

**EVALUACIÓN DEL EFECTO ALELOPÁTICO PRODUCIDO POR EL ACEITE
ESENCIAL DE NONI (*Morinda citrifolia*), SOBRE LOS ECTOPARÁSITOS
(*Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans*) INFLUYENTES EN LA GANADERÍA**

DIANA YISETH GARCÍA RODRÍGUEZ

LEIDY MARÍA GARCÍA RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR SECCIONAL AGUACHICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

2024

**EVALUACIÓN DEL EFECTO ALELOPÁTICO PRODUCIDO POR EL ACEITE
ESENCIAL DE NONI (*Morinda citrifolia*), SOBRE LOS ECTOPARÁSITOS
(*Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans*) INFLUYENTES EN LA GANADERÍA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

DIANA YISETH GARCÍA RODRÍGUEZ

LEIDY MARÍA GARCÍA RODRÍGUEZ

DIRECTOR:

MSc. YISSETH MARIOTTE SANCHEZ OJEDA

CO-DIRECTOR

MSc. LENIN EDUARDO ACUÑA ALVEAR

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR SECCIONAL AGUACHICA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

2024

NOTA DE APROBACIÓN

El trabajo de grado de las estudiantes Diana Yiseth García rodríguez & Leidy María García Rodríguez, titulado “Evaluación del efecto alelopático producido por el aceite esencial de noni (*Morinda citrifolia*), sobre los ectoparásitos (*Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans*) influyentes en la ganadería”, ha sido aprobado por los jurados, quien no se hace responsable de su contenido, pero lo ha encontrado correcto en su calidad y en su forma de presentación por lo que en fe de lo cual firman.

**WILSON AVELLANEDA VARGAS
EVALUADOR 1**

**SERGIO IVAN GUARÍN SANTIAGO
EVALUADOR 2**

**YISSETH MARIOTTE SANCHEZ
OJEDA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**

**LENIN EDUARDO ACUÑA ALVEAR
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE
GRADO**

DEDICATORIA

A Dios por su infinita misericordia.

A mis padres por su apoyo y amor incondicional en este largo camino.

DEDICATORIA

A Dios por su amor incondicional.

A mis padres por su apoyo y esfuerzo durante este proceso de formación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su infinita bondad, por su guía y protección a lo largo de nuestras vidas y por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad.

A mis padres gracias por sus esfuerzos y sacrificios hoy somos quienes somos, gracias por el amor, apoyo, fuerza y comprensión que nos brindaron en este largo proceso. Mamá y papá lo logramos.

A la directora, MSc. Yiseth Mariotte Sánchez Ojeda y al co-director MSc. Lenin Eduardo Acuña Alvear, quienes gracias a sus experiencias, conocimiento y motivación nos ayudaron en todo momento para poder realizar este proyecto.

A la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica y a todos los docentes que hicieron parte de nuestra formación académica, gracias por su paciencia, orientación y conocimiento, aportaron su granito de arena en este camino de la formación.

A Tecnoparque Sena Nodo Valledupar, por ofrecer sus laboratorios y equipos.

A todos los que en algún momento estuvieron con nosotras y por cuestiones de la vida nuestros caminos se separaron.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE ANEXOS	XI
GLOSARIO	XII
RESUMEN	XIV
1. INTRODUCCIÓN	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
3. JUSTIFICACIÓN	20
4. OBJETIVOS	21
4.1 OBJETIVO GENERAL	21
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
5. MARCO TEÓRICO	22
6. MARCO LEGAL	27
7. ESTADO DEL ARTE	29
8. METODOLOGÍA	31
9. RESULTADOS	42
10. DISCUSIONES	47
11. CONCLUSIONES	48
12. RECOMENDACIONES	49
13. LITERATURA CITA	50
14. ANEXOS	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problema	17
Figura 2. Ubicación geográfica finca El Topacio	31
Figura 3. Diagrama de bloques del diseño experimental	34
Figura 4. Diagrama de bloques método extractivo	36
Figura 5. Diagrama de bloques aplicación y evaluación de las concentraciones (dosis) del agente activo: aceite esencial <i>Morinda citrifolia</i>	38
Figura 6. Comparación entre el % de eficiencia de dosis de aceite esencial y el tiempo.	44
Figura 7. Promedio de Dosis.	45
Figura 8. Comparación entre el %de eficiencia de las dosis, el producto químico y el tratamiento cero.	46
Figura 9. Pretratamiento de las semillas de noni <i>Morinda citrifolia</i> . Fruto (A), Semillas y Pulpa (B), Semilla Secas (C) y Semilla con Pretratamiento de Molienda (D).	56
Figura 10. Método de extracción. Arrastre con Vapor de Agua (A) y Método por Inmersión(B).	56
Figura 11. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 1500 ppm.....	57
Figura 12. Replica 2 ganado de muestra con dosis 1500 ppm	57
Figura 13. Replica 3 ganado de muestra con dosis 1500 ppm	57
Figura 14. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 2500 ppm.....	58
Figura 15. Replica 2 ganado de muestra con dosis de 2500 ppm.....	58
Figura 16. Replica 3 ganado de muestra con dosis de 2500 ppm.....	58
Figura 17. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 3500 ppm.....	59
Figura 18. Replica 2 ganado de muestra con dosis de 3500 ppm.....	59
Figura 19. Replica 3 ganado de muestra con dosis de 3500 ppm.....	59
Figura 20. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 4500 ppm.....	60
Figura 21. Replica 2 ganado de muestra con dosis de 4500 ppm.....	60
Figura 22. Replica 3 ganado de muestra con dosis de 4500 ppm.....	61
Figura 23. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 5500 ppm.....	62
Figura 24. Replica 2 ganado de muestra con dosis de 5500 ppm.....	63
Figura 25. Replica 3 ganado de muestra con dosis de 5500 ppm.....	64
Figura 26. Ganado de muestra con producto químico.....	65

Figura 27.	Ganado muestra con tratamiento cero.....	65
Figura 28.	Comparación dosis 1 y producto químico.....	66
Figura 29.	Comparación dosis 2 y producto químico.....	66
Figura 30.	Comparación dosis 3 y producto químico.....	67
Figura 31.	Comparación dosis 4 y producto químico.....	67
Figura 32.	Comparación dosis 5 y producto químico.....	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Variables fase 1.....	37
Tabla 2.	Variables fase 2.....	39
Tabla 3.	Dosificación y observación del efecto de las concentraciones del aceite, producto químico y tratamiento cero.	40
Tabla 4.	Propiedades físicas y químicas.	42
Tabla 5.	Compuestos químicos del aceite esencial noni <i>Morinda citrifolia</i>	42

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Imágenes pretratamiento de las semillas de la fruta de noni (<i>Morinda citrifolia</i>)	56
ANEXO B. Métodos de extracción de aceite esencial de noni <i>Morinda citrifolia</i>	56
ANEXO C. Imágenes tomadas de la aplicación en campo.....	57
ANEXO D. Gráficos de la comparación entre las diferentes dosis y el producto químico.	67

GLOSARIO

Contaminación: introducción de contaminantes en el medio ambiente que causan daño a otros organismos y al medio ambiente, que pueden ser en forma de sustancias químicas o energía, como calor, luz o ruido (Özkara et al., 2016).

Alelopático o alelopatía: efecto en que un organismo causa efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de otro; es un fenómeno biológico característicos de ciertas plantas, algas, bacterias y hongos, mediante el cual se producen y liberan al medio sustancias bioquímicas influyendo en el crecimiento y desarrollo de otros organismos (Panca-jevera et al., 2024).

Noni (*Morinda citrifolia*): árbol de hoja perenne se cultiva en climas tropicales y subtropicales, es originaria de Malasia, Australia y Sudeste de Asia, es una planta utilizada como alimento y medicina, ha sido utilizado en el tratamiento de enfermedades infecciosa, cancerígenas, como antibacteriano y antifúngica (Jahurul et al., 2021).

Aceite esencial: moléculas complejas de compuestos orgánicos volátiles producidas por plantas aromáticas como metabolitos secundarios, contienen olores fuertes y consisten en hidrocarburos y compuestos oxigenados, los aceites esenciales pueden tener propiedades larvicida, pupicida y adulticida, antialimentarios, disuasorios de la oviposición, reguladores de crecimiento en los insectos o repelentes (Lachanche & Grange, 2014).

Piretroides: análogos sintéticos de las piretrinas naturales, es un producto obtenido de las flores de la planta piretro *Chrysanthemum cinerariaefolium*; tienen alto efecto en la eliminación de insectos, su fácil biodegradación y su baja toxicidad para los mamíferos, no obstante, son altamente tóxicos para los organismos acuáticos (Özkara et al., 2016).

Organofosforados: tipo de pesticidas altamente tóxicos, contienen un grupo fosfato, estos compuestos químicos inhiben la enzima acetilcolinesterasa, que hidroliza la acetilcolina en el sistema nervioso de varias especies incluidos los humanos; sus residuos

son una mayor amenaza para el ecosistema y la industria alimentaria debido a que su toxicidad es irreversible (Özkara et al., 2016).

Pesticidas: termino genérico que engloba a todos los insecticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas, productos químicos para jardinería, conservantes de madera, son utilizados en actividades agropecuarias con el fin de proteger a cultivos y animales de plagas e insectos; son altamente peligrosos y nocivos para salud humana y el medio ambiente (Özkara et al., 2016).

RESUMEN

Las moscas de los establos (*Stomoxys calcitrans*) y las moscas de los cuernos (*Haematobia irritans*) son los ectoparásitos con gran importancia en la ganadería y representan un grave problema, causando pérdidas económicas significativas al reducir la producción de leche y carne, así como la transmisión de enfermedades y lesiones cutáneas. El control tradicional con productos químicos genera resistencia en los parásitos y contaminación al medio ambiente. El presente estudio evaluó el efecto alelopático producido por el aceite esencial extraído de la semilla de noni *Morinda citrifolia* sobre ectoparásitos (*Stomoxys calcitrans* y *Haematobia irritans*) influyentes en la ganadería, se diseñó un experimento con cinco concentraciones de aceite esencial 1500, 2500, 3500, 4500, y 5500 ppm, estas fueron preparadas en 500 ml de aceite mineral por cada concentración; aplicándoles 15 ml de cada dilución al ganado bovino para evaluar su acción alelopática sobre los ectoparásitos. La efectividad fue calculada utilizando la fórmula $(\text{Área desinfectada}/\text{Área total}) * 100$, con dos repeticiones por día en el horario de 9 a.m. y 5 p.m., obteniendo datos precisos del área desinfectada. Los resultados indican que todas las dosis fueron efectivas en el primer día de aplicación existiendo diferencias significativas en los siguientes días, donde la dosis 1 y 2 presentaron una tendencia decreciente a partir del segundo día. Las dosis 3, 4 y 5 mantuvieron su efectividad durante los días de estudio. Al observar el costo-beneficio se concluyó que la dosis 3 (3500 ppm) es la dosis adecuada puesto que alcanza valores de 99% y 80% durante todo el periodo de prueba, utilizando menos cantidad de aceite esencial en comparación a la dosis 4 y 5 (4500 y 5500 ppm) y logran una efectividad similar. Esto indica que el aceite esencial de noni *Morinda citrifolia* a ciertas concentraciones reduce significativamente la población de ectoparásitos, ofreciendo una alternativa natural y sostenible a los pesticidas sintéticos convencionales.

Palabras claves: aceite esencial, pesticidas, contaminación, ectoparásitos, *Morinda citrifolia*.

1. INTRODUCCIÓN

Las moscas son consideradas vectores importantes en la transmisión de enfermedades, pues son capaces de transportar bacterias, virus y parásitos, algunas moscas son hematófagas (que se alimentan de la sangre), como las moscas del establo *Stomoxys calcitrans* y las moscas de los cuernos *Haematobia irritans*, causándole molestias, llevando a una pérdida económica en el sector ganadero (Showler, 2017).

Las moscas de los cuernos y las moscas del establo son problemáticas debido a su estilo de alimentación diario repetido que al atacar al animal le provocan estrés y dolor en el sitio de picadura, resultando que este tenga una reducción del aumento del peso corporal y en la producción de la leche en las vacas; las moscas de los cuernos no transmiten enfermedades, pero son responsables de lesiones cutáneas en el ganado bovino, las moscas del establo son capaces de transmitir infecciones y virus, como el virus de la anemia infecciosa (Showler, 2017).

El control de las moscas se logra mediante el uso de productos químicos que al usarlos incorrectamente pueden provocar contaminación ambiental, así como resistencia de las moscas por su continua aplicación (Klauck et al., 2014). Los insecticidas convencionales son altamente tóxicos y peligrosos para la salud de los seres humanos y del ganado, estos productos son persistentes en el medio ambiente, las plantas y los animales pues son elaborados a base de organofosforados y piretroides.

El alto consumo de productos sintéticos convencionales ha presentado resistencia y contaminación al medio ambiente, debido a esto es necesario la búsqueda de nuevas alternativas que sean amigables con el medio ambiente y a su vez tenga eficiencia en el control de estos ectoparásitos. se han encontrado algunas maneras de controlarlos como la utilización de aceites esenciales para el control de moscas como el aceite de citronela y el

aceite de neem, el uso de productos naturales es una alternativa importante para la reducción de la contaminación ambiental provocada por la utilización de pesticidas.

El noni *Morinda citrifolia* es una fruta originaria del sureste de Asia y Australia, pero se ha cultivado en varios países, el fruto del noni *Morinda citrifolia* tiene forma ovalada, de color verde a blanco que se vuelve amarillento, con un sabor agridulce o amargo, al madurarse tiene un olor desagradable ver imagen **ANEXO A**. Se ha usado principalmente como alimento o medicamento para ciertas enfermedades, sin embargo, posee muchas otras propiedades como sus propiedades insecticidas, esto debido a sus componentes químicos (Sánchez-Varela & Rodríguez-Luna, 2017).

Con el propósito de reducir los daños ambientales ocasionados por el manejo inadecuado y la utilización de pesticidas, se ha propuesto la utilización del aceite esencial de semillas de noni *Morinda citrifolia*, como una alternativa para el control de moscas, evaluando el efecto alelopático del aceite esencial de noni *Morinda citrifolia* sobre los ectoparásitos *Stomoxys calcitrans* y *Haematobia irritans* influyentes en la ganadería.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los productos químicos son utilizados para erradicar y controlar las plagas en los animales domésticos, pero estos generan una serie de problemas y consecuencias a los seres vivos y al medio ambiente, derivado del uso masivo debido a que son fabricados a base de pesticidas, organofosforados y piretroides, contaminando el suelo produciendo minimización en sus nutrientes, alteración en la red trófica; contaminación del aire, provocando enfermedades respiratorias; contaminación de los recursos hídricos que conlleva a la afectación de las especies acuáticas; a su vez son altamente tóxicos para la salud humana (OPS & OMS, 1962).



Figura 1. Árbol de problema

La ganadería es una de las actividades productoras del sector primario más importantes de la región y el país, por lo que la utilización de productos sintéticos para la erradicación y control de ectoparásitos en el ganado bovino es alta; el principal insecto que ataca a estos animales son las moscas del establo (*Stomoxys calcitrans*) y la mosca de los cuernos (*Haematobia irritans*) (Watson, 2017); los ectoparásitos son los principales transmisores de patógenos en los bovinos conllevando a la aparición de enfermedades e infecciones, que también pueden ser transmitidos a los seres humanos, como las enfermedades entéricas transmitidas por vía oral (Salmonelosis, colienteritis) y no entéricas (Parasitosis), estas infecciones ayudan al aumento de bacterias en la leche; es importante tener en cuenta que

existe una gran variedad de especies de moscas que aquejan al ganado bovino (Maldonado et al., 2018).

La contaminación causada por los productos sintéticos utilizados para la erradicación de las moscas en el ganado es cada vez mayor, pues la producción ganadera está creciendo con el paso del tiempo haciendo que la propagación de plagas aumente también, cabe resaltar que los ectoparásitos pueden llegar a ser resistentes a los pesticidas, organofosforados y piretroides, lo que lleva a la utilización de nuevos productos químicos con mayor efectividad en el control de plagas, haciendo que la contaminación sea mayor (Asela et al., 2014).

El uso inapropiado de los productos químicos por parte del sector ganadero, como el lavado inadecuado, transporte y derrames accidentales de estos productos, hacen que estos puedan encontrarse en el medio ambiente esparcidos en el suelo, aire y agua, perjudicando la vida de los seres vivos, plantas y medios acuáticos, convirtiéndose también en un problema de salud pública, puesto que los seres humanos tiene un contacto directo a estos productos (López & Silverio, 2022).

Los productos químicos son uno de los principales contaminantes del medio ambiente, generando múltiples consecuencias a los factores bióticos y abióticos, perjudicando también la salud de los seres humanos y salud animal, por lo que la búsqueda de nuevos productos ambientales se ve necesario para la mejora del medio ambiente. los químicos utilizados para combatir las moscas no solo tienen impacto negativo en el medio ambiente, también pueden ser perjudiciales en algunas ocasiones al receptor de este producto apareciendo reacciones y efectos adversos, afectando el desarrollo y crecimiento de este.

¿Cuál es la eficiencia del producto natural a base del aceite esencial de *Morinda citrifolia* para el control de *Stomoxys calcitrans* y *Haematobia irritans* en el ganado bovino?

2.1 Hipótesis

2.1.1 Hipótesis positiva

El aceite esencial de Noni (*Morinda citrifolia*) tiene efecto alelopático, desde concentraciones de (1500, 2500, 3500, 4500 y 5500 ppm) sobre ectoparásitos (*Stomoxys calcitrans* y *Haematobia irritans*) influyentes en la ganadería.

2.1.2 Hipótesis negativa

El aceite esencial de Noni (*Morinda citrifolia*) no tiene efecto alelopático, desde concentraciones de (1500, 2500, 3500, 4500 y 5500 ppm) sobre ectoparásitos (*Stomoxys calcitrans* y *Haematobia irritans*) influyentes en la ganadería.

3. JUSTIFICACIÓN

Los productos químicos utilizados para el control de moscas en el ganado, se convierten en uno de los principales factores contaminantes del medio ambiente, por esta razón las nuevas prácticas para el control de moscas y otras plagas se pueden convertir en un tema importante para el sector productivo puesto que la producción ganadera sostenible y responsable no solo se traduce en productos de mejor y mayor calidad, sino que aporten al cuidado del medio ambiente; debido a esta problemática surge la idea de extraer el aceite esencial de la semilla de la fruta del noni (*Morinda citrifolia*). Cabe resaltar que la fruta de noni ha sido utilizada comúnmente como un producto para evitar enfermedades, combatir virus, parásitos e infecciones en el ser humano; en esta investigación se utilizará la semilla del noni (*Morinda citrifolia*) para conocer el efecto alelopático hacia las moscas. Las principales características que posee esta fruta es que presenta un olor fuerte, desagradable, rancio, semejante al ácido butírico, por lo que sería importante para el control de moscas del ganado convirtiéndose en un repelente para estos (Ulloa et al., 2012). A pesar de que existen diferentes productos sintéticos para el control y manejo de plagas en los bovinos se genera una preocupación debido a la resistencia de las moscas a estos productos; es necesario buscar nuevas prácticas que sean efectivas contra estos ectoparásitos cumpliendo con los parámetros y estándares de calidad para satisfacer las necesidades del sector ganadero. La contaminación del medio ambiente es ocasionada por diferentes factores uno de estos es el uso continuo de los productos químicos, que afectan los recursos naturales.

Este proyecto de investigación brinda una alternativa al sector ganadero con respecto a los productos sintéticos utilizados para el control de moscas; puesto que es un producto amigable con el medio ambiente el cual no generará efectos negativos, disminuyendo la contaminación, mejorando la salud de los seres vivos y logrando una estabilización en los ecosistemas. El uso del aceite esencial de Noni (*Morinda citrifolia*) podría convertirse en una práctica agrícola más sostenible protegiendo los recursos naturales; minimizando a su vez el uso de plaguicidas comerciales.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto alelopático producido por el aceite esencial del noni (*Morinda citrifolia*), sobre ectoparásitos (*Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans*) influyentes en la ganadería.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar las propiedades físicas y químicas del aceite esencial de *Morinda Citrifolia*.
- Identificar la dosificación adecuada del aceite esencial de *Morinda citrifolia* para que exista un efecto alelopático sobre los ectoparásitos *Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans* del ganado bovino.
- Determinar la efectividad alelopática que existe entre un producto químico y el producto elaborado a base del aceite esencial de *Morinda citrifolia* sobre las especies *Smotoxys calcitrans* y *Haematobia irritans* del ganado bovino.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 FRUTA DEL NONI (*Morinda citrifolia*)

El noni es una planta arbórea de nombre científico *Morinda citrifolia*, perteneciente a la familia *Rubiaceae*, se ha atribuido como una planta medicinal para el tratamiento de enfermedades cancerígenas e infecciosas. Ha sido utilizado como medicina desde años anteriores en toda Polinesia. Esta planta es originaria del sudeste de Asia y Australia, en la actualidad ha sido distribuido a zonas tropicales para su cultivo. (Serrano & Suárez, 2014).

El noni es un arbusto de hojas perenne con altura media de 3 a 6 m, pero pueden llegar a crecer más de 10 m, el noni crece en climas tropicales y subtropicales, se puede encontrar cerca de las costas y en bosques a 400 m sobre el nivel del mar; se cultiva en suelos salinos, alcalinos, de baja fertilidad, pocos profundos, arenosos o rocosos (Stelamaris de Oliveira et al., 2016).

5.1.1 Componentes del noni (*Morinda citrifolia*).

La fruta de noni (*Morinda citrifolia*) tiene compuestos esenciales como proteínas, sacáridos, ácidos orgánicos, vitaminas entre otros compuestos; se han observado ácido málico, ácido láctico, ácido cítrico, ácido succínico y DAA (Ácido deacetil asperulusídico); las mayores cantidades de estos ácidos se pueden apreciar en el extracto metanólico de polvo seco de la fruta de noni; además de los ácidos mencionados se encuentran otros ácidos como el ácido aspártico, ácido glutámico y la isoleucina, también se pueden apreciar compuestos fenólicos (Bittová et al., 2015).

5.2 ECTOPARÁSITOS INFLUYENTES EN EL GANADO BOVINO

La ganadería, siendo una de las actividades preeminentes en el sector económico de nuestro país y región, se centra en la producción de leche. Sin embargo, enfrenta desafíos

considerables debido a la presencia frecuente de ectoparásitos, las cuales impactan negativamente en la producción y, consecuentemente, afectan la economía tanto a nivel nacional como para los ganaderos; al mejorar la calidad del animal se debe invertir para el control de plagas.

Las infestaciones por ectoparásitos producen grandes pérdidas económicas en el sector ganadero, son las principales causas de la disminución en la producción y en ocasiones la muerte del ganado bovino. Las principales pérdidas en la ganadería se representan principalmente en la reducción del peso corporal, la disminución de la producción de la leche, pérdida de pelo y traumatismo en la piel como infecciones cutáneas (Tanjung & Purba, 2024).

En el sector pecuario se han identificado dos especies de moscas (*Stomoxys calcitrans* y *Haematobia irritans*), que impactan de manera significativa en la ganadería. Estas moscas llevan a cabo su proceso de reproductivo en materia fecal y en materiales que se encuentran en descomposición.

5.2.1 Mosca del establo (*Stomoxys calcitrans*)

La mosca del establo cuyo nombre científico es *Stomoxys calcitrans*, es la plaga más importante que genera grandes impactos en la ganadería, es reconocida a nivel mundial, se reproduce en materia orgánica en descomposición, es un parásito externo que afecta directamente la piel (Gómez-Bonilla et al., 2018), se alimenta principalmente de la sangre de los bovinos conllevando a daños fundamentales en el animal como disminución de la producción de leche, carne y reproducción, pérdida de masa muscular y transmisión de enfermedades entre animales (Solórzano, 2014).

5.2.2 Mosca de los cuernos (*Haematobia irritans*)

La mosca de los cuernos su nombre científico es *Haematobia irritans*, es considerada una plaga del ganado bovino, pues estos parásitos se agrupan en los cuernos del ganado para alimentarse; la causa que generan estas plagas es que producen pérdidas de sangre llevando

a serios problemas sanguíneo resultando que el animal contraiga enfermedades como inicial la anemia, disminución de su vitalidad y baja calidad (Villavicencio, 2017).

Las moscas son consideradas el principal atacante del sector ganadero, las presencias de estos parásitos generan un malestar en el ganado ocasionándole estrés y pérdida en sus horas de pastoreo; para combatir esta plaga el ganadero ve la obligación de usar productos químicos para minimizar la presencia de moscas y disminuir enfermedades en el ganado, puesto que si no se atacan con tiempo las pérdidas económicas pueden ser mayores.

5.3 ACEITES ESENCIALES PARA EL CONTROL DE MOSCAS EN EL GANADO BOVINO

5.3.1 Aceite de Neem

El aceite de árbol de neem es el principal bioinsecticida utilizado en el control de plagas, su principal compuesto la azadiractina, este compuesto inhibe el crecimiento y produce malformaciones en el insecto. El neem es uno de los principales productos naturales utilizados en el control de moscas en el ganado (Azeem et al., 2023).

5.3.2 Aceite a base de canela

El *Cinnamomun zeylanicum* es un árbol que contiene un alto potencial capaz de inhibir el crecimiento bacteriano, a su vez el aceite esencial de este tiene un potencial antiparasitario sobre ciertos organismos incluyendo los mosquitos. El *Cinnamomun zeylanicum* no solo tiene efecto insecticida sino también como repelente sobre las moscas del ganado siendo el aceite esencial el principal componente con mayor efectividad (Boito et al., 2018).

5.3.3 Aceite de árbol de té

El árbol de té de nombre científico *Melaleuca alternifolia* la extracción de aceite de este vegetal ejerce efectos letales sobre ciertos artrópodos, también tiene propiedades bactericidas y antifúngicas contra diversos patógenos. Se ha demostrado que el aceite de árbol de té tiene

repelencia sobre las moscas del ganado, especialmente las moscas de los cuernos (Klauck et al., 2014).

5.4 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y EFECTOS NEGATIVOS POR PRODUCTOS QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE ECTOPARÁSITOS.

El uso de productos químicos para controlar los ectoparásitos en el ganado ha sido una estrategia empleada durante muchos años con el objetivo de mejorar la calidad en la ganadería. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos productos contienen componentes altamente tóxicos que pueden provocar enfermedades tanto en los seres humanos como en los animales. Además, su uso conlleva el riesgo de una alta contaminación ambiental.

Los ectoparasiticidas son sustancias químicas utilizadas en el control de ectoparásitos presentes en el ganado vacuno y bufalino, como moscas, ácaros, piojos, garrapatas, entre otros parásitos externos; existe presencia de ectoparasiticidas en los desechos de los corrales del ganado vacuno, las operaciones internas en la alimentación por medio de forrajes acumulan grandes masas de estiércol, que al no ser manejadas correctamente se pueden convertir en lugares puntuales de contaminación ambiental por ectoparasiticidas; a su vez, la utilización de estiércol como fertilizantes es una actividad agrícola común, lo que proporciona una ruta de exposición al ser humano y los animales. (Minh et al., 2013).

La cría de ganado es la columna vertebral de la mayoría de los países a nivel mundial, por lo que la utilización de pesticidas en el control de parásitos externos en el ganado es alta, los residuos de estos químicos se acumulan en los animales mediante la aplicación directa en ellos, provocando alteraciones endocrinas y enfermedades cancerígenas, se han encontrado grandes cantidades de residuos de pesticidas organoclorados acumulados en la carne y leche, generando gran preocupación a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO); en la India alrededor del 60% de la cría de ganado es realizado por agricultores pequeños y marginales, por lo que el uso de organofosforados como el diazinon y malation es muy común para el control de

plagas, el uso indiscriminado ha resultado en el desarrollo de resistencia frente a estos pesticidas y a su vez han contaminado los componentes del medio ambiente, suelo, aire y aguas superficiales y subterráneas (Kumar, 2017).

Los productos químicos como los biocidas, usados para neutralizar y repeler microorganismos en la ganadería, pueden afectar los ambientes terrestres y acuáticos, debido a su amplia aplicabilidad, estos plaguicidas son perjudiciales para la salud humana, clasificándose como carcinógenos, disruptores endocrinos o neurotóxicos; los biocidas han demostrado su capacidad de afectar la biodiversidad, la vida silvestre y otros ecosistemas, los residuos de estos tienen un impacto sobre los polinizadores y los escarabajos peloteros, puesto que los residuos que resultan de su uso se acumulan en el agua, aire y suelo, convirtiéndose en rutas de exposición para las diferentes especies de abejas. (Mahefarisoa et al., 2021).

6. MARCO LEGAL

Los plaguicidas o pesticidas son sustancias altamente peligrosas, por lo que se han creado leyes a nivel internacional para proteger a los seres humanos y al medio ambiente; estos convenios y leyes buscan que los países adopten medidas para reducir los riesgos asociados con estos productos. Cada país cuenta con su propia legislación sobre la regulación, para el año 1985 se adoptó el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas, este código establece estándares que regula el uso de plaguicidas en diferentes países, tiene como objetivo fomentar normas de conducta voluntarias para entidades públicas y privadas, involucradas en la producción, distribución y utilización de estos productos (Código Internacional de Conducta Para La Distribución y Utilización de Plaguicidas, 2003).

En el año 1992 entro en vigor el Convenio de Basilea, un tratado internacional aprobado en 1989 “sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación” cuyo objetivo es controlar los movimientos transfronterizos y la eliminación de desechos peligrosos, protegiendo así el medio ambiente y la salud humana (Convenio de Basilea, 1999). Ante el creciente crecimiento internacional de los plaguicidas y otros productos químicos peligrosos, en 2004 se estableció el convenio de Rotterdam “para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos”, este convenio promueve la responsabilidad compartida y la cooperación internacional para garantizar que el comercio de estas sustancias se realice de manera segura, protegiendo la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños, a su vez, exige que los países otorguen consentimiento informado previo a la importación de ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos (Convenio de Rotterdam, 2013).

Otro convenio creado para la protección del medio ambiente y la salud humana es el convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), entro en vigor en 2004, es un acuerdo internacional que regula el manejo de las sustancias tóxicas, con el objetivo de proteger la salud humana y al medio ambiente de los COP, estos contaminantes tienen propiedades tóxicas, son altamente resistentes a la degradación, se bioacumulan en los

organismos y pueden transportarse a través del aire, el agua y las aves migratorias, acumulándose en ecosistemas acuáticos y terrestres (Convenio de Estocolmo, 2009).

A nivel nacional se han creado leyes para aprobar los convenios internacionales que protegen a la población y el medio ambiente de los efectos adversos de los plaguicidas. Entre estas leyes se encuentran la Ley 253 de 1996 “por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación”; la Ley 1159 de 2007 “por medio de la cual se aprueba el Convenio de Rotterdam para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos” y la Ley 1196 de 2008 “por medio de la cual se aprueba el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes COP”.

El decreto 1753 de 1994 modificado por el Decreto 1180 de 2003, establece los requisitos para obtener licencias ambientales, en su artículo 7, detalla los casos en los que estas licencias son obligatorias. Además, en su numeral 8, se especifica el requisito de tener dichas licencias para producir e importar plaguicidas, sustancias, productos y materiales sujetos a control por tratados, convenios y protocolos internacionales. Dada la alta comercialización de plaguicidas y la búsqueda de proteger la salud humana, animal y el medio ambiente, se expidió el Decreto 1843 de 1991 “por el cual se reglamenta parcialmente los títulos III, IV, V, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979” estableciendo un control y vigilancia epidemiológica sobre el uso y manejo de plaguicidas, su objetivo es evaluar los posibles riesgos para la salud humana, animal y el medio ambiente asociados al uso de estos productos, teniendo en cuenta la clasificación por categorías de los productos plaguicidas y el uso de estos en el país.

7. ESTADO DEL ARTE

La fruta del noni (*Morinda citrifolia*), ha sido una especie vegetal con amplios estudios en el campo de la investigación contribuyendo a la mejora de la salud y enfermedades, hasta su toxicidad en especies de insectos como mosquitos y alguna efectividad en moscas. Los estudios sobre esta planta también han contribuido en el control de plagas en los cultivos frutales. Cabe resaltar que la extracción que se han realizado en sus partes principalmente en la fruta, hojas y semillas, contiene altos componentes aditivos utilizados en diferentes procesos y contribuyen como antimicrobiano y antibacteriano.

La Universidad de Wisconsin en un estudio realizado en 2016, descubrieron que el noni es una fruta tóxica frente a las moscas de la fruta de la especie *Drosophila*, se puede considerar que este es una de las primeras investigaciones científicas que no solo se centran en la población humana. Las investigaciones realizadas por John Pool y su equipo de investigación encontraron que algunas moscas de la especie *Drosophila* tienen menor resistencia de supervivencia frente a la fruta del noni (Yassin et al., 2016).

En el año 2020, realizaron un estudio de investigación en el que compararon tres extractos hidroalcohólicos de tres plantas citronela, neem y noni; para el control de garrapatas del ganado de la especie *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in vitro, en el estudio no encontraron alta eficiencia y eficacia del extracto de noni sobre las garrapatas de ganado (Brudniewski & Vasconcelos, 2020).

En 2021, se llevó a cabo un estudio de investigación que avaluó la eficacia que tuvo la extracción de etanol de las hojas de noni (*Morinda citrifolia*) contra la erradicación de la cucaracha alemana, el objetivo principal de la realización de este estudio se basó en determinar la potencia de la extracción de etanol contenida en las hojas del noni, para la erradicación de esta plaga (Rahayu et al., 2021). Durante ese mismo año se realizaron investigaciones sobre la eficacia y concentración eficiente del extracto de las semillas de noni (*Morinda citrifolia*) para el control del áfidos de *Aphis gossypii* en las plantas de Chile

(Ramonah, 2021). Asimismo, se observó un alto porcentaje de repelencia y eficacia antibacteriana sobre ciertas especies de mosquitos que fueron repeladas con nano partículas de plata que contenían a su vez extracto de hojas de Noni (*Morinda citrifolia*). (Akintelu et al., 2021).

Posteriormente a esto se analizó el efecto de la fruta del noni (*Morinda citrifolia*) para la suplementación del camarón *Panaeus vannamei* para su debido crecimiento y la función de la hepatopáncreas el cual se encarga de adsorber y almacenar los nutrientes. Para ello, se realizó una extracción con metanol, esta extracción fue incorporada por medios de gránulos comerciales de camarón; los resultados mostraron diferencias significativas que mejoraron el crecimiento del camarón con la suplementación del extracto (Moh et al., 2021).

Para el año 2024 utilizaron el extracto de hojas de noni (*Morinda citrifolia*) como un repelente para los mosquitos *Aedes aegypti*, principal transmisor de las enfermedades dengue, chikungunya y el zika; el estudio consistió en observar las cantidades de *Aedes aegypti* durante 5 minutos cada hora por 6 horas, el noni *Morinda citrifolia* demostró protección contra picaduras de *Aedes aegypti*, el uso del extracto de la hoja de noni, puede generar un impacto positivo para controlar enfermedades transmitidas por el vector (Nurmayanti et al., 2024). En este mismo año utilizaron el aceite esencial extraído de la semilla de noni *Morinda citrifolia* como repelente contra los mosquitos *Anopheles*, la extracción del aceite de semilla de *Morinda citrifolia* se realizó mediante el método Soxhlet utilizando como solvente el Hexano; para esta investigación trataron un brazo con el aceite esencial y lo introdujeron en una jaula con mosquitos para determinar los aterrizajes durante 3 minutos, se observó y midió el tiempo que transcurría hasta que el repelente fallaba o hasta que un mosquito *Anopheles* apareciera en un periodo de 240 minutos con intervalos de 30 minutos; el aceite de semilla de *Morinda citrifolia* mostro actividad larvicida contra las larvas de mosquitos y repelencia contra los mosquitos adultos *Anopheles* (Opoku-bamfoh et al., 2024).

8. METODOLOGÍA

8.1 Área de estudio

La zona de estudio se realizó en una finca de la vereda La Paz, jurisdicción del municipio de Pailitas, el cual se encuentra ubicado en la subregión central del departamento del Cesar, situado en el nordeste del país. Limita al sur con Pelaya, al este con el departamento de Norte de Santander, al norte con el municipio de Chimichagua y al oeste con el municipio de Tamalameque. La posición astronómica del municipio está localizada a los 8° 57' latitud y 73° 40' longitud del meridiano de Greenwich y a una altura de 77 m.s.n.m, 9° 12' de latitud Norte y 73° 33' de latitud oeste de Greenwich. Tiene una extensión de 512,5 Km² siendo su área urbana de 4 Km² y rural de 508 Km², está dividida en cinco corregimientos y cuenta con 37 veredas.

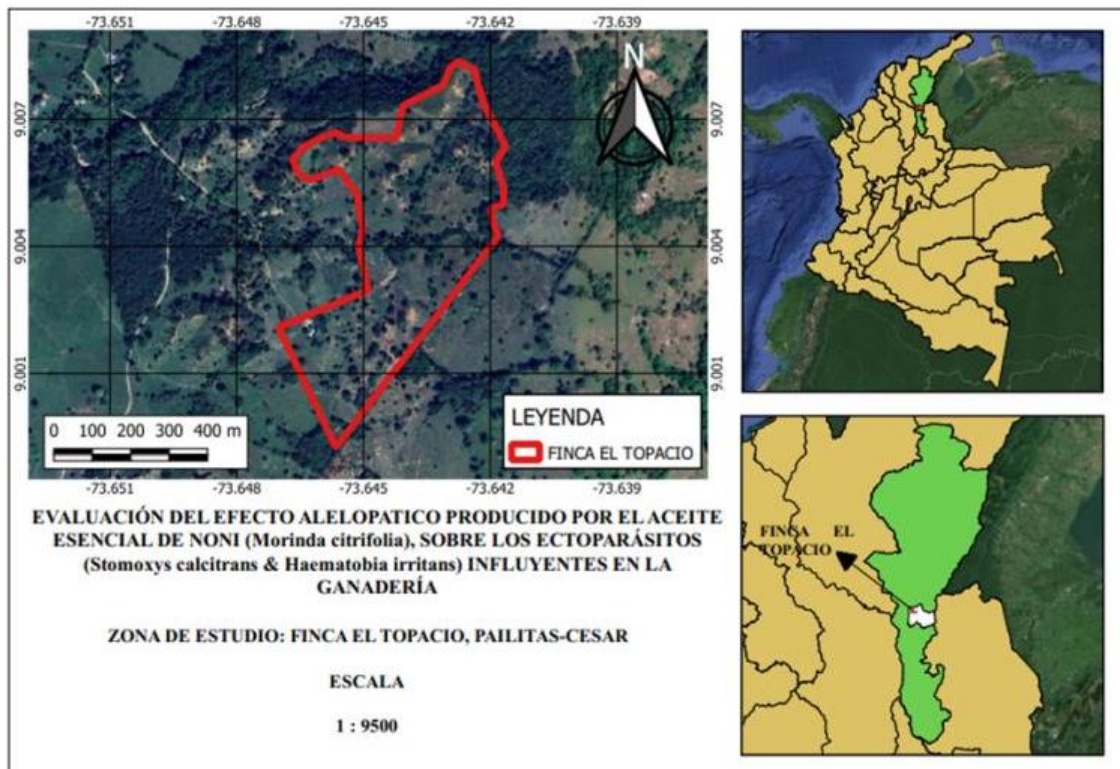


Figura 2. Ubicación geográfica finca El Topacio

El municipio de Pailitas fue fundado el 4 de marzo de 1941, su nombre se debe al Pozo de las Pailas. Es caracterizado por su producción agrícola y ganadera. Se celebran ciertas festividades siendo las Fiestas de la Virgen del Carmen del 16 al 19 de julio patrona del municipio siendo esta la más importante; en el mes de junio se rinde homenaje al campesinado, el 28 de diciembre se realiza el Festival del Retorno como reencuentro pailitense (Centro Nacional de Memoria Historica, 2018).

La vereda La Paz es una de las 37 veredas que se encuentra el municipio de Pailitas, está ubicada al Noroeste del municipio, está conformado por 31 parceleros que se dedican a la ganadería como la principal actividad económica del lugar, también se dedican al cultivo de pan coger, para realizar esta investigación se eligió la finca El Topacio, en ella se dedican a la cría de ganado, cuenta aproximadamente con 40 reses, su extensión total es de 30 hectáreas.

8.2 Diseño del experimento

Tipo de estudio: La presente investigación se realizó mediante un estudio experimental con enfoque cuantitativo, donde se observó y recolectó datos sobre el comportamiento de las moscas *Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans* en presencia del aceite esencial de *Morinda citrifolia*.

Población: En esta investigación, la población objetivo está constituida por la cantidad de cabezas de ganado bovino que forman parte de la finca el Topacio situada en la vereda la Paz, perteneciente al municipio de Pailitas, en el departamento del Cesar.

Muestra del estudio: Para este estudio, se seleccionó una muestra de 17 vacas de la finca el Topacio, que evidencian presencia de ectoparásitos (*Stomoxys calcitrans* y *Haematobia irritans*). Se aplicaron 15 ml de las disoluciones a 15 vacas, utilizando un pincel para la distribución en el área de estudio. Como grupo de comparación, se incluyó una vaca a la que se le aplicó 5 ml de la solución del producto químico y el aceite mineral, y una vaca que no recibió ningún tratamiento.

Técnicas de muestreos: En el desarrollo de esta investigación se adoptó un enfoque cuantitativo utilizando datos medibles de los porcentajes de efectividad del producto natural, el producto químico y el tratamiento cero; se consultarán fuentes secundarias relacionadas con el tema a estudiar como investigaciones, libros y artículos científicos estas fuentes fortalecerán y darán mayor confiabilidad a la demostración de los datos.

Metodología para la recolección y análisis de muestra: Se utilizó el diario de campo para la recolección de información, en el cual se registró todos los datos y observaciones relevantes para el desarrollo de la investigación. Posteriormente, esta información fue procesada y analizada utilizando el software estadístico Excel.

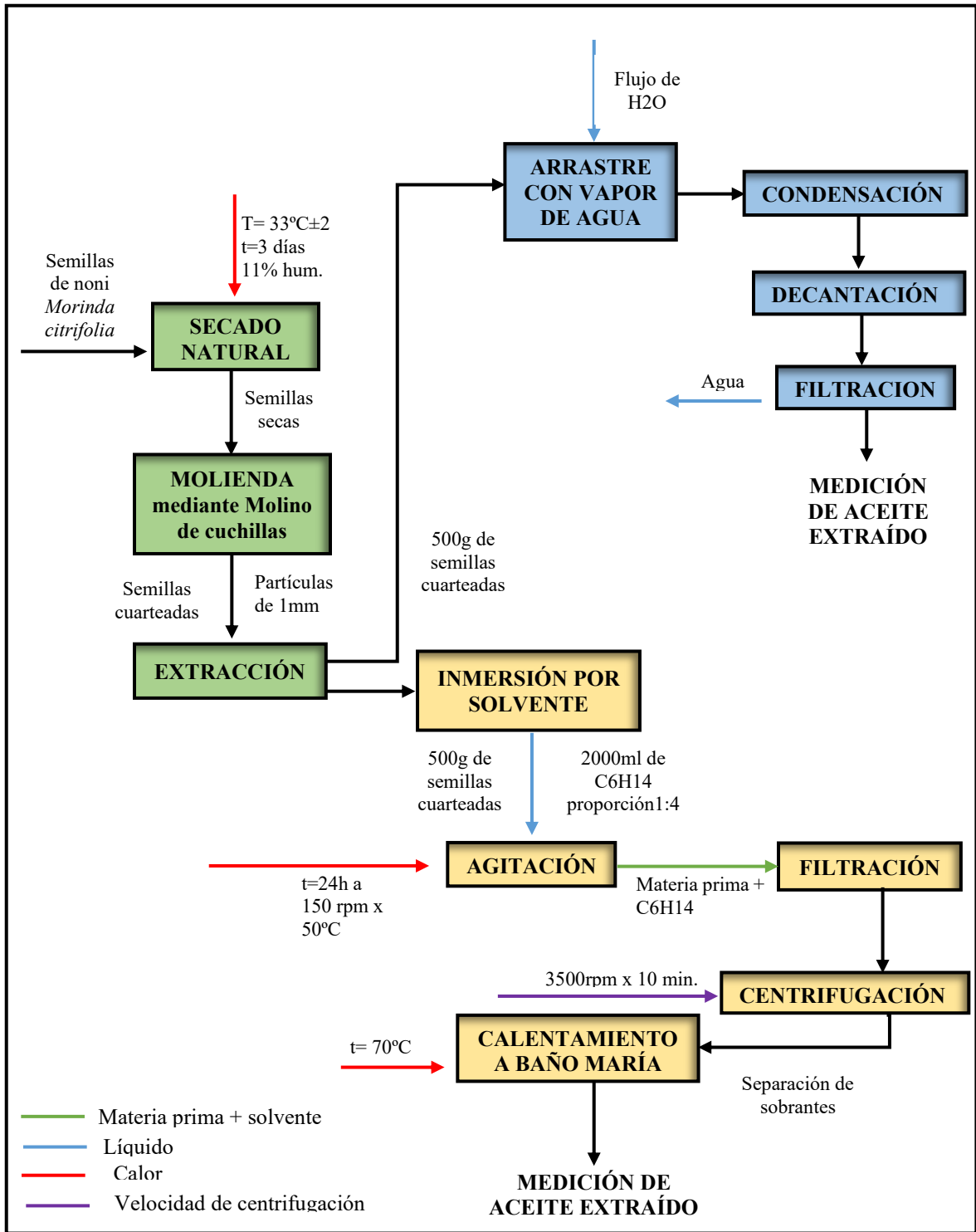


Figura 3. Diagrama de bloques del diseño experimental

Extracción y secado de semillas: las semillas de noni *morinda citrifolia* se extrajeron de frutos maduros, separándolas de la pulpa. Se sumergieron en agua para facilitar su flotación y se lavaron varias veces hasta dejarlas limpias. Posteriormente, se exprimieron con una tela para extraer el jugo sobrante.

El secado de las semillas se realizó de forma natural utilizando luz solar directa para lograr un secado controlado y uniforme. Dichas semillas se colocaron sobre una tabla de madera cubierta de un plástico negro, extendiéndolas en una capa fina para optimizar el proceso. El secado se llevó a cabo a una temperatura de $33^{\circ}\text{C}\pm 2$ durante 3 días, manteniendo una humedad del 11%. Finalmente, se les realizó un tratamiento mecánico basado en la molienda mediante molino de cuchillas, hasta obtener partículas de 1mm de tamaño ver imagen ANEXO A y se tamizaron en un tamiz N18. Seguido de esto, se homogenizó en diferentes lotes de 250g cada uno utilizando el método B de cuarteo de la Norma Técnica Colombiana 3674.

Métodos de extracción de aceite esencial: para determinar el método más viable para la extracción de aceite de semillas de noni, se comparó dos métodos:

Extracción mediante arrastre con vapor de agua: para la extracción se tomaron 500 gramos de semillas molidas que fueron colocadas en la cabina del extractor, luego se encendió el equipo y se abrió el flujo de agua para la refrigeración. En el momento en que se observó el producto destilado, se activó el mecanismo de separación por decantación, se recolectó el producto obtenido en recipientes de vidrio y se llevó a refrigeración ver imagen ANEXO B.

El rendimiento del aceite esencial se calculó siguiendo la metodología de (Carhuallanqui-Pérez et al., 2020)

$$\%R = \frac{\text{peso aceite extraido}}{\text{peso muestra inicial}} * 100$$

Extracción mediante solvente Hexano: inicialmente se pesaron 500 gramos de semillas de noni molidas, homogenizadas y cuarteadas hasta tamaños requeridos de 50 gramos, luego se depositaron en 10 frascos de 250ml, se les agregó 200ml de Hexano puro a cada frasco (proporción 1:4 muestra y solvente respectivamente), posteriormente, se llevó a un proceso de agitación durante 24 horas a 150rpm con temperatura de 50°C. finalizado este proceso se prosiguió a la filtración del contenido se depositó en tubos de ensayos de 100ml cada uno sometidos a centrifugación a 3500rpm durante 15 minutos; se separó el sobrante y finalmente se lleva a calentamiento en baño maría a temperatura de 70°C para destilar el solvente y concentrar el aceite extraído, luego se lleva a refrigeración ver imagen ANEXO B.

El rendimiento del aceite esencial se realizó mediante la metodología de (Carhuallanqui-Pérez et al., 2020)

$$\%R = \frac{\text{peso aceite extraido}}{\text{peso muestra inicial}} * 100$$

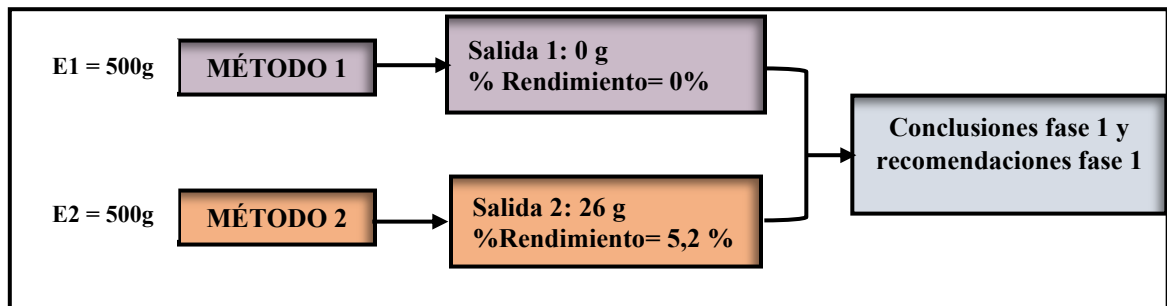


Figura 4. Diagrama de bloques método extractivo

Tabla 1. Variables fase 1.

Constante	E1 E2	Masa de semillas secas <i>Morinda citrifolia</i> 500 gramos	
Variable independiente	Método de extracción	Método 1 Método 2	Extracción por arrastre de vapor Extracción mediante solvente C ₆ H ₁₄
Variable dependiente	% de rendimiento Salida	Salida 1 Salida 2	Masa de aceite esencial
Constante	Días de secado		

La vía óptima de extracción de aceite esencial de *Morinda citrifolia* mediante solvente Hexano, esto se debe a que el solvente tiene más capacidad de arrastrar el aceite contenido en la semilla.

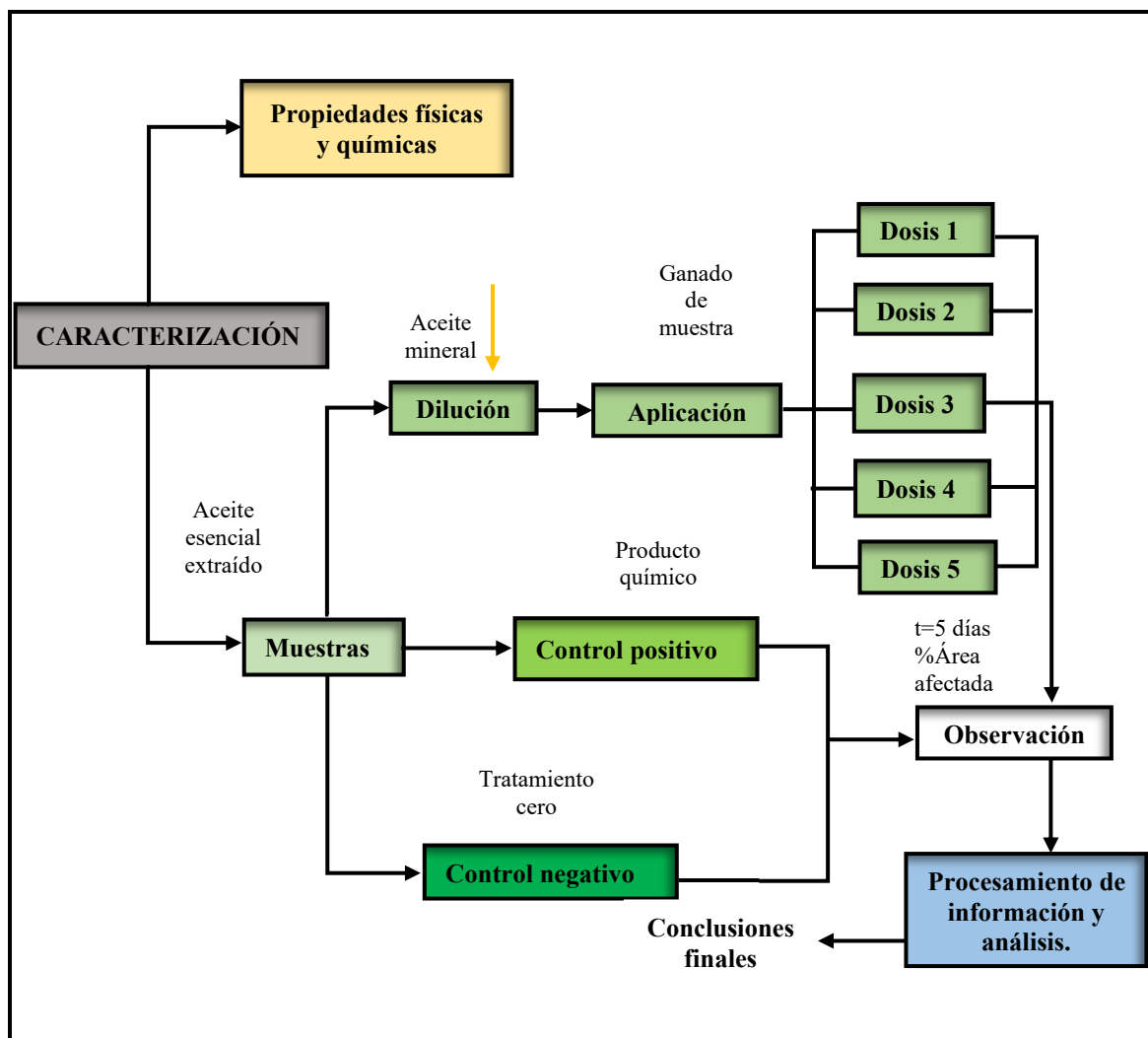


Figura 5. Diagrama de bloques aplicación y evaluación de las concentraciones (dosis) del agente activo: aceite esencial *Morinda citrifolia*.

Tabla 2. Variables fase 2.

		Dosis 1 = 1500ppm + 500 ml de aceite mineral
		Dosis 2 = 2500ppm + 500ml de aceite mineral
		Dosis 3 = 3500ppm + 500ml de aceite mineral
		Dosis 4 = 4500ppm + 500ml de aceite mineral
		Dosis 5 = 5500ppm + 500ml de aceite mineral
Variable Dependiente	Dosis	
	% Área infectada (A)	
Variable Independiente	Tiempo en días	5 días
Constante	Área delimitada de estudio en la muestra ver imagen ANEXO C.	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">40cm</div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin-right: 10px;"></div> <div style="margin-right: 10px;">40cm</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-top: 5px;"> <div style="margin-right: 10px;">40cm</div> </div>

Al aceite extraído se le realizó un análisis de sus propiedades físicas y químicas, evaluando parámetros como turbidez, viscosidad, conductividad, pH, densidad, índice de yodo, índice de peróxido, ácidos grasos libres, índice de refracción, esteres metílicos de ácidos grasos y olor.

Identificación de compuestos: Para identificar el índice de yodo, el índice de peróxido, los ácidos grasos libres, el índice de refracción y los esteres metílicos de ácidos grasos se consultaron referencias bibliográficas de artículos científicos (Etsuyankpa et al., 2017); (Jahurul et al., 2022); (Lee et al., 2015).

Caracterización de las muestras: la caracterización de las muestras se realizó utilizando un diseño experimental con 17 vacas. Se aplicaron 15 ml de las diferentes disoluciones de cada concentración a tres vacas (replicas), como grupo de comparación se incluyó un control positivo y un control negativo. Para el tratamiento del control positivo se diluyó 30 ml del producto químico en 1000 ml de aceite mineral, utilizando 5 ml de esta solución para aplicarlo a la vaca; siguiendo las indicaciones del médico veterinario.

Dosificación y efectividad del aceite esencial de *Morinda citrifolia* y un producto comercial.

Las dosis obtenidas se aplicaron en campo bajo condiciones climáticas controladas, se seleccionaron 17 vacas infectadas como pruebas, de las cuales a 15 se les aplicó 15 ml de aceite diluido. Se observó el comportamiento de las moscas al exponerlas al aceite extraído, utilizando las dosificaciones planteadas; para la aplicación del plaguicida comercial se le seleccionó una vaca como muestra la cual estuvo expuesta a dicho producto, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por el médico veterinario, en una última vaca no se le aplicó ningún tipo de producto. El tiempo de observación comprendió de cinco días, las observaciones fueron tomadas en dos momentos diferente del día (9 a.m. 5 p.m.) ver imagen ANEXO C.

Tabla 3. Dosificación y observación del efecto de las concentraciones del aceite, producto químico y tratamiento cero.

DOSIFICACIÓN	VARIABLE	PRUEBA EN CAMPO	TIEMPO DE OBSERVACIÓN
1500 ppm de aceite esencial			
2500 ppm aceite esencial			
3500 ppm aceite esencial			
4500 ppm aceite esencial			
5500 ppm aceite esencial	Tiempo. Efectividad.	15 vacas infectadas fueron sometidas a distintas concentraciones del extracto de aceite de <i>M. citrifolia</i> , 1 al plaguicida comercial utilizado por el ganadero y 1 sin tratamiento.	La observación se realizó por cinco días consecutivos tomadas en dos momentos del día.
Control positivo (plaguicida comercial)			
Control negativo (tratamiento cero)			

Puesto en práctica lo anterior se determinará la efectividad del aceite extraído de las semillas de noni *Morinda citrifolia* mediante la siguiente ecuación:

$$E\% = \frac{A_D}{A_T} * 100$$

Donde:

A_D : Área desinfectada

A_T : Area total

$E\%$: porcentaje de efectividad

8.3. Análisis de los datos.

Después de obtenidos de datos, son ingresados en el programa de Excel, se realizan gráficos de barras para conocer cuál es la dosis adecuada para el control de los ectoparásitos estudiados, seguido a esto se compara la efectividad que existe entre el producto comercial y el producto alternativo por medio de gráficos.

9. RESULTADOS

9.1 Análisis de las propiedades físicas y químicas del aceite de noni *Morinda citrifolia*.

Para la caracterización del aceite esencial de *Morinda citrifolia* se determinó las propiedades físicas y químicas algunas analizadas en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar S-A, las cuales se muestran en la Tabla 4; los compuestos químicos tomados de literaturas se especifican en la Tabla 5.

Tabla 4. Propiedades físicas y químicas.

PROPIEDADES	VALORES
Densidad	0,917 g/ml
pH	4,9 = 5
Viscosidad	230 mPa.s = 0,23 kg/m.s
Conductividad	0,03 μ s
Turbidez	291,66 NTU
Olor	Aroma herbal y seco

Los resultados obtenidos de las propiedades del aceite de noni (*Morinda citrifolia*) indican que es un extracto de vegetal de semillas, siendo un producto natural puro y espeso, esto de acuerdo con los valores obtenidos de la densidad, pH, viscosidad y conductividad (0,917 g/ml; 4,9; 230 mPa.s y 0,03 μ s); tiene un olor a aroma herbal y seco.

Tabla 5. Compuestos químicos del aceite esencial noni *Morinda citrifolia*

COMPUESTOS QUÍMICOS	ARTÍCULO 1	ARTÍCULO 2	ARTÍCULO 3
IV	125,90 g	136,7 g	---
PV	10,60 mEq/g	---	7,52 mg/g
RI	1,487	---	---
SV	---	189,5 mg	32,26 mg
FFA	1,077 %	0,8 %	---
FAME			
Palmítico	9,87 %	10,9 %	---
Oleico	12,36 %	17,1 %	---
Linoleico	71,74 %	72,1 %	---
Esteárico	4,36 %	---	---
Linolenico	0,16 %	---	---
Arcádico	0,47 %	---	---
Eicosenoico	0,11 %	---	---
Heptadecanoico	0,12 %	---	---
Palmitoleico	0,14 %	---	---
Mistirico	0,03 %	---	---
Behenico	0,08 %	---	---

Artículo 1: (Jahurul et al., 2022); **Artículo 2:** (Lee et al., 2015) y **Artículo 3:** (Etsuyankpa et al., 2017).

IV: Valor de Yodo; **PV:** Valor de Peróxido; **RI:** Índice de Refracción; **SV:** Valor de Saponificación; **FFA:** Ácidos Grasos Libres y **FAME:** Éster Metílicos de Ácidos Grasos.

De acuerdo a los resultados tomados de literaturas el aceite esencial de noni *Morinda citrifolia* contiene un valor de yodo relativamente alto 136,7g (Lee et al., 2015) y 125,90g (Jahurul et al., 2022), indicando que es un aceite susceptible a la oxidación, resultando un aceite de corta vida útil. El valor de peróxido que han estudiado del aceite de semillas de noni tiene como resultado 10,60 mEq/g (Jahurul et al., 2022) y 7,52mg/g (Etsuyankpa et al., 2017), de acuerdo al análisis que realizaron sobre los ácidos grasos libres presentes en el aceite esencial se tiene como resultado que los ácidos linoleico y oleico son relativamente altos 71,74 % (Jahurul et al., 2022) y 72,1 % (Lee et al., 2015); 12,36 % (Lee et al., 2015) y 17,1 % (Lee et al., 2015) respectivamente.

9.2 Identificación de la dosis adecuada del aceite esencial de *Morinda citrifolia* para que exista un efecto alelopático sobre los ectoparásitos *Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans* del ganado bovino.

La dosis adecuada se identificó teniendo en cuenta los valores de eficiencia y el tiempo de duración de efectividad de las dosis.

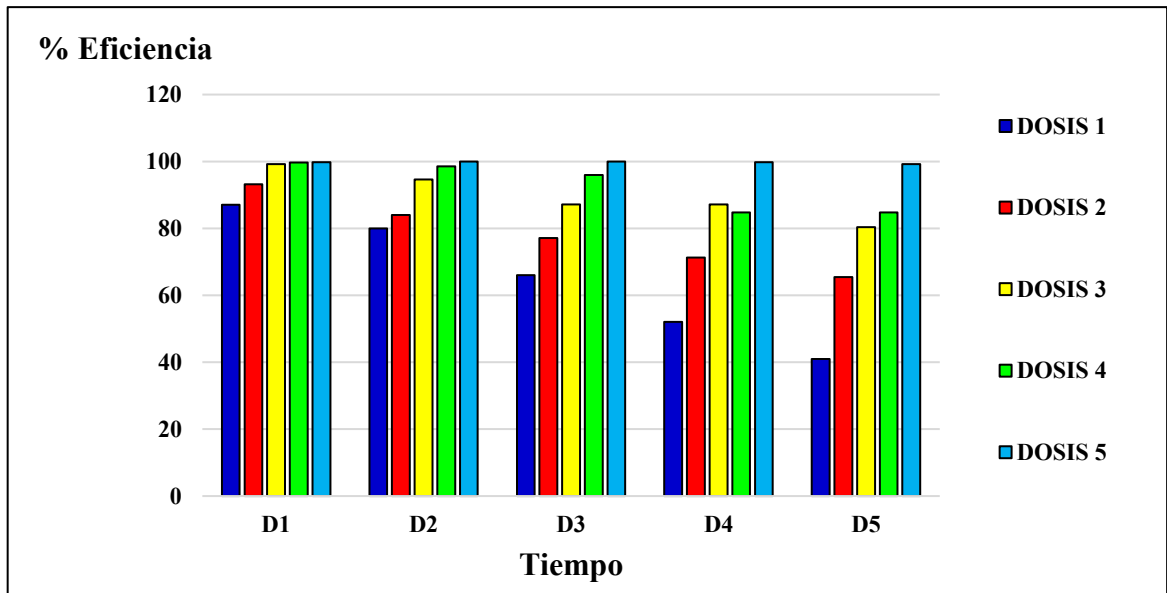


Figura 6. Comparación entre el % de eficiencia de dosis de aceite esencial y el tiempo.

Realizando el proceso de aplicación del aceite esencial de noni sobre el ganado bovino se obtuvieron resultados mostrando que todas las dosis fueron efectivas en el primer día de aplicación. Sin embargo, el análisis realizado en el Grafico 1 reveló que existen diferencias en los días posteriores, donde la dosis 1 y 2 (1500 y 2500 ppm), comenzaron a perder eficacia a partir del segundo día. Las dosis 3, 4 y 5 (3500, 4500 y 5500 ppm) mantuvieron una efectividad similar hasta el quinto día.

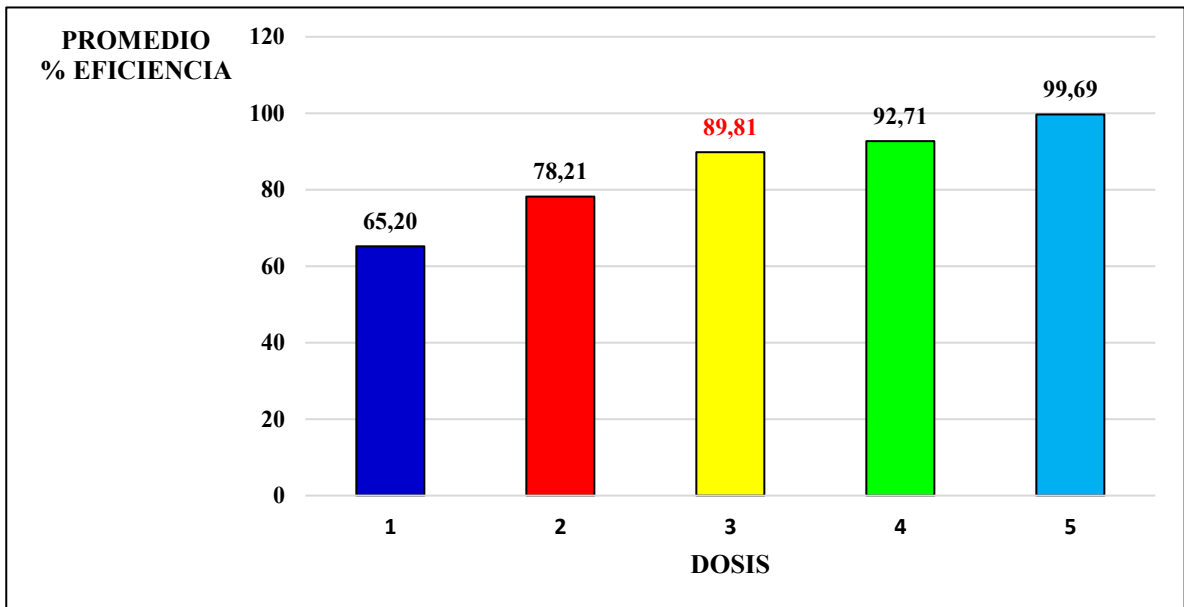


Figura 7. Promedio de Dosis.

El promedio de las dosis que se obtuvo durante los 5 días de estudio se analizó que las dosis 3, 4 y 5 tuvieron valores altos, 89,81 %; 92,71 % y 99,69 % respectivamente, en comparación con las dosis 1 y 2 con valores de 65,20 % y 78,21 %.

9.3 Determinación de la efectividad alelopática que existe entre un producto químico y un producto elaborado a base del aceite esencial de *Morinda citrifolia* sobre las especies *Smotoxys calcitrans* y *Haematobia irritans* del ganado bovino.

Para determinar la efectividad alelopática del producto se comparó los valores de eficiencia de cada dosis implementada con los valores que presentó el producto químico sobre los

ectoparásitos (*Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans*) del ganado bovino. Estos valores se presentan en el siguiente gráfico:

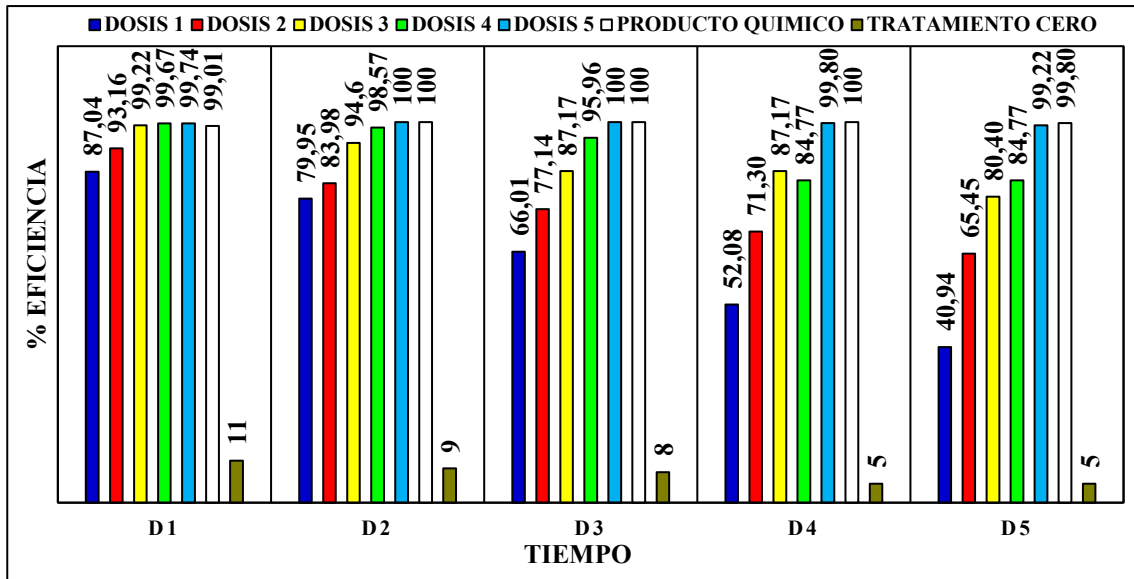


Figura 8. Comparación entre el % de eficiencia de las dosis, el producto químico y el tratamiento cero.

En la gráfica se describe el comportamiento de cada dosis con respecto al producto químico, donde la dosis 1 del aceite esencial presenta una tendencia decreciente, comenzando en 87,04% hasta 40,94%, con una reducción significativa en cada uno de los días; la dosis 2 muestra una disminución desde el 93,16 % hasta 65,45 %; los datos de la dosis 3 del aceite esencial oscilan desde 99,22% hasta 80,40%, se presenta una reducción menos pronunciada en comparación con las dosis anteriores; la dosis 4 tiene un rango de porcentualidad que oscila entre 99,67% y 84,77%; y la dosis 5 con porcentajes de efectividad que varían desde 99,74% hasta 99,22%, correspondiente al primer día de aplicación hasta el quinto día respectivamente; donde las dosis 4 y 5 presentan pequeñas fluctuaciones en comparación con el producto químico que mantiene su porcentaje por encima del 99% con un valor mínimo de 99,01% y un máximo de 100%. Para esta comparación se tuvo presente un tratamiento cero donde se observó disminuciones drásticas desde el 11% hasta el 5%.

10. DISCUSIONES

Los datos obtenidos en este estudio demuestran que el aceite esencial de noni (*Morinda citrifolia*) tiene efecto alelopático contra los ectoparásitos (*Haematobia irritans* & *Stomoxys calcitrans*), reduciendo la presencia de estas moscas en el ganado bovino sugiriendo su potencial como alternativa natural para el control de estos ectoparásitos. Sin embargo, es importante señalar que, aunque se han documentado estudios sobre el aceite de semillas de noni *Morinda citrifolia*, aun no existen investigaciones específicas sobre el efecto alelopático del aceite esencial estudiado contra estas moscas en particular.

En cuanto a investigaciones previas, se ha evaluado el aceite de semillas de noni en diversos estudios, principalmente enfocados en su capacidad para repeler mosquitos *Anopheles*, agentes vectores de enfermedades como la malaria. En estos estudios se han observado un alto grado de repelencia de 61,5%, 73,5%, 87,3%, 88,8%, 92,8% y 96,8% en diferentes concentraciones de extracto de aceite de semilla de *Morinda citrifolia* 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 90%. a su vez se evidenció actividad larvicida contra larvas de *Anopheles*, mostrando altas tasas de mortalidad de larvas (Opoku-bamfoh et al., 2024). Estos estudios demuestran la alelopatía que existe entre el aceite de semilla de *Morinda citrifolia* y las plagas que infectan al ser humano y a los animales, los efectos repelentes y larvicidas documentados no solo tienen aplicaciones potenciales en el control de mosquitos, sino que también abren la puerta a investigaciones sobre el uso de este aceite esencial en la protección de animales domésticos y de granja contra ectoparásitos, como las moscas del ganado bovino. Este tipo de estudio resulta clave para explorar alternativas naturales a los pesticidas convencionales, especialmente en un contexto global de creciente preocupación por el impacto ambiental y la resistencia a los insecticidas.

11. CONCLUSIONES

Las propiedades físicas y químicas del aceite extraído de las semillas de noni demuestran que su viscosidad tiene naturaleza espesa haciéndolo especial en aplicaciones donde se requiere estabilidad y durabilidad; su pH ácido indica un equilibrio entre compuestos ácidos y básicos. Los resultados obtenidos de artículos varían entre sí, esto se debe a las variaciones climáticas, tipo de suelo donde se ha cultivado el noni, modo de cosecha y método de extracción del aceite esencial.

Según los datos obtenidos durante los cinco días de evaluación, se observa que la dosis 4 y la dosis 5 muestran una mayor eficacia contra los ectoparásitos *Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans*, con valores constantes entre el 92 y 99%. Sin embargo, al considerar el costo-beneficio, aunque la dosis 5 ofrece máxima eficiencia (99%), su elevado costo podría no justificar su uso a gran escala. Mientras que la dosis 3 mantiene una efectividad competitiva alcanzando valores entre el 80 y 99%, durante el periodo evaluado, sin experimentar descenso drástico en comparación con la dosis 1 y 2. Posicionándose como la opción adecuada para el control de ectoparásitos (*Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans*), ya que ofrece un buen rendimiento en eficiencia sin los altos costos asociados a las dosis más elevadas.

La evaluación de la efectividad alelopática del aceite esencial de semillas de noni *Morinda citrifolia* y el producto químico muestran que ambos tratamientos alcanzan niveles altos de efectividad en la reducción de ectoparásitos de las especies *Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans*, teniendo valores promedios entre el 65 y 99% para el aceite esencial y el 99 y 100% para el producto químico. Esta consistencia en los resultados sugiere que ambos tratamientos son altamente efectivos para el manejo de estas plagas en el ganado bovino. Sin embargo, la consistencia en la efectividad del aceite esencial puede sugerir una ventaja en su uso, considerando que es de origen natural. El aceite esencial presenta una efectividad amplia, lo que puede implicar una mayor estabilidad en su rendimiento y un indicativo de su potencial como alternativa sostenible en el manejo de plagas en el ganado bovino.

12. RECOMENDACIONES

Realizar un análisis avanzado del aceite esencial de semillas de noni *Morinda citrifolia* con el fin de identificar cuál de sus ácidos grasos o componentes bioactivos presentan propiedades alelopáticas sobre los ectoparásitos *Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans* del ganado bovino. Un análisis más detallado permitiría identificar sustancias con potencial para el desarrollo de nuevos tratamientos naturales contra estos parásitos. Cabe resaltar que los compuestos orgánicos que más se encuentran por bibliografía son fenoles, terpenos, saponinas, flavonoides y taninos que hacen alusión a la parte insecticida.

Analizar el efecto larvicida que pueda tener el aceite esencial de noni *Morinda citrifolia* en el control de las larvas de las moscas *Stomoxys calcitrans* & *Haematobia irritans*, parásitos externos comúnmente encontrados en el ganado bovino.

Determinar el tiempo de persistencia del efecto alelopático de aceite esencial de noni *Morinda citrifolia*, sobre las moscas estudiadas en el ganado bovino, buscando cuantificar cuanto tiempo, más allá de los 5 días, se mantiene la eficacia alelopática del tratamiento con este aceite esencial.

Para garantizar una óptima aplicación y efectividad del tratamiento a base de aceite esencial de noni *Morinda citrifolia* y aceite mineral, incorporar un agente emulsionante o espesante a la mezcla; estos aditivos permitirán mejorar la adherencia de la disolución, prolongando su acción sobre los ectoparásitos del ganado bovino.

Estudiar la efectividad del producto químico siguiendo las indicaciones de dosificación prescrita por el fabricante, comparando su eficiencia con el aceite esencial de noni *Morinda citrifolia*. Dado que en esta investigación se consideró las dosificaciones indicadas por el médico veterinario para la utilización del producto químico.

13. LITERATURA CITA

- Akintelu, S. A., Folorunso, A., Oyebamiji, A., & Olugbeko, S. (2021). Eficacia repelente de mosquitos y antibacteriana de nanopartículas de plata sintetizadas de forma sencilla y económica con extracto de hoja de *Morinda citrifolia*.
- Asela, D., Del Puerto Rodríguez, M., Susana, D., Tamayo, S., Daniel, L., & Palacio Estrada, E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372–387. <http://scielo.sld.cu>
- Azeem, S., Akbar, H., Ahmad, L., Ashraf, M., & Puvanendiran, S. (2023). *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 73(4), 4833–4840. <https://doi.org/10.12681/jhvms.27963>
- Bittová, M., Hladuvková, D., Roblová, V., Hráčmar, S., Kubán, P., & Kubán, V. (2015). Análisis de ácidos orgánicos, ácidos deacetil asperulosídico y compuestos polifenólicos como herramienta potencial para la caracterización de productos de noni (*Morinda citrifolia*). 10.
- Boito, J., Da Silva, A., dos Reis, J., Santos, D., Gebert, R., Biazus, A., Santos, R., Quatrin, P., Ourique, A., Boligon, A. A., Baretta, D., Baldissera, M., Stefani, L., & Machado, G. (2018). Efecto insecticida y repelente del aceite de canela sobre moscas asociadas con el ganado. *Revista MVZ Córdoba*, 23(2), 6628–6636. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1337>
- Brudniewski, A., & Vasconcelos, A. B. De. (2020). Citronela , Neen e Noni no controle de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in vitro Citronella , Neen and Noni for *Ripicephalus (Boophilus) microplus* control in vitro Citronela , Neen y Noni en el control de *Ripicephalus (Boophilus) microplus* in vit. 1, 1–7. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n9a658.1-7>
- Carhuallanqui-Pérez, A., Salazar-Salavatierra, M. E., & Ramos-Delgado, D. (2020).

- Antimicrobial effect of the essential oil of Oregano against *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus*. 22(1), 25–33.
- Centro Nacional de Memoria Historica. (2018). *Narrando nuestra historia*, CNMH, Bogotá.
- Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. (2003).
- Convenio de Basilea. (1999). Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación adoptado por la Conferencia de Plenipotenciarios del 22 de marzo 1989.
- Convenio de Estocolmo. (2009). Convenio de Estocolmo.
- Convenio de Rotterdam. (2013). Convenio de rotterdam.
- Etsuyankpa, M. B., Ndamitso, M. M., Oluwatoyin, I. V., Ibrahim, H., Philip, S., Ogah, I., Etsuyankpa, M. B., Ndamitso, M. M., Oluwatoyin, I. V., Ibrahim, H., Philip, S., & Ogah, I. (2017). Chemical Analysis of Noni (*Morinda citrifolia*) Seeds and the Characterization of the Seeds Oil To cite this article: 5(4), 57–61. <https://doi.org/10.11648/j.ajac.20170504.11>
- Gómez-Bonilla, Y., Solórzano-Arroyo, A., & Bravo-Bonilla, O. (2018). Captura y recaptura de mosca del establo en ganado y rastros de piña. *Alcances Tecnológicos*, 12(1), 37–47. <https://doi.org/10.35486/at.v12i1.36>
- Jahurul, M. H. A., Jack, C. S. C., Syifa, A. A. B., Shahidul, I., Norazlina, M. R., Shihabul, A., & Zaidul, I. S. M. (2022). Physicochemical and antioxidant properties , total phenolic and nutritional contents of noni (*Morinda citrifolia*) seed and its oil cultivated in Sabah , Malaysia. *Food Chemistry Advances*, 1(August), 100079. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100079>
- Jahurul, M. H. A., Patricia, M., Shihabul, A., Norazlina, M. R., George, R., Noorakmar, W., Lee, J. S., Jumardi, R., Jinap, S., & Zaidul, I. S. M. (2021). Machine Translated by Google revisión sobre las propiedades funcionales y nutricionales de la semilla del fruto

de (*Morinda citrifolia* L .) y su Zaidul Jinap , ISM MHA Jahurul a ,* Machine Translated by Google.

Klauck, V., Pazinato, R., Stefani, L. M., Santos, R. C., Vaucher, R. A., Baldissera, M. D., Raffini, R., Boligon, A., Athayde, M., Baretta, D., Machado, G., & Da Silva, A. (2014). Insecticidal and repellent effects of tea tree and andiroba oils on flies associated with livestock. 28, 33–39. <https://doi.org/10.1111/mve.12078>

Kumar, S. (2017). Uso de pesticidas en la agricultura y ganadería y su impacto en el medio ambiente de la India.

Lachanche, S., & Grange, G. (2014). Repellent effectiveness of seven plant essential oils , sunflower oil and natural insecticides against horn flies. 193–200. <https://doi.org/10.1111/mve.12044>

Lee, S. T., Radu, S., Ariffin, A., Ghazali, H. M., Radu, S., Ariffin, A., & Physico-chemical, H. M. G. (2015). Physico-Chemical Characterization of Oils Extracted from Noni , Spinach , Lady ' s Finger , Bitter Gourd and Mustard Seeds , and Copra Physico-Chemical Characterization of Oils Extracted from Noni , Spinach , Lady ' s Finger , Bitter Gourd and Mustard. *International Journal of Food Properties*, 18(00), 2508–2527. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.986577>

López, W. A., & Silverio, C. E. (2022). Pesticidas organoclorados residuales en leche cruda procedente de la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Alfa*, 6(18), 393–405. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.176>

Mahefarisoa, K. L., Zaninotto, V., & Colin, Y. O. (2021). La amenaza de los medicamentos veterinarios y biocidas sobre los polinizadores: A Una perspectiva de salud. 12.

Maldonado, E., Chavarría, M. R., Martínez, P. A., Améndola, R. D., González, R., & Hernández, E. (2018). Incidencia de mosca del cuerno (*Haematobia irritans*) en vacas asperjadas con extracto de hoja de gobernadora (*Larrea tridentata* (DC.) Coville). In Publicado como nota científica en *Agrociencia* (Vol. 52).

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952018000300323&script=sci_arttext&tlng=es

- Minh, L., Klein, M., Coleman, H. M., Trinh, T., Stuetz, R. M., Peters, G., & Khan, S. J. (2013). Presencia de ectoparasitoides en los desechos de los corrales de engorda del ganado vacuno australiano. 174.
- Moh, J. H. Z., Waiho, K., Fazhan, H., Shaibani, N., Manan, H., Sung, Y. Y., Ma, H., & Ikhwanuddin, M. (2021). Effect of Noni, *Morinda citrifolia* fruit extract supplementation on the growth performances and physiological responses of the hepatopancreas of Whiteleg shrimp, *Penaeus vannamei* Post Larvae. *Aquaculture Reports*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100798>
- Nurmayanti, D., Fithriyah, L., Ngadino, Sulistio, I., Wardoyo, S., Setiawan, M., & Marlik. (2024). *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 20(1), 11–19.
- Opoku-bamfoh, O., Kwarteng, S. A., Owusu, F. A. N., Akpanya, R., Mensah, K. A., Badu, M., Gyamfi, F. Y., Sogbo, V., Belford, E. J. D., Boakye, A., Morrison, H. M., Obuam, P. K., & Coleman, S. (2024). Repellent and larvicidal properties of selected indigenous plants in the control of *Anopheles* mosquitoes. *March*, 90–100.
- OPS, & OMS. (1962). *Moscas de importancia para la Salud Publica y su Control*. Pan American Health Organization, 61(61), 1–44. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/1344/42163.pdf>
- Özkara, A., Akyıl, D., & Konuk, M. (2016). *Pesticides , Environmental Pollution , and Health* (pp. 3–28).
- Panca-jevera, M. P., Villanueva-mamani, D. C., & Gutierrez-flores, I. R. (2024). Efecto alelopático de hojarasca de *Eucalyptus globulus* y *Pinus halepensis* en plantas silvestres Altoandinas , Perú Allelopathic effect of *Eucalyptus globulus* and *Pinus halepensis* litter on high Andean wild plant species , Peru. 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3505.Panca-Jevera>

- Rahayu, R., Putri, A., Herwina, H., & Jannatan, R. (2021). Eficacia del extracto etanólico de hoja de noni (*Morinda citrifolia* L.) contra la cucaracha alemana (*Blattella germanica* L.).
- Ramonah. (2021). Eficacia del extracto de semillas de morinda para controlar los áfidos (*Aphis annuum* L.) en la planta de chili (*Capsicum annuum* L.).
- Sánchez-Varela, A., & Rodríguez-Luna, I. C. (2017). Mortality of larvae of *Spodoptera frugiperda* by effect of fruit extracts of *Morinda Citrifolia* L. (noni). *Revista Boliviana de Química*, 34(5), 138–141. http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v34n5/v34n5_a02.pdf
- Serrano, M. A., & Suárez, F. (2014). Efectos quimiopreventivos del jugo de *Morinda citrifolia* (noni) sobre cáncer mamario experimental en ratas : estudio preliminar. 41–58.
- Showler, A. T. (2017). Botanically Based Repellent and Insecticidal Effects Against Horn Flies and Stable Flies (*Diptera* : *Muscidae*). 8. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmx010>
- Solórzano, J. A. (2014). Manejo integrado de la Mosca del Establo *Stomoxys calcitrans* en Costa Rica.
- Stelamaris de Oliveira, P., Alencar de Sousa, J., Sousa de Brito, E., & Gallao, M. I. (2016). The morphological characterization of the dry seeds and reserve mobilization during germination in *Morinda citrifolia* L . 1 Caracterização morfológica da semente seca e mobilização de reservas durante a.
- Tanjung, M., & Purba, F. O. (2024). Ectoparasite infestation on cattle husbandry in oil palm plantation afdeling II , North Sumatra Ectoparasite infestation on cattle husbandry in oil palm plantation afdeling II , North Sumatra. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1352/1/012061>
- Ulloa, J. A., Ulloa, P. R., Ramírez, J. C., & Ulloa, B. (2012). El noni: propiedades, usos y aplicaciones potenciales. *Revista Fuente Año*, 4(10), 44–49.

- Villavicencio, C. (2017). Control físico - Etólogo de moscas domésticas, usando tres tipos de atrayentes en tres prototipos de trampas.
- Watson, W. (2017). El Manejo Integrado de las Moscas En y Alrededor de los Establos de Vacas Lecheras y Ganado. *Entomology*, 1–5. <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/47683>
- Yassin, A., Debat, V., Bastide, H., Gidaszewski, N., David, J. R., & Pool, J. E. (2016). Recurrent specialization on a toxic fruit in an island *Drosophila* population. *PNAS*, 113(17), 4771–4776. <https://doi.org/10.1073/pnas.1522559113>

14. ANEXOS

ANEXO A. Imágenes pretratamiento de las semillas de la fruta de noni (*Morinda citrifolia*)

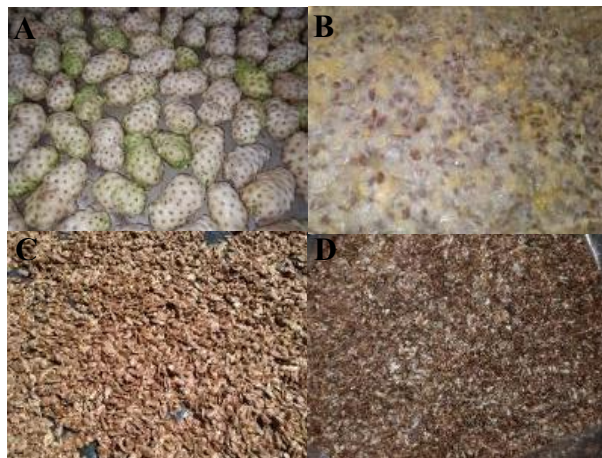


Figura 9. Pretratamiento de las semillas de noni *Morinda citrifolia*. Fruto (A), Semillas y Pulpa (B), Semilla Secas (C) y Semilla con Pretratamiento de Molienda (D).

ANEXO B. Métodos de extracción de aceite esencial de noni *Morinda citrifolia*



Figura 10. Montaje de extracción SENA Tecnoparque nodo Valledupar. Arrastre con Vapor de Agua (A) y Método por Inmersión(B).

ANEXO C. Imágenes tomadas de la aplicación en campo

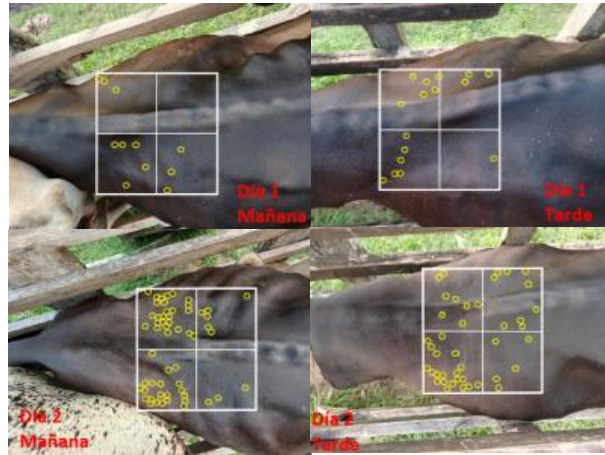


Figura 11. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 1500 ppm



Figura 12. Replica 2 ganado de muestra con dosis 1500 ppm

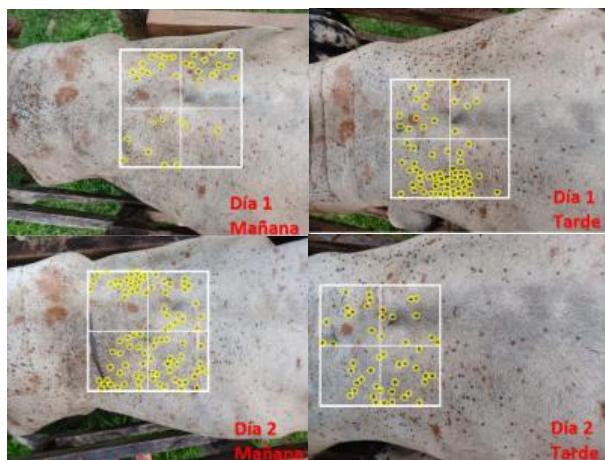


Figura 13. Replica 3 ganado de muestra con dosis 1500 ppm

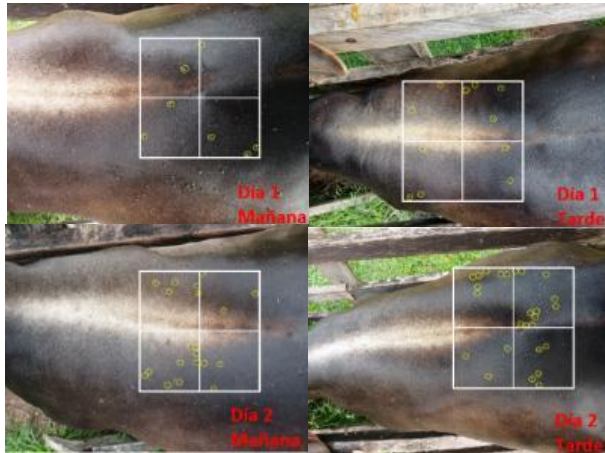


Figura 14. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 2500 ppm

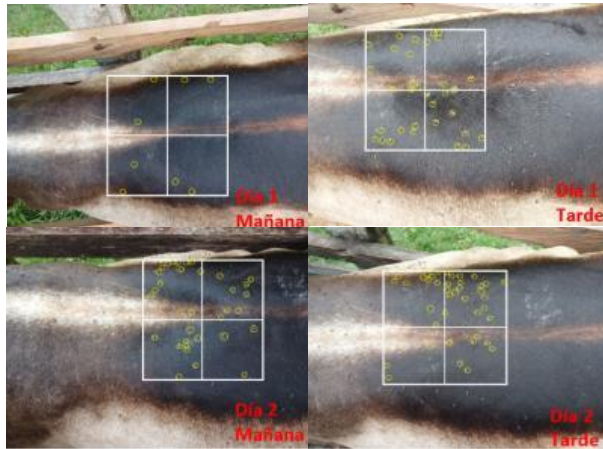


Figura 15. Replica 2 ganado de muestra con dosis de 2500 ppm

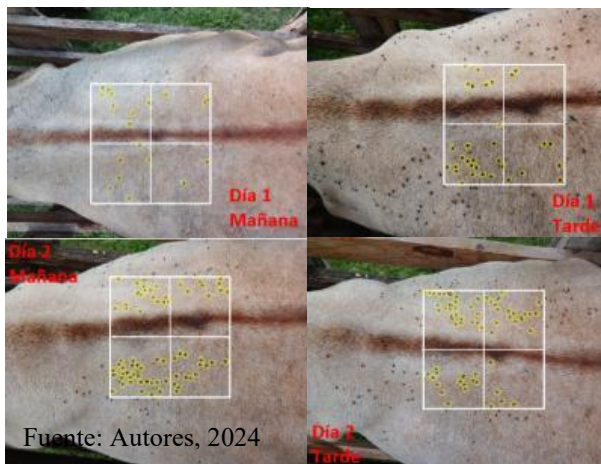


Figura 16. Replica 3 ganado de muestra con dosis de 2500 ppm.



Figura 17. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 3500 ppm

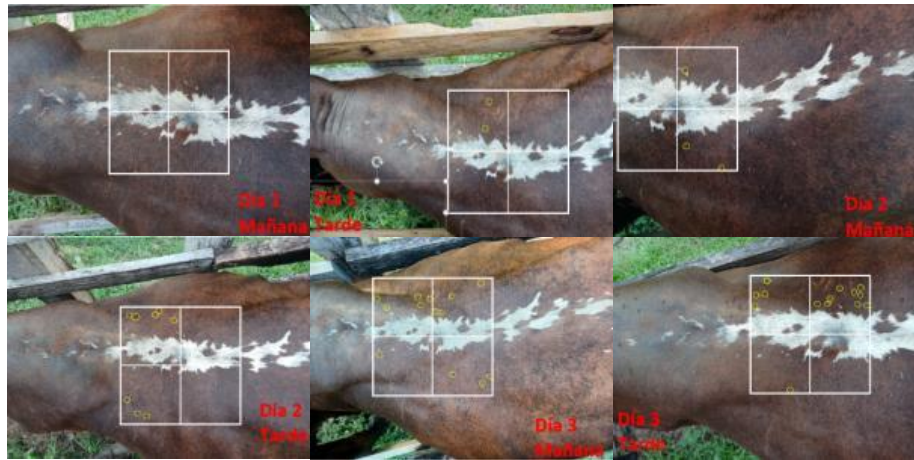


Figura 18. Replica 2 ganado de muestra con dosis de 3500 ppm



Figura 19. Replica 3 ganado de muestra con dosis de 3500 ppm.

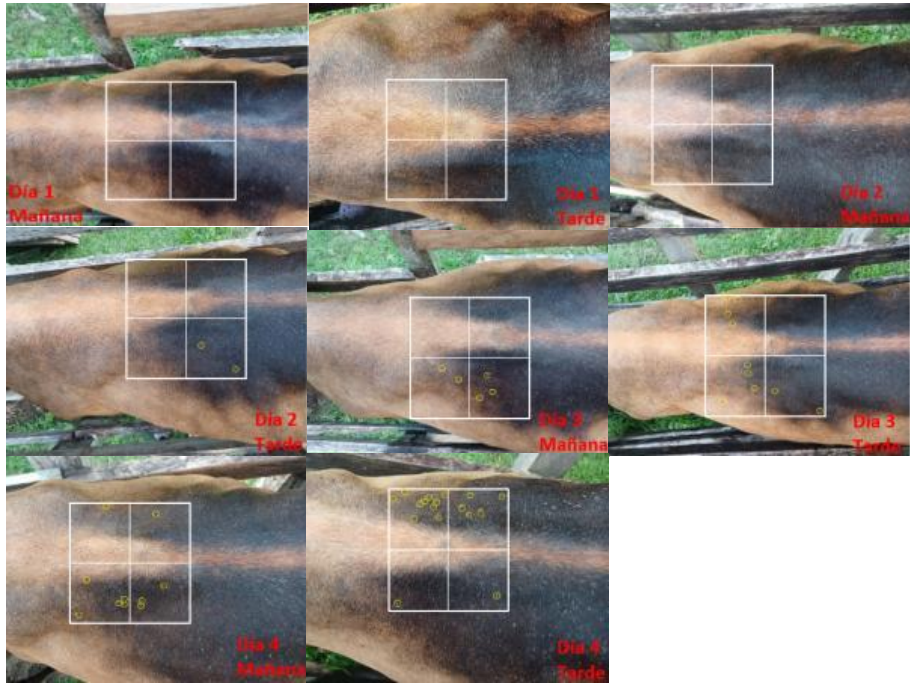


Figura 20. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 4500 ppm.

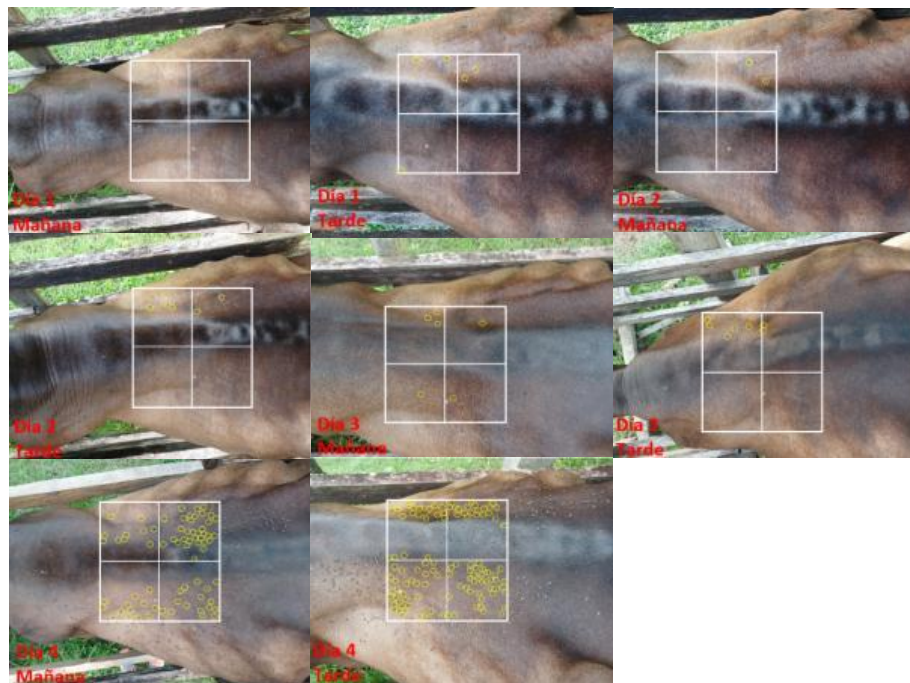


Figura 21. Replica 2 ganado de muestra con dosis de 4500 ppm.

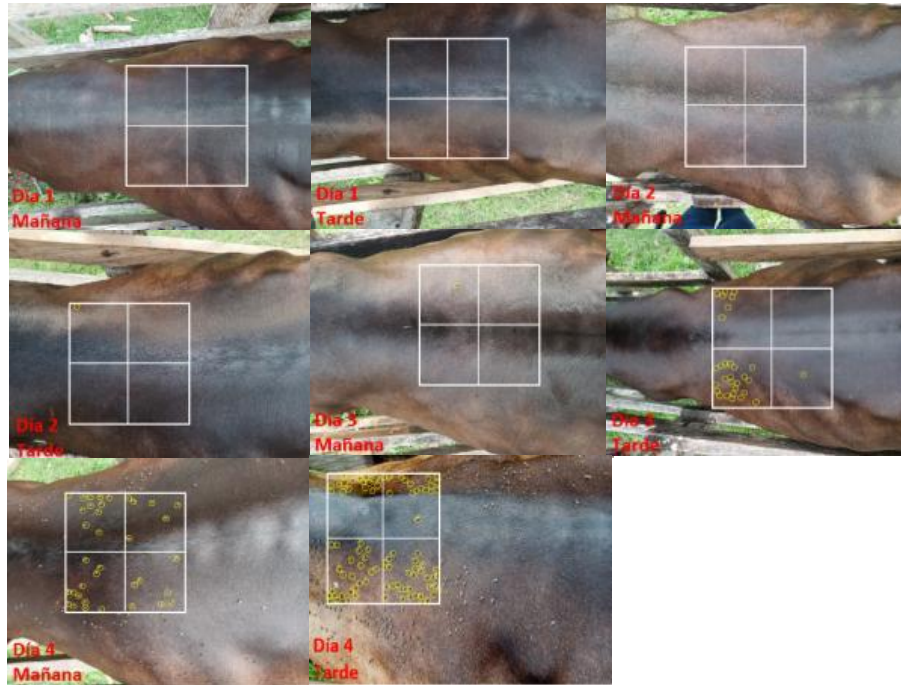


Figura 22. Replica 3 ganado de muestra con dosis de 4500 ppm.

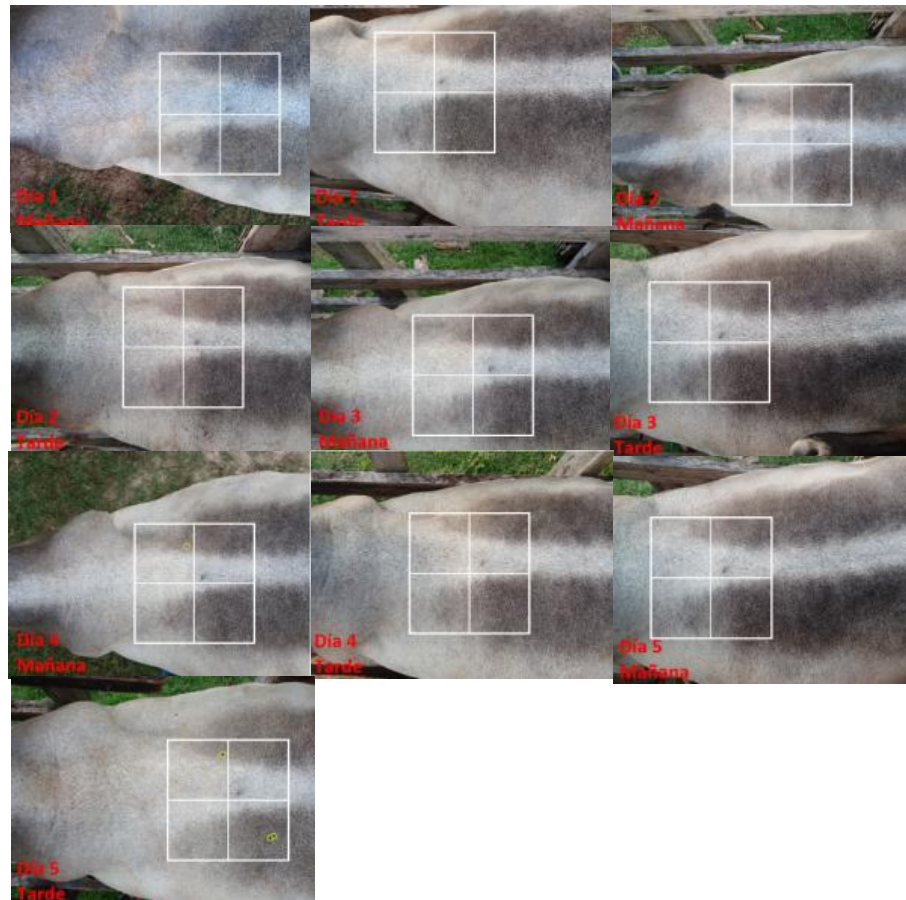


Figura 23. Replica 1 ganado de muestra con dosis de 5500 ppm.

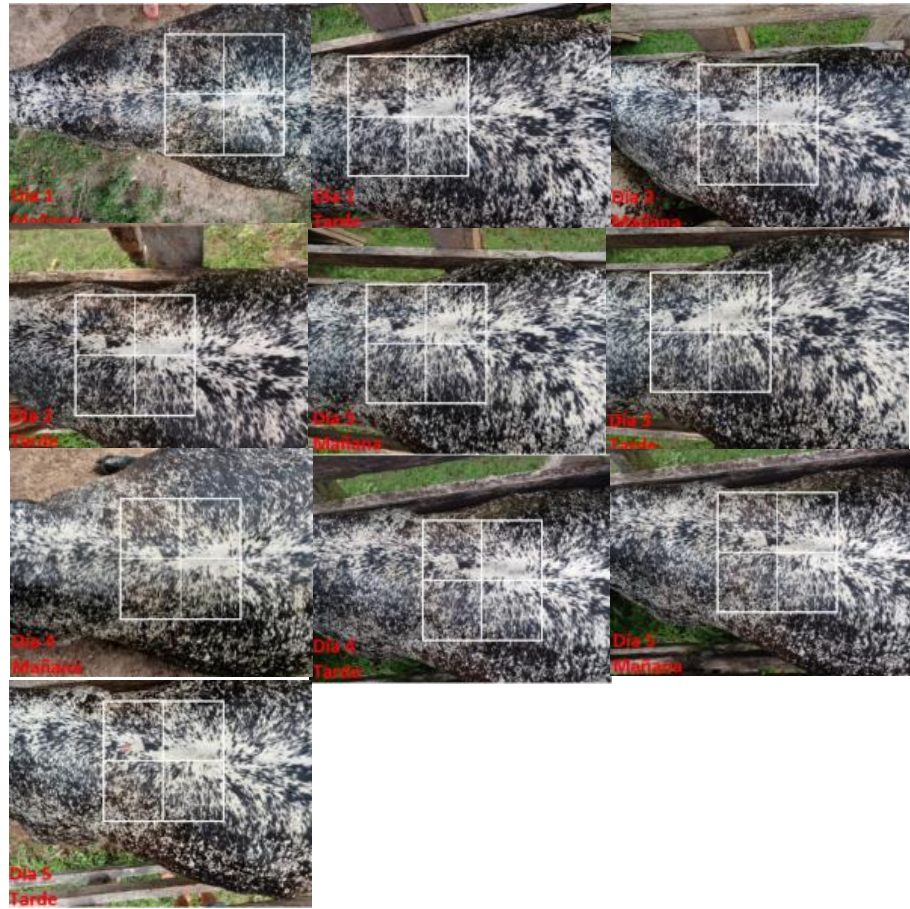


Figura 24. Replica 2 ganado de muestra con dosis de 5500 ppm.

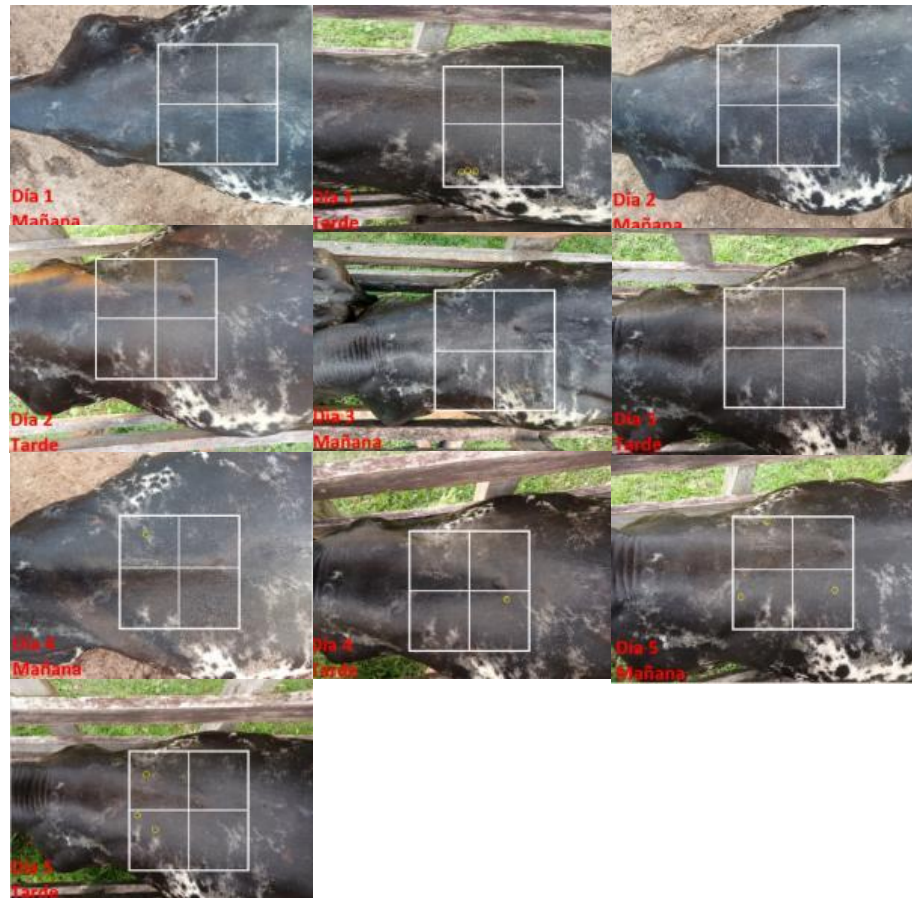


Figura 25. Replica 3 ganado de muestra con dosis de 5500 ppm.

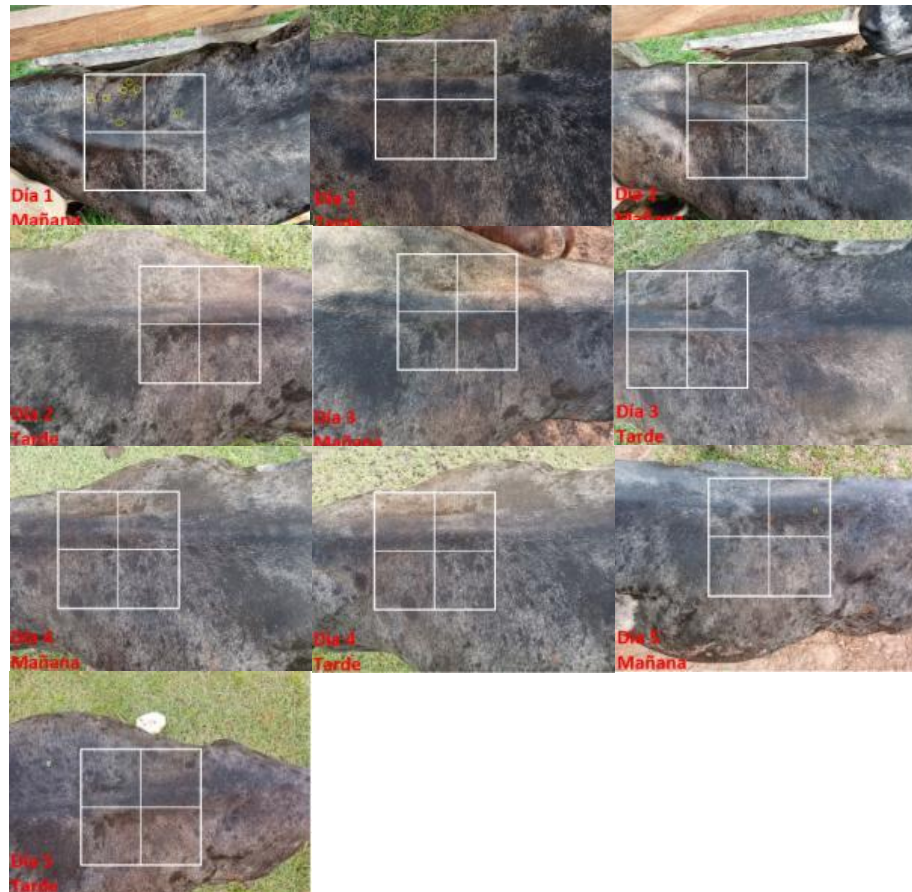


Figura 26. Ganado de muestra con producto químico.



Figura 27. Ganado muestra con tratamiento cero.

ANEXO D. Gráficos de la comparación entre las diferentes dosis y el producto químico.

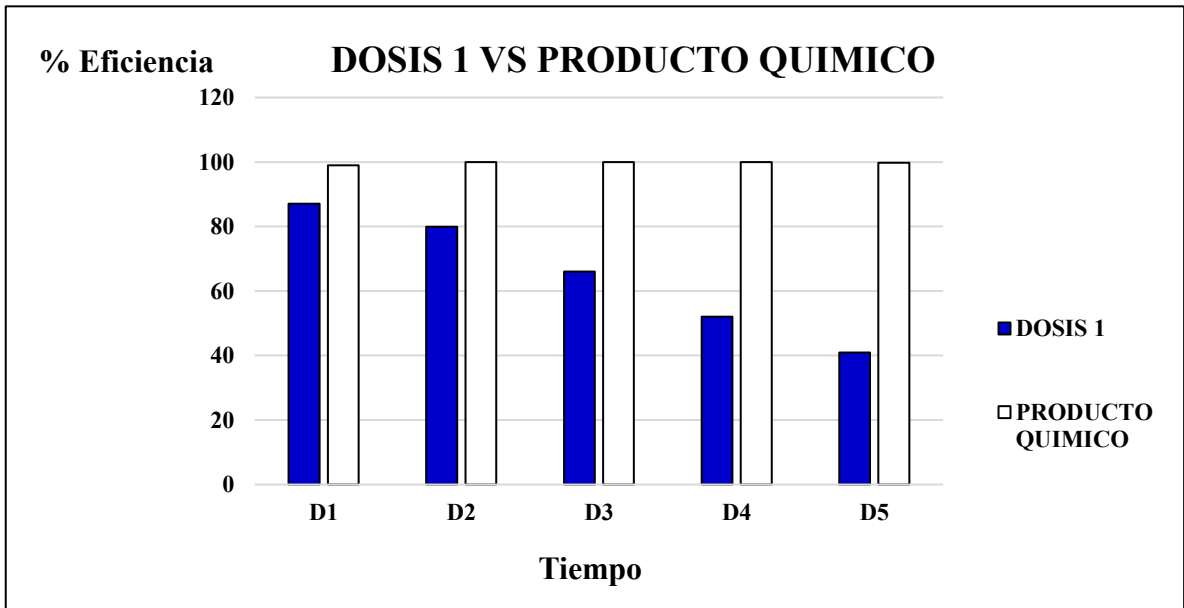


Figura 28. Comparación dosis 1 y producto químico.

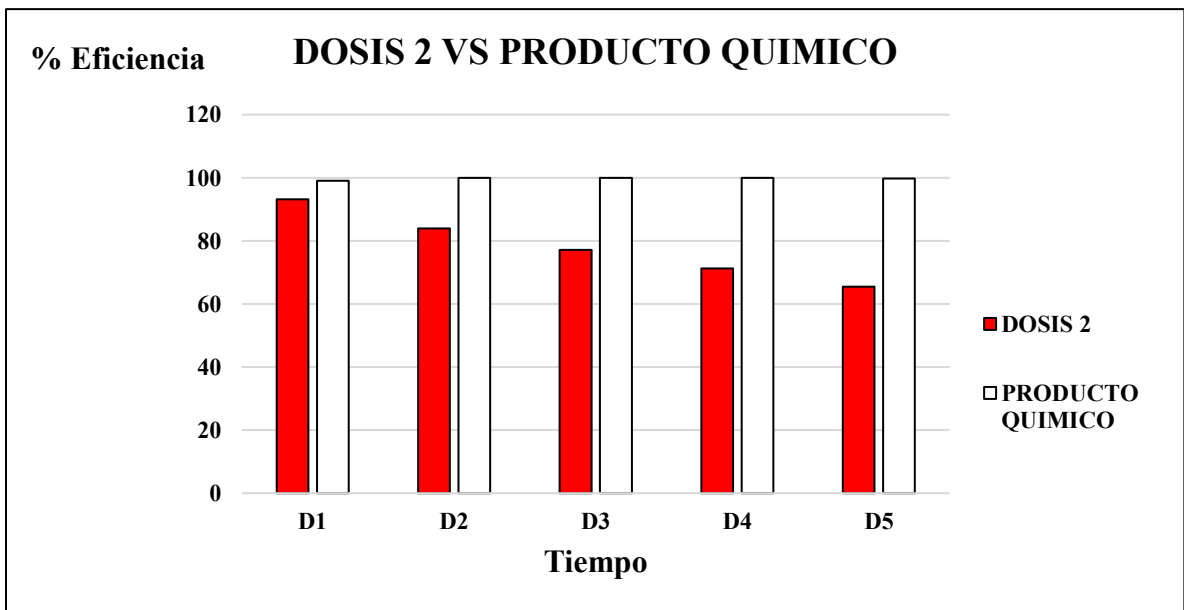


Figura 29. Comparación dosis 2 y producto químico

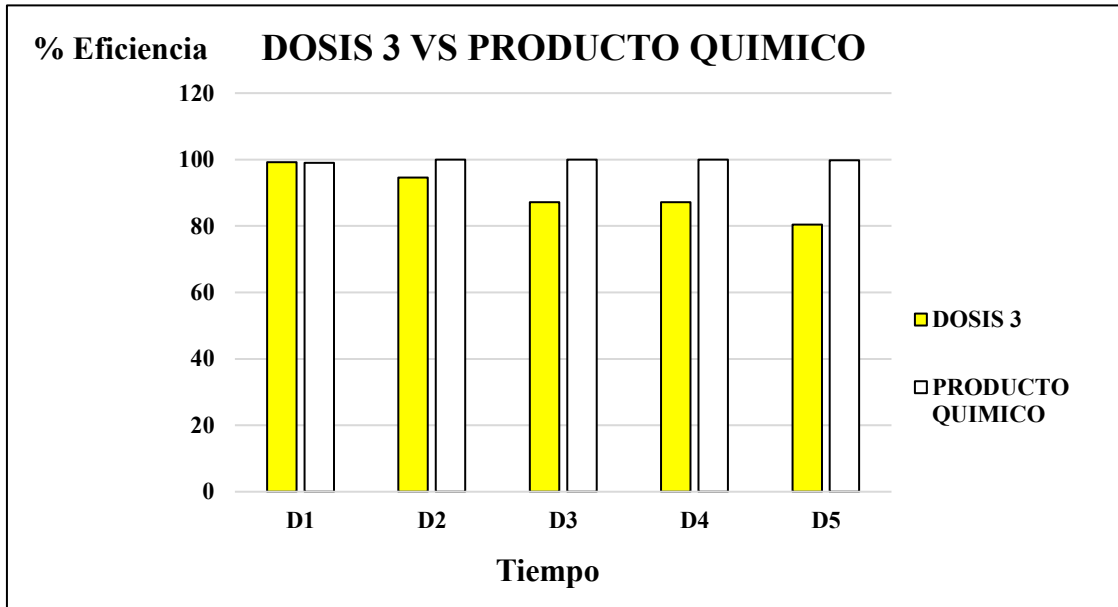


Figura 30. Comparación dosis 3 y producto químico.

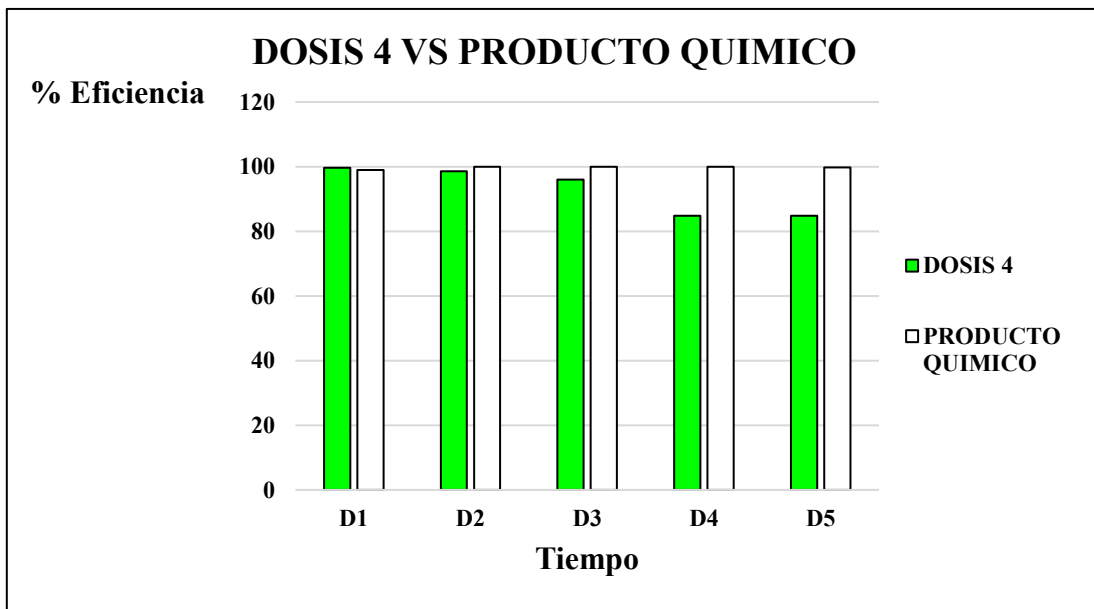


Figura 31. Comparación dosis 4 y producto químico.

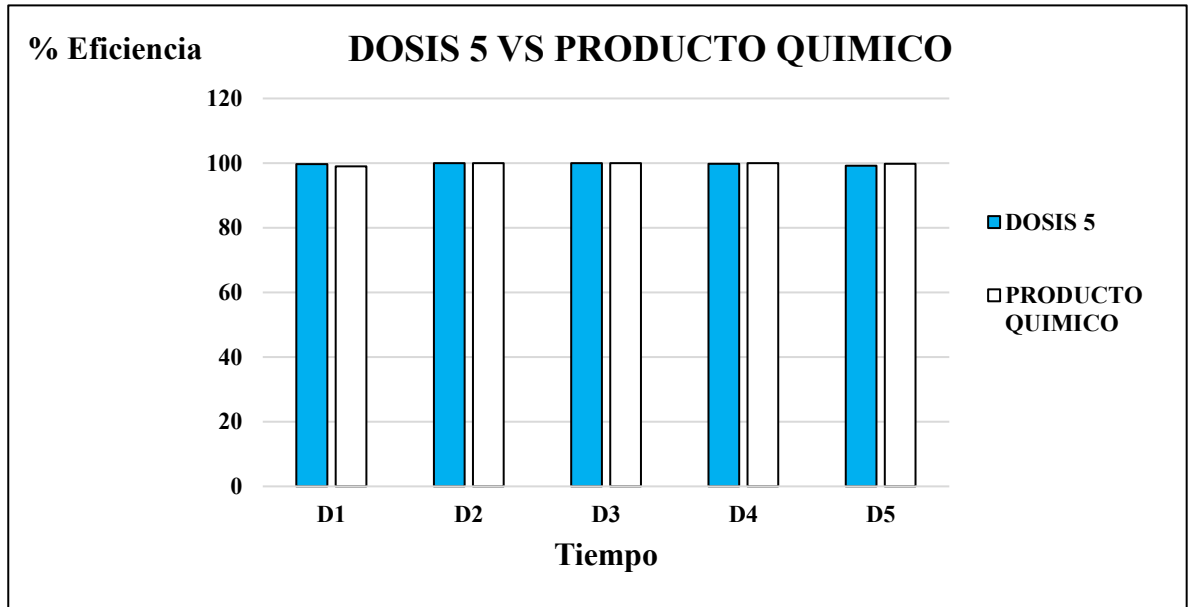


Figura 32. Comparación dosis 5 y producto químico.