

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PROTECCIÓN VEGETAL
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL

**“ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Nasutitermes* sp (ISÓPTERA), EN
UNA PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis*), EN LA PROVINCIA
DE DARIÉN”**

FERNANDO ORLANDO VILLARREAL TROESTCH

C.I.P, 8-892-588

**TESIS DE MAESTRÍA PRESENTADO COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS
EN PROTECCIÓN VEGETAL**

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

APROBACIÓN

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PROTECCIÓN VEGETAL

FERNANDO ORLANDO VILLARREAL TROESTCH
C.I.P. 8-892-588

“ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Nasutitermes* sp (ISÓPTERA), EN
UNA PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis*), EN LA PROVINCIA
DE DARIÉN”

COMITÉ EVALUADOR:

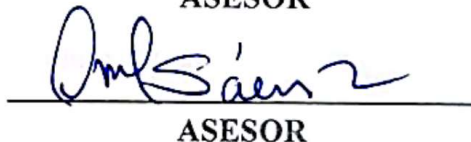
EDDY E. BARRAZA Ph. D.


DIRECTOR

GABRIEL HERNÁNDEZ M. Sc.


ASESOR

DIÓGENES MORA M. Sc.


ASESOR

EDDY E. BARRAZA Ph. D.


COORDINADOR DE LA
MAESTRÍA

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

II

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para llegar hasta este momento, guiando cada paso en este camino académico y profesional. Agradezco profundamente al Dr. Eddy Barraza, por su invaluable apoyo, orientación y confianza a lo largo de este proceso.

A la Dra.

Agradezco también a la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) y al proyecto sobre termitas, que han sido pilares esenciales para el desarrollo de esta investigación.

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad de Panamá por brindarme la oportunidad de formar parte de su comunidad académica.

Así como a mis profesores y compañeros (Zaneth) durante la maestría, quienes con sus conocimientos, consejos y colaboración, han contribuido enormemente a este logro.

Fer

DEDICATORIA

A Dios: A quien debo todo y que ha sido mi fuente de fortaleza, sabiduría y guía en cada momento de este camino. Sin Su luz, este logro no se habría alcanzado.

A mis padres, Lourdes Troestch y Orlando Villarreal, quienes, con su amor incondicional, sacrificios y ejemplo de trabajo arduo, me enseñaron a nunca rendirme. Su apoyo constante ha sido el cimiento sobre el que he construido cada uno de mis éxitos.

A mis hermanos, Issac, Zayuri y Lourdes, por ser mis compañeros de vida, por su confianza en mí y por impulsarme a ser siempre mejor. Ustedes me han inspirado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A mis amigos, por su inagotable ánimo y por estar presentes en los momentos de incertidumbre y de alegría. Su amistad ha sido un pilar en este viaje, recordándome que los triunfos saben mejor cuando se comparten con quienes importan.

Este logro es tanto de ustedes como mío, pues sin su apoyo y amor, el recorrido habría sido mucho más difícil.

Fer

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS | III |
| DEDICATORIA | IV |
| ÍNDICE GENERAL..... | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | VIII |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | X |
| RESUMEN..... | XI |
| ABSTRACT | XII |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1. Familia Lamiaceae..... | 4 |
| 2.1.1 Descripción taxonómica..... | 4 |
| 2.1.2 Géneros de investigación | 4 |
| 2.1.3 Importancia económica de la teca | 6 |
| 2.2 <i>Nasutitermes</i> sp..... | 7 |
| 2.2.1 Descripción Taxonómica..... | 7 |
| 2.2.2 Género estudiado..... | 9 |
| 2.2.3 Distribución y densidad..... | 9 |
| 2.2.4 Importancia económica | 10 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.2.5 | Ciclo Biológico y comportamiento de las termitas..... | 12 |
| 2.2.7 | Dinámica poblacional | 17 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS | 19 |
| 3.1. | Área de estudio | 19 |
| 3.2. | Densidad de termiteros de <i>Nasutitermes</i> | 20 |
| 3.3. | Estructura poblacional..... | 21 |
| 3.3.1. | Recolección de las muestras | 21 |
| 3.4. | Análisis estadísticos..... | 28 |
| 4.1. | Densidad de los termiteros de <i>Nasutitermes</i> | 29 |
| 4.3. | Altura media desde la base del árbol, a la base del termitero..... | 31 |
| 4.4. | Variables físicas de los termiteros evaluados durante el periodo de estudio. | 33 |
| 4.5. | Estructura poblacional de <i>Nasutitermes</i> sp correspondientes al periodo de enero a junio. 33 | |
| 4.6. | Estructura poblacional correspondiente al mes de enero. | 34 |
| 4.7. | Estructura poblacional correspondiente al mes de febrero..... | 36 |
| 4.8. | Estructura poblacional correspondiente al mes de marzo. | 39 |
| 4.9. | Estructura poblacional correspondiente al mes de abril..... | 42 |
| 4.10. | Estructura poblacional correspondiente al mes de mayo..... | 44 |
| 4.11. | Estructura poblacional correspondiente al mes de junio. | 46 |
| 5. | DISCUSIÓN | 51 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 6. CONCLUSIONES | 54 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 56 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Árbol de teca. (Maderero, 2020) | 5 |
| Figura 2. Huevos de <i>Nasutitermes</i> sp. (Higiene Ambiental, 2022) | 13 |
| Figura 3 Ninfas de <i>Nasutitermes</i> sp. (Quah, 2009)..... | 13 |
| Figura 4. Obrera de <i>Nasutitermes</i> sp. (Quah, 2009) | 14 |
| Figura 5. Soldado de <i>Nasutitermes</i> sp. PictureInsect. (2008.) | 14 |
| Figura 6. Reproductores alados de <i>Nasutitermes</i> sp. (Quah, 2009)..... | 15 |
| Figura 7. Reinas adultas de <i>Nasutitermes</i> sp. (Quah, 2009) | 16 |
| Figura 8. Localización del sitio de muestreo. Fuente: (Google, 2024.)..... | 19 |
| Figura 9. Equipo de trabajo durante el recorrido en el área de muestreo. | 20 |
| Figura 10. Croquis del área evaluada. H: hileras; A: árboles. | 21 |
| 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. (ver figura 11). Figura 11. Proceso de colecta, medición y pesaje de termiteros. | 22 |
| Figura 12 División de termiteros en secciones y proceso de tamizado. | 25 |
| Figura 13. Tamizado y extracción de reina y reproductoras. | 26 |
| Figura 14. Diferentes castas sociales de <i>Nasutitermes</i> encontradas en los termiteros A. Reina B. Rey, C. Reproductora alada, D. Reproductora pre-alada, E. obreras, F. soldados y G. soldados y obreras inmaduras. | 27 |
| Figura 15. Termitas evaluadas. | 28 |
| Figura 16. Croquis del área evaluada. H= hileras; A= árboles | 29 |
| Figura 17 análisis de secuencias, de la distribución espacial..... | 30 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Estimación anual de las pérdidas económicas causadas por termitas alrededor del mundo (Ahmad et al., 2021)..... | 12 |
| Cuadro 2. Altura media de los termiteros en metros en el área evaluada. | 31 |
| Cuadro 3. Variables ambientales tomadas en campo al momento de la recolección de las muestras..... | 33 |
| Cuadro 4. Los datos de termiteros correspondientes al mes de enero. | 35 |
| Cuadro 5. Datos de termiteros correspondientes al conteo del mes de febrero. | 38 |
| Cuadro 6. Datos de termiteros correspondientes al conteo del mes de marzo. | 41 |
| Cuadro 7. Datos de termiteros correspondientes al mes de abril. | 43 |
| Cuadro 8. Datos de termiteros correspondientes al mes de mayo..... | 45 |
| Cuadro 9, Datos de termiteros correspondientes al conteo del mes de junio..... | 48 |
| Cuadro 10. Datos porcentuales de termiteros correspondientes al conteo de enero a junio | 49 |
| Cuadro 11. Datos de las condiciones ambientales durante el periodo de muestreo..... | 50 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Distribución normal y prueba de normalidad de Kolmogorov- Smirnov para los datos de altura de los termiteros evaluados en una hectárea de bosque de teca | 31 |
| Gráfico 2. Estructura poblacional de <i>Nasutitermes</i> sp, de enero..... | 36 |
| Gráfico 3. Estructura poblacional de <i>Nasutitermes</i> sp, en el mes de febrero..... | 38 |
| Gráfico 4. Estructura poblacional de <i>Nasutitermes</i> sp, del mes de marzo. | 41 |
| Gráfico 5. Estructura poblacional de <i>Nasutitermes</i> sp, en el mes de abril. | 44 |
| Gráfico 6. Estructura poblacional de <i>Nasutitermes</i> sp, en el mes de mayo. | 46 |
| Gráfico 7. Estructura poblacional de <i>Nasutitermes</i> sp, en el mes de junio. | 48 |
| Gráfico 8. Distribución de los valores porcentuales de los individuos para cada casta durante los 6 meses (enero a junio) de estudio..... | 49 |

RESUMEN

En las termitas (Isoptera), los miembros de la colonia se agrupan en castas diferentes a lo largo de su desarrollo en; reproductores primarios, secundarios, soldados y obreras. Desempeñan un rol relevante como descomponedores de materia orgánica y de igual forma muchas especies son consideradas plagas por los daños causados al sector agrícola y forestal. El objetivo de esta investigación fue conocer la distribución y estructura poblacional de termiteros del género *Nasutitermes* en un bosque antropogénico. El sitio de muestreo se ubicó en la comunidad de Relojera, provincia de Darién. Los termiteros fueron seleccionados al azar dentro de una plantación comercial de teca (*Tectona grandis*). La plantación corresponde a un cultivo comercial de cinco años. La parcela delimitada para los muestreos correspondió a 1 ha. La densidad de los termiteros se estimó dentro de una plantación con 625 árboles por hectárea, distribuidos en 25 hileras, con 25 árboles por hilera. Se censaron los termiteros visibles y vivos del género *Nasutitermes*. Se elaboró un mapa con la posición y distribución de todos los termiteros. Una submuestra de 12 termiteros vivos (27%), fueron elegidos al azar durante los meses de enero a junio de 2023, para el análisis de la estructura poblacional. Dentro de la unidad de muestreo se encontraron 44 árboles con termiteros vivos (1 por árbol), para una incidencia de 7.04%. La casta obrera fue la más representativa, con el 76%, seguida por las obreras inmaduras (12%), los soldados (8%) y los soldados inmaduros (2%). La presencia de los pre-alados y alados (reproductores secundarios) estuvo relacionada con el inicio de la estación lluviosa, encontrándose éstos en un 16% de los termiteros muestreados. Se registró la presencia de la reina primaria en un 75% de los termiteros y la presencia de rey en uno de los termiteros analizados (8%).

Palabras claves: Árboles, casta, muestreo, termitas.

ABSTRACT

In termites (Isoptera), the members of the colony are grouped in different castes throughout their development into; primary reproducers, secondary reproducers, soldiers and workers. They play a relevant role as decomposers of organic matter and many species are also considered pests due to the damage caused to the agricultural and forestry sectors. The objective of this research was to determine the distribution and population structure of termite mounds of the genus *Nasutitermes* in an anthropogenic forest. The sampling site was located in the community of Relojera, province of Darien. The termite mounds were randomly selected within a commercial teak (*Tectona grandis*) plantation. The plantation corresponds to a five-year commercial crop. The plot delimited for sampling corresponded to 1 ha. The density of termite mounds was estimated within a plantation with 625 trees per hectare, distributed in 25 rows, with 25 trees per row. Visible and living termite mounds of the genus *Nasutitermes* were censused. A map was drawn up with the position and distribution of all termite mounds. A subsample of 12 live termite mounds (27%) was randomly selected from January to June 2023 for population structure analysis. Within the sampling unit, 44 trees were found with live termite mounds (1 per tree), for an incidence of 7.04%. The worker caste was the most representative, with 76%, followed by immature workers (12%), soldiers (8%) and immature soldiers (2%). The presence of pre-winged and winged (secondary reproducers) was related to the onset of the rainy season, being found in 16% of the sampled termite mounds. The presence of the primary queen was recorded in 75% of the termite mounds and the presence of the king in one of the analyzed termite mounds (8%).

Key words: Trees, caste, sampling, termite

1. INTRODUCCIÓN

Las termitas (Isoptera, Termitidae) son insectos sociales que desempeñan un rol crucial en los ecosistemas, en especial en los tropicales, debido a la capacidad que tienen para descomponer materiales orgánicos. Poseen un alto nivel de diversidad ecológica y evolutiva, Las termitas están relacionadas con cucarachas, es decir, evolucionaron de un ancestro común. (**Inward *et al.*, 2007**).

El éxito ecológico de este grupo se atribuye en gran medida a su organización social y a su capacidad para alimentarse de materiales resistentes, tales como la lignocelulosa presente en la madera, así como en especies frutales como mango, aguacate, el ciruelo y marañón (**Brune & Ohkuma, 2011**).

Esta notable capacidad digestiva se origina en un sistema enzimático especializado, así como en una asociación simbiótica con microorganismos que habitan en su tracto digestivo (**Brune, 2014**). En consecuencia, las termitas se constituyen como un elemento clave en el proceso de descomposición de la biomasa en los ecosistemas tropicales.

Además de su importancia ecológica, algunas especies de termitas son consideradas plagas debido a los daños que ocasionan en infraestructuras y plantaciones de árboles leñosos y frutales (**Jaén, Melvis; Aguilera, 2021; Santana, 2004**). Su estructura social, caracterizada por castas especializadas tanto morfológica como fisiológicamente, ha sido un factor clave para su éxito evolutivo, aunque también complica su manejo y erradicación en entornos urbanos. La especialización de castas en las colonias permite una división de trabajo eficiente, que es esencial para la supervivencia y reproducción de las mismas.

La densidad y distribución de las colonias de termitas están determinadas por factores como el clima, el tipo de suelo y la vegetación (Lee, 1968; Istifanus *et al.* 2023). En el caso de los organismos del neotrópico, varios estudios han abordado su distribución y dinámica poblacional según las estaciones del año (Aquilinus, 2010; Barca *et al.*, 2018; Bezerra-Gusmão *et al.*, 2011), aunque la mayoría de estas investigaciones se han centrado en bosques naturales y sabanas (Buschini, 1999; Thorne, 1985). Entre las especies neotropicales, el género en estudio *Nasutitermes* sp, es particularmente abundante y variado en términos biogeográficos y morfológicos. Algunos grupos biológicos, tal como *Nasutitermes corniger*, son plagas importantes en estructuras urbanas y su distribución es amplia en la región (Constantino, 2002; Fontes & Milano, 2002).

En Panamá, el cultivo de madera, especialmente teca, ha adquirido gran relevancia económica, siendo uno de los principales productos de exportación del país (Sánchez, 2020). En este contexto, *Nasutitermes corniger* ha sido reportada como una plaga en explotaciones de teca (Salas Acuña, 2005), aunque no existen suficientes estudios cuantitativos sobre la densidad poblacional de esta especie y su impacto en estos cultivos. La falta de información detallada relacionada con la proporción de castas y su comportamiento en ambientes modificados, como las plantaciones comerciales, limita el entendimiento de su dinámica ecológica y las estrategias para el manejo de plagas en dichos sistemas.

La presente investigación se propone determinar la estructura poblacional de termitas del género *Nasutitermes* en una plantación comercial de teca en la provincia de Darién, específicamente en la comunidad de Zapallal, durante un periodo de seis

meses. Además, se analizará la distribución de los termiteros dentro del área de estudio y se examinará la proporción y biomasa de las diferentes castas presentes. Los resultados contribuirán a comprender mejor la dinámica poblacional y la ecología reproductiva de esta especie en ambientes antropogénicos, proporcionando información crucial para el manejo de plagas y la sostenibilidad de las plantaciones forestales en Panamá.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Familia Lamiaceae

La familia Lamiaceae, incluye una variedad de géneros cultivados entre los que se encuentran algunos ornamentales, como *Verbena*, *Duranta* y *Clerodendrum*; sin embargo, destaca especialmente el *Tectona grandis*, conocido comúnmente como teca, originario del Sudoeste asiático. Esta especie se distingue por su madera de alta calidad, valorada por su resistencia al agua y durabilidad, lo que la convierte en un recurso fundamental en la construcción de barcos y otros usos náuticos.

2.1.1 Descripción taxonómica

La teca se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

- Reino: Plantae
- Filum: Magnoliophyta
- Clase: Angiospermas
- Orden: Lamiales
- Familia: Lamiaceae
- Género: *Tectona*
- Especie: *T. grandis*
- Nombre científico: *Tectona grandis* (Cóndor-Jimenez, 2017).

2.1.2 Géneros de investigación

2.1.2.1 Teca (*Tectona grandis*)

La teca, originaria de Birmania, Tailandia y ciertas regiones de la India, es un árbol valioso por su madera dura, duradera y resistente a la humedad y plagas. Fue introducida en América por primera vez en países como Trinidad y Tobago, donde se adaptó exitosamente a las condiciones climáticas tropicales (Betancourt, 1987; Ballesteros y Cortez, 2023). Se

trata de una especie caducifolia que pierde sus hojas durante la temporada seca, desarrollando un nuevo follaje con la llegada de las lluvias. El tronco es recto y puede alcanzar alturas superiores a los 50 metros en escenarios óptimos. Al crecer en aislamiento, tiende a bifurcarse y desarrollar una copa más ancha, con ramas gruesas y bajas. Es posible que la bifurcación del fuste ocurra al llegar a la madurez o cuando la floración se inicia prematuramente. La corteza, de textura áspera y delgada, presenta fisuras y es de color café claro (**Geifus, 1994; Cárcamo, 2003**).



Figura 1. Árbol de teca. (Maderero, 2020)

La especie fue introducida en América Central, específicamente en Panamá, en 1926, utilizando semillas provenientes de Sri Lanka. A partir de esta introducción, se distribuyeron a la mayoría de los países de Centro América y el Caribe. Las primeras plantaciones se realizaron en Costa Rica entre 1926 y 1929. Posteriormente, se establecieron en naciones como Brasil, Perú, El Salvador, Honduras, Bolivia, Ecuador y Jamaica (**FONAFIFO, 2003; Ballestero y Cortez, 2023**).

En nuestro país, la mayor concentración de teca se localiza en las provincias de Darién, Chiriquí, Panamá y Veraguas, donde las condiciones de clima tropical y suelo favorecen su cultivo y crecimiento. Estas áreas presentan una combinación de temperaturas cálidas y lluvias abundantes, ideales para el desarrollo de esta especie forestal (**CATIE, 2013**).

2.1.3 Importancia económica de la teca .

Las cualidades físicas y estéticas de la especie estudiada, le han otorgado una reputación internacional como una madera de alta calidad, siendo altamente solicitada tanto para la construcción naval, muebles de interiores y exteriores. Aunque su producción global actual ronda los 3 millones de metros cúbicos por año, lo que representa una pequeña fracción del total de la producción de madera mundial, la teca actualmente es muy valorada en los mercados internacionales. Es una especie de plantación significativa en varios países tropicales y subtropicales, incluyendo Myanmar (anteriormente Birmania), Indonesia, Tailandia, India, Nigeria, Costa de Marfil, Panamá, Costa Rica, Brasil y Papúa Nueva Guinea (**Padmanabhan, 2006**).

En las últimas décadas, las plantaciones forestales han cobrado un notable

auge en los trópicos y subtrópicos, gracias a los múltiples beneficios que ofrecen. La teca se ha convertido en una especie altamente demandada tanto por inversionistas como por productores forestales; sin embargo, muchos de los interesados en su cultivo carecen de conocimientos fundamentales sobre su potencial de crecimiento y productividad (Vaides, 2004; Isaula, 2011)

La necesidad global de madera de teca ha mostrado un crecimiento constante en los últimos años; sin embargo, la oferta sigue siendo insuficiente para satisfacer esta creciente demanda, ya que hay una cantidad limitada de plantaciones que están en condiciones de ser explotadas, además, varios países han implementado vedas que restringen la explotación y/o exportación de sus recursos forestales.

La teca (*Tectona grandis*) se destaca entre las maderas finas utilizadas en la fabricación de muebles, siendo la especie más adecuada para su cultivo en plantaciones forestales. Su establecimiento en monocultivos es relativamente sencillo y dado que la demanda global de madera fina es constante, representa una excelente oportunidad para su producción en plantaciones, con un bajo nivel de riesgo asociado (ISTF, 2009; Isaula, 2011).

2.2 *Nasutitermes* sp.

2.2.1 Descripción Taxonómica

Clasificación Taxonómica del género:

- Reino: Animalia
- Filo: Arthropoda
- Clase: Insecta

- Orden: Blattodea (Isoptera).
- Familia: Termitidae
- Subfamilia: Nasutitermitinae
- Género: *Nasutitermes* sp

Las termitas (Orden Blattodea:Isoptera -Termitidae), constituyen un grupo de insectos sociales con gran diversidad ecológica y evolutiva, que comparten su ancestro común con las cucarachas (**Inward et al., 2007**). El éxito ecológico de esta especie es frecuentemente atribuido a la combinación de su organización social y la habilidad única de alimentarse de plantas denominadas recalcitrantes tales como mango, aguacate, ciruela, marañón y la madera (lignocelulosa) (**Brune y Ohkuma, 2011**).

La digestión de la lignocelulosa presente en la madera por parte de las termitas se basa en un estructurado 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 (**Santana, 2004; Jaén, Melvis; Aguilera, 2021**). Además de su especializado régimen alimenticio, otra de las características de las termitas que ha permitido el éxito en cuanto a su cosmopolita diversidad, es su sofisticada organización social. Al igual que otros insectos sociales, las termitas viven bajo un complejo sistema social donde los

individuos están morfológica y fisiológicamente especializados en distintas castas. La división de labores entre las castas es la clave para el eficiente desarrollo de la colonia, su supervivencia y reproducción. La organización social de las termitas también representa una de las razones por las cuales la infestación en áreas de interés humano puede ser muy difícil de controlar y erradicar. (Thorne, 1997; Noirot, 2001; Krishna *et al.*, 2013).

2.2.2 Género estudiado

Nasutitermes, es considerado el género que presenta uno de los grupos más abundantes, diverso y heterogéneo en términos de biogeografía y morfología. Además, se ha reportado que varias especies de *Nasutitermes* son importantes plagas estructurales (Boulogne *et al.*, 2017; Constantino, 2002; Fontes y Milano, 2002).

Nasutitermes corniger (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae), es una de las especies con mayor distribución entre el género *Nasutitermes* en la región Neotropical (Constantino, 2002). En el año 1985, Thorne y colaboradores reportaron datos de la estructura poblacional de *Nasutitermes* en el área de Barro Colorado en Panamá, indicando que la concentración de las distintas castas está relacionada con la presencia de los reproductores (Thorne, 1985). Este es el único estudio publicado sobre la densidad poblacional de termitas en nuestro país.

2.2.3 Distribución y densidad.

Las poblaciones de termitas, al igual que muchos otros insectos, se influyen por factores ambientales como el clima, el tipo de suelo y la

vegetación disponible en su hábitat; dichos elementos determinan la disponibilidad de alimento, refugio y las condiciones óptimas de humedad y temperatura que son cruciales para la supervivencia y reproducción de las termitas. (Lee, 1968). En el caso específico de las especies de la región neotropical, podemos encontrar literatura acerca de la distribución y variación en la dinámica poblacional dependiendo del cambio estacional (Constantino 2002, Aquilinus 2010, Barca *et al.* 2018, Bezerra-Gusmão *et al.*, 2011). Sin embargo, la mayoría de estos estudios se enfocan en analizar la densidad y patrones de agregación de las termitas en ambientes de bosque naturales, como bosque tropicales o sabanas (Buschini, 1999; Thorne, 1985).

2.2.4 Importancia económica

En Panamá ha crecido el interés en la producción de madera comercial para la exportación, por lo que las plantaciones de teca representan el cultivo más extenso de la nación y en los últimos 5 años se ha mantenido como el tercer producto de exportación panameño (Sánchez, 2020). Por otro lado, se reportó una alta incidencia de *N. corniger* en plantaciones de esta especie en nuestro país (Salas-Acuña, 2005), sin embargo, no existen reportes estadísticos, ni datos experimentales sobre la verdadera densidad o estructura poblacional que sustenten esta observación. Además, son escasos los estudios dirigidos a comprender la variación de la estructura poblacional y densidad de terminas en ambientes modificados y su impacto en plantaciones forestales comerciales.

Los datos sobre las proporciones de castas y comportamiento en los

bosque naturales o antropogénicos son fundamentales para entender la dinámica ecológica, conductual, fisiológica y reproductiva de las especies de termitas. **(Thorne, 1997; Oguchi *et al.*, 2021).**

En Panamá, se han reportado un total de 49 especies de termitas, de las cuales 13 son consideradas plagas debido a su capacidad de causar daños significativos a la madera y productos procedentes de esta. Las mismas representan una amenaza para estructuras construidas con madera, ya que se alimentan de la celulosa y otros componentes de la madera, comprometiendo la integridad estructural de viviendas, muebles y demás derivados. **(Cambra, 2002; Nickle & Collins, 1992).**

Se estima que esta especie causa una pérdida económica de más de 40 mil millones de dólares anuales a nivel global **(Rust & Su, 2011)**. En el cuadro N°1 se constata el costo millonario de las afectaciones generadas por termitas en diversas regiones del mundo. A pesar de que en Panamá no existen reportes, ni entidad que monitoree los daños económicos causados al sector agrícola e industrial maderero, se han reportado termitas afectando distintas plantaciones; como es el caso de roble, teca y marañón **(John & Beer, 1997, Baltodano, 2007, Jaén & Aguilera, 2021)**; siendo *N. corniger* la especie de termita presente en los árboles de teca y marañón.

| Regiones | Pérdidas económicas anuales | Referencias |
|------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Australia | \$1.5 billones | Staunton, 2012 |
| China (mainland) | \$1 billón | Lenz et al., 2003 |
| Fiji Islands | \$1 millón | Chand et al., 2018 |
| France | \$0.5 billón | Lenz et al., 2003 |
| India | \$35.12 millones | Verma et al., 2009 |
| Indonesia | \$1 billón | Hadi et al., 2016 |
| Japan | \$0.8–1 billón | Tsunoda & Yoshumura, 2004 |
| Malaysia | \$10–12 millones | Yeoh & Lee, 2007 |
| Philippine | \$100 millones | Acda, 2013 |
| Taiwan China | \$4 millones | Li et al., 2011 |
| Thailand | \$0.5 billón | Vongkaluang, 2004 |
| USA | \$11 billones | Subekti et al., 2015 |
| World | \$40 billones | Rust & Su, 2012 |

Cuadro 1. Estimación anual de las pérdidas económicas causadas por termitas alrededor del mundo (Ahmad *et al.*, 2021).

2.2.5 Ciclo Biológico y comportamiento de las termitas

2.2.5.1 Ciclo de vida:

Las termitas del género *Nasutitermes* sp. presentan un ciclo de vida con metamorfosis incompleta, compuesto por las etapas de huevo, ninfa y adulto. Este desarrollo gradual asegura la estabilidad de la colonia y la renovación constante de las castas funcionales.

Huevo: El ciclo comienza con los huevos depositados por la reina en cámaras protegidas dentro del nido. Son cuidados por las obreras, que los limpian y mantienen a una temperatura y humedad estables para favorecer su desarrollo. El período de incubación dura entre 25 y 30 días, y cada reina puede

poner entre 60 y 80 huevos por día, dependiendo de las condiciones ambientales (Abe, 2001).



Figura 2. Huevos de *Nasutitermes* sp. (Higiene Ambiental, 2022)

Ninfa: Las ninfas emergen de los huevos y pasan por un proceso de crecimiento mediante 5 a 7 mudas antes de alcanzar la madurez. Esta fase tiene una duración promedio de 2 a 3 meses, durante la cual las ninfas se diferencian en obreras, soldados o reproductores, según las señales hormonales y sociales dentro de la colonia (Thorne, 1997).



Figura 3 Ninfas de *Nasutitermes* sp. (Quah, 2009)

Obreras: Las obreras son la casta más numerosa, representando más del 70% de la población total. Son ápteras y estériles, y se encargan de construir el nido, recolectar alimento, alimentar a otras castas y cuidar las crías. Tienen una longevidad aproximada de 9 a 12 meses, dependiendo de la humedad y la temperatura ambiental (Noirot, 2001; Ricart *et al.*, 2015).



Figura 4. Obrera de *Nasutitermes* sp. (Quah, 2009)

Soldados: Los soldados tienen una función exclusivamente defensiva. Poseen una cabeza grande y endurecida, y en *Nasutitermes* sp. presentan una proyección frontal o nasus, desde la cual expulsan secreciones químicas defensivas. Su esperanza de vida promedio es de 10 a 12 meses, similar a la de las obreras (Noirot, 2001).



Figura 5. Soldado de *Nasutitermes* sp. PictureInsect. (2008.)

Reproductores: Esta casta incluye a la reina, el rey y los individuos alados. La reina puede vivir de 10 a 15 años, siendo la única hembra fértil, mientras que el rey alcanza una longevidad de 4 a 6 años. Los reproductores alados aparecen en la época lluviosa y son responsables de la dispersión y formación de nuevas colonias mediante el vuelo nupcial (**Abe, 2001**).



Figura 6. Reproductores alados de *Nasutitermes* sp. (Quah, 2009)

Reproductores Primarios: Corresponden a los individuos alados que, tras el vuelo nupcial, pierden sus alas y se transforman en la pareja fundadora de la nueva colonia. Su maduración reproductiva se completa en 4 a 6 semanas, y pueden llegar a vivir hasta 15 años, manteniendo la producción de huevos durante toda su vida (**Abe, 2001; Thorne, 1997**).



Figura 7. Reinas adultas de *Nasutitermes* sp. (Quah, 2009)

Reproductores Secundarios (Neoténicos): En algunas especies de *Nasutitermes*, cuando mueren los reproductores primarios, ciertas ninfas desarrollan órganos sexuales funcionales y se convierten en reproductores secundarios. Estos individuos pueden vivir entre 2 y 4 años y garantizan la continuidad de la colonia (Noirot, 2001).

2.2.6 Comportamiento:

Construcción del nido: *Nasutitermes* sp. construye nidos grandes y complejos, generalmente arbóreos, hechos de una sustancia similar al cartón que elaboran con madera digerida y excremento. Estos pueden albergar a millones de individuos (Grassé, 1982).

Forrajeo: Las obreras buscan alimento, que consiste principalmente en madera y otros materiales vegetales. Utilizan senderos cubiertos para protegerse de los depredadores mientras se desplazan entre el nido y las fuentes de alimentación.

Defensa: Los soldados defienden la colonia con sus mandíbulas y, en el caso de *Nasutitermes* sp., con las secreciones defensivas que expulsan por el

nasute; estas pueden ser tóxicas o repelentes para los depredadores.

Comunicación: Las termitas se comunican mediante feromonas, sustancias químicas que les permiten coordinar sus actividades y mantener la organización social de la colonia.

2.2.7 Dinámica poblacional

La dinámica poblacional de *Nasutitermes* sp. está influenciada por diversos factores, tanto intrínsecos como extrínsecos, que determinan el tamaño y la composición de la colonia a lo largo del tiempo.

2.2.8 Factores intrínsecos:

Tasa de reproducción de la reina: La reina es la única hembra fértil en la colonia y su capacidad de poner huevos determina el crecimiento de la población (**Grassé, 1982**). La tasa de oviposición puede verse afectada por factores como la edad, la disponibilidad de recursos y las condiciones ambientales.

Desarrollo y mortalidad de las castas: La proporción de cada casta en la colonia varía a lo largo del tiempo y está influenciada por la disponibilidad de recursos, la presencia de depredadores y las necesidades de la comunidad (**Etcheverry et al. 2010**); **Thorne et al., 1997**). Por ejemplo, en épocas de escasez de alimento, la cantidad de obreras puede aumentar para maximizar la búsqueda de provisiones, mientras que es posible que, en situaciones de ataque por sus enemigos, el número de soldados incremente para defender al nido.

Competencia intraespecífica: Es posible que la competencia por recursos dentro de la colonia influya en la supervivencia y el desarrollo de los individuos; la

misma puede ser por alimento, espacio o acceso a la reina. (Etcheverry *et al.* 2010; Thorne *et al.*, 1997).

2.2.9 Factores extrínsecos:

Disponibilidad de alimento: La abundancia de madera y otros recursos alimenticios es crucial para el crecimiento y la supervivencia de la colonia (Malpica *et al.*, 2008, Noirot, 2001). La calidad del alimento también puede influir en el desarrollo y la reproducción de las termitas.

Clima: Las condiciones climáticas, como la temperatura y la humedad, afectan el desarrollo y la actividad de las termitas; éstas son sensibles a las variaciones de los factores ambientales mencionados anteriormente y prefieren ambientes cálidos y húmedos. (Noirot, 2001).

Depredadores y patógenos: Las termitas son presa de diversos depredadores, como hormigas, aves y mamíferos También pueden verse afectadas por enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus (Malpica *et al.*, 2008, Noirot, 2001).

Perturbaciones antrópicas: La deforestación, la urbanización y el uso de pesticidas son capaces de afectar negativamente a las poblaciones de termitas. La destrucción de su hábitat natural y la exposición a productos químicos tóxicos pueden reducir su supervivencia y capacidad de reproducción. (Noirot, 2001)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El lugar de muestreo se ubicó 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 recorrieron 4 horas por la vía Panamericana hacia Darién, hasta Zapallal, justo antes del desvío para ingresar a Relojera. Desde la carretera en Zapallal, se desvía en dirección a Relojera, la cual está ubicada al Noreste por un camino rural de material pétreo de tosca y de 4 metros de ancho en promedio. Se transitaron 11.6 km hasta llegar al sitio de estudio.(ver figura 8). El recorrido tuvo una duración aproximada de 40 - 50 minutos. Se recomienda realizarlo en vehículo con tracción en las cuatro ruedas. La unidad de muestreo correspondió a una parcela comercial de teca (*Tectona grandis*), con un perímetro de 408 m y un área de 10,000m², caracterizada por ser una plantación homogénea de 5 años.

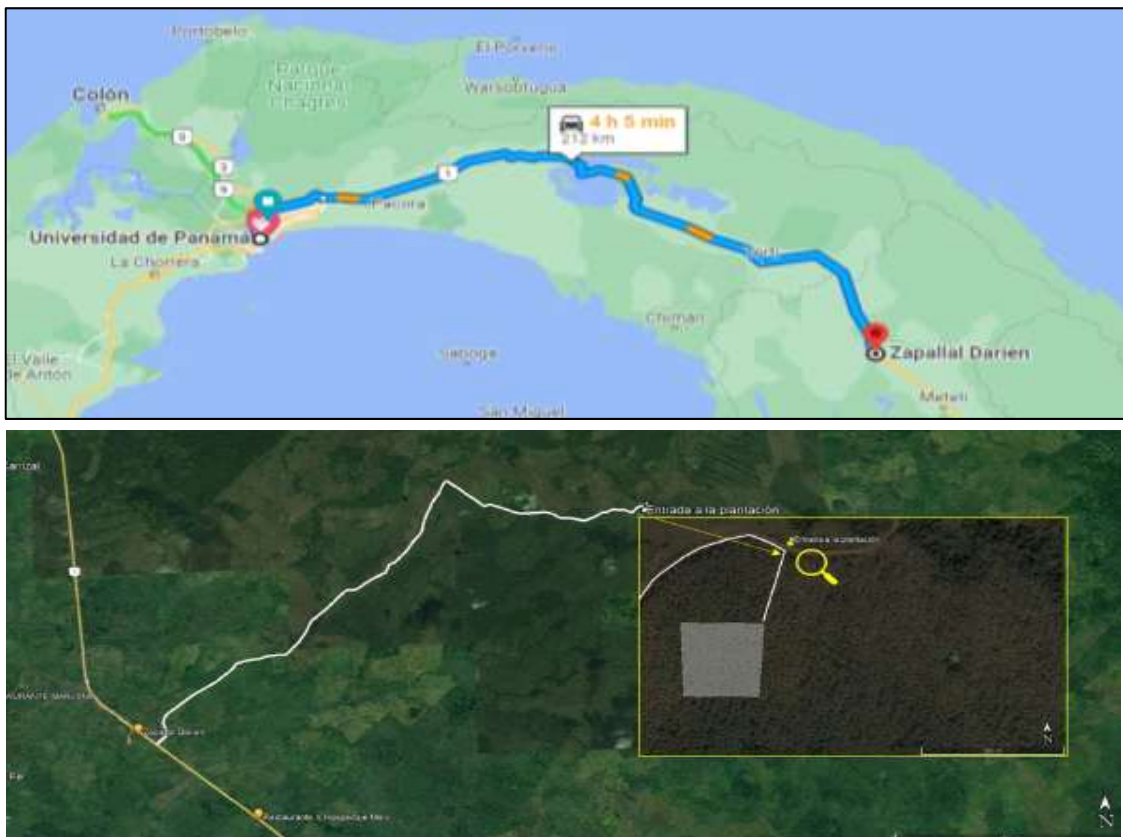


Figura 8. Localización del sitio de muestreo. Fuente: (Google, 2024.)

3.2. Densidad de termiteros de *Nasutitermes*

La densidad de los termiteros se estimó en una plantación con una población a muestrear de 625 árboles por hectárea, distribuidos en 25 hileras, con 25 ejemplares cada una. Se censaron todos los termiteros visibles y vivos del género *Nasutitermes*. Se procedió a realizar un mapa que constatará la posición y distribución del total de los termiteros censados. (ver figura 10).

Los termiteros se clasificaron en base a su peso; ya que consideramos es el método más adecuado para obtener un parámetro con mayor exactitud y evitar la pérdida de individuos por manipulación.



Figura 9. Equipo de trabajo durante el recorrido en el área de muestreo.



Figura 10. Croquis del área evaluada. H: hileras; A: árboles.

3.3. Estructura poblacional

3.3.1. Recolección de las muestras

Se recorrieron los transectos de cada hilera, hasta ubicar todos los termiteros vivos presentes en la unidad de muestreo. (ver figura 10).

Luego de identificar los termiteros dentro del área predeterminada, se registró la fecha y hora de colecta, como también la temperatura y humedad en el sitio al momento de la colecta. (ver figura 5).

Durante el periodo de estudio, se seleccionaron mensualmente 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 termitero:
- Diámetro superior

- Diámetro medio
- Diámetro inferior
- Altura del termitero (desde la base inferior hasta la base superior del mismo).

El volumen del termitero se estimó por comparación con la mitad de un elipsoide, según la siguiente fórmula: $4/3\pi(1/2L) (1/2 W)^2$, donde L = diámetro mayor y W = diámetro menor (**Etcheverry *et 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. (ver figura 11).



Figura 11. Proceso de colecta, medición y pesaje de termiteros.

De acuerdo con el peso se clasificaron en pequeños o grandes. Las bolsas con los termiteros se colocaron en una caja herméticamente sellada para ser trasladados al laboratorio. En cada muestreo se seleccionaron dos termiteros al azar en base al tamaño y peso. Se escogió uno grande y otro pequeño por muestreo. Se realizó una clasificación adicional arbitraria en base a su peso y se dividieron en cuatro categorías:

- Categoría 1: 0.0 a 2.5Kg
- Categoría 2: 2.51 a 5.0Kg
- Categoría 3: 5.1 a 7.5Kg
- Categoría 4: 7.51 a 10Kg.

A su llegada al laboratorio, los termiteros colectados fueron refrigerados durante 24 horas, para asegurar la inmovilización total de las termitas. Posteriormente, cada termitero se dividió en varias secciones y fue triturado cuidadosamente con el propósito de localizar y extraer a la reproductora primaria (la reina). Tras este proceso, los restos se tamizaron utilizando tamices de diferentes tamaños, con aperturas que variaron entre 4.76 mm y 0.177 mm (equivalentes a mallas entre 4 y 80 mesh), con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de sedimento. (ver figura 12).



Figura 12 División de termiteros en secciones y proceso de tamizado.



Figura 13. Tamizado y extracción de reina y reproductoras.

Una vez completado el tamizado de cada termitero, todos los individuos recolectados se mezclaron en un vaso químico y de esta mezcla se extrajeron ocho submuestras de 2.5 mL. Cada submuestra fue cuidadosamente analizada para contar y clasificar las termitas presentes por castas. Las termitas fueron divididas en dos grandes grupos: los ápteros (no reproductores) y la línea de imagos (reproductores), siguiendo la clasificación propuesta por **(Boulogne et al. 2017)**. Además, de acuerdo con Thorne, 1985, se reconocen tres tipos principales de imagos: los reproductores primarios (rey y reina), los alados (reproductores secundarios) y los adultoides (obreras y soldados). En la presente investigación, se utilizaron ambos criterios para describir a las diferentes castas presentes dentro de la colonia. (ver fig 13-15)

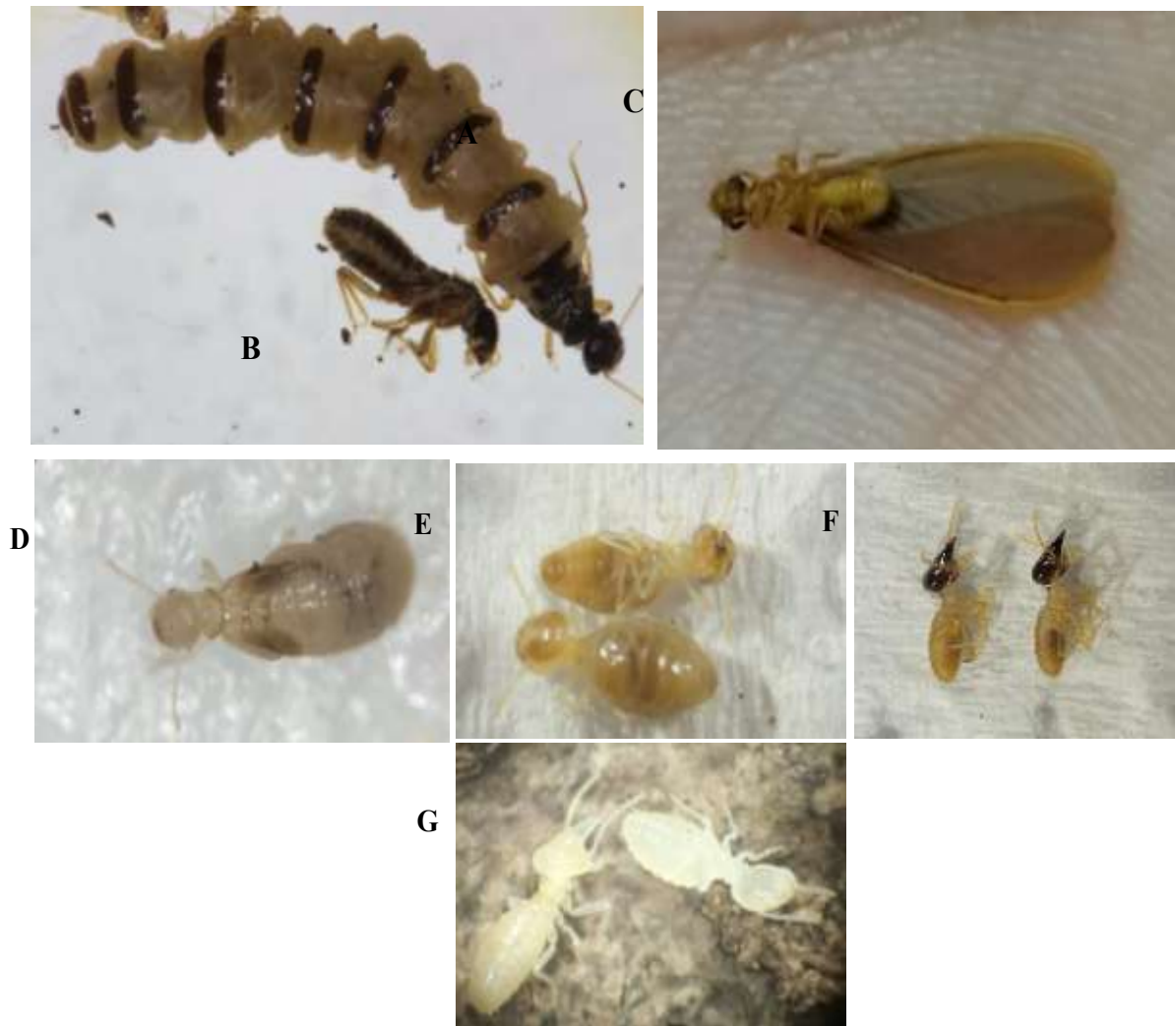


Figura 14. Diferentes castas sociales de *Nasutitermes* encontradas en los termiteros A. Reina B. Rey, C. Reproductora alada, D. Reproductora pre-alada, E. obreras, F. soldados y G. soldados y obreras inmaduras.



Figura 15. Termitas evaluadas.

3.4. Análisis estadísticos

Los datos colectados en campo y obtenidos en laboratorio, fueron tabulados y analizados en base a modelos descriptivos y medidas de tendencia central. Igualmente se evaluó el comportamiento de los datos para determinar la variabilidad de los mismos durante todos los meses de evaluación, buscando de igual manera determinar algún nivel de correlación con las variables ambientales predominantes en cada periodo de muestreo.

4. RESULTADOS

4.1. Densidad de los termiteros de *Nasutitermes*

El sitio de muestreo seleccionado es una parcela comercial de teca (*Tectona grandis*), tenía un perímetro de 408 m y un área de 10,000m². Se caracterizó 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).

La plantación presentó una densidad de 625 árboles por hectárea, distribuidos en 25 hileras con 25 individuos 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. Entre los 625 árboles evaluados, se observaron 44 con termiteros vivos(1 por árbol), para una incidencia de 7.04% (44/625), (ver figura 16).

| | 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H17 | 2 | | | | | | | | | | | | | 30 | 34 | | | | | | | | 43 | 44 | | |
| H18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H19 | | | | | | | | | | | | | 27 | | | | | 36 | | | | | | | | |
| H20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H21 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H23 | 3 | | | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H24 | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H25 | 7 | | | | | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 16. Croquis del área evaluada. H= hileras; A= árboles

4.2. Distribución espacial

Analizando el número de secuencias ininterrumpidas de árboles con una misma condición (con termiteros = número de Runs). 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

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIA AGROPECUARIAS
Prof. Fernando Villarreal (2025)

Fórmulas:

$$E(U) = 1 + [2 \times D \times (N - D)] / N$$
$$S(U) = \text{Raíz} \{ [2 \times D \times (N - D)] \times [2 \times D \times (N - D) - N] / N^2 \times (N - 1) \}$$
$$Z(U) = [U + 0.5 - E(U)] / S(U)$$

E(U) = Número esperado de secuencias (runs)
S(U) = Desviación estándar de secuencias
Z(U) = Prueba normal para secuencias (runs test)
N = Número total de arboles
D = Número de arboles con termiteros
U = Número de secuencias observadas

Regla de decisión
Si $Z(U) < Z_{\alpha\beta} = -1,64 \rightarrow$ se acepta H_0 : distribución aleatoria
Si $Z(U) > Z_{\alpha\beta} = -1,64 \rightarrow$ se acepta H_a : distribución agregada

Ejemplo:
DDDDSDSDSDSDSDSDSDSDSD

| | |
|--|-----|
| Número total de arboles (N): | 625 |
| Número total de arboles con termiteros(D): | 44 |
| Número total de secuencias (U): | 108 |

E(U) = 82.80
S(U) = 3.25
Z(U) = 7.89

Decisión:
 $Z(U) = 3,14 > Z_{\alpha\beta} = -1,64$, por lo tanto, se acepta H_a al nivel del 5% de probabilidad, es decir, la distribución de los termiteros es agregada.

Figura 17 análisis de secuencias, de la distribución espacial.

4.3. Altura media desde la base del árbol, a la base del termitero.

Se registró la altura desde la base del árbol hasta la base del termitero, para cada uno de los 44 termiteros vivos censados en la plantación, (ver cuadro N° 2). La elevación promedio fue de 3.02 m, lo que implicó la utilización de escaleras para la colecta. (ver figura 11)

| | | | |
|------|------|------|------|
| 3.57 | 2.66 | 3.89 | 2.43 |
| 2.32 | 3.56 | 3.67 | 2.53 |
| 2.39 | 4.02 | 2.69 | 2.99 |
| 2.22 | 3.53 | 2.18 | 3.28 |
| 2.90 | 1.86 | 2.91 | 3.48 |
| 2.50 | 3.17 | 3.69 | 2.85 |
| 3.31 | 2.61 | 3.84 | 2.78 |
| 2.51 | 3.86 | 2.92 | 3.58 |
| 2.92 | 2.75 | 3.19 | 3.28 |
| 3.48 | 3.31 | 2.22 | 2.89 |

Cuadro 2. Altura media de los termiteros en metros en el área evaluada.

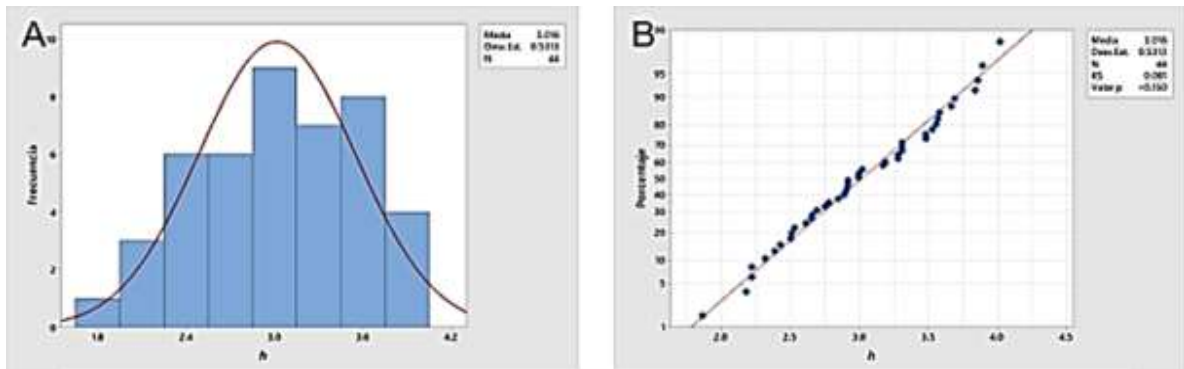


Gráfico 1. Distribución normal y prueba de normalidad de Kolmogorov- Smirnov para los datos de altura de los termiteros evaluados en una hectárea de bosque de teca

Este análisis se enfoca en la variable "h", que cuenta con 44 termiteros y utiliza una serie de medidas que describen tanto la tendencia central como la dispersión de los datos (ver gráfico 1).

La media, que es de 3.0164 m, indica que el valor promedio de "h" está cerca de 3m, lo que sugiere que la mayoría de las observaciones se agrupan alrededor de dicho valor. El error estándar de la media, de 0.0801, refleja la precisión con la que este promedio representa a la población, lo que señala que es una estimación fiable de la tendencia general.

La desviación estándar de 0.5313 muestra una dispersión moderada en los datos, lo que implica que los valores de "h" no presentan grandes variaciones y están relativamente concentrados en torno a la media.

Los valores mínimo y máximo van desde 1.8600 hasta 4.0200, lo que proporciona una idea del rango total de los datos, desde el más bajo hasta el más alto.

Los cuartiles ofrecen más detalles sobre la distribución de los datos. El primer cuartil (Q1), que es 2.6200m, señala que el 25% de las observaciones fueron inferior a dicho valor, mientras que la mediana (2.9550m) divide la muestra en dos mitades, y el tercer cuartil (Q3), de 3.4800m, indica que el 75% de los valores están por debajo de este número.

En conjunto, los datos de "h" se encuentran bien distribuidos en torno al promedio, con un rango entre 1.86m y 4.02m, y una dispersión moderada. La distribución parece ser simétrica, ya que la mediana y la media están cerca, lo que sugiere un equilibrio sin grandes desviaciones.

Los datos de la muestra fueron evaluados a través de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, la cual es una prueba de bondad de ajuste a una distribución normal teórica, resultando un valor de $p = 0.15$, superior al nivel de significancia de 0.05.

Regla de decisión: $p_v > p.05$, entonces no se rechaza la H_0 , concluyendo que la distribución de las medias de los grupos en comparación es la misma. Esto sugiere que la altura promedio de los termiteros evaluados medida desde la base de los árboles no difiere estadísticamente hablando.

4.4. Variables físicas de los termiteros evaluados durante el periodo de estudio.

Un total de 12 termiteros activos fueron elegidos al azar durante los meses de enero a junio de 2023, representando el 27% de los termiteros vivos contabilizados en una hectárea de árboles de teca. Las muestras fueron tomadas desde las 11:00 a.m. a 2:45 p.m. con temperaturas que oscilaron entre 24 °C la mínima en junio y 41 °C en abril (ver cuadro N°3). Correlativamente, la mayor humedad se registró en de junio (75%) y el menor valor en abril (36.5%).

| Mes | T ° C | HR % |
|---------|-------|-------|
| enero | 33.00 | 73.00 |
| enero | 34.55 | 73.00 |
| febrero | 34.00 | 65.00 |
| febrero | 35.00 | 63.00 |
| marzo | 36.00 | 42.00 |
| marzo | 39.00 | 39.00 |
| abril | 41.55 | 36.50 |
| abril | 38.25 | 47.00 |
| mayo | 38.00 | 72.00 |
| mayo | 38.00 | 73.00 |
| junio | 24.00 | 75.00 |
| junio | 24.00 | 75.00 |

Cuadro 3. Variables ambientales tomadas en campo al momento de la recolección de las muestras.

4.5. Estructura poblacional de *Nasutitermes* sp correspondientes al periodo de enero a junio.

Del total de termiteros activos de *Nasutitermes* sp, 12 de estos fueron analizados

durante los meses de enero a junio de 2023. El tamaño promedio total de las poblaciones en los termiteros, basado en el análisis de 96 submuestras, correspondientes a las colectas de 2 termiteros colectadas por gira (uno termitero grande y uno pequeño) contabilizadas a lo largo del periodo de estudio, fue de 56.931 individuos, agrupados en todas las castas.

4.6. Estructura poblacional correspondiente al mes de enero.

En la estructura poblacional para el mes de enero de 2023 de *Nasutitermes* sp, indicó que las obreras predominaron, constituyendo el 75.5% de la población total. La gran cantidad de obreras refuerza su papel esencial en el mantenimiento, la recolección de alimentos y el cuidado de otros miembros de las castas, lo que asegura la sostenibilidad y la estabilidad de los termiteros. Dicho predominio demuestra que el trabajo es la prioridad principal dentro de los nidos, los soldados constituyeron un 11.6% del de la población. Esta casta se encarga de la defensa y su número es significativo en las colonias, pero especialmente en los termiteros en crecimiento, donde representan una mayor proporción; lo que demuestra que la necesidad de protección y la capacidad de reproducción en las termitas parecen estar relacionadas con el tamaño de la colonia y la seguridad que el mismo les proporciona.

Los juveniles, obreras 9.3% y soldados 3.6%, representaron el 12.9% de la población total, lo que evidencia un proceso activo de renovación en las colonias. En particular, el tamaño del termitero nos muestra un mayor número de juveniles, lo que indica que la colonia se encuentra en una fase de crecimiento y expansión (**ver gráfico N°2**). El desarrollo de juveniles es clave para asegurar la perpetuidad de la comunidad y su capacidad para afrontar futuras demandas, tanto en términos de trabajo como de defensa (**ver cuadro N°4**).

La humedad y la temperatura son factores abióticos esenciales para el crecimiento y estructura poblacional de las termitas, ya que influyen directamente en su comportamiento y desarrollo. Durante la recolección de termiteros en enero, se registró una humedad relativa del 73% y una temperatura de 34 °C; condiciones que aumentan significativamente la actividad metabólica de todas las castas, especialmente de las obreras; quienes pueden realizar sus funciones de manera óptima bajo estos parámetros. Estas variables también benefician la evolución adecuada de los juveniles, lo que impulsa el aumento y reproducción de la colonia, fortaleciendo su capacidad de expansión y supervivencia.

| Termitero Grande: T1 | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|------------|-----------|-------------------|--------------------|---------------|-------------|-------|
| Termitero Nº1 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 325 | 63 | 0 | 97 | 23 | 0 | 508 | 1 |
| Sub-muestra 2 | 448 | 106 | 0 | 106 | 17 | 0 | 677 | |
| Sub-muestra 3 | 289 | 61 | 0 | 209 | 28 | 0 | 587 | |
| Sub-muestra 4 | 443 | 103 | 0 | 112 | 40 | 0 | 698 | |
| Sub-muestra 5 | 522 | 99 | 0 | 63 | 18 | 0 | 702 | |
| Sub-muestra 6 | 416 | 104 | 0 | 79 | 34 | 0 | 633 | |
| Sub-muestra 7 | 518 | 82 | 0 | 40 | 32 | 0 | 672 | |
| Sub-muestra 8 | 462 | 102 | 0 | 77 | 26 | 0 | 667 | |
| Totales | 3423 | 720 | 0 | 783 | 218 | 0 | 5144 | |
| Termitero Pequeño: T2 | | | | | | | | |
| Termitero Nº2 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 760 | 74 | 0 | 35 | 22 | 0 | 891 | 1 |
| Sub-muestra 2 | 737 | 80 | 0 | 38 | 33 | 0 | 888 | |
| Sub-muestra 3 | 612 | 52 | 0 | 26 | 12 | 0 | 702 | |
| Sub-muestra 4 | 466 | 52 | 0 | 21 | 27 | 0 | 566 | |
| Sub-muestra 5 | 657 | 85 | 0 | 16 | 14 | 0 | 772 | |
| Sub-muestra 6 | 597 | 95 | 0 | 32 | 24 | 0 | 748 | |
| Sub-muestra 7 | 491 | 47 | 0 | 38 | 32 | 0 | 608 | |
| Sub-muestra 8 | 527 | 63 | 0 | 29 | 13 | 0 | 632 | |
| Totales | 4847 | 548 | 0 | 235 | 177 | 0 | 5807 | |

Cuadro 4. Los datos de termiteros correspondientes al mes de enero.

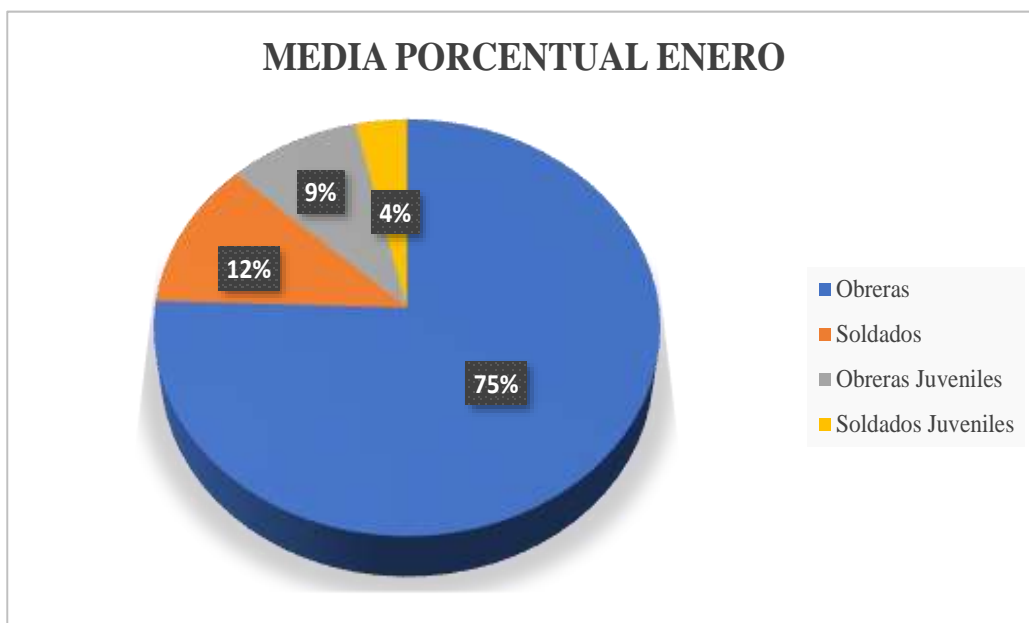


Gráfico 2. Estructura poblacional de *Nasutitermes* sp, de enero.

4.7. Estructura poblacional correspondiente al mes de febrero.

El comportamiento poblacional de *Nasutitermes* sp durante el mes de febrero, presentó una estructura poblacional dominada por obreras, lo que representó aproximadamente el 77.6% del total en los termiteros analizados (**ver grafica N°3**).

Los soldados constituyeron una porción significativa, lo que equivale aproximadamente al 6,5% de la población.

No se registró la presencia de reproductoras aladas en este mes, lo que podría indicar que no es una temporada de vuelo o reproducción activa.

Las obreras juveniles representaron un número considerable, con el 15.5% del total de la población, lo que sugiere un crecimiento activo de la colonia (**ver cuadro N°5**).

Los soldados juveniles se presentaron en un porcentaje muy bajo, representando sólo el 0.3% de la población total.

Las reproductoras pre-aladas en el muestreo de febrero representaron menos del 0.1% del total, lo que podría estar relacionado a factores ambientales específicos, que no son típicos de este mes, como es el caso de las lluvias. Estas condiciones climáticas, pueden estar relacionadas con el control del ciclo reproductivo de las termitas, provocando su emergencia fuera del período óptimo. La lluvia puede interferir en el comportamiento de la colonia y dispersión, ya que la humedad elevada y las fluctuaciones de temperatura pueden confundir la sincronización reproductiva natural de la especie.

La humedad relativa existente en este periodo cercana al 65%, indica condiciones relativamente secas, desfavorables para esta especie, ya que *Nasutitermes* sp suele prosperar en ambientes con alta humedad, lo que pudo limitar la actividad reproductiva o incluso la movilidad de los individuos. **(Pozo-Santiago et al., 2020).**

La temperatura de 35°C registrada en este periodo, considerada alta, también pudo afectar la actividad de los individuos. Las temperaturas elevadas pueden aumentar el estrés en la colonia, impactar la reproducción o el comportamiento de búsqueda de alimento. **(Cabrera et al., 2015).**

| Termitero Grande T3 | | | | | | | | |
|----------------------|-------------|------------|-----------|-------------------|--------------------|---------------|-------------|-------|
| Termitero N°1 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 552 | 52 | 0 | 7 | 0 | 1 | 612 | 1 |
| Sub-muestra 2 | 608 | 42 | 0 | 5 | 2 | 0 | 657 | |
| Sub-muestra 3 | 514 | 27 | 0 | 43 | 10 | 1 | 595 | |
| Sub-muestra 4 | 577 | 36 | 0 | 33 | 3 | 2 | 651 | |
| Sub-muestra 5 | 601 | 34 | 0 | 1 | 0 | 0 | 636 | |
| Sub-muestra 6 | 630 | 45 | 0 | 1 | 2 | 2 | 680 | |
| Sub-muestra 7 | 637 | 47 | 0 | 1 | 1 | 1 | 687 | |
| Sub-muestra 8 | 690 | 29 | 0 | 1 | 0 | 0 | 720 | |
| Totales | 4809 | 312 | 0 | 92 | 18 | 7 | 5238 | |
| Termitero Pequeño T4 | | | | | | | | |
| Termitero N°2 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 581 | 69 | 0 | 266 | 2 | 0 | 918 | 0 |
| Sub-muestra 2 | 607 | 76 | 0 | 314 | 5 | 0 | 1002 | |
| Sub-muestra 3 | 530 | 26 | 0 | 159 | 3 | 0 | 718 | |
| Sub-muestra 4 | 514 | 68 | 0 | 281 | 2 | 0 | 865 | |
| Sub-muestra 5 | 592 | 64 | 0 | 191 | 4 | 0 | 851 | |
| Sub-muestra 6 | 568 | 63 | 0 | 222 | 3 | 0 | 856 | |
| Sub-muestra 7 | 601 | 59 | 0 | 180 | 0 | 0 | 840 | |
| Sub-muestra 8 | 609 | 57 | 0 | 173 | 2 | 0 | 841 | |
| Totales | 4602 | 482 | 0 | 1786 | 21 | 0 | 6891 | |

Cuadro 5. Datos de termiteros correspondientes al conteo del mes de febrero.

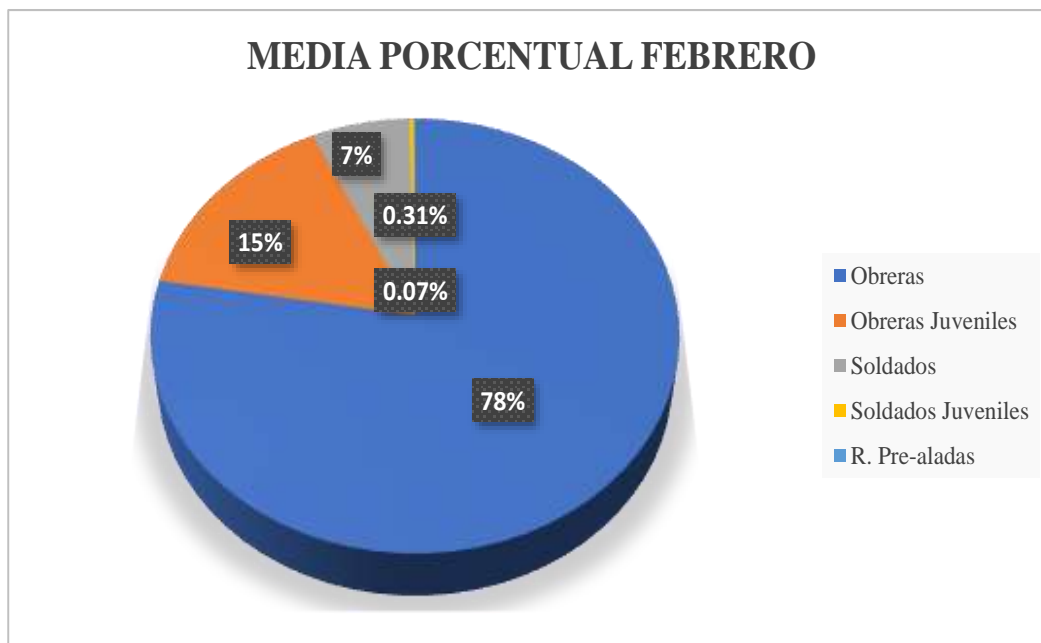


Gráfico 3. Estructura poblacional de *Nasutitermes* sp, en el mes de febrero.

4.8. Estructura poblacional correspondiente al mes de marzo.

El comportamiento poblacional de *Nasutitermes* sp durante el mes de marzo, mostró una estructura dominada por obreras, que constituyeron aproximadamente el 71.05% del total de la población en los termiteros analizados (**ver grafica N°4**). En general, las obreras son responsables de construir y mantener el nido, buscar y procesar alimento y cuidar a los individuos jóvenes y sostener a la reina.

Los soldados constituyeron el 8.78% de la población, lo que representa una defensa activa de la colonia. Su función principal es proteger a la comunidad contra amenazas externas, entre las que destacan los depredadores y otras especies de termitas. En *Nasutitermes* sp., estos soldados suelen tener estructuras morfológicas especializadas y adaptadas para la protección, como lo representan las nasutas o nasu, coraza protectora aguda o fusiforme en la parte fontal de la cabeza.

No se registró presencia de reproductoras aladas ni pre-aladas, lo que podría indicar que no es una temporada de vuelo o reproducción activa. La ausencia de estos individuos sugiere que en este momento la colonia no está en expansión mediante la formación de nuevos nidos.

Las obreras juveniles representaron el 17.84% del total de la población, lo que sugiere un crecimiento activo de la colonia. Este grupo está en proceso de maduración para posteriormente iniciar sus funciones de mantenimiento y alimentación de la colonia en su fase adulta.

Los soldados juveniles representaron el 2.33% de la población total, indicativo de una etapa de preparación para asumir su rol protector en la colonia. A medida que maduran, desarrollan sus características de defensa y se integran en la estructura de seguridad de la comunidad (**ver cuadro N°6**).

La humedad relativa registrada durante este periodo cercana al 40.5% indicó condiciones relativamente secas; contrario a las condiciones favorables para la especie, ya que *Nasutitermes* sp. suele prosperar en ambientes con altos valores de este parámetro. Este nivel de humedad relativa podría limitar la actividad reproductiva o incluso la movilidad de los individuos, afectando la estabilidad de la colonia en cuanto a la búsqueda de alimentos y el mantenimiento del termitero. (**Jones & Eggleton, 2010**).

La temperatura registrada para este mes fue de 37.5 °C, la que se considera alta y puede afectar el comportamiento de la colonia. Las temperaturas elevadas generan estrés en los individuos, reduciendo la actividad reproductiva y el forrajeo. Las obreras, que realizan la búsqueda de alimento y el mantenimiento del termitero, son las más sensibles a estas condiciones, lo que puede limitar su movilidad y eficiencia. En consecuencia, el calor excesivo puede alterar la estabilidad y el desarrollo general del termitero. (**Cabrera et al., 2015**).

| Termitero Pequeño T5 | | | | | | | | |
|----------------------|-------------|------------|----------------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------|-------|
| Termitero N°1 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 458 | 50 | 0 | 20 | 8 | 0 | 536 | 0 |
| Sub-muestra 2 | 481 | 63 | 0 | 46 | 14 | 0 | 604 | |
| Sub-muestra 3 | 492 | 58 | 0 | 51 | 21 | 0 | 622 | |
| Sub-muestra 4 | 513 | 62 | 0 | 24 | 14 | 0 | 613 | |
| Sub-muestra 5 | 540 | 52 | 0 | 38 | 20 | 0 | 650 | |
| Sub-muestra 6 | 533 | 48 | 0 | 63 | 12 | 0 | 656 | |
| Sub-muestra 7 | 513 | 39 | 0 | 35 | 9 | 0 | 596 | |
| Sub-muestra 8 | 593 | 53 | 0 | 24 | 6 | 0 | 676 | |
| Totales | 4123 | 425 | 0 | 301 | 104 | 0 | 4953 | |
| Termitero Grande T6 | | | | | | | | |
| Termitero N°2 | Obreras | Soldados | Reproductoras Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 378 | 52 | 0 | 207 | 16 | 0 | 653 | 1 |
| Sub-muestra 2 | 349 | 63 | 0 | 235 | 22 | 0 | 669 | |
| Sub-muestra 3 | 414 | 72 | 0 | 128 | 16 | 0 | 630 | |
| Sub-muestra 4 | 390 | 48 | 0 | 181 | 10 | 0 | 629 | |
| Sub-muestra 5 | 353 | 60 | 0 | 225 | 21 | 0 | 659 | |
| Sub-muestra 6 | 365 | 49 | 0 | 193 | 17 | 0 | 624 | |
| Sub-muestra 7 | 355 | 41 | 0 | 203 | 13 | 0 | 612 | |
| Sub-muestra 8 | 407 | 72 | 0 | 118 | 15 | 0 | 612 | |
| Totales | 3011 | 457 | 0 | 1490 | 130 | 0 | 5088 | |

Cuadro 6. Datos de termiteros correspondientes al conteo del mes de marzo.

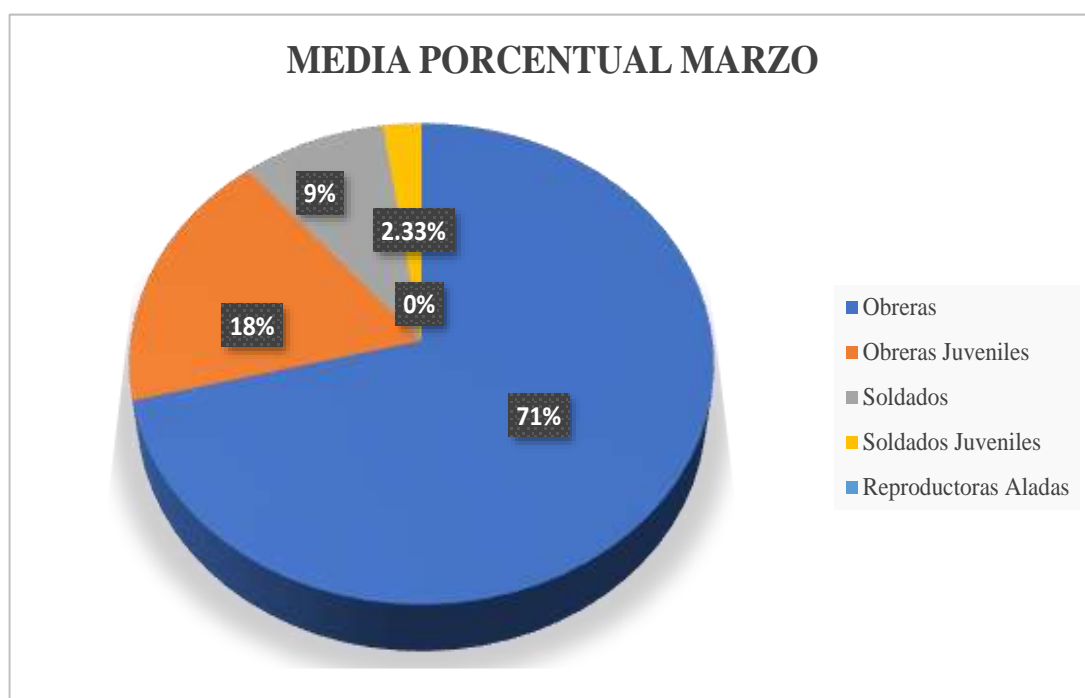


Gráfico 4. Estructura poblacional de *Nasutitermes* sp, del mes de marzo.

4.9. Estructura poblacional correspondiente al mes de abril

El comportamiento poblacional de *Nasutitermes* sp. durante abril, presentó una estructura dominada por obreras, que representaron aproximadamente el 75.63% del total de individuos en los termiteros analizados. Estas desempeñan funciones que ya han sido descrita en este documento (**ver Gráfica N°5**).

Los soldados constituyeron el 7.15% de la población, reflejando una defensa activa del termitero. No se registró la presencia de reproductoras aladas, mientras que las reproductoras pre-aladas representaron solo el 0.87% del total. Esto indica que la colonia aún no se encontraba en fase de expansión activa. Sin embargo, abril marca en Panamá la transición de la estación seca a la lluviosa, un periodo en el que suelen incrementarse las condiciones de humedad y temperatura, favoreciendo el desarrollo de formas reproductivas.

Las obreras juveniles alcanzaron el 13.56% del total poblacional, lo que sugiere un crecimiento controlado de la colonia. Estas se encuentran en proceso de maduración y pronto asumirán tareas de mantenimiento y alimentación. Los soldados juveniles representaron el 2.79%, en etapa de desarrollo de sus estructuras defensivas antes de incorporarse plenamente a la protección del termitero (**ver Cuadro N°7**).

La humedad relativa promedio registrada, fue del 40.25%, lo que indica condiciones relativamente secas para esta especie, la cual prospera en ambientes con mayor humedad. Dicho valor pudo limitar la actividad reproductiva y reducir la movilidad de los individuos, afectando la búsqueda de alimento y la conservación del nido (**Cabrera et al., 2015**).

Por otro lado, la temperatura promedio de 39.9 °C se considera elevada y pudo haber intensificado el estrés dentro de la colonia, disminuyendo la eficiencia en la reproducción, el forrajeo y las labores de mantenimiento. Las obreras, particularmente sensibles a las variaciones térmicas, pueden ver reducida su capacidad de trabajo y movilidad bajo estas condiciones extremas (Jones & Eggleton, 2010; Cabrera *et al.*, 2015).

| Termitero Grande T7 | | | | | | | | |
|----------------------|-------------|------------|-----------|-------------------|--------------------|---------------|-------------|-------|
| Termitero N°1 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 352 | 33 | 0 | 22 | 9 | 5 | 421 | 1 |
| Sub-muestra 2 | 332 | 45 | 0 | 18 | 8 | 11 | 414 | |
| Sub-muestra 3 | 357 | 35 | 0 | 13 | 7 | 6 | 418 | |
| Sub-muestra 4 | 338 | 38 | 0 | 26 | 8 | 9 | 419 | |
| Sub-muestra 5 | 373 | 22 | 0 | 35 | 9 | 16 | 455 | |
| Sub-muestra 6 | 355 | 30 | 0 | 38 | 10 | 17 | 450 | |
| Sub-muestra 7 | 398 | 39 | 0 | 33 | 16 | 2 | 488 | |
| Sub-muestra 8 | 362 | 18 | 0 | 23 | 9 | 13 | 425 | |
| Totales | | | 0 | | | | 3490 | |
| Termitero Pequeño T8 | | | | | | | | |
| Termitero N°2 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 481 | 63 | 0 | 134 | 11 | 0 | 689 | 1 |
| Sub-muestra 2 | 524 | 55 | 0 | 124 | 15 | 0 | 718 | |
| Sub-muestra 3 | 552 | 47 | 0 | 90 | 11 | 0 | 700 | |
| Sub-muestra 4 | 488 | 40 | 0 | 155 | 18 | 0 | 701 | |
| Sub-muestra 5 | 565 | 53 | 0 | 178 | 48 | 0 | 844 | |
| Sub-muestra 6 | 483 | 47 | 0 | 145 | 37 | 0 | 712 | |
| Sub-muestra 7 | 534 | 52 | 0 | 125 | 26 | 0 | 737 | |
| Sub-muestra 8 | 489 | 43 | 0 | 94 | 16 | 0 | 642 | |
| Totales | 4116 | 400 | 0 | 1045 | 182 | 0 | 5743 | |

Cuadro 7. Datos de termiteros correspondientes al mes de abril.

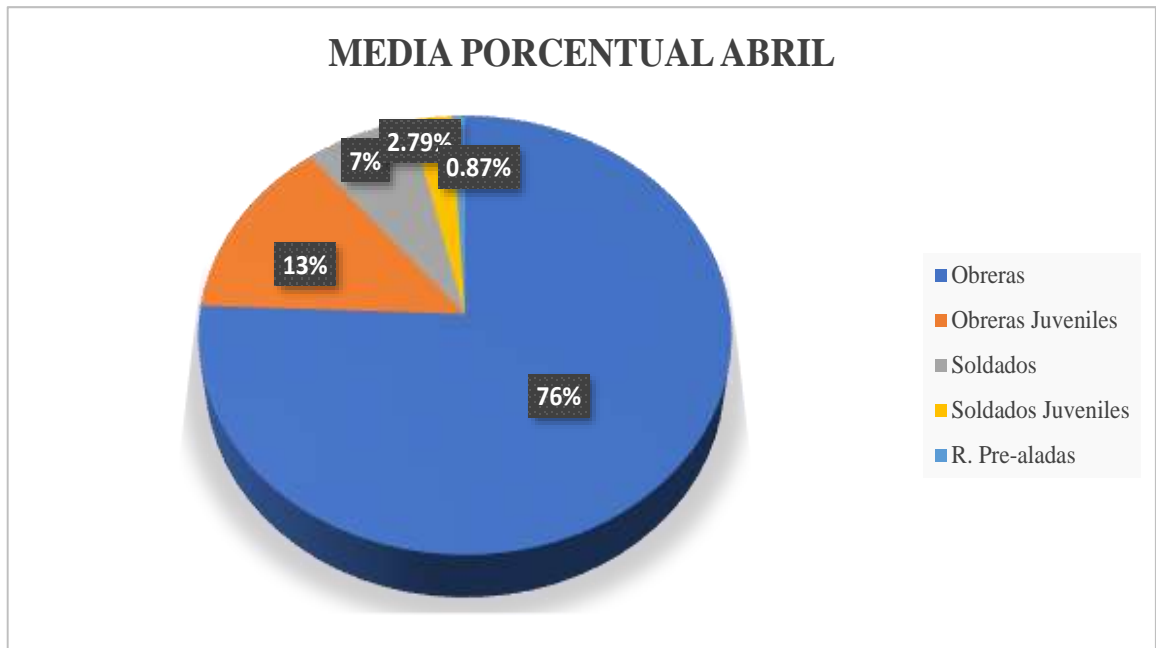


Gráfico 5. Estructura poblacional de *Nasutitermes* sp, en el mes de abril.

4.10. Estructura poblacional correspondiente al mes de mayo.

El comportamiento poblacional de *Nasutitermes* sp. Durante el mes de mayo, mostró una dominancia aún mayor de obreras, que representaron aproximadamente el 82.86% del total en los termiteros analizados. Este valor evidencia su papel esencial en la búsqueda de alimento, mantenimiento del termitero y cuidado de los individuos jóvenes (**ver Gráfica N°6**).

Los soldados constituyeron el 9.19% de la población, lo que sugiere una defensa estable y activa de la colonia. Las obreras juveniles representaron el 5.55%, indicando un crecimiento controlado, mientras que los soldados juveniles, con 0.93%, se encontraban en proceso de maduración (**ver Cuadro N°8**).

En este mes no se registraron reproductoras pre-aladas. Las reproductoras aladas alcanzaron el 1.47%, reflejando el inicio de la temporada lluviosa, favorable para la dispersión y formación de nuevas colonias.

La humedad relativa registrada en este periodo de 72.5% favoreció la actividad del arbolado, ya que *Nasutitermes* sp. prospera en ambientes húmedos. Este nivel permitió mantener la estabilidad del termitero y la movilidad de las obreras, estimulando la actividad general de la colonia (Pozo-Santiago et al., 2020).

La temperatura promedio de 38 °C se considera alta y pudo generar cierto estrés en la colonia a pesar de las condiciones de humedad existentes que favorecían a la colonia. Estas condiciones pueden reducir la actividad de las obreras y limitar su acción a las horas más frescas del día (Ricart et al., 2015).

| Termitero Pequeño T9 | | | | | | | | |
|----------------------|-------------|------------|------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------|-------|
| Termitero N°1 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 347 | 63 | 0 | 2 | 1 | 0 | 413 | 0 |
| Sub-muestra 2 | 396 | 85 | 0 | 3 | 1 | 0 | 485 | |
| Sub-muestra 3 | 382 | 66 | 0 | 4 | 1 | 0 | 453 | |
| Sub-muestra 4 | 427 | 81 | 0 | 5 | 2 | 0 | 515 | |
| Sub-muestra 5 | 377 | 105 | 0 | 10 | 12 | 0 | 504 | |
| Sub-muestra 6 | 405 | 83 | 0 | 15 | 8 | 0 | 511 | |
| Sub-muestra 7 | 421 | 77 | 0 | 24 | 12 | 0 | 534 | |
| Sub-muestra 8 | 392 | 58 | 0 | 39 | 10 | 0 | 499 | |
| Totales | 3147 | 618 | 0 | 102 | 47 | 0 | 3914 | |
| Termitero grande T10 | | | | | | | | |
| Termitero N°1 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 585 | 22 | 7 | 90 | 8 | 0 | 712 | 1 |
| Sub-muestra 2 | 481 | 13 | 10 | 83 | 7 | 0 | 594 | |
| Sub-muestra 3 | 395 | 12 | 15 | 24 | 5 | 0 | 451 | |
| Sub-muestra 4 | 501 | 17 | 18 | 60 | 2 | 0 | 598 | |
| Sub-muestra 5 | 424 | 19 | 15 | 26 | 1 | 0 | 485 | |
| Sub-muestra 6 | 437 | 15 | 15 | 24 | 2 | 0 | 493 | |
| Sub-muestra 7 | 414 | 10 | 16 | 22 | 1 | 0 | 463 | |
| Sub-muestra 8 | 394 | 26 | 24 | 23 | 3 | 0 | 470 | |
| Totales | 3631 | 134 | 120 | 352 | 29 | 0 | 4266 | |

Cuadro 8. Datos de termiteros correspondientes al mes de mayo.

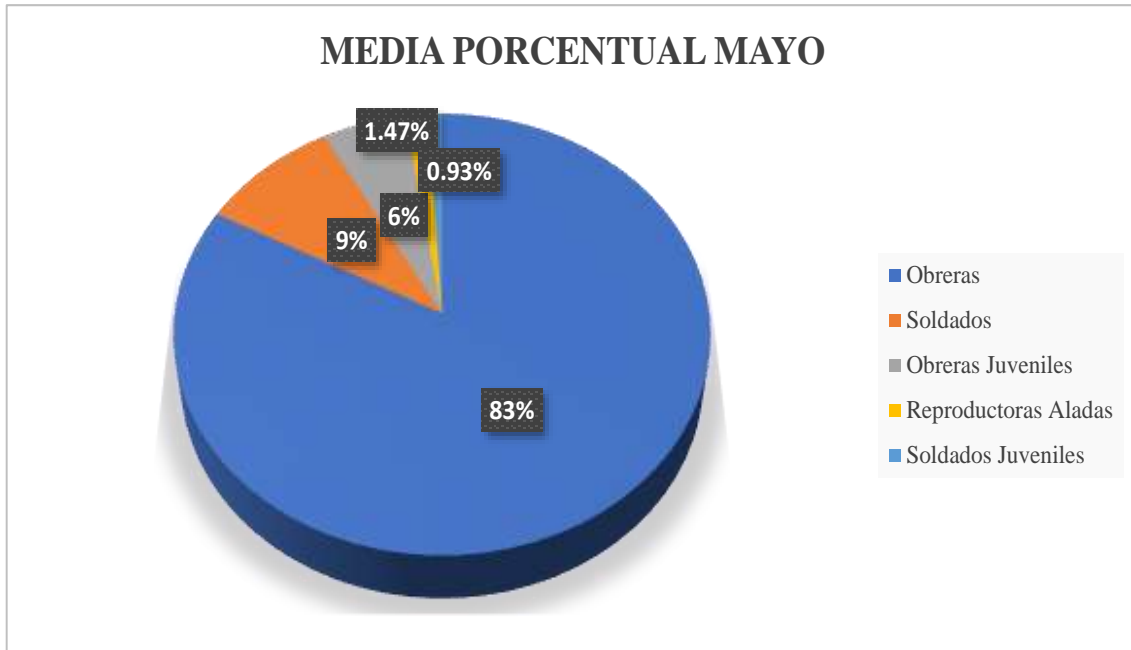


Gráfico 6. Estructura poblacional de *Nasutitermes* sp, en el mes de mayo.

4.11. Estructura poblacional correspondiente al mes de junio.

El comportamiento poblacional de *Nasutitermes* sp. durante junio presentó una estructura dominada por obreras, que representaron el 69.76% del total de individuos en los termiteros analizados. Este porcentaje, aunque mucho menor que en los meses anteriores, sigue marcando el predominio de esta casta durante diferentes periodos del año. Estas cumplen funciones esenciales como la construcción del nido, la búsqueda de alimento y el cuidado de las ninfas y de la reina (ver Gráfica N°7).

Los soldados constituyeron el 21.70% de la población, un valor elevado en comparación con meses anteriores. Este incremento puede interpretarse como una respuesta adaptativa a factores ambientales o a la mayor exposición de la colonia durante el inicio de la temporada lluviosa. En *Nasutitermes* sp., los soldados presentan

una marcada especialización defensiva, utilizando estructuras nasutas para expulsar secreciones químicas protectoras.

Las obreras juveniles representaron el 4.57%, indicando un crecimiento moderado, mientras que los soldados juveniles alcanzaron el 3.03%, lo que sugiere un refuerzo progresivo de la estructura defensiva de la colonia. Las reproductoras aladas estuvieron presentes con un 0.94%, y no se registraron reproductoras pre-aladas, lo que sugiere que la colonia aún no ha iniciado su fase de expansión reproductiva (**ver Cuadro N°9**).

La humedad relativa promedio de 75% favoreció la actividad de la colonia, proporcionando condiciones óptimas para la movilidad y el forrajeo. Este nivel de humedad resulta adecuado para *Nasutitermes* sp., que prospera en ambientes húmedos y con suelos bien conservados (**Pozo-Santiago et al., 2020**).

La temperatura promedio registrada para este periodo fue de 24 °C, considera mucha más fresca, amena y propicia para el desarrollo normal de la especie. Este valor permite mantener la estabilidad fisiológica de la colonia y favorecer la reproducción, sin inducir el estrés térmico observado en meses más cálidos (**Ricart et al., 2015**).

| Termitero Pequeño T11 | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|------------|-----------|-------------------|--------------------|---------------|-------------|-------|
| Termitero N°1 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 255 | 86 | 6 | 15 | 10 | 0 | 372 | 1 |
| Sub-muestra 2 | 250 | 78 | 11 | 17 | 5 | 0 | 361 | |
| Sub-muestra 3 | 293 | 87 | 3 | 16 | 8 | 0 | 407 | |
| Sub-muestra 4 | 287 | 73 | 3 | 20 | 14 | 0 | 397 | |
| Sub-muestra 5 | 285 | 87 | 10 | 18 | 17 | 0 | 417 | |
| Sub-muestra 6 | 264 | 89 | 8 | 15 | 19 | 0 | 395 | |
| Sub-muestra 7 | 266 | 64 | 11 | 9 | 16 | 0 | 366 | |
| Sub-muestra 8 | 296 | 64 | 8 | 16 | 15 | 0 | 399 | |
| Totales | 2196 | 628 | 60 | 126 | 104 | 0 | 3114 | |
| Termitero grande T12 | | | | | | | | |
| Termitero N°1 | Obreras | Soldados | R. Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas | Totales | Reina |
| Sub-muestra 1 | 279 | 76 | 0 | 36 | 13 | 0 | 404 | 1 |
| Sub-muestra 2 | 313 | 116 | 0 | 24 | 10 | 0 | 463 | |
| Sub-muestra 3 | 282 | 105 | 0 | 19 | 12 | 0 | 418 | |
| Sub-muestra 4 | 296 | 103 | 0 | 22 | 14 | 0 | 435 | |
| Sub-muestra 5 | 306 | 85 | 0 | 17 | 9 | 0 | 417 | |
| Sub-muestra 6 | 254 | 89 | 0 | 18 | 8 | 0 | 369 | |
| Sub-muestra 7 | 270 | 99 | 0 | 13 | 16 | 0 | 398 | |
| Sub-muestra 8 | 266 | 87 | 0 | 17 | 9 | 0 | 379 | |
| Totales | 2266 | 760 | 0 | 166 | 91 | 0 | 3283 | |

Cuadro 9, Datos de termiteros correspondientes al conteo del mes de junio.

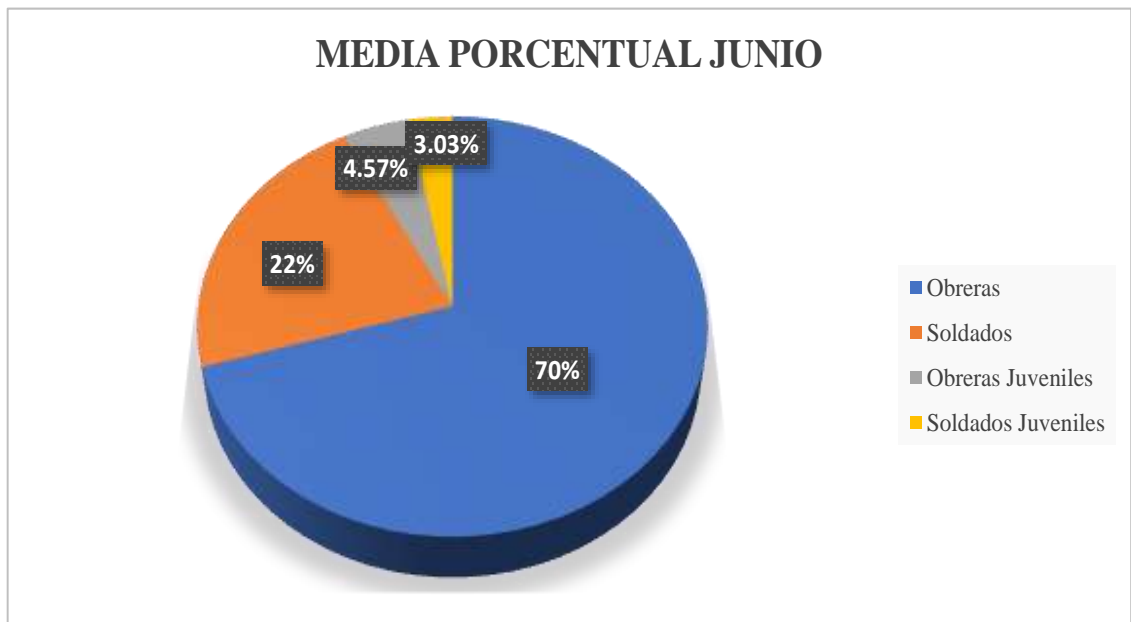


Gráfico 7. Estructura poblacional de *Nasutitermes* sp, en el mes de junio.

| Meses | Obreras | Soldados | Reproductoras Aladas | Obreras Juveniles | Soldados Juveniles | R. Pre-aladas |
|---------|---------|----------|----------------------|-------------------|--------------------|---------------|
| enero | 75.5% | 11.6% | 0.0% | 9.3% | 3.6% | 0.0% |
| febrero | 77.6% | 6.5% | 0.0% | 15.5% | 0.3% | 0.1% |
| marzo | 71.1% | 8.8% | 0.0% | 17.8% | 2.3% | 0.0% |
| abril | 75.6% | 7.1% | 0.0% | 13.6% | 2.8% | 0.9% |
| mayo | 82.9% | 9.2% | 1.5% | 5.6% | 0.9% | 0.0% |
| junio | 69.8% | 21.7% | 0.9% | 4.6% | 3.0% | 0.0% |

Cuadro 10. Datos porcentuales de termiteros correspondientes al conteo de enero a junio

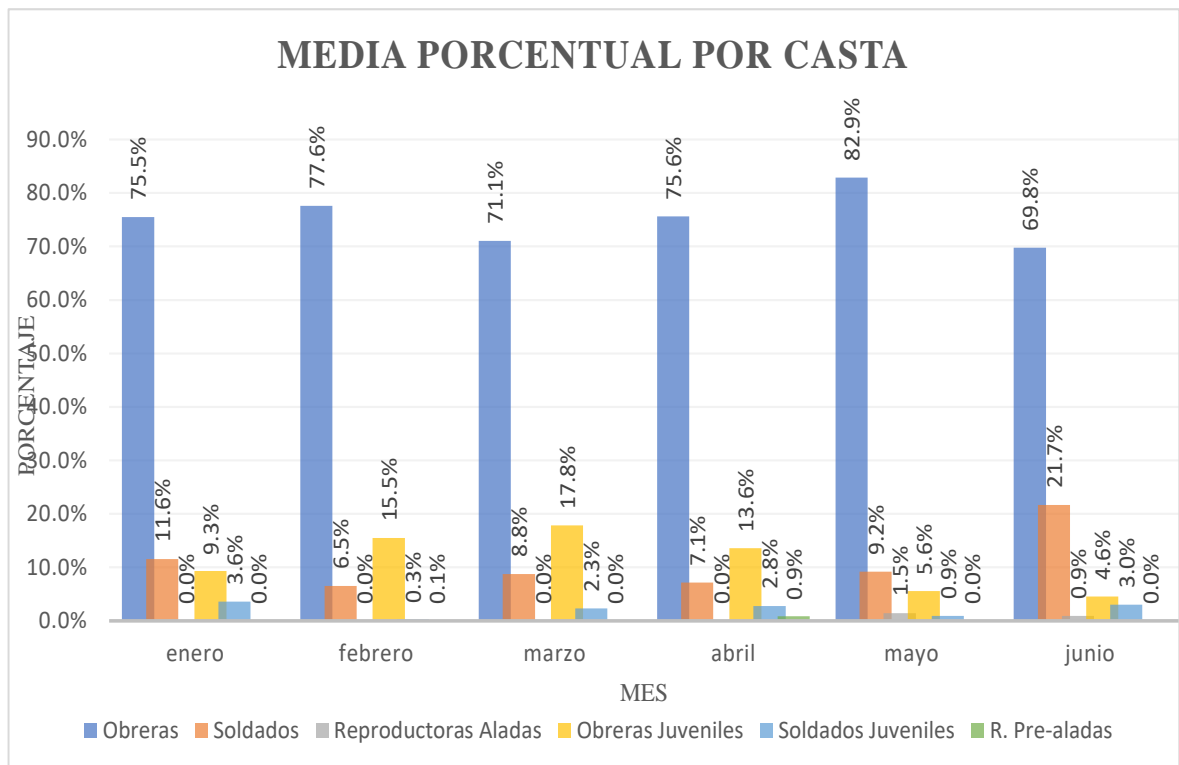


Gráfico 8. Distribución de los valores porcentuales de los individuos para cada casta durante los 6 meses (enero a junio) de estudio.

| Termitero | Fecha | Mes | T° C | HR% |
|------------------|--------------|------------|-------------|------------|
| T1 | 31/01/2023 | enero | 33.00 | 73.00 |
| T2 | 31/01/2023 | enero | 34.55 | 73.00 |
| T3 | 28/02/2023 | febrero | 34.00 | 65.00 |
| T4 | 28/02/2023 | febrero | 35.00 | 63.00 |
| T5 | 17/03/2023 | marzo | 36.00 | 42.00 |
| T6 | 17/03/2024 | marzo | 39.00 | 39.00 |
| T7 | 27/04/2023 | abril | 41.55 | 36.50 |
| T8 | 27/04/2023 | abril | 38.25 | 47.00 |
| T9 | 18/05/2023 | mayo | 38.00 | 72.00 |
| T10 | 18/05/2024 | mayo | 38.00 | 73.00 |
| T11 | 15/06/2023 | junio | 24.00 | 75.00 |
| T12 | 15/06/2024 | junio | 24.00 | 75.00 |

Cuadro 11. Datos de las condiciones ambientales durante el periodo de muestreo

5. DISCUSIÓN

La incidencia de termiteros del género *Nasutitermes* en la parcela de teca (*Tectona grandis*) estudiada fue del 7.04%, con un total de 44 termiteros vivos, en una muestra de 625 árboles por hectárea, a razón de 1 termitero por árbol. Este porcentaje es significativo, ya que estos individuos pueden afectar la calidad de la madera y la salud general de las plantaciones forestales.

Nasutitermes presentó una preferencia por construir sus nidos aéreos a una altura promedio de 3.02 m desde la base del árbol. Este comportamiento arbóreo concuerda con estudios previos que destacan su adaptación a nidificar a alturas específicas como estrategia para minimizar riesgos de inundación y depredación, además de facilitar el acceso a recursos alimenticios (**Oliveira et al., 2013**).

Adicionalmente, estudios como el de Scharff *et al.* (2018) en Costa Rica, evidenciaron que *Nasutitermes corniger* prefiere nidificar en árboles de zonas abiertas con menor densidad. Este comportamiento podría extrapolarse a la plantación de teca estudiada, donde la densidad uniforme y la homogeneidad del monocultivo ofrecen un ambiente favorable.

La distribución de alturas de los termiteros fue evaluada mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, que indicó un ajuste a una distribución normal ($p=0.15$). Esto refuerza la idea de que *Nasutitermes* mantiene un rango preferencial de elevaciones para construir sus nidos, posiblemente influido por factores como la edad de los árboles y la accesibilidad al hábitat.

Las variaciones significativas en la cantidad de individuos entre los meses de enero a junio, sugieren que factores ambientales como temperatura, humedad y disponibilidad de recursos alimenticios influyen directamente en la dinámica de las colonias. Según Jones & Eggleton (2000), la actividad de las termitas es altamente sensible a estas condiciones, especialmente en regiones tropicales.

El comportamiento observado también está en línea con investigaciones que indican que las colonias de termitas ajustan sus estrategias reproductivas y de forrajeo en respuesta a cambios en el entorno (**Noirot & Darlington, 2000**).

El protocolo utilizado durante el manejo y procesamiento de las muestras que incluyó el congelamiento y tamizado de los termiteros, permitiendo obtener submuestras representativas de la población, es consistente con estudios de biodiversidad en termitas (**Vasconcellos *et al.*, 2007**).

La alta variabilidad observada en la proporción de individuos entre termiteros grandes y pequeños refleja factores como la capacidad de carga del ambiente y la tasa de reproducción de las colonias. Estudios como los de Bignell & Eggleton (2000) indican que el tamaño del nido está correlacionado con la capacidad de la colonia para almacenar recursos y resistir periodos de estrés ambiental, como sequías o inundaciones.

Colonias más grandes tienden a tener divisiones de trabajo más eficientes y una mayor capacidad para defender su territorio, otorgándoles ventajas competitivas frente a colonias más pequeñas (**Davies *et al.*, 2003**).

Los resultados obtenidos son comparables a los de Constantino (2002), quien reportó que *Nasutitermes* es uno de los géneros más comunes y ampliamente distribuidos en plantaciones tropicales, especialmente en monocultivos. Sin embargo, las estrategias de manejo deben adaptarse a la especie y ubicación geográfica debido a las diferencias en comportamiento y preferencias según el ecosistema.

Los resultados subrayan la importancia de considerar tanto factores abióticos como bióticos al analizar la ecología de *Nasutitermes*. Su papel de descomponedores clave en los ecosistemas tropicales destaca la necesidad de investigar cómo perturbaciones humanas, como la deforestación y el cambio en el uso del suelo, afectan su estructura poblacional y comportamiento ecológico (Jones & Eggleton, 2000).

Futuras investigaciones podrían enfocarse en evaluar cómo condiciones climáticas extremas, como sequías o lluvias intensas, afectan la estructura y dinámica de las colonias y analizar diferencias genéticas entre colonias para comprender mejor la estructura poblacional a nivel microevolutivo (Thorne *et al.*, 1985).

6. CONCLUSIONES

- La estructura poblacional del género estudiado *Nasutitermes corniger*, mostró una clara dominancia de la casta de obreras, que representó el 76% del total, en línea con investigaciones previas. Sin embargo, la disminución en la población de obreras a lo largo de los meses sugiere que factores ambientales, como las altas temperaturas registradas en abril, pueden afectar su supervivencia.
- Se observó una mayor variabilidad en la población de obreras y soldados juveniles, lo que indica un posible ciclo de reclutamiento y relevos en el nido. Esta variación es crucial para entender la dinámica poblacional y la respuesta a las condiciones ambientales.
- La presencia de termitas pre-aladas en los termiteros analizados fue notable en abril, mientras que la presencia de reproductores alados fue superior en mayo, sugiriendo un patrón temporal en el ciclo reproductivo.
- Los análisis estadísticos revelaron variaciones significativas en las diferentes castas. Las obreras y los soldados mostraron una distribución más estable, mientras que las obreras juveniles y las reproductoras presentaron una alta variabilidad y en algunos casos cero individuos. Esta variación puede reflejar el ciclo de vida de las termitas y su respuesta a las condiciones ambientales.
- La presencia de los pre-alados y alados (reproductores secundarios) estuvo relacionada con el inicio de la estación lluviosa, encontrándose éstos en un 16% de los termiteros muestreados.

- De los 12 termiteros analizados en este estudio, se encontraron reinas o reproductoras primarias solamente en 9 de ellos. Aquellos sin reina estaban en la categoría de termiteros pequeños.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abe, T. (2001). *Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology*. Kluwer Academic Publishers.
2. Ahmad, F., Fouad, H., Liang, S., Hu, Y., & Mo, J. (2021). Termites and Chinese agricultural system: applications and advances in integrated termite management and chemical control. *Insect Science*, 28. <https://doi.org/10.1111/17447917.12726>
3. Aquilinus, A. (2010). Isoptera , Termitidae) En La Provincia De Corrientes (Ar-. 26(1), 15–27.
4. Ballesteros, A., & Cortés, L. (2024). Identificación del agente causal de la pudrición de la albura de la Teca (*Tectona grandis* L. f.), en la provincia de Darién, República de Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 6(2), 126–132. <https://doi.org/10.48204/j.ia.v6n2.a5177>.
5. Baltodano, C. (2007). Evaluación fitosanitaria de las plantaciones de *Tectona grandis* L. F. de Ecoforest (Panamá) S. A., Panamá. 1–83.
6. Barca, R. R. B., Lucena, E. F., & Vasconcellos, A. (2018). Nest population structure and wood litter consumption by *Microcerotermes indistinctus* (Isoptera) in a seasonally dry tropical forest, northeastern Brazil. *Insects*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/insects9030097>
7. Bezerra-Gusmão, M. A., Barbosa, J. R. C., Barbosa, M. R. de V., Bandeira, A. G., & Sampaio, E. V. S. B. (2011). Are nests of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae) important in the C cycle in the driest area of semiarid caatinga in northeast Brazil? *Applied Soil Ecology*, 47(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.11.003>

8. Boulogne, I., Constantino, R., Amusant, N., Falkowski, M., Rodrigues, A. M. S., & Houël, E. (2017). Ecology of termites from the genus *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) and potential for science-based development of sustainable pest management programs. *Journal of Pest Science*, 90(1), 19–37. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0796-x>
9. Brune, A., & Ohkuma, M. (2011). Role of the termite gut microbiota in symbiotic digestion. In *Biology of Termites: A Modern Synthesis*. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3977-4_16
10. Cárcamo, J. (2003). Estudio técnico financiero de plantaciones de *Tectona grandis* y *Swietenia humilis* con micorriza en el Valle del Yeguaré, Fco. Morazán, Honduras.
11. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2013). Las plantaciones de teca en América Latina: MITOS Y REALIDADES. (R. de Caminos, & J. Pirre Morales, Eds.) Costa Rica, Turrialba: CATIE. Retrieved 5 12, 2023.
12. Córdor Jiménez, M. F. (2017). REPOSITORIO. Retrieved 12 03, 2023, from <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4103>
13. CONSTANTINO, R. (2002). An illustrated key to Neotropical termite genera (Insecta: Isoptera) based primarily on soldiers. *Zootaxa*, 67(1), 1. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.67.1.1>
14. Constantino, R. (2002). The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *Journal of Applied Entomology*, 126(7–8), 355–365. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00670.x>

15. Fontes, L. R., & Milano, S. (2002). Termites as an urban problem in South America. *Sociobiology*, 40(1), 103–151.
16. Garcerána, P., & Castillo, M. (2019). Uso de plaguicidas en la agroindustria: Panamá y el mundo Title: The use of pesticides in agroindustry: Panama and the world. *PRISMA Tecnológico*, 10(1), 22–27. <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2169>
17. Grassé, P. P. (1982). *Termitologia*. Vol. 1. Masson, Paris.
18. Higiene Ambiental. (2022). *Control de termitas: los inhibidores de la síntesis de quitina detienen la puesta y el desarrollo de los huevos*. Higiene Ambiental.
19. Inward, D. J. G., Vogler, A. P., & Eggleton, P. (2007). A comprehensive phylogenetic analysis of termites (Isoptera) illuminates key aspects of their evolutionary biology. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 44(3), 953–967. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ympev.2007.05.014>
20. Istifanus, A. P., Abdelmutalab, A. G. A., Pirk, C. W. W., & Yusuf, A. A. (2023). Predicting the Habitat Suitability and Distribution of Two Species of Mound-Building Termites in Nigeria Using Bioclimatic and Vegetation Variables. *Diversity*, 15(2), 157. <https://doi.org/10.3390/d15020157>
21. LEE., W. (1968). Preliminary studies of the role of *Nasutitermes exitiosus* (Hill) in the cycling of organic matter in a yellow podzolic soil under dry sclerophyll forest in South Australia. . . Trans. 9th Int. Congr. Soil Sci., Adelaide, 2, 11–18.
22. Maderero, D. D. F. (2020, November 6). Teca. Forestal Maderero. <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/teca.html>
23. Malpica, F. H., Andara, C., & Varela, C. W. (2008). Especies de *Nasutitermes*

- (Isoptera: Termitidae) en la Cumaca, municipio San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *FACYT*, 5(2), 4.
24. Nickle D., Collins, M. (1992). The Termites of Panama (Isoptera). In A. D. Quintero & Aiello (Eds.), *Insects of Panama and Mesoamérica: Selected Studies* (pp. 208–241). Oxford University Press.
25. Noirot, C. (2001). The biology of termites. In *Encyclopedia of biodiversity* (Vol. 5, pp. 733-753). Academic Press.
26. PictureInsect. (2008). *Nasutitermes corniger*. Recuperado de https://pictureinsect.com/es/wiki/Nasutitermes_corniger.html
27. Pozo-Santiago, C. O., Pérez-De la Cruz, M., Torres-De la Cruz, M., de la Cruz-Pérez, A., Capello-García, S., Hernández-Gallegos, M. A., & Velázquez-Martínez, J. R. (2020). Survival of *Coptotermes testaceus* (Isoptera: Rhinotermitidae) to Environmental Conditions (Relative Humidity and Temperature) and preference to different substrates. *Sociobiology*, 67(3), 425–432. <https://doi.org/10.13102/SOCIOBIOLOGY.V67I3.5141>
28. Quah. (2009). *Nasutitermes*. Photos and Info on Ants and Termites of Malaysia. Recuperado de <https://termitesandants.blogspot.com/2009/09/nasutitermes.html>
29. Ricardo Luján, John Beer, G. K. (1997). Manejo Y Crecimiento de Linderos de Tres Especies Maderables en El Distrito de Changuinola, Panamá. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
30. Ricart, M. G., Bach De Roca, C., & Molero Baltanás, R. (2015). CLASE INSECTA Orden Isoptera. *Revista IDE@-SEA*, no, 49, 1–17. www.sea-entomologia.org/IDE@

31. Southeastern Brazil. *Environmental Entomology*, 28(4), 618–621.
<https://doi.org/10.1093/ee/28.4.618> Cambra T., R. (2002). Primer registro para Panamá del “Comejen Gigante” del género *Syntermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae, Nasutitermitinae) y de la especie *Syntermes aculeosus* para Perú. *Tecnociencia*, 4(1), 109–116.
32. Thorne, B. L. (1985). Las termitas neotropicales como colonizadoras de montículos creados por árboles caídos: Informe preliminar.
33. Thorne, B. L. (1997). Evolution of eusociality in termites. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28(1), 27-54.
34. UNNE. (2010). Asterideas, Diversidad Vegetal Biotaxonomía de Spermatofitos. Argentina.