



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**“Influencia de plantas medicinales en las propiedades del suelo  
asociadas a rambután en Metapa de Domínguez, Chiapas”**

## **TESIS**

**Que para obtener el grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA  
TROPICAL**

**Presenta**

**MARÍA DEL ROSARIO ESCOBAR CRUZ J090027**

**Director de tesis**

**DR. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA**

**Huehuetán, Chiapas, México**

**Noviembre, 2022**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS, *CAMPUS V.*  
DIRECCIÓN



Villaflores, Chiapas  
25 de noviembre de 2022  
Oficio N° D/1080/22

**C. ING. MARÍA DEL ROSARIO ESCOBAR CRUZ**  
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS *CAMPUS V*  
P R E S E N T E.

En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado designado para su evaluación de posgrado, de la tesis titulada: **“Influencia de plantas medicinales en las propiedades del suelo asociadas a rambután en Metapa de Domínguez, Chiapas”**, por este medio le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
“POR LA CONCIENCIA DE UNA NECESIDAD DE SERVIR”  
CIENCIAS AGRONÓMICAS

M. C. CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ SANABRIA  
DIRECTOR



C. c. p. Archivo

CAVS\*mrh.



Código: FO-113-05-05
Revisión: 0

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.**

El (la) suscrito (a) María del Rosario Escobar Cruz,  
Autor (a) de la tesis bajo el título de "Influencia de plantas medicinales en las propiedades del suelo asociadas a rambután en Metapa de Domínguez, Chiapas,"  
presentada y aprobada en el año 20 22 como requisito para obtener el título o grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 28 días del mes de noviembre del año 20 22.

  
Ing. María del Rosario Escobar Cruz

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Por darme la vida e iluminar mí camino siempre, haberme dado salud y fortaleza.

#### **A mi madre: Mercedes Cruz Hernández**

Porque con tú vida incansable me animaste a luchar para encontrar el camino deseado, siempre reconoceré de manera infinita, los sacrificios, las angustias y alegrías, tus gozos fueron y seguirán siendo el motivo de entrega y la lucha en esta etapa, cuidaré que tus esfuerzos no sean en vano y siempre tendré muy en alto el apoyo que me brindaste en el proceso, gracia por darme tanto de todo y por darme todo de ti. Gracias infinitas amor mío.

#### **A mis hermanos**

Ramón: por estar siempre pendiente y asumir ese rol y compromiso de hermano mayor, siempre presente en los buenos y malos momentos, ejemplo de bondad y amor. Silviana, Concepción y Carlos; por todo el amor y apoyo que me han brindado y estar siempre conmigo, son los mejores hermanos.

#### **A mis sobrinas**

Esmeralda, Karla, Ivanna, Diana e Isabella por ser tan especial e importantes en mi vida, por esos momentos hermosos que pasamos juntas y por llenarme de alegrías, mis traviesas hermosas.

#### **A mis cuñados**

Luis Genaro, Antolina y Kimberly quienes forman también parte de mi vida y de mi hermosa familia, gracias por todo ese cariño.

#### **A mis amigas**

Antolina por ser mi cuñada, amiga y hermana. Silvia Irene Boo por esa amistad de años que no se degrada y Zoila del Carmen Anzuetto Herón porque nuestra amistad se tenida que dar en este proceso. A todas ustedes muchas gracias por esos momentos únicos que pasamos juntas, por la confianza, los consejos y apoyo, las quiero mucho.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca brindada durante el periodo de estudio de posgrado.

Al programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical (MCPAT), de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Facultad de Ciencias Agronómicas por mi formación en el posgrado.

Al director de tesis Dr. Juan Francisco Aguirre Medina, por los consejos en la redacción, por la paciencia y por creer en mí, sobre todo por aceptar dirigir el proyecto de investigación. Gracias por todos los conocimientos transmitidos y el apoyo.

Al M. en C. Raúl Cuevas González, por el apoyo brindado en esta etapa, por el arduo trabajo en campo desde el inicio hasta el final del experimento, los muestreos, la toma de muestras y envíos. Por confiar en mí, por sus consejos y por los conocimientos transmitidos. Gracias por todo.

A mis asesores Dra. Blanca Flor Solís Guzmán y M. en C. Ricardo Alberto Castro Chan, por ser parte de este proyecto.

A la Dra Griselda Karina Guillen Navarro (ECOSUR), por el apoyo brindado especialmente con sus recursos financieros y recomendación.

Al Dr. Jorge Toledo Arreola por el apoyo que siempre me brinda con las recomendaciones.

Al Sr. Didier Quezada productor de rambután de Metapa de Domínguez, Chiapas, agradezco infinitamente la confianza para la realización del proyecto en su parcela. Gracias.

Al ing. Luis Enrique Luna Hernández y al estudiante de agronomía Raúl Abraham De León Solano, por el apoyo brindado en campo y por la amistad que hemos construido a lo largo de este tiempo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

## MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL

Esta tesis titulada **“INFLUENCIA DE PLANTAS MEDICINALES EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO ASOCIADAS A RAMBUTÁN EN METAPA DE DOMÍNGUEZ, CHIAPAS”**, forma parte del proyecto de investigación **INFLUENCIA DE PLANTAS MEDICINALES EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO ASOCIADAS A RAMBUTÁN EN METAPA DE DOMÍNGUEZ, CHIAPAS** registrado en la Coordinación de Investigación y Posgrado de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**, fue financiado por recursos propios del investigador. Bajo la dirección del Dr. Juan Francisco Aguirre Medina.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Agroecología y Agricultura Orgánica y Conservación de los Recursos Naturales.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Manejo Agroecológico de Cultivos del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.



CUERPO ACADEMICO  
DE AGRICULTURA  
TROPICAL ECOLOGICA  
[CAATE **UNACH-CA-68**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**

Esta tesis titulada “**Influencia de plantas medicinales en las propiedades del suelo asociadas a rambután en Metapa de Domínguez, Chiapas**”, fue realizada por la C. María del Rosario Escobar Cruz, bajo la dirección y asesoría del comité tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

**COMITÉ TUTORIAL**

**DIRECTOR**

DR. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA

**ASESORES**

M. C. RAÚL CUEVAS GONZÁLEZ (ECOSUR)

DRA. BLANCA FLOR SOLÍS GUZMÁN

M. C. RICARDO ALBERTO CASTRO CHAN (ECOSUR)



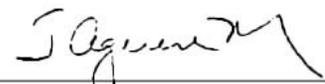
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

## MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL

Esta tesis titulada “**Influencia de plantas medicinales en las propiedades del suelo asociadas a rambután en Metapa de Domínguez, Chiapas**”, fue realizada por la C. María del Rosario Escobar Cruz, bajo la dirección y asesoría del comité tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

### COMISIÓN REVISORA

DR. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA



---

M. C. RAÚL CUEVAS GONZÁLEZ (ECOSUR)



---

DRA. BLANCA FLOR SOLÍS GUZMÁN



---

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	3
2.1. Objetivo general .....	3
2.1.1. Objetivos específicos.....	3
2.2. Hipótesis .....	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
3.1. Importancia de las plantas medicinales.....	4
3.2. Ruda ( <i>Ruta graveolens</i> L.) .....	5
3.2.1. Importancia agrícola .....	5
3.2.2. Composición química.....	6
3.3. Albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> L.).....	6
3.3.1. Importancia agrícola .....	7
3.3.2. Composición química .....	7
3.4. Epazote ( <i>Chenopodium ambrosioides</i> L.) .....	8
3.4.1. Importancia agrícola .....	8
3.4.2. Composición química .....	8
3.5. Verbena ( <i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl) .....	9
3.5.1. Importancia agrícola .....	9
3.5.2. Composición química .....	9
3.6. <i>Nephellium lappaceum</i> L.....	10
3.6.1. Problemática de <i>Nephellium lappaceum</i> L., en Chiapas .....	10
3.7. Problemática de los suelos agrícolas.....	11

3.8. Utilización de plantas aromáticas en la agricultura: Antecedentes en el Soconusco .....	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1. Ubicación del área de estudio .....	13
4.2. Propagación de los esquejes .....	13
4.3. Tratamientos y diseño experimental .....	14
4.4. Condiciones de la plantación .....	15
4.5. Trasplante en campo.....	15
4.6. Labores culturales durante el periodo de evaluación .....	15
4.7. Toma de muestras de suelo para los análisis físicos, químicos y microbiológicos .....	15
4.8. Análisis físicos del suelo .....	16
4.9. Análisis químicos del suelo .....	17
4.10. Análisis microbiológicos del suelo .....	19
4.11. Temperatura y humedad relativa .....	20
4.12. Altura de las plantas.....	20
4.13. Diámetro del tallo .....	20
4.14. Longitud de raíz .....	20
4.15. Área foliar.....	20
4.16. Relación biomasa seca área/ biomasa seca raíz (R BSA/BSR).....	20
4.17. Análisis estadístico.....	20
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
5.1. Análisis del suelo .....	21
5.2. Variables morfológicas de las plantas.....	39
5.3. Biomasa seca y área foliar .....	42
6. CONCLUSIONES.....	47
7. BIBLIOGRAFÍA.....	48
8. ANEXOS.....	55

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos establecidos con la asociación de plantas medicinales y <i>N. lappaceum</i> L. en Metapa de Domínguez, Chiapas. ....	14
Cuadro 2. Propiedades físicas del suelo establecido con <i>N. lappaceum</i> L. y asociado a diferentes plantas medicinales en el Soconusco, Chiapas.....	21
Cuadro 3. Comparación de los análisis biológicos de organismos benéficos 2021-2022.....	32
Cuadro 4. Número de excretas promedio encontradas en el suelo donde se asociaron las diferentes plantas medicinales con <i>N. lappaceum</i> L. ....	36
Cuadro 1. Resultado de los análisis de microorganismos patógenos realizados durante el 2021 y 2022.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	13
Figura 2. Distribución de los bloques establecidos de <i>N. lappaceum</i> L. con las plantas medicinales asociadas. R= ruda, E= epazote, A= albahaca, V = verbena, N= rambután.....	15
Figura 3. Contenido de nutrientes al inicio y al final del período de investigación en el suelo influenciado por las diversas plantas medicinales asociadas a <i>N. lappaceum</i> L. en el Soconusco, Chiapas. Las letras iguales indican igualdad entre tratamientos. CV%= porcentaje del coeficiente de variación. ....	24
Figura 4. Contenido de nutrientes en dos muestreos del suelo influenciado por las diversas plantas medicinales asociadas a <i>N. lappaceum</i> L. en el Soconusco, Chiapas. Las letras iguales indican igualdad entre tratamientos. CV%= porcentaje del coeficiente de variación. ....	26
Figura 5. Registros de la cantidad de lluvia durante el 2022 en el municipio de Metapa de Domínguez, Chiapas. ....	27
Figura 6. Relación existente entre algunas propiedades del suelo y diversos nutrientes donde se establecieron plantas medicinales asociadas con <i>N. lappaceum</i> en el Soconusco, Chiapas.....	30
Figura 7. Altura de planta de las especies asociadas a <i>N. lappaceum</i> L. en el Soconusco, Chiapas. Los valores son promedios de 24 plantas $\pm$ el error estándar.....	40
Figura 8. Diámetro del tallo de las especies asociadas a <i>N. lappaceum</i> L. en el Soconusco, Chiapas. Los valores son promedios de 24 plantas $\pm$ el error estándar.....	42
Figura 9. Área foliar de las plantas medicinales asociadas a <i>N. lappaceum</i> L. en Metapa de Domínguez, Chiapas. Los valores son promedios de ocho plantas $\pm$ el error estándar.....	43
Figura 10. Relación Biomasa Seca Área/Biomasa seca raíz de las plantas utilizadas.....	44

Figura 11. Longitud radical de las plantas medicinales asociadas a *N. lappaceum* L. en un suelo de Metapa de Domínguez, Chiapas. Los valores son promedios de ocho plantas  $\pm$  el error estándar..... 45

## ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro A1. Comparación de los análisis químicos iniciales y finales (2021-2022).....	55
Cuadro A2. Medias de las alturas (cm) de los tratamientos replicas/bloques. ..	55
Cuadro A3. Medias de los diámetros (cm) de los tratamientos replicas/bloques.....	56
Figura A1. Fotografías de las plantas propagadas por esquejes. ....	57
Figura A2. Fotografía de la parcela de rambután donde se realizó la asociación de plantas medicinales. ....	57
Figura A3. Traslado de las plantas medicinales el día del establecimiento en campo.....	57
Figura A4. Medición y cajeteo a ras de suelo, de la zona media de goteo de la copa de los árboles, previo a la asociación de plantas medicinales.....	58
Figura A5. Se cavaron las cepas y se obtuvieron las muestras de suelo para su análisis el 25 de junio del 2021. ....	58
Figura A6. Fotografías del establecimiento de las plantas medicinales asociadas a rambután.....	58
Figura A7. Fotografía de las diferentes asociaciones de las especies de plantas medicinales utilizadas. ....	59
Figura A8. Visita del director de tesis y los asesores al área experimental. ....	59
Figura A9. Excretas encontradas en la media zona de goteo de los árboles de rambután asociados a plantas medicinales.....	60
Figura A10. Toma de diámetro, altura de las plantas medicinales y secado de las partes área y raíz de las plantas destruidas al final del experimento. ....	60

## RESUMEN

La asociación plantas medicinales-rambután considera los principios básicos de la agroecología, incluye el reciclaje de nutrientes y energía, la sustitución de insumos externos, aumento de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo. Este tipo de asociaciones incrementan la diversidad microbiana y a largo plazo aumenta la disponibilidad de los nutrientes, disminuye la erosión del suelo y mejora la producción agrícola. El presente estudio tuvo como objetivo conocer la influencia de las plantas medicinales de *Ruta graveolens* L., *Ocimum basilicum* L., *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl y *Chenopodium ambrosioides* L., en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo asociadas a *Nephelium lappaceum* L. Para ello, se realizó análisis físico, químico y microbiológico del suelo al inicio y final del experimento. Los resultados de los análisis químicos expresan disminución de nutrientes en el suelo, independientemente del crecimiento de las plantas medicinales como se observó en el testigo. La asociación de plantas medicinales-rambután interfiere en el crecimiento poblacional de microorganismos en el suelo, con mayor diversidad de microorganismos, benéficos y patógenos, pero sin efecto evidente de los patógenos en las plantas medicinales debido a su baja población. Las presencias contrastantes de microorganismos benéficos en el suelo durante los años de evaluación sugieren dependencia de exudados por las plantas medicinales, como *P. fluorescens* y *Bacillus* sp con *S. jamaicensis*, *Trichoderma* y *Aspergillus* con *R. graveolens* y *O. basilicum*. Todas las especies evaluadas presentaron diferente asignación en materia seca, las de mayor rendimiento fueron de *S. jamaicensis*.

**Palabras clave:** asociación rambutan-plantas medicinales; nutrientes; rizósfera; microorganismos; agroecología.

## ABSTRACT

The medicinal plants-rambutan association considers the basic principles of agroecology, including the recycling of nutrients and energy, the substitution of external inputs, the increase of organic matter and the biological activity of the soil. This type of association increases microbial diversity and in the long term increases the availability of nutrients, decreases soil erosion and improves agricultural production. The objective of this study was to determine the influence of the medicinal plants of *Ruta graveolens* L., *Ocimum basilicum* L., *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl and *Chenopodium ambrosioides* L., on the physical, chemical and microbiological properties of the soil associated with *Nephelium lappaceum* L. performed physical, chemical and microbiological analysis of the soil at the beginning and end of the experiment. The results of the chemical analyzes express a decrease in nutrients in the soil, regardless of the growth of medicinal plants as observed in the control. The association of medicinal plants-rambutan interferes with the population growth of microorganisms in the soil, with a greater diversity of beneficial and pathogenic microorganisms, but without an evident effect of pathogens on medicinal plants due to their low population. The contracting presence of beneficial microorganisms in the soil during the years of evaluation suggest dependence on exudates by medicinal plants, such as *P. fluorescens* and *Bacillus* sp with *S. jamaicensis* and *Trichoderma* and *Aspergillus* with *R. graveolens* and *O. basilicum*. All the species evaluated presented different assignment in dry matter, the ones with the highest yield were *S. jamaicensis*.

**Keywords:** rambutan-medicinal plants association; nutrients; rhizosphere; microorganisms; agroecology.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plantas medicinales también llamadas bioactivas son las que alteran o interfieren el funcionamiento de otros seres vivos y su efecto se debe a las sustancias que contienen. Se estima que el 80% de la población mundial las usan como medicina tradicional (García de Alba-García *et al.*, 2012), comúnmente se cultivan en traspatio.

En la producción agroecológica, estas especies se han utilizado por el impacto positivo mediante diferentes mecanismos de acción, uno de los más relevantes agrónomicamente es la producción de metabolitos secundarios en su sistema radical. Estos compuestos interactúan en el sistema suelo-planta y con las condiciones ambientales por lo que pueden disminuir las poblaciones de diversos patógenos en el suelo.

Además, las plantas medicinales producen diversos aceites esenciales y en el sistema agroecológico, pueden actuar como atrayentes de polinizadores, repelentes de insectos y forman parte de la defensa química de las plantas en el control de insectos, hongos y nematodos. Las plantas medicinales más conocidas y utilizadas en el Soconusco, Chiapas, son la ruda (*Ruta graveolens* L.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.), epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) y verbena (*Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl.).

Su utilización en asociación con frutales es considerada como alternativa de gran validez en el manejo agroecológico, como el caso de *Nephelium lappaceum* L., (rambután) especie introducida del trópico asiático (Caballero-Pérez *et al.*, 2011) que tiene gran demanda y muchas posibilidades de continuar en expansión al considerarse una alternativa a otros cultivos como *Coffea arabica* L. y *Theobroma cacao* L.

La producción actual de la fruta se logra mediante la utilización de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades, foliares y del suelo, además de la nutrición. Sin embargo, algunos cambios en la preferencia en el consumo de frutos

por la población, ha propiciado la necesidad de generar frutos sin agroquímicos, considerados orgánicos.

Bajo esta premisa, las diversas alternativas del control de plagas y enfermedades que afectan a *N. lappaceum* L., existen algunas evidencias regionales del uso de plantas medicinales en este cultivo (Marroquín-Agreda *et al.*, 2019).

La asociación plantas medicinales-rambután considera los principios básicos de la agroecología, incluye el reciclaje de nutrientes y energía, la sustitución de insumos externos, aumento de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo y también la diversificación de plantas e ingresos económicos. Por ello, se considera asociar plantas medicinales al cultivo de rambután, con la finalidad de conocer el efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

## 2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1. Objetivo general

Conocer la influencia de las plantas medicinales en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo asociadas a *Nephelium lappaceum* L.

#### 2.1.1. Objetivos específicos

- a) Conocer la dinámica de los nutrientes en el suelo establecido con *N. lappaceum* L. y asociado a plantas medicinales.
- b) Identificar la influencia de las plantas medicinales en las poblaciones de hongos, bacterias y actinomicetos del suelo asociadas al cultivo del rambután.
- c) Conocer la asignación de materia seca de las plantas medicinales en sus diferentes componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento, asociadas a *N. lappaceum* L.

### 2.2. Hipótesis

- a) El contenido nutrimental del suelo donde se establece *N. lappaceum* L. varía de acuerdo a la etapa de vegetativa o reproductiva del cultivo.
- b) La asociación plantas medicinales-rambután interfiere en el crecimiento poblacional de microorganismos en el suelo, aumentan los benéficos y disminuyen los fitopatógenos.

c) Las plantas medicinales no modifican su asignación de materia seca en sus diferentes componentes del rendimiento al asociarse a *N. lappaceum* L.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Importancia de las plantas medicinales

Se estima que el 80% de la población mundial depende de remedios herbolarios tradicionales, al menos 35,000 especies vegetales presentan potencial para uso medicinal (García de Alba *et al.*, 2012).

Pereira-Giardini Bonfimse *et al.* (2018) aseguran que las plantas bioactivas interfieren o alteran el funcionamiento orgánico de otros seres vivos, son medicinales, aromáticas, condimentarias, insecticidas, repelentes, tóxicas y bactericidas, su efecto puede manifestarse por su presencia en el ambiente o por el uso de sustancias que contienen.

Son importantes por sus compuestos especiales y curativos denominados principios activos como los aceites esenciales, que cumplen un rol ecológico como atrayentes de polinizadores y dispersores de frutos y semillas; forman parte de la defensa química de las plantas, actúan como repelentes de insectos, control biológico de hongos y nematodos; también son importantes en la industria de alimentos (sabores/fragancias), cosmética y de aseo (Ruiz *et al.*, 2015).

Además de los usos farmacológicos que hacen importantes a las plantas medicinales se pueden establecer como barreras vivas para protección de suelos y evitar la erosión, así como para la elaboración de extractos para el biocontrol de insectos y hongos (Chávez-Quiñonez *et al.*, 2019).

Las plantas medicinales más conocidas y utilizadas en la región Soconusco, Chiapas son la ruda (*Ruta graveolens* L.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.), verbena (*Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl) y epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), que se encuentran en los traspatios, jardines, macetas, mercados, entre otros, por tal motivo, el asociarlas con cultivos aseguran ingresos económicos a los productores, además los exudados de las raíces tienen un efecto positivo en las propiedades del suelo (Solaiman & Anawar, 2015).

### **3.2. Ruda (*Ruta graveolens* L.)**

*Ruta graveolens* L., pertenece a la familia Rutaceae incluye más de 160 géneros y 1600 especies del orden de los Sapindales. Es nativa de Europa y distribuida en todo el mundo (Serrano-Gallardo *et al.*, 2013) y han sido clave de la farmacopea europea desde la antigüedad (Asgarpanah y Khoshkam, 2012).

Es una herbácea perenne de 30 a 90 cm de altura, con tallos redondos y follaje verde azulado. Las flores son de color amarillo y se caracteriza por tener fuerte olor penetrante y es usada por sus propiedades medicinales (Grigorjev y Brizuela, 2010; Rojas *et al.*, 2011 como antiséptico, estimulante, emenagogo, antiespasmódico, carminativo, diaforético, hipotensor y sedante (Castro *et al.*, 2011).

#### **3.2.1. Importancia agrícola**

Existen estudios relacionados a la efectividad del extracto de ruda en el control de insectos plagas, fitopatógenos como bacterias y hongos por lo que ha adquirido importancia en la agricultura.

Romero *et al.* (2015) demostraron el efecto de la ruda en el control de mosquita blanca, comparando la eficiencia de seis extractos de diferentes especies medicinales y obteniendo los mayores porcentajes de mortalidad con los extractos de ruda.

Villegas-Mendoza *et al.* (2014) comprobaron la efectividad de los metabolitos de esta planta en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

*R. graveolens* contiene diversos metabolitos secundarios como cumarinas, furanocumarinas y alcaloides con actividad fungicida (Villegas-Mendoza *et al.*, 2014) y cetonas, fenoles y cumarinas para insectos como mosquita blanca (Romero *et al.*, 2015).

Existen registros de inhibición de la velocidad de crecimiento del micelio a partir de extractos y de sus compuestos puros contra hongos filamentosos como *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Phomopsis viticola* y *Trichoderma viridae* (Reyes-Quintanar *et al.*, 2014), este efecto podría presentarse al asociar la ruda con otras

plantas al emitir sus compuestos volátiles sería una forma de disminuir la muerte de plantas provocadas por hongos.

### **3.2.2. Composición química**

En el aceite esencial de la ruda se han encontrado por lo menos 17 compuestos con actividad antimicrobial que evidencia su amplio efecto en bacterias Gram positivas como Gram negativas e incluso algunos hongos, aparentemente, los alcaloides conocidos como rutacridonaepóxido e hidroxirutacridona-hepóxido son las sustancias activas más efectivas para el control bacteriano (Mena-Huertas *et al.*, 2017).

Por su parte, Rojas *et al.* (2011) informan que la composición química del aceite esencial de la ruda contiene en mayor concentración 2-undecanona, 2-nonanona, pregeijereno, en porcentajes más bajos, *cis*-3-hexenol, 2-octanona, 2-nonanol, nonanal, geireno, 2-decanona, acetato de *n*-octilo, 2-undecanol, acetato de nonilo, 2-dodecanona, 2-tridecanona, elemol, pentadecanal, isomaturina.

Compuestos similares encontraron García-Luján *et al.* (2010) en el análisis realizado a extractos vegetales de ruda caracterizados por cromatografía de gases-masas, determinaron: nonanona, 2-undecanona, etil-alfa D-glucopiranosido, ácido pentadecanoico, etil ester, 4-imidazolidinona-5-(2- metilpropil)-3fenil-2-tioxo(S), fitol, ácido hexadecanoico, etil ester, 9-12-15, ácido octadecanoico, metil ester, ketoprofen, 9,12, ácido octadecanoico, metil ester, 5,8,11,14-ácido eicosatetraenoico, metil ester.

### **3.3. Albahaca (*Ocimum basilicum* L.)**

El género *Ocimum* está representado por más de 150 especies y su distribución geográfica es amplia en regiones tropicales y subtropicales. Pertenece a la familia de las Labiadas, es un género que se cultiva en amplias extensiones para su comercialización en diferentes partes del mundo (Sánchez-Govín *et al.*, 2000). Originaria de la India e Irán, fue introducida a Europa durante el siglo XII y ha sido ampliamente utilizada en alimentos, medicina tradicional y en la agricultura, debido a sus compuestos aromáticos y aceites esenciales, que poseen propiedades insecticidas, nematicidas, fungicidas y antimicrobianas (Cardoso-Ugarte y Sosa-

Morales, 2012). Es una especie importante como condimento y sus aceites esenciales emanan un agradable aroma y sabor (Reyes-Pérez *et al.*, 2016).

### **3.3.1. Importancia agrícola**

Se ha comprobado la actividad antibacteriana de la albahaca (Beltrán-Cifuentes *et al.*, 2014). Así mismo, los aceites esenciales extraídos de hojas frescas tienen actividad inhibitoria en *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc., que es el agente causante de la antracnosis en ciertos cultivos (Pérez-Cordero *et al.*, 2018). Los aceites esenciales son efectivos como acaricidas, específicamente contra *Tetranychus urticae* (Yáñez *et al.*, 2014), al disminuir daños causados por arañas en cultivos como papaya, sandía, melón, entre otros. *Ocimum basilicum* se cotiza en el mercado entre 15 y 25 pesos por manojo de aproximadamente 8 ramas de unos 20 a 30 centímetros. También se ha comprobado su efectividad en la disminución del crecimiento de *Escherichia coli* (Calderon-Mestanza y Torres-Armas, 2014).

### **3.3.2. Composición química**

Rivas *et al.* (2015) encontraron los siguientes compuestos en el aceite esencial de albahaca,  $\beta$ -pineno,  $\beta$ -mirceno, eucaliptol, *cis*- $\beta$ -ocimeno,  $\beta$ -linalol, alcanfor, isoestragol, *cis*-citral, formiato de geranilo, elemeno,  $\beta$ -bisaboleno,  $\delta$ -cadineno, humuleno, farnesol.

Por su parte, Reyes-Pérez *et al.* (2016), encontraron que contiene cineol, metilchavicol, linalol, estragol, eugenol y timol.

Ramírez-Montoya *et al.* (2013), citan más compuestos en el aceite esencial como,  $\alpha$ -pineno, sabineno,  $\beta$ -pineno,  $\beta$ -mirceno,  $\alpha$ -felandreno, limoneno, eucaliptol (1,8-cineol), *trans*- $\beta$ -ocimeno,  $\gamma$ -terpineno, *trans*-sabineno hidrato,  $\alpha$ -terpinoleno, linalool, D-alcanfor, borneol, terpinen-4-ol,  $\alpha$ -terpineol, estragol, pentil ciclopropano, chavicol, acetato de bornilo, eugenol a,  $\beta$ -elemeno, metil eugenol,  $\beta$ -cariofileno,  $\alpha$ -bergamoteno,  $\alpha$ -guaiano,  $\alpha$ -cariofileno, biciclo esquifelandreno, germacreno D, biciclogermacreno,  $\delta$ -guaiano,  $\alpha$ -amorfeno, *cis*-calameneno, biciclo [4,4,0]dec-1-eno-2- isopropil-5-metil-9-metileno, metil jasmonato.

### **3.4. Epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.)**

Es una planta herbácea, nativa de América Central que crece hasta 100 cm de altura. Las hojas son ovaladas y dentadas y tiene un fuerte olor no muy agradable y posee tallos ramificados, sus flores nacen en racimos y sus semillas son de color negro. Se cultiva en las casas y está bien adaptada a climas cálido, semicálido, seco y templado. En las regiones tropicales crece asociada a la selva tropical caducifolia, subcaducifolia, perennifolia, subperennifolia, matorral xerófilo, bosques mesófilos de montaña de encino y mixto de pino (Moreno *et al.*, 2013). Villalobos-Delgado *et al.* (2016), aseguran que es una de las plantas con mayor índice de consumo a nivel mundial como condimento y en la medicina tradicional, por su alto contenido de flavonoides, compuestos que presentan actividad antioxidante.

#### **3.4.1. Importancia agrícola**

Igual que *O. basilicum* L., *Ch. ambrosioides* también se ha evaluado con buenos resultados para el control de mosquita blanca en el cultivo de jitomate (Melesio-Enríquez *et al.*, 2018). La actividad insecticida del aceite esencial en *Sitophilus zeamais* Motschulsky ha sido efectiva (Aros *et al.*, 2019), así como su utilización contra hongos del género *Fusarium* (Vásquez-Covarrubias *et al.*, 2013). Además, por ser una planta de bajo costo, resulta atractiva para fomentar un aprovechamiento sustentable aplicado en el control de hongos que ocasionan pérdidas postcosecha en el sector hortofrutícola (Cabrera-Calderón *et al.*, 2016).

#### **3.4.2. Composición química**

El aceite de *Ch. ambrosioides* es un líquido incoloro o amarillento de consistencia no muy viscosa con un sabor amargo y un olor muy fuerte (Zavala *et al.*, 2016). Sus principales compuestos son  $\rho$ -cimeno, trans-ascaridol glicol, isoascaridol (Black-Solis *et al.*, 2017), salicilato de metilo y  $\alpha$ -copaeno (Espinoza-Roblero *et al.*, 2014).

### **3.5. Verbena (*Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl)**

La familia Verbenaceae está constituida por unos 35 géneros y poco más de 1,000 especies, distribuidas en regiones templadas y cálidas de ambos hemisferios mayormente en América.

En México se reconocen 26 géneros y alrededor de 286 especies (López-Villafranco *et al.*, 2017). Es un arbusto que puede tener una altura entre 1-3 m, con flores en grupos de 3 y 12 en forma de trompeta (Villalobos-Osorio *et al.*, 2014).

Sivaranjani *et al.* (2014) la describen como una planta semileñosa erecta y ramificada de 1 a 1.5 metros de altura, las hojas son elípticas a oblongas-ovadas de 2.5 a 10 cm de largo con puntas puntiagudas y márgenes dentados en la base, los picos son terminales, el cáliz es pequeño oblicuo y de cuatro dientes, la corola de azul profundo de 1 cm de largo y su fruta se encierra en el cáliz adpreso y hundido en el raquis, liso, oblongo y de unos 4 mm de largo.

#### **3.5.1. Importancia agrícola**

Uno de los usos agrícolas recientemente reportado es el efecto de *S. jamaicensis* en el crecimiento *in vitro* del hongo *Sclerotium rolfsii* Sac., donde Puente (2005) demostró el poder inhibidor. A pesar de que esta especie ha sido poco estudiada los compuestos químicos que la caracterizan la hacen ser de las más usadas de forma tradicional para el tratamiento de enfermedades en la región del Soconusco, Chiapas.

#### **3.5.2. Composición química**

Los metabolitos secundarios de *S. jamaicensis* son sesquiterpenos, monoterpenos, aldehídos, alcoholes, cetonas y alcanos, donde los compuestos mayoritarios son 1-octen-3-ol (24,7 %), (Z)-3-hexen-1-ol (22,5 %), (Z)-4-hexen-1-ol (11,4 %), ácido linolénico (6 %), ácido palmítico (4 %), octan-3-ol (3,8 %) y rosifoliol (3,8 %) (Villalobos-Osorio, 2014).

Autores como Rodríguez-Morcelle *et al.* (2015) y Mercado-Mercado *et al.* (2013) detectaron compuestos como nonano, oct-1-en-3-ol, nonanal, salicilato de metilo, terpineol, p-menta-1(7), 8 (10)-dien-9-ol, eneicosano, fitol, tricosano, 4, 8, 12,16-

tetrametilheptadecan-4-ólido, pentacosano, hexadecano, siendo su principal componente la quercetina.

### **3.6. *Nephellium lappaceum* L.**

Su nombre común es rambután, proviene del vocablo malayo “rambut” que significa “pelo” debido a sus frutos caracterizados por poseer espinas largas y suaves que cubren el fruto. Se conoce también como licha, litchi peludo o mamón chino, pertenece a la familia Sapindaceae, nativo de Malasia e Indonesia (Arias-Cruz *et al.*, 2016; Macías-Torres, 2019).

El árbol es perennifolio de tamaño medio (15 a 25 metros de altura) con tallo de 50 o 60 cm de diámetro y su corteza de color gris o café oscuro, con follaje denso y la copa un tanto abierta muy tupido, hojas pinnadas compuestas, que pueden llegar a medir de 7 a 30 centímetros de longitud y el fruto es de forma globosa u ovoide con el pericarpio cubierto y espinas blandas de apariencia pilosa de color amarillo, anaranjado o rojo. Se consume como fruta fresca, tiene un período de vida de anaquel corto que provoca el secado rápido de las espinas de 10 a 14 días y los frutos van perdiendo en color y se tornan de cafés a negras (Arias-Cruz *et al.*, 2016; Castillo-Vera *et al.*, 2017).

Se introdujo a Chiapas en los años 60's (Castillo-Vera *et al.*, 2011) como alternativa a los cultivos tradicionales de café (*Coffea arabica* L.), cacao (*Theobroma cacao* L.), plátano (*Musa paradisiaca* L.) y mango (*Mangifera indica* L.), situándose como un cultivo de importancia económica para la región Soconusco (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2011; Flores-Trejo *et al.*, 2016).

#### **3.6.1. Problemática de *Nephellium lappaceum* L., en Chiapas**

La superficie actual supera las 2500 hectáreas en producción (Osorio-Espinoza *et al.*, 2019), misma que ha disminuido su productividad.

En el 2020 se reportó un descenso del 60 %, según Salazar (2020), y la pérdida se atribuyó a diversos factores ambientales y de manejo, dentro de los cuales se mencionan cambios en el patrón de distribución y alteración de lluvias, aunado a la presencia de plagas y enfermedades que causan deterioro de la calidad en la etapa

de crecimiento del fruto como sucede por *Planococcus* spp., *Pulvinaria* sp. y *Ferrisia virgata*, así como la deformación de la corteza o cáncer del tallo causada por *Dolabra nepheliae* (Arias-Cruz *et al.*, 2016), sin embargo, otro factor es la falta de conservación de suelos.

### **3.7. Problemática de los suelos agrícolas**

La vida en la tierra depende de las funciones del suelo en la producción de alimentos y en los diferentes ciclos biológicos, durante muchos años ha sido un biotopo ignorado donde se realizan prácticas agrícolas incorrectas como la aplicación indiscriminada de agroquímicos (Espinosa-Ramírez *et al.*, 2011), estrechamente relacionadas al cambio climático, pérdida de la biodiversidad y la degradación acelerada, procesos que ocasionan degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Orozco-Corral *et al.*, 2016).

La relación causa efecto entre la agricultura convencional y la erosión del suelo es directa. La labranza intensiva en los sistemas de monocultivos hace que el suelo este expuesto al efecto erosivo del viento y el agua, de tal manera que lo primero que se pierde es la materia orgánica (Gliessman, 2002).

A nivel mundial se estima que el 40% de los suelos agrícolas presentan impactos negativos en la productividad debido a procesos de degradación de suelos, cantidad que puede elevarse a 75% en algunas regiones (Cotler *et al.*, 2020). El 24% de los suelos degradados en México se debe principalmente a la deforestación y al cambio de uso (Yáñez-Díaz *et al.*, 2018). En ese sentido, la productividad del suelo depende tanto de factores bióticos y abióticos, influenciados por las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo y del manejo (Arias-Jiménez, 2012).

### **3.8. Utilización de plantas aromáticas en la agricultura: Antecedentes en el Soconusco**

Marroquín-Agreda *et al.* (2019) evaluaron el potencial de las plantas aromáticas en la entomofauna y la calidad del rambután y encontraron aceleración de los días a floración, mayor abundancia de insectos y más días en anaquel, menor ataque de piojo harinoso y mejor características comerciales del fruto.

Rodríguez-González *et al.* (2008), en su estudio comparativo entre el monocultivo de *Aloe vera* y la asociación de varias plantas medicinales, demostraron que el efecto de la asociación de *Ocimum gratissimum* L. (albahaca de clavo), *Ocimum tenuiflorum* L. (albahaca morada), *Ocimum basilicum* L. (albahaca blanca), *Plecthranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. (orégano francés) favorecieron el incremento de los rendimientos y en las áreas de cultivo intercalado aumentó el contenido de nutrientes en el suelo.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó del 25 de junio del 2021 al 25 de junio del 2022, en una parcela de rambután (*Nephellium lappaceum* L.) con árboles de cinco años de edad, en el municipio de Metapa de Domínguez, Chiapas (Figura 1), situado en los paralelos 14°50' LN y 92°11' LO, con clima cálido húmedo, temperatura media anual de 27 °C, a 100 metros de altitud y 2,165 mm/año de precipitación (García, 1973).



Figura 1. Localización del área de estudio

### 4.2. Propagación de los esquejes

Se colectaron veinticuatro esquejes de diez centímetros de longitud, de las especies *Ruta graveolens* L., *Ocimum basilicum* L., *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl y *Chenopodium ambrosioides* L., que se propagaron en bolsas de polietileno color negro de 10 X 10 cm en un suelo acrisol obtenido de un rancho diversificado con rambután, guanábana, plátano y medicinales, ubicado en el ejido Segunda Sección

del Monte, Tuxtla Chico, Chiapas, en el mes de mayo del 2021. Se aplicó riego periódicamente y se dejaron enraizar por un mes.

### 4.3. Tratamientos y diseño experimental

Se establecieron cinco tratamientos con seis repeticiones, en un diseño de bloques completos al azar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos establecidos con la asociación de plantas medicinales y *N. lappaceum* L. en Metapa de Domínguez, Chiapas.

Tratamientos
<i>Ruta graveolens</i> + <i>Nephelium lappaceum</i>
<i>Ocimum basilicum</i> + <i>Nephelium lappaceum</i>
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> + <i>Nephelium lappaceum</i>
<i>Chenopodium ambrosioides</i> + <i>Nephelium lappaceum</i>
<i>Nephelium lappaceum</i> sin plantas medicinales (Testigo)

Cada bloque representó una repetición y fue integrado por cinco árboles de rambután y cada árbol fue una unidad experimental. Se asociaron cuatro plantas medicinales (réplicas) de una sola especie según el tratamiento asignado, plantados en forma de cruz en la media zona de goteo. La Figura 2 ilustra la distribución de los bloques.

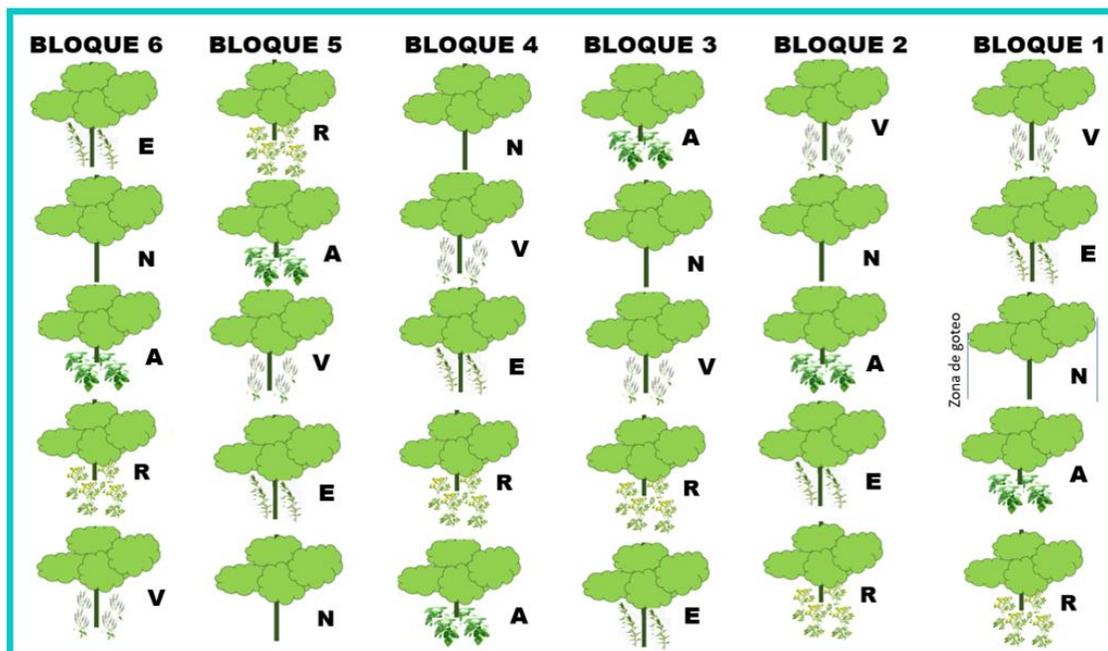


Figura 2. Distribución de los bloques establecidos de *N. lappaceum* L. con las plantas medicinales asociadas. R= ruda, E= epazote, A= albahaca, V = verbena, N= rambután.

#### **4.4. Condiciones de la plantación**

El trabajo de investigación se realizó en una plantación de rambután de cinco años, con tipo de siembra marco real con densidad de 4 x 4 metros, con un sistema de producción agroecológica, no se aplican agroquímicos y se abona una vez al año con lombricomposta en la media zona de goteo de los árboles, junto con la aplicación de sustancias húmicas que se realiza vía foliar, produce entre 50 y 60 kilos de rambután por árbol, cuenta con riego por microaspersión para la época de estiaje.

#### **4.5. Trasplante en campo**

Las plantas medicinales por especie se trasplantaron a cuatro cepas de 30 x 30 cm, el día 25 de junio del 2021, en la media zona de goteo de cada unidad experimental.

#### **4.6. Labores culturales durante el periodo de evaluación**

El cajeteo de los árboles (abajo de la copa de los árboles a ras de suelo) se mantuvo libre de arvenses mediante la eliminación manual y con machetes. No se aplicaron abonos orgánicos durante el período de evaluación. Se aplicó riego por microaspersión de una a dos horas por día en temporada de estiaje durante los meses de diciembre 2021 a abril 2022.

#### **4.7. Toma de muestras de suelo para los análisis físicos, químicos y microbiológicos**

Cuando se abrieron las cepas para la siembra de las plantas medicinales se tomó una muestra de suelo a una profundidad de 30 cm, de acuerdo a la metodología establecida en el manual de prácticas de campo y laboratorio de edafología (Cuevas *et al.*, 2017). El suelo se depositó en bolsas de plástico transparente con capacidad de dos kilos debidamente etiquetadas.

De la muestra obtenida en campo se separó una submuestra para los análisis microbiológicos. En cada toma de muestra se esterilizó la espátula por flameo con alcohol etílico al 96 % y se depositó en bolsas de plástico transparentes y etiquetadas depositadas sobre hielos en un contenedor de plástico.

Las muestras anteriores se obtuvieron al inicio y final del experimento, las últimas muestras se tomaron de las plantas que se utilizaron para las variables destructivas, las cuales fueron extraídas con palas cuidando de no cortar las raíces y de la rizósfera se tomaron las submuestras repitiendo los procesos anteriores.

#### **4.8. Análisis físicos del suelo**

Fueron determinados por la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), las siguientes propiedades físicas: color del suelo, textura, porcentaje de porosidad, densidad aparente y densidad real, definidas por Arias-Jiménez (2012) de la siguiente manera y obtenidas de acuerdo con el manual de prácticas de campo y laboratorio de edafología (Cuevas *et al.*, 2017), basados en la NOM-021-RENACT-2000.

Color del suelo: es un indicador importante que influye y se relaciona con otras características del suelo. Obtenido mediante la carta de Munsell de Color de Suelo, edición 2000.

Textura: es el porcentaje de arena, limo y arcilla que tiene un suelo determinado; obtenida por el método de hidrómetro de Bouyoucos basada en la ley de Stokes. Los grupos texturales se determinaron con uso del triángulo de texturas (Gee y Bauder, 1986).

Porcentaje de porosidad (p %): es la relación entre el volumen de poros de cualquier tamaño y el volumen total de suelo. Obtenida mediante la fórmula:

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{D_r - D_a}{D_a} \times 100$$

Donde:

$D_r$ = densidad real

$D_a$ = densidad aparente

Densidad aparente (Da): expresa el contenido de sólidos por unidad de volumen ( $\text{g/cm}^3$ ), es decir, es la masa del material sólido (partículas) incluyendo el espacio poroso dentro de un volumen definido. Obtenida con una balanza analítica marca OHAUS (modelo Adventure Pro AV4101, China) por el método de la probeta.

Densidad real (Dr): es la densidad de las partículas sólidas del suelo. Se obtuvo dividiendo el peso total del suelo secado a estufa por el volumen que ocupan los sólidos, utilizando una balanza analítica (OHAUS, Adventure Pro AV4101, China).

#### **4.9. Análisis químicos del suelo**

Se analizaron: reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (C. E.) dS/m, porcentaje de materia orgánica (M.O.), porcentaje de carbono orgánico (C.O.), porcentaje de nitrógeno total (Nt), nitrógeno asimilable (NA) fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B) y sodio (Na) en mg/kg de suelo respectivamente, capacidad de intercambio catiónico (CIC) en meq/100 g de suelo (NOM-021-RENACT-2000), con tres repeticiones.

Reacción del suelo (pH): indica la acidez o alcalinidad de un suelo determinado, su importancia es que dependiendo el potencial de hidrógeno se encuentran disponibles los nutrientes en el suelo. Se determinó mediante un potenciómetro Thermo Orion modelo 230A+ (USA) a una relación de 1:2 (suelo: agua desionizada).

Conductividad eléctrica (C.E.): indica el contenido de sales de un suelo, es importante porque dependiendo de la cantidad de sales se restringe la siembra de cultivos. Se obtuvo con un conductímetro Thermo Orion (145A+, USA) con relación de 1:5 (suelo: agua desionizada).

Porcentaje de materia orgánica (M. O.): son los restos de plantas y animales transformados y humificados que se encuentran en el suelo, tiene influencia directa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. Mediante la metodología de Walkley y Black usando la balanza analítica OHAUS (Adventure, China) y agitador magnético con lámpara (THERMOLYNE, modelo STIR LIGHT, USA).

Porcentaje de carbono orgánico (C): es parte de los compuestos de los residuos orgánicos e importante porque el 58 % de la materia orgánica es carbono orgánico.

Para ello, se usó la balanza analítica OHAUS (Adventure, China) y agitador magnético con lámpara (THERMOLYNE, STIR LIGHT, USA).

Porcentaje de nitrógeno (N): es un nutriente que integra varios compuestos esenciales de las plantas, es bastante móvil y circula entre la atmósfera, el suelo y los organismos vivos por lo que es limitado en casi todos los suelos y suministrados de diferentes formas. Se determinó por el método micro Kjeldhal con un espectrofotómetro marca METACH (modelo UV-6000 UV/VIS SPECTROPHOTOMETER, China).

Fósforo (P): es el segundo nutrimento importante para las plantas, forma parte de un gran número de compuestos orgánicos esenciales, aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila. Por el método Olsen con una balanza OHAUS (Adventure, China) y un agitador mecánico eléctrico de reacción recíproca EBERBACH, modelo 6000 (USA) y espectrofotómetro METACH.

Potasio (K): el último de los macroelementos primarios, es el catión más importante absorbido en grandes cantidades, las raíces de las plantas lo toman de la solución del suelo, es bastante móvil dentro de ellas y pasa de los organismos viejos a los jóvenes.

Calcio (Ca): proviene de minerales procedentes de material parental, forma parte de los macronutrientes secundarios, las plantas lo absorben como  $\text{Ca}^{++}$ , es esencial en la formación de compuestos que forman parte de la estructura de la pared celular como pectato de calcio.

Magnesio (Mg): forma parte esencial de la molécula de clorofila y es necesario para la actividad de muchas enzimas incluyendo aquellas que participan en la formación del Adenosín Trifosfato (ATP).

Sodio (Na): Se encuentra en el suelo en forma de sales, se ha reportado como un elemento que no cumple funciones importantes pero que es indispensable para el desarrollo y crecimiento de las plantas, participa en la síntesis de clorofila, y en la apertura y cierre de estomas.

Estos cuatro elementos se determinaron con la metodología de extracción con  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N pH 7, cuantificados por adsorción atómica con una balanza analítica OHAUS (Adventure, China), agitador mecánico eléctrico de reacción

recíproca EBERBACH y un equipo de adsorción atómica GBC Scientific Equipment (SensAA, Australia).

Azufre (S): las enzimas y las proteínas son el principal portador de azufre a la materia orgánica, este elemento estimula la formación de nódulos de *Rizhobium*.

Boro (B): este micro nutriente participa en la transportación de azúcares hacia el fruto y en el metabolismo de los carbohidratos.

El S y B se obtuvieron con una balanza OHAUS (Adventure, China), agitador EBERBACH y espectrofotómetro METACH, mediante el método de Turbidimetría y Azomethine H colorimétrico, respectivamente.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): es la capacidad que tiene el suelo de retener cationes y luego liberarlos conforme las plantas lo requieren, se obtuvo con el método de la suma de cationes intercambiables.

#### **4.10. Análisis microbiológicos del suelo**

Se determinaron microorganismos benéficos en Unidades Formadoras de Colonias (UFC): bacterias, hongos y actinomicetos; microorganismos patógenos: nematodos, hongos, Oomycetos y bacterias (UFC), analizados por MASTERLAB S. A. de C. V. laboratorio agrícola, en Culiacán, Sinaloa, México; a través de los siguientes métodos y procedimientos:

Dilución y conteo en caja de Petri, aislamiento durante 144 horas e identificación de microorganismos benéficos en medios semi específicos.

Detección de hongos: medio utilizado PDA-AL, identificación macroscópica (morfología colonial) y microscópica.

Detección de bacterias: medio utilizado PDA, B de King y ELMAR, identificación por observación macroscópica y microscópica de morfología, así como tinción y exposición a luz UV.

Detección de actinomicetos: medio utilizado ELMAR, identificación por observación macroscópica y microscópica de morfología.

Para la detección de nematodos se aplicó la técnica de tamiz-embudo de Baerman. Las bacterias patógenas (*Clavibacter* sp., *Ralstonia* sp., *Pseudomonas* sp., y

*Erwinia* sp) se determinaron por dilución y conteo en caja Petri en medios de cultivo PDA, B de King y CTT con una incubación a 28 °C.

Conteo de excretas de lombrices: se contabilizaron durante los periodos lluviosos, cada 15 días en todos los tratamientos.

#### **4.11. Temperatura y humedad relativa**

Ambas variables se tomaron con un higrotermómetro (Clock/humidity® modelo HTC-1, Colombia) debajo y fuera de la copa del rambután.

#### **4.12. Altura de las plantas**

Se determinó con un flexómetro marca Truper® a partir de la base del tallo hasta la máxima altura de las plantas medicinales.

#### **4.13. Diámetro del tallo**

Se midió desde la base del tallo con un vernier digital (Auto tech®, China).

Estas variables se tomaron cada 15 días.

#### **4.14. Longitud de raíz**

Se tomó con una regla graduada en centímetros.

#### **4.15. Área foliar**

Se tomó con un medidor portátil marca LI-COR (LI-3000A. USA).

#### **4.16. Relación biomasa seca área/ biomasa seca raíz (R BSA/BSR)**

Se pesaron las partes de las plantas en una balanza digital beurer® (modelo KS36, Alemania), después de haber secado ambas partes en un secador con focos y se obtuvo la relación de ambas partes mediante la fórmula R BSA/BSR.

#### **4.17. Análisis estadístico**

Los datos se capturaron en una hoja de cálculo electrónica de Microsoft Excel®, posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el programa R® y a

las diferencias significativas se les realizó una prueba de medias por Tukey al  $P \leq 0.05 \%$ .

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Análisis del suelo

Al final del experimento no se presentan cambios en la textura del suelo. En general, entre los tratamientos se presentan pocas variaciones físicas en las variables debido a la uniformidad del terreno (Cuadro 2).

Cuadro 2. Propiedades físicas del suelo establecido con *N. lappaceum* L. y asociado a diferentes plantas medicinales en el Soconusco, Chiapas.

Componente	<i>R. graveolens</i>	<i>O. basilicum</i>	<i>S. jamaicensis</i>	<i>Ch. ambrosioides</i>	<i>N. lappaceum</i> (Testigo)	CV (%)
% Arena(2021)*	43.2 ± 3.0	38.2 ± 0.8	38.7 ± 0.5	37.8 ± 0.0	36.5 ± 1.8	7.4 (NS)
(2022)**	40.8±0.6 ab	36.8±0.6 c	41.2±1.0 a	38.2±0.0 bc	30.2±0.0 d	2.8
% limo (2021)	24.6 ± 4.9	29.2 ± 1.2	24.8 ± 0.9	28.3 ± 0.0	26.0 ± 2.9	17.4 (NS)
(2022)	29.0 ± 0.6	30.6 ± 0.8	28.6 ± 0.8	31.6 ± 0.6	30.0 ± 1.4	5.8 (NS)
%Arcilla (2021)	34.7 ± 0.3	33.1 ± 1.6	36.4 ± 1.5	33.7 ± 0.3	37.4 ± 2.0	6.8 (NS)
(2022)	29.4 ± 1.1	32.4 ± 0.5	32.1 ± 0.6	30.1 ± 0.6	31.7 ± 1.4	5.6 (NS)
Da. g/ml (2021)	1.2±0.03	1.2±0.03	1.3±0.01	1.2±0.01	1.2±0.03	3.7 (NS)
(2022)	1.2±0.01 ab	1.2±0.01 b	1.3±0.02 a	1.2±0.01 ab	1.2±0.006 b	2.0
Dr g/ml (2021)	1.8±0.03	1.8±0.02	1.9±0.01	1.8±0.02	1.9±0.05	3.1 (NS)
(2022)	1.9 ±0.03a	1.7±0.02b	1.8 ±0.04 ab	1.8±0.06ab	1.8±0.02ab	3.8
% Poros (2021)	31.1 ± .3.0	31.6 ± 2.4	31.5 ± 0.2	31.9 ± 4.0	33.2 ± 0.4	13.7 (NS)
(2022)	35.1±2.0	30.5±0.7	28.4±1.9	30.9±2.6	33.2±0.4	9.6
Color (2021)	7.5YR4/4 marrón	7.5YR4/4 marrón	7.5YR3/4 marrón	7.5YR3/4 marrón	7.5YR4/4 marrón	
(2022)	7.5YR4/2 marrón	7.5YR4/3 marrón	7.5YR4/3 marrón	7.5YR4/2 marrón	7.5YR4/4 marrón	

Textura Franco-arcillosa

Los valores son promedios de tres repeticiones  $\pm$  el error estándar. Las letras diferentes entre las líneas indican diferencia estadística significativa Tukey ( $p < 0.05$ ). CV = Coeficiente de variación  
\* Inicio de la investigación \*\* Final de la investigación

Las diferencias significativas en el porcentaje de arena indican que *Stachytarpheta jamaicensis* presentó el mayor porcentaje de este componente y tuvo similitud en el contenido de arena del suelo donde se asoció *Ruta graveolens* seguido de *Chenopodium ambrosioides* y *Ocimum basilicum*, el porcentaje más bajo en arena fue del tratamiento testigo (*Nephelepis lappaceum*) en el año 2022, en el anterior no hubo diferencias entre los tratamientos. El contenido de limo y arcilla no presentaron diferencias significativas durante los dos años. En el sitio experimental predomina el suelo color marrón de textura franco arcillosa con densidad aparente (Da) de 1.2 a 1.3 g/mL.

La Da en el 2021 fue similar entre los tratamientos y diferente en el 2022, el suelo donde se estableció *S. jamaicensis* (a) fue el más alto. Los valores similares se encontraron en el suelo asociado con *R. graveolens* y *Ch. ambrosioides* (ab) y las densidades más bajas fueron donde se estableció *O. basilicum* y *N. lappaceum* (b).

En la Densidad real, también existen diferencias significativas y el valor más alto se presenta en el suelo donde se estableció *R. graveolens* y *O. basilicum* (Cuadro 2). Las densidades obtenidas pertenecen a suelos francos, es decir, la compactación es baja y el suelo puede retener humedad y favorecer el buen desarrollo de las raíces de las plantas. A mayores valores de densidad aparente, es menor la porosidad del suelo (Arias, 2012).

El porcentaje de porosidad del suelo en los diferentes tratamientos no expresó diferencias significativas durante el periodo de evaluación. En el 2021 hubo poca variación en los tratamientos, pero en el 2022 fue más contrastante y aumentó en *Ruta graveolens*, y disminuyó en *O. basilicum* y *S. jamaicensis*, el mismo porcentaje de porosidad mantuvo *N. lappaceum* en los dos años.

*N. lappaceum* prefiere suelos de textura media, buen drenaje, de 50 a 60% de porosidad para una buena circulación de agua y aire, puede adaptarse a suelos con

poco drenaje, pero no es conveniente establecerlos en suelos saturados (Osorio-Espinoza *et al.*, 2017; Bautista-Santiago y Moran-Castañón, 2019).

De los requerimientos edafológicos de las plantas medicinales existe poca información, algunas como *O. basilicum* prefieren suelos francos, permeables y fértiles (Díaz, 2018). En el caso de *S. jamaicensis* y *Chenopodium ambrosioides* se adaptan y crecen sin problemas en los suelos francos arcillosos, pero *Ruta graveolens* prefiere suelos secos bien drenados, gravosos o pedregosos (Nevada-González, 2010).

En relación con el análisis nutrimental, existen diferencias significativas entre los tratamientos en algunas variables (Figura 3), el nitrógeno total y el asimilable presentaron tendencia similar en 2021 y 2022 sin diferencias significativas entre tratamientos.

De acuerdo a los resultados, el valor más alto se encontró en el suelo donde se estableció *R. graveolens* y *S. jamaicensis* en 2021, pero, en 2022, *R. graveolens* y *O. basilicum* disminuyeron el contenido de nitrógeno total y se incrementó en el suelo donde se estableció *S. jamaicensis*, *Ch. ambrosioides* y *N. lappaceum*. Esta misma tendencia se presentó en el contenido de nitrógeno asimilable.

En el contenido de materia orgánica durante los dos años de estudio no presentó diferencias significativas entre los tratamientos establecidos. En general se presentó mayor incremento donde se estableció *O. basilicum* y *S. jamaicensis*, y los valores más bajos se encontraron con *R. graveolens* y el testigo, solo *N. lappaceum*. En el caso de la ruda, su morfología ancha de la hoja y su persistencia en la planta, disminuye la oportunidad de incorporar materia orgánica al suelo. Es probable que, al deshidratarse, al ser pequeña y delegada, puede ser arrastrada por el viento y el segundo porque no tuvo asociación con plantas medicinales.

En el carbono orgánico tampoco se presentaron diferencias significativas en el 2021, pero en el 2022 estadísticamente, *S. jamaicensis* (a) presentó el valor más alto y similar a este es *O. basilicum* (ab) y *C. ambrosioides* (ab), diferentes de *N. lappaceum* (c) y *R. graveolens* (d).

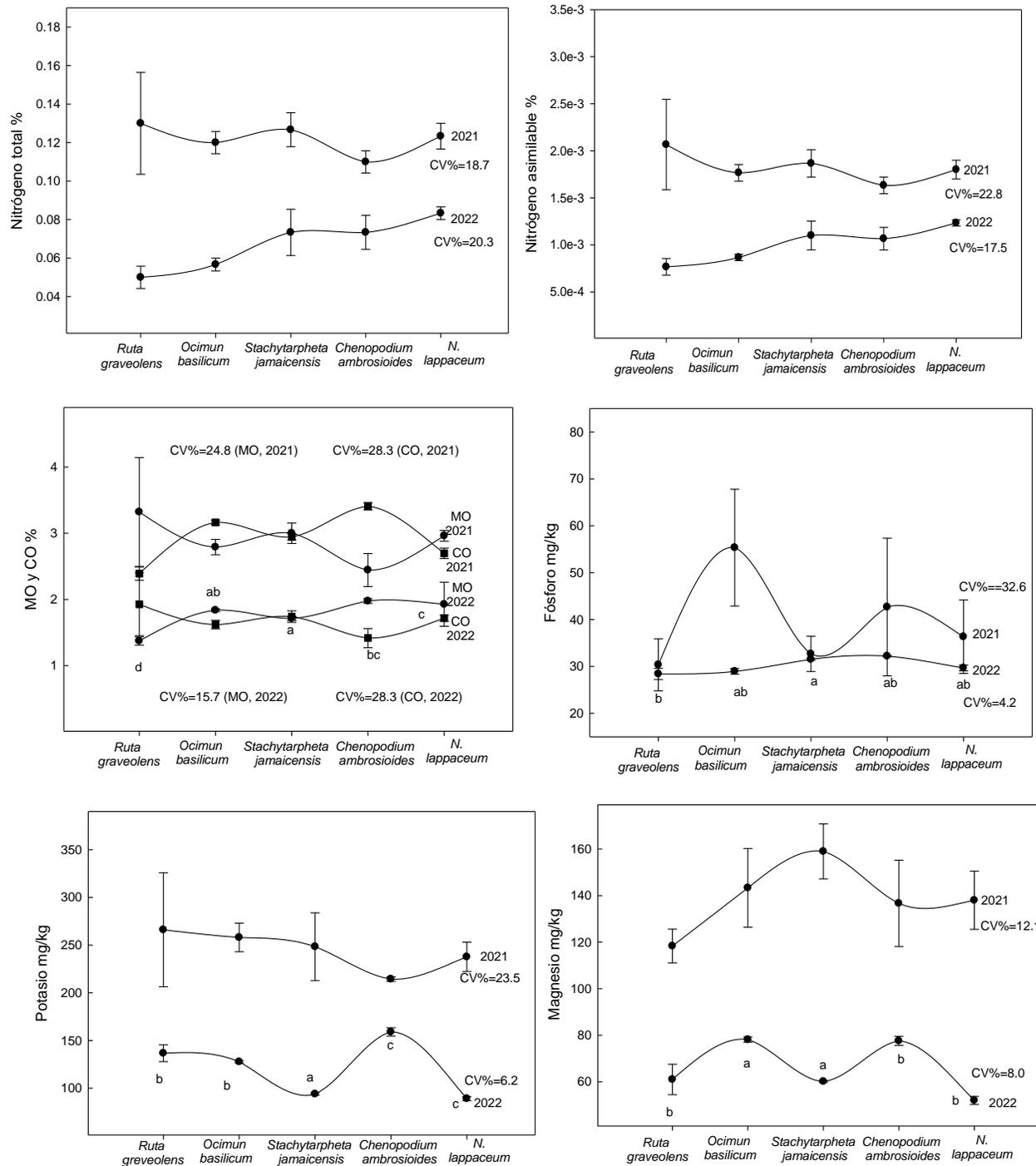


Figura 3. Contenido de nutrientes al inicio y al final del período de investigación en el suelo influenciado por las diversas plantas medicinales asociadas a *N. lappaceum* L. en el Soconusco, Chiapas. Las letras iguales indican igualdad entre tratamientos. CV%= porcentaje del coeficiente de variación.

El contenido de fósforo en el suelo durante el 2021 presentó variaciones contrastantes entre los tratamientos y sin diferencias significativas, durante el 2022 se presentaron diferencias significativas, el mejor tratamiento fue *Stachytarpheta jamaicensis* (a) seguido de *Ruta graveolens* (b), los otros tratamientos fueron similares a estos (ab). El contenido de potasio fue similar en todos los tratamientos durante el 2021, con diferencias en el 2022 siendo el mejor *S. jamaicensis* (a), *R. graveolens* y *O. basilicum* tuvieron un incremento igual (b), *Ch. ambrosioides* (c) y *N. lappaceum* (c) también fueron iguales en incrementos.

El contenido de magnesio en el suelo no presentó diferencias entre los tratamientos en el 2021 aunque la tendencia indica que *S. jamaicensis* tuvo más incremento que los otros tratamientos, las diferencias significativas en el 2022 demuestran que los mejores tratamientos en contenido de magnesio fueron *O. basilicum* y *S. jamaicensis* (a), este elemento se presentó igual en el suelo donde creció *R. graveolens* (b), *Ch. ambrosioides* (b) y *N. lappaceum* (b).

El contenido de calcio, boro, azufre, CIC y pH del suelo donde se asociaron diferentes plantas medicinales fueron muy variables entre tratamientos. En 2021, las diferencias en el contenido de calcio indican que los mayores incrementos se encontraron en suelos donde se asociaron *O. basilicum*, *S. jamaicensis* y *Ch. ambrosioides* (a), contenido similar en calcio presentó el tratamiento testigo (ab) y a este *R. graveolens* (b), incremento similar se obtuvo en 2022 con la única diferencia que *R. graveolens* (b) fue igual a *N. lappaceum* (b). No hay diferencias en el contenido de boro en el suelo donde crecieron las diferentes plantas medicinales en los periodos evaluados (Figura 4), de acuerdo a las tendencias, el mayor incremento se presenta en *S. jamaicensis* y el menor en *R. graveolens* durante el 2021, sin embargo, en el 2022 el mayor decremento fue en *S. jamaicensis* e incremento en *O. basilicum* y el tratamiento testigo.

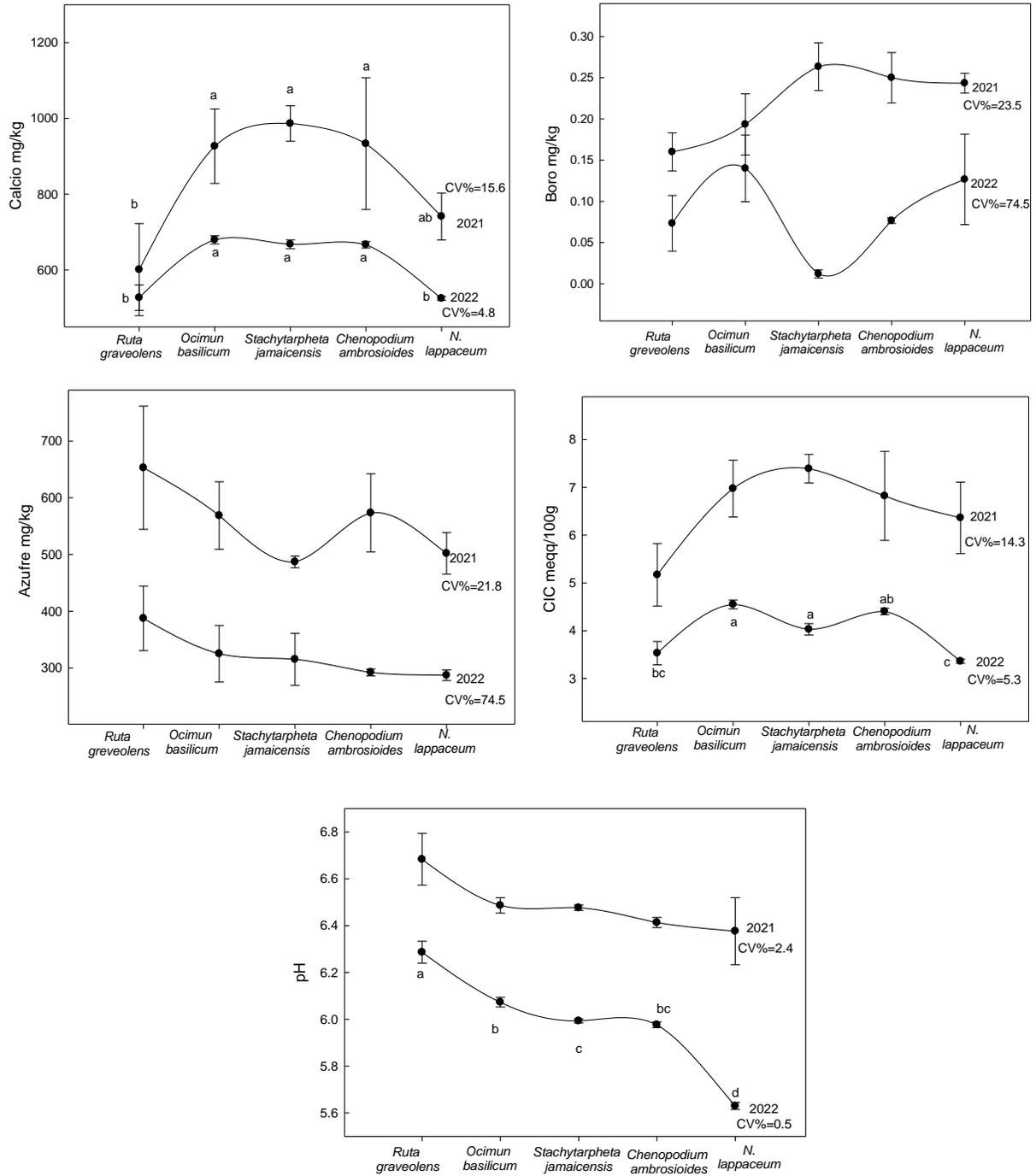


Figura 4. Contenido de nutrientes en dos muestreos del suelo influenciado por las diversas plantas medicinales asociadas a *N. lappaceum* L. en el Soconusco, Chiapas. Las letras iguales indican igualdad entre tratamientos. CV%= porcentaje del coeficiente de variación.

El pH del suelo en el 2021 se encontró en rangos de ligeramente ácidos a neutros, el más neutro fue el suelo de *R. graveolens* y el testigo el más ácido. En el 2022 el pH bajo en los tratamientos y aunque no existe diferencias significativas se situó en rangos de moderado a ligeramente ácidos, *N. lappaceum* fue moderadamente ácido. No existe información del pH de los suelos donde se cultivan las plantas medicinales utilizadas, sin embargo, el rambután requiere pH de 5 a 6.5 (Bautista-Santiago y Moran-Castañón, 2019).

El suelo donde se asoció *N. lappaceum* presentó el contenido más bajo de nutrientes, disminución que atribuye a las fuertes lluvias (Figura 5) que se presentaron durante los meses de abril-mayo llegando a presentarse lluvias entre los 300 y 450 mm durante los meses de mayo y junio del 2022, es decir, los nutrientes pudieron perderse por efecto de lixiviación en este tratamiento sin asociación de plantas medicinales.

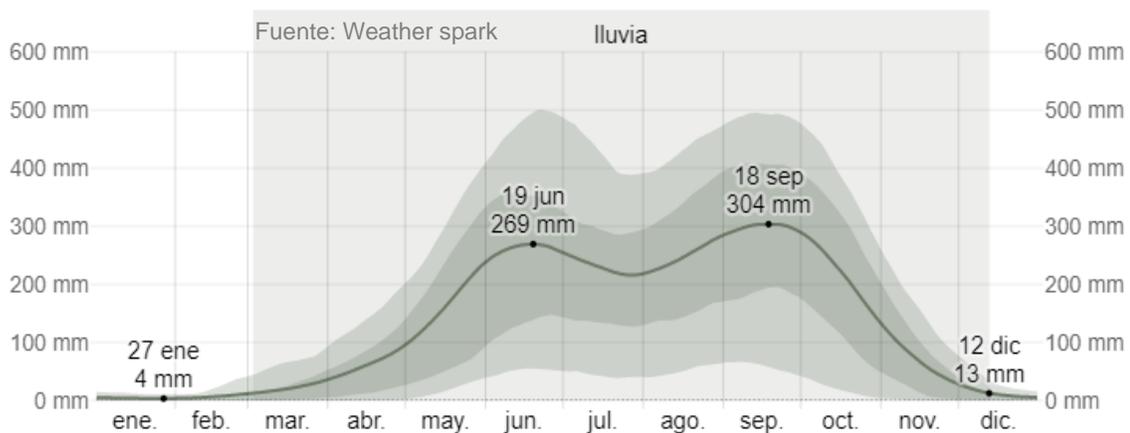


Figura 5. Registros de la cantidad de lluvia durante el 2022 en el municipio de Metapa de Domínguez, Chiapas.

Es importante mencionar que cuando se tomaron las muestras de suelo en el 2021 los árboles estaban en periodo de descanso (sin flores y sin frutos), sin embargo, durante el 2022, se observa disminución en el contenido nutrimental en el suelo donde se asociaron las diferentes plantas medicinales, probablemente debido a que, en el momento de obtención de las muestras de suelo, los árboles de *N. lappaceum* se encontraban en periodo de fructificación. En este período el árbol absorbe nutrientes en mayor cantidad de N (41%), Ca (20%), Ma (5%) y S (4%)

para la formación de hojas y ramas, P (6%) en la formación de semillas y el K (24%) se encuentra en mayor concentración en la cascara del rambután, es importante mencionar que el contenido de nutrientes en las diferentes estructuras del árbol puede variar dependiendo las condiciones agroclimáticas y la edad de los mismos (Sosa-Rodríguez y García-Vivas, 2020).

Los resultados de los análisis químicos son superiores a los citados por Vargas (2003) en suelos del distrito de la Rita, cantón de Pococí, provincia de Limón en Costa Rica, cultivado con rambután convencional, sin reporte del tipo y clase textural del mismo con 7.5 % de materia orgánica.

Por las grandes cantidades de carbohidratos que el árbol utiliza para la formación de flores y frutos, después de la producción puede presentarse un déficit nutrimental en el suelo (Reyes, 2018). La pulpa del rambután contiene ácido cítrico en función del ácido málico que representa el 80 % de los ácidos del rambután y el contenido de ácidos succínico, levulínico, glutárico, malónico y láctico, dependen de la disponibilidad de nutrientes influenciados por la absorción de N es sus formas asimilables y el  $\text{NO}_3^-$  es determinante en el intercambio activo de la raíz y el funcionamiento de nitrato y nitrito reductasa para la reducción de  $\text{NH}_4^+$ . El nitrógeno pertenece al grupo de los macronutrientes y es indispensable para las funciones metabólicas y estructural, forma proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, esenciales en procesos fisiológicos de la absorción iónica, fotosíntesis, respiración y síntesis celular (Combatt-Caballero *et al.*, 2020). Solaiman & Anawar, (2015) aseguran que aumenta la absorción de algunos elementos como al Ca, K, Fe, Cu, Mn y Zn mediante el ATPasa.

Bautista-Santiago y Moran-Castañón (2019) citan que los frutos del rambután contienen principalmente grasas, proteínas, magnesio, ácido cítrico, tiamina, vitamina C, nitrógeno, calcio, manganeso, zinc, vitamina A, sucrosa, potasio, ácido ascórbico, riboflavina, fructosa, maltosa y azufre, entre otros compuestos, por lo tanto, los nutrientes disminuyen en período de fructificación por la absorción.

Por otro lado, existe poca información de los requerimientos nutricionales de las plantas medicinales en relación al crecimiento de las mismas. En el caso de *Ocimum*

*basilicum* se ha indicado que requiere mayor cantidad de N y K con valores de 100 a 190 kg ha<sup>-1</sup> y de 125 a 235 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Combatt-Caballero *et al.* 2020). *Ruta graveolens* consume más fósforo y potasio (Nevada-González, 2010), pero *Chenopodium ambrosioides* requiere mayor cantidad de N que otros elementos (Aguilar-Carpio *et al.*, 2021).

Todos los nutrientes son absorbidos para nutrir las plantas y cumplir diferentes funciones, como los aminoácidos, proteínas y enzimas que aportan resistencia contra plagas y enfermedades (Corrales-Maldonado *et al.*, 2014). El Mn está relacionado con la actividad fotosintética y activa enzimas que intervienen en la síntesis de los ácidos nucleicos (Reyes *et al.*, 2017), el Zn está implicado en el metabolismo de los carbohidratos y muchas enzimas dependen de él, además tiene participación en la biosíntesis de auxinas debido a que el aminoácido triptófano requiere de él para su formación (Amezcuca-Romero y Lara-Flores, 2017), el B es importante para la formación de la pared celular y la membrana plasmática, así mismo, en varios procesos como en el transporte de azúcares, en el metabolismo de carbohidratos y del RNA, ácido Indol Acético (AIA), fenoles, ascorbatos y respiración (Gutiérrez-Soto y Torres-Acuña, 2013).

La cantidad de nutrientes N-P-K y materia orgánica encontrados en la presente investigación son inferiores a los obtenidos por Rodríguez-González *et al.* (2008) en su estudio comparativo entre el monocultivo de *Aloe vera* y la asociación de varias plantas medicinales. Sus resultados muestran incremento en el rendimiento por efecto de la asociación de *Ocimum gratissimum* L. (albahaca de clavo), *Ocimum tenuiflorum* L. (albahaca morada), *Ocimum basilicum* L. (albahaca blanca) y *Plecthranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. (Orégano francés), y en estas áreas, el contenido de nutrientes en el suelo fue de N con 0.91%, P 71.07 mg/100 g de suelo, K 62.5 (mg/100 g) y 3.83 % de materia orgánica en un periodo de dos años en suelo ferralítico rojo hidratado (Ferralsols).

La diversificación de cultivos permite aumentar y diversificar la microbiota del suelo de tal manera que la comunidad rizosférica está influenciada por la vegetación y los microorganismos benéficos y fitopatógenos cumplen una función esencial dentro

del sistema cultivable que puede inducir la síntesis de productos, como hormonas y otros metabolitos secundarios en las plantas. La disponibilidad de nutrientes depende en gran medida de la presencia de otros, por ejemplo, la disponibilidad del azufre está estrechamente relacionada con el pH que se encuentra presente y de acuerdo a la tabla de pH son ligeramente ácidos hasta fuertemente alcalinos (Figura 6).

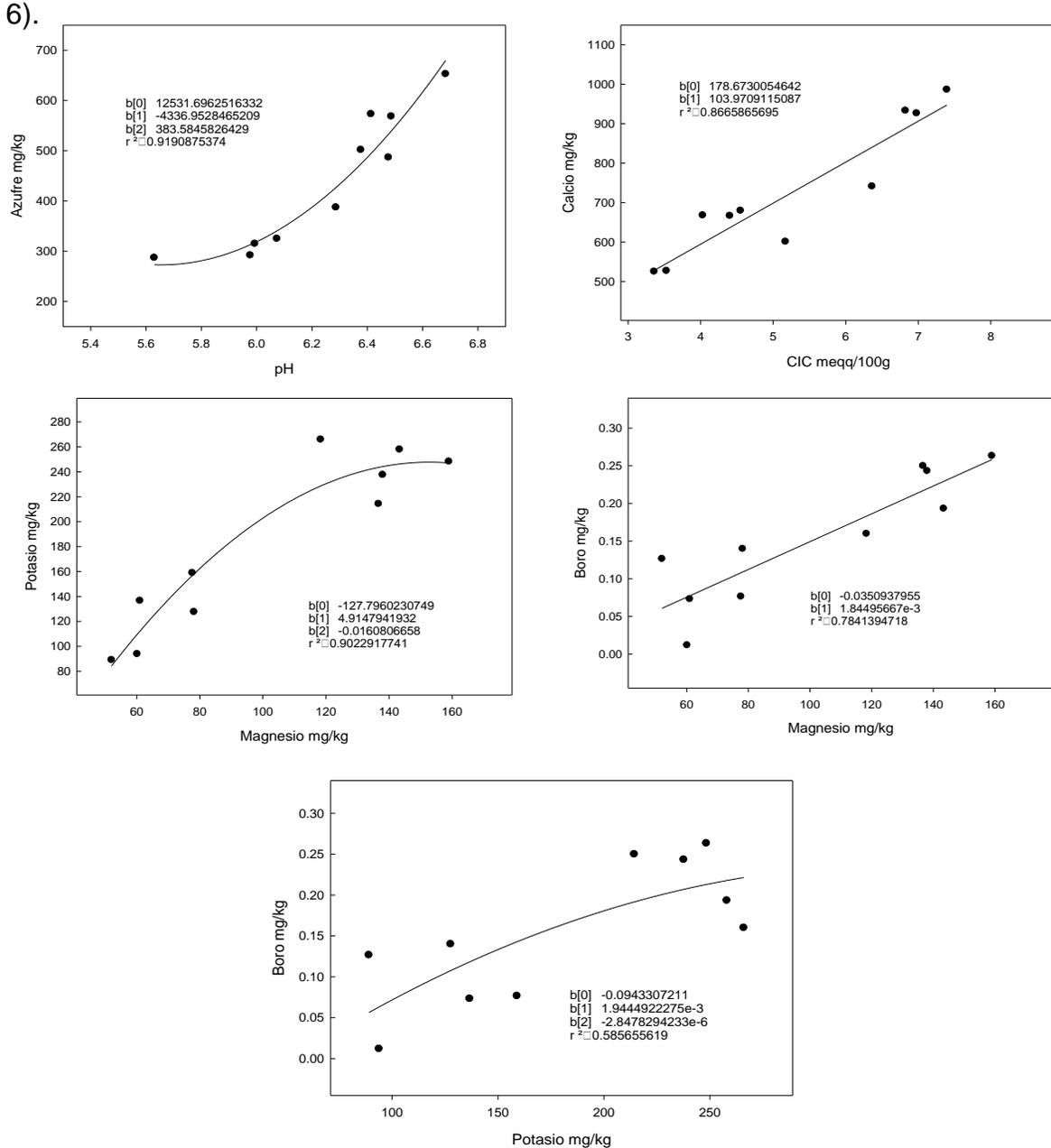


Figura 6. Relación existente entre algunas propiedades del suelo y diversos nutrientes donde se establecieron plantas medicinales asociadas con *N. lappaceum* en el Soconusco, Chiapas.

En la Figura 6 se puede observar moderada correlación entre la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) con el contenido de calcio, igual para la relación potasio-magnesio y baja relación entre el contenido de boro con magnesio y el contenido de boro con potasio. La CIC indica la capacidad del suelo de retener cationes está relacionada con el pH y la textura del suelo; el pH influye en la CIC de suelos con menos de 25% de arcillas y alto contenido de materia orgánica (Cruz-Macías *et al.*, 2020).

No están documentadas las correlaciones del contenido de potasio-magnesio, boro-magnesio y boro-potasio porque son cationes que estarán en función de la textura, reacción del suelo (pH) y con el contenido de materia orgánica del mismo aunado a la precipitación del lugar que se estudie.

En relación con los análisis de microorganismos benéficos (Cuadro 3) indican que *Trichoderma* sp., aumentó para *R. graveolens* y *O. basilicum* de 667 a 1000 y de 1667 a 2000 propágulos (gr/mL) respectivamente, en los tratamientos de *S. jamaicensis*, *Ch. ambrosioides* y *N. lappaceum* aumentó considerablemente (de cero a 333 propágulos (gr/mL) en ambos casos) en verbena (*S. jamaicensis*) de cero a 1,333 propágulos (gr/mL), mientras que *Aspergillus* sp. disminuyó de 3,333 propágulos a 33 en *R. graveolens* y *Ch. ambrosioides* de 1,667 a 667 propágulos, pero aumentó en verbena de 333 a 2,000 y en albahaca (*O. basilicum*) donde no había inicialmente se encontraron 1,000 propágulos a diferencia del testigo que disminuyó a cero (Cuadro 3).

El género *Trichoderma* sp., es un hongo cosmopolita y antagonista de hongos fitopatógenos, es parte de las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR por sus siglas en inglés, Plant Growth Promoting Rhizobacteria), tiene una amplia capacidad de esporulación y se adapta a diferentes tipos de suelos, pueden colonizar el sistema radical compitiendo como endófitos.

Companioni-González *et al.* (2019) citan que dentro de los patógenos que controlan se encuentran *Phytophthora nicotianae*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Phytophthora aphanidermatum*, *Phytophthora parasitica*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia rolfsii*, y actúan de forma directa en las plantas. Su principal mecanismo

de acción es el micoparasitismo y la secreción de metabolitos de diferente naturaleza, además de competir por espacio y nutrientes.

Cuadro 3. Comparación de los análisis biológicos de organismos benéficos 2021-2022.

Determinación	<i>R. graveolens</i>	<i>O. basilicum</i>	<i>S. jamaicensis</i>	<i>Ch. ambrosioides</i>	<i>N. lappaceum</i>
<b>HONGOS</b>					
Propágulos por gr/mL de muestra					
<i>Trichoderma</i> sp (2021)*	667	1,667	0	0	0
(2022)**	1,000	2,000	1,333	333	333
<i>Aspergillus</i> sp (2021)	3,333	0	333	1,667	667
(2022)	333	1,000	2,000	667	0
<i>Paecilomyces</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Arthrobotrys</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Beauveria</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<b>BACTERIAS</b>					
UFC por gr de suelo					
Aerobias (2021)	14,000,000	6,733,333	10,100,000	8,300,000	7,966,667
(2022)	31,766,667	12,533,333	19,633,333	14,766,667	23,600,000
Anaerobias (2021)	2,333,333	1,983,333	1,526,667	2,356,667	2,373,333
(2022)	1,560,000	683,333	1,030,000	913,333	1,190,000
Nitrificantes (2021)	100,000	66,667	33,333	0	33,333
(2022)	0	0	0	0	0
<i>P. fluorescens</i> (2021)	233,333	566,667	0	200,000	66,667
(2022)	100,000	33,333	100,000	133,333	0
<i>Bacillus</i> sp (2021)	426,667	766,667	1,836,667	1,100,000	1,233,333
(2022)	4,193,333	3,640,000	3,796,667	3,583,333	3,210,000
<b>ACTINOMICETOS</b>					
UFC por gr/ml de muestra					
<i>Actinomicetos</i> (2021)	1,500,000	533,333	333,333	266,667	533,333
(2022)	100,000	466,667	233,333	600,000	1,033,333
Nematodos de vida libre					
(2021)	0	0	0	0	0
(2022)	40	13	67	20	33

\*Inicio de la investigación

\*\* Final de la investigación

*Trichoderma* sp., estimula el crecimiento vegetal y es capaz de acelerar el desarrollo del sistema radical que posibilita la tolerancia al estrés hídrico en las plantas, solubiliza y absorbe nutrientes inorgánicos e induce la resistencia de patógenos, debido a que impulsa mecanismos fisiológicos y bioquímicos en las plantas no necesita el contacto físico para inhibir el crecimiento o reproducción del patógeno (Martínez *et al.*, 2013). En ese sentido, a este género se le puede atribuir la ausencia de *Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp y *Phytophthora* sp.

El mecanismo de acción de *Trichoderma* se da en cuatro etapas 1) detecta a distancia el patógeno hospedante, 2) reconocimiento: existe alta especificidad del antagonista por su sustrato, 3) adhesión y enrollamiento: un azúcar de la pared del antagonista se asocia con una lectina de la pared del patógeno, 4) las quitinasas, glucanasas y proteasas que son enzimas líticas extracelulares degradan las paredes celulares del patógeno y las hifas de *Trichoderma* penetran al hospedero (Companiononi-González *et al.* 2019).

*Aspergillus* sp., es un hongo filamentoso de distribución cosmopolita, muy importante en la degradación de la materia orgánica, aunque a algunas especies de este género se les ha considerado como inductor de enfermedades humanas, las especies *niger* y *oryzae* han sido las más estudiadas en la agricultura, atribuyéndoles propiedades de fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados, tienen la capacidad de liberar múltiples enzimas y péptidos aseguran Gómez *et al.* (2021).

Las bacterias aeróbicas se duplicaron en todos los tratamientos, pero las anaeróbicas, disminuyeron considerablemente en todos, y las nitrificantes que se encontraron al inicio bajaron a cero en el último análisis en todos los tratamientos. Las primeras, son muy importantes porque indican que el suelo no está saturado y la entrada de oxígeno es adecuada, es decir, el suelo tiene suficiente porosidad para que el sistema radicular se desarrolle sin problemas.

Las anaeróbicas indican que en la rizósfera de las plantas se encuentran en baja cantidad en comparación con el primer análisis, por lo que el oxígeno ha aumentado y con la actividad microbiológica de organismos de esta clase, sin embargo, como todo organismo también cumplen funciones al participar en reacciones químicas metabólicas que son importantes en varios ciclos biogeoquímicos como el carbono, nitrógeno y azufre, entre otros.

Corrales *et al.* (2015) citan que los principales factores que intervienen en el desarrollo de las bacterias anaerobias son los ácidos grasos volátiles, temperatura, pH, cargas de materia orgánica, nutrientes como N y P. Estas bacterias participan en la fijación, amonificación o nitrificación en el ciclo del nitrógeno, de esta forma el

nitrógeno puede ser aprovechado por las plantas, en su reacción metabólica consumen las formas inorgánicas y mantienen el equilibrio del ciclo biogeoquímico.

En el proceso de mineralización del N, Másmela-Mendoza *et al.* (2019) demostraron en su estudio realizado a bacterias nitrificantes cultivables de la zona limnética del lago de Tota, Boyacá, que se involucran las bacterias oxidantes de amonio y las oxidantes de nitritos, donde las primeras oxidan el  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_2^-$  y las segundas utilizan el producto anterior para oxidarlo a  $\text{NO}_3^-$ . La ausencia de estas en el análisis final, posiblemente se debió a la absorción de N por los árboles debido al período de fructificación reflejado también tanto en el nitrógeno total como asimilable.

La presencia de *Pseudomonas fluorescens* fue reducida para *Ruta graveolens*, *Ocimum basilicum* y *Chenopodium ambrosioides*, en cambio en *Stachytarpheta jamaicensis* se encontraron 100,000 UFC (gr), a diferencia de *Nepheleium lappaceum* donde inicialmente se detectó 66,667 y después disminuyó a cero. Lo anterior se considera, que probablemente se deba a que no había plantas asociadas que emitieran algunos exudados con metabolitos secundarios los cuales pueden ejercer efecto benéfico a través de la síntesis de vitaminas y fitohormonas, además, son capaces de solubilizar fósforo inorgánico, pero inhibe la síntesis de etileno e induce a la resistencia sistémica por patógenos.

Cano (2011) asegura que estos microorganismos son claves en el cambio del suelo en los agroecosistemas porque aumentan los rendimientos de los cultivos y la fertilidad del suelo. Se mantienen en el sistema radical e influyen positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como la disponibilidad de nutrientes mediante la fijación de nitrógeno, y en general en la sanidad vegetal e inducción de resistencia sistémica a las enfermedades.

*Bacillus* sp., incrementó su población considerablemente en todos los tratamientos (Cuadro 3). Al inicio los valores más bajos se presentaron en el suelo analizado donde creció *R. graveolens*, el valor fue de 426,667 y donde se estableció *O. basilicum* se encontraron 766,667, el valor más alto fue en suelo con *S. jamaicensis* con 1,836,667, en suelo con *Ch. ambrosioides* 1,100,000 y 1,233,333 de UFC por g de suelo en el tratamiento testigo, sin embargo, durante el 2022 la cantidad de

*Bacillus* sp aumentó en todos los tratamientos y la mayor cantidad fue en el suelo donde se estableció *S. jamaicensis* con 3,796,667 y la menor de 3,210,000 de UFC por gramos de suelo, en suelo testigo solo establecido con *N. lappaceum*.

*Bacillus* sp., ha tomado más importancia en los últimos años debido a la necesidad existente de la producción agrícola sostenible, diversos estudios confirman su potencial como biocontrolador, tiene alta capacidad de producir esporas con la que logra rápida colonización y replicación, se adapta a diversos ambientes y sintetiza compuestos antimicrobianos señalaron Pedraza *et al.* (2020).

Durante el 2021 la presencia de actinomicetos se incrementó y la cantidad más alta se encontró en el suelo donde se asoció *R. graveolens* con una población de 1,500,000 UFC (gr/ml). Donde se estableció *O. basilicum* y sin establecimiento de plantas medicinales (tratamiento testigo, *N. lappaceum*) se contabilizó la cantidad de 533,333 UFC (gr/ml) y la cantidad más baja se presentó en el suelo donde se asoció *S. jamaicensis* y *Ch. ambrosioides* con 333,333 y 266,667 UFC (gr/ml) respectivamente.

En 2022 el conteo de actinomicetos descendió donde se cultivaron *R. graveolens* (100,000 UFC gr/ml), *O. basilicum* (466,667 UFC gr/ml) y *S. jamaicensis* (233,333 UFC gr/ml), en cambio, en el suelo donde se estableció *Ch. ambrosioides* estos microorganismos aumentaron a 600,000 UFC y en *N. lappaceum* a 1,033,333 UFC gr/ml.

Los microorganismos benéficos asociados a la rizósfera detectados en el suelo analizado, son similares a los que reportaron Álvarez-López *et al.* (2014) en suelo cultivado con vainilla. También se ha reportado la abundancia de bacterias Gram-positivas en suelo cultivado con plantas medicinales como *Matricaria chamomilla* L., *Calendula officinalis* L. y *Solanum distichum* Schumach. & Thonn., donde aseguran que la presencia de *Bacillus* promovió el crecimiento de las plantas y aumentaron los flavonoides las mismas (Solaiman & Anawar, 2015).

Los microorganismos benéficos tienen efectos directos e indirectos sobre las plantas. Liberan fitohormonas y participan en la mineralización de minerales y

actúan como controlador biológico de microorganismos patógenos. Existe una estrecha relación entre la vegetación y la microbiota debido a que las bacterias de la rizosfera también pueden actuar como moléculas de señalización y producir sustancias químicas que pueden dar origen a cambios fisiológicos y morfológicos en las plantas (Cano, 2011).

Es importante mencionar que los nematodos de vida libre no se reportaron inicialmente, mientras que en el análisis final la presencia de estos fue variable según el tratamiento, se encontró un mínimo 20 y máximos 67 UFC por centímetro cubico de suelo.

En este grupo de nematodos pueden estar involucradas las lombrices pequeñas que contribuyen a la fertilidad del suelo y a la porosidad del mismo con la ayuda de las galerías que realizan y algunos gusanos muy pequeños e importantes en la degradación de la materia orgánica.

Al contabilizar las excretas de lombrices, el mayor número de excretas contadas se registró en *S. jamaicensis* con 135 excretas y para *R. graveolens*, *O. basilicum*, *Ch. ambrosioides* y *N. lappaceum* con 122, 115, 102 y 68 excretas respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de excretas promedio encontradas en el suelo donde se asociaron las diferentes plantas medicinales con *N. lappaceum* L.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Tukey <math>\alpha=0.05</math></b>
<i>Ruta graveolens</i>	122.26	a
<i>Ocimum basilicum</i>	115.54	a
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	135.74	a
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	102.97	ab
<i>Nepehlium lappaceum</i>	68.83	b

Los resultados de los microorganismos patógenos se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 1. Resultado de los análisis de microorganismos patógenos realizados durante el 2021 y 2022.

Microorganismo	<i>R. graveolens</i>	<i>O. basilicum</i>	<i>S. jamaicensis</i>	<i>Ch. ambrosioides</i>	<i>N. lappaceum</i>
<b>NEMATODOS</b>					
	Individuos por 100 cc				
<i>Meloidogyne</i> sp (2021)*	0	0	0	0	0
(2022)**	0	0	0	0	0
<i>Aphelenchus</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	20	0	47	0	7
<i>Rotylenchulus</i> sp (2021)	33	0	7	7	0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Pratylenchus</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Helicotylenchus</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	7	0	0
<i>Tylenchorhynchus</i> sp		0		0	
(2021)	0		0		0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Xiphinema</i> sp (2021)	7	0	0	0	7
(2022)	0	0	0	0	0
<b>HONGOS</b>					
	Propágulos por gr/ml de muestra				
<i>Fusarium</i> sp (2021)	67	0	67	0	67
(2022)	600	467	1000	1,067	0
<i>Rhizoctonia</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Verticillium</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Macrophomina</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<b>OOMYCETOS</b>					
	Presencia (+) o Ausencia (-)				
<i>Pythium</i> sp (2021)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
(2022)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
<i>Phytophthora</i> sp (2021)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
(2022)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
<b>BACTERIAS</b>					
	UFC por gr/ml de muestra				
<i>Clavibacter</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Ralstonia</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Pseudomonas</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0
<i>Erwinia</i> sp (2021)	0	0	0	0	0
(2022)	0	0	0	0	0

\*Inicio del experimento

\*\*Final del experimento

Los nematodos pertenecientes al género *Aphelenchus* sp., no se encontraron en el muestreo inicial, pero al final se reportaron en el suelo donde asoció *R. graveolens*,

*S. jamaicensis* y *N. lappaceum*, con 20, 47 y 7 individuos respectivamente. Además, los nematodos se encontraron en cantidades bajas, es decir, no pasaron de 100 individuos por cada cien centímetros cúbicos, es decir, en pequeñas poblaciones no causan daños, los organismos patógenos son dañinos cuando superan lo recomendable (<100 individuos) (Cabrales *et al.*, 2015).

En el caso de *Rotylenchulus* sp., solo se encontró durante el 2021 en el suelo donde se estableció *R. graveolens* con 33 individuos. En las plantas *S. jamaicensis* y *Ch. ambrosioides* se encontraron siete individuos.

De los nematodos como *Helicotylenchus* sp., no hubo presencia en el 2021, en el año posterior solo se detectaron siete individuos en el suelo donde creció *S. jamaicensis*, por el contrario, *Xiphinema* sp. estuvo presente durante el 2021 en suelos donde creció *R. graveolens* y en el tratamiento testigo, pero durante el 2022 este patógeno no se presentó en ninguno de los tratamientos, la ausencia de estas especies puede ser por la supresión por otros microorganismos (Kerry, 2000) como *Trichoderma* sp. (Martínez *et al.*, 2013).

En relación con los hongos, los del género *Fusarium* sp., estuvieron presentes durante el muestreo en 2021 en el suelo donde se estableció *R. graveolens*, *S. jamaicensis* y el tratamiento testigo, con valor semejante entre ellos de 67 propágulos. Sin embargo, en el año posterior aumento considerablemente su presencia y el mayor valor fue de 1,067 propágulos en *Ch. ambrosioides*. Con un valor ligeramente inferior de 1000 propágulos se presentó en el suelo con *S. jamaicensis* y la menor presencia se encontró en el suelo donde se asoció *R. graveolens* y *O. basilicum* con 600 y 467 propágulos respectivamente. El tratamiento testigo no hubo presencia de este patógeno.

*Fusarium* es un hongo patógeno ascomiceto filamentoso y cosmopolita, tienen un micelio bien desarrollado y provoca varias enfermedades vegetales dentro de las que destacan el “damping off”, aunque la especificidad depende de la especie del hospedero, se trata de un hongo y a los cuales la humedad les favorece. La presencia de este puede deberse a las altas precipitaciones presentadas en los meses de abril a junio del 2022. Estos hongos producen metabolitos tóxicos tanto

para las plantas como para los humanos y animales, causan enfermedades como marchitez, tizones, pudriciones en cultivos agrícolas, ornamentales y forestales (Villa-Martínez *et al.*, 2015).

Las poblaciones de bacterias se incrementan cuando se tienen hongos endomicorrízicos y esta planta es colonizada por micorriza del género *Glomus* spp (Aggangan *et al.*, 2015), relación simbiótica, donde la planta huésped proporciona carbohidratos a hongos micorrízicos a través de la fotosíntesis y los hongos proporcionan nutrientes. Un gran número de bacterias viven alrededor de las micorrizas (Frey-Klett and Garbaye 2005).

Los hongos endomicorrízicos y las bacterias denominadas “bacterias ayudantes de las micorrizas” o MHB (por sus siglas en inglés Mycorrhizal helper bacterias) son interdependientes; los hongos micorrízicos proporcionan nutrientes para el crecimiento de bacterias a través de la liberación de secreciones, y las bacterias suministran los nutrientes de bajo peso molecular (Frey *et al.*, 1997; Rangel-Castro *et al.*, 2002). Los microorganismos patógenos no se encontraron uniformes en el suelo, pero su presencia en ciertos tratamientos puede ser indicador de mayor concentración de exudados como aminoácidos, péptidos, proteínas, azúcares simples, polisacáridos, ácidos orgánicos y hormonas (Cano, 2011; Torres-Guerrero *et al.*, 2013).

## **5.2. Variables morfológicas de las plantas**

La mayoría de las plantas medicinales se adaptaron a las condiciones edafoclimáticas regionales, así como el rambután está adaptado, pero prefiere temperaturas que oscilan entre 23.9 y 28 °C con humedad en rangos de 69 a 79 % en época de estiaje y 78 y 84 % en época lluviosa (Pérez y Pohlan, 2015).

El suelo franco arcilloso donde crecieron las plantas medicinales asociadas a *Nephelium lappaceum* indujo mayores alturas a las plantas de *Chenopodium ambrosioides* en comparación con las otras especies (Figura 7). Estadísticamente, *Ch. ambrosioides* y *S. jamaicensis* integraron el primer grupo estadístico ( $P \leq 0.05$ ) y el segundo, las plantas con menor altura, que fueron *O. basilicum* y *R. graveolens*.

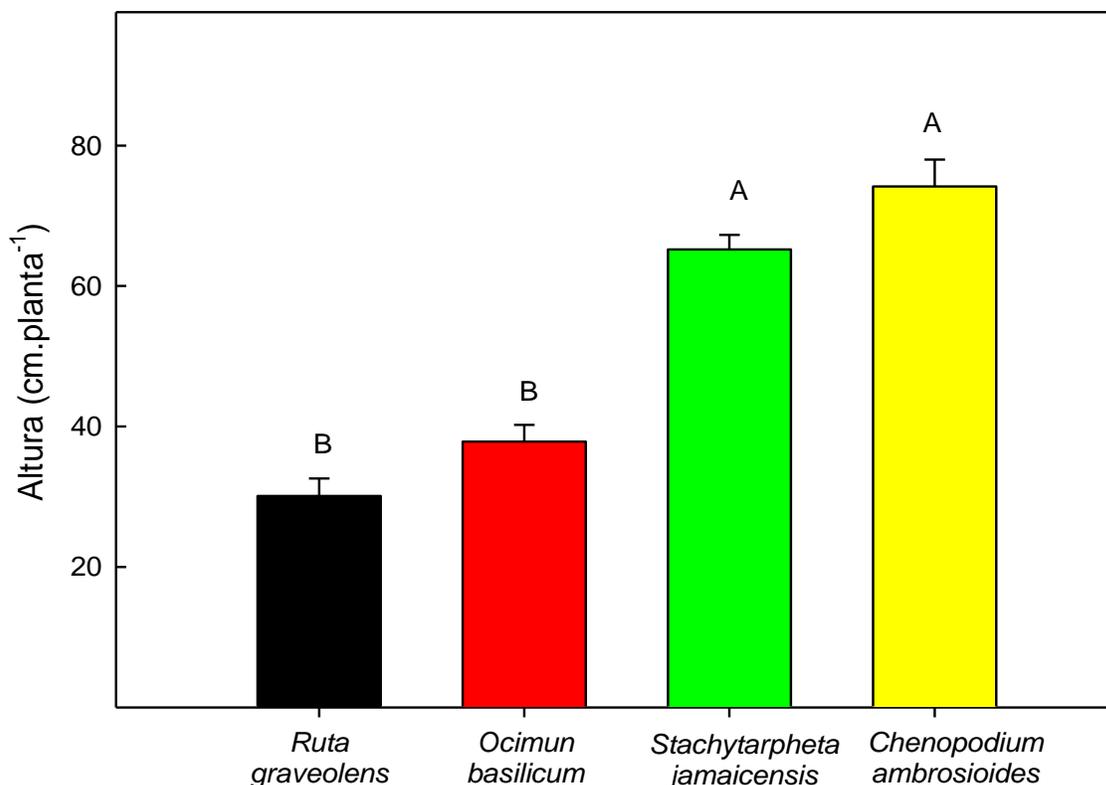


Figura 7. Altura de planta de las especies asociadas a *N. lappaceum* L. en el Soconusco, Chiapas. Los valores son promedios de 24 plantas  $\pm$  el error estándar.

Existe poca información acerca del crecimiento en altura de las especies asociadas a *N. lappaceum*, en el caso de *Stachytarpheta jamaicensis* obtuvo alturas promedio de 76.9 y 80.2 cm, en el bloque uno y cinco respectivamente (Cuadro A2), pero puede crecer hasta 95.3 cm en siembras no asociadas de campo (Echeverría *et al.*, 2003).

*Chenopodium ambrosioides* presentó alturas promedio de 100 a 116 cm en el bloque tres (Cuadro A2) superiores a los reportados por Aguilar-Carpio *et al.* (2021)

quienes analizaron el crecimiento de epazote cultivado en invernadero con alturas máximas de 64.7 cm en temperatura media de 24.6 °C y 82.7 % de humedad en Cuernavaca, Morelos, México.

En el caso de *Ocimum basilicum*, Martínez-Gutiérrez *et al.* (2016) obtuvieron alturas mayores al propagar el híbrido Nufar F1 de *Ocimum basilicum* L., en sustrato de 80% turba y 20 % de argolita, en un sistema de cultivo de protección con diferentes colores de malla sombra, llegando a obtener la máxima altura en las plantas producidas bajo malla sombra de color negro con 80.6 cm a los 60 días de su trasplante. Por su parte, Mamani *et al.* (2021) reportaron alturas máximas de 30.47 cm al crecer tres variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en tres soluciones nutritivas en sistema hidropónico de raíz flotante.

*Ruta graveolens* L., presentó crecimiento en altura similar a *O. basilicum*, sin embargo, no se encontraron estudios respecto a la altura de la planta. En nuestro caso, fue morfológicamente poco vigorosa. Lo anterior se puede atribuir a que prefiere suelos arenosos, pedregosos, secos y bien drenados para alcanzar alturas de hasta 100 cm (Gutiérrez, 2017).

Con respecto al diámetros de las plantas, *S. jamaicensis* presentó el mayor incremento en comparación con las otras especies y fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ).

El grosor del tallo de *R. graveolens*, *O. basilicum* y *Ch. ambrosioides* no tuvieron diferencias muy marcadas y fueron estadísticamente iguales (Figura 8).

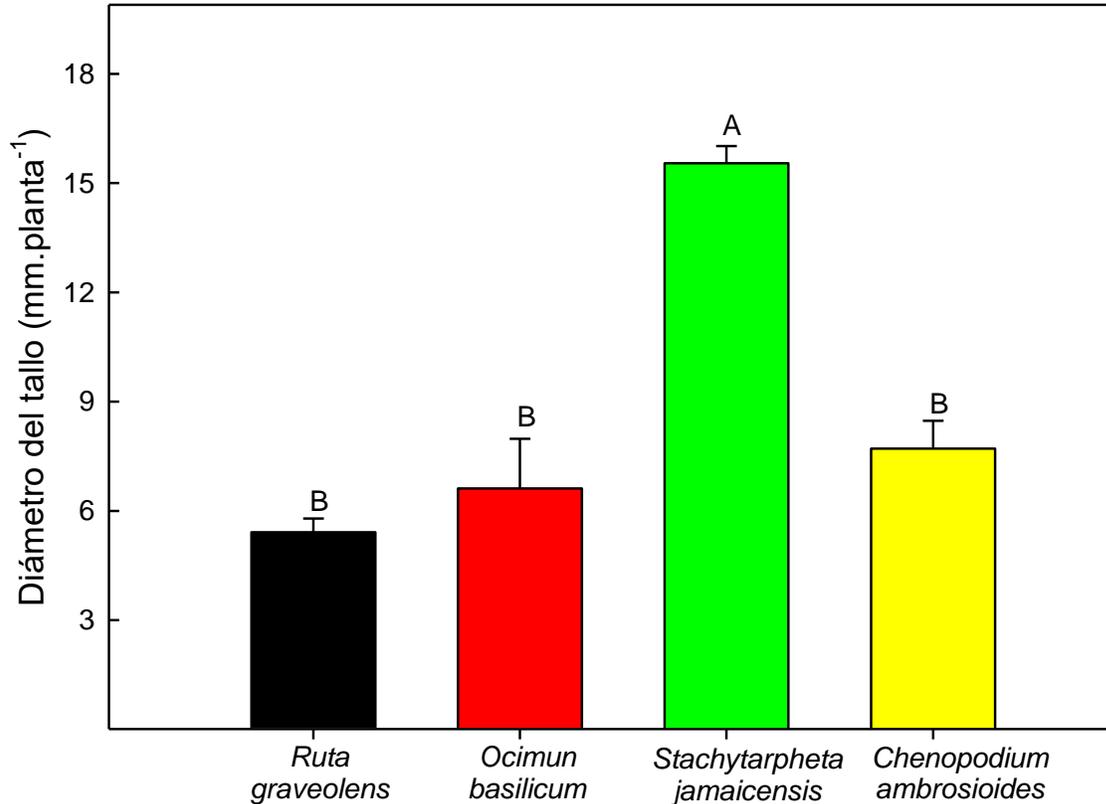


Figura 8. Diámetro del tallo de las especies asociadas a *N. lappaceum* L. en el Soconusco, Chiapas. Los valores son promedios de 24 plantas  $\pm$  el error estándar.

En *Ocimum basilicum*, se han reportado diámetros inferiores de 6.6 a 7.5 mm en plantas propagadas bajo malla sombra de color negro a los 60 días de su trasplante (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2016) y diámetros de 3.34 mm en soluciones nutritivas en sistema hidropónico de raíz flotante (Mamani *et al.*, 2021).

### 5.3. Biomasa seca y área foliar

Las plantas de *S. jamaicensis* presentaron mayor área foliar que las otras especies y fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) (Figura 9). Las otras especies presentaron baja área foliar, atribuida principalmente a su morfología. Esta variable es muy importante en cuanto al rendimiento y producción de las plantas determinada por la biomasa aérea que depende de la expansión de células jóvenes,

estrechamente relacionada con la cantidad de clorofila y por ende con la actividad fotosintética de las plantas (Sáenz *et al.*, 2010).

En *O. basilicum* se han reportado áreas foliares de 132.6 cm<sup>2</sup> (Colorado *et al.*, 2013), Reyes-Quintanar *et al.* (2014) obtuvo áreas similares a las de Colorado *et al.* (2013), con la asociación albahaca-rambután se obtuvo mayor contenido de área foliar con 845.1 y la menor con 345.1 cm<sup>2</sup>, al respecto, Aguilar-Carpio *et al.* (2021) obtuvieron áreas superiores a las reportadas con 1,011 cm<sup>2</sup> en epazote.

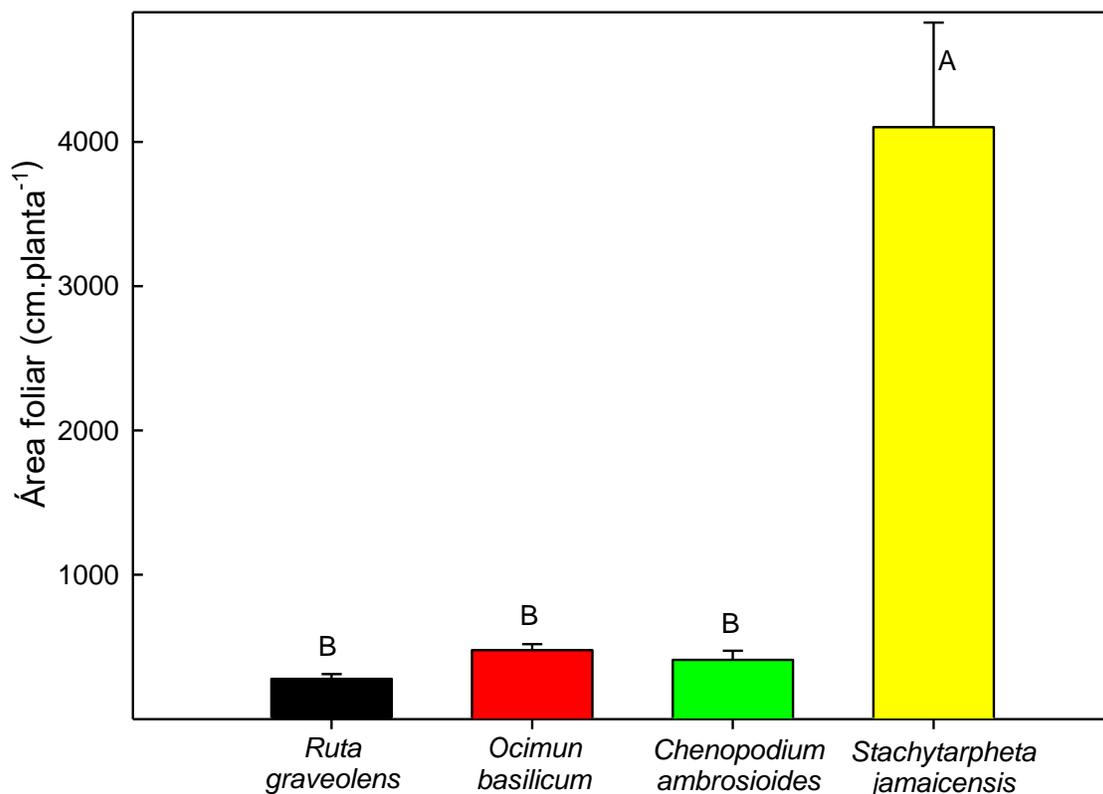


Figura 9. Área foliar de las plantas medicinales asociadas a *N. lappaceum* L. en Metapa de Domínguez, Chiapas. Los valores son promedios de ocho plantas  $\pm$  el error estándar.

Las plantas de *Ch. ambrosioides* acumularon mayor biomasa que las otras especies establecidas (Figura 10). En forma general, la asignación de biomasa aérea representa un porcentaje que va de 57 a 65 %, lo cual indica poca variación en esta relación bajo diversas condiciones de establecimiento. En cambio, el sistema radical, presentó acumulación de biomasa del 35 al 43 % entre las especies de

plantas medicinales. Lo anterior indica que este órgano es una estructura que puede variar en su peso seco cuando se asocia a otras plantas.

La relación entre ambas partes sitúa a *Ch. ambrosioides* y *S. jamaicensis* en relaciones de 1.5 a 2.5 por lo tanto, son plantas de calidad porque significa que la biomasa aérea es casi igual a la subterránea. En las otras especies las relaciones de biomasa aérea incrementan la desproporción entre ambas partes, en esta relación se encuentran tres plantas de *O. basilicum* en ellas el sistema radical es insuficiente para proveer de energía a la parte aérea, las relaciones a bajo de uno como se presentan en los tratamientos de ruda, significa que la biomasa radicular es mayor a la aérea se presentan la relación entre las biomasa de las plantas

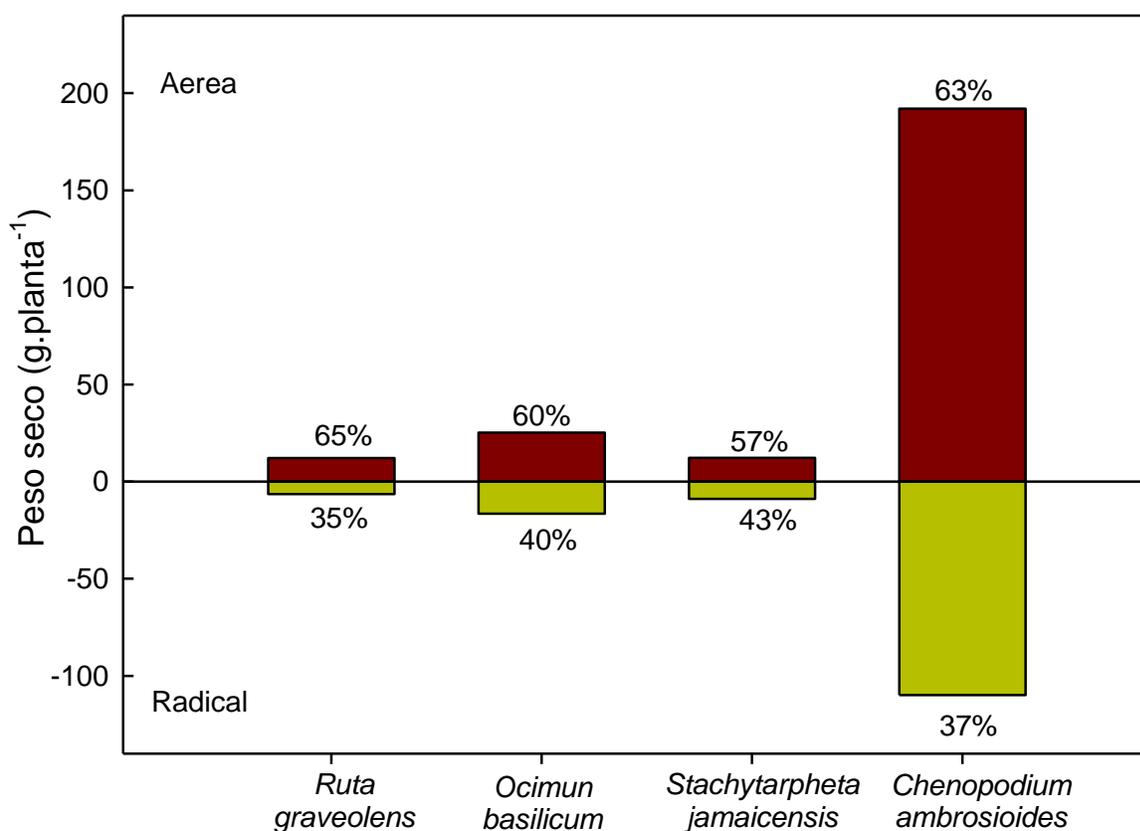


Figura 10. Relación Biomasa Seca Área/Biomasa seca raíz de las plantas utilizadas.

Colorado *et al.* (2013) han determinado el contenido de materia seca de las plantas de *O. basilicum* obteniendo un máximo de 14.07 g, valores similares obtenido con la asociación de las plantas de *O. basilicum* en *N. lappaceum*. En *Ch. ambrosioides*

resultados inferiores en materia seca presentaron Aguilar-Carpio *et al.* (2021) en su análisis realizado a esta especie bajo sistema de invernadero.

La longitud radical fue diferente estadísticamente en los tratamientos ( $P \leq 0.05$ ) (Figura 11). *Ch. ambrosioides* induce mayor asignación de fotosintatos al sistema radical, seguida por *S. jamaicensis*, *O. basilicum* y *R. graveolens*. Reyes *et al.* (2014), obtuvieron longitud radical inferior en variedades de *Ruta graveolens* L., en condiciones de salinidad reportando la mayor longitud con 19.9 cm.

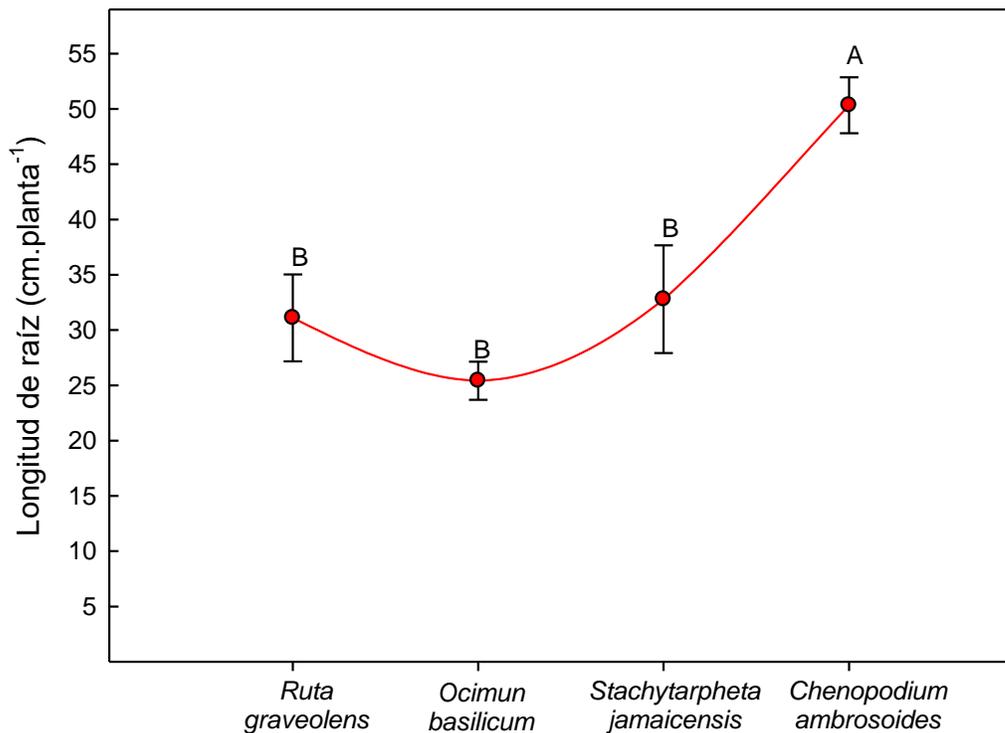


Figura 11. Longitud radical de las plantas medicinales asociadas a *N. lappaceum* L. en un suelo de Metapa de Domínguez, Chiapas. Los valores son promedios de ocho plantas  $\pm$  el error estándar.

La diversidad de los sistemas agrícolas por medio de las asociaciones, rotaciones de cultivos, uso de semillas nativas y la conservación de especies de la misma índole e implementando el biocontrol de plagas, enfermedades y la aplicación de insumos ecológicos que puedan ayudar a incrementar la materia orgánica del suelo y la microbiota del mismo, así como la retención agua.

Con este tipo de asociaciones de plantas medicinales en la media zona de goteo de los árboles se logra una mejor interacción entre las raíces de ambas especies y se incrementa la diversidad microbiana como se demostró con los análisis biológicos.

Desde la observación, las plantas del bloque tres fueron las que mejor crecieron tanto en altura como en diámetro (fueron más vigorosas), este bloque estaba rodeado por las plantas medicinales de los bloques de los lados que pudieron tener influencia mediante compuestos volátiles o exudados de las plantas.

La producción se mantuvo, los árboles estuvieron libres de plagas y enfermedades sin efecto en el rendimiento. Lo anterior se espera que se exprese, con evaluaciones por más tiempo (Quezada, Comunicación personal).

Osorio *et al.* (2019) aseguran que el material vegetal asociado al cultivo de rambután aumenta la materia orgánica, impide el desarrollo de arvenses y disminuye la erosión del suelo, y Gómez y Zavaleta (2001) afirman que, al incorporarse residuos orgánicos al suelo, se incorporan también sus propiedades fungicidas, nematocidas, insecticidas, entre otras, y actúan como productos de síntesis química.

Este tipo de interacciones son el triunfo de la eficiencia agroecológica, mejorando así las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo como las morfológicas, fisiológicas y de producción de los cultivos implicados en un período mayor a un año.

## 6. CONCLUSIONES

Se identifican fluctuaciones en los contenidos de los nutrientes en los dos años de evaluación con y sin la asociación de plantas medicinales.

La asociación de plantas medicinales-rambután interfiere en el crecimiento poblacional de microorganismos benéficos y patógenos, se incrementa la diversidad de microorganismos benéficos y la presencia de patógenos en bajas poblaciones no se expresó en daños a las plantas.

Las presencias contrastantes de microorganismos benéficos en el suelo durante los años de evaluación sugieren dependencia de exudados por las plantas medicinales, como *P. fluorescens* y *Bacillus* sp con *S. jamaicensis* y *Trichoderma* y *Aspergillus* con *R. graveolens* y *O. basilicum*.

Todas las especies evaluadas presentaron diferente asignación en materia seca, las de mayor rendimiento fueron de *S. jamaicensis*, se adaptaron muy bien a las condiciones regionales lo que favoreció su crecimiento y desarrollo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Carpio C., S.V. González-Maza, P. Juárez-López, I. Alia-Tejacal, F. Palemón-Alberto, Y.R. Arenas-Julio y A.S. Escalante-Estrada. (2021). Análisis de crecimiento de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) cultivado en invernadero. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 23 (2): 113-119.
- Álvarez-López, C.; W., Osorio-Vega; M. C., Díez-Gómez y M., Marín-Montoya. (2014). Caracterización bioquímica de microorganismos rizosféricos de plantas de vainilla con potencial como biofertilizantes. *Agronomy Mesoamerican*, 25 (2): 225-241.
- Amezcuá-Romero, J. C. y M. Lara-Flores. (2017). El zinc en las plantas. *Ciencia*, 68 (3): 28-35.
- Arias J.A.C. (2012). *Suelos tropicales*. 1ra edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Arias-Cruz, M. E., Velásquez-Ramírez, H. A., Mateus-Cagua, D., Chaparro-Zambrano, H. N. y Orduz-Rodríguez, J. O. (2016). El rambután (*Nephelium lappaceum*), frutal asiático con potencial para Colombia: avances de la investigación en el piedemonte del Meta. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10 (2): 262-272. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5761>
- Aros, J., Silva-Aguayo, G., Fischer, S., Figueroa, I., Rodríguez-Maciél, J. C., Lagunes-Tejeda, A., Castañeda-Ramírez, G. S. y Aguilar-Marcelino, L. (2019). Actividad insecticida del aceite esencial del paico *Chenopodium ambrosioides* L. sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean J. Agric. Anim. Sci. Agro-Ciencia*, 35 (3): 282-292.
- Asgarpanah, J. y R., Khoshkam. (2012). Phytochemistry and pharmacological properties of *Ruta graveolens* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (23): 3942-3949. DOI: 10.5897/JMPR12.040.
- Avendaño-Arrazate, C. H., Arévalo-Galarza, L., Sandoval-Esquivel, A., y Caballero-Pérez, J. F. (2011). El rambután (*Nephelium lappaceum*) un cultivo con amplio potencial de explotación en el sur de México. *Revista Agroproductividad*, 4 (2): 09-17.
- Bautista-Santiago, G. y M. A. Moran-Castañón. (2019). Innovaciones en una huerta de rambután (*Nephelium lappaceum*). Tesis de licenciatura. Tecnológico Nacional de México. Hidalgo, México.
- Beltrán-Cifuentes M. C., M. P. Cantillo-Maldonado y A. M. Vivas-Castaño. (2014). Actividad antibacteriana de los aceites obtenidos de *Ocimum basilicum* L. var. cinammom, *O. álbum*, *O. thrysiflorum*, para uso potencial en fitocosmética. *Revista Investigaciones Andina*, 27 (15): 798-810.
- Black-Solis J., R. I. Ventura-Aguilar, L. L. Barrera-Necha y S. Bautista-Baños. (2017). Caracterización química, variabilidad composicional y modelamiento matemático del efecto de aceites esenciales en *Alternaria alternata*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35, 204-226. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1612-5
- Caballero-Pérez J. F., M. de L Arévalo-Galarza., C. H. Avendaño-Arrazate, J. Cadena-Iñiguez, G. Valdovinos-Ponce y J.F. Aguirre-Medina. (2011). Cambios biofísicos y bioquímicos durante el desarrollo y senescencia de frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(1):31-38.
- Cabrales H. E., G. F. Cantero., E. Vásquez T. (2015). Evaluación comparativa de poblaciones de nematodos de tres pasturas en el Bajo, Cauca, Colombia. *Revista Suelos Ecuatoriales*, 45 (2): 65-71.

- Cabrera-Calderón S., R. Rivera-Rebollar, A. Lira-Vargas, M. Trejo-Márquez y S. Pascual-Bustamante. (2016). Efecto antifúngico de extracto de epazote (*Chenopodium ambrosioides*) sobre hongos postcosecha. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (2): 236-241.
- Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P. y Salvador Rojas-González. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Revista ORINOQUIA*, 22 (2): 141-157.
- Calderón-Mestanza, J. y Torres-Armas, E. A. (2014). Efecto del extracto acuoso de la *Ocimum basilicum* L. (albahaca) en el crecimiento bacteriano de *Escherichia coli*. *Revista ECIPerú*, 10 (2): 36-44.
- Cano M. A. (2011). A review of interaction of beneficial microorganisms in plants: Mycorrhizae, *Trichoderma* spp. and *Pseudomonas* spp. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14 (2): 15–31.
- Cardoso-Ugarte G. A. y M. E. Sosa-Morales. (2012). Propiedades del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y sus aplicaciones en alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6 (1): 54-65.
- Castillo-Vera, A.; G. López-Guillén; A. Sandoval-Esquivel. 2017. La historia del cultivo de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en México. *Agro productividad*, 10 (9): 53-57.
- Castro L., A. J., Juárez, J. R., Ramos, N. J., Suárez, S., Retuerto, F. y Gonzales, S. A. (2011). Elucidación estructural del aceite esencial de *Ruta graveolens* L. Ruda, actividad antioxidante y bioensayo de citotoxicidad. *Ciencia e Investigación*, 14 (1): 25-28.
- Chávez-Quíñonez E., J. Roldán-Toriz, B. E. Sotelo-Ortiz, J. Ballinas-Díaz y E.J. López-Zúñiga. (2019). Plantas comestibles no convencionales en Chiapas, México. *Revista Salud Publica y Nutrición*, 10 (2).
- Colorado, F.; I., Montañez; C., Bolaños y J. Rey. (2013). Crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo cubierta en la sabana de Bogotá. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16 (1): 121–129.
- Combatt-Caballero, E.; D. Pérez-Polo; J. Villalba-Arteaga; J. Mercado-Lázaro; A. Jarma-Orozco. (2020). Macronutrientes en el tejido foliar de albahaca *Ocimum basilicum* L. en respuesta a la aplicación de nitrógeno y potasio. *Actualidad & Divulgación Científica*, 23 (2): 1-10.
- Companioni G. B., G. A. Domínguez y R. V. García. (2019). *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Bioteología Vegetal*, 19 (4): 237 – 248.
- Corrales L.C., D.M. Antolínez R., J.A. Bohórquez M. y A.M. Corredor V. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *NOVA*, 13 (24): 55-81.
- Corrales-Maldonado, C.G.; I. Vargas-Arispuro; S. Vallejo-Cohén y M. A. Martínez-Téllez. (2014). Deficiencia de Azufre en suelos cultivables y su efecto en la productividad. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 16 (1): 38-44.
- Cotler, H., Alfonso-Corona J. y J. Galeana-Pizaña, M. (2020). Erosión de suelos y carencia alimentaria en México: una primera aproximación. *Investigaciones Geográficas*, (101): 1-14.
- Cruz-Macías, W. O.; L. A. Rodríguez-Larramendi; M. A. Salas-Marina; V. Hernández-García; R. A. Campos-Saldaña; M. H. Chávez-Hernández y A. Gordillo-Curiel. (2020). Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la

- acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas. *Terra latinoamericana*, 38 (3): 475-480.
- Cuevas-González, R., Salvador-Castillo, J. L., Barrios-De la Cruz, J. A. y Escobar-Cruz, M. R. (2018). Manual de prácticas de campo y laboratorio de edafología. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Díaz L. D.A.E. (2018). Fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en zonas áridas. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Agronomía. Arequipa, Perú.  
Doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- Echeverría S., I.; C. A., Rodríguez F. y I. M., Leal L. (2003). Momento óptimo de cosecha en verbena cimarrona, *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 2003 (1): 1028-4796.
- Espinosa-Ramírez, M., Andrade-Limas, E., Rivera-Ortiz, P., Romero-Díaz, A. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de Geografía*, (53-54): 77-88.
- Espinoza-Roblero, A., Virgen, A., Cruz-López, L., Malo, E. A. y Rojas, J. (2014). Respuestas comportamentales y electrofisiológicas de hembras de *Trichoplusia* ni (Lepidoptera: Noctuidae) a volátiles de plantas hospederas. *Entomología Mexicana*, 1, 390-395.
- Flores-Trejo A, G. Almaguer-Vargas, J. Aguilar-Ávila, R. Rendón-Medel y S. R. Márquez-Berber. (2016). Redes sociales y confianza entre productores de rambután en el Soconusco, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (15): 3009-3021.
- García de Alba G., J. E. Ramírez H., B. C. Robles A., G. Zañudo H., J. Salcedo R., A. L. (2012). Conocimiento y uso de las plantas medicinales en la zona metropolitana de Guadalajara *Desacatos*, 39: 29-44.
- García E. (1973). Modificaciones del Sistema de clasificación de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República mexicana. Ed. U. N. A. M. México. Pp 1-12.
- García-Luján, C., Martínez, A., Ortega, J. L. y Castro, F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 9 (2): 86-96.
- Gee G.W. y Bauder J.W. (1986). Particle-size analysis. En: Klute, A. (ed.), *Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods*. Pp. 383–411. No 9 en *Agronomy*, ASA, ASSA, Inc., Publisher, Madison, Wisconsin, USA.
- Gómez R., M. P.; J. W., Arboleda V. y O. M., Mosquera M. (2021). Género *Aspergillus*: fuente potencial de péptidos bioactivos. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 17 (1): 73-89.
- Gómez R., O.; Zavaleta M., E. (2001). La Asociación de Cultivos una Estrategia más para el Manejo de Enfermedades, en Particular con *Tagetes* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19 (1): 94- 99.
- González-Cortés, J. C.; M. A., Cepeda-Villegas; Y., Carreón-Abud y M., Martínez-Trujillo. (2013). Nematofauna asociada a cultivos agrícolas en el Estado de Michoacán. *Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 15 (1): 63 – 74.
- Grigorjev, C. A. y Brizuela, N. Y. (2010). Efectos de ruda ssp. sobre la actividad del musculo liso gastrointestinal aislado de rata. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas*, 67 (2): 73-76.
- Gutiérrez F., C. C. (2017). Evaluación de la actividad antifúngica de extractos etanólicos de paico (*Chenopodium ambrosioides*), KHOA (*Clinopodium bolivianum*) y ruda

- (*Ruta graveolens*) frente a *Moniliophthora spp* aislada a partir de muestras de cacao con moniliasis, La Paz-Bolivia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Farmacéuticas Y Bioquímicas. Universidad Mayor De San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Gutiérrez-Soto, M. V. y J., Torres-Acuña. (2013). Síntomas asociados a la deficiencia de boro en la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 24 (2): 441-449.
- Kerry B. R. (2000). Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes. *Revista Phytopathol*, 38: 423-450.
- López B. W., Reynoso S. R., López M. J. Camas G. R., Tasistro A. (2018). Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Fraylesca, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9 (1): 65-79.
- López-Villafranco, M. E., Aguilar-Contreras, A., Aguilar-Rodríguez, S. y Xolalpa-Molina, S. (2017). Las verbenaceae empleadas como recurso herbolario en México: una revisión etnobotánica-médica. *Polibotánica*, (44): 195-216. DOI: 10.18387/polibotanica.44.14
- Macías-Torres, E. T. (2019). *Extracción y cuantificación de compuestos fenólicos en cáscara de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) de dos variedades (dulce y amarga)*. Tesis de licenciatura. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas. Ecuador.
- Mamani C. S. E., Medardo W. Blanco Villacorta, Juan J. Vicente Rojas. (2021). Evaluación de tres variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en tres soluciones nutritivas en Sistema Hidropónico de raíz flotante en el Municipio de El Alto. *Revista Aphapi*, 7 (3): 2101-2207.
- Marroquín-Agreda, J. F., Gabriel-Hernández, M., Osorio-Espinoza, H. y Toledo-Toledo, E. (2019). Potencial de las plantas aromáticas en la entomofauna y calidad del rambután (*Nephelium lappaceum* L.). *Revista Cultivos Tropicales Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 40 (1): a01-e01.
- Martínez-Gutiérrez, G. A.; L. Nicolás-Santana; Y. D., Ortiz-Hernández; I., Morales, y G. F. Gutiérrez-Hernández. (2016). Crecimiento y contenido de aceite en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo mallas sombra de colores. *Revista Interciencia*, 41 (6): 428-432.
- Martínez B., Infante D., Reyes Y. (2013). *Trichoderma spp.* y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista Protección Vegetal*, 28 (1): 1-11.
- Másmela-Mendoza, J. E.; L. M. Lizarazo-Forero y N. J. Aranguren-Riaño. (2019). Bacterias nitrificantes cultivables de la zona limnética del lago de Tota, Boyacá. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22 (2): 1-10.
- Melesio-Enríquez, J. I. Ramos-Aguilar, M. y Espinosa-Rodríguez, M. (2018). Evaluación del extracto de epazote como control en la mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) en el cultivo de jitomate. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 4 (12): 15-18.
- Mena-Huertas, J. García, J. P., Nicola-Benavides, N. y Yépez, M. C. (2017). Evaluación de la variación de los compuestos presentes en aceite esencial de *Ruta graveolens* L., sometida a condiciones de estrés hídrico. *Revista Centro de Estudios en Salud*, 8 (10): 120-130.
- Mercado-Mercado, G., De la Rosa-Carrillo, L., Wall-Medrano, A., López-Díaz, J. A. y Álvarez-Parrilla, E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria*, 28 (1): 36-46.

- Moreno M., M. A., Parada Palacios, E. A., Mejía Valencia, J. G. y Espinoza Madrid, P. A. (2013). Toxicología subcrónica de infusión de *Chenopodium ambrosioides* (epazote) por administración oral en ratones NIH. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18 (1): 157-170.
- Nevada-González, G. F. (2010). Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (*ruta graveolens* L.), con alto contenido de polifenoles. Tesis de licenciatura. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 118 p.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RENACT-2000. Tomada de: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>
- Orozco-Corral, A. L., Valverde-Flores, M. I., Martínez-Téllez, R., Chávez-Bustillos, C. y Benavides-Hernández, R. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con manzano biofertilizado. *Terra Latinoamericana*, (34): 441-456.
- Osorio-Espinoza H., Á. Leyva-Gala, E. Toledo-Toledo, F. J. Marroquín-Agreda y M. Gabriel-Hernández. (2017). Rambután (*Nephelium lappaceum* L.), un frutal exótico para la diversificación de los agroecosistemas tropicales. *CitriFruit*, 34 (2): 64-67.
- Osorio-Espinoza, H., Leyva-Galán, A., Toledo-Toledo, E., Marroquín-Agreda, F. J. y Gabriel-Hernández, M. (2019). La producción de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en Chiapas, México. Oportunidades para una producción agroecológica. *Revista Cultivos Tropicales Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 40 (1): a14-e14.
- Pedraza L.A., C.E. López, D. Uribe-Vélez. (2020). Mecanismos de acción de *Bacillus* spp. (Bacillaceae) contra microorganismos fitopatógenos durante su interacción con plantas. *Acta biológica colombiana*, 25 (1): 112-125.
- Pereira-Giardini Bonfimse, F., Machado Torres-Menezes, G., Aparecida de Oliveira-Gomes, J., Aparecida-Teixeira, D., Solano Mendoza, J. D. y De Souza-Parreiras, N. (2018). Alelopatía: el potencial de las plantas medicinales en el control de especies espontáneas. *Revista Centro Agrícola*, 45 (1): 78-87.
- Pérez R., A. y H. A., Jürgen P. (2015). Prácticas de cosecha y poscosecha del Rambután en el Soconusco, Chiapas, México. *LEISA Revista de Agroecología*, 20 (3): 24-26.
- Pérez-Cordero, A., Vitola-Romero, D. y Chamorro-Anaya, L. (2018). Aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum*) contra *Colletotrichum gloeosporioides*. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21 (1): 99 -108.
- Puente, M. (2005). Determinación del efecto del extracto *Stachytarpheta jamaicensis* Gard. (Verbena cimarrona) sobre el crecimiento in vitro del hongo *Sclerotium rolfsii* Sac. *Centro Agrícola*, 32 (3), 89-91.
- Ramírez-Montoya, R., Angulo-Ortiz, A., Olivero-Verbel, J. y Santafé-Patiño, G. (2013). Relación entre la composición química y la actividad antioxidante del aceite esencial de *Ocimum basilicum* L. cultivado bajo diferentes tratamientos de fertilizante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18 (1): 47-56.
- Reyes A. M. del R., O.F. Mora E., J. Morales R., D. de J. Pérez L. (2017). Influencia del magnesio y zinc en la altura de planta y verdor de hojas en *Lilium*. *Revista Investigación y Ciencia*, 25 (70): 31-37.
- Reyes M. M. (2018). Uso de la fertilización en rambután (*Nephelium lappaceum* L.) para mejorar aspectos de la calidad de los frutos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Estado de México. 105 p.
- Reyes-Moreno M., E. García-Villanueva, S. Chávez-Franco, A. Muratalla-Lúa, J. Reyes-Moreno, J.M.E. Aguilar-Luna. (2020). Fertilización en rambután (*Nephelium*

- lappaceum* L.) para mejorar la calidad de frutos. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 7 (1): e2412. DOI: 10.19136/era.a7n1.2412
- Reyes-Pérez, J. J., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Reynaldo-Escobar, I. M., Rueda-Puente, E. O., Marín-Quevedo, K. P., Parra-Gallardo, G. P., Luna-Murillo, R., Carrera-Molina, D. S., Torres-Rodríguez, J. A. y Cabrera-Bravo, D. (2016). Respuesta de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) a la salinidad en las etapas iniciales de crecimiento. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 18 (1): 65-72.
- Reyes-Quintanar, C. K., Martínez-Carrera, D., Morales-Almora, P., Sobal-Cruz, M., Escudero-Uribe A. H. y Ávila-Acevedo, J. G. (2014). Efecto del extracto de ruda (*Ruta graveolens*) en el crecimiento micelial de *Trichoderma*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5 (8): 1433-1446.
- Rivas, K., Rivas, C, y Gamboa, L. (2015). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Multiciencias, 15, (3): 281-289.
- Rodríguez-González, O., Acosta-De la Luz, L., Hechevarría-Sosa, I., Milanés-Figueroa, M. y Rodríguez-Ferradá, C. A. (2008). Estudio comparativo entre el monocultivo y la asociación de cultivo en varias plantas medicinales. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 13 (3): 1-7.
- Rodríguez-Morcelle, M. I., Lía-Rossi, A., Gattuso, M. y Apóstolo, M. (2015). Composición de los aceites esenciales de especies de *Verbena* nativas de la provincia de Buenos Aires bajo cultivo. Revista Dominguezia, 31 (2): 25-32.
- Rojas, J., Mender, T., Rojas, L., Gullien, E., Buitrago, A., Lucena, M. y Cárdenas, C. (2011). Estudio comparativo de la composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Ruta graveolens* L. recolectada en los estados Mérida y Miranda, Venezuela. Revista Avances en Química, 6 (3): 89-93.
- Romero, R., Morales, P., Pino, O., Cermel, M. y González, E. (2015). Actividad insecticida de seis extractos etanólicos de plantas sobre mosca blanca. Revista Protección Vegetal, 30, 11-16.
- Ruiz, C., Díaz, C. y Rojas, R. (2015). Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas. Revista Sociedad Química Perú, 81 (2): 81-94.
- Sáenz, R. T. J., F. J. Villaseñor R., H. J. Muñoz F., A. Rueda S. y J. A. Prieto R. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. Pp. 12, 18 y 19.
- Salazar, E. (13 de junio de 2020). Cae producción de rambután en un 60%. *El Orbe*. P. 162.
- Sánchez-Govín, E., Leal-López, I. M., Fuentes-Hernández, L. y Rodríguez-Ferrada, C. A. (2000). Estudio farmacognóstico de *Ocimum basilicum* L. (albahaca blanca). Revista Cubana Farmacia, 34 (3): 187-95.
- Serrano-Gallardo, L. B., Soto-Domínguez, A., Ruiz-Flores, P., Nava-Hernández, M. P., Morán-Martínez, J., García-Garza, R. y Martínez-Pérez, E. F. (2013). Efecto tóxico del extracto acuoso de *Ruta graveolens* del Norte de México sobre el hígado de rata wistar. Revista Int. J. Morphol., 31 (3): 1041-1048.
- Sivaranjani, R., Ramakrishnan, K. & Bhuvaneshwari G. (2014). Pharmacogistic studies on root of *Stachytarpheta jamaicensis*. Revista International Letters of Natural Sciences, 8 (2): 100-105.

- Solaiman Z.M., M.D. Anawar H. (2015). Rhizosphere Microbes Interactions in Medicinal Plants. In: Soil biology Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants. Edit. Springer. USA. Pp 19 – 41.
- Sosa-Rodriguez, B. A. y Y. S. García-Vivas. (2020). Contenido y distribución de macronutrientes en rambután en el litoral atlántico de Honduras. *Agronomía Mesoamericana*, 31 (3): 760-772.
- Vargas, A. (2003). Descripción morfológica y nutricional del fruto de Rambutan (*nephelium lappaceum*). *Revista Agronomía Mesoamericana*, 14 (2): 201-206.
- Vásquez-Covarrubias, D. A., Montes-Belmon, R., Jiménez-Pérez, A. y Flores Moctezuma, H. E. (2013). Aceites Esenciales y Extractos Acuáticos para el Manejo in vitro de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* y *F. solani*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31 (2): 170-179.
- Villalobos-Delgado, L. H., González-Mondragón, E. G., Salazar-Govea, A. Y., Santiago-Castro, J. T. y Ramírez-Andrade, J. (2016). Efecto antioxidante de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) en carne molida cruda de bovino. *Revista NACAMEH*, 10 (2): 35-48.
- Villalobos-Osorio, D., Ramírez-González, I., Rojas-Fermín, L., Santiago-Silva, B., Carmona-Arzola, J. y Avendaño-Meza, M. (2014). Composición del aceite esencial y caracterización físicoquímica de las hojas de *Stachytarpheta mutabilis* (Jacq.) Vahl. *Revista Avances en Química*, 9 (1): 15-19.
- Villa-Martínez, A.; R., Pérez-Leal; H. A., Morales-Morales; M., Basurto-Sotelo; J. M., Soto-Parra; E., Martínez-Escudero. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Revista Acta Agronómica*, 64 (2): 194-205.
- Villegas-Mendoza, J. M., Santes-Hernández, Z., Rivera-Sánchez, G., Mireles-Martínez, M., Rosas-García, N. M. y Paz-Gonzalez, A. D. (2014). Evaluación tóxica a nivel laboratorio de extracto acético y tres metabolitos de ruda (*Ruta graveolens*) contra el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Revista Entomología Mexicana*, 1, 185-189.
- Weather spark. Tomada de: <https://es.weatherspark.com/y/10527/Clima-promedio-en-Metapa-de-Dom%C3%ADnguez-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>. Fecha de consulta 15 de noviembre de 2022.
- Yáñez M., P.; Escoba, A.; Molina, C.; Zapata, G. (2014). Comparación de la actividad acaricida de los aceites esenciales de *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* Y *Thymus vulgaris* contra *Tetranychus urticae* la granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, 19 (1): 21-33.
- Yáñez-Díaz, M. I., Cantú-Silva, I. y González-Rodríguez, H. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en las propiedades químicas de un vertisol. *Revista Terra Latinoamericana*, (36): 369-379.
- Zavala, R., Herrera, J., Lara, A. S. y Garzón-Corté, V. D. (2016). Evaluación de la toxicidad aguda de un extracto alcohólico de hojas de epazote (*Chenopodium ambrosioides*). *Revista Spei Domus*, 12 (24): 31-38. <http://dx.doi.org/10.16925/sp.v12i24.1890>

## 8. ANEXOS

Cuadro A1. Comparación de los análisis químicos iniciales y finales (2021-2022).

PARAMETROS QÍMICOS	TRATAMIENTOS									
	<i>R. graveolens</i>		<i>O. basilicum</i>		<i>S. jamaisensis</i>		<i>Ch. ambrosioides</i>		<i>N. lappaceum</i>	
	2021*	2022**	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
NT %	0.13	0.05	0.12	0.06	0.13	0.07	0.11	0.073	0.12	0.083
NA %	0.0021	0.0008	0.0018	0.0009	0.0019	0.0011	0.0016	0.0011	0.0018	0.0012
M.O. %	3.32	2.39	2.79	3.16	3.00	3.41	2.44	2.943	2.96	2.696
C. O. %	1.93	1.37	1.62	1.84	1.74	1.98	1.41	1.713	1.71	1.563
P mg/kg	30.33	28.40	55.33	28.94	32.67	32.20	42.66	31.51	36.33	29.67
K mg/kg	266.00	136.67	258.00	127.67	248.33	159.00	214.33	93.866	237.66	89.1
Mg mg/kg	118.33	61.00	143.33	78.13	159.00	77.60	136.66	60.13	138.00	25.00
Ca mg/kg	601.00	527.13	926.67	679.67	986.67	666.67	933.33	668.00	741.33	525.13
Na mg/kg	116.67	14.12	114.67	12.91	116.33	10.30	110.00	9.28	132.66	21.8
B mg/kg	0.16	0.07	0.19	0.14	0.26	0.08	0.25	0.012	0.24	0.12
CIC meq/100g	5.17	3.53	6.98	4.55	7.39	4.40	6.82	4.03	6.36	3.36
S mg/kg	653.00	387.43	568.67	325.13	487.00	292.20	573.33	315.266	502.00	287.266
pH	6.68	6.29	6.49	6.07	6.48	5.98	6.41	5.99	6.38	5.63
C. E. dS/m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03
R C/N	14.84	27.4	13.5	30.6	13.4	20.3	12.8	23.45	14.25	18.83

\*Inicio del experimento

\*\*Final del experimento

Cuadro A2. Medias de las alturas (cm) de los tratamientos replicas/bloques.

Tratamiento	Alt. (cm)						
Ruda 1	24.52	Albahaca 1	17.75	Verbena 1	73.67	Epazote 1	63.22
Ruda 1	26.05	Albahaca 1	21.84	Verbena 1	76.92	Epazote 1	53.36
Ruda 1	19.36	Albahaca 1	23.15	Verbena 1	62.49	Epazote 1	66.94
Ruda 1	20.72	Albahaca 1	19.54	Verbena 1	63.92	Epazote 1	74.41
Ruda 2	50.57	Albahaca 2	34.26	Verbena 2	73.17	Epazote 2	65.67
Ruda 2	52.43	Albahaca 2	45.66	Verbena 2	69.12	Epazote 2	78.66
Ruda 2	22.72	Albahaca 2	34.69	Verbena 2	46.11	Epazote 2	74.05
Ruda 2	45.69	Albahaca 2	39.45	Verbena 2	60.50	Epazote 2	61.60
Ruda 3	31.86	Albahaca 3	36.19	Verbena 3	64.66	Epazote 3	100.53
Ruda 3	30.13	Albahaca 3	38.13	Verbena 3	57.80	Epazote 3	39.40
Ruda 3	48.76	Albahaca 3	27.85	Verbena 3	56.18	Epazote 3	116.31
Ruda 3	26.87	Albahaca 3	33.88	Verbena 3	52.45	Epazote 3	95.56
Ruda 4	18.70	Albahaca 4	38.06	Verbena 4	75.49	Epazote 4	89.02
Ruda 4	14.02	Albahaca 4	46.26	Verbena 4	58.02	Epazote 4	74.27
Ruda 4	28.12	Albahaca 4	56.45	Verbena 4	56.65	Epazote 4	71.18
Ruda 4	42.31	Albahaca 4	61.62	Verbena 4	75.85	Epazote 4	93.70

Ruda 5	19.94	Albahaca 5	41.38	Verbena 5	64.42	Epazote 5	103.26
Ruda 5	21.66	Albahaca 5	51.14	Verbena 5	69.22	Epazote 5	77.20
Ruda 5	28.39	Albahaca 5	43.97	Verbena 5	74.22	Epazote 5	75.20
Ruda 5	22.65	Albahaca 5	33.37	Verbena 5	80.29	Epazote 5	44.88
Ruda 6	56.67	Albahaca 6	53.70	Verbena 6	69.14	Epazote 6	77.70
Ruda 6	25.17	Albahaca 6	46.53	Verbena 6	40.93	Epazote 6	54.94
Ruda 6	24.10	Albahaca 6	24.88	Verbena 6	77.16	Epazote 6	53.77
Ruda 6	21.22	Albahaca 6	38.72	Verbena 6	66.45	Epazote 6	75.06

Nota: los cuatro números repetidos significan las réplicas y la secuencia del 1 al 6 los bloques.

Cuadro A3. Medias de los diámetros (cm) de los tratamientos replicas/bloques.

Tratamiento	Diam. (mm)						
Ruda 1	2.96	Albahaca 1	2.37	Verbena 1	16.72	Epazote 1	6.34
Ruda 1	4.73	Albahaca 1	2.26	Verbena 1	16.89	Epazote 1	5.01
Ruda 1	3.29	Albahaca 1	1.81	Verbena 1	15.09	Epazote 1	9.71
Ruda 1	3.54	Albahaca 1	3.87	Verbena 1	13.42	Epazote 1	10.27
Ruda 2	9.40	Albahaca 2	5.73	Verbena 2	15.63	Epazote 2	5.20
Ruda 2	7.15	Albahaca 2	4.88	Verbena 2	17.68	Epazote 2	5.41
Ruda 2	5.37	Albahaca 2	3.17	Verbena 2	11.67	Epazote 2	5.49
Ruda 2	5.72	Albahaca 2	7.71	Verbena 2	16.11	Epazote 2	5.28
Ruda 3	6.03	Albahaca 3	6.83	Verbena 3	21.89	Epazote 3	13.39
Ruda 3	5.74	Albahaca 3	6.01	Verbena 3	16.13	Epazote 3	5.50
Ruda 3	9.56	Albahaca 3	6.42	Verbena 3	17.66	Epazote 3	19.65
Ruda 3	4.97	Albahaca 3	7.13	Verbena 3	16.83	Epazote 3	13.04
Ruda 4	4.84	Albahaca 4	5.11	Verbena 4	15.98	Epazote 4	8.45
Ruda 4	3.98	Albahaca 4	5.36	Verbena 4	14.25	Epazote 4	13.09
Ruda 4	5.43	Albahaca 4	36.86	Verbena 4	10.88	Epazote 4	6.12
Ruda 4	5.66	Albahaca 4	7.18	Verbena 4	16.65	Epazote 4	7.47
Ruda 5	5.02	Albahaca 5	4.43	Verbena 5	17.84	Epazote 5	6.67
Ruda 5	3.05	Albahaca 5	6.04	Verbena 5	16.26	Epazote 5	5.83
Ruda 5	5.57	Albahaca 5	6.46	Verbena 5	15.38	Epazote 5	4.43
Ruda 5	4.62	Albahaca 5	4.64	Verbena 5	13.42	Epazote 5	4.34
Ruda 6	9.13	Albahaca 6	7.01	Verbena 6	14.62	Epazote 6	7.09
Ruda 6	4.45	Albahaca 6	7.60	Verbena 6	12.16	Epazote 6	5.96
Ruda 6	6.02	Albahaca 6	4.01	Verbena 6	15.89	Epazote 6	5.11
Ruda 6	3.75	Albahaca 6	5.90	Verbena 6	14.00	Epazote 6	6.21

Nota: los cuatro números repetidos significan réplicas de las plantas medicinales y la secuencia del 1 al 6 los bloques.

## Fotografías del trabajo experimental



Figura A1. Fotografías de las plantas propagadas por esquejes.



Figura A2. Fotografía de la parcela de rambután donde se realizó la asociación de plantas medicinales.



Figura A3. Traslado de las plantas medicinales el día del establecimiento en campo.



Figura A4. Medición y cajeteo a ras de suelo, de la zona media de goteo de la copa de los árboles, previo a la asociación de plantas medicinales.



Figura A5. Se cavaron las cepas y se obtuvieron las muestras de suelo para su análisis el 25 de junio del 2021.



Figura A6. Fotografías del establecimiento de las plantas medicinales asociadas a rambután.



Figura A7. Fotografía de las diferentes asociaciones de las especies de plantas medicinales utilizadas.



Figura A8. Visita del director de tesis y los asesores al área experimental.



Figura A9. Excretas encontradas en la media zona de goteo de los árboles de rambután asociados a plantas medicinales.



Figura A10. Toma de diámetro, altura de las plantas medicinales y secado de las partes área y raíz de las plantas destruidas al final del experimento.