología: Cálculo de las Concentraciones Letales (CL<sub>50</sub>) del nitrito a 96 h en dos especies*. [https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/357425\\_31b182a0827448a6b587e6f769e1c084.html](https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/357425_31b182a0827448a6b587e6f769e1c084.html)
- Amariles, S., García, C., & Parra, G. (2013). *Actividad insecticida de extractos vegetales sobre larvas de Aedes aegypti L., Diptera: Culicidae*. 2, 193-203. <https://acortar.link/byOohU>
- Arévalo, H., Bartra, A., Arévalo, L., & Rodríguez, S. (2022). *Extractos y componentes fitoquímicos de Clibadium remotiflorum Benoist., Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., Hura crepitans L., Dieffenbachia costata K. Kock., con probable valor terapéutico contra Leishmania, in vitro, San Martín*. *ResearchGate*, 9. <https://doi.org/10.51252/rsayb.v1i2.347>
- Artabe, L., & Cajilima, W. (2023). *Potencialidades del polvo radical de Lonchocarpus nicou (Aubl.) para el manejo de Neoconocephalus sp.* *Revista de Protección Vegetal*, 38, //cu-id.com/2247/v38e06. <https://acortar.link/1Fcnym>
- Balta, L. (1997). *Ciclo Biológico del Aedes aegypti L., (p. 17)*. *Ministerio de Salud*. <https://acortar.link/68jKzR>
- Baz, M., Selim, A., Radwan, I., Alkhaibari, A., Gattan, H., Alruhaili, M., Alasmari, S., & Gad, M. (2024). *Evaluación de la actividad larvicida, ovicida e inhibidora del crecimiento de cinco extractos de plantas medicinales sobre Culex pipiens L., (Diptera: Culicidae), el vector del virus del Nilo Occidental*. *Scientific Reports*, 14(1), 19660. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-69449-6>
- Betarbet, R., Sherer, T., MacKenzie, G., García, M., Panov, A., & Greenamyre, J. (2000). *La exposición sistémica crónica a pesticidas reproduce características de la enfermedad de Parkinson*. *Nature Neuroscience*, 3(12), 1301-1306. <https://doi.org/10.1038/81834>
- Bortoluzzi, A., Staffen, I., Banhuk, F., Griebler, A., Matos, P., Ayala, T., Silva, E., Sarragiotto, M., Schuquel, I., Jorge, T., & Menolli, R. (2020). *Determinación de la estructura química y la actividad anti-Trypanosoma cruzi de extractos de raíces de Lonchocarpus cultratus Vell., A.M.G. Azevedo y H.C. Lima*. *Revista Saudita de Ciencias Biológicas*, 28(1), 99. <https://acortar.link/ufJ5tn>

- Callo, J., & Farfán, K. (2011). *Evaluación de la actividad insecticida in vitro sobre larvas de Aedes aegypti L., (vector de la fiebre amarilla y dengue) y determinación del efecto antibacteriano frente a cepas de Salmonella typhi spp. De las acetogeninas obtenidas a partir de extractos etanólicos de semillas de Annona muricata L. (masasamba)*. 186-186. <https://goo.su/mUBJa>
- Chang, X., Li, Z., Tian, M., Deng, Z., Zhu, L., & Li, G. (2024). *La rotenona activa la vía de señalización LKB1-AMPK-ULK1 para inducir la autofagia y la apoptosis en las células endoteliales de la aorta torácica de rata*. *BMC Pharmacology and Toxicology*, 25(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s40360-024-00755-5>
- Cuellar, A., & Miranda, M. (2000). *Manual de prácticas de laboratorio. Farmacognosia y productos naturales*. Universidad de la Habana.
- Duke, J., & Vásquez, R. (1994). *Diccionario Etnobotánica Amazónico*. CRC Press.
- Escobedo, C., & Martel, W. (2016). *Efecto del barbasco Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., en el control de ectoparásitos en ratones de laboratorio (Universidad Nacional Hermilio Valdizán)*. 10(2), 5. <https://acortar.link/0JtBcR>
- Flores, D. (2022). *Evaluación de la actividad larvicida de extractos hidroalcohólicos de semillas de "Urucú" Bixa orellana L., y hojas de "Chirimoya" Annona Squamosa L., para el Control del Mosquito Aedes aegypti L., en La Ciudad de Santa Cruz de la Sierra [Universidad Evangelica boliviana]*. <https://acortar.link/9kGJ4m>
- Flores, K. (2014). *Actividad biocida del extracto hidroalcohólico de hojas de Ambrosia arborescens Mill., "marco" sobre larvas de Culex quinquefasciatus Say.*, <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5238>
- García, D. (2018). *Actividad insecticida del extracto hidroalcohólico de las flores de Argyranthemum frutescens L., Sch. Bip., "Magarza común" sobre larvas de Symmetrischema tangolias Gyen., "polilla de papa". Ayacucho—2018*. [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://acortar.link/YoXVQ6>
- Gómez, M., Díaz, R., Morales, R., Fernández, J., Roldán, G., & Torner, C. (2013). *Efecto de la exposición a la pesticida rotenona sobre el desarrollo del sistema dopaminérgico nigro-estriatal en ratas*. *Salud mental*, 36(1), 1-8. <https://acortar.link/pWrFAF>

- Gómez, W., Rivera, S., & Paredes, W. (2014). *Efectividad del uso del barbasco *Lonchocarpus utilis* versus *deltametrina*, en el control vectorial del *Aedes aegypti*, en el Alto Huallaga 2008—2009. *Revista Científica Ágora*, 1(2), 17-24. <https://doi.org/10.21679/arc.v1i2.16>*
- Gonzales, E. (2007). *Costo de efectividad comparada de barbasco *Lonchocarpus utilis* Smith., y Control Químico convencional, integrado del *Aedes aegypti* L., en el Alto Huallaga—2007. 01, 7-8. <https://acortar.link/90BKkL>*
- González, R., Flores, M., Guerrero, E., Mendoza, R., Cárdenas, A., Aguirre, L., & Cerna, E. (2013). *Efecto insecticida de extractos vegetales, sobre larvas de *Culex tarsalis* L., (Diptera: Culicidae) en laboratorio. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(2), 273-284. <https://acortar.link/4ioFnt>*
- Guinea, C., & Torres, I. (2018). *Determinación de la Concentración Letal (CL<sub>50</sub>) en la Lombriz Californiana, *Eisenia Foetida* (Lombricidae) de Dos Fungicidas de Uso Agrícola con el mismo Principio Activo (Difenoconazol) [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10664>*
- Gutiérrez, M., Watson, H., Vega, E., & Cubilla, L. (2005). *Retenoides bioactivos de la raíz de *Lonchocarpus pentaphyllus* Poirt., *Tecnociencia*, vol.7(1), 8. <https://core.ac.uk/download/pdf/228854762.pdf>*
- Heinz, M., & Benelli, G. (2016). *Disminución de la malaria, aumento del dengue y del virus del Zika: Perspectivas para el control del mosquito vector. Investigación En Parasitología*, 115(5), 1747-1754. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-4971-z>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación (Sexta edición). McGraw-Hill Education. <https://acortar.link/cs5cOv>*
- Huang, J., Xu, H., Zhou, J., Yang, Y., & Tian, Q. (2002). *Estudios sobre el espectro de absorción ultravioleta de la rotenona en diferentes soluciones. *Journal of South China Agricultural University*, 23(3), 46-48. <https://doi.org/10.7671/j.issn.1001-411X.2002.03.013>*
- IRAC. (2019). *Folleto de clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas. Copyright 2019 IRAC, 28. <https://goo.su/hGKy>*
- Kandel, U., Vulcan, J., Rodriguez, S., Moore, E., Chung, H., Mitra, S., Cordova, J., Martinez, K., Moon, A., Kulkarni, A., Etestad, P., Melman, S., Xu, J., Buenemann, M., Hanley, K., & Hansen, I. (2019). *Resistencia generalizada a*

- los insecticidas en Aedes aegypti L., de Nuevo México, EE.UU. PLOS ONE, 14(2), e0212693. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212693>*
- Lee, T., & Gong, Y. (2012). *Síntesis paralela en fase sólida de bibliotecas artificiales de 2H-benzopirano similares a fármacos. Molecules, 17(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/molecules17055467>*
- Li, N., Ragheb, K., Lawler, G., Sturgis, J., Rajwa, B., Melendez, J., & Robinson, J. (2003). *El inhibidor del complejo mitocondrial I, rotenona, induce la apoptosis al mejorar la producción de especies reactivas de oxígeno mitocondrial. Journal of Biological Chemistry, 278(10), 8516-8525. <https://goo.su/EBUBz>*
- Lopez, A., Castillo, A., Cisneros, J., Solis, F., Penilla, R., Black, W., Torres, J., & Rodriguez, A. (2020). *Resistencia a insecticidas en Aedes aegypti L., y Aedes albopictus L., (Diptera: Culicidae) de Tapachula, Chiapas, México. <https://goo.su/Dm5eK4>*
- Luzuriagaimbo, C., Blanco, J., Cerón, C., Aliás, J., & Ruiz, T. (2020). *Potencial prometedor de Lonchocarpus utilis Smith., contra la miasis sudamericana. Plants, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/plants9010033>*
- Magalhães, A., Tozzi, A., Magalhães, E., Nogueira, M., & Queiroz, S. (2000). *Flavonoides de las raíces de Lonchocarpus latifolius (Willd.) Kunth., Phytochemistry, 55(7), 787-792. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00300-9](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00300-9)*
- Mariños, C., Castro, J., & Nongrados, D. (2004). *Efecto biocida del "barbasco" Lonchocarpus utilis Smith., 1930 como regulador de larvas de mosquitos. Revista Peruana de Biología, 11(1), 87-94. <https://goo.su/2oqoxWJ>*
- Martinez, Y. (2020). *Potencial biocida de cuatro plantas nativas para el control de larvas de Aedes aegypti L., (Diptera: Culicidae) [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://n9.cl/me8at>*
- Mcgraw, H. (2013). *Biocidas. <https://short-link.me/19BeE>*
- Mendoza, N. (2008). *Farmacología medica/ Medical Pharmacology. Ed. Médica Panamericana. <https://shre.ink/tJuw>*
- Ming, Y., Yuantao, C., Jun, L., Jing, M., & Lufeng, H. (2011). *Determinación de trazas de rotenona mediante espectrofotometría UV-Vis utilizando microesferas poliméricas con impresión molecular | Revista de Química Analítica. 66, 820-823. <https://link.springer.com/article/10.1134/S1061934811090097>*

- MINSA/DIGESA. (2023). *Norma Técnica de Salud para la Vigilancia Entomológica y Control de Aedes aegypti L., vector de Arbovirus y la Vigilancia del ingreso de Aedes albopictus L., en el territorio nacional*. <https://goo.su/hUAUF>
- Nascimento, G., Locatelli, J., Freitas, P., & Silva, G. (2000). *Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 31, 247-256. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822000000400003>
- Nawarathne, M., & Dharmarathne, C. (2024). *Control de larvas de dengue de Aedes aegypti L., y Aedes albopictus L., utilizando compuestos bioactivos larvicidas en diferentes extractos de plantas y nano partículas mediadas por extractos de plantas*. *Tropical Medicine and Health*, 52(1), 95. <https://doi.org/10.1186/s41182-024-00654-9>
- OMS. (2005). *Directrices para pruebas de laboratorio y de campo de larvicidas contra mosquitos (No. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2005.13)*. *Article WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2005.13*. <https://short-link.me/19BeL>
- Patiño, D., Pérez, L., Torres, M., Rosas, D., & Di Filippo, G. (2018). *Uso de biocidas y mecanismos de respuesta bacteriana*. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(3), 1-17. <https://short-link.me/19BeR>
- Pereira, A., Pessoa, G., Yamaguchi, L., Stanton, M., Serravite, A., Pereira, R., Neves, W., & Kato, M. (2021). *Actividad larvicida de aceites esenciales de especies de Piper contra cepas de Aedes aegypti L., (Diptera: Culicidae) resistentes a piretroides*. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.685864>
- Perumalsamy, H., Jang, M., & Ahn, Y. (2015). *Actividad larvicida y posible modo de acción de cuatro flavonoides y dos ácidos grasos identificados en semillas de Millettia pinnata hacia tres especies de mosquitos*. *Parasites & vectors*, 8. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0848-8>
- Pino, L. (2013). *Actividad larvicida del extracto acuoso de semillas de Chenopodium quinoa Willd., "quinua" sobre larvas en estadio III de Culex quinquefasciatus Say., "zancudo"*. *Ayacucho*, 2013. <https://goo.su/HGUmVU>
- Priya, S., Vasantha, P., Altemimi, A., Keerthana, R., Radhakrishnan, N., Senthil, S., Kalaivani, K., Chandrasekar, N., Karthi, S., Ganesan, R., Alkanan, Z., Pal, T., Verma, O., & Proćków, J. (2023). *Moléculas bioactivos derivadas de plantas en*

- el manejo del vector del dengue Aedes aegypti (Linn.). Molecules (Basel, Switzerland), 28(5), 2386. <https://doi.org/10.3390/molecules28052386>*
- Quispe, Z. (2017). *Efecto biocida del extracto hidroalcohólico de semillas de Lupinus mutabilis Sweet., “tarwi” sobre larvas de Culex quinquefasciatus Say., “zancudo”. Ayacucho, 2013. <https://short-link.me/19BeY>*
- Rach, J., Bills, T., & Marking, L. (1988). *Toxicidad aguda y crónica de la rotenona en Daphnia magna. En Investigations in Fish Control (No. 92). U.S. Fish and Wildlife Service. <https://pubs.usgs.gov/publication/ifc92>*
- Radad, K., Shraim, M., Emam, A., Wang, F., Kranner, B., Rausch, W., & Moldzio, R. (2019). *Rotenona: Del modelado a la implicación en la enfermedad de Parkinson. Folia Neuropathologica, 57(4), 317-326. <https://doi.org/10.5114/fn.2019.89857>*
- Ramesh, C., & Robin, B. (2022, agosto 1). *Intoxicación por insecticidas de origen vegetal en animales—Toxicología: Manual de veterinaria de MSD. <https://short-link.me/19Bf8>*
- Rao, A., Yadav, S., Singh, P., Nandal, A., Singh, N., Ganaie, S., Yadav, N., Kumar, R., Bhandoria, M., & Bansal, P. (2020). *Una revisión exhaustiva sobre etnomedicina, fitoquímica, farmacología y toxicidad de Tephrosia purpurea L., Pers. Phytotherapy Research: PTR, 34(8), 1902-1925. <https://doi.org/10.1002/ptr.6657>*
- Rojas, L., Araujo, K., & Montero, E. (2015). *Evaluación del uso de Sapindus saponaria L., como Biocida de Aedes aegypti L., en condiciones in vitro. Producción + Limpia, 10(2), 11-17. <https://short-link.me/19Bfh>*
- Sanabria, L., Segovia, E., González, N., Alcaraz, P., & Vera de Bilbao, N. (2009). *Actividad larvicida de extractos vegetales acuosos en larvas de Aedes aegypti L., (primeros ensayos). Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud, 7(2), 26-31. <https://acortar.link/IzA9CH>*
- Sánchez, V. (2012, junio). *Vigilancia Entomológica de Aedes aegypti Linnaeus, 1762 (Diptera: Culicidae) transmisor del virus del dengue en el distrito de villa el salvador durante los meses de enero-junio del 2011. [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/918/S%C3%A1nchez\\_vj.pdf?sequence=1](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/918/S%C3%A1nchez_vj.pdf?sequence=1)*
- Saume, D. (2016). *Efecto biotóxico del extracto hidroalcohólico de las hojas de Lupinus paniculatus Desr., “gera” sobre larvas del mosquito Culex*

- quinquefasciatus* Say.,. [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].  
<https://acortar.link/IzA9CH>
- Sherer, T., Betarbet, R., Testa, C., Seo, B., Richardson, J., Kim, J., Miller, G., Yagi, T., Matsuno-Yagi, A., & Greenamyre, J. (2003). *Mecanismo de toxicidad en modelos de rotenona de la enfermedad de Parkinson. Revista de Neurociencia: La Revista Oficial de La Sociedad de Neurociencia*, 23(34), 10756-10764. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-34-10756.2003>
- Silva, J., Oliveira, A., França, L., da Cruz, J., & Amaral, A. (2024). *Explorando la actividad larvicida y adulticida contra Aedes aegypti L., del aceite esencial de Bocageopsis multiflora. Molecules*, 29(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/molecules29102240>
- Suret, K. (2020). *Determinación de la actividad larvicida e insecticida de los extractos etanólicos de tallos de Equisetum arvense L., (cola de caballo) y corteza de Quassia amara L., (cuasia) contra Aedes aegypti L.,* <https://biblos.usac.edu.gt/opac/record/636385?&mode=advanced&query=@field1=encabezamiento@value1=%20%20%20%20%20%20%20%20%20ENFERMEDADES&recnum=1442>
- Tozzi, A., & Silva, M. (2007). *Jardín botánico de Misuri.* <https://www.tropicos.org/name/13021992>
- Very, P. (2005). "*Barbasco*" *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., *Foros Agrotterra.com.* <https://www.agrotterra.com/foro/foros/viewtopic.php?f=22&t=9659&pag=>
- Vilcacundo, C., & Patricio, D. (2012). *Determinación de la Actividad Insecticida del Shampoo con Extracto de Sambucus nigra L., Franseria artemisiodes W., y Tagetes zipaquirensis H., en Ctenocephalides canis.* <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1058472>
- Yang, Y., Park, I., Kim, E., Lee, H., & Ahn, Y. (2004). *Actividad larvicida de extractos de plantas medicinales contra Aedes aegypti L., Ochlerotatus togoi y Culex pipiens pallens., (Diptera: Culicidae). Journal of Asia-Pacific Entomology*, 7, 227-232. [https://doi.org/10.1016/S1226-8615\(08\)60220-4](https://doi.org/10.1016/S1226-8615(08)60220-4)

## **ANEXOS**

## Anexo 1

Constancia de identificación taxonómica de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube"

### CONSTANCIA

#### **LA BIÓLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:**


Que, el Bach. en Farmacia y Bioquímica, Sr: Jorge Luis, TINEO QUISPE, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988, siendo su taxonomía la siguiente:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ROSIDAE
ORDEN	:	FABALES
FAMILIA	:	PAPILIONACEAE
GENERO	:	Lonchocarpus
ESPECIE	:	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.
N. V..	:	"cube", "barbasco"

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 31 de octubre del 2024

  
LAURA AUCASIME MEDINA  
BIÓLOGA  
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

## Anexo 2

### Certificación taxonómica de *Aedes aegypti* L.



GOBIERNO REGIONAL CUSCO  
GERENCIA REGIONAL DE SALUD CUSCO  
**RED DE SERVICIOS DE SALUD CUSCO VRAEM**  
Centro de Salud Pichari VRAEM  
Laboratorio de Vectores



"Cusco Capital Histórica del Perú"

"Año del Bicentenario de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

#### PROTOCOLO DE IDENTIFICACIÓN

Documento de referencia:

Solicitud N° 001-2024-BSSCVRAEM.VECTORES.CS PICHARI.VRAEM

ORDEN DE ANÁLISIS : 001/2024  
SOLICITADO POR : Egresado, Jorge Luis TINEO QUISPE.  
DIRECCIÓN : Laboratorio de vectores.  
MUESTRA : Larvas de estadio IV de culícido.  
CANTIDAD : 10 ejemplares.  
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : Barrio Valle Dorado Pichari (VRAEM).  
FECHA DE RECEPCIÓN : 24 de octubre de 2024

#### RESULTADO

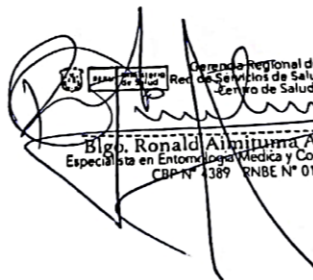
PRUEBA	MÉTODO	RESULTADO
Identificación taxonómica de estadio larval IV de larvas de Culicidae.	Clave taxonómica dicotómica, propuesto por Forattini, Cova, Borror and Delong's.	ORDEN: Díptera
		FAMILIA: Culicidae
		GENERO: <i>Aedes</i>
		ESPECIE: <i>aegypti</i>
		N.C: <i>Aedes aegypti</i> (Linnaeus, 1762)

#### OBSERVACIONES:

Las muestras obtenidas son producto de inspección de recipientes artificiales (balde, llantas, tinas) que son materiales inservibles, que se comportan como criaderos de larvas de *Aedes aegypti*.

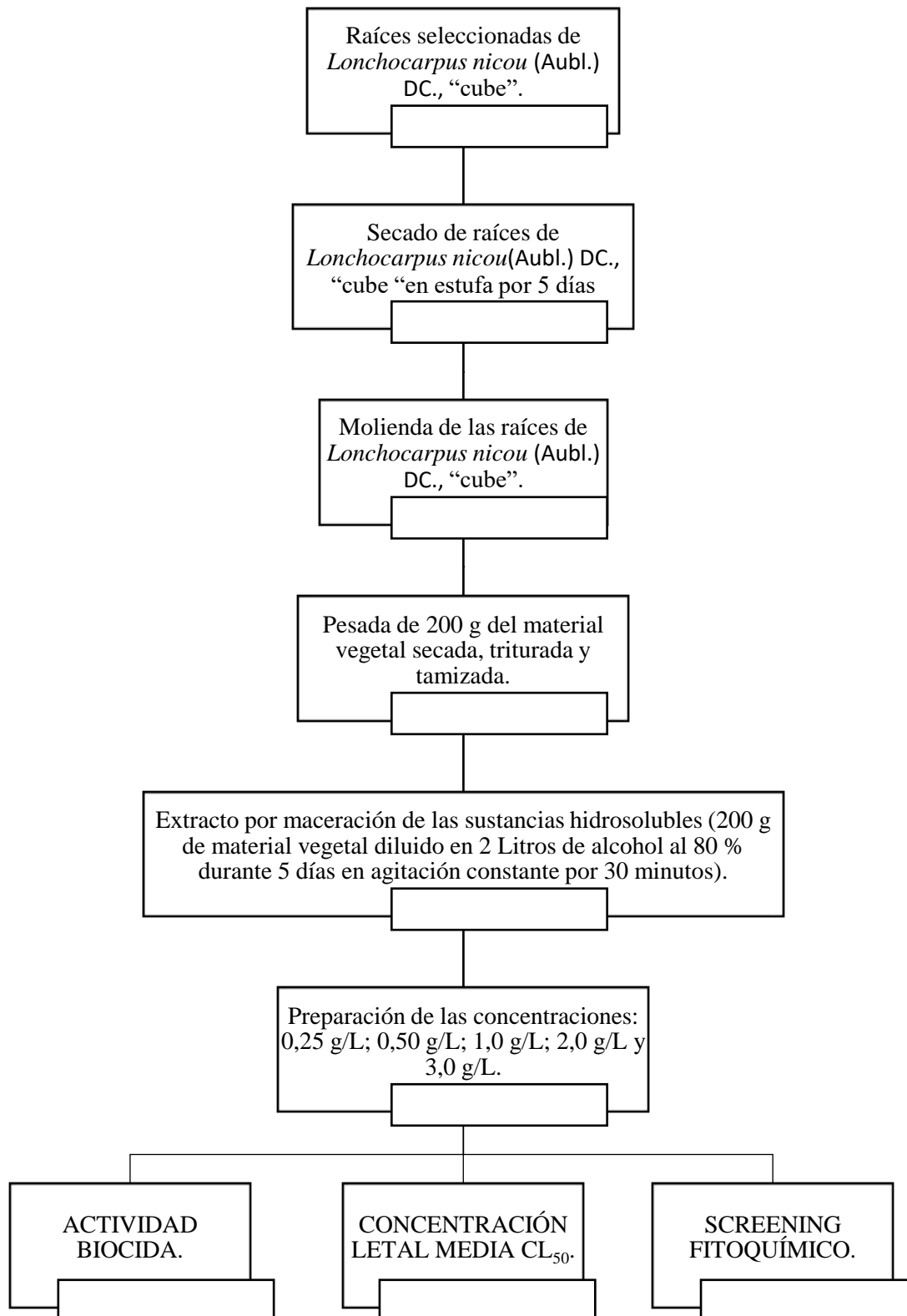
Las muestras biológicas (larva IV) presentan las 04 espinas torácicas laterales, así mismo presenta en el VIII segmento abdominal, una línea de espinas (pecten) característicos de *Ae. Aegypti*.

Pichari, 31 octubre del 2024.

  
Gerencia Regional de Salud CUSCO  
Red de Servicios de Salud Cusco VRAEM  
Centro de Salud PICHARI  
Bigo. Ronald Aijayuma Aijayuma  
Especialista en Entomología Médica y Control de Vectores  
CBP N° 4389 RNBE N° 0101

### Anexo 3

Flujograma del diseño metodológico para la determinación de la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube"



#### Anexo 4

*Raíces recolectadas de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., "cube"*



**Anexo 5**

*Recolección de larvas de Aedes aegypti L., en los barrios de Maravilla, Mariscal Cáceres, Valle Dorado y Santa Rosa del distrito de Pichari 2025*



## Anexo 6

*Flujograma del procedimiento de la extracción del extracto hidroalcohólico de la raíz de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., "cube", Ayacucho 2025*



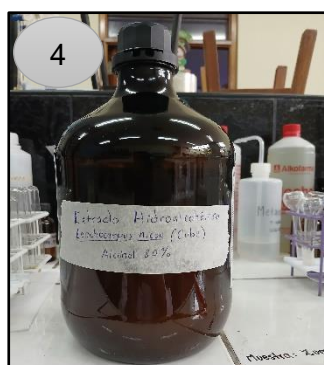
1  
Pesado de la muestra después de secar en la estufa durante 5 días.



2  
Molienda manual de la muestra con un molino.



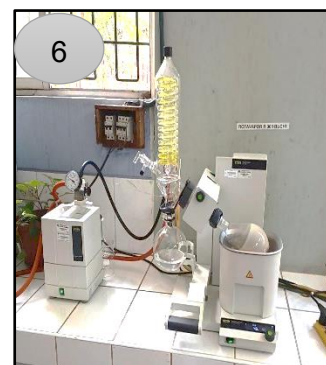
3  
Pesaje de la muestra molida 200 g.



4  
Maceración de la muestra por 5 días en alcohol al 80%.



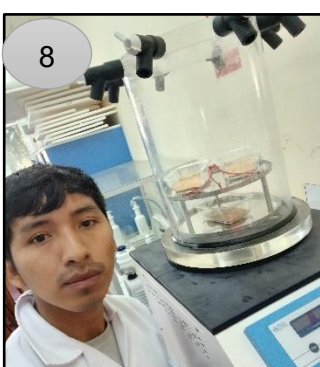
5  
Proceso de filtrado del extracto.



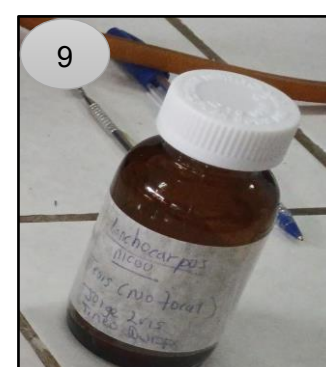
6  
Uso de rotavapor para eliminar el alcohol y llegar a grado 0.



7  
Muestra del extracto concentrado obtenido.



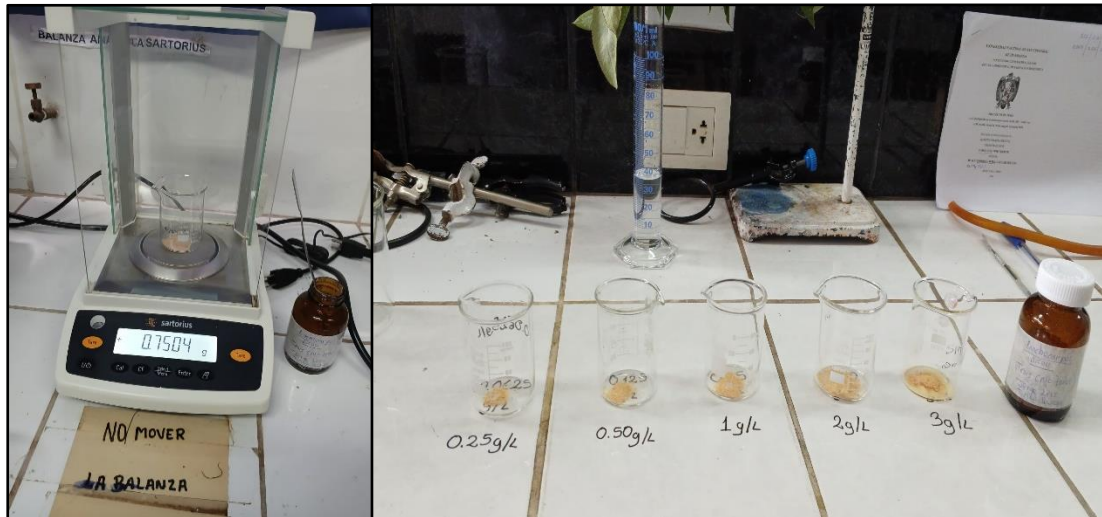
8  
Secado de la muestra en el liofilizador por 6 días



9  
43 g de extracto hidroalcohólico de *Lonchocarpus nicou*.

## Anexo 7

Preparación de las concentraciones a ensayar del extracto hidroalcohólico de las raíces de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube" en el laboratorio de Farmacognosia. Ayacucho 2025

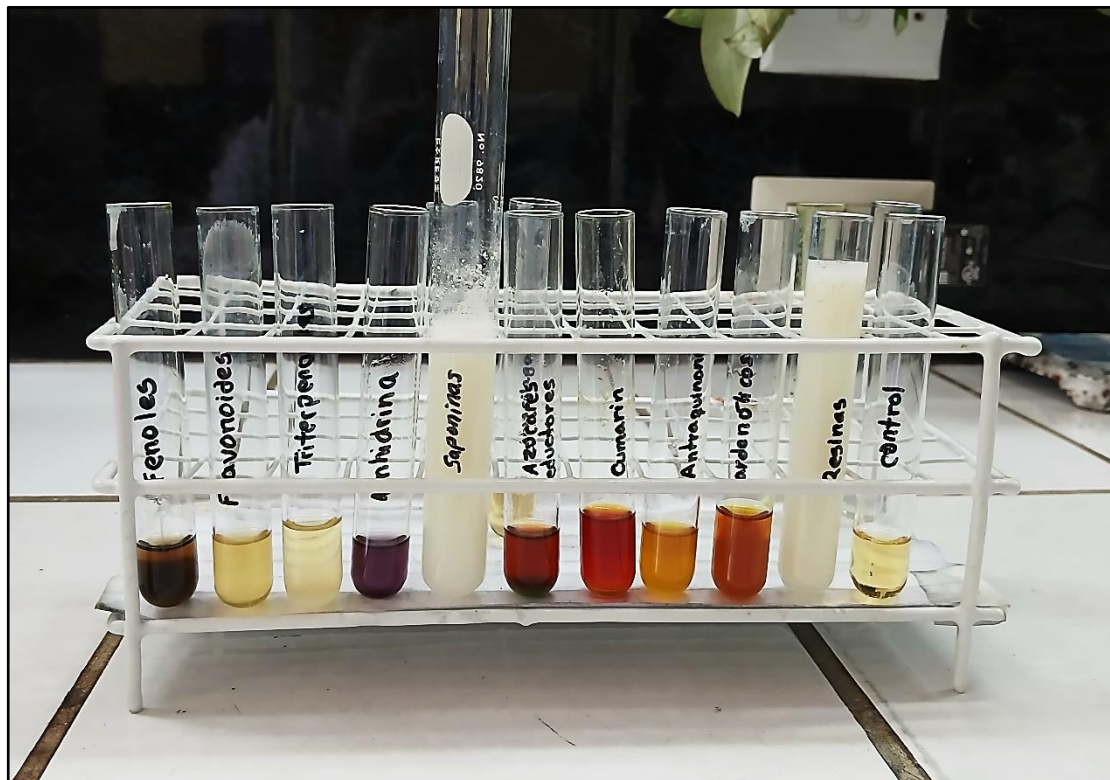


## Anexo 8

*Screening fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la raíz de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., "cube", Ayacucho 2025*

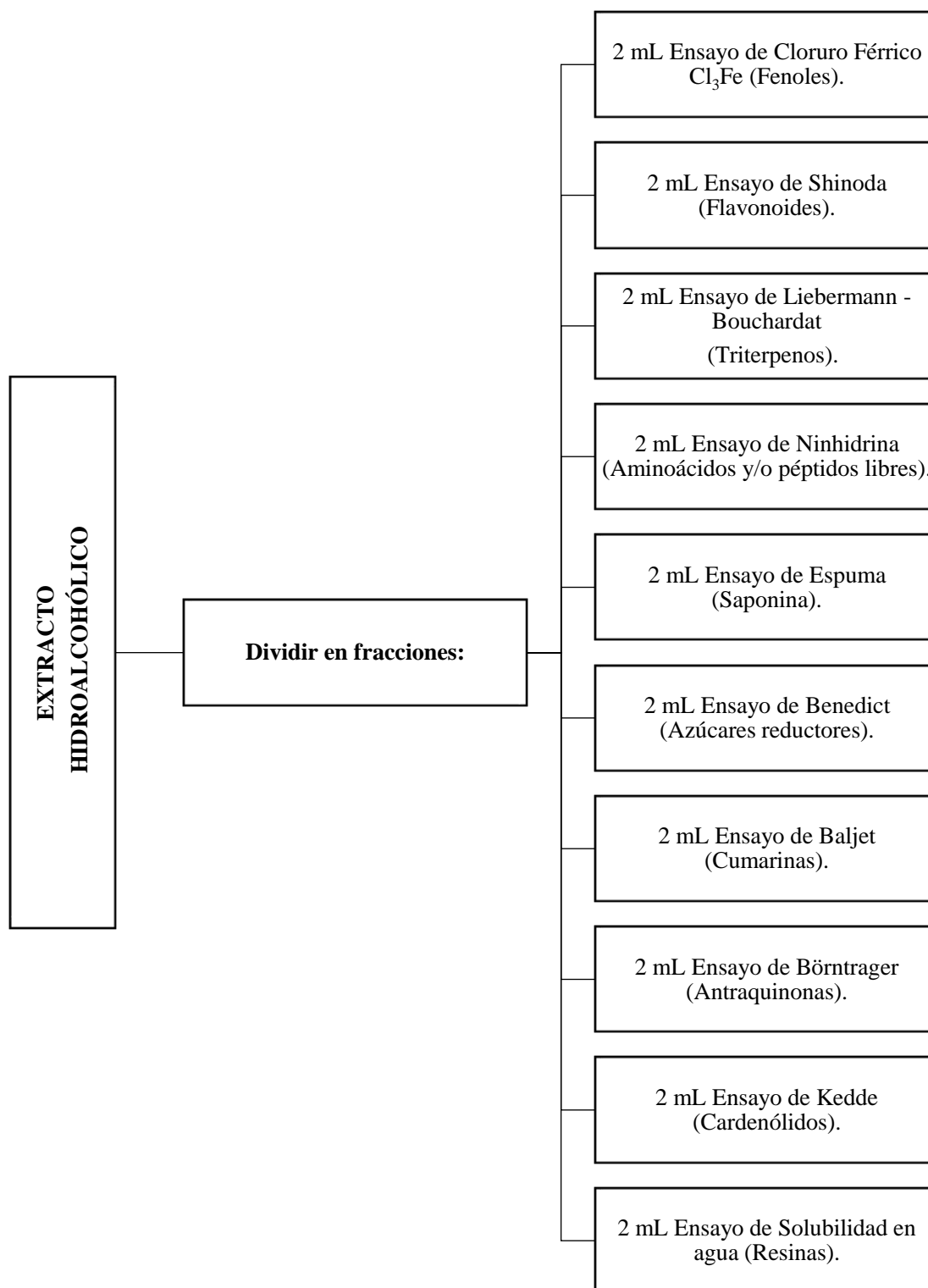


Se procedió a realizar las pruebas pertinentes para poder identificar cualitativamente los principales grupos de metabolitos secundarios.



## Anexo 9

Esquema de las reacciones del screening fitoquímico realizadas con el extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., “cube”



**Anexo 10**

*Selección de larvas del estadio IV Aedes aegypti L., laboratorio de Vectores – Pichari, VRAEM*



## Anexo 11

*Preparación de las diluciones del extracto hidroalcohólico de la raíz de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., “cube” y evaluación de su efecto biocida en las larvas del estadio IV del mosquito Aedes aegypti L., en el laboratorio Vectores Pichari, VRAEM*



## Anexo 12

Porcentaje de mortalidad larvaria de *Aedes aegypti* L., para cada una de las concentraciones evaluadas

RECIP.	Tratamiento	Repetición	Concentración (g/L)	Larvas expuestas (n°)	Mortalidad a las 4 h. (%)	Mortalidad a las 8 h. (%)	Mortalidad a las 12 h. (%)	Mortalidad a las 24 h. (%)
1	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	1	0	10	0	0	0	0
2	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	2	0	10	0	0	0	0
3	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	3	0	10	0	0	0	0
4	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	4	0	10	0	0	0	0
5	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	5	0	10	0	0	0	0
6	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	1	0,25	10	0	0	0	20
7	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	2	0,25	10	0	0	10	20
8	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	3	0,25	10	0	0	10	20
9	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	4	0,25	10	0	10	10	30
10	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	5	0,25	10	0	0	30	40
11	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	1	0,5	10	0	10	20	70
12	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	2	0,5	10	0	10	20	80
13	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	3	0,5	10	0	10	30	80
14	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	4	0,5	10	0	10	20	80
15	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	5	0,5	10	0	0	20	70
16	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	1	1,0	10	0	40	60	90
17	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	2	1,0	10	0	20	60	100
18	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	3	1,0	10	20	40	60	100
19	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	4	1,0	10	10	50	80	90
20	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	5	1,0	10	20	40	70	100
21	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	1	2,0	10	20	40	70	100
22	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	2	2,0	10	10	50	60	100
23	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	3	2,0	10	10	40	60	100
24	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	4	2,0	10	40	50	80	100
25	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	5	2,0	10	30	60	80	100
26	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	1	3,0	10	30	60	100	100
27	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	2	3,0	10	30	60	70	100
28	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	3	3,0	10	10	50	90	100
29	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	4	3,0	10	50	70	100	100
30	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	5	3,0	10	40	50	80	100
31	Temephos®	1	0,1	10	40	60	100	100
32	Temephos®	2	0,1	10	30	80	100	100
33	Temephos®	3	0,1	10	20	70	100	100
34	Temephos®	4	0,1	10	20	80	100	100
35	Temephos®	5	0,1	10	60	90	100	100

### Anexo 13

*Prueba de Kruskal Wallis para comparar las medias del efecto biocida de las cinco concentraciones del extracto hidroalcohólico de la raíz de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., "cube", sobre larvas del estadio IV de Aedes aegypti L., tras 24 horas de exposición*

<b>Variable</b>	<b>Concentración (g/L)</b>	<b>N</b>	<b>Medias</b>	<b>H</b>	<b>p</b>
Mortalidad (%)	0,00	5	0	25,39	<0,0001
Mortalidad (%)	0,25	5	26		
Mortalidad (%)	0,50	5	76		
Mortalidad (%)	1,0	5	96		
Mortalidad (%)	2,0	5	100		
Mortalidad (%)	3,0	5	100		

<b>Tratamiento</b>	<b>Ranks</b>			
0,00	3	A		
0,25	8	A		
0,50	13	A	B	
1,0	21		B	C
2,0	24			C
3,0	24			C

Hallándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

#### Anexo 14

*Concentración letal media (CL<sub>50</sub>) mediante análisis Probit del efecto biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., “cube”, sobre larvas del estadio IV de Aedes aegypti L., tras 24 horas de exposición*

Porcentaje	Percentil	Error estándar	IC fiducial de 95%	
			Inferior	Superior
1	-0,149599	0,0705043	-0,328440	-0,0360892
2	-0,0841944	0,0631714	-0,243545	0,0180775
3	-0,0426976	0,0586280	-0,189899	0,0526623
4	-0,0114812	0,0552813	-0,149687	0,0788214
5	0,0139110	0,0526131	-0,117085	0,100209
6	0,0355237	0,0503865	-0,0894256	0,118502
7	0,0544738	0,0484726	-0,0652511	0,134619
8	0,0714414	0,0467931	-0,0436748	0,149119
9	0,0868728	0,0452968	-0,0241154	0,162369
10	0,101077	0,0439485	-0,0061698	0,174625
20	0,206629	0,0351085	0,124762	0,268116
30	0,282739	0,0306967	0,215084	0,339618
40	0,347772	0,0289143	0,288042	0,404933
50	0,408557	0,0292384	0,351967	0,470249
60	0,469342	0,0314308	0,411891	0,539566
70	0,534376	0,0354489	0,472464	0,617266
80	0,610486	0,0416784	0,540175	0,711380
90	0,716037	0,0519583	0,630719	0,845258
91	0,730242	0,0534367	0,642711	0,863467
92	0,745673	0,0550620	0,655701	0,883287
93	0,762641	0,0568701	0,669942	0,905123
94	0,781591	0,0589132	0,685799	0,929557
95	0,803204	0,0612707	0,703829	0,957480
96	0,828596	0,0640736	0,724946	0,990351
97	0,859812	0,0675621	0,750822	1,03085
98	0,901309	0,0722612	0,785096	1,08480
99	0,966713	0,0797829	0,838887	1,17007

## Anexo 15

Mortalidad porcentual de larvas del estadio IV de *Aedes aegypti* L., a las 4, 8, 12 y 24 horas de exposición al extracto hidroalcohólico de la raíz de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., (3,0 g/L) y al larvicida Temephos® (0,1 g/L)

Tiempo	Variable	Tratamiento	N	Medias	H	p
<i>Lonchocarpus</i>						
4 h	Mortalidad (%)	<i>nicou</i> (Aubl.) DC. (3,0 g/L).	5	32,0	0,00	1,0000
	Mortalidad (%)	Temephos® (0,1 g/L)	5	34,0		
<i>Lonchocarpus</i>						
8 h	Mortalidad (%)	<i>nicou</i> (Aubl.) DC. (3,0 g/L)	5	58,0	4,46	0,0328
	Mortalidad (%)	Temephos® (0,1 g/L)	5	76,0		
<i>Lonchocarpus</i>						
12 h	Mortalidad (%)	<i>nicou</i> (Aubl.) DC. (3,0 g/L)	5	88,0	3,72	0,0539
	Mortalidad (%)	Temephos® (0,1 g/L)	5	100,0		
<i>Lonchocarpus</i>						
24 h	Mortalidad (%)	<i>nicou</i> (Aubl.) DC. (3,0 g/L)	5	100,0	NA	NA
	Mortalidad (%)	Temephos® (0,1 g/L)	5	100,0		

## Anexo 16

### Matriz de definición y operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de medición
Variable independiente Concentración del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	Concentración del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., (tratamiento biocida).	Diferentes concentraciones del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., aplicadas a las larvas de <i>Aedes aegypti</i> L.	Obtención del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	Concentraciones del extracto (g/L): 0,25 g/L; 0,50 g/L; 1,0 g/L; 2,0 g/L y 3,0 g/L.	Preparación del extracto de la planta.          Medición de concentraciones con balanza
Variable dependiente Mortalidad de <i>Aedes aegypti</i> L., en el estadio larval IV.	Mortalidad larval de <i>Aedes aegypti</i> L., (en el estadio IV)	Porcentaje de larvas muertas después de la exposición al extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	Efecto sobre larvas de <i>Aedes aegypti</i> L.	Porcentaje de mortalidad larval después del tratamiento.       Tiempo hasta la muerte de las larvas (si corresponde)	Conteo de larvas vivas y muertas.       Observación visual y registro.  Registro de comportamiento.

\*Si aplica

## Anexo 17

### Matriz de consistencia

**Título:** Actividad biocida de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube" en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L. Ayacucho 2024

**Autor:** Jorge Luis Tineo Quispe

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Tendrá el extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., "cube" actividad biocida en el estadio larval IV de <i>Aedes aegypti</i> L.?	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., "cube" en el estadio larval IV de <i>Aedes aegypti</i> L.</p>	<p><b>Hipótesis principal</b></p> <p><b>H1:</b> El extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., presenta actividad biocida evidenciada por un aumento significativo en la mortalidad de larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., en comparación con el grupo control.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Concentración del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.</p> <p><b>Indicador:</b></p> <p>Concentraciones del extracto hidroalcohólico (g/L): 0,25 g/L; 0,50 g/L; 1,0 g/L; 2,0 g/L y 3,0 g/L.</p>	<p><b>Población de Estudio</b></p> <p>Raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., "cube", recolectadas en la comunidad de Sankirwato, ubicada en el distrito de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco, a una altitud de 686,05 m.s.n.m.</p> <p><b>Muestra y Tamaño de Muestra</b></p> <p>Seis kilogramos de raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., "cube".</p>
	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., "cube" en diferentes concentraciones sobre el estadio larval IV de <i>Aedes aegypti</i> L., a las 24 horas de exposición.</li> <li>Determinar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., "cube".</li> <li>Comparar la actividad biocida del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., "cube" con el larvicida Temephos®.</li> <li>Realizar el screening fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., "cube".</li> </ul>	<p><b>Hipótesis secundarias</b></p> <p><b>H2:</b> La mortalidad larval está directamente relacionada con la concentración del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.</p> <p><b>H3:</b> El extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., tiene una actividad biocida comparable a los insecticidas sintéticos, como el Temephos® empleados en el control larval de <i>Aedes aegypti</i> L.</p> <p><b>H4:</b> Los compuestos bioactivos del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC., son los responsables de la actividad biocida observada.</p>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Mortalidad de <i>Aedes aegypti</i> L., en el estadio larval IV.</p> <p><b>Indicador</b></p> <p>Porcentaje de mortalidad larval después del tratamiento.</p> <p>Tiempo hasta la muerte de las larvas (si corresponde).</p> <p>Comportamiento (inmovilidad, alteración, etc.).</p>	<p><b>Unidad de Análisis</b></p> <p>Conformada por 10 larvas del estadio IV de <i>Aedes aegypti</i> L., expuestas en vasos plásticos descartables que contenían 190 mL de agua de clorada y 10 mL del extracto hidroalcohólico de la raíz de <i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.</p> <p><b>Análisis de Datos</b></p> <p>Se determinó el porcentaje de mortalidad larvaria a las 24 horas, presentando los resultados en tablas y figuras (histogramas y curvas). La comparación entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis (nivel de significancia <math>\alpha &lt; 0,05</math>) en INFOTAT. Además, se estimó la CL<sub>50</sub> mediante análisis Probit, con transformaciones logarítmicas y unidades Probit en MINITAB 16.</p>

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### RESOLUCIÓN DECANAL N° 686-2025-UNSCH-FCSA-D

**BACHILLER:** JORGE LUIS TINEO QUISPE

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cinco de la tarde del día dieciocho del mes de setiembre del año dos mil veinticinco, se reunieron en el auditorium de la Facultad de Ciencias de la Salud los docentes miembros del jurado evaluador, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado: **Actividad biocida de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube" en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L. Ayacucho 2024**, presentado por el bachiller JORGE LUIS TINEO QUISPE para optar el título profesional de Químico Farmacéutico.

En tal sentido, el jurado evaluador queda conformado por:

Presidente : Prof. Johnny Aldo Tinco Jayo  
Miembros : Prof. Edwin Carlos Enciso Roca  
: Prof. Kirianova Godoy Bautista  
Prof. Roxana León Aronés  
Asesor : Prof. Enrique Javier Aguilar Felices  
Secretario Docente : Prof. Danny Roosvell Cordova De la Cruz

Con el quórum reglamentario, se dio inicio la sustentación de tesis. Como acto inicial, el presidente de la comisión solicita al secretario docente verificar la conformidad del expediente presentado por la sustentante y dar lectura a la resolución. El secretario indica que los documentos presentados por la recurrente no tienen observaciones, por lo que procede a leer la resolución decanal y proporciona algunas indicaciones a la sustentante.

A continuación, se da inicio a la exposición de el Bachiller: JORGE LUIS TINEO QUISPE. Una vez concluida, el presidente de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas. Seguidamente se da pase al asesor de tesis, para que pueda aclarar algunas preguntas, interrogantes, aclaraciones.

El presidente invita al sustentante abandonar el auditorium para que pueda proceder con la calificación.

## RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL

Bachiller: JORGE LUIS TINEO QUISPE

JURADOS	Texto	Exposición	Preguntas	P. Final
Prof. Edwin Carlos Enciso Roca	18	18	18	18
Prof. Kirianova Godoy Bautista	17	17	17	17
Prof. Roxana León Aronés	17	17	17	17
<b>PROMEDIO FINAL</b>				<b>17</b>

De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: Aprobar al Bachiller JORGE LUIS TINEO QUISPE; quien obtuvo la nota final de diecisiete (17) para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo la 6:54 de la noche, se da por concluido el presente acto académico.



Prof. Edwin C. Enciso Roca Jurado



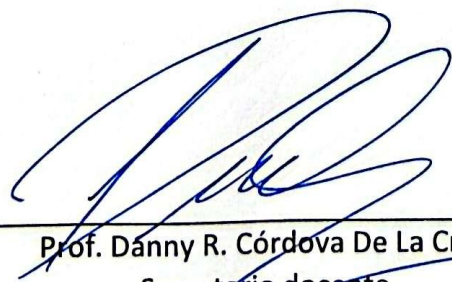
Prof. Kirianova Godoy Bautista  
Jurado



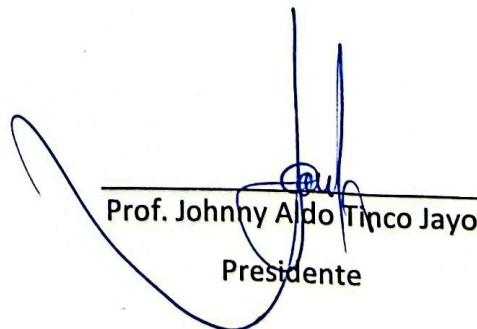
Prof. Roxana León Aronés  
Jurado



Prof. Enrique J. Aguilar Felices  
Asesor



Prof. Dáddy R. Córdova De La Cruz  
Secretario docente



Prof. Johnny Aldo Tinco Jayo  
Presidente

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

El Instructor en Segunda Instancia, en virtud de la RCU N.º 039-2021-UNSCH-CU, y en calidad de director de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, emite la presente

**CONSTANCIA**

**DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

A Jorge Luis TINEO QUISPE, Bachiller de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, en mérito a que la tesis titulada: Actividad biocida de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube" en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L. Ayacucho 2024; ha alcanzado un índice de similitud de 14% (catorce); cumpliendo satisfactoriamente lo establecido en el Art. 13 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga mediante el uso del SOFTWARE TURNITIN.

En ese sentido, se emite la presente constancia en señal de conformidad.

Ayacucho, 04 de setiembre de 2025.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA  
Marco R. Aronés Jara  
DIRECTOR

Firmado  
digitalmente por  
MARCO ROLANDO  
ARONES JARA  
Fecha: 2025.09.04  
18:47:25 -05'00'

# Actividad biocida de Lonchocarpus nicou (Aubl.) DC., "cube" en el estadio larval IV de Aedes aegypti L. Ayacucho 2024

*por* Jorge Luis TINEO QUISPE

---

**Fecha de entrega:** 04-sept-2025 11:04a. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2741890601

**Nombre del archivo:** BORRADOR\_DE\_TESIS\_JORGE\_LUIS\_TINEO.pdf (3.41M)

**Total de palabras:** 18154

**Total de caracteres:** 96103

# Actividad biocida de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., "cube" en el estadio larval IV de *Aedes aegypti* L. Ayacucho 2024

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.unsch.edu.pe](https://repositorio.unsch.edu.pe)

Fuente de Internet

7%

2

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

2%

3

[bolsa-trabajo.upads.edu.pe](https://bolsa-trabajo.upads.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

4

James A. Duke. "Handbook of LEGUMES of World Economic Importance", Springer Science and Business Media LLC, 1981

Publicación

<1%

5

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

<1%

6

[www.scielo.org.mx](https://www.scielo.org.mx)

Fuente de Internet

<1%

7

[eprints.uanl.mx](https://eprints.uanl.mx)

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Nacional del Santa

Trabajo del estudiante

<1%

9

[repositorio.unamba.edu.pe](https://repositorio.unamba.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

10

[www.difuciencia.com](https://www.difuciencia.com)

Fuente de Internet

<1%

11

[ciencialatina.org](https://ciencialatina.org)

Fuente de Internet

<1%

12

[dialnet.unirioja.es](https://dialnet.unirioja.es)

Fuente de Internet

<1%

13

[legacy.tropicos.org](https://legacy.tropicos.org)

Fuente de Internet

<1%

[repositorio.unsaac.edu.pe](https://repositorio.unsaac.edu.pe)

14	Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://www.revistaartroscopia.com">www.revistaartroscopia.com</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.amica.com.mx">www.amica.com.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.unan.edu.ni">repositorio.unan.edu.ni</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://revistas.iiap.org.pe">revistas.iiap.org.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas       Activo       Excluir coincidencias < 30 words  
 Excluir bibliografía       Activo