

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**DETERMINACIÓN DE ENTORNO Y DISPERSIÓN DE LA HORMIGA**

***Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) (Hymenoptera: Formicidae); EN LA**

**PROVINCIA DE CHIRIQUÍ**

**SHIRDI G. LORENZO S.**

**4-809-1843.**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2026**

**DETERMINACIÓN DE ENTORNO Y DISPERSIÓN DE LA HORMIGA  
INVASORA *Nylanderia fulva* (Mayr,1862) (Hymenoptera:  
*Formicidae*); EN LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA EN CULTIVOS  
TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O  
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMA, DEL  
INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ Y DEL  
MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO.**

**APROBADO:**

**PhD. RUBÉN D. COLLANTES**



**PhD. ALEX RÍOS**



**MSc. DUSTIN MORENO**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2026**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero que todo, darle gracias al Señor, por haberme dado la capacidad y sabiduría de culminar esta meta, por su entendimiento y nunca dejarme solo en mis tiempos de duda.

Agradecer a mis padres Edwin Lorenzo Hernández y Edith Mariela Sánchez Fuentes, de igual manera a mi hermana Sathya Narayana Lorenzo Sánchez y a mi pareja Fátima Saideth Pineda Liu, por ser el pilar más importante en mi vida para desarrollar este trabajo.

A mis amigos; Roberto, Adriana, Eric, Antonio, Jossueth, Santiago Jefrie y Einar, siempre estuvieron para mí, generando ideas y soluciones, dándome apoyo moral en mis peores momentos de angustia, dándome ánimos para seguir cumpliendo mis metas.

Mis gracias también al comité de investigación, al Ing Msc José A, Lezcano, PhD Randy Atencio, Ing Orlando Vergara, Ing Harry Pérez por facilitarme ideas y recursos para realizar este trabajo de investigación, en especial a mis asesores, PhD Alex Ríos y PhD Rubén D. Collantes por darme esa guía y generarme ganas por la investigación de mi trabajo.

Un agradecimiento especial al Profesor Juan Corella, por su guía y apoyo en los análisis estadísticos.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación se lo dedico primeramente a Dios, sin el nada de este conocimiento fuera plasmado.

A mi hermosa madre, por enseñarme a esforzarme y ser perfeccionista en las cosas que hago, por apoyarme en mis alegrías y en mis tristezas por criar a un hombre estando sola muchas veces.

A mi padre, el que me inculco el amor a la tierra, al agro, a lo que hago y me dedico, a enseñarme el poder de la resiliencia y seguir adelante sin importar las circunstancias, el que me enseñó que la vida muchas veces da segundas oportunidades y que hay que valorarlas y siempre dar el cien por cien en todo lo que uno hace.

A mi hermana, que es mi segunda madre, por sus rasgos que me heredo, por sus enseñanzas, su inspiración, su alegría y su apoyo cuando más nadie puede.

A mi novia, Fátima que me apoya y es el vivo ejemplo de nunca rendirse sin importar que tan dura se ponga la vida.

# **DETERMINACIÓN DE ENTORNO Y DISPERSIÓN DE LA HORMIGA INVASORA *Nylanderia fulva* (Mayr,1862) (Hymenoptera: Formicidae); EN LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.**

**Lorenzo, S., S. G. 2026.** Determinación de entorno y dispersión de la hormiga invasora *Nylanderia fulva* Mayr,1862) (Hymenoptera: Formicidae); en la provincia de Chiriquí. Trabajo de graduación Licenciatura en Ingeniero agrónomo en cultivos tropicales, Universidad de Panamá, Chiriquí, Panamá.

## **RESUMEN**

La provincia de Chiriquí, Panamá, alberga diversos agroecosistemas donde se encuentra *Nylanderia fulva*, una hormiga invasora que tiene un impacto ecológico y económico significativo. Este estudio tuvo como objetivo determinar el entorno y la dispersión de *N. fulva* en Chiriquí, así como evaluar la eficacia de distintos cebos atrayentes. Para ello, se realizaron muestreos en 54 sitios, clasificados en 18 zonas según los cultivos y las actividades agrícolas presentes.

La hormiga fue detectada en un 27.7% de los casos en cultivos de caña panelera y en un 16.5% en terrenos de guandú, maíz y pasto. Su rango de distribución abarcó desde los 334 m s.n.m. en Dolega hasta los 1407 m s.n.m. en Boquete, con un avance promedio anual de 992.5 m. Las condiciones ambientales durante el estudio incluyeron humedad relativa del 90%, temperaturas entre 18°C y 34°C y precipitaciones medias entre 16.3 mm y 483.4 mm.

En la evaluación de cebos, la salchicha de pollo resultó ser el más efectivo, con diferencias estadísticamente significativas, mientras que la carne molida fue el menos efectivo. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tiempos de exposición, el intervalo de 90 minutos mostró una tendencia a ser el más efectivo.

Estos resultados proporcionan una base para estrategias de manejo de *N. fulva* en Chiriquí, destacando la importancia de identificar condiciones ambientales y métodos efectivos para mitigar su impacto en los agroecosistemas.

**PALABRAS CLAVE:** Agroecosistemas, cebos atrayentes, dispersión, especies invasoras, *Nylanderia fulva*.

# **DETERMINATION OF THE ENVIRONMENT AND DISPERSION OF THE INVASIVE ANT *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) (Hymenoptera: Formicidae); IN THE PROVINCE OF CHIRIQUÍ**

**Lorenzo, S., S. G. 2026.** Determination of the environment and dispersion of the invasive ant *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) (Hymenoptera: Formicidae); in the province of Chiriquí. Graduation thesis, Bachelor of Agronomy in Tropical Crops, University of Panama, Chiriquí, Panama.

## **ABSTRACT**

The province of Chiriquí, Panama, hosts diverse agroecosystems where *Nylanderia fulva*, an invasive ant species with significant ecological and economic impacts, is found. This study aimed to determine the environment and dispersion of *N. fulva* in Chiriquí and evaluate the effectiveness of different bait attractants. Sampling was conducted in 54 sites, classified into 18 zones according to crops and agricultural activities.

The ant was detected in 27.7% of cases in sugarcane crops and 16.5% in areas with pigeon pea, corn, and pasture. Its distribution range extended from 334 meters above sea level (m a.s.l.) in Dolega to 1407 m a.s.l. in Boquete, with an average annual spread of 992.5 meters. Environmental conditions during the study included 90% relative humidity, temperatures between 18°C and 34°C, and average rainfall ranging from 16.3 mm to 483.4 mm.

In the bait evaluation, sausage was the most effective attractant, showing statistically significant differences, while ground meat was the least effective. Although no significant differences were found between exposure times, the 90-minute interval showed a tendency to be the most effective.

These results provide a foundation for management strategies for *N. fulva* in Chiriquí, highlighting the importance of identifying environmental conditions and effective methods to mitigate its impact on agroecosystems.

**KEYWORDS:** Agroecosystems, bait attractants, dispersion, invasive species, *Nylanderia fulva*.

# ÍNDICE

APROBADO: .....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA .....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. Introducción.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación.....	6
1.3 Objetivos .....	7
1.5 Hipótesis.....	8
1.6 Alcances y Limitaciones .....	8
1.6.1 Alcances .....	8
1.6.2 Limitaciones:.....	9
2. Marco Teórico .....	10
2.1. Taxonomía y Sistemática .....	10
2.2. Morfología y Características del Género .....	11
2.3. Biología y Comportamiento Social .....	11
2.3.1. Organización Social y Estructura de la Colonia .....	11
2.3.2. Estrategias de Alimentación y Comportamiento Forrajero.....	12
2.3.3. Comunicación Química y Defensa.....	12
2.4. Reproducción, Genética y Adaptabilidad.....	13

2.4.1.	Fecundidad y Reproducción .....	13
2.4.2.	Estudios Genéticos y Filogenéticos .....	13
2.5.	Dinámica de Invasión y Dispersión.....	14
2.5.1.	Factores que Favorecen la Invasión .....	14
2.5.2.	Modelos de Expansión y Simulaciones.....	14
2.5.3.	Interacción con el Medio Ambiente y Competencia .....	14
2.6.	Impacto Ecológico y Económico.....	15
2.6.1.	Impacto Ecológico.....	15
2.6.2.	Impacto Económico .....	15
2.7.	Estrategias de Manejo y Control .....	16
2.7.1.	Control Químico y Mecánico.....	16
2.7.2.	Control Biológico.....	16
2.7.3.	Manejo Integrado de Plagas (MIP) .....	16
2.8.	Perspectivas Futuras.....	17
3.	Materiales y Metodología .....	18
3.1.	Descripción del área de estudio .....	18
3.1.1.	Área de estudio.....	18
3.2.	Materiales utilizados .....	18
3.3.	Metodología.....	20
3.3.1.	Selección de Atrayente .....	20
3.3.2.	Procesamiento de muestras de la selección de atrayente.....	21
3.3.3.	Análisis de datos estadísticos.....	22

3.3.4.	Diseño Experimental de muestreo de cebos .....	22
3.3.5.	Determinación de dispersión.....	24
3.3.6.	Determinación de entorno.....	25
4.	Resultados .....	26
4.1.	Efectividad de Cebos.....	26
4.1.1.	Análisis de Efectividad de los Cebos en Diferentes Tiempos .....	26
4.1.2.	Evaluación total de cebos y tiempos.....	31
4.2.	Resultados de Entorno.....	33
4.3.	Resultados de Dispersión.....	34
4.4.	Discusión.....	35
4.4.1.	Discusión de evaluación de cebos.....	35
4.4.2.	Discusión de Entorno.....	38
4.4.3.	Discusiones de Dispersión.....	39
5.	Conclusiones.....	41
6.	Recomendaciones.....	41
7.	Referencias Bibliográficas .....	44
8.	Anexos .....	54

## ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1. Croquis del diseño de bloque en campo. ....	21
Ilustración 2. Conteo de Individuos por tratamiento evaluado. ....	22
Ilustración 3. Zona de actividad de N. fulva; Dolega, Boquete. ....	25
Ilustración 4. Efectividad promedio de cebos vs tiempo .....	54
Ilustración 5. Comparación de Cebos en 15 minutos. ....	54
Ilustración 6. Comparación de Cebos 30 Minutos. ....	55
Ilustración 7. Comparación de Cebos 60 Minutos. ....	55
Ilustración 8. Comparación de Cebos 90 Minutos. ....	55
Ilustración 9. Comparación de Todos los Tiempos de Colecta.....	56
Ilustración 10. Comparación del Total de Hormigas colectadas en todos los cebos	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de Cebos 15 minutos. ....	27
Tabla 2. Evaluación de cebos 30 minutos. ....	28
Tabla 3. Evaluación de cebos, 60 minutos. ....	29
Tabla 4. Evaluación de Cebos 90 minutos. ....	30
Tabla 5. Evaluación de Cebos (General).....	32
Tabla 6. Evaluación de Tiempos totales.....	33
Tabla 7. Distribución de los sitios positivos para Nylanderia fulva.....	34
Tabla 8.Promedio mensual de precipitaciones durante los muestreos.....	34
Tabla 9. Dispersión anual de N. fulva en Chiriquí.....	35

## 1. Introducción

El sector agropecuario es uno de los motores clave para el desarrollo económico, productivo y turístico de Panamá. Pero como suele pasar en la naturaleza, no todo es tan simple. Sin embargo, la llegada de especies invasoras se ha convertido en un problema serio, una amenaza real para la productividad agrícola, la biodiversidad y, en general, para la estabilidad de los ecosistemas locales.

Según Fernández (2023), las especies invasoras son aquellas que traspasan las barreras de sus ambientes naturales, colonizando nuevos territorios, ya sea por sí mismas o, más frecuentemente, mediante la acción humana. Esta definición explica muy bien el concepto de especies invasoras y nos ayuda a entender cuán frágiles pueden ser los equilibrios ecológicos y lo necesario que es entender cómo, por qué y cuándo estas especies logran expandirse.

En ese marco, aparece la hormiga *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862), también conocida como “hormiga loca”. Es una especie invasora muy importante aquí, en Panamá, y su capacidad de dispersión es notable. Afecta cultivos estratégicos como el café, el cacao e incluso varios frutales tropicales (Polanía & Bolaños, 1983). Y lo hace rápido. Su éxito, al menos en parte, se debe a que puede formar supercolonias. Es decir, colonias inmensas. Esta característica le da una ventaja importante para adaptarse, expandirse y desplazar tanto a especies nativas como a otras hormigas invasoras (LeBrun et al., 2013).

Un ejemplo claro de los efectos de la invasión de *N. fulva* se observa en Colombia, donde investigaciones previas mostraron cómo la llegada de esta hormiga (anteriormente clasificada como *Paratrechina fulva*) alteró significativamente las comunidades locales. Al competir por los recursos y modificar las relaciones

ecológicas que antes funcionaban con cierta armonía (Cardona & Quintero, 2005; citando a Aldana et al., 1995), esta especie ha alterado profundamente las comunidades locales. Y no solo en Latinoamérica. En Estados Unidos, por ejemplo, también se ha estudiado esta especie. Se ha observado que su éxito invasor está estrechamente ligado a su biología social: múltiples reinas, comportamiento dispersivo muy flexible y una alta capacidad de adaptación (Mendoza et al., 2019).

Frente a esta situación, el presente trabajo busca determinar el entorno y la dispersión de *N. fulva* en la provincia de Chiriquí. Para lograrlo, se aplicaron varias metodologías. Desde muestreos sistemáticos en campo como lo proponen Gómez & Pulido, (1995), hasta el uso de sistemas de información geográfica (SIG) para analizar patrones espaciales. También se contó a los individuos observados en transectos definidos y se utilizaron trampas con cebos específicos (Hoffmann et al., 2016). Todo esto con un fin claro: generar datos precisos, identificar áreas críticas y apoyar el diseño de estrategias de manejo adecuadas.

Comprender los mecanismos de dispersión y colonización de *N. fulva* no solo es un objetivo científico si no también una necesidad. Necesitamos adaptar medidas que controlen su propagación y que también eviten nuevos focos de aparición de la hormiga. La información obtenida en esta tesis puede ayudar a reducir el daño en la agricultura panameña, pero también a conservar la biodiversidad y a mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales. Porque también es un tema social.

Además, combinar datos ecológicos y espaciales representa una herramienta poderosa. Permite desarrollar planes de manejo adaptativos. Planes que se ajusten a la realidad cambiante de estas invasiones, como ya se ha documentado en países como Estados Unidos y Colombia (Kumar et al., 2015).

En resumen, la invasión de *N. fulva* no es solo un problema ecológico. Es también un reto económico para Panamá. Enfrentarlo requiere más que solo estudios. Se necesita colaboración real entre investigadores, agricultores y autoridades. Un esfuerzo conjunto para desarrollar estrategias sostenibles, basadas en evidencia. Y sí, estudios recientes lo dejan claro: esta especie es increíblemente adaptable (Wang et al., 2016). Por eso, este trabajo busca ser un punto de partida. Una base firme sobre la que se puedan construir futuras acciones que ayuden a conservar nuestra biodiversidad y a mantener la sostenibilidad del sector agropecuario en el país.

## **1.1 Planteamiento del problema**

La hormiga *Nylanderia fulva* es una especie invasora que, cuando se establece en un ecosistema, puede llegar a generar problemas bastante serios. Es una realidad. A nivel internacional, ya se han documentado muchos de los efectos negativos que puede provocar. Sin embargo, aquí en Panamá, todavía no tenemos del todo claro cómo se comporta esta especie ni cuáles son los entornos que más prefiere. Su reciente detección en el país ha encendido las alarmas. Por eso, ahora más que nunca, es importante estudiar su dispersión y conocer a fondo qué tipo de ambientes favorecen su presencia. Esto nos permitiría, al menos en parte, prevenir su propagación y reducir su impacto.

Este estudio tiene como objetivo principal identificar las zonas con mayor riesgo de invasión de *N. fulva*, lo cual es crucial para desarrollar estrategias efectivas de manejo y control. También se busca entender cuáles son las condiciones ambientales que facilitan su establecimiento y permanencia. Este estudio empleará una serie de herramientas metodológicas. Entre ellas, se destacan los muestreos ambientales, la observación directa de los patrones de distribución espacial, el conteo sistemático de

individuos y la instalación de trampeos con un tipo de cebo, diseñadas para captar su presencia de manera eficiente. Todo este conjunto de métodos permitirá, o al menos se espera que así sea, obtener una visión más clara y lo más precisa posible sobre los sitios donde se encuentra *N. fulva*, en qué cantidad, y en qué tipo de ambientes se concentra. Ya sea en zonas naturales, agrícolas o en espacios en los que ambas realidades se cruzan.

Comprender cómo se mueve y se dispersa esta especie es fundamental; sin esa información, cualquier esfuerzo de control o prevención sería ineficaz. Con los datos que se generen aquí, se podrán diseñar estrategias más específicas y adaptadas, para reducir su impacto de forma efectiva. Esto es especialmente importante en el sector agropecuario, que es vulnerable y requiere atención prioritaria.

Además, se espera que los resultados de este trabajo no solo se queden en el ámbito académico o teórico. La intención es que también puedan ser útiles, aplicables, prácticos. Que sirvan como una base para quienes tienen la responsabilidad de tomar decisiones en temas de biodiversidad, manejo de plagas e incluso producción agropecuaria. Porque este tipo de conocimiento, por más puntual que parezca, puede marcar la diferencia cuando se trata de gestionar una especie invasora que, si no se controla, puede causar serios problemas a corto y largo plazo. En resumen, este estudio no es solo una investigación más sobre una hormiga. Se trata de una contribución indispensable, para desentrañar una amenaza que ya se encuentra presente en nuestro entorno. Los conocimientos adquiridos en este estudio podrían tener un impacto significativo en la manera en que abordamos este desafío.

En los últimos años, las especies invasoras o exóticas han llegado a ser una de las principales amenazas para la biodiversidad y la agricultura. No solo aquí en el litoral

panameño, sino que es un fenómeno que preocupa a escala global. En efecto, cuando una especie foránea consigue establecerse en un ecosistema que no le pertenece, que no le es propio, los efectos que provoca pueden llegar a ser bastante graves. A veces incluso irreversibles, dependiendo del grado de alteración que genere.

En ese marco, la hormiga *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862), más conocida como la "hormiga loca", ha llamado la atención de numerosos investigadores. Su gran capacidad para invadir nuevos territorios y su rapidez para adaptarse a entornos diversos. Es, en otras palabras, una especie con un alto potencial invasor. Ha sido estudiada con frecuencia precisamente por eso: por su notable habilidad para dispersarse, expandirse, y por el impacto que deja tras de sí. Un impacto que, dicho sea de paso, suele ser negativo para los ecosistemas en los que se instala.

Diversos estudios respaldan esta afirmación. Blas & Del Hoyo (2013), por ejemplo, documentan cómo *N. fulva* ha invadido distintas regiones, afectando no solo la biodiversidad nativa, sino también la productividad de cultivos importantes. Su presencia altera el equilibrio natural. Tiene una capacidad considerable para desplazar especies locales principalmente otras hormigas y para modificar por completo las dinámicas ecológicas existentes antes de su llegada.

LeBrun et al. (2013) han estudiado exhaustivamente este fenómeno. En sus investigaciones, destacan el efecto altamente disruptivo que *N. fulva* ejerce dentro de las comunidades de hormigas nativas. Este desplazamiento forzado no es algo menor, ya que puede generar una especie de "efecto dominó", afectando a otros organismos que dependen directa o indirectamente de esas comunidades. Es decir, su impacto se extiende mucho más allá del mundo de las hormigas.

## 1.2 Justificación

La reciente detección de la hormiga *Nylanderia fulva*, conocida como “hormiga loca”, en una plantación de caña de azúcar en Panamá representa una amenaza significativa para el sector agropecuario y la biodiversidad local. De hecho, representa una amenaza seria al sector agropecuario como para la biodiversidad local. Se trata de una especie invasora con un potencial de dispersión alto y con un impacto negativo que ya ha sido documentado en otros lugares, como en Colombia, donde logró establecerse luego de insertar a la hormiga como un control biológico de algunas alimañas. Su presencia en estos ecosistemas puede provocar desajustes ecológicos importantes, desplazar a especies nativas, especialmente insectos y otras hormigas, y afectar la productividad agrícola, asociándose en mutualismo con otras plagas. Todo esto evidencia una necesidad urgente de entender parte de su comportamiento, qué entorno prefiere, cómo se mueve.

En este contexto, el presente estudio resultó fundamental. No solo porque permitió conocer de primera mano cómo se dispersa *N. fulva* dentro del entorno panameño, sino también porque ayudó a establecer una línea base necesaria sobre su presencia en la región. A través del uso de métodos específicos, como el muestreo ambiental y la observación directa de su distribución espacial, se recopilaron datos valiosos. Datos que, en conjunto, construyen una imagen más clara sobre en qué lugares se encuentra esta hormiga, la necesidad de determinar las preferencias específicas en cuanto a las zonas de interés y la cantidad de hormigas. Con esta información, será mucho más factible diseñar estrategias preventivas y de control que sean realmente efectivas, prácticas y aplicables.

Además, este trabajo tiene como justificante empezar a evaluar tanto su entorno como su dispersión, para así sentar las bases de futuras investigaciones. Iniciando datos en el contexto panameño. Si bien ya existían estudios en otros países que advertían sobre los efectos devastadores de *N. fulva*, como lo documentaron Holway et al. (2002), en Panamá aún faltaba información local, puntual, específica. Entender su comportamiento y cómo se distribuye es clave, es crucial, si realmente se quiere proteger tanto los recursos naturales como la productividad agropecuaria del país.

Por todo lo anterior, este estudio no solo aporta al conocimiento científico sobre *N. fulva*. También genera insumos útiles, prácticos, que pueden orientar a quienes toman decisiones en temas de biodiversidad, producción agrícola y manejo de especies invasoras. Al identificar las zonas con mayor riesgo de invasión y las características del entorno que favorecen su presencia, se podrán implementar medidas más focalizadas. Medidas que ayuden no solo a controlar su avance, sino también a preservar la sostenibilidad ecológica y económica de la región

### **1.3 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

- Determinar el entorno y dispersión de la hormiga *Nylanderia fulva* en la provincia de Chiriquí.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el entorno en el cual se ha detectado la presencia de *N. fulva* en la provincia de Chiriquí.
- Determinar la dispersión anual de *Nylanderia fulva* en Chiriquí, Panamá.
- Determinar la efectividad de diferentes cebos atrayentes para *Nylanderia fulva*.

## 1.5 Hipótesis

### Hipótesis 1: Efectividad de los cebos atrayentes

Hipótesis Nula ( $H_{01}$ ): No hay diferencia significativa en la efectividad de los cebos de salchicha, pollo, carne molida y panela para atraer a *Nylanderia fulva*.

Hipótesis Alternativa ( $H_{11}$ ): Hay una diferencia significativa en la efectividad de los cebos de salchicha, pollo, carne molida y panela para atraer a *Nylanderia fulva*.

### Hipótesis 2: Impacto de la dispersión

Hipótesis Nula ( $H_{02}$ ): La dispersión de *Nylanderia fulva* en las áreas muestreadas corresponde al promedio reportado en estudios previos de 200 metros por año.

Hipótesis Alternativa ( $H_{12}$ ): La dispersión de *Nylanderia fulva* en las áreas muestreadas no corresponde al promedio reportado en estudios previos de 200 metros por año.

## 1.6 Alcances y Limitaciones

### 1.6.1 Alcances

En el presente estudio sobre cómo se dispersa y el entorno donde prefiere nidar la hormiga *Nylanderia fulva* en Chiriquí se han revelado datos importantes que enriquecen nuestro entendimiento de esta especie invasora. Mediante un muestreo minucioso en más de cincuenta sitios, se pudo crear un mapa detallado de la presencia de *N. fulva* en las áreas de Boquete, Dolega y David. Este mapa brinda información esencial a los productores y demás personas vinculadas al mundo agrícola, ayudándoles a detectar zonas de peligro y a diseñar tácticas de control y prevención.

Los hallazgos de este estudio resultan valiosos para la comunidad agrícola, ya que facilitan la elaboración de planes de gestión personalizados para las zonas afectadas, haciendo posible la elaboración de planes de gestión personalizados para las zonas damnificadas. Asimismo, el estudio ofrece una base científica robusta que puede servir de guía para futuras investigaciones sobre especies invasoras y su control en Panamá y otros sitios parecidos. Las técnicas utilizadas, como el empleo de distintos cebos atractivos y métodos para observar patrones de dispersión anuales, probaron ser eficaces para recopilar información precisa sobre la existencia y cantidad de *N. fulva*.

### **1.6.2 Limitaciones:**

No obstante, los avances, la indagación confrontó ciertos obstáculos que es preciso tener presentes al analizar las conclusiones. Un escollo primordial fue la inviabilidad de tomar muestras en ciertos momentos debido a las inclemencias del tiempo, como las fuertes lluvias, que bloquearon el acceso a las zonas de análisis. Aparte, la renuencia de ciertos dueños de haciendas a consentir la entrada a sus predios limitó el alcance geográfico del muestreo.

El estudio se concentró exclusivamente en los municipios de Boquete, Dolega y David, lo cual acota la universalización de los hallazgos a otras zonas geográficas de Panamá. Por lo tanto, los resultados conseguidos solo se aplican a estos tres municipios concretos y no pueden generalizarse a nivel nacional sin efectuar estudios complementarios en otras regiones.

Aunque la metodología empleada es bastante común cuando se estudian hormigas, tiene sus contratiempos. Las trampas con comida solo obtienen una parte del total de hormigas en un momento específico, y algunas hormigas pueden ignorar los cebos

que plantamos, lo que podría falsear un poco los datos que obtuvimos. Además, el tiempo que estuvimos estudiando la hormiga, seis meses, tal vez no sea suficiente para entender del todo cómo se mueven y el daño que genera *N. fulva* en la zona, porque el clima y las estaciones pueden cambiar mucho su forma de actuar y dónde se encuentran a lo largo del año. Hay que tener en cuenta estas limitaciones al usar lo que descubrimos en esta investigación y dejar claro que necesitamos seguir estudiando por más tiempo y de forma más amplia. Así podremos entender mejor cómo se comporta *N. fulva* y qué tanto afecta a diferentes lugares y climas.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1. Taxonomía y Sistemática**

La hormiga *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862), a menudo llamada "hormiga loca" o "hormiga marrón loca", es parte de la familia Formicidae, dentro de la subfamilia Formicinae y la tribu Lasiini (LaPolla, Brady, & Shattuck, 2010; Polanía & Bolaños, 1983). En un principio, se describió como *Paratrechina fulva*, basándose en muestras obtenidas en Río de Janeiro, Brasil, pero luego la especie fue sometida a varias actualizaciones en su clasificación. Emery (1906, 1925) y Wheeler (1936) hicieron aportes clave al ordenar el grupo, lo que impulsó que el subgénero *Nylanderia* se convirtiera en un género por sí solo (Kallal & LaPolla, 2019; Trager, 1984). Los análisis morfosistemáticos actuales, que juntan lo físico con lo molecular, han definido mejor dónde encaja *N. fulva* en el conjunto de hormigas neotropicales, confirmando que el género *Nylanderia* es monofilético (Brady et al., 2006; Gotzek et al., 2012;). En estas actualizaciones han participado varios autores, como Bolton (1994), Kallal & LaPolla (2019), LaPolla et al. (2010), y Ward (2010), cuyo trabajo ha enriquecido lo que sabemos hoy sobre la organización de esta especie que invade.

## **2.2. Morfología y Características del Género**

Las hormigas obreras de *Nylanderia fulva* muestran un tamaño bastante uniforme, oscilando entre 2.6 y 3.0 mm, según Meyers (2008), Polanía & Ruíz Bolaños (1983) &. Su cuerpo varía en colores desde un cobre brillante hasta un castaño rojizo, tienen antenas divididas en doce partes sin una maza distintiva, y sus mandíbulas exhiben seis dientes claramente marcados (LaPolla et al., 2010; Polanía & Bolaños 1985). En cambio, los machos son un poco mayores, con antenas que constan de trece segmentos y genitales que, específicamente en el paramero, muestran vellosidades escasas distribuidas de forma irregular, facilitando la distinción de *N. fulva* frente a especies similares como *N. pubens* (Gotzek et al., 2012; Kallal & LaPolla, 2019). Estas particularidades físicas, analizadas por investigadores como Hölldobler & Wilson (1990), resultan esenciales para la identificación precisa de la especie, así como para entender su desarrollo y cómo se ajusta a diferentes entornos.

## **2.3. Biología y Comportamiento Social**

### **2.3.1. Organización Social y Estructura de la Colonia**

Es común que *N. fulva* establezca extensas supercolonias donde las hormigas obreras de distintos hormigueros apenas muestran agresividad entre sí, lo que facilita la conexión entre numerosas colonias (Mendoza et al, 2019; Murgas et al., 2023). Estas supercolonias son poligínicas, o sea, tienen diversas reinas, lo que resulta en mucha fertilidad y un crecimiento poblacional rápido (Meyers, 2008; Kallal & LaPolla, 2019). El modo en que se organiza socialmente *N. fulva* se parece a otras hormigas invasoras, sugiriendo que ser adaptable en la reproducción y cooperar a lo grande son claves para triunfar fuera de su entorno natural (Brady et al., 2006; Hölldobler & Wilson, 1990). Expertos como Holway et al. (2002); Tsutsui & Suárez (2002) han

notado que, al no haber diferencias entre individuos de distintos hormigueros, se crean redes supercoloniales que llevan al máximo la habilidad de la especie para competir.

### **2.3.2. Estrategias de Alimentación y Comportamiento Forrajero**

El comportamiento de *N. fulva* es bastante peculiar: lo hace de manera rápida e impredecible, razón por la cual la gente suele llamarla “hormiga loca” (Wang et al., 2016). Esta especie come de todo; le encantan los alimentos dulces, como la melaza que producen algunos insectos, pero también necesita proteínas, que obtiene aprovechando restos de animales y otros insectos (Polanía & Bolaños, 1983; Sharma, Oi & Buss, 2013). Se ha descubierto que crear sistemas sofisticados de comunicación química y movilizar rápidamente a sus compañeras es crucial para aprovechar al máximo las fuentes de comida que están dispersas por su entorno (LeBrun et al., 2013; Zhang et al., 2015). Investigaciones de Oi et al. (2011) y Valles et al. (2016) han dejado claro que su conducta grupal y su habilidad para usar los recursos disponibles son clave para que esta especie prospere en lugares donde no es originaria.

### **2.3.3. Comunicación Química y Defensa**

Para que la colonia funcione la comunicación a través de señales químicas resulta vital. Se sabe que *N. fulva* se vale de feromonas muy puntuales para movilizar a sus miembros y proteger sus colonias, algo que varios análisis han puesto de manifiesto (LeBrun et al., 2013; Zhang et al., 2015). La sinergia entre lo segregado por la glándula de Dufour y el veneno de la glándula ácida ayuda a *N. fulva* a anular los mecanismos de defensa químicos de oponentes como *Solenopsis invicta* (Hill SK et al., 2017; Zhang et al., 2015). Esta particular destreza para hacer frente a los venenos de otras hormigas se ha visto como un elemento clave en la lucha entre especies y en el afianzamiento de la invasión (Fox et al., 2019).

## **2.4. Reproducción, Genética y Adaptabilidad**

### **2.4.1. Fecundidad y Reproducción**

La forma en que *N. fulva* se reproduce destaca por la gran cantidad de crías que genera, algo que se ve impulsado porque las colonias tienen varias reinas (Meyers, 2008; Tsutsui & Suárez, 2002). Las reinas ponen huevos que, tras la incubación, se convierten en larvas, después en pupas y, por último, en obreras, machos o nuevas reinas. Los estudios sobre la velocidad de crecimiento de la población han demostrado que esta forma de reproducción hace que la especie alcance un gran número de individuos en poco tiempo (LaPolla et al., 2010; Mendoza et al., 2019). Investigaciones genéticas realizadas por Gotzek et al. (2012); Kumar et al. (2015) y pusieron de manifiesto que la variedad genética de las poblaciones invasoras de *N. fulva* es bastante escasa, lo que indica que se produjo una reducción drástica al principio. No obstante, la flexibilidad para adaptarse y la capacidad de vivir en distintos entornos compensan la falta de diversidad genética (Brady et al., 2006; Tsutsui y Suárez, 2002).

### **2.4.2. Estudios Genéticos y Filogenéticos**

El estudio de cadenas de ADN en mitocondrias y núcleos ha fijado lazos genealógicos firmes en *Nylanderia*, aislándola de otras especies del grupo *Prenolepis* (Gotzek et al., 2012; LaPolla et al., 2010). Pruebas de la Universidad de California y la Universidad de Texas A&M han usado rastreadores genéticos para tantear la arquitectura genética de las colonias y han encontrado pruebas de copiado parcial en las supercolonias invasoras, lo que explica su facilidad de invasión (Kumar et al., 2015; LaPolla et al., 2010). Estos sondeos han tenido la ayuda de varios autores, y han dado mucho al entendimiento de la rítmica evolutiva y adaptable de *N. fulva*.

## **2.5. Dinámica de Invasión y Dispersión**

### **2.5.1. Factores que Favorecen la Invasión**

La exitosa invasión de *N. fulva* se basa en elementos biológicos y del entorno. Su rápida reproducción, crear grupos enormes de colonias y sumado la ausencia de enemigos naturales en su nuevo entorno ayudan a que se extiendan sin control (Mendoza et al., 2019; Meyers, 2008). Sumado a esto, el transporte accidental mediante actividades humanas (como vender plantas, materiales de construcción y transportes) han permitido que lleguen a lugares más lejanos de su foco inicial, algo que se ha visto en estudios de Deyrup et al. (2000).

### **2.5.2. Modelos de Expansión y Simulaciones**

Varios estudios han utilizado modelos matemáticos para simular cómo *N. fulva* se extiende. Por ejemplo, Meyers & Gold (2008) usaron modelos de aproximación y estimaron que se extiende unos 200–300 m cada año en condiciones naturales. Pero si la actividad humana interfiere, esto puede ser más rápido (Deyrup et al., 2000; Simberloff & Gibbons, 2004). Estas investigaciones, muestran que es importante ver los "efectos bordes" y cómo está el lugar donde habitan para ver cómo se extienden.

### **2.5.3. Interacción con el Medio Ambiente y Competencia**

*Nylanderia fulva* se adapta a los climas calientes y húmedos, por eso la hormiga se adapta bien en lugares tropicales y subtropicales (Wang et al., 2016). Esta especie compite agresivamente con las demás hormigas, haciendo que se desplacen las especies nativas, como *Solenopsis invicta* (LeBrun et al., 2013; Wetterer et al., 2014). Estudios en Estados Unidos y Colombia han visto que, si hay alta densidad de *N. fulva*, hay una disminución significativa de otros tipos de hormigas (Aldana et al., 1995; Polanía & Bolaños, 1983).

## **2.6. Impacto Ecológico y Económico**

### **2.6.1. Impacto Ecológico**

La expansión de *N. fulva* trae cambios serios a los entornos naturales. Al crear colonias enormes, acaparan los recursos y disminuyen la variedad de especies locales, trastocando las cadenas alimentarias y causando desajustes en el equilibrio ecológico del área (Cardona & Quintero, 2005; LeBrun et al., 2013). Investigaciones en reservas naturales en Colombia muestran una disminución en la actividad de especies nativas, demostrando el daño que esta especie produce en la biodiversidad (Aldana et al., 1995; Polanía y Bolaños, 1983).

### **2.6.2. Impacto Económico**

En el ámbito agrícola y ganadero, *N. fulva* constituye una amenaza significativa para los cultivos de café, cacao, azúcar y diversas frutas. Al asociarse con insectos chupadores de savia, esta especie facilita el desarrollo de plagas que perjudican la producción agrícola (Aldana et al., 1995; Sharma et al, 2013). En el ámbito urbano, se han observado disfunciones en las redes eléctricas que han ocasionado molestias a los residentes, lo que ha generado gastos significativos en su gestión y supervisión. (Meyers, 2008; Wang et al., 2016). Análisis económicos hechos en Texas calculan que las pérdidas por culpa de las hormigas invasoras llegan a millones de dólares cada año, haciendo ver lo necesario que es usar tácticas de manejo integrado (Deyrup et al., 2000; Lard et al., 2002).

## **2.7. Estrategias de Manejo y Control**

### **2.7.1. Control Químico y Mecánico**

Hoy por hoy, las formas típicas de combatir a *N. fulva* giran en torno al uso de insecticidas y a la eliminación física de sus nidos. No obstante, su gran número y su habilidad para formar supercolonias hacen que estos métodos a menudo no basten para controlarlas de manera duradera (Meyers, 2008; Oi & Valles, 2009). Expertos como Deyrup et al. (2000) y Wang et al. (2016) han indicado que, aunque usar cebos tóxicos puede bajar la población por un tiempo, las constantes reapariciones muestran que se necesitan tácticas más completas.

### **2.7.2. Control Biológico**

El control biológico surge como una opción interesante para el manejo a largo plazo de *N. fulva*. Investigaciones recientes han descubierto varios agentes naturales, incluyendo el microsporidio *Myrmecomorba nylanderiae* (Plowes et al., 2015) y virus que atacan a los insectos (Valles et al., 2016), que dañan a *N. fulva* sin afectar a las especies de la zona. Además, usar parasitoides, como ciertas moscas del tipo *Pseudacteon* (Brown et al., 2011), ha prometido reducir su cantidad. Trabajos de Oi & Valles (2009) y Simberloff & Gibbons (2004) destacan lo crucial que es analizar si estos agentes son específicos y efectivos antes de ponerlos en práctica.

### **2.7.3. Manejo Integrado de Plagas (MIP)**

Ante lo complicado del asunto, se sugiere un manejo integrado que junte controles químicos, biológicos, culturales y éticos. Esta visión necesita que cooperen agricultores, autoridades y expertos en insectos para crear planes de acción concretos que tengan en cuenta cómo es la ecología local y cómo se mueve *N. fulva* (Meyers, 2008; Deyrup et al., 2000). Investigadores como Lard et al. (2002),

Simberloff & Gibbons (2004) y Oi & Valles (2009) han recalcado que mezclar varias estrategias puede llevar a un control más eficaz y constante de esta especie.

## **2.8. Perspectivas Futuras**

Los datos científicos nos revelan que *Nylanderia fulva* es una hormiga invasora superdotada, transformando ecosistemas y causando estragos económicos y sociales. Su triunfo radica en su reproducción asombrosa, la creación de supercolonias, su adaptabilidad genética y su comunicación química avanzada (Brady et al., 2006; Gotzek et al., 2012). Además, su expansión veloz y la ayuda de factores ambientales impulsan su invasión fuera de su hábitat, algo que varios estudios han comprobado (Deyrup et al., 2000; Kumar et al., 2015).

En cuanto al manejo, si bien los métodos de siempre son insuficientes, el control biológico y el enfoque integral ofrecen perspectivas prometedoras para suavizar los efectos de *N. fulva*. Aun así, necesitamos más estudios para ver si estos métodos funcionan a largo plazo y para evitar dañar otras especies (Plowes et al., 2015; Valles et al., 2016). Unir fuerzas entre taxónomos, ecólogos, genetistas, economistas y expertos en plagas será clave para crear estrategias flexibles que encajen con lo enredado del problema.

En pocas palabras, *Nylanderia fulva* es un reto complejo que abarca lo taxonómico, biológico, ecológico y económico. Las investigaciones de hoy y de mañana deben enfocarse en comprender mejor cómo se mueven sus poblaciones y sus relaciones con el entorno, y en crear estrategias de manejo que mezclen saberes de diversas disciplinas. La colaboración internacional y la participación de muchos investigadores serán cruciales para hacer frente a los problemas que esta invasora plantea, y así proteger la diversidad biológica y la agricultura mundial.

### **3. Materiales y Metodología**

#### **3.1. Descripción del área de estudio**

##### **3.1.1. Área de estudio**

La investigación se realizó entre junio 2023 y febrero 2024 en las localidades del distrito de Boquete (8°30'N 82°34'O): Alto Boquete, Bajo Boquete, Jaramillo, Caldera, Los Naranjos y Palmira; Dos localidades del distrito de Dolega: (8°33'N 82°27'O), Cochea, Tinajas dos localidades en el distrito de David (8°31'20"N 82°30'39"O): San Carlos, Las Marías.

#### **3.2. Materiales utilizados**

Para la determinación de preferencia de cebos se utilizaron los siguientes materiales:

- Carne Molida.
- Trozos de Pollo.
- Panela.
- Salchicha
- Envases de muestras plásticas.
- Palines.
- GPS.
- Hielera portátil.
- Alcohol al 95%.
- Viales.
- Cinta métrica.
- Bolsas plásticas.

- Jaula protectora.

Para el muestreo en campo en las diferentes localidades se utilizó los siguientes materiales:

- Salchicha.
- Envases de muestras plásticas.
- Palines.
- Cinta métrica.
- GPS.
- Alcohol al 95%.
- Bolsas plásticas.
- Pinceles de pintura.
- Viales.
- Hielera portátil.

Equipo utilizado en laboratorio:

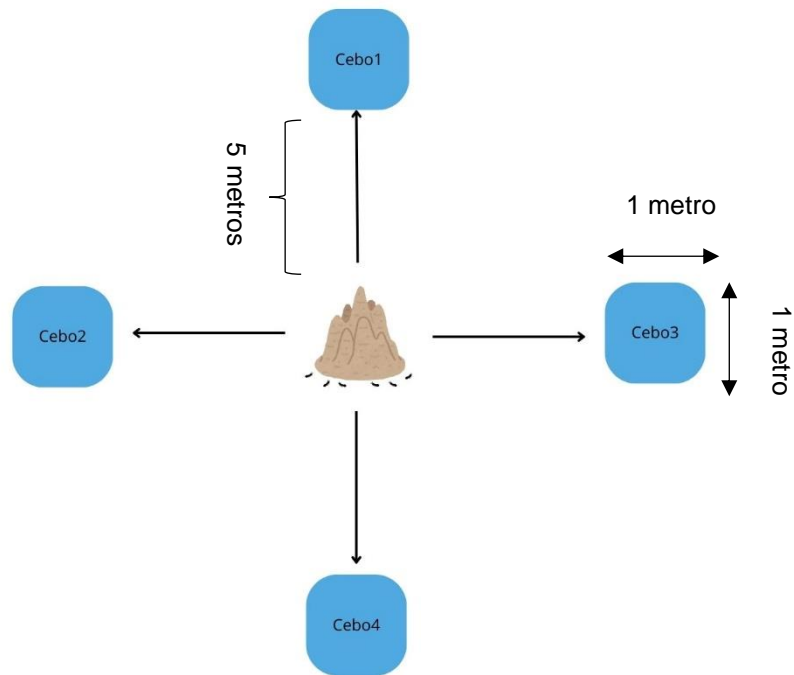
- Estereoscopio.
- Kit de herramientas entomológicas.
- Platos Petri.
- Computadora con cámara.
- Frascos de plástico y viales.
- Alcohol al 95%
- Conteo metro manual.
- Refrigerador.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Selección de Atrayente**

Se realizó una evaluación inicial de diferentes cebos atrayentes, los cuales son: salchicha, carne molida, trozos de pollo y panela. Esta evaluación se hizo en la localidad de Tinajas, distrito de Dolega. utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 4 bloques y 4 repeticiones por tratamiento. En cada cuadrado de 1 m<sup>2</sup>, se colocó un envase plástico con un trozo de cebo atrayente.

En el mencionado experimento, se evaluó la flexibilidad en el manejo de la trampa mediante un tiempo de exposición que oscilaba entre 15 minutos y 90 minutos; lo que dio como resultado 4 diseños experimentales cada uno con un tiempo determinado; 15, 30, 60 y 90 minutos; lo que permitió obtener resultados para realizar el análisis de datos estadísticos.



*Ilustración 1. Croquis del diseño de bloque en campo.*

### **3.3.2. Procesamiento de muestras de la selección de atrayente**

Una vez culminado el muestreo en campo, se embalaron las muestras en envases plásticos rotulados correspondientemente con el cebo que se utilizó; las muestras fueron procesadas en el laboratorio del departamento de Sanidad vegetal del MIDA en el corregimiento de Potrerillos. De esta forma, se podrán tabular los datos obtenidos y realizar el correcto análisis de varianza en este caso análisis con el método de Friedman.



*Ilustración 2. Conteo de Individuos por tratamiento evaluado.*

### 3.3.3. Análisis de datos estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando dos programas para asegurar la precisión y validez de los resultados obtenidos. En primer lugar, se llevó a cabo un análisis manual empleando el paquete estadístico de Microsoft Excel, aprovechando su accesibilidad gratuita y su capacidad para realizar cálculos estadísticos básicos. Posteriormente, los datos fueron procesados utilizando el software de INFOSTAT.

### 3.3.4. Diseño Experimental de muestreo de cebos

Tratamientos	Bloques			
	1	2	3	4
Pollo	x	x	x	X
Salchicha	x	x	x	X
Carne molida	x	x	x	X
Panela	x	x	x	X

**Modelo estadístico lineal:**

$$\gamma_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} = \mu_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2 \dots b \quad j = 1, 2 \dots a$$

**Donde:**

$y_{ij}$  = Respuestas del  $j$  – ésimo tratamiento para el  $i$  – ésimo bloque

$b$  = número de bloques  $a$ = número de tratamientos.

$\mu$ : es la media poblacional de la variable de la respuesta

$\beta_i$ : es el efecto del bloque ( $i = 1, 2, 3, 4$ ; correspondiente a los tiempos de exposición de 15, 30, 60 y 90 minutos).

$\tau_j$ : es el efecto del tratamiento ( $j = 1, 2, 3, 4$ ; correspondiente a salchicha, pollo, carne molida y panela).

$\epsilon_{ij}$ : es el error aleatorio por observación o variación causada por los factores no controlados.

#### **Parámetros evaluados:**

- Número de hormigas recolectadas para cada combinación de tratamiento y tiempo de exposición.
- Variabilidad entre bloques para evaluar si los tiempos de exposición generan diferencias significativas en el número de hormigas recolectadas.
- Efecto del tratamiento para determinar si hay diferencias significativas en la atracción de hormigas según el tipo de tratamiento utilizado.
- Interacción bloque-tratamiento para analizar si el efecto del tratamiento es consistente en los diferentes tiempos de exposición.

El análisis de varianza no paramétrico se utilizó para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos y los bloques. Dichos análisis estadísticos y posterior comparación de medias se realizaron usando la prueba de Friedman, dicha prueba se realiza en diseños de bloques al azar cuando no se cumple con el principio de homogeneidad de los datos o la prueba de normalidad.

### 3.3.5. Determinación de dispersión

Esta investigación sobre cómo se dispersa *Nylanderia fulva* se realizó en varios puntos de la provincia de Chiriquí, elegidos estratégicamente por su variedad ecológica y geografía, para así entender bien cómo se comporta esta especie invasora. Los lugares estudiados fueron Alto Boquete, Bajo Boquete, Jaramillo, Caldera, Los Naranjos, Palmira, Tinajas, Cochea, San Carlos y Las Marías.

Se tomaron muestras cada semana durante cuatro meses seguidos. En total, se eligieron y revisaron 54 sitios repartidos entre los lugares antes mencionados. En cada sitio de muestreo se usaron trampas de suelo tipo pitfall, que son muy útiles para atrapar insectos terrestres como la hormiga *N. fulva*. Estas trampas, constituidas por envases coprológicos, estas mismas se colocaron a nivel del suelo y tienen como objetivo la captura de hormigas que transitan por el área. La eficacia de estas trampas se basa en la atracción de las hormigas por un cebo previamente seleccionado. Se ubicó cada trampa con GPS para no perder de vista los puntos de captura.

El objetivo principal de estos muestreos era ver cómo se dispersa *N. fulva* en los distintos lugares y saber a qué velocidad se mueve en promedio, comparándolo con un muestreo hecho por Murgas et al. (2023). Esto sirvió para confirmar la presencia de la especie y observar su extensión geográfica con el tiempo. Los datos que se sacaron se apuntaron en formularios de campo.

Luego, la información recogida en el campo se procesó con programas de mapas. Estos programas permitieron hacer mapas detallados que muestran cómo se dispersa la *N. fulva* en las zonas estudiadas. El análisis con Sistemas de Información Geográfica (SIG) fue clave para ver dónde está la especie y cómo se comporta al dispersarse. Esta forma de trabajar permitió juntar los sitios según sus características

geográficas y ecológicas, ayudando a encontrar zonas con presencia y posible expansión futura de la *N. fulva*.

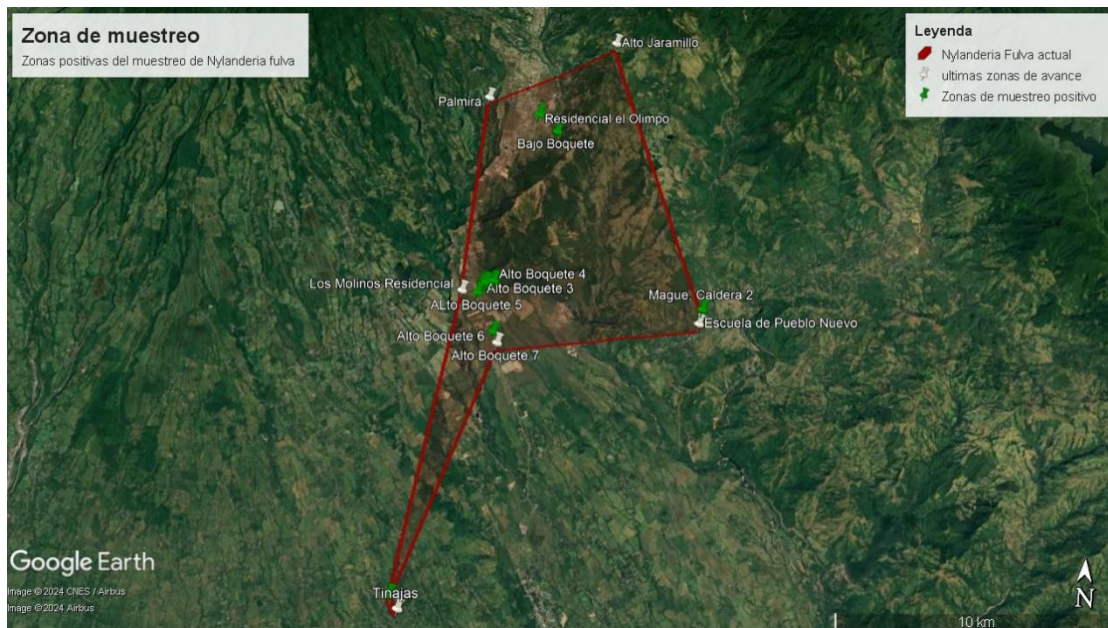


Ilustración 3. Zona de actividad de *N. fulva*; Dolega, Boquete.

### 3.3.6. Determinación de entorno

En el estudio sobre la expansión de la hormiga *Nylanderia fulva*, examinamos a fondo el hábitat de las zonas investigadas, con el fin de captar los factores que favorecen la presencia de esta hormiga. Para lograrlo, evaluamos la humedad ambiental, el volumen anual de precipitaciones y la altitud, aparte de catalogar las formas de agricultura o ganadería practicadas en cada sitio.

De los 54 sitios analizados, la *N. fulva* no se halló en todos. En aquellos donde confirmamos la existencia de esta hormiga, nos enfocamos en medir y registrar las cifras de las características ambientales mencionadas. Para la humedad y la lluvia, recurrimos a datos climáticos de la región, y la altitud la obtuvimos con equipos GPS que instalamos en cada punto de muestreo. Adicionalmente, elaboramos un registro minucioso de las áreas de producción, detallando los tipos de cultivos (como café,

hortalizas, caña de azúcar, pastizales, etc.) y la cercanía de granjas avícolas o ganaderas.

Luego, reunimos toda la información en una base de datos para tener un inventario de los lugares donde detectamos la hormiga, junto con su altitud, la pluviosidad media y el grado de humedad, sin olvidar las actividades agrícolas o ganaderas que allí se llevan a cabo. Con ello, pudimos identificar qué clase de entornos prefiere la *N. fulva* para establecerse.

## **4. Resultados**

### **4.1. Efectividad de Cebos**

#### **4.1.1. Análisis de Efectividad de los Cebos en Diferentes Tiempos**

La evaluación efectividad de los diferentes cebos en atraer insectos, se realizó la Prueba de Friedman en cuatro tiempos de observación: 15, 30, 60 y 90 minutos. A continuación, se presentan los resultados para cada tiempo individual, así como una evaluación combinada de los cebos y tiempos.

#### **Análisis de 15 Minutos**

Prueba de Friedman:

Valor  $T^* = 1.75$ ,  $p = 0.3837$ .

El valor de  $p$  indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los cebos en este tiempo.

#### **Comparación de Cebos:**

Aunque no se encontraron diferencias significativas, el orden de efectividad de los cebos (de mayor a menor) fue:

**Salchicha:** Media de rangos = 3.13.

**Pollo:** Media de rangos = 3.00.

**Panela:** Media de rangos = 2.13.

**C. Molida:** Media de rangos = 1.75.

Aunque POLLO tuvo la mayor media de rangos, la diferencia no es estadísticamente significativa en el tiempo de 15 minutos.

*Tabla 1. Evaluación de Cebos 15 minutos.*

*Prueba de Friedman*

Salchicha	Panela	Pollo	C. Molida	T	P
3,13	2,13	3,00	1,75	1,14	0,3837

Mínima diferencia significativa entre la suma de rangos =8,016

Tratamiento	Suma (Rangos)	Media (Rangos)	N	Pares
C. Molida	7,00	1,75	4	A
Panela	8,50	2,13	4	A
Pollo	12,00	3,00	4	A
Salchicha	12,50	3,13	4	A

Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Análisis de 30 Minutos

Prueba de Friedman:

Valor  $T^* = 1.14$ ,  $p = 0.3837$ .

Similar al tiempo de 15 minutos, el valor de  $p$  sugiere que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los cebos.

### Comparación de Cebos:

El orden de efectividad de los cebos fue:

**Pollo:** Media de rangos = 3.13.

**C. Molida:** Media de rangos = 3.00.

**Salchicha:** Media de rangos = 1.75.

**Panela:** Media de rangos = 2.13.

Los resultados indican que el atrayente de pollo es el más efectivo en el tiempo de 30 minutos, aunque la diferencia no es significativa.

Tabla 2. Evaluación de cebos 30 minutos.

*Prueba de Friedman.*

Salchicha	Panela	Pollo	C. Molida	T	P	
2,13		1,75	3,13	3,00	1,14	0,3837

Mínima diferencia significativa entre la suma de rangos = 8,016

Tratamiento	Suma (Rangos)	Media (Rangos)	N	Pares
Panela	7,00	1,75	4	A
Salchicha	8,50	2,13	4	A
C. Molida	12,00	3,00	4	A
Pollo	12,50	3,13	4	A

Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Análisis de 60 Minutos

Prueba de Friedman:

Valor  $T^* = 0.24$ ,  $p = 0.8641$ .

El análisis no muestra diferencias estadísticamente significativas entre los cebos en este tiempo.

### Comparación de Cebos:

Orden de efectividad:

**Salchicha:** Media de rangos = 2.75.

**Panela:** Media de rangos = 2.75.

**C. Molida:** Media de rangos = 2.50.

**Pollo:** Media de rangos = 2.00.

A pesar de la falta de significancia estadística, el atrayente de salchicha y panela muestran valores similares en el tiempo de 60 minutos.

Tabla 3. Evaluación de cebos, 60 minutos.

*Prueba de Friedman.*

Salchicha	Panela	Pollo	C. Molida	T	P
2,75	2,75	2,00	2,50	0,24	0,8641

Mínima diferencia significativa entre la suma de rangos =9,173

Tratamiento	Suma (Rangos)	Media (Rangos)	N	Pares
Pollo	8,00	2,00		4 A
C. Molida	10,00	2,50		4 A
Panela	11,00		2,75	4 A
Salchicha	11,00		2,75	4 A

Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Análisis de 90 Minutos

Prueba de Friedman:

Valor  $T^* = 3.90$ ,  $p = 0.0464$ .

En este caso, el valor de  $p$  es menor a 0.05, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre los cebos.

### Comparación de Cebos:

Orden de efectividad:

**Salchicha:** Media de rangos = 3.75 (letra C).

**Panela:** Media de rangos = 2.75. (letra A, B, C).

**Pollo:** Media de rangos = 1.88. (letras A, B).

**C. Molida:** Media de rangos = 1.63 (letra A).

En el tiempo de 90 minutos, el atrayente de salchicha fue el más efectivo, con diferencias estadísticamente significativas en comparación a los otros cebos, siendo el de carne molida el menos efectivo.

Tabla 4. Evaluación de Cebos 90 minutos.

*Prueba de Friedman.*

Salchicha	Panela	Pollo	C. Molida	T	P
3,75	2,75	1,88	1,63	3,99	0,0464

Mínima diferencia significativa entre la suma de rangos =9,173

Tratamiento	Suma (Rangos)	Media (Rangos)	N	Pares
C. Molida	6,50	1,63		4 A
Pollo	7,50	1,88		4 A, B
Panela	11,00	2,75		4 A, B, C
Salchicha	15,00	3,75		4 C

Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### **4.1.2. Evaluación total de cebos y tiempos**

Se realizó una evaluación estadística combinada de todos los tiempos y cebos para determinar el orden de efectividad en general del estudio de cebos atrayentes.

##### **Prueba de Friedman Cebos (General):**

Valor  $T^* = 37.00$ ,  $p < 0.0001$ .

Este valor de  $p$  indica diferencias estadísticamente significativas entre los cebos en general.

##### **Comparación de Cebos (General):**

Orden de efectividad:

Salchicha: Media de rangos = 4.00 (letra D), el más efectivo.

Pollo: Media de rangos = 3.00 (letra C).

Panela: Media de rangos = 1.75 (letras A, B).

C. Molida: Media de rangos = 1.25 (letra A), el menos efectivo.

Estos resultados indican que Las diferencias son significativas entre los cebos; El atrayente de salchicha fue el cebo más efectivo en general, mientras que el de carne molida fue el menos efectivo.

Tabla 5. Evaluación de Cebos (General).

Prueba de Friedman.

Salchicha	Panela	Pollo	C. Molida	T	P
4,00		1,75	3,00	1,25	37 <0,0001

Mínima diferencia significativa entre la suma de rangos =9,173

Tratamiento	Suma (Rangos)	Media (Rangos)	N	Pares
C. Molida	5,00	1,25	4	A
Panela	7,00	1,75	4	A, B
Pollo	12,00	3,00	4	C
Salchicha	16,00	4,00	4	D

Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Evaluación de Tiempos Total

Prueba de Friedman:

Valor  $T^* = 2.71$ ,  $p = 0.1073$ .

El valor de  $p$  indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos en general.

### Comparación de Tiempos (General):

Orden de efectividad:

90 minutos: Media de rangos = 3.75 (letra C).

15 minutos: Media de rangos = 2.50 (letra C, B, A).

60 minutos: Media de rangos = 2.00 (letra A, B).

30 minutos: Media de rangos = 1.75 (letra A).

Aunque no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos, el análisis de los rangos sugiere que el tiempo de 90 minutos es el más efectivo en términos generales, seguido por el tiempo de 15 minutos.

Tabla 6. Evaluación de Tiempos totales.

Prueba de Friedman.

15 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	T	P
2,50	1,75	2,00	3,75	2,71	0,1073

Minima diferencia significativa entre la suma de rangos =6,911

Tratamiento	Suma (Rangos)	Media (Rangos)	N	Pares
30 minutos	7,00	1,75	4	A
60 minutos	8,00	2,00	4	A, B
15 minutos	10,00	3,00	4	A, B, C
90 minutos	15,00	4,00	4	C

Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## 4.2. Resultados de Entorno

*Nylanderia fulva* ha sido detectada en sitios donde las elevaciones varían entre los 334 m s.n.m (Dolega) y los 1407 m s.n.m. (Boquete), lo que demuestra su capacidad de adaptación a diferentes altitudes dentro de la provincia de Chiriquí. Los muestreos exhaustivos y análisis realizados evidenciaron su distribución en diversos cultivos y ambientes según la Tabla 7.

La mayor presencia de *N. fulva* se registró en cultivos de caña de azúcar, con un 27.78% del total de zonas positivas. Otros entornos con una frecuencia significativa incluyeron cultivos de guandú, maíz y pasto, que representaron un 16.67% cada uno. En menor proporción, la hormiga se detectó en sitios como plantaciones de poroto, yuca, instalaciones avícolas y galeras ganaderas, cada uno con un 5.56%. Estos datos resaltan la amplia variedad de hábitats que *N. fulva* puede colonizar.

Tabla 7. Distribución de los sitios positivos para *Nylanderia fulva*.

<b>Cultivos de entorno de <i>N. fulva</i></b>		
<b>Cultivo (Lugar)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Poroto (8°45'34" N 82°24'14" W)	1	5.56%
Pasto (8°44'12" N 82°26'53" W)	3	16.67%
Guandú (8°39'58" N 82°22'02" W)	3	16.67%
Caña de Azúcar (8°33'54" N 82°27'54" W)	5	27.78%
Maíz (8°33'39" N 82°27'43" W)	3	16.67%
Yuca (8°39'58" N 82°22'03" W)	1	5.56%
Zona avícola (8°39'58" N 82°22'02" W)	1	5.56%
Galera Ganadera (8°34'03" N 82°27'50" W)	1	5.56%
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>

El estudio se desarrolló en el entorno propio de la zona, prestando atención a las condiciones del tiempo. Las tomas de muestras tuvieron lugar de octubre a enero, cuando las precipitaciones y condiciones climáticas variaron significativamente. Como se observa en la Tabla 8, octubre fue el mes más lluvioso, alcanzando los 483.4 mm de media, seguido de noviembre con 320.1 mm; en cambio, en diciembre y enero las lluvias bajaron mucho, quedándose en 79.1 mm y 16.3 mm, respectivamente. La temperatura oscilaba entre los 18°C y 34°C, y la humedad relativa promedió un 90%.

Tabla 8. Promedio mensual de precipitaciones durante los muestreos.

<b>Promedio de precipitaciones:</b>	
<b>Mes</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
Octubre	483.4
Noviembre	320.1
Diciembre	79.1
Enero	16.3
Media total	449.45

### 4.3. Resultados de Dispersión

El análisis del desplazamiento promedio de *Nylanderia fulva* en la provincia de Chiriquí, basado en registros de sitios de partida y llegada entre los años 2021 y 2023,

evidencia un avance significativo de esta especie invasora. En promedio, la hormiga avanzó 992.5 m por año a través de distintos puntos geográficos, lo que resalta su capacidad de dispersión en diversos entornos.

El mayor desplazamiento registrado fue de 2118 metros por año, entre Alto Jaramillo (2021) y Bajo Boquete (2023), mientras que el menor avance ocurrió entre Tinajas Sr. de la Rosa (2021) y Tinajas (2023), con una media de 288 metros por año. Los detalles completos de las distancias avanzadas se resumen en la Tabla 9.

*Tabla 9. Dispersión anual de N. fulva en Chiriquí.*

<b>Promedio anual de avance de la hormiga N. fulva</b>		
Lugar de Partida	Lugar Final	Media de avance
Los molinos 2021	El Faro 2023	2419mts/2= 1209.5 mts
Mague, Caldera 2021	Escuela Pueblo Nuevo, Caldera	598.54 mts/2= 299 mts
Tinajas Sr de la Rosa 2021	Tinajas 2023	577 mts/2= 288 mts
Alto Jaramillo 2021	Bajo Boquete 2023	4237 mts/2= 2118 mts
Palmira 2021	Residencial Olimpo 2023	2096 mts/2= 1048 mts
SUMA= 1209.5+299+288+2118+1048= 4962.5/5= <b>992.5 mts/año</b>		

#### **4.4. Discusión**

##### **4.4.1. Discusión de evaluación de cebos**

**En el tiempo de 15 minutos**, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los cebos ( $T = 1.14$ ,  $p = 0.3837$ ), aunque la salchicha (media = 3.13) y el pollo (3.00) mostraron ligera ventaja.

**En el tiempo de 30 minutos**, tampoco se registraron diferencias significativas ( $T = 1.14$ ,  $p = 0.3837$ ), y el pollo (3.13) superó levemente a la carne molida (3.00), la salchicha (2.13) y la panela (1.75).

**En el periodo de 60 minutos**, las diferencias continuaron sin ser significativas ( $T = 0.24$ ,  $p = 0.8641$ ). Salchicha y panela alcanzaron el mayor promedio de rangos (2.75), seguidas por carne molida (2.50) y pollo (2.00).

**En el tiempo de 90 minutos**, sí se detectaron diferencias significativas entre los cebos ( $T = 3.90$ ,  $p = 0.0464$ ). La salchicha destacó claramente (media = 3.75), seguida por la panela (2.75), mientras que el pollo (1.88) y la carne molida (1.63) obtuvieron valores inferiores. El resultado reafirma que exposiciones más prolongadas favorecen la interacción de *N. fulva* con los cebos.

Al analizar los datos de **comparación de distintos cebos** con la prueba no paramétrica de Friedman, se identificaron diferencias importantes (Valor  $T = 37.00$ ,  $p < 0.0001$ ). Los resultados indican que la salchicha (promedio de rangos = 4.00) fue el cebo más atractivo para *Nylanderia fulva*, seguida por el pollo (3.00). En contraste, la panela (1.75) y la carne molida (1.25) mostraron una atracción considerablemente menor, siendo esta última la menos efectiva. Estos hallazgos confirman que *N. fulva* presenta una marcada preferencia por recursos grasos y proteicos como la salchicha.

Cuando se evaluó el efecto **del tiempo de exposición general**, la prueba de Friedman no detectó diferencias globales significativas (Valor  $T = 2.71$ ,  $p = 0.1073$ ). Aunque el análisis de los rangos sugiere que el tiempo de 90 minutos es el más efectivo (4,00) en términos generales, seguido por el tiempo de 15 minutos (3,00).

Estos comportamientos concuerdan con diversos estudios previos. LeBrun et al. (2014) señalaron que, en especies invasoras como *N. fulva*, el tiempo de exposición influye directamente en la capacidad de las obreras para recolectar alimento, especialmente en escenarios con alta actividad.

Además, Vázquez et al. (2002) indicaron que, si las hormigas tienen más tiempo, pueden aprovechar mejor los cebos, lo que aumenta la probabilidad de que lleven el cebo al nido y se controle mejor la población. Sin embargo, también advirtieron que el clima, como la lluvia o el calor extremo, puede arruinar los cebos o reducir el tiempo que las hormigas están activas, disminuyendo la efectividad de los tiempos largos.

Por otro lado, Echeverri Rubiano (2013) Muestran que los tiempos cortos pueden funcionar bien si hay muchas plagas y las hormigas buscan comida intensamente, como en los cultivos de café infestados por *N. fulva*. Este enfoque también reduce el riesgo de que los cebos sean atacados por depredadores o se deterioren, lo que podría explicar por qué los 15 minutos fueron relativamente efectivos en este estudio.

Desde un enfoque práctico, Ruiz & Bolaños (1982) plantearon que combinar cebos altamente atractivos con tiempos de exposición ajustados según la dinámica de la plaga y las condiciones del entorno podría optimizar el manejo integrado. En este estudio, la superioridad de la salchicha, especialmente en el intervalo de 90 minutos, sugiere que este cebo constituye una herramienta eficaz para maximizar el contacto de *N. fulva* con sustancias activas insecticidas. No obstante, debe evaluarse su viabilidad en campo considerando costos, capacidad de deterioro y presencia de depredadores.

Aunque los resultados no revelan cambios estadísticamente relevantes, el análisis de rangos sugiere que el lapso de 90 minutos resulta ser el más eficaz en líneas generales. Esto posiblemente se deba a que un periodo más extenso facilita una mayor interacción entre las hormigas y los cebos, aumentando las chances de que el botín llegue al hormiguero. Aun así, la eficacia de lapsos menores, como los 15

minutos, da a entender que esta alternativa podría ser útil en situaciones donde las condiciones ambientales o logísticas no permiten periodos extensos.

De forma específica, echar mano de lapsos más cortos podría venir de perlas en zonas con alta concentración de plaga, donde las hormigas tienen más posibilidades de interactuar rápidamente con el cebo. En cambio, los lapsos más largos podrían ser más apropiados en zonas de baja concentración, donde las interacciones iniciales con el cebo son menos comunes, pero más continuadas con el paso del tiempo.

#### **4.4.2. Discusión de Entorno**

La presencia de *Nylanderia fulva* desde los 334 m s.n.m. (Dolega) hasta los 1407 m s.n.m. (Boquete) evidencia lo bien que se adapta esta especie a distintas alturas en Chiriquí. Según Murgas et al., (2023), *N. fulva* ha sido vista en Panamá como una invasora con gran facilidad para ajustarse a varios ecosistemas, algo que calza perfecto con los resultados de este estudio.

Sobre cómo se distribuye *N. fulva* en cultivos y entornos varios, lo que vemos aquí va en línea con estudios de otras partes. Por ejemplo, Arcila & Quintero (2005) informaron que, en Colombia, esta hormiga causa muchos problemas en los cañaverales; esto coincide con el 27.78% de presencia que notamos en estos cultivos en Chiriquí. De forma parecida, Fernández & Sendoya (2004) dijeron que *N. fulva* se siente cómoda en sitios cambiados, como cultivos de maíz y pastizales, lo que explica el 16.67% que hallamos en estos lugares.

Estudios de Farinha, (2005) en Brasil también muestran que esta hormiga se ve mucho en pastizales y ecosistemas tocados, lo que resalta su habilidad para vivir en muchos hábitats naturales y agrícolas. Esto va de la mano con lo que vimos en esta investigación en cultivos como guandú, maíz y pasto. Además, Wetterer & Keularts,

(2008) notaron que *N. fulva* reduce la biodiversidad de varios ecosistemas, incluso los agrícolas, lo que subraya la importancia del estudio.

En zonas urbanas y agroindustriales, LeBrun et al., (2013) señalaron que *N. fulva* puede instalarse en granjas de ganado y aves, parecido a lo que detectamos en galeras ganaderas e instalaciones avícolas con un 5.56% de presencia. En estudios realizados por, Kumar et al., (2015) vieron que esta especie es un artrópodo invasor con gran oportunidad de invadir distintas zonas del mundo, sobre todo áreas agrícolas y urbanas, lo que se ve en su capacidad para adaptarse a entornos diversos como los de este estudio.

#### **4.4.3. Discusiones de Dispersión**

Fernández (2023) estudió cómo se extendía esta hormiga en Argentina, viendo patrones parecidos de dispersión, con avances importantes tanto en lugares naturales como alterados por el hombre. Fernández (2023) remarcó que cosas como la facilidad para reproducirse y aguantar distintos climas ayudan a *N. fulva* a colonizar rápido.

El avance promedio de *Nylanderia fulva* en la provincia de Chiriquí, que llegó a los 992.5 metros por año entre 2021 y 2023, supera con creces los 200–300 metros anuales que se veían en estudios anteriores en entornos naturales, según Meyers y Gold, (2008). Esto sugiere que actividades humanas, como el transporte accidental de hormigas en maquinaria agrícola, están acelerando la expansión de la especie en la zona.

Vale la pena recordar que, en la investigación de Meyers y Gold, (2008) se usaron modelos automáticos para calcular lo rápido que se extendería la hormiga si no hubiera gente de por medio, lo que apoya la idea que planteamos en esta tesis.

En Colombia, el Centro Internacional de agricultura y Biociencias [CABI], (2014) mostró que *N. fulva* se estaba extendiendo de forma preocupante en los cultivos de café, avanzando rápido y haciendo que sea más difícil controlarla por la falta de herramientas buenas. Este estudio también destaca cómo la hormiga interactúa con los campos de cultivo, lo que le ayuda a instalarse y propagarse.

Por otro lado, Servicio Fitosanitario del Estado de Costa Rica [SFE], (2022) menciona que esta especie se adapta muy bien a distintos entornos y se mueve gracias a actividades humanas, como el transporte de cosas del campo. Además, señalaron que *N. fulva* puede invadir tanto zonas urbanas como rurales con la misma facilidad.

MacGown & Layton, (2010) estudiaron cómo se extendía *N. fulva* en Estados Unidos, diciendo que puede avanzar hasta 1 kilómetro por año si las condiciones son buenas, lo que coincide con lo que vimos en algunas zonas de Chiriquí. En este caso, vieron movimientos importantes en zonas urbanas y cerca de las ciudades, sobre todo en climas cálidos y húmedos.

Tschinkel, (2006), en un análisis anterior sobre hormigas invasoras, llegó a la conclusión de que el movimiento de estas especies depende tanto de sus propias características como de cosas externas, como la actividad humana y los cambios en el uso del suelo. Este hallazgo se ve también en los movimientos que observamos en Chiriquí, donde *N. fulva* avanzó más rápido en zonas abiertas y de cultivo.

La dispersión más intensa, alcanzando los 2118 metros anuales entre Alto Jaramillo y Bajo Boquete, pone de manifiesto lo bien que esta especie se adapta a las zonas de montaña. Este rasgo subraya lo crucial que es poner en marcha medidas eficaces para frenar sus efectos, ya que su veloz propagación podría desestabilizar tanto los entornos naturales como las labores del campo.

## 5. Conclusiones

Los resultados que se obtuvieron en este estudio nos dan una idea clara de cómo se dispersa y el entorno de *Nylanderia fulva* en Chiriquí, resaltando que puede vivir en muchos lugares y que tiene potencial para avanzar por todo el territorio. Se ha encontrado esta especie desde los 334 metros sobre el nivel del mar en Dolega, hasta los 1407 metros en Boquete, demostrando que se adapta a diferentes alturas. Además, se encuentra en caña de azúcar, guandú, maíz y pasto, lo que muestra que puede vivir en distintos entornos agrícolas, incluyendo lugares menos comunes como siembras de poroto, yuca, y hasta en granjas de pollos. Con esto vemos que la *N. fulva* puede colonizar muchos ambientes, lo que nos dice que necesitamos crear estrategias de control que se adapten a estos diferentes lugares.

Al analizar cómo se dispersó anualmente esta especie entre 2021 y 2023, con un avance de casi mil metros por año, vemos que tiene una gran capacidad para moverse por la provincia. El mayor movimiento que se vio fue de más de dos kilómetros por año entre Alto Jaramillo (2021) y Bajo Boquete (2023).

## 6. Recomendaciones

Tras analizar los resultados obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones para el manejo y control de *Nylanderia fulva* en la provincia de Chiriquí:

### **Monitoreo constante de la dispersión**

Implementar un sistema para revisar cada cierto tiempo las zonas afectadas y ver cómo avanza la *N. fulva*. En esta revisión, medir cada año cómo se extiende para saber cuáles son los patrones y las zonas más delicadas, sobre todo en áreas de cultivo como la caña panelera, el maíz y el guandú.

### **Uso estratégico de cebos atrayentes**

Después de probar diferentes cebos, lo mejor es usar salchicha como cebo principal porque le es más atractivo a la hormiga *N. fulva*. Este cebo debe formar parte de los planes de manejo, adaptando cómo se usa según el clima y los mejores momentos para ponerlo, como, por ejemplo, cada 90 minutos.

### **Control integrado de plagas**

Crear estrategias de manejo que junten el uso de cebos con métodos culturales y biológicos, como quitar posibles escondites y usar barreras físicas, para que la *N. fulva* no se disperse ni se establezca tan fácilmente.

### **Estudios a largo plazo sobre el impacto ambiental**

Impulsar más estudios para ver cómo afecta la *N. fulva* a los agroecosistemas de la zona, incluyendo cómo interactúa con otras especies y qué efecto tiene en los cultivos importantes para la economía.

### **Capacitación a productores agrícolas**

Organizar cursos para enseñar a los agricultores cómo manejar bien la *N. fulva*, explicando cómo identificar la hormiga, cómo usar los cebos de forma eficiente y por la importancia de las prácticas sostenibles para prevenir su propagación.

### **Manejo adaptativo basado en condiciones locales**

Tener en cuenta las características de cada agroecosistema de la región, como la altura, la temperatura y la humedad, para ajustar las estrategias de control. Esto

significa dar prioridad a las zonas donde hay más riesgo de invasión, según los datos que tengamos.

### **Políticas locales y coordinación interinstitucional**

Fomentar la creación de políticas públicas enfocadas en el manejo del manejo de especies invasoras, y trabajar en equipo entre instituciones como el IDIAP, la Universidad de Panamá y el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) para diseñar y poner en marcha programas de manejo que sean efectivos.

### **Uso de mapas de riesgo**

Crear mapas de riesgo basados en los datos de dispersión para saber qué áreas son más importantes para intervenir y usar los recursos de la mejor manera posible para controlar la *N. fulva*.

## 7. Referencias Bibliográficas

Aldana, R. C., Baena, M. L., & Chacón de Ulloa, P. (1995). Introducción de la hormiga loca (*Paratrechina fulva*) a la Reserva Natural Laguna de Sonso (Valle del Cauca, Colombia). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 3(1), 15–28. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/37bb5b03-e897-41d4-b503-8374f2be3e3a/content>

Arcila-Cardona, Á. M., & Quintero, M. (2005). Impacto e historia de la introducción de la hormiga loca (*Paratrechina fulva*) a Colombia. Informe final, contrato de prestación de servicios No. 136. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Angela-Arcila/publication/228763877\\_IMPACTO\\_E\\_HISTORIA\\_DE\\_LA\\_INTRODUCCION\\_DE\\_LA\\_HORMIGA\\_LOCA\\_Paratrechina\\_fulva\\_A\\_COLOMBIA/links/02e7e5385fdc69eef0000000/IMPACTO-E-HISTORIA-DE-LA-INTRODUCCION-DE-LA-HORMIGA-LOCA-Paratrechina-fulva-A-COLOMBIA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Angela-Arcila/publication/228763877_IMPACTO_E_HISTORIA_DE_LA_INTRODUCCION_DE_LA_HORMIGA_LOCA_Paratrechina_fulva_A_COLOMBIA/links/02e7e5385fdc69eef0000000/IMPACTO-E-HISTORIA-DE-LA-INTRODUCCION-DE-LA-HORMIGA-LOCA-Paratrechina-fulva-A-COLOMBIA.pdf)

Brady, S. G., Schultz, T. R., Fisher, B. L., & Ward, P. S. (2006). Evaluación de hipótesis alternativas para la evolución temprana y diversificación de las hormigas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(48), 18172–18177. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0605858103>

Blas Esteban, M. T., & Hoyo Arjona, J. del. (2013). Entomología cultural y conservación de la biodiversidad: los insectos en las Artes Mayores. Cuadernos de

Biodiversidad, 42, 1–22. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5210761>

Brown, B. V., Morrison, L. W., & Gilbert, L. E. (2011). Control biológico de las hormigas de fuego *Solenopsis* por los parasitoides de *Pseudacteon*: teoría y práctica. *Biological Control*, 59(2), 123–131. <https://doi.org/10.1155/2012/424817>

Dekoninck, W., Wauters, N., & Delsinne, T. (2019). Hormigas invasoras en Colombia. En F. Fernández, R. J. Guerrero & T. Delsinne (Eds.), *Hormigas de Colombia* (pp. 1149–1169). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de [https://antwiki.org/w/images/e/e2/Dekoninck%2C\\_W.%2C\\_Wauters%2C\\_N.\\_et\\_al.\\_2019.\\_Hormigas\\_de\\_Colombia.\\_Cap.\\_35.\\_Hormigas\\_invasoras\\_en\\_Colombia.pdf](https://antwiki.org/w/images/e/e2/Dekoninck%2C_W.%2C_Wauters%2C_N._et_al._2019._Hormigas_de_Colombia._Cap._35._Hormigas_invasoras_en_Colombia.pdf)

CABI. (2014). Evaluación de dos cebos tóxicos para el control de *Nylanderia fulva* en cultivos de café en Colombia. CABI Digital Library. Recuperado de <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20143372599>

Ana Eugenia Campos-Farinha (2005). Hormigas plaga urbanas de Brasil (Hymenoptera: Formicidae). En *Urban Pest Management: An Environmental Perspective* (pp. 290–297).

[https://www.researchgate.net/publication/258883480\\_Urban\\_pest\\_ants\\_of\\_Brazil\\_Hymenoptera\\_Formicidae](https://www.researchgate.net/publication/258883480_Urban_pest_ants_of_Brazil_Hymenoptera_Formicidae)

Cisneros Vera, F. (1995). Control de plagas agrícolas. Lima, Peru. Recuperado de <https://isbn.cloud/9789972901706/control-de-plagas-agricolas/>

Deyrup, M., Davis, L., & Cover, S. (2000). Hormigas exóticas en Florida. *Transactions of the American Entomological Society (1890-)*, 126(3/4), 293–326. <http://www.jstor.org/stable/25078718>

Echeverri Rubiano, Claudia. (2013). Evaluación de dos cebos tóxicos para el control de *Nylanderia fulva* (Formicidae) en cultivos de café. *Revista Fitosanidad*. 1. 11-17. [https://www.researchgate.net/publication/315652835\\_Evaluacion\\_de\\_dos\\_cebos\\_toxicos\\_para\\_el\\_control\\_de\\_Nylanderia\\_fulva\\_Formicidae\\_en\\_cultivos\\_de\\_cafe](https://www.researchgate.net/publication/315652835_Evaluacion_de_dos_cebos_toxicos_para_el_control_de_Nylanderia_fulva_Formicidae_en_cultivos_de_cafe)

Hill, S. K., Baldwin, R. W., Pereira, R. M., & Koehler, P. G. (2015). Hormiga loca leonada. *EDIS*, 2015(5), 3. <https://doi.org/10.32473/edis-in1076-2013>

Fernández, F., & Sendoya, S. (2004). Lista Sinonímica de hormigas neotropicales (Hymenoptera: Formicidae). *Biota Colombiana*, 5(1), 3-105. <https://www.redalyc.org/pdf/491/49150101.pdf>

Fernández, M. B. (2023). Estudios ecológicos y genéticos de la hormiga invasora *Nylanderia fulva* en el límite sur de su distribución natural (Tesis Doctoral).

Universidad de Buenos Aires. Recuperado de [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n7378\\_Fernandez.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n7378_Fernandez.pdf)

Fox, E. G. P., Wu, X., Wang, L., Chen, L., & Lu, Y.-Y. (2019). La isosolenopsina A del veneno reina provoca una rápida incapacidad de las competidoras de las hormigas de fuego. *Toxicon*. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.11.428>

Gomez-L., L. A., & López - De Pulido, C. (1995). Determinación de un método de muestreo para la hormiga loca en la caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología*, 21(3), 105–111. <https://doi.org/10.25100/socolen.v21i3.9972>

Gotzek, D., Brady, S. G., Kallal, R. J., & LaPolla, J. S. (2012). La importancia de utilizar múltiples enfoques para identificar especies invasoras emergentes: El caso de la hormiga loca de la frambuesa en Estados Unidos. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0045314>

Hoffmann, B. D., Luque, G. M., Bellard, C., Holmes, N. D., & Donlan, C. J. (2016). Mejorar la erradicación de hormigas invasoras como herramienta de conservación: Una revisión, 198, 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.03.036>

Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *Las Hormigas*. Harvard University Press. [https://www.antwiki.org/wiki/The\\_Ants](https://www.antwiki.org/wiki/The_Ants)

Holway, D. A. (1999). Mecanismos competitivos subyacentes al desplazamiento de las hormigas nativas por la invasora argentina, *ant. Ecology*, 80(1), 238–251. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658%281999%29080%5B0238%3ACMUTDO%5D2.0.CO%3B2>

Holway, D. A., Lach, L., Suarez, A. V., Tsutsui, N. D., & Case, T. J. (2002). Las causas y consecuencias de las invasiones de hormigas. *Annual Review of Ecology and*

Systematics, 33(1), 181–233.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150444>

Kallal, R. J., & LaPolla, J. S. (2019). Nylandería del mundo Parte III: Nylandería en las Indias Occidentales. *Zootaxa*, 4658(3), 401–451.

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4658.3.1>

Kumar, S., LeBrun, E. G., Stohlgren, T. J., Stabach, J. A., McDonald, D. L., Oi, D. H., & LaPolla, J. S. (2015). Evidencia de cambio de nicho y potencial de invasión global de la hormiga loca leonada, *Nylandería fulva*. *Ecology and Evolution*, 5, 4628–4641.

<https://doi.org/10.1002/ece3.1737>

Lard, C., Willis, D. B., Salin, V., & Robison, S. (2002) Evaluaciones económicas de la hormiga de fuego en los sectores urbano y agrícola de Texas, urban and agricultural sectors. *Southwest Entomologist*, 25, 123–137.

[https://www.researchgate.net/publication/237343999\\_Economic\\_assessments\\_of\\_fire\\_ant\\_on\\_Texas\\_urban\\_and\\_agricultural\\_sectors](https://www.researchgate.net/publication/237343999_Economic_assessments_of_fire_ant_on_Texas_urban_and_agricultural_sectors)

LaPolla, J. S., Brady, S. G., & Shattuck, S. O. (2010). Monografía de Nylandería (Hymenoptera: Formicidae) del mundo: Introducción a la sistemática y biología del género. *Zootaxa*, 3110, 1–109. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3110.1.1>

LeBrun, E. G., Abbott, J., & Gilbert, L. E. (2013) La hormiga loca importada desplaza a la hormiga de fuego importada, reduce y homogeneiza los conjuntos de hormigas

de pastizal y artrópodos. *Biological Invasions*, 15(11), 2429–2441.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10530-013-0463-6>

LeBrun, E. G., Plowes, R. M., & Gilbert, L. E. (2009). La competencia indirecta facilita el desplazamiento generalizado de un parasitoide naturalizado de hormigas de fuego importadas por otro. *Ecology*, 95(7), 1743–1752. <https://doi.org/10.1890/08-0852.1>

LeBrun EG, Jones NT, Gilbert LE (2014) Guerra química entre invasores: una interacción de desintoxicación facilita una invasión de hormigas. *Science* 343: 1014–1017, <https://doi.org/10.1126/science.1245833>

MacGown J, Layton B (2010) La Hormiga loca invasora frambuesa, *Nylanderia* sp. cerca del puben (Hymenoptera: Formicidae), reportada en Mississippi. *Midsouth Entomologist* 3: 44–47.  
[http://midsouthentomologist.org.msstate.edu/Volume3/Vol3\\_1.html\\_files/vol3\\_1\\_008.htm](http://midsouthentomologist.org.msstate.edu/Volume3/Vol3_1.html_files/vol3_1_008.htm)

Mendoza J, Gualle D, Gómez P (2019) Asociación del áfido blanco, *Melanaphis sacchari* (Zehntner), con la hormiga loca, *Nylanderia* (=Paratrechina) *fulva*, en caña

de azúcar. Carta Informativa CINCAE No. 21, 8 pp. <https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/A%C3%B1o-21.pdf>

Meyers, J. M. (2008). Identificación, distribución y control de una hormiga plaga invasora, *Paratrechina* sp. (Hymenoptera: Formicidae), in Texas (Tesis Doctoral). Texas A&M University. <https://files.core.ac.uk/download/pdf/147133727.pdf>

Murgas, I. L., Pitti, C., Miranda, R. J., & Cambra, R. A. (2023). Primer reporte de la hormiga invasora *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) en Panamá. *BioInvasions Records*, 12(1), 78–85. <https://doi.org/10.3391/bir.2023.12.1.06>

Oi, D.H., Valles, S.M. (2009). Control de hormigas de fuego con entomopatógenos en Estados Unidos. En: Hajek, A.E., Glare, T.R., O'Callaghan, M. (eds) *Uso de microbios para el control y erradicación de artrópodos invasores*. *Progress in Biological Control*, vol 6. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8560-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8560-4_13)

A. E. Hajek, T. R. Glare, & M. O'Callaghan (Eds.), *Uso de microbios para el control y erradicación de artrópodos invasores*. (pp. 237–258). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8559-8>

Plowes, R. M., Becnel, J. J., LeBrun, E. G., Oi, D. H., Valles, S. M., Jones, N. T., & Gilbert, L. E. (2015). *Myrmecomorba nylanderiae* gen. et sp. nov., un parásito

microsporidio de la hormiga loca leonada *Nylanderia fulva*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 129, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.05.012>

Polanía Ruiz, J., & Bolaños, M. (1982). Influencia de factores externos en el forrajeo de hormigas. *Revista Colombiana de Entomología*. Recuperado de Universidad del Valle.

Suárez, A. V., Tsutsui, N. D., Holway, D. A., & Case, T. J. (2002). Las causas y consecuencias de las invasiones de hormigas. *Journal of Animal Ecology*, 71(3), 347–355. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150444>

Sharma, S., Oi, D. H., & Buss, E. A. (2013). Hemipteros productores de melaza en Florida asociados con *Nylanderia fulva* (Hymenoptera: Formicidae), una hormiga loca invasora. *Florida Entomologist*, 96(2), 539–547. <https://doi.org/10.1653/024.096.0219>

Schultz, T. R. (1990). The evolution of social behavior in ants. In J. C. Trager (Ed.), *Advances in myrmecology* (pp. 372–423).

Servicio Fitosanitario del Estado (SFE). Hormiga loca (*Nylanderia fulva*). Recuperado de [https://www.sfe.go.cr/Docs\\_Hormiga\\_loca/Desplegable\\_Hormiga\\_loca.pdf](https://www.sfe.go.cr/Docs_Hormiga_loca/Desplegable_Hormiga_loca.pdf)

Simberloff, D., & Gibbons, L. (2004). Ahora los ves, ahora no. – Desplomes poblacionales de especies introducidas establecidas. *Biological Invasions*, 6, 161–172. <https://doi.org/10.1023/B:BINV.0000022133.49752.46>

Trager, J. C. (1984). Una revisión del género *Paratrechina* de los Estados Unidos continentales. *Sociobiology*, 9, 51–162. <https://doi.org/10.5281/zenodo.24910>

Tschinkel, W. R. (2006). *Las Hormigas de Fuego*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1dp0txz>

Tsutsui, N. D., & Suarez, A. V. (2002). Estructura de la colonia y la biología poblacional de las hormigas invasoras. *Conservation Biology*, 17(1), 48–58. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.02018.x>

Valles, S. M., Oi, D. H., Becnel, J. J., Wetterer, J. K., LaPolla, J. S., & Firth, A. E. (2016). Aislamiento y caracterización del virus 1 de *Nylanderia fulva*, un virus de ARN monocatenario de sentido positivo que infecta a la hormiga loca leonada, *Nylanderia fulva*. *Virology Journal*, 13, 244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.virol.2016.06.014>

Vázquez, L. L., Peña, E., & López, D. (2002). Evaluación De Diferentes Atrayentes E Insecticidas Para Cebo Formicida. *Fitosanidad*, 6(1), 19-23. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209118145004>

Wang, Z., Moshman, L., Kraus, E. C., Wilson, B. E., Acharya, N., & Diaz, R. (2016). Una reseña de la hormiga loca leonada, *Nylanderia fulva*, una invasora emergente de hormigas en el sur de Estados Unidos: ¿Es el control biológico una opción de manejo viable? *Insects*, 7(4), 77. <https://doi.org/10.3390/insects7040077>

Wetterer, J. K., Davis, O., & Williamson, J. R. (2014). Auge y caída de la hormiga loca leonada, *Nylanderia fulva* (Hymenoptera: Formicidae), en la calle Croix, Islas Vírgenes

de EE. UU. Florida Entomologist, 97, 1099–1103.  
<http://dx.doi.org/10.1653/024.097.0315>

Zenner de Polanía, I., & Ruíz Bolaños, N. (1983). Control químico de la hormiga loca, *Nylanderia fulva* (Mayr). Revista ICA, 18(4), 241–250. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35340>

Zenner de Polanía, I., & Ruíz Bolaños, N. (1985). Hábitos alimenticios y relaciones simbióticas de la "hormiga loca" *Nylanderia fulva* con otros artrópodos. Revista Colombiana de Entomología, 11, 3–10. <https://doi.org/10.25100/socolen.v11i1.10249>

Zhang, Q.-H., McDonald, D. L., Hoover, D. R., Aldrich, J. R., & Schneidmiller, R. G. (2015). La invasión norteamericana de la hormiga loca leonada (*Nylanderia fulva*) es posible gracias al sinergismo feromónico de dos glándulas separadas. *Journal of Chemical Ecology*, 41(9), 853–858. <https://doi.org/10.1007/s10886-015-0622-6>

## 8. Anexos

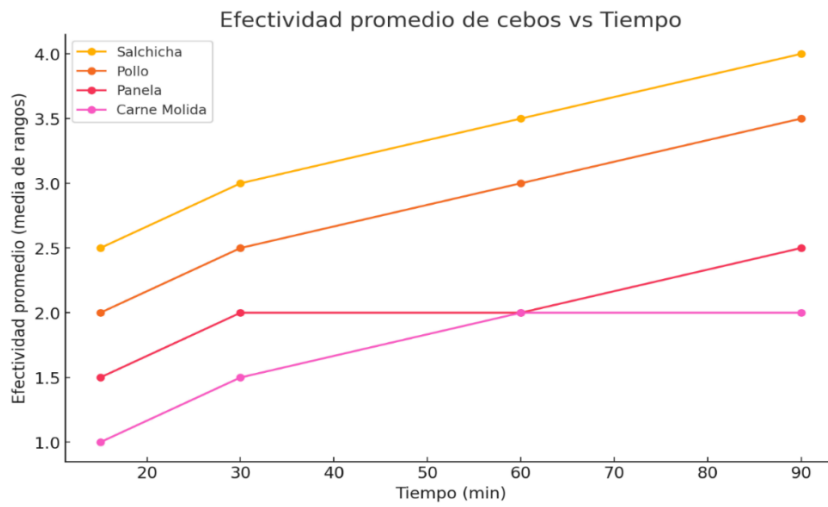


Ilustración 4. Efectividad promedio de cebos vs tiempo

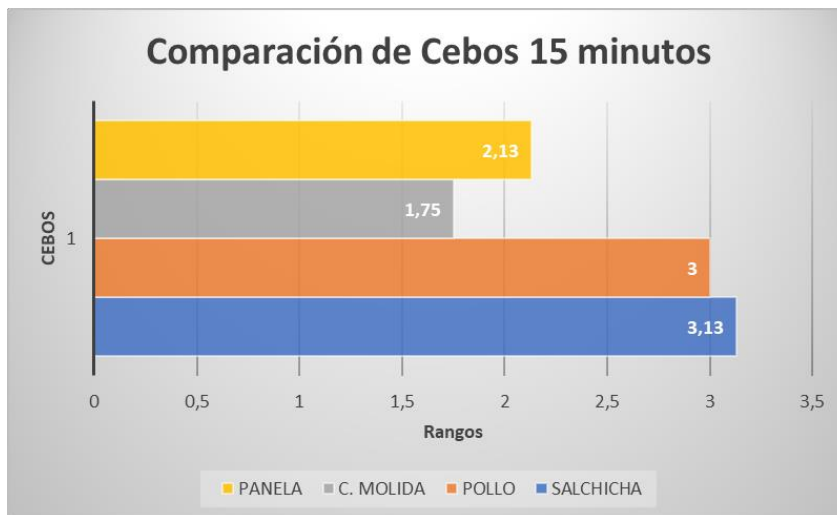
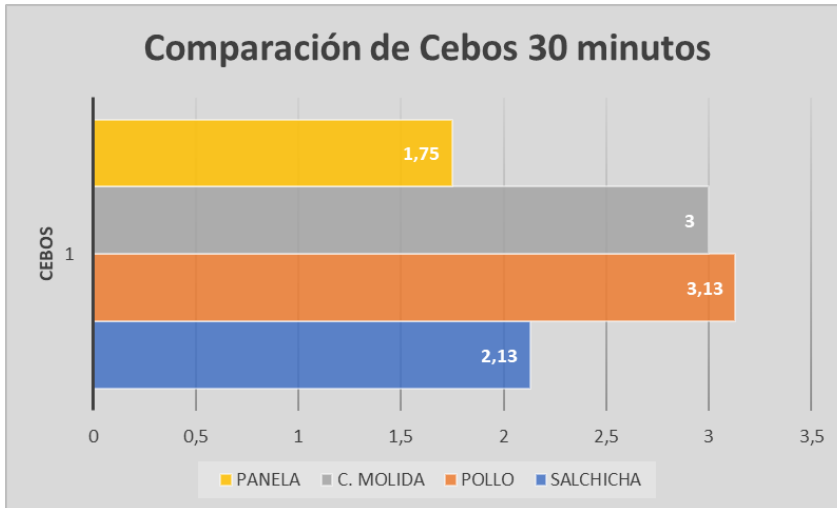
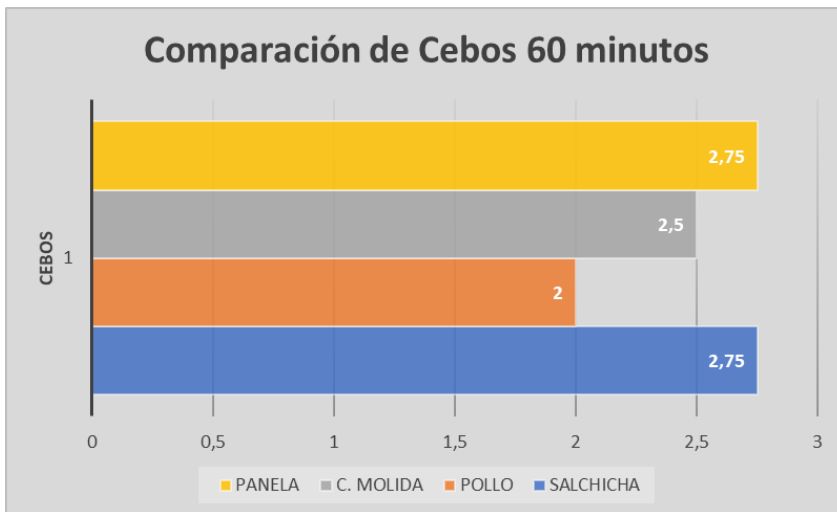


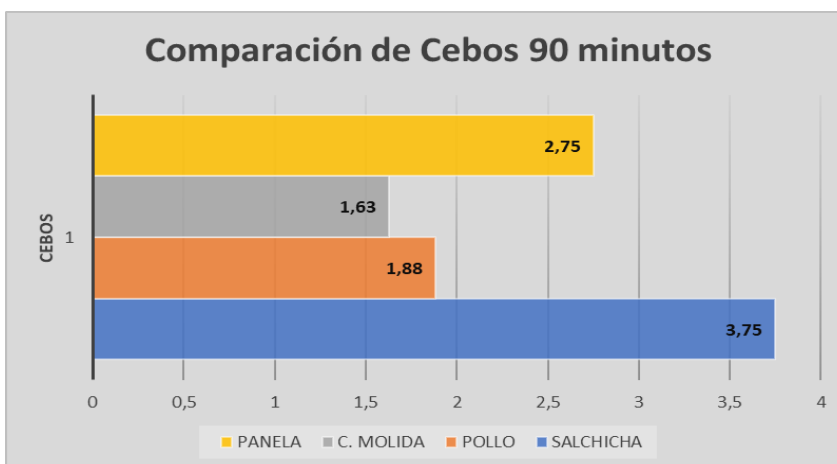
Ilustración 5. Comparación de Cebos en 15 minutos.



*Ilustración 6. Comparación de Cebos 30 Minutos.*



*Ilustración 7. Comparación de Cebos 60 Minutos.*



*Ilustración 8. Comparación de Cebos 90 Minutos.*

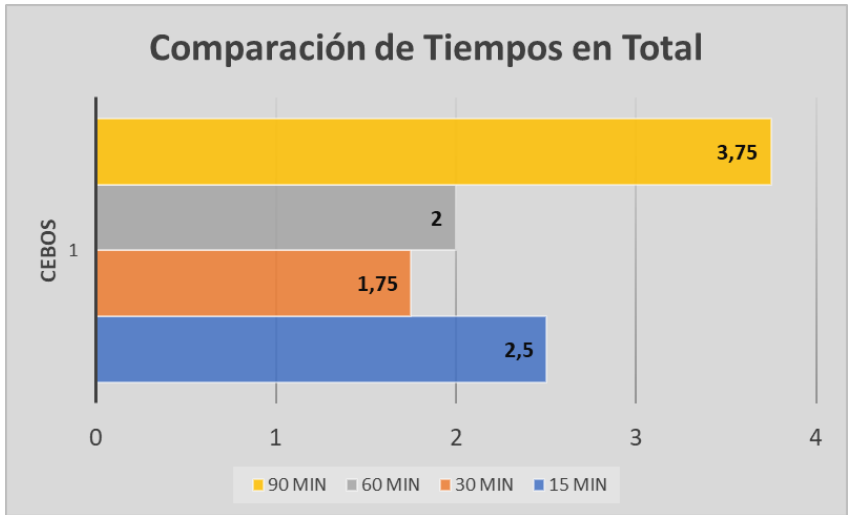


Ilustración 9. Comparación de Todos los Tiempos de Colecta.

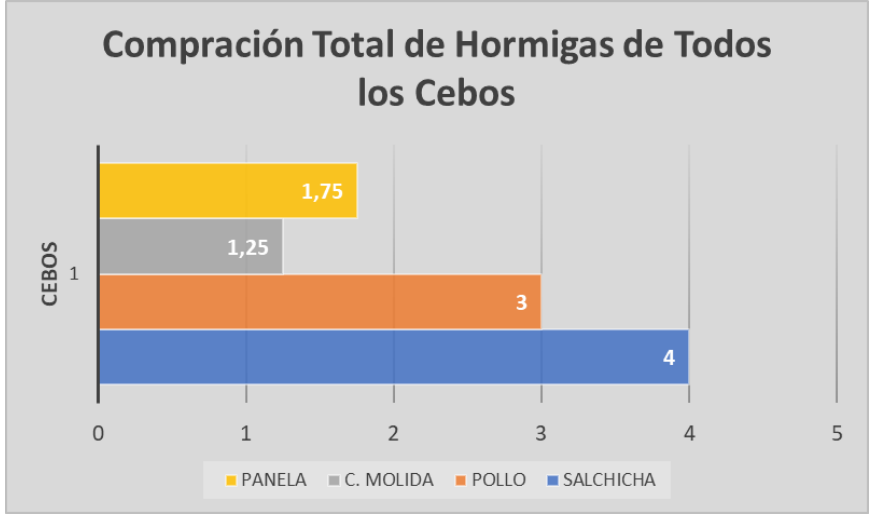


Ilustración 10. Comparación del Total de Hormigas colectadas en todos los cebos