

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA AGRICOLA**

**INCIDENCIA, DISTRIBUCION ESPACIAL Y FACTORES FÍSICOS
Y MORFOLÓGICOS DE TERMITEROS EN PLANTACIÓN
COMERCIAL DE TECA (*Tectona grandis*) EN LA PROVINCIA DE
DARIÉN.**

**PRESENTADO POR:
FRANCHESKA L. HURTADO C.**

8-945-1814

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

INCIDENCIA, DISTRIBUCION ESPACIAL Y FACTORES FÍSICOS Y MORFOLÓGICOS
DE TERMITEROS EN PLANTACIÓN COMERCIAL DE TECA (*TECTONA GRANDIS*) EN
LA PROVINCIA DE DARIÉN.

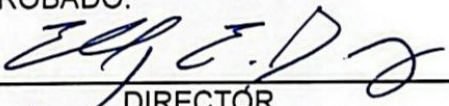
TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

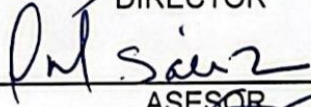
PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE SER
OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIA

APROBADO:

DOCTOR EDDY BARRAZA


DIRECTOR

MGTR. DIÓGENES MORA


ASESOR

DOCTORA LOURDES RUBATINO


ASESOR

PANAMÁ, PANAMÁ

REPÚBLICA DE PANAMÁ
2025

DEDICATORIA

Ante todo, dedico esta tesis a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por ser mi guía en cada paso de este recorrido. A Él le doy gracias por iluminar mi mente, sostener mi corazón en los momentos de incertidumbre y darme la perseverancia para alcanzar esta meta. Sin Su amor y gracia, nada de esto habría sido posible.

A mi familia, especialmente a mis padres, por ser instrumentos de su bendición en mi vida. Su apoyo incondicional, sus oraciones y su ejemplo de fe, han sido pilares fundamentales en mi formación, tanto personal como académica.

A mis profesores y mentores, en especial al Dr. Eddy Barraza por compartir sus conocimientos, brindar su orientación y fomentar en mí el pensamiento crítico y la pasión por el aprendizaje. Su influencia ha sido invaluable en la realización de este trabajo.

A mis amigos y colegas, por su compañía, sus valiosos aportes y su aliento durante los momentos desafiantes. Su solidaridad ha sido un pilar fundamental en este recorrido.

A Sara Sofia Vergara Hurtado, por ser mi soporte emocional y mi razón para seguir adelante. Esta tesis también es tuya.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, han contribuido a la realización de este proyecto. Esta tesis es el resultado de un esfuerzo colectivo, y a todos ellos les expreso mi más sincero reconocimiento.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser mi fuente de fortaleza y sabiduría durante todo este proceso. Su guía y bendición han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

A mis padres, CECILIA CORDOBA Y FRANKLIN HURTADO por su apoyo incondicional, su amor y su paciencia. Gracias por creer en mí y por ser mi motivación en los momentos más desafiantes.

Mis profesores y asesores, por compartir sus conocimientos, brindarme orientación, A mi asesor Dr. Eddy Barraza por creer en mis capacidades como estudiante.

Al equipo del Team termitas en especial a la Doctora Aidamalia Vargas, por permitir estar en su equipo de trabajo y lograr ser parte de esta investigación, el cual pudo ser posible esta tesis.

A ti, mi querida hija, Sara Sofia, quiero dedicarte estas palabras de gratitud. Eres mi mayor inspiración y mi razón para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Tu sonrisa y tu amor incondicional han sido mi motor para alcanzar esta meta.

A las instituciones como SENACYT y Laboratorio de Diagnostico Fitosanitario (MIDA) a las personas que trabajan en ellas, Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, las personas que facilitaron los recursos y herramientas

necesarias para la realización de esta investigación. Su colaboración fue invaluable para alcanzar los objetivos planteados.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la culminación de este proyecto. Cada uno de ustedes ha dejado una huella en este logro, y les estaré eternamente agradecido/a.

RESUMEN

Se evaluó la incidencia y distribución espacial de termiteros, así como los factores físicos y morfológicos asociados, que afectan las plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis*) en la provincia de Darién. La teca es una especie forestal de gran importancia económica, y su manejo sostenible es esencial para el desarrollo de la región.

El trabajo se desarrolló en una plantación comercial de teca, seleccionando una parcela de una hectárea, con una población de 625 árboles con edad promedio de 3 años de plantados. En estos árboles se registró la presencia de termiteros y se midieron diversas variables ambientales del sitio como, humedad y temperatura; así como variables físicas de los termiteros que incluyeron; altura del termitero desde la base del suelo, peso del termitero, ancho y largo del termitero; así como también se registró el tipo de cobertura existente en la base de los árboles. Los resultados preliminares indican que existe una correlación significativa entre la presencia de termiteros y la cobertura del suelo, que favorecen el reciclaje de nutrientes y la retención de humedad, beneficiando así la salud de las plantas de teca.

Este estudio proporciona información valiosa sobre el papel ecológico de los termiteros en los ecosistemas de plantaciones y presenta recomendaciones para la gestión forestal que podrían mejorar la sostenibilidad de la producción de teca en la región. Al clarificar las interacciones entre las poblaciones de termiteros y las plantaciones de teca, se busca apoyar a los administradores de tierras y

responsables de políticas en la implementación de estrategias efectivas que mantengan la salud de las plantaciones y optimicen la productividad.

***Palabras claves:* Parcela, humedad, temperatura, peso, producción.**

ABSTRACT

The incidence and spatial distribution of termite mounds, as well as the associated physical and morphological factors affecting commercial teak (*Tectona grandis*) plantations in the Darién province, were evaluated. Teca is a forest species of great economic importance, and its sustainable management is essential for the development of the region.

The study was conducted in a commercial teak plantation, where a one-hectare plot was selected, containing a population of 625 trees with an average planting age of 3 years. The presence of termite mounds was recorded on these trees, and various environmental variables were measured, including humidity and temperature. Physical variables of the termite mounds were also assessed, such as mound height from the ground base, mound weight, width, and length, as well as the type of ground cover present at the base of the trees. Preliminary results indicate a significant correlation between the presence of termite mounds and ground cover, which promotes nutrient recycling and moisture retention, thereby benefiting the health of teak plants.

This study provides valuable information on the ecological role of termite mounds in plantation ecosystems and offers recommendations for forest management that could enhance the sustainability of teak production in the region. By clarifying the interactions between termite populations and teak plantations, the study aims to support land managers and policymakers in implementing effective strategies to maintain plantation health and optimize productivity.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. ANTECEDENTES	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	9
1.4. OBJETIVOS	11
1.4.1. Objetivo general	11
1.4.2. Objetivos específicos	11
1.5. HIPOTESIS	12
1.5.1. Hipótesis nula	12
1.5.2. Hipótesis alternativa	12
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES	13
2. REVISIÓN DE LITERATURA	14
Fundamentación teórica de la investigación	14
2.1. Taxonomía y nomenclatura.	14
2.2. Descripción	15
2.2.2. <i>Comportamiento</i> reproductivo	16
2.3. Suelos	17
2.4. Características y propiedades <i>de la madera</i>	17

2.5.	Precipitación	18
2.6.	Nasutitermes corniger	18
2.6.1.	Clasificación científica	18
2.6.2.	Distribución geográfica:	18
2.6.3.	Características físicas:	18
2.6.4.	Comportamiento y ecología:.....	19
2.6.5	Defensa:	19
2.6.6.	Importancia ecológica y económica:.....	19
2.6.7.	Reproducción	20
2.6.8.	Comportamiento alimenticio.....	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1.	Descripción de la localidad y acceso al sitio de muestreo	22
	Figura 1. Lugar de muestreo y localización de la parcela.	23
3.2.	Determinación de la incidencia y distribución de termiteros.....	24
	Figura 2. Arboles con incidencia de termiteros.	25
3.3.	Recolección de las muestras	25
	Figura 3. Recolección de termiteros	27
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.	Incidencia de termiteros	29
	4.1.1. Densidad de termiteros Se registraron 44 termiteros en 1 hectárea, lo que indica una densidad alta de termitas en la plantación.....	29
	4.1.2. Impacto en la plantación.....	29
4.2.	Distribución espacial	30

4.3. Posibles causas de la distribución	31
4.3.1. Centro de la parcela	31
4.3.3. Implicaciones	32
4.4. Factores físicos.....	33
4.4.1. Relación Árbol-Termiteros	33
Gráfico 2. Altura de los termiteros	33
4.4.2. Pendiente	33
4.4.3. Peso y tamaño.....	34
Grafico 3. Peso de los termiteros.....	34
Grafico 4. Relación del peso/largo del termitero.	35
4.5. Condiciones climáticas	35
4.5.1. Temperatura	35
4.5.2. Humedad relativa:.....	36
Grafico 5. Relación temperatura/humedad.....	37
4.6.1. Impacto en la plantación.....	38
4.9. Interpretación de la altura del suelo a termiteros	38
4.10. Factores que influyen en la altura de los termiteros	39
4.10.1. Disponibilidad de recursos.....	39
4.11. Estructura poblacional de Nasutitermes corniger	40
Figura 7. Línea de ápteros o no reproductiva	40
5. Anexo	43
6 CONCLUSIONES	47
7. RECOMENDACIONES.....	49
7.1. Monitoreo y evaluación continua	49
7.2. Control de factores ambientales.....	49

7.3. Estrategias de control de termitas.....	50
7.3.1 Métodos físicos	50
7.3.2. Métodos químicos.....	50
7.3.3. Métodos biológicos.....	50
7.4. Manejo de la plantación	50
7.4.1. Podas y limpieza.....	50
7.5. Diversificación de especie	50
7.6. Enfoque en meses críticos	51
7.6.1. Febrero.....	51
7.6.2. Mayo y junio.....	51
7.7. Educación y capacitación	51
7.7.1. Capacitar al personal.....	51
7.7.2. Concientización	51
7.8. Investigación y desarrollo	51
7.8.1. Estudios adicionales	51
7. BLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Representación de los Factores Morfológicos y Físicos de la investigación.....	38
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lugar de muestreo y localización de la parcela.....	223
Figura 2. Árboles con incidencia de termiteros.....	25
Figura 3. Recolección de termiteros	27
Figura 4. Proceso de extracción de termitas para análisis de densidad poblacional.....	27
Figura 5. Proceso para colectas de termiteros en campo. cuantificación de las castas en el laboratorio.....	28
Figura 6. Croquis de la localización de los termiteros vivos dentro de la hectárea seleccionada. H: representan las hileras; A: representan los árboles.....	30
Figura 7. Línea de ápteros o no reproductiva.....	40
<i>Figura 8. Árbol filogenético elaborado con secuencias del gen COI.....</i>	<i>44</i>
Figura 9. Árbol filogenético elaborado con secuencias del gen COII.....	45
Figura 10. Árbol filogenético elaborado con secuencias del gen 16S.....	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Densidad poblacional.....	32
Gráfico 2. Altura de los termiteros.....	33
Gráfico 3. Peso de los termiteros.....	34
Gráfico 4. Relación del peso/largo del termitero.....	35
Gráfico 5. Relación temperatura/humedad.....	37

1. INTRODUCCIÓN

La Teca (*Tectona grandis*) es un árbol caducifolio de tamaño grande, natural del Sudeste de Asia, en donde alcanza hasta 45 m de altura y desarrolla un tronco con contrafuertes al llegar a la madurez. La Teca, fuente de una de las maderas tropicales más valiosas y mejor conocidas, ha sido plantada extensamente para la producción de madera para la construcción naviera, muebles y carpintería en general (**Weaver, 2021**).

La teca es una de las especies forestales más valoradas a nivel mundial, no solo por su madera de alta calidad, sino también por su potencial en la reforestación y conservación. Sin embargo, la salud de las plantaciones comerciales de teca puede verse afectada por diversos factores bióticos y abióticos, entre los cuales los termiteros juegan un papel crucial. Los termiteros no solo contribuyen al proceso de descomposición y reciclaje de nutrientes en el ecosistema, sino que también pueden influir en la estructura y productividad de las plantaciones.

Al igual que otras especies forestales, la teca está expuesta a plagas y enfermedades, las mismas que son ocasionadas por factores asociados al medio en el que se desarrollan, causando así limitaciones en su producción. Este estudio se enfoca en la provincia de Darién, un área rica en biodiversidad y con características ambientales particulares que pueden afectar la incidencia y distribución de los termiteros. A través de este análisis, se busca identificar los factores físicos y morfológicos que determinan la presencia de termiteros en los cultivos de teca, así como su impacto en el crecimiento y salud de las plantas.

La literatura existente reconoce la importancia de los termiteros como agentes ecológicos, destacando su papel en la mejora del suelo y su influencia en la dinámica de los ecosistemas forestales. Sin embargo, investigación específica en el contexto de las plantaciones comerciales de teca en Darién es limitada, lo que subraya la necesidad de este estudio.

La digestión de la lignocelulosa presente en la madera por parte de las termitas, se basa de un complejo sistema enzimático sintetizado por las termitas y la simbiosis con una diversa comunidad de microbios intestinales (**Brune, 2014**). Las termitas son el mayor grupo de descomponedores en muchos ecosistemas tropicales y son cruciales para reciclar materia orgánica (**Brune & Ohkuma, 2011**). Sin embargo, algunas termitas son consideradas plagas, causantes de severos daños a las estructuras de construcciones, viviendas y plantaciones de árboles leñosos y frutales (**Randy, Atencio; Jaén, Melvin; Aguilera, 2021; SANTANA, 2004**).

Este trabajo pretende no solo aportar conocimiento sobre la incidencia y distribución de los termiteros, sino también ofrecer recomendaciones para el manejo sostenible de las plantaciones de teca en la región, considerando sus interacciones con el ecosistema.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De las 49 especies de termitas reportadas en Panamá, trece de ellas son consideradas plagas por causar daños a la madera y productos derivados de la madera (Cambra T., 2002; Nickle D., Collins, 1992). Se estimada que las termitas causan una pérdida económica de más de 40 mil millones de dólares anuales en todo el mundo mundial (Rust & Su, 2011). En la figura 1 se constata el costo millonario de los daños causados por termitas en distintas regiones del mundo. En Panamá, se han reportado termitas afectando distintas plantaciones; como es el caso de roble marfil (Ricardo Luján, John Beer, 1997), teca (Baltodano, 2007) y marañón (Randy, Atencio; Jaén, Melvis; Aguilera, 2021). Siendo *N. corniger* la especie de termita presente en los árboles de teca y marañón. Sin embargo, en nuestro país no existen reportes, ni entidad que monitoree los daños económicos causados al sector agrícola e industrial maderero.

1.2. ANTECEDENTES

Origen de la empresa Panamá Reforestación Services, S.A.

Según (Mong, 2023), PANAMA REFORESTACIÓN SERVICES, S.A. (P.R.S.) es una sociedad debidamente inscrita en el Registro Público a la Ficha: 748727, Documento No. 2055384, representada legalmente por el Sr. Miguel Vallarino. Como empresa desarrolla proyectos de reforestación comercial, aplicando manejos ambientalmente apropiados, socialmente beneficiosos y económicamente viables de plantaciones ubicadas en la provincia de Darién, República de Panamá.

Considerando la génesis del trabajo que desempeña y el número de empresas a las cuales presta servicio, PRS en el año 2019 crea un grupo con estas empresas adquiriendo la figura de administrador de grupo.

SUSTAINABLE TIMBERS S.A. (S.T.) y QUETZAL BLUE S. De R.L. (Q.B.) son integrantes del grupo PRS desde el año 2019. PANAMA TEAK 2 (P.T. 2) se integró en 2022 a el grupo PRS. Las mismas realizan monitoreo de sus operaciones, incluyendo sus impactos ambientales y sociales. Actualmente, el 100% de las UMF de ST y el 71% de las UMF QB cuentan con una certificación forestal con FSC®-C118488; las UMF's PT2, en cambio, se encuentra en proceso de certificación; este estatus es adquirido de forma voluntaria y con el cual se

garantiza el cumplimiento de las normas de calidad en todas las etapas del Proyecto.

Las empresas están protegiendo los bosques secundarios, humedales y cuencas de los ríos en sus fincas, que en promedio representan el 32% del área establecida.

SUSTAINABLE TIMBERS es una empresa dedicada a la reforestación de teca (*Tectona grandis* L.) e inicia operaciones en el año 2005. Maneja alrededor de 4,729.33 has. útiles e incluyendo las áreas boscosas, caminos, etc. un área total de 7,272.93 hectáreas. Estas fincas se encuentran divididas en 4 unidades de manejo forestal (UMF): Chanatí (2,205.9 has.), Sierpe (900.84 has.), Qda. Tanque (1,294.77 has.) y Carretera (2,871.43 has.), abarcando los corregimientos de Santa Fe, Zapallal, Río Congo, Metetí y Río Iglesias, distritos de Santa Fe, Chepigana y Pinogana, provincia de Darién.

Resulta importante destacar que el 100% de las plantaciones de ST se encuentran certificadas. Por su parte, la empresa PANAMA TEAK 2 maneja alrededor de 124.74 has. útiles, las áreas boscosas las cuales representan 34.32 has. Sumando así un área total de 159.06 hectáreas. Estas fincas se encuentran en la UMF de Caobonito.

QUETZAL BLUE S. De R.L. adquirió sus primeras fincas en el año 2017; actualmente cuenta con una superficie total de 3773.77, de las cuales 2816.40 has. son útiles para la actividad. De esta área útil, se encuentran reforestadas al

momento de la compra 383.71 has entre las UMF de Caobonito y Chitola que eran propiedad de la empresa SUSTAINABLE TIMBERS S.A. En el 2022, se adquieren 220.48 has y de éstas se siembran 171.34 has.

La superficie de área útil se encuentra distribuida entre las comunidades de Caobonito (184.01 has.), Chitola (247.35 has.), Arizal (1258.22 has.) de las cuales 123.36 has. se establecieron en 2022; Santa Bárbara (428.64 has.) de las cuales 248.11 has. se establecerán en el presente año, Relojera (238.63has.), Cañaza (127.46 has.), Agua Fría N°1 (116.04 has.) y Agua Fría N°2 (44.72 has), El Tirao (47.9 has) y en Zapallal (39.04 has,) las cuales se establecieron en 2022. El total de área útil de plantaciones establecidas es de 2483.86 hectáreas de las cuales se van a establecer en este año 248.11 has.

Resulta importante señalar que las UMF de Caobonito, Chitola, Agua Fría N°1,2, Cañaza, se encuentran certificadas en su totalidad; el 74% de las plantaciones de la UMF de Arizal se han certificado; el resto de la superficie de Arizal, Relojera, Zapallal, El Tirao y la UMF de Santa Bárbara, no se encuentran certificadas. En resumen, el 78% del área útil total de las fincas de QB se encuentran amparadas por un certificado forestal y el 22% restante no se han certificado.

Este año, QUETZAL BLUE S. De R.L., 2023 pretende incluir alrededor de 348 hectáreas de plantación a la certificación forestal.

Los beneficios de estos proyectos se atribuyen principalmente a la conversión de pastizales y rastrojos a una formación boscosa con múltiples beneficios

ambientales y el compromiso de conservar bosques de especies nativas primarios y rastrojos de regeneración mayores a 5 años; estas áreas deben representar cómo mínimo el 10% del total de la superficie del proyecto. Cabe señalar que en cuanto a la superficie actual descrita estas áreas representan un 27% de la superficie plantada para QUETZAL BLUE S. De R.L., un 35% de bosques para SUSTAINABLE TIMBERS, S.A. y de PANAMA TEAK 2 (PT2) un 17%.

Las actividades desarrolladas por ambas empresas traerán consigo beneficios económicos a las comunidades aledañas, mediante la generación de empleos a personas que se encuentren desempleadas o estuvieran subcontractadas por los anteriores dueños; y la compra de insumos a los diferentes comercios de la localidad.

Ambas empresas se rigen bajo la misma plataforma de monitoreos, con el objetivo de darles continuidad y replicarla en las fincas nuevas. Mediante estos monitoreos e investigaciones, se pretende dar seguimiento a aspectos como:

- Material genético (clones).
- Nutrición del árbol en el suelo (DAP).
- Crecimiento y desarrollo de los árboles (PPM, densidades de siembra).
- Controles naturales de erosión (sotobosque, kudzú).
- Control amigable de arvenses (glifosato).

- Manejo y aprovechamiento de madera (descopes).
- Monitoreos y vigilancia periódica de los bosques naturales (conservación de flora y fauna).
- Capacitación continua del personal de campo y administrativos,

Que sean objeto de mejoras continuas para optimizar el proceso de producción en sus diferentes etapas. Aunado a estos aspectos se implementarán equipos tecnológicos para la reforestación de precisión (GPS, GIS, Dron, etc.) y la utilización de herramientas forestales para la reducción de riesgos en materia de seguridad laboral e impactos ambientales.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación sobre la incidencia y distribución de termiteros en plantaciones comerciales de teca es de vital importancia, tanto desde el punto de vista ecológico como agronómico. Los termiteros desempeñan un papel crucial en los ecosistemas, ya que influyen en la estructura del suelo, la circulación de nutrientes y la biodiversidad. En particular, la provincia de Darién, conocida por su rica biodiversidad y su producción comercial de teca, ofrece un terreno ideal para investigar estas dinámicas.

Conocer la ubicación y la frecuencia de los termiteros en las plantaciones de teca es fundamental para el manejo efectivo de estos cultivos. Las termitas pueden ser tanto aliadas, al mejorar la calidad del suelo, como adversarias, al afectar negativamente el crecimiento de las plantas. Por tanto, esta investigación permitirá identificar cómo los factores físicos y morfológicos de los termiteros impactan la salud y el rendimiento de las plantaciones, ayudando a los agricultores a ajustar sus prácticas de manejo.

Además, existen pocos estudios previos que aborden la interacción específica de las termitas con las plantaciones de teca en Darién, lo que evidencia la necesidad de este trabajo. Al abordar esta problemática, la tesis contribuirá a llenar un vacío en la literatura existente y proporcionará recomendaciones prácticas para el manejo sostenible de plantaciones comerciales, asegurando así un uso eficiente de los recursos naturales en la región.

Para respaldar esta justificación, se hará referencia a trabajos como el de Jones et al. (1994), que analizan el impacto de las termitas en diversas ecosistemas, así como estudios sobre la producción de teca, que muestran la relevancia de entender las interacciones ecológicas en cultivos comerciales.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Realizar un estudio de la estructura poblacional de termiteros en plantación comercial de teca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la estructura poblacional de *Nasutitermes corniger* en una plantación de teca en la provincia de Darién.
- Evaluar parámetros físicos y variables ambientales de termiteros en una plantación de teca.

1.5. HIPOTESIS

1.5.1. Hipótesis nula

La estructura poblacional en termiteros del género *N. Corniger*, se mantiene igual en diferentes periodos del año.

1.5.2. Hipótesis alternativa

La estructura poblacional del género *N. Corniger*, no es la misma durante diferentes periodos del año.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

Con este trabajo investigativo se busca generar información relevante para el desarrollo del cultivo de teca, que aporte conocimiento sobre el comportamiento, distribución y posibles daños que pudiese ocasionar el insecto plaga en el rendimiento y calidad de la madera de teca en la provincia de Darién.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Fundamentación teórica de la investigación

Tectona grandis

Nomenclatura

Tectona grandis L. f

Reino: Plantas

Filum: Spermatophyta

Subphylum: Angiospermae

Clase: Dicotyledonae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae (Verbenaceae)

2.1. Taxonomía y nomenclatura.

El género *Tectona*, con cuatro especies asiáticas, se considera perteneciente a la familia Verbenaceae, aunque algunos autores lo consideran perteneciente a la familia Lamiaceae, estrechamente relacionada. El nombre *Tectona* se deriva de tekku o thekku , el nombre vernáculo indio para el árbol. El nombre específico ' *grandis* ' es el latín para 'grande' o 'grande' (Orwa et al., 2009). *Tectona grandis* es

la especie tipo del género. Según los caracteres de las hojas, Moldenke (1975) reconoció varios taxones infraespecíficos en *T. grandis*.

2.2. Descripción

2.2.1. Características botánicas

2.2.1.1. General

Tectona grandis es un gran árbol caducifolio de hasta 50 m de altura y hasta 2,5 m de diámetro, con un fuste recto y claro de 20 m y una copa abierta (World Flora Online, 2023). A veces es acanalado, sobre todo con la edad avanzada y en zonas menos favorables, como las de climas cálidos y secos (Brown, 1978). Corteza de color marrón pálido con surcos longitudinales poco profundos en los árboles jóvenes y agrietada y escamosa en los árboles maduros, de 1-1,5 cm de espesor. Las ramillas son robustas, tetragonales con cicatrices foliares prominentes y deprimidas cuadrangulares, nudos anulares, partes jóvenes densamente furfuráceas y tomentelas (Bourdillon, 1908 ; Soerianegara y Lemmens, 1993). El sistema radicular es superficial y a menudo no más profundo de 50 cm, pero se extiende lateralmente hasta 15 m desde el tallo (Orwa et al., 2009).

2.2.1.2. Follaje

Hojas simples, opuestas decusadas (ocasionalmente tres en un nudo o raramente alternas en plántulas), 10-90 x 6-50 cm, ampliamente elípticas, agudas o cortamente acuminadas, base aguda a atenuada, decurrentes en el pecíolo, a menudo abrazadas en la base, margen entero, a veces repand-denticulado,

cartáceas, verde oscuro y glabras en el haz y glabras pálidas a tomentosas o a menudo plateadas en el envés, a menudo con coloración roja al frotar; nervios laterales 8-10 pares, inferiores 4-6 pares, ramificados y las ramas unidas arqueadamente a lo largo del margen, nervios transversales numerosos, paralelos, prominentes (World Flora Online, 2023

La inflorescencia es terminal y se origina en las axilas de las hojas superiores, formando una gran panícula, de 70 x 45 cm, con cimas opuestas decusadas ampliamente bivariadas, muchas y ramificadas, densamente cinérea o furfurácea tomentosa; brácteas foliáceas que subtienden cada par de cimas, sésiles, de hasta 15 x 4 mm; profilos linear-oblongos o lanceolados, de 4 x 1 cm. Flores pediceladas, pedicelos de 2-3 mm de largo, furfuráceas. (Cook, 1906; Burdeos, 1908; Moldenke y Moldenke, 1983).

2.2.2. Comportamiento reproductivo

La inflorescencia de la teca contiene unos pocos miles de botones florales; 1-3 de ellos florecen cada día; la antesis de toda la inflorescencia ocurre durante 1-2 meses. Las flores son débilmente protándricas; el polen se desprende a las pocas horas de abrirse las flores. El período máximo de receptividad es entre media mañana y primeras horas de la tarde, después del cual la viabilidad del polen disminuye gradualmente. La teca es polinizada por insectos, principalmente por abejas (*Ceratina* spp.) que viajan entre las inflorescencias y los árboles. La mayoría tiende a buscar alimento y permanecer en el mismo árbol durante largos períodos. La polinización abierta natural da como resultado un promedio de solo

el 1,3% (rango 0,4-5,1%) de flores que se convierten en frutos (Tangnitcharocu, 1997). Sin embargo, la polinización cruzada aumenta la producción de frutos diez veces en comparación con la polinización abierta (Palupi y otros, 2010).

La especie se introdujo en América Central, en Panamá en 1926 con semilla procedente de Sri Lanka, de esta procedencia se enviaron semillas a la mayoría de países de América Central y el Caribe. Las primeras plantaciones se establecieron en Costa Rica, entre los años 1926 y 1929. Otros países en donde se han establecido plantaciones son Brasil, Perú, Salvador, Honduras, Bolivia, Ecuador y Jamaica.

2.3. Suelos

Se adapta a gran variedad de suelos, pero prefiere suelos planos, aluviales, de textura franco-arenosos o arcillosos, profundos, fértiles, bien drenados y con pH neutro o ácidos.

2.4. Características y propiedades de la madera

La teca ha ganado gran reputación a nivel mundial debido a la alta calidad por su atractivo y durabilidad, a que posee gran resistencia al ataque de hongos e insectos y, por sus excelentes características, se considera como una de las más valiosas del mundo.

2.5. Precipitación

La precipitación pretendida es de 1300 a 2500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses. La cantidad de lluvia necesaria para su óptimo desarrollo es de 1500 a 2000 mm por año, pero soporta precipitaciones tan bajas como de 500 mm y tan altas como de 5100 mm por año. La teca soporta áreas secas, incluso bajo condiciones calientes y de sequía extrema (Betancourt, 1987).

2.6. Nasutitermes corniger

2.6.1. Clasificación científica

- *Reino: Animalia*
- *Filo: Arthropoda*
- *Clase: Insecta*
- *Orden: Blattodea (anteriormente Isoptera)*
- *Familia: Termitidae*
- *Género: Nasutitermes*
- *Especie: Nasutitermes corniger*

2.6.2. Distribución geográfica:

Esta especie se encuentra principalmente en América Central y del Sur, incluyendo países como México, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Brasil y otras regiones tropicales y subtropicales.

Habitan en zonas de bosques húmedos, sabanas y áreas urbanas.

2.6.3. Características físicas:

Las termitas de esta especie tienen un sistema de castas bien definido:

Soldados: Tienen una cabeza alargada y estrecha con un "nasute" (un apéndice en forma de tubo) que utilizan para disparar sustancias químicas defensivas.

Obreras: Son de color blanquecino y se encargan de la construcción del nido, la búsqueda de alimento y el cuidado de las crías.

Reproductores (alados): Tienen alas y son responsables de la reproducción. Después de un vuelo nupcial, pierden sus alas y forman nuevas colonias.

2.6.4. Comportamiento y ecología:

Nasutitermes corniger es conocida por construir nidos arbóreos grandes y conspicuos, hechos de una mezcla de tierra, saliva y excrementos. Estos nidos pueden alcanzar hasta 1 metro de diámetro.

Son xilófagos, lo que significa que se alimentan de madera y material vegetal en descomposición. Desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes en los ecosistemas.

Son altamente sociales y viven en colonias que pueden contener miles o incluso millones de individuos.

2.6.5 Defensa:

Los soldados de Nasutitermes corniger son particularmente interesantes debido a su capacidad para secretar una sustancia pegajosa y tóxica a través de su nasute. Esta sustancia es utilizada para repeler depredadores, como hormigas y otros insectos.

2.6.6. Importancia ecológica y económica:

Ecológicamente, son importantes descomponedores que ayudan a mantener el equilibrio en los ecosistemas forestales.

Sin embargo, también pueden ser consideradas plagas en áreas urbanas, ya que pueden dañar estructuras de madera y cultivos.

2.6.7. Reproducción

La reproducción ocurre durante los vuelos nupciales, donde los individuos alados (llamados "enjambres") abandonan el nido para aparearse y fundar nuevas colonias.

Una vez que encuentran un lugar adecuado, pierden sus alas y comienzan a construir un nuevo nido.

*Nasutitermes corniger es una especie de termita que se distribuye principalmente en América Central y América del Sur, siendo reconocida por su capacidad para invadir y destruir estructuras de madera, incluidos árboles vivos. Esta especie se alimenta de madera y su actividad tiene un impacto negativo en la industria maderera, especialmente en especies valiosas como la teca (*Tectona grandis*).*

También es una termita social que forma grandes colonias que se organizan jerárquicamente. Estas termitas construyen nidos en los árboles, a menudo alcanzando tamaños considerables. Los nidos tienen una estructura sólida y protectora que facilita la supervivencia y el crecimiento de la colonia. Se distinguen por tener una cabeza con una proyección en forma de cono, de donde proviene su nombre común "termita cabeza de cono".

2.6.8. Comportamiento alimenticio

se centra en la madera, que procesan con una capacidad destructiva considerable. La especie es capaz de afectar tanto a la madera muerta como a la viva, lo que la convierte en una plaga de importancia económica en zonas forestales y en plantaciones agrícolas. La colonia se alimenta de la celulosa, descomponiéndola y debilitando la estructura de la madera.

Impacto en la teca

*La teca es un árbol tropical valioso, apreciado por su madera dura, resistente y de alta calidad, utilizado principalmente en la fabricación de muebles. Sin embargo, la actividad de las termitas como *N. corniger* puede tener un impacto negativo significativo en las plantaciones de teca. Estas termitas atacan tanto a árboles jóvenes como adultos, debilitando la estructura de la madera, lo que reduce su valor comercial. Además, el daño a la corteza y al sistema vascular de los árboles puede causar la muerte de las plantas, lo que representa pérdidas importantes para los cultivadores. En plantaciones comerciales de teca, las infestaciones requieren medidas de control intensivo. Estos pueden incluir el uso de tratamientos químicos para repeler o erradicar las colonias, la colocación de barreras físicas alrededor de los árboles y el monitoreo constante para detectar la presencia de termitas antes de que el daño se vuelva crítico. A largo plazo, las plagas pueden reducir la rentabilidad de las plantaciones, debido al costo de control y la disminución de la calidad de la madera.*

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la localidad y acceso al sitio de muestreo

El sitio de muestreo se encuentra en la comunidad de Relojera, corregimiento de Zapallal, distrito de Santa Fe, provincia de Darién. Al considerar el punto de partida del Campus Central de la Universidad de Panamá, se recorren 4 horas por la vía Panamericana hacia Darién, hasta la comunidad de Zapallal, justo antes del desvío para ingresar a la comunidad de Relojera (Figura 1).

Desde la Panamericana, en el corregimiento de Zapallal, se desvía hacia Relojera, comunidad ubicada al noreste por camino rural de material pétreo, de tosca y de 4 metros de ancho en promedio. Se recorren 11.6 km hasta llegar al sitio de muestreo. El recorrido de este tramo tiene una duración entre 40 y 50 minutos y se recomienda realizarlo en vehículo con tracción en las cuatro ruedas (Anexo 1).

*El sitio de muestreo seleccionado es una parcela comercial de teca (*Tectona grandis*), tiene un perímetro de 408 m y un área de una hectárea. Se caracteriza por ser una plantación homogénea de 5 años y con un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) promedio de 0.207 m, medida similar al DAP medio (0.212 m) reportado por (Somorriba, 1999) y entre el DAP bajo (0.156 m y alto (0.220 m) para árboles de teca en linderos (Figura 3B,*

Anexo 3). La plantación tiene una densidad de 625 árboles por hectárea, distribuidos en 25 hileras con 25 árboles cada una. En la visita preliminar del 9 de enero de 2023 se realizó un censo de la incidencia de *Nasutitermes* sp. en la parcela de estudio. De los 625 árboles, se observaron 44 termiteros vivos, para una incidencia de 7.04% (44/625).



Figura 1. Lugar de muestreo y localización de la parcela.

3.2. Determinación de la incidencia y distribución de termiteros.

La incidencia de los termiteros fue identificada y registrada durante la gira de reconocimiento del 9 de enero de 2024, según su ubicación en una hectárea dentro de una plantación de teca de cinco años, seleccionada al azar. Se censaron los termiteros vivos para su posterior muestreo aleatorio e independiente, utilizando una función aleatoria en base al registro numérico de las hileras del cultivo (Figura 1). Se realizaron muestreos periódicos durante los primeros seis meses del año. Completando un muestreo de dos termiteros por cada mes. La colecta de los termiteros fue en función del tamaño, según la escala definida en términos de peso. Por cada muestreo se recolectó un termitero pequeño (entre 1.5 kg - 5 kg) y uno grande (mayor de 5.1Kg). Recolección de las muestras Se recorrió el transecto de la hilera hasta ubicar todos los termiteros vivos en una hectárea.





Figura 2. Árboles con incidencia de termiteros.

3.3. Recolección de las muestras

La distribución del recorrido fue, un área de 1 hectárea donde se encontraban 625 árboles de teca, para esto se diagramo un croquis con la finalidad de marcar cada árbol con presencia de termiteros.

Luego de identificar los termiteros dentro del área predeterminada, se registró la fecha y hora de la colecta, como también la temperatura y humedad cuando fue posible (Figura 2). Cada mes se seleccionaron dos termiteros al azar, en función de la hilera sorteada. Los datos registrados en el campo por termitero fueron los siguientes:

- La altura del termitero (desde la base del árbol, hasta la base del termitero);
- El volumen del nido: Diámetro superior Diámetro medio Diámetro inferior
- Altura del termitero (desde la base inferior del termitero hasta la base superior del termitero).

al., 2010).

Cada termitero fue retirado en su totalidad del árbol por medio de un hilo nylon, fueron introducidos en una bolsa plástica y luego pesados con una balanza de gancho De acuerdo con el peso se clasificaron en termiteros pequeños o grandes (Anexo 1). Las bolsas con los termiteros fueron colocadas en una caja herméticamente sellada para ser trasladados al laboratorio. (Anexo1 ,B, C). En el laboratorio cada termitero fue cernido mediante el uso de tamices de mallas con tamaños entre 4.76-0.177mm, equivalentes a 4 hasta 80 mesh.(Anexo1,D.). Todos los individuos colectados se mezclaron en un vaso químico y se separaron ocho submuestras de 2,5ML por cada termitero. Se procedió a contar cada uno de los individuos presentes en cada submuestra. (Anexo 1, E; F). Las castas fueron divididas en dos grupos: la línea de ápteros y la línea de imagos (Boulogne et al., 2017). Por su parte Thorne, 1985 describe tres tipos de imagos: el rey y la reina, considerados los reproductores primarios; los alados (reproductores secundarios) y adultoides. Para la redacción de este informe estaremos utilizando ambas denominaciones.



Figura 3. **Recolección de termiteros**



Figura 4. **Proceso de extracción de termitas para analisis de densidad poblacional.**



Figura 3. Proceso para colectas de termiteros en campo. cuantificación de las castas en el laboratorio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Incidencia de termiteros

4.1.1. Densidad de termiteros

Se registraron 44 termiteros en 1 hectárea, lo que indica una densidad alta de termitas en la plantación.

- *Relación termiteros/árboles: 44 termiteros / 625 árboles = 1 termitero por cada 14.2 árboles.*
- *Esto sugiere que las termitas están ampliamente distribuidas y podrían estar afectando una proporción significativa de los árboles de teca.*

4.1.2. Impacto en la plantación

La alta densidad de termiteros implica un riesgo elevado de daño a los árboles, ya que las termitas pueden afectar las raíces, el follaje y la madera, reduciendo el crecimiento y la calidad de los árboles. Esto puede traducirse en pérdidas económicas para la plantación.

4.2. Distribución espacial

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25
H1																		37							
H2												24													
H3											17														
H4											20		28	31											
H5											21														
H6																					41				
H7	4							16																	
H8			8		13							25													
H9				10							22			32										45	
H10						14				18	23														
H11	5											26										42			
H12																			39						
H13				11						19							35								
H14	1												29		33				40						
H15																									
H16																		38							
H17	2												30		34						43	44			
H18																									
H19												27					36								
H20																									
H21	6																								
H22																									
H23	3			9																					
H24					12																				
H25	7					15																			

Figura 6. Croquis de la localización de los termiteros vivos dentro de la hectárea seleccionada. H: representan las hileras; A: representan los árboles.

Analizando el número de secuencias en interrumpidas para la localización de los árboles con termiteros, se analizó el número total de room o secuencias ordinarias, obteniendo que el tipo de distribución de los termiteros dentro de la parcela analizada en la plantación de teca es de tipo agregada.

La distribución agregada es cuando los insectos se encuentran agrupados en ciertas áreas, posiblemente debido a la disponibilidad de recursos o a la atracción social del mismo. También puede darse por las condiciones climáticas (por ejemplo, la temperatura, suelo, precipitación).

4.3. Posibles causas de la distribución

4.3.1. Centro de la parcela

- *Mayor acumulación de materia orgánica (hojarasca, ramas, etc.) debido a la actividad de los árboles.*
- *Posiblemente mayor humedad en el suelo, ya que el centro de la parcela puede retener más agua que los bordes.*
- *Menor perturbación humana o de maquinaria en el centro, lo que permite a las termitas establecer colonias sin interrupciones.*

4.3.3. Implicaciones

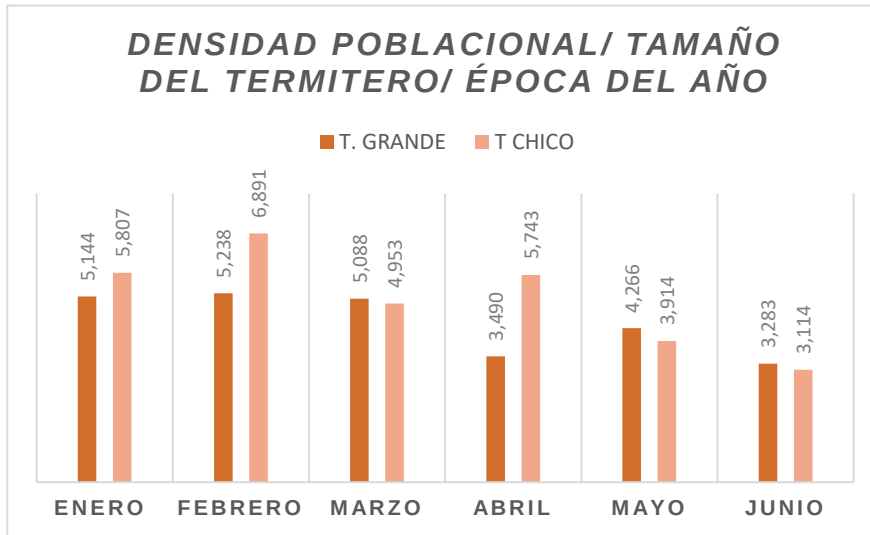


Gráfico 1. Densidad poblacional.

Este grafico nos muestra que de enero a abril los termiteros grandes se mantenían con una población menor que los termiteros chicos, esto quiere decir que en la época seca (enero-abril), la concentración de la población de termitas se mantenía en los termiteros chicos, pero en la medida que se va estableciendo la época lluviosa, incrementa la población en los termiteros grande, existe una relación en la población con el cambio de las épocas del año.

4.4. Factores físicos

4.4.1. Relación Árbol-Termiteros

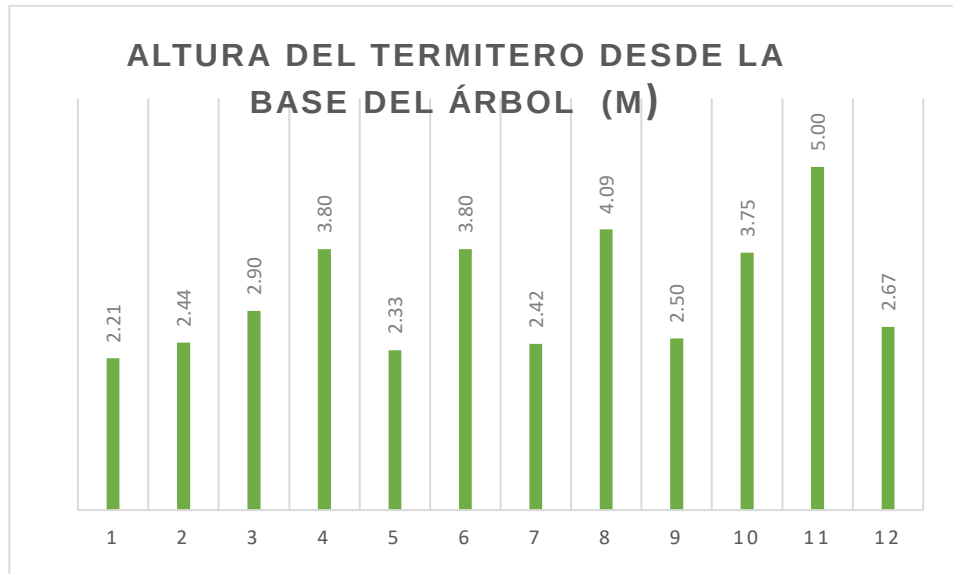


Gráfico 2. Altura de los termiteros.

Con relación a la altura y la ubicación de los termiteros, los datos obtenidos indican que los termiteros se encontraban en un rango de altura desde los 2.21m hasta los 5.00m, esto indica que no existe una preferencia o una tendencia por parte de las termitas reinas a formar termiteros a una altura determinada, lo cual va a depender principalmente de la abundancia de materia orgánica para la construcción del termitero.

4.4.2. Pendiente

La muy poca pendiente en la parcela contribuye a la acumulación de agua y materia orgánica, lo que favorece la proliferación de termitas. Las áreas planas o

con pendientes mínimas tienden a tener mayor humedad en el suelo, un factor crítico para el establecimiento de colonias de termitas.

Factores morfológicos de los termiteros:

4.4.3. Peso y tamaño

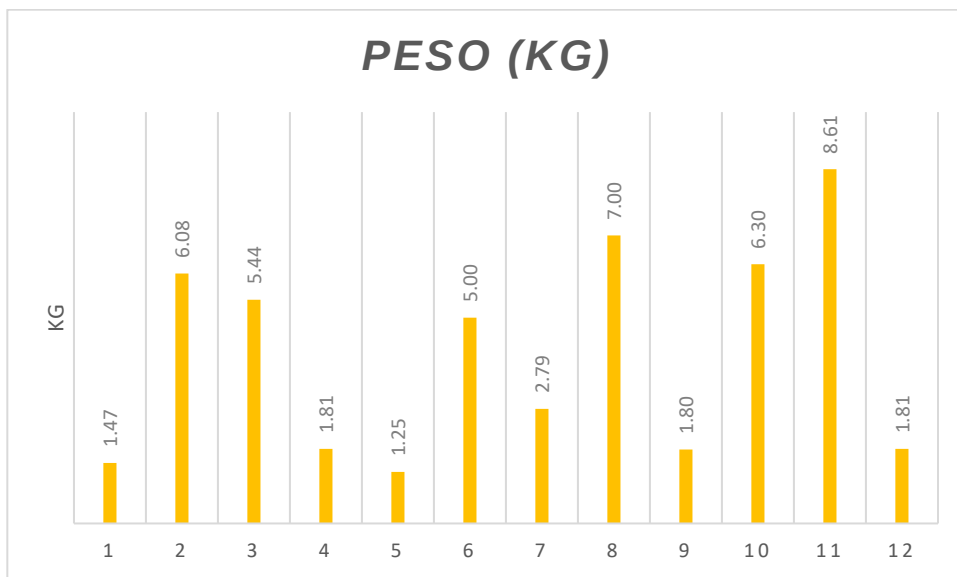


Gráfico 3. Peso de los termiteros.

Se encontraron variabilidad en el peso de los termiteros con un rango desde 1.25kg peso mínimo hasta un peso máximo de 8.61kg, estos valores de peso se pueden correlacionar o guardan relación con el largo de los termiteros.

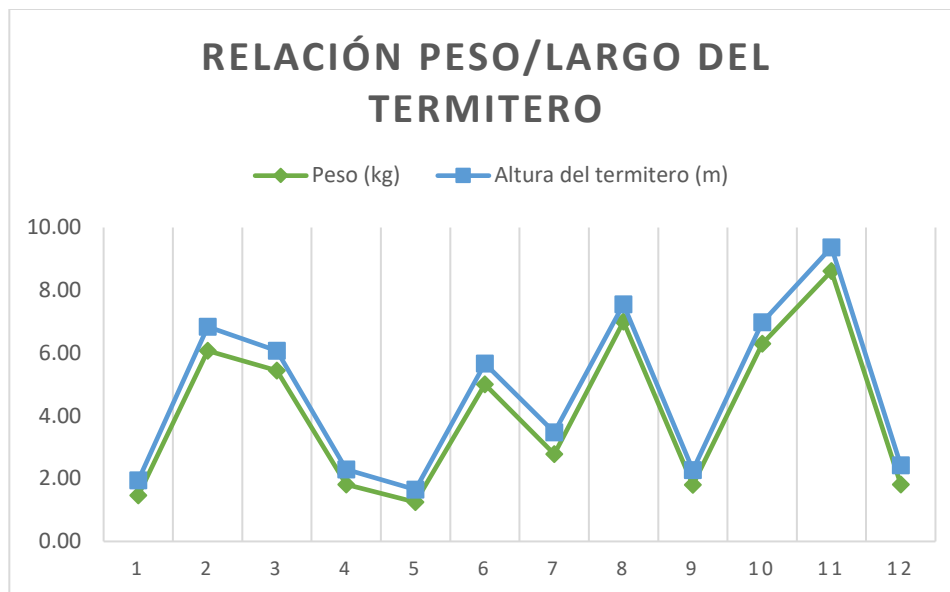


Gráfico 4. Relación del peso/largo del termitero.

El largo del termitero cuando se relaciona con el peso, existe una correlación positiva que a mayor largo del termitero mayor peso del mismo; independientemente con la cual este confeccionado el termitero.

4.5. Condiciones climáticas

4.5.1. Temperatura

La temperatura en la parcela oscila entre 24°C y 42°C. Este rango es favorable para la actividad de las termitas, ya que:

- Las termitas son organismos ectotérmicos (dependen de la temperatura externa para regular su metabolismo).
- Las temperaturas entre 25°C y 35°C son óptimas para su actividad, lo que explica su alta incidencia en la parcela.
- Las temperaturas superiores a 40°C podrían limitar su actividad en horas pico de calor, pero no son lo suficientemente altas para eliminar las colonias.

4.5.2. Humedad relativa:

- Las termitas requieren ambientes húmedos para sobrevivir, ya que son susceptibles a la deshidratación.
- La humedad relativa entre 38% y 75% es ideal para su desarrollo y mantenimiento de colonias.
- Incluso en los niveles más bajos (38%), las termitas pueden sobrevivir debido a la humedad retenida en el suelo.
- La supervivencia de *N. corniger* se ve favorecida cuando se estudia la interacción de estos dos factores, esto debido a que con dicha interacción (HR de 100% y temperatura de 20°C) se obtuvo la mayor supervivencia de *N. corniger* con un 97.98% a las 24 h de observación (Pozo et al, 2021).

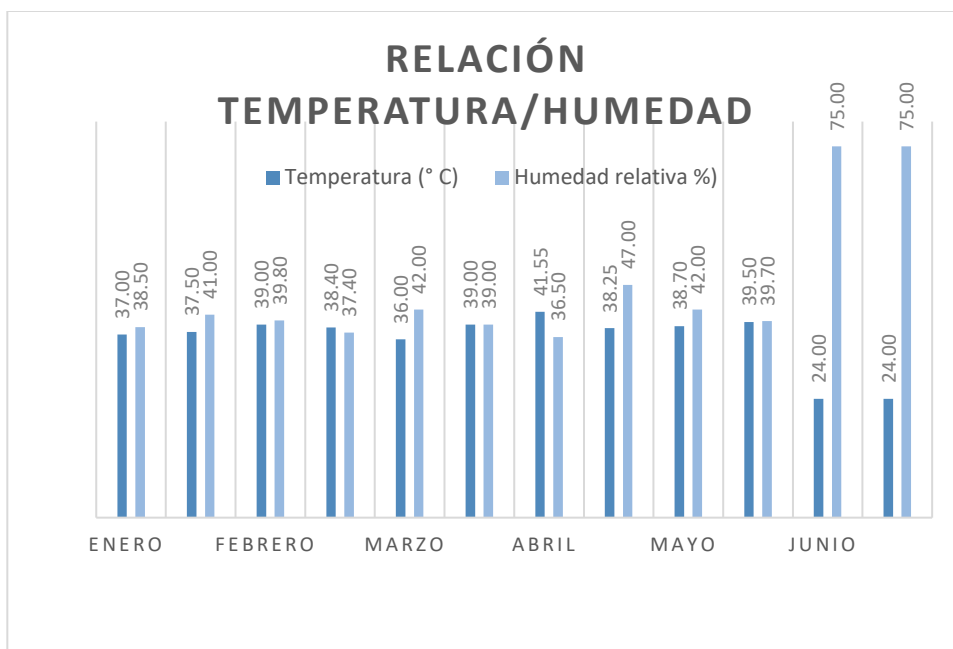


Gráfico 5. Relación temperatura/humedad

Los registros de temperatura variaron en un rango desde los 24°C hasta los 41.5°C, sin embargo, los registros de temperatura más altos se dieron durante los primeros cuatros meses de la temporada seca y el periodo de transición, ya para el mes de junio la temperatura alcanzo valores moderados registrándose así con valore de 24°C. También los registros de humedad tuvieron bajos durante la época seca con un incremento en el inicio de la temporada lluviosa en nuestro país que obtuvieron valores de 75% de humedad relativa, de alguna manera estos factores también influyen en la configuración de los termiteros lo cual se vio reflejado en la estructura poblacional que fue parte importante de este estudio, de igual manera se vio reflejado que previo la etapa lluviosa también se vio reflejado la predominación de las castas reproductoras y la presencia de reinas.

Termitero	Altura del suelo (m)	Peso (kg)	Altura del termitero (m)	Humedad relativa (%)	Temperatura (° C)
Enero	2.21	1.47	0.47	38.50	37.00
	2.44	6.08	0.76	41.00	37.50
febrero	2.90	5.44	0.63	39.80	39.00
	3.80	1.81	0.48	37.40	38.40
marzo	2.33	1.25	0.40	42.00	36.00
	3.80	5.00	0.67	39.00	39.00
Abril	2.42	2.79	0.69	36.50	41.55
	4.09	7.00	0.55	47.00	38.25
Mayo	2.50	1.80	0.47	42.00	38.70
	3.75	6.30	0.68	39.70	39.50
Junio	5.00	8.61	0.76	75.00	24.00
	2.67	1.81	0.61	75.00	24.00

Cuadro 1. Representación de los Factores Morfológicos y Físicos de la investigación.

4.6.1. Impacto en la plantación

- Las colonias maduras (termiteros grandes) representan un mayor riesgo, ya que tienen una capacidad destructiva más alta y pueden afectar a un mayor número de árboles.
- Las colonias jóvenes (termiteros pequeños) indican que las termitas continúan expandiéndose en la parcela.

4.9. Interpretación de la altura del suelo a termiteros

4.9.1. Termiteros bajos (1 m - 3 m)

- Estos termiteros están más cerca del suelo, lo que indica que las termitas están aprovechando recursos disponibles en la base de los árboles, como raíces, hojarasca y materia orgánica en descomposición.

- Podrían estar asociados con colonias jóvenes o en crecimiento, ya que las termitas tienden a establecer sus nidos cerca de fuentes de alimento.
- La humedad del suelo y la protección contra temperaturas extremas son factores clave para la ubicación de estos termiteros.

4.9.2. Termiteros altos (4 m - 7 m)

- Estos termiteros están ubicados a mayor altura, lo que sugiere que las termitas están aprovechando recursos disponibles en las partes superiores de los árboles, como ramas, corteza y hojas.
- Podrían estar asociados con colonias maduras que han expandido su territorio verticalmente para acceder a más recursos.
- La construcción de termiteros a mayor altura también podría ser una estrategia para evitar depredadores o competidores en el suelo.

4.10. Factores que influyen en la altura de los termiteros

4.10.1. Disponibilidad de recursos

- Las termitas construyen sus nidos cerca de fuentes de alimento. En este caso, los árboles de teca proporcionan recursos tanto en el suelo (raíces) como en las partes aéreas (corteza y ramas).
- Los termiteros más altos podrían estar asociados con árboles que tienen mayor cantidad de materia orgánica en sus partes superiores.

4.11. Estructura poblacional de *Nasutitermes corniger*

Un total de 12 termiteros activos de *N. corniger* fueron contabilizados durante los meses de enero a junio de 2023. El tamaño total de las poblaciones de termiteros, basado en las 80 submuestras contabilizadas a lo largo del periodo de estudio, fue de 50,543 individuos, agrupando todas las castas.



Figura 7. Línea de ápteros o no reproductiva

Para mejor comprensión de los resultados, las castas fueron divididas entre líneas ápteras o no reproductoras y líneas de imagos o reproductores.

El conteo de las obreras, obreras juveniles, soldados y soldados juveniles se basó en el conteo de todos los individuos que permanecieron en los tamices. La diferenciación entre adultos y juveniles se basó en la mielinización de los individuos. Los juveniles presentaban una coloración blanca a cremosa y los adultos chocolate oscuro causado por la formación del exoesqueleto.

La distribución de la población de las obreras y soldados durante los meses de estudio fue relativamente constante (Figura 6). Sin embargo, la distribución de las obreras y soldados juveniles fue más variable (Figura 6) Indicando una variabilidad entre los individuos jóvenes que relevan al nido. Mientras que la población de soldados y obreras adultos se mantiene invariable.

La casta mayormente representada en todos los termiteros independientemente del tamaño, fueron las obreras (Figura 8). Representando el 76% de la población total, coincidiendo con los datos reportados por (ETCHEVERRY et al., 2010; Thorne, 1985). Sin embargo, la población de obreras disminuyó a lo largo de los meses, llegando a la mitad de la población inicial para los meses de abril y mayo, a pesar de presentarse un aumento de obreras juveniles para los meses previos de febrero y marzo. Es importante agregar que la casta de obreras pudo estar afectada por las altas temperaturas registradas durante el mes de abril (41,5 oC).

Castas								
<i>Termitero</i>	<i>Obreras</i>	<i>Soldados</i>	<i>Reproductora</i>	<i>Obreras J</i>	<i>Soldados</i>	<i>R. Pre-a</i>	<i>Totales</i>	<i>Reina</i>
<i>enero</i>	6972	725	0	2552	30	0	10279	2
<i>febrero</i>	9411	794	0	1878	39	7	12129	1
<i>marzo</i>	5277	882	0	1791	234	0	10041	1
<i>Abril</i>	6983	660	0	1253	259	0	9233	2
<i>Mayo</i>	6778	752	120	454	71	0	8180	1
<i>Junio</i>	4462	1388	60	292	195	0	6397	2

Cuadro 2. Cuento de termitas, dos termiteros por mes.

La colonia de termitas muestra una dinámica clara en la distribución de castas a lo largo del año. Las obreras dominan en número, pero la aparición de reproductoras aladas en mayo y junio indica un período clave para la reproducción y expansión de la colonia. La disminución general en el número total de termitas hacia junio podría estar relacionada con cambios en las condiciones ambientales o con la migración de termitas a otros termiteros.

Para un manejo efectivo de las termitas en la plantación de teca, es esencial monitorear estas dinámicas de castas, especialmente durante los meses de reproducción (mayo y junio), cuando la colonia está más activa y puede expandirse. Implementar estrategias de control durante estos períodos podría ser clave para reducir el impacto de las termitas en la plantación.

5. Anexo

Análisis filogenético de basado en los genes 16S, COI y COII

Estudios previos llevados a cabo en termiteros de la especie *Nasutitermes* sp. reportan que las colonias de *N. corniger* pueden estar asociadas a la especie *N. ephraratae* (Thorne, 1985). Para confirma la identificación morfológica de las poblaciones de termitas en el área de estudio, se realizó el análisis molecular de los termiteros.

El análisis filogenético se realizó utilizando tres marcadores moleculares: el gen ribosomal 16S, los genes mitocondriales COI y COII. Las secuencias de distintas especies de termitas fueron descargadas la base de datos GenBank, las cuales fueron comparadas con las secuencias de ADN obtenidos de nuestras muestras. Las secuencias de ADN fueron analizadas por el método neighborjoining (Saitou & Nei, n.d.). Los alineamientos y la construcción de árboles se realizaron con paquete de Clustal W (Thompson et al., 1994). Cada patrón de ramificación se calculó a partir de 1000 repeticones de remuestreo como valor de confianza en el Bootstrap. Luego analizamos los datos de la secuencia con el paquete MrByes (Huelsenbeck & Ronquist, 2001).

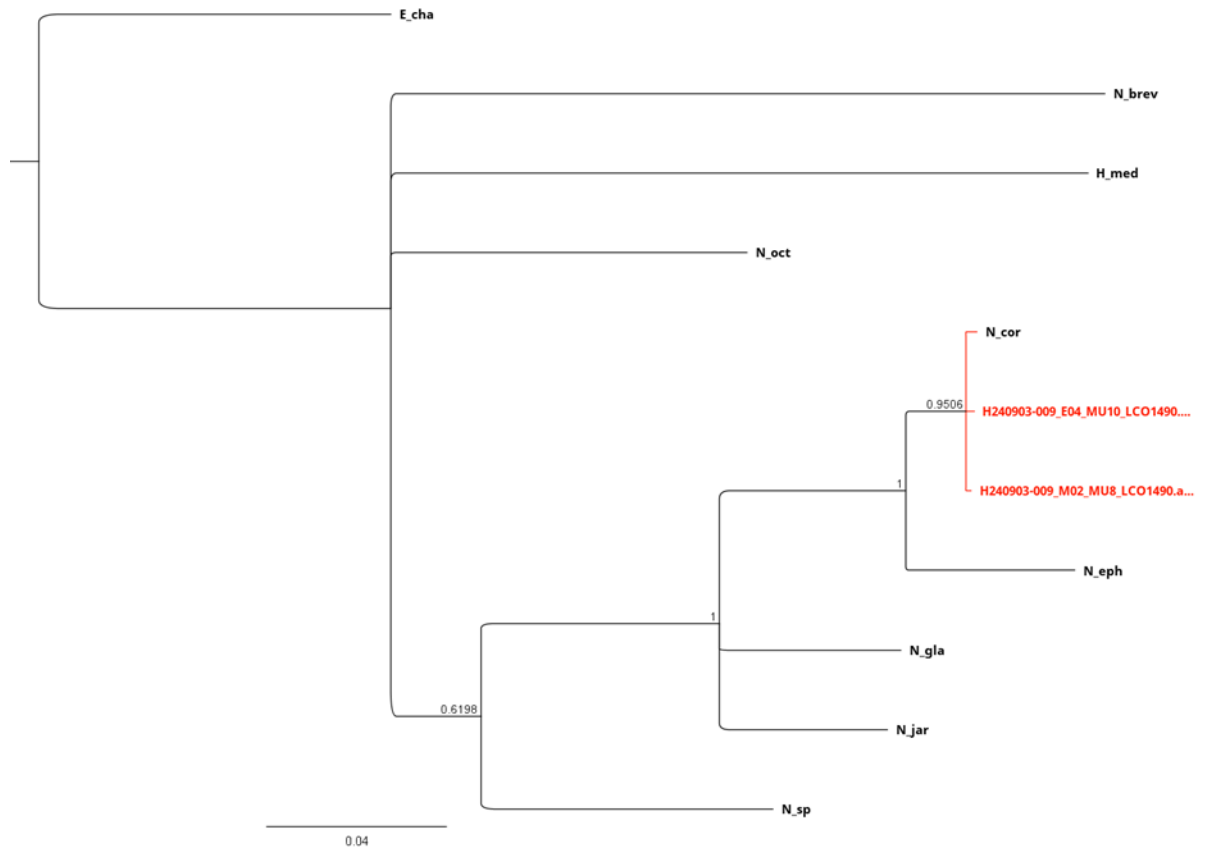


Figura 8. Árbol filogenético elaborado con secuencias del gen COI publicadas en el GenBank y comparadas con las secuencias producto de las amplificaciones de muestras provenientes de los termiteros del bosque de teca de la provincia de Darién. En rojo se resaltan las secuencias producto de nuestro estudio. En negro los datos obtenidos a partir del GenBank. Alineamiento de secuencias ClustalW,

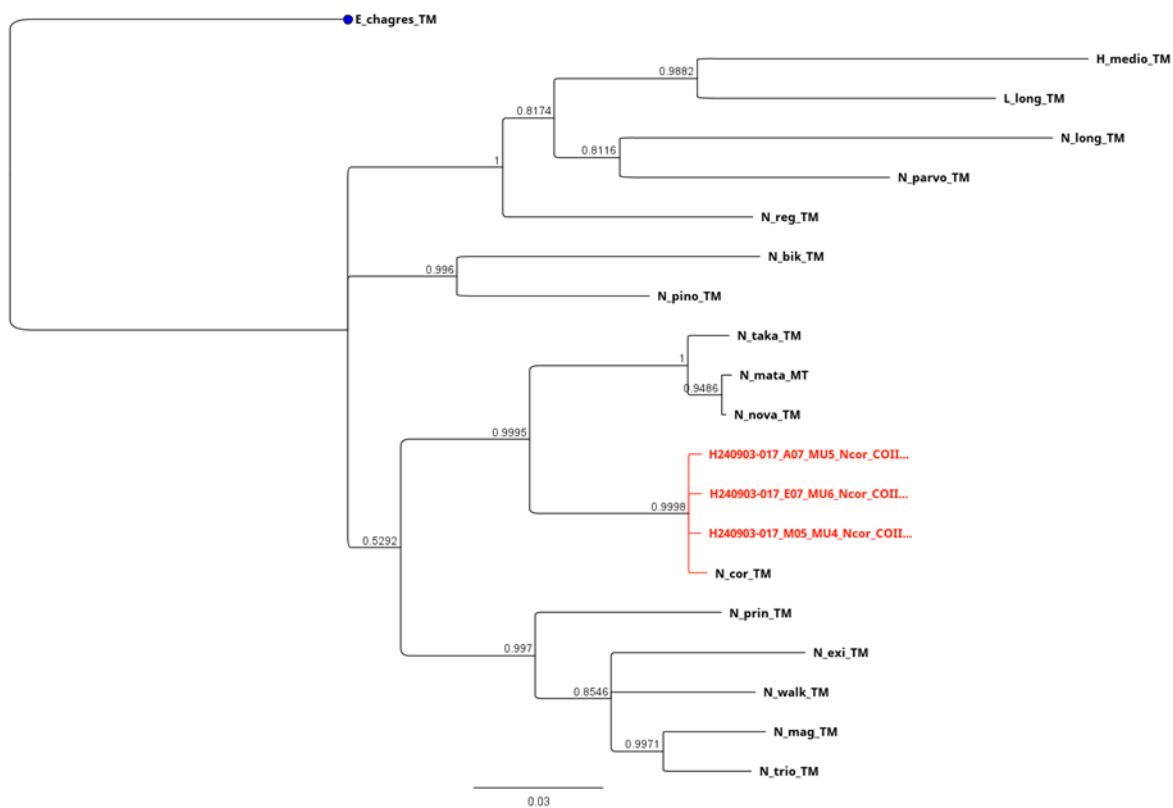


Figura 9. Árbol filogenético elaborado con secuencias del gen COII publicadas en el GenBank y comparadas con las secuencias producto de las amplificaciones de muestras provenientes de los termiteros del bosque de teca de la provincia de Darién. En rojo se resaltan las secuencias producto de nuestro estudio. En negro los datos obtenidos a partir del GenBank.

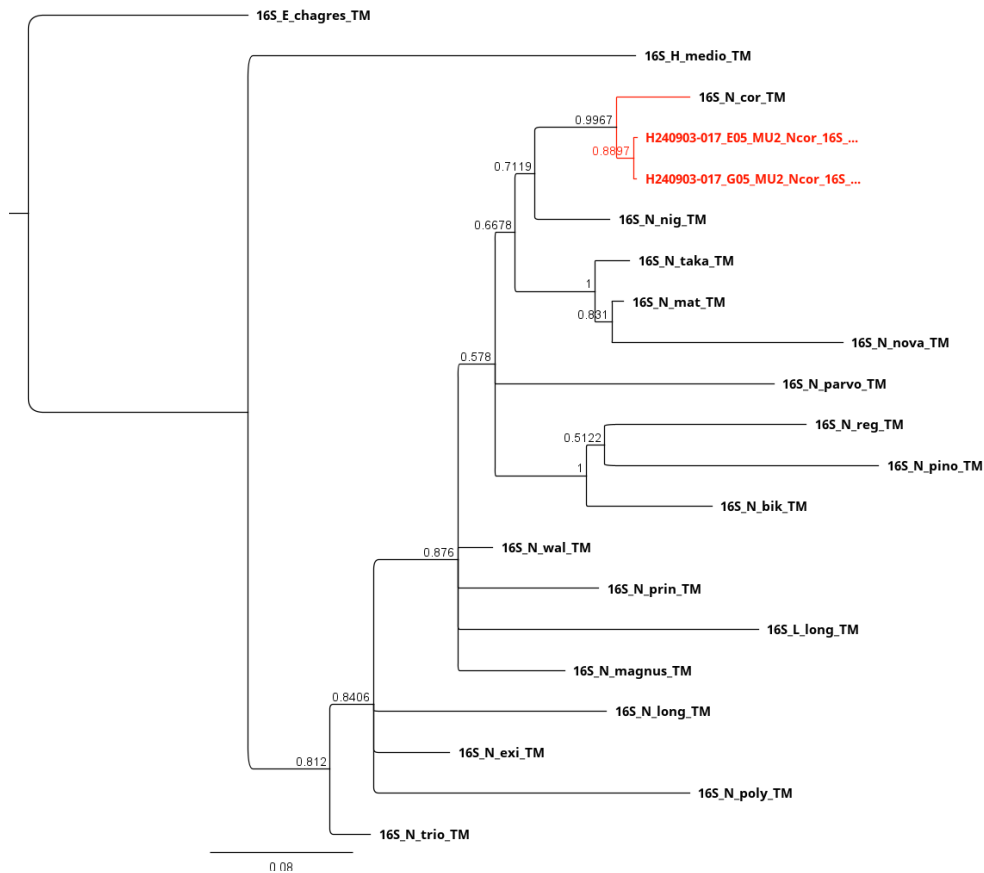


Figura 10. Árbol filogenético elaborado con secuencias del gen 16S publicadas en el GenBank y comparadas con las secuencias producto de las amplificaciones de muestras provenientes de los termiteros del bosque de teca de la provincia de Darién. En rojo se resaltan las secuencias producto de nuestro estudio. En negro los datos obtenidos a partir del GenBank.

Con estos resultados podemos inferir con cerca del 100% de certitud que la especie que se encuentra en los termiteros muestreados en el distrito del Zapallal, provincia de Darién corresponden a es la especie de importancia comercial *N. corniger*.

6 CONCLUSIONES

El presente estudio sobre la incidencia, distribución espacial, factores físicos, morfológicos y dinámica de las castas de termitas en una plantación comercial de teca (*Tectona grandis*) en la provincia de Darién ha proporcionado información valiosa para comprender la interacción entre estos insectos y su entorno. Los resultados demuestran que las termitas están ampliamente distribuidas en la plantación, con una densidad significativa de 44 termiteros por hectárea, lo que representa un desafío importante para la productividad y calidad de la madera.

El análisis de la distribución de termiteros en la plantación de teca revela un patrón agregado, indicando que estos se concentran en grupos específicos en lugar de dispersarse de manera uniforme o aleatoria. Este comportamiento sugiere que factores como la disponibilidad de recursos (madera susceptible, materia orgánica), la biología social de las termitas (formación de colonias y expansión por fisión) y las condiciones ambientales locales (humedad, tipo de suelo, microclima) influyen en su distribución.

La disminución gradual en el número total de termitas hacia junio sugiere que las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos pueden estar limitando su actividad en ciertos momentos del año. Sin embargo, la presencia de termiteros grandes y resistentes, así como la expansión vertical de las colonias (hasta 5 metros de altura), evidencian la adaptabilidad de las termitas a las condiciones de la plantación.

En conclusión, este estudio resalta la importancia de implementar un manejo integrado de plagas que considere tanto los factores ambientales como las características biológicas de las termitas. Estrategias como el monitoreo continuo, el control de la humedad del suelo, la aplicación de métodos de control específicos (físicos, químicos y biológicos) y la capacitación del personal son esenciales para reducir el impacto de las termitas y garantizar la sostenibilidad de la plantación.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación no solo contribuyen al manejo efectivo de las termitas en plantaciones de teca en Darién, sino que también sientan las bases para futuros estudios sobre la ecología y control de plagas en sistemas agroforestales. Este trabajo representa un paso importante hacia la conservación de los recursos forestales y el fortalecimiento de la industria maderera en la región.

7. RECOMENDACIONES

Basado en el análisis de la incidencia, distribución espacial, factores físicos, morfológicos, climáticos y la dinámica de las castas de termitas, se proponen las siguientes recomendaciones para un manejo integrado y efectivo:

7.1. Monitoreo y evaluación continua

Implementar un sistema de monitoreo: Realizar inspecciones periódicas para identificar nuevos termiteros y evaluar su crecimiento.

Utilizar herramientas de georreferenciación (SIG) para mapear la distribución espacial de los termiteros y detectar patrones de agrupamiento.

Registrar datos climáticos: Monitorear la temperatura y la humedad relativa para predecir picos de actividad de las termitas, especialmente en meses críticos como febrero, mayo y junio.

7.2. Control de factores ambientales

Manejo del suelo: Mejorar el drenaje en áreas con alta humedad para reducir las condiciones favorables para las termitas.

Evitar la acumulación excesiva de materia orgánica (hojarasca, ramas, etc.) en el centro de la parcela, donde se concentran los termiteros.

Control de la humedad: Regular el riego para evitar la saturación del suelo, especialmente en áreas con alta densidad de termiteros.

7.3. Estrategias de control de termitas

7.3.1 Métodos físicos

Instalar barreras físicas (mallas o láminas) alrededor de los árboles para evitar que las termitas accedan a las raíces y la base del tronco.

7.3.2. Métodos químicos

Aplicar insecticidas específicos para termitas en áreas con alta incidencia, especialmente en el centro de la parcela.

Utilizar cebos tóxicos para eliminar colonias de manera selectiva.

7.3.3. Métodos biológicos

Introducir depredadores naturales de termitas, como aves insectívoras o nematodos entomopatógenos, para controlar las poblaciones de termitas de manera ecológica.

7.4. Manejo de la plantación

7.4.1. Podas y limpieza

Realizar podas regulares para eliminar ramas muertas o enfermas que puedan servir como alimento para las termitas.

Mantener la plantación limpia de residuos vegetales que puedan atraer a las termitas.

7.5. Diversificación de especie

Considerar la siembra de especies forestales menos susceptibles a las termitas en áreas con alta incidencia, para reducir la presión sobre la teca.

7.6. Enfoque en meses críticos

7.6.1. Febrero

Intensificar el monitoreo y control durante este mes, ya que es cuando se registra la mayor actividad de las termitas (altura máxima de termiteros y mayor número total de termitas).

7.6.2. Mayo y junio

Implementar estrategias de control durante estos meses, ya que es cuando aparecen las reproductoras aladas, lo que indica un período de expansión de la colonia.

7.7. Educación y capacitación

7.7.1. Capacitar al personal

Brindar capacitación a los trabajadores de la plantación para identificar signos de infestación de termitas y aplicar métodos de control adecuados.

7.7.2. Concientización

Promover prácticas de manejo sostenible que reduzcan el impacto de las termitas sin dañar el ecosistema

7.8. Investigación y desarrollo

7.8.1. Estudios adicionales

Realizar investigaciones para entender mejor la biología y ecología de las termitas en la región, incluyendo su interacción con otras especies y su respuesta a diferentes métodos de control.

Innovación:

Explorar nuevas tecnologías, como el uso de drones para el monitoreo de termiteros o el desarrollo de insecticidas más eficientes y menos dañinos para el medio ambiente.

7. BLIOGRAFÍA

1. Wood, T.G., & Thomas, M. (1989). "The role of termites in the decomposition of wood." *Biology and Ecology of Termites*.
1. Jones, J.H., & McCarthy, N. (2001). "Termites and their role in the ecosystem." *Ecological Entomology*.
2. Rojas, A., & López, J. (2015). "Impact of termites on forest ecosystems: A review." *Forest Ecology and Management*.
3. Vallejos, IO. 1996. Productividad y relaciones de Índice de Sitio con variables fisiográficas,
4. edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L. f, *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y
5. *Gmelina arborea* Roxb en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 147 p.
6. Vásquez, I. 1992. Teca. Serie maderas comerciales de Venezuela. Instituto Forestal
7. Latinoamericano (IFLA). Mérida, Ven., Ficha técnica n° 28. 30 p.
8. Vásquez, W; Ugalde A, L. 1995. Rendimientos y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona*
9. *grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pino caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE.
10. (Serie técnica. Informe técnico n° 256. 33 p).
11. Wadsworth, FH. 2000. Producción forestal para América tropical. Trad. IUFRO-SPDC Texbook

12. Proyecto n°3. EEUU, USDA. 603 p.
13. Watterston, KG. 1971. Growth of teak under different edaphic conditions in Lancetilla Valley,
14. Honduras. Turrialba (CR) 21(2):222-225.
15. Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of
16. agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
17. Webb, BD. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones
18. tropicales y subtropicales. Londres, G.B., Overseas Development Administration. 275 p.
19. Zech, W; Drechsel, P. 1991. Relationships between growth, mineral nutrition and site factors of
20. teak (*Tectona grandis*) plantations in the rainforest zone of Liberia. Forest Ecology and
21. Management 41:221-325.
22. Scheffrahn, RH, Hochmair, H., Kern, W., Hickman, RB, & Austin, JW (2014). Eliminación dirigida de la termita exótica, *Nasutitermes corniger** (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae), de zonas infestadas en el sureste de Florida. **Revista de Entomología Económica**, 107(1), 1-13. <https://doi.org/10.1603/EC13147>
23. Espino 2. Pozo-Santiago, César Orlando, Velázquez-Martínez, José Rodolfo, Torres-De la Cruz, Magdiel, Cruz-Pérez, Aracely De la, Capello-García, Silvia,

Sánchez-Gutierrez, Facundo, & Pérez-De la Cruz, Manuel. (2020). El papel de la humedad relativa, temperatura y sustratos en la supervivencia de *Nasutitermes corniger*. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(3), e2742. Epub 08 de noviembre de 2021. <https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2742>