



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 30 de noviembre 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Neiva Huila

El (Los) suscrito(s):

Jessica Alejandra Escobar Lamilla, con C.C. No. 1.003.966.427

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o Pasantía supervisada

titulado **EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ARTROPOFAUNA ASOCIADA A PARCELAS DE CUATRO TRATAMIENTOS DE NUCLEACIÓN EN PASTIZALES DEL ÁREA DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL DE LA HIDROELECTRICA EL QUIMBO**, presentado y aprobado en el año **2018** como requisito para optar al título de INGENIERO AGRÍCOLA;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

JESSICA ESCOBAR

Vigilada Mineducación



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ARTROPOFAUNA ASOCIADA A PARCELAS DE CUATRO TRATAMIENTOS DE NUCLEACIÓN EN PASTIZALES DEL ÁREA DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL DE LA HIDROELÉCTRICA EL QUIMBO.

AUTOR O AUTORES:

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Escobar Lamilla | Jessica Alejandra |

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Zapata Castañeda | Jose Agener |

ASESOR (ES):

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| | |

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Agrícola

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS: 58

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías_x_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas_x_ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros_x_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

Inglés

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| 1. Insectos | Insects |
| 2. Artrópodos | arthropods |
| 3. Indicadores | indicators |
| 4. Restauración ecológica | Ecological restoration |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La fauna de artrópodos es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y es útil en el monitoreo de los procesos de restauración ecológica porque responde rápidamente a los cambios de la cobertura vegetal y el suelo en escalas espacio-temporales pequeñas. Dentro del Plan Piloto de Restauración de la Central Hidroeléctrica El Quimbo se evaluó la artropofauna para la estrategia de nucleación en pastizales degradados, en parcelas de tres tratamientos con siembra y un control (tratamiento pasivo), luego de año y medio de su implementación. El muestreo se realizó con dos métodos de muestreo en cinco parcelas seleccionadas de cada tratamiento que consistieron en la instalación de 10 trampas de caída y 5 trampas de plato en periodos separados de 48 horas. Se logró la captura de 13.568 ejemplares que se determinaron a nivel de órdenes. Se obtuvo 5 clases y 14 órdenes de artrópodos. La abundancia absoluta promedio fue mayor para el tratamiento de nucleación intermedia sin remoción de suelo (3914 individuos). Se registró la presencia exclusiva de un orden de insectos depredador (Mantodea) para el tratamiento de siembra intensiva.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The fauna of arthropods is essential for the functioning of terrestrial ecosystems and is useful in the monitoring of ecological restoration processes because it responds quickly to changes in plant cover and soil at small spatio-temporal scales. Within the Restoration Pilot Plan of the El Quimbo Hydroelectric Power Plant, the artropofauna for the nucleation strategy was evaluated in degraded pastures, in plots of three



treatments with sowing and one control (passive treatment), after a year and a half of its implementation. Sampling was carried out with two sampling methods in five plots selected for each treatment, which consisted in the installation of 10 fall traps and 5 dish traps in 48-hour periods. The capture of 13,563 specimens that were determined at the orders level was achieved. We obtained 5 classes and 14 orders of arthropods. The average absolute abundance was higher for the intermediate nucleation treatment without soil removal (3914 individuals). The exclusive presence of an order of predatory insects (Mantodea) was registered for intensive sowing treatment.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: JOSE AGENER ZAPATA CASTAÑEDA

Firma:

Nombre Jurado: ALFREDO OLAYA AMAYA

Firma:

Nombre Jurado: JENNIFER KATIUSCA CASTRO

Firma:

PASANTIA SUPERVISADA

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ARTROPOFAUNA ASOCIADA A PARCELAS DE
CUATRO TRATAMIENTOS DE NUCLEACIÓN EN PASTIZALES DEL ÁREA DE
COMPENSACIÓN AMBIENTAL DE LA HIDROELÉCTRICA EL QUIMBO

JESSICA ALEJANDRA ESCOBAR LAMILLA

Código: 20122113517

PASANTE

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
GARZON HUILA

2018

PASANTIA SUPERVISADA

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ARTROPOFAUNA ASOCIADA A PARCELAS DE
CUATRO TRATAMIENTOS DE NUCLEACIÓN EN PASTIZALES DEL ÁREA DE
COMPENSACIÓN AMBIENTAL DE LA HIDROELÉCTRICA EL QUIMBO

JESSICA ALEJANDRA ESCOBAR LAMILLA
PASANTE

ING. JOSE AGENER ZAPATA CASTAÑEDA
SUPERVISOR DE PASANTIA

FRANCISCO TORRES ROMERO
JEFE PLAN PILOTO DE RESTAURACION ECOLOGICA BS-T
FUNDACION NATURA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA AGRICOLA
GARZON, HUILA
2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

El informe final de pasantía titulado “EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ARTROPOFAUNA ASOCIADA A PARCELAS DE CUATRO TRATAMIENTOS DE NUCLEACIÓN EN PASTIZALES DEL ÁREA DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL DE LA HIDROELÉCTRICA EL QUIMBO.” Presentado por Jessica Alejandra Escobar Lamilla, en cumplimiento de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrícola, fue aprobado en la fecha _____, por el jurado examinador con una calificación de _____.

Firma del director

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Principalmente le dedico este logro a Dios quien nos da la oportunidad de vivir y alcanzar nuestras metas, a mis padres Farid Escobar y María Lamilla por ser mis guías y mi ejemplo a seguir, por su sacrificio y esfuerzo para lograr que tenga una carrera profesional, a mi esposo Mauricio Rojas por su amor, apoyo y compañía.

A mi familia en general por creer en mis capacidades y brindarme su apoyo, a mis compañeros con quienes compartí muchos momentos inolvidables, y a la Fundación Natura, jefe inmediato y Julián Díaz mi profesional de apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Dios, gracias por permitir que sonría ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, gracias porque tu amor y bondad no tienen fin. Este trabajo de pasantía ha sido una bendición en todo sentido.

Agradezco a mis padres, Farid Escobar y María Lamilla por brindarme siempre su gran amor e inmensa ayuda y confianza, por estar presente no solo en esta etapa de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor.

A mi esposo Mauricio Rojas por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos y amigos que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos, a los docentes de la Universidad Surcolombiana por sus enseñanzas, mensajes de aliento, por su excelente manera de instruirme, de quienes llevo grabado que con perseverancia y esfuerzo se encuentra el éxito profesional.

A la Fundación Natura por abrir sus puertas y permitirme ser parte de ese gran equipo de trabajo, jefe inmediato ingeniero Francisco Torres y Julián Díaz, por su tiempo, por compartir sus conocimientos y bondades conmigo, los llevo en mi corazón.

Tabla de contenido

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Introducción | 1 |
| 2. | Objetivos | 3 |
| 2.1 | Objetivo general | 3 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 3 |
| 3. | Información General De La Empresa y Del Proyecto..... | 4 |
| 3.1 | Fundación Natura | 4 |
| 3.2 | Plan piloto de restauración ecológica de bosque seco tropical | 5 |
| 4. | Métodos | 7 |
| 4.1 | Área de Estudio | 7 |
| 4.2 | Estrategia de Nucleación | 10 |
| 4.2.1 | Nucleación intensiva | 10 |
| 4.2.2 | Nucleación intermedia con remoción de suelo | 11 |
| 4.2.3 | Nucleación intermedia sin remoción de suelo | 12 |
| 4.2.4 | Nucleación Pasiva | 14 |
| 4.3 | Muestreo..... | 15 |
| 4.3.1 | Métodos de muestreo implementados en el Plan Piloto..... | 15 |
| 4.3.2 | Esquemas de ubicación de trampas..... | 17 |
| 4.3.3 | Instalación de trampas en campo | 20 |

| | |
|---|----|
| 4.4 Trabajo de laboratorio | 24 |
| 4.5 Procesamiento de datos | 26 |
| 5. Resultados | 28 |
| 5.1 Riqueza y composición | 28 |
| 5.2 Abundancia | 33 |
| 6. Análisis de resultados..... | 41 |
| 6.1 Artrópodos como indicadores ecológicos y de calidad de suelo..... | 42 |
| 7. Conclusiones | 44 |
| 8. Recomendaciones..... | 45 |
| 9. Bibliografía..... | 46 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localización de la vereda El Pedernal en el municipio de el Agrado, Departamento del Huila en Colombia. | 7 |
| Figura 2. Zona de compensación ambiental de la Central Hidroeléctrica El Quimbo..... | 8 |
| Figura 3. Mapa implementación estrategia de restauración zona 2 pastizales en pendiente leve. | 9 |
| Figura 4. Lógica de la estrategia de nucleación intensiva..... | 11 |
| Figura 5. Lógica de la estrategia de nucleación intermedia con remoción de suelo..... | 12 |
| Figura 6. Lógica de la estrategia de nucleación intermedia sin remoción de suelo..... | 13 |

| | |
|--|----|
| Figura 7. Estrategia de restauración pasiva o no asistida..... | 14 |
| Figura 8. Recipientes utilizados como trampas: vaso de 10 Onzas, 8 cm de diámetro y plato plástico de color amarillo de 17 cm de diámetro. | 17 |
| Figura 9. Esquema para ubicación de trampas en parcelas de Nucleación Intensiva | 18 |
| Figura 10. Esquema para ubicación de trampas en parcelas de Nucleación Intermedia Con y Sin Remoción de suelo..... | 19 |
| Figura 11. Esquemas para ubicación de trampas en parcelas de Nucleación Pasiva..... | 19 |
| Figura 12. Proceso de instalación y recolección de trampas de caída (Pitfall) en las parcelas de nucleación en pastizales con pendiente leve. a. Instalación del vaso a nivel del suelo, b. llenado con agua a media capacidad, c. muestra encontrada luego de 48 horas, d. recolección de vasos, e. pasar contenido de los vasos a frascos, f. frasco contenedor de muestras debidamente rotulado, g. llenado total con alcohol etílico al 96 %, h. muestra lista para ser llevada al laboratorio. | 22 |
| Figura 13. Proceso de instalación y recolección de trampas de plato Pantraps en las parcelas de nucleación en pastizales con pendiente leve. a. Ubicación del punto para instalar el plato, b. llenado del plato con agua, c. instalación del plato, d. aplicación de gotas de glicerina y jabón líquido, e. plato encontrado luego de 48 horas, f. recolección de las muestras en frascos. | 23 |
| Figura 14. Muestras colectadas en campo listas para ser procesadas en laboratorio | 24 |
| Figura 15. Actividades del trabajo realizado en el laboratorio. | 25 |
| Figura 16. Formato de registro de datos para ordenes | 27 |
| Figura 17. Formato para registro datos de familias..... | 27 |
| Figura 18. Ordenes de la clase Arachnida encontrados en las parcelas de nucleación | 30 |
| Figura 19 <i>Ordenes de la clase insecta colectados en las parcelas de nucleación</i> | 30 |
| Figura 20. Ordenes de la clase Parainsecta encontrados en las parcelas de nucleación | 31 |

Figura 21. Clases Chilopoda y Diplopoda encontrados en las parcelas de nucleación..... 31

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Capturas realizadas a partir del muestreo de artropofauna con dos métodos en parcelas de nucleación en pastizal en pendiente leve. 28

Tabla 2. Composición de la artropofauna (clases y ordenes) en la estrategia de nucleación en pastizal en pendiente leve 29

Tabla 3. Composición de la artropofauna (familias y superfamilias) en la estrategia de nucleación en pastizal en pendiente leve. 32

Tabla 4. Abundancia absoluta y relativa promedio obtenidas para cada tratamiento con los dos métodos de muestreo implementados. 33

Tabla 5. Abundancia absoluta y relativa de los órdenes encontrados en las parcelas de nucleación en pastizales con pendiente leve, 34

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Abundancia absoluta obtenida con los dos métodos de colecta implementadas en las parcelas de nucleación en pastizal con pendiente leve. NuI: Nucleación intensiva, NICR: Nucleación intermedia con remoción de suelo, NISR: Nucleación intermedia sin remoción de suelo, NuP: Nucleación pasiva. 35

Grafica 2. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intensiva en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de caída 36

Grafica 3. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intermedia con remoción de suelo en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de caída. 37

Grafica 4. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intermedia sin remoción de suelo en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de caída. 37

Grafica 5. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación pasiva en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de caída. 38

Grafica 6. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intensiva en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de plato..... 39

Grafica 7. . Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intermedia con remoción de suelo en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de plato..... 39

Grafica 8. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intermedia sin remoción de suelo en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de plato..... 40

Grafica 9 . Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación pasiva en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de plato. 40

1. Introducción

En Colombia las áreas establecidas como bosque seco, son cada vez menos extensas debido a que este existe en suelos relativamente fértiles que han sido altamente intervenidos por el ser humano para la producción agrícola y ganadera, la minería, el desarrollo urbano y el turismo. Situación que se ha hecho presente en nuestro Departamento del Huila con la llegada de la Central Hidroeléctrica el Quimbo. Esta transformación es nefasta para la biodiversidad asociada al bosque seco y los servicios que presta este bosque, por lo que como medida de compensación ambiental se realizara la restauración en un área de 11.079 hectáreas.

Emgesa junto con la contratista Fundación Natura llevan a cabo el Plan piloto de restauración ecológica de bosque seco tropical, en un área experimental de 140 Has donde se determinará cuáles son las estrategias de restauración más efectivas para el posterior trabajo en el área de compensación ambiental.

Dentro del Plan Piloto se desarrolla un componente de monitoreo, con el fin de evaluar la eficacia de las diferentes estrategias implementadas; un componente e indicador de los avances sucesionales es la evaluación la artropofauna asociada a los diferentes tratamientos de nucleación. En el plan piloto se implementaron cuatro tratamientos de nucleación diferentes, tres con siembra y un tratamiento pasivo (sin siembra). Se realiza esta evaluación ya que los artrópodos del suelo son un importante componente de los ecosistemas naturales (Díaz, M., Rionda, M., Duhour, A., Momo, F. 2014), estos responden a los cambios de cobertura vegetal y de calidad del suelo de manera fiel y rápida, por lo que son considerados indicadores ecológicos que pueden ser útiles en el seguimiento del éxito de la restauración ecológica; se pretende

evaluar de qué modo los cambios en el uso del suelo pueden alterar la composición y abundancia de estos microorganismos. Paoletti y Bressan (como se citó en Díaz, et al. 2014) argumentan que su distribución y abundancia están determinadas por las características de los ecosistemas relacionadas con la disponibilidad de nutrientes y alimento, la textura y la porosidad del suelo, la humedad, retención de agua, entre otros factores que hacen que ellos puedan tener su hábitat, los grupos que integran la fauna del suelo son sensibles a las perturbaciones naturales y antrópicas del medio, las que provocan cambios en su composición específica y su abundancia y ocasiona la pérdida de especies y de su diversidad, con la consiguiente disminución de la estabilidad y la fertilidad del suelo (Sacaras, 2013). Por la gran variedad de características y requerimientos ecológicos que presentan, los artrópodos desempeñan tareas fundamentales para el mantenimiento de los ecosistemas terrestres ya que están estrechamente relacionados con los procesos de herbívoría, polinización, descomposición de materia orgánica y reciclaje de nutrientes (Fernández, 2014).

Para esta evaluación se seleccionaron cinco parcelas de cada tratamiento de nucleación donde se manejaron técnicas de colecta pasivas. Se instalaron 10 trampas de caída y 5 trampas de plato con periodos separados de 48 horas, en el laboratorio se realizó su respectiva determinación taxonómica, conteo de individuos y por último el respectivo análisis de resultados.

En el presente trabajo contempla la información resultado de la evaluación preliminar de la artopofauna asociada a los cuatro tratamientos de nucleación instalada en pastizales del área de compensación ambiental de la Central Hidroeléctrica El Quimbo

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Apoyar el estudio de artropofauna asociado a cuatro tratamientos de nucleación con diferentes grados de intensidad y manejo del suelo, en pastizales del área de compensación ambiental de la central Hidroeléctrica el Quimbo.

2.2 Objetivos específicos

- Coordinar y liderar la instalación y recolección de trampas de artropofauna.
- Determinar riqueza, composición y abundancia de artrópodos colectados.
- Comparar el comportamiento de la Artropofauna en los diferentes tratamientos de nucleación.
- Evaluar los artrópodos como indicadores ecológicos y de calidad de suelo.

3. Información General De La Empresa y Del Proyecto

3.1 Fundación Natura

En 1984, un grupo de personas conscientes de la importancia de la biodiversidad de nuestro país, trabajó incesante por la protección ambiental del territorio nacional, lo que condujo a constituir una organización no gubernamental (ONG) sin ánimo de lucro. La fundación Natura es una organización de la sociedad civil dedicada a la conservación, uso y manejo de la biodiversidad para generar beneficio social, económico y ambiental, en el marco del desarrollo humano sostenible.

El trabajo comprometido de la organización se ha mantenido presente y constante en la mayor parte del territorio, han tenido un papel relevante en los estudios de base para la creación y conservación de áreas silvestres protegidas de alta diversidad biológica. Desde el parque Nacional de Utría, en la costa norte del pacífico colombiano, pasando por la reserva Biológica Carpanta en Cundinamarca, el Santuario de Fauna y Flora Guanentá – Alto Río Fonce en Santander, la reserva Biológica Cachalú y la Reserva Biológica Encenillo. Han desarrollado programas de conservación en los parques Nacionales Chingaza en Cundinamarca, La Playa en el Putumayo y Cahuinarí en la Amazonía. En los últimos tiempos la Fundación Natura ha enriquecido su enfoque de conservación, a través de la incorporación y desarrollo de conceptos esenciales y estrategias innovadoras para cumplir con su misión.

Con su experiencia han logrado construir una organización ágil, eficiente y funcional a nivel administrativo, por lo que logran ajustar algunos de sus procesos y operaciones a parámetros internacionales de calidad como los propuestos en la norma ISO 9000.

Uno de los signos de identidad de la fundación es la participación y ella hace parte fundamental de nuestro trabajo de apoyo a la conservación de la diversidad. Creen que, a través de ella, las comunidades y sociedades deberán acceder a mayores niveles de bienestar para sus pobladores y habitantes, alcanzando una sociedad organizada y participativa, como una expresión de la propia sociedad que vive y respeta la diversidad, la pluralidad y la multiplicidad (Fundación Natura, 2016).

3.2 Plan piloto de restauración ecológica de bosque seco tropical

El plan piloto de restauración ecológica de bosque seco tiene como objetivo identificar las estrategias de restauración ecológica más efectivas para la sucesión de la vegetación natural del bosque seco tropical, a través de procesos de investigación básica y aplicada.

Restaurar el Bosque Seco Tropical (BST) representa una prioridad para Colombia por varias razones: i) se encuentra en peligro de extinción, ii) alberga gran diversidad de especies, iii) está sometido a fuerte estrés hídrico y iv) presenta funciones ecológicas vitales para sustentar las comunidades que los habitan. Un primer acercamiento al propósito anterior se plantea en el primer Plan Piloto Nacional de Restauración del BST para zonas de compensación ecológica del proyecto hidroeléctrico El Quimbo, en el departamento del Huila, sobre un área de 11.079 hectáreas.

Se identificaron 3 zonas prioritarias para la implementación de las estrategias de restauración con base en un análisis multicriterio y se hizo caracterización biótica y física para dichas zonas.

Se definieron 7 unidades de manejo y 5 estrategias de restauración ecológica para cada una de ellas. Se priorizaron y se están domesticando y propagando 40 especies nativas.

Para restaurar estos ecosistemas es fundamental generar conocimiento sobre su dinámica ecológica, seleccionar estrategias más efectivas que permitan mejorar su integridad ecológica, monitorear el proceso y articular a la comunidad a través de la generación de conocimiento (Fundación Natura 2016).

4. Métodos

4.1 Área de Estudio

El trabajo se realizó en el departamento del Huila, Municipio de el Agrado, en la vereda el Pedernal.

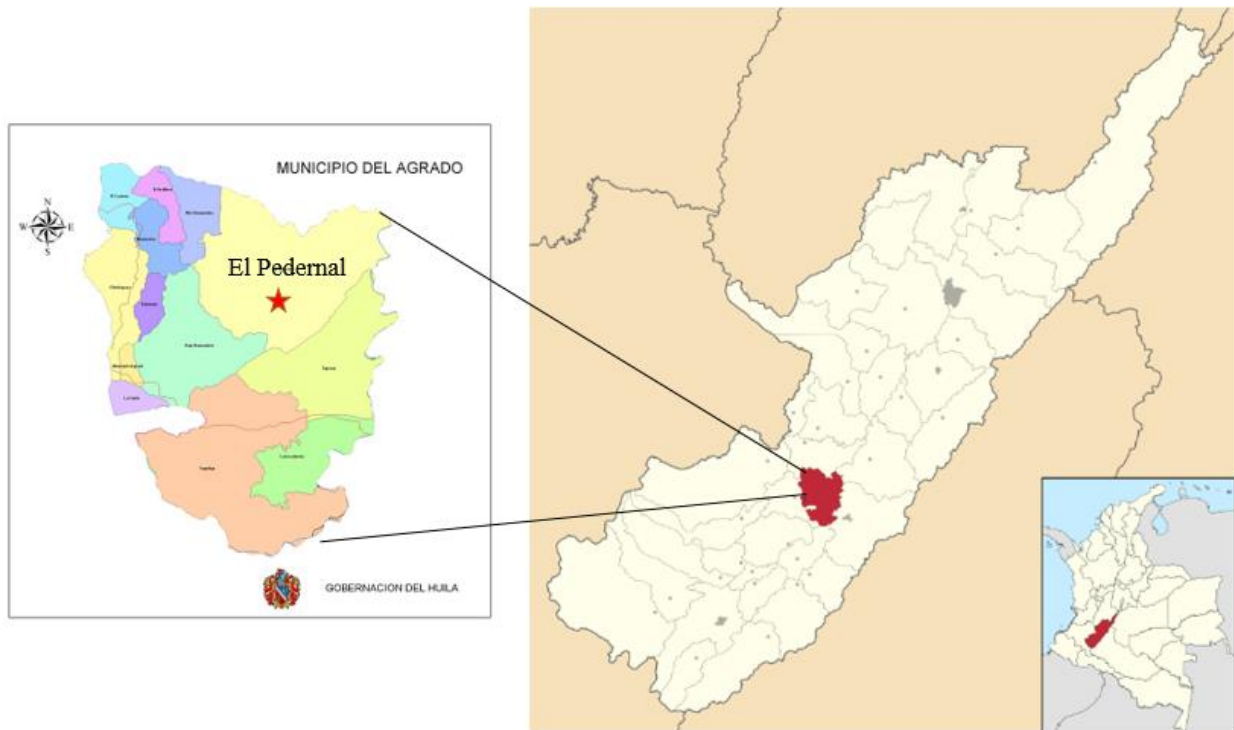


Figura 1. Localización de la vereda El Pedernal en el municipio de el Agrado, Departamento del Huila en Colombia.

Fuente: EOT Agrado

La vereda El Pedernal hace parte del margen izquierdo de la zona de restauración ecológica de la Central Hidroeléctrica El Quimbo, Zona denominada como número dos para realizar el plan piloto.

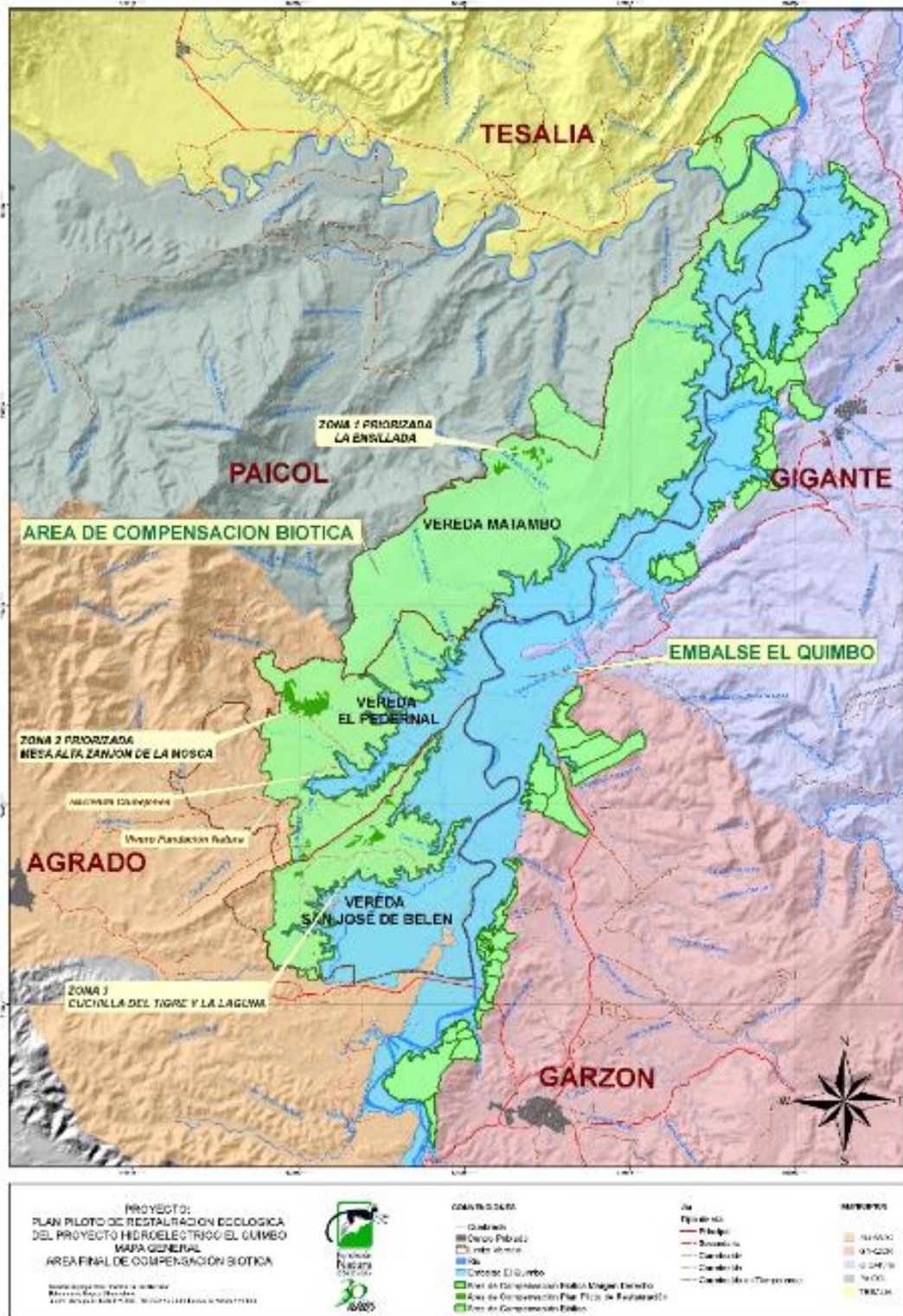


Figura 2. Zona de compensación ambiental de la Central Hidroeléctrica El Quimbo

Fuente: Fundación Natura

El muestreo de artropofauna se realizó en las parcelas de nucleación instaladas en pastizales con pendiente leve en el sector de las torres y Comejenes como se muestra en la Fig. 3 ubicado a, 2° 18' 15" N, y 75° 41' 27" W, altura promedio de 800 metros sobre el nivel del mar.

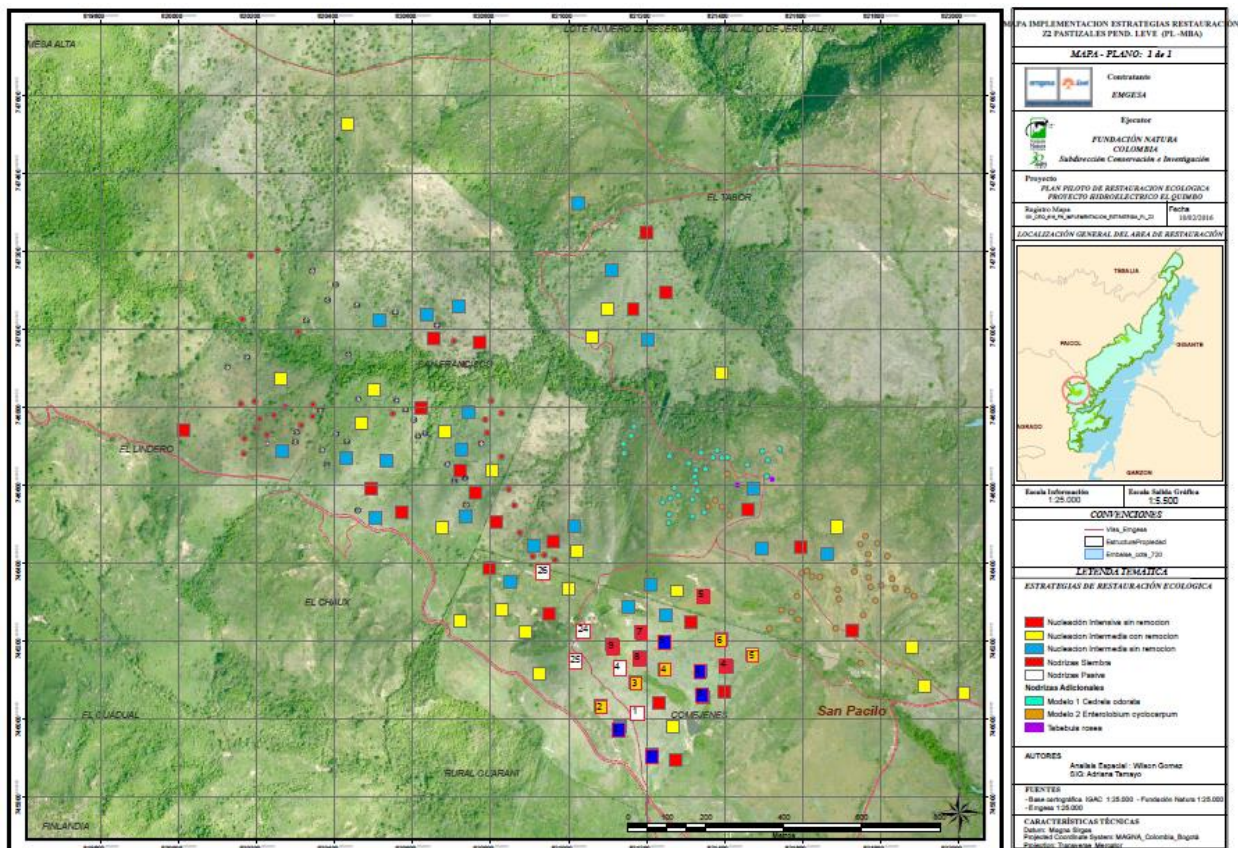


Figura 3. Mapa implementación estrategia de restauración zona 2 pastizales en pendiente leve.

Fuente: Fundación Natura

Los cuadros de color rojo representan la estrategia de Nucleación Intensiva, los de color amarillo representan la Nucleación intermedia con remoción de suelo, las de color azul representan la Nucleación intermedia sin remoción de suelo y las de color blanco representan la Nucleación pasiva.

4.2 Estrategia de Nucleación

La **nucleación** es una estrategia de restauración que pretende formar microhabitats en situaciones favorables a la apertura de una serie de eventos estocásticos para la regeneración natural (Reis, A., Bechara, F, y Tres, D. 2010), se basa en el establecimiento de ensambles de individuos y/o especies vegetales en arreglos espaciales definidos con la finalidad de romper con una matriz de especies altamente dominantes en un ecosistema transformado, como por ejemplo los pastos.

Tres y Reis (como se citó en Ceccon, E. 2013) afirman que los núcleos formados pueden ser compuestos de elementos tanto abióticos como bióticos, que aceleren la formación de nichos de regeneración y colonización de nuevas poblaciones a través de la facilitación lo que contribuye a tener nuevas conexiones en un paisaje fragmentado.

El desarrollo de los núcleos aumentará la complejidad en composición y estructura del ecosistema degradado, desplazando paulatinamente a las especies dominantes y generando las condiciones ambientales para permitir el arribo, germinación, establecimiento y persistencia de otras especies vegetales dispersadas en el paisaje.

Para el caso del plan piloto se contrastaron 4 tratamientos de nucleación, uno con siembra de alta densidad, dos con siembra de densidad intermedia (con y sin remoción de suelo) y un control sin siembras (restauración pasiva).

4.2.1 Nucleación intensiva

Se delimitaron parcelas de 32 x 32 m para un área total de 1,024 m^2 , los cuales se dividieron en cuatro cuadrantes. La nucleación intensiva o con siembra de alta densidad consta de 4 arreglos florísticos con 30 especies, 196 individuos y 6 grupos funcionales como se muestra

en la figura 4. Cada módulo consta de 6 individuos de la misma especie rodeando una especie central que se repite en los otros 7 módulos del arreglo florístico.

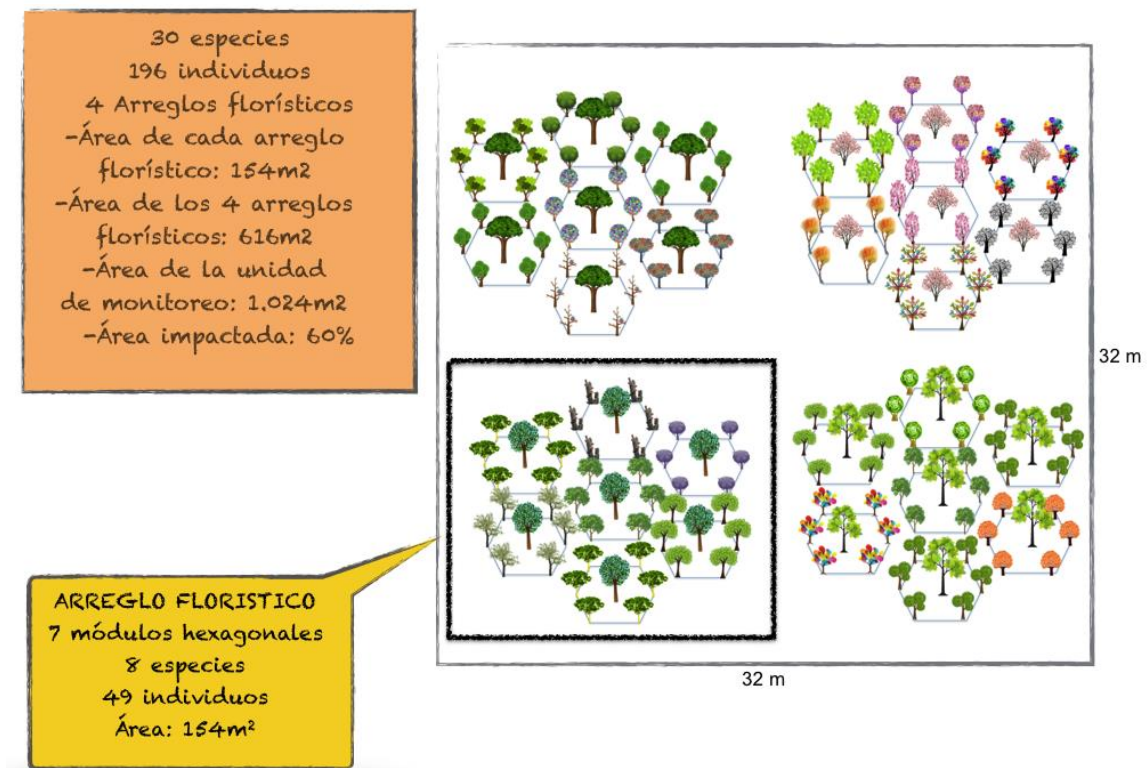


Figura 4. Lógica de la estrategia de nucleación intensiva

Fuente: Fundación Natura

4.2.2 Nucleación intermedia con remoción de suelo

Esta estrategia tiene 2 arreglos florísticos, 15 especies, 98 individuos y 3 grupos funcionales. En esta estrategia se removió y descompacto el suelo para activar el banco de semillas, eliminar la matriz de pastos exóticos e invasores y mejorar las propiedades físicas de suelo aumentando la aireación e infiltración. Esta remoción permite mejorar condiciones del suelo para asegurar el

desempeño y desarrollo de las especies sembradas. También se realiza fertilización del suelo para las áreas donde se sembraron las especies seleccionadas en la estrategia.

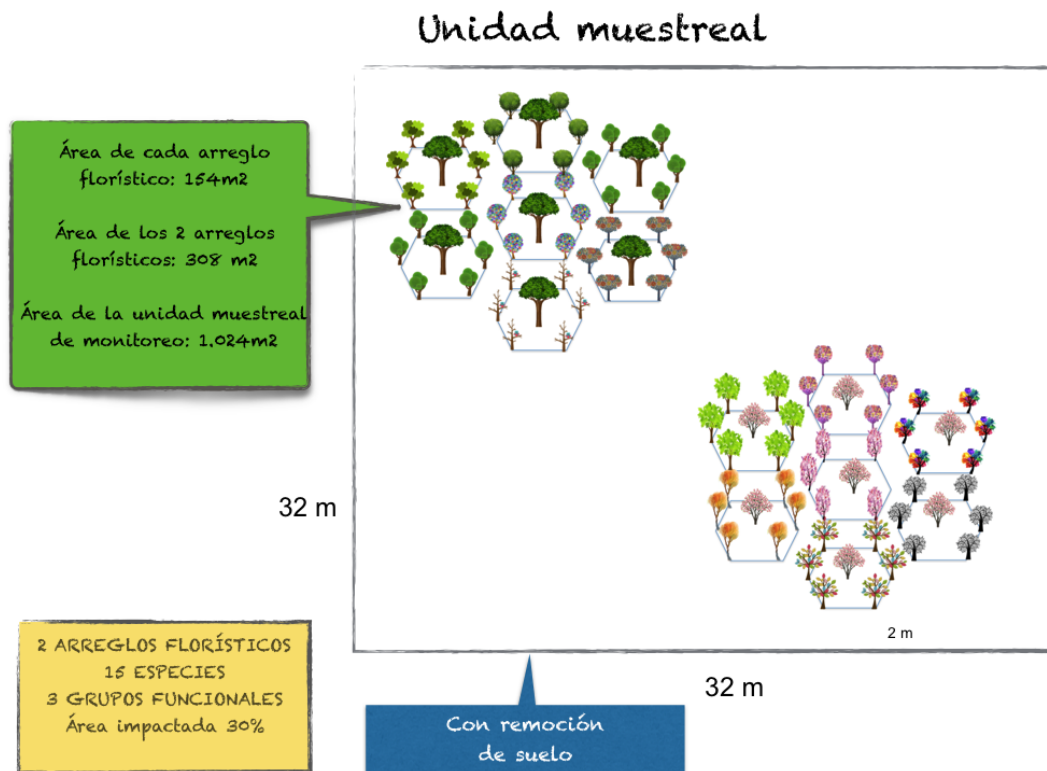


Figura 5. Lógica de la estrategia de nucleación intermedia con remoción de suelo

Fuente: Fundación Natura

4.2.3 Nucleación intermedia sin remoción de suelo

Esta estrategia tiene 2 arreglos florísticos, 15 especies, 98 individuos y 3 grupos funcionales como se muestra en la Figura 6.

Se realiza fertilización del suelo para las áreas donde se sembraron las especies seleccionadas en la estrategia, no se removió el suelo con el fin de evaluar si la siembra de especies sin descompactar el suelo puede con el tiempo activar el banco de semillas, eliminar la matriz de pastos exóticos e invasores y mejorar las propiedades físicas de suelo aumentando la aireación e infiltración.

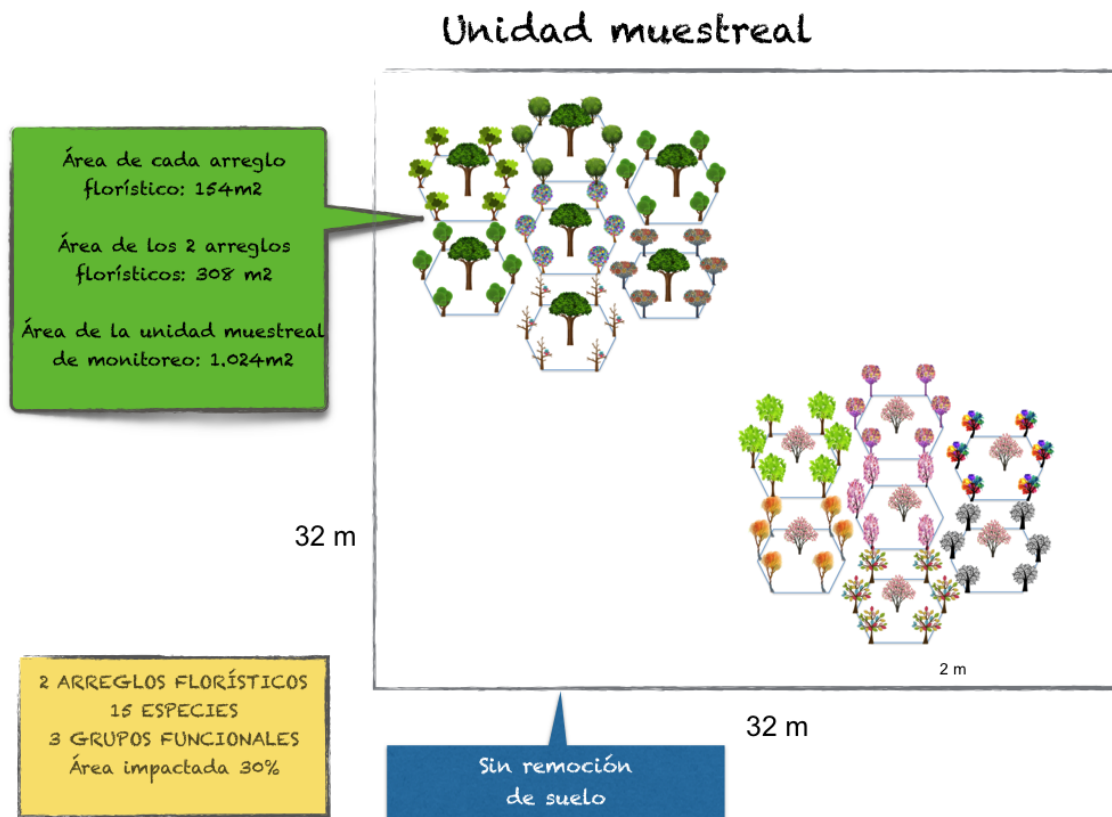


Figura 6. Lógica de la estrategia de nucleación intermedia sin remoción de suelo

Fuente: Fundación Natura

4.2.4 Nucleación Pasiva

Se delimitaron y marcaron parcelas de un área de 32 x 32m (1.024m²) donde se evaluarán los procesos de regeneración natural del ecosistema. En la Figura 7, se muestra que para esta estrategia no se tendrán arreglos florísticos ni individuos sembrados, se implementaron 25 unidades muestrales para obtener datos estadísticamente válidos para determinar cual es la mejor estrategia para la restauración de los pastizales.

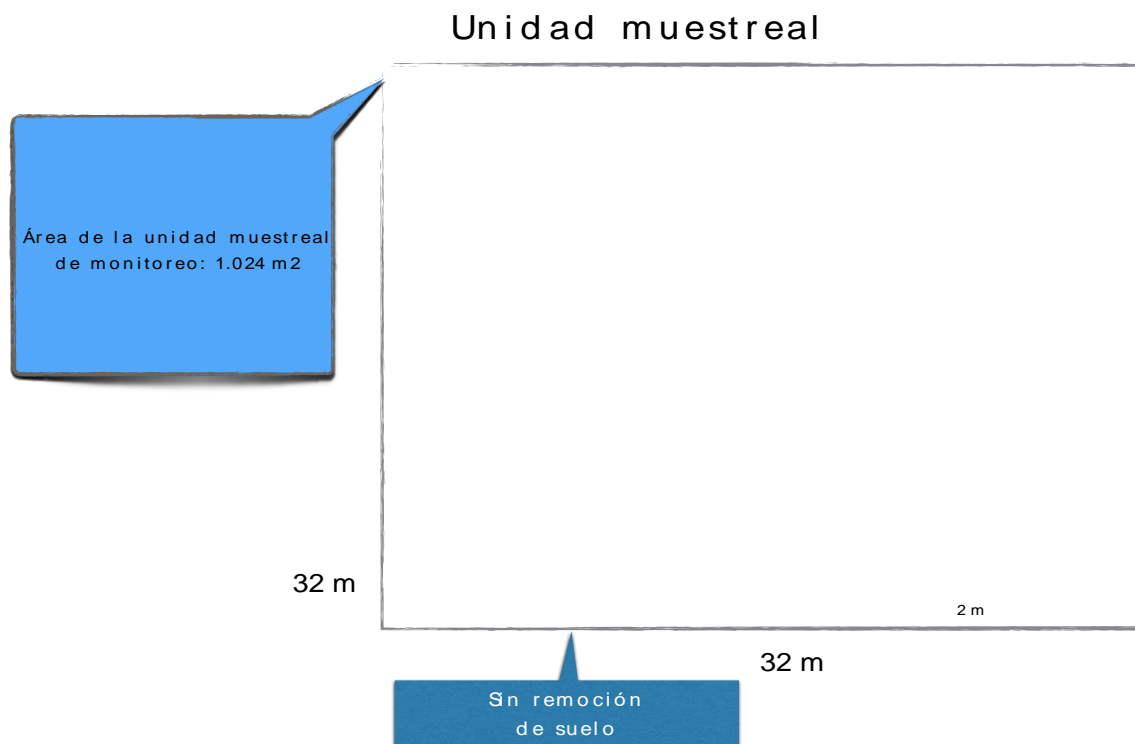


Figura 7. Estrategia de restauración pasiva o no asistida

Fuente: Fundación Natura

4.3 Muestreo

A la hora de planificar la fase de monitoreo para los procesos de restauración ecológica, deben considerarse distintos indicadores que permitan incluir los principales atributos ecológicos del ecosistema (Mazan, M., Alvarez, P., Santin, J, y Aguirre, N. 2017). Los artrópodos del suelo responden a los cambios de cobertura vegetal y de calidad del suelo de manera fiel y rápida, por lo que son considerados indicadores ecológicos que pueden ser útiles en el seguimiento del éxito de la restauración ecológica.

Los artrópodos permiten detectar cambios en los ecosistemas terrestres a una escala de tiempo y espacio más detallada en comparación con otros grupos faunísticos. Por esta razón son útiles en la evaluación y seguimiento del éxito de la restauración en proyectos experimentales o ensayos de parcela cuya dimensión no es muy grande.

Para el muestreo se seleccionaron 5 parcelas por cada tratamiento de nucleación ubicadas en el mismo sector, es decir, 5 parcelas de nucleación intensiva, 5 de nucleación intermedia con remoción, 5 de nucleación intermedia sin remoción y 5 parcelas pasivas. Se instalaron 10 trampas de caída por cada una de las parcelas al interior de las mismas, previendo la interferencia de fauna local en el muestreo y por consiguiente el daño o pérdida de alguna de las trampas. Luego de recogidas las trampas de caída se instalaron 5 trampas de plato en las mismas parcelas seleccionadas (Fundación Natura).

4.3.1 Métodos de muestreo implementados en el Plan Piloto

En la medición y el monitoreo de la biodiversidad de artrópodos terrestres un aspecto muy importante es establecer métodos estándar de muestreo que posibiliten la obtención de resultados

confiables (Chavez, L., Rodriguez, I., y Alvarez, A 2016) por lo que se emplearon métodos de colecta pasivos que de la actividad de los artrópodos y no de los colectores.

4.3.1.1 Trampas de caída o Pitfall

Consisten en utilizar recipientes plásticos que van enterrados a nivel del suelo (Wendell L. Morrill (1975). Tadashi (como se citó en Chavez, L., et al., 2016) afirma que, entre las técnicas más utilizadas para muestrear poblaciones de artrópodos terrestres de la superficie del suelo, están las trampas de caída o *pitfall*, debido a su efectividad y simplicidad. Acorde con Greenslade (como se citó en Chavez, L., et al., 2016) los individuos en actividad caen en su interior al realizar sus desplazamientos. se instalaron diez trampas de caída posicionadas en los cuatro cuadrantes de siembra y el centro de cada parcela (figura 9 a figura 11), en cinco réplicas de cada uno de los tratamientos implementados: nucleación intensiva, nucleación intermedia con remoción, nucleación intermedia sin remoción y nucleación pasiva; para un total de 50 trampas por tratamiento y 200 trampas en general. Las trampas se construyeron con vasos plásticos de 10 onzas y 8 cm de diámetro, los cuales se llenaron con mezcla de agua, jabón líquido y glicerol a media capacidad y se instalaron en hoyos de la misma proporción. Dichas trampas se dejaron por 48 horas, tiempo al final del cual se recogió el material capturado en frascos plásticos contenedores y se preservó en etanol al 96% como se muestra en la Fig. 12.

4.3.1.2 Trampas de plato o Pantraps

El muestreo con trampas de plato se realizó luego de finalizar el muestreo con trampas de caída de manera que ambos métodos fueron independientes en el tiempo. Estas trampas consistieron de platos hondos de color amarillo de un diámetro aproximado de 17 cm que se

llenaron con mezcla de agua, jabón líquido y glicerol y que se dejaron por 48 horas en las mismas réplicas donde se realizó el muestreo con trampas de caída. La posición de las trampas de plato al interior de cada parcela se determinó usando como guía las posiciones de las trampas de caída fijadas en el muestreo anterior con dicha técnica. El material colectado también se recogió en frascos contenedores y se preservó con la adición de etano al 96%. Los frascos se rotularon debidamente con la información del muestreo (Fig. 13). Según Droege (como se citó en Ramírez Freire, L., Alanis Florez, G., Ayala Barajas, R., Velazco Macias, C. y Favela Lara, S. 2014) el uso de platos trampa se ha destacado ya que se ha comprobado que es un método eficiente, imparcial y con un mayor costo-beneficio, en comparación con otros métodos.



Figura 8. Recipientes utilizados como trampas: vaso de 10 Onzas, 8 cm de diámetro y plato plástico de color amarillo de 17 cm de diámetro.

4.3.2 Esquemas de ubicación de trampas

Una vez se llega al área de estudio, deben tenerse en cuenta los esquemas de ubicación sugeridos por el profesional a cargo del trabajo. Para este caso el esquema nos muestra la guadua que va marcando el centro y las esquinas de la parcela y con un asterisco está marcado el punto

que se debe de ubicar para instalar cada recipiente teniendo en cuenta la dirección norte como se muestra en las Fig. 9, a Fig. 11.

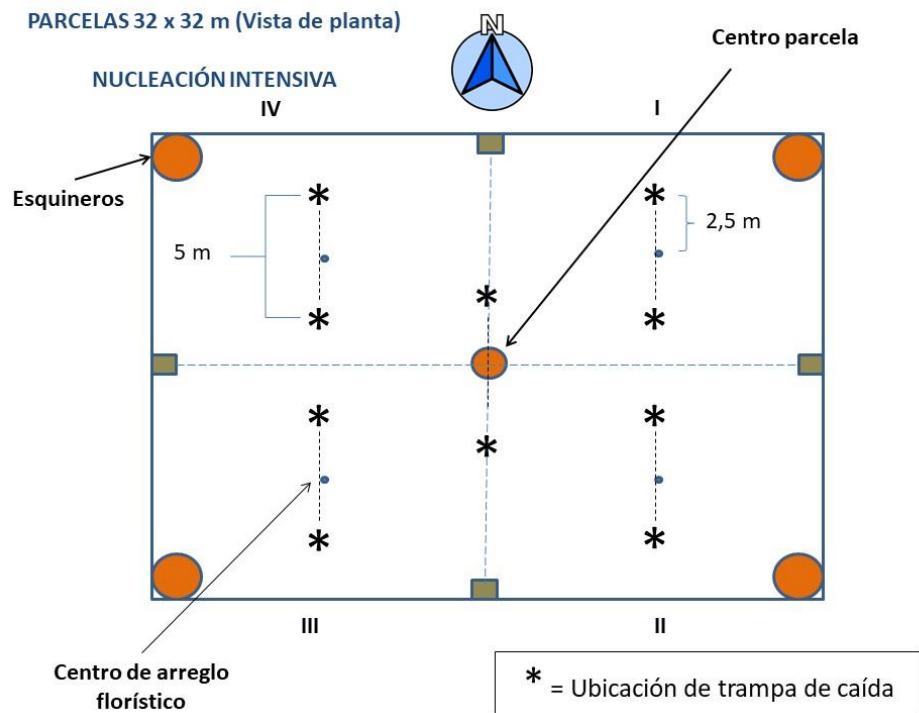


Figura 9. Esquema para ubicación de trampas en parcelas de Nucleación Intensiva

Fuente: Fundación Natura

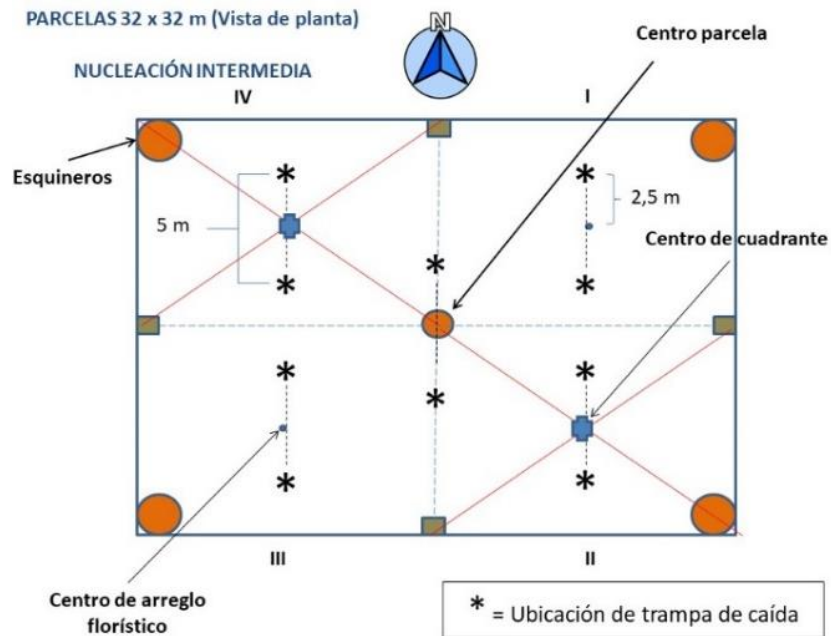


Figura 10. Esquema para ubicación de trampas en parcelas de Nucleación Intermedia Con y Sin Remoción de suelo

Fuente: Fundación Natura

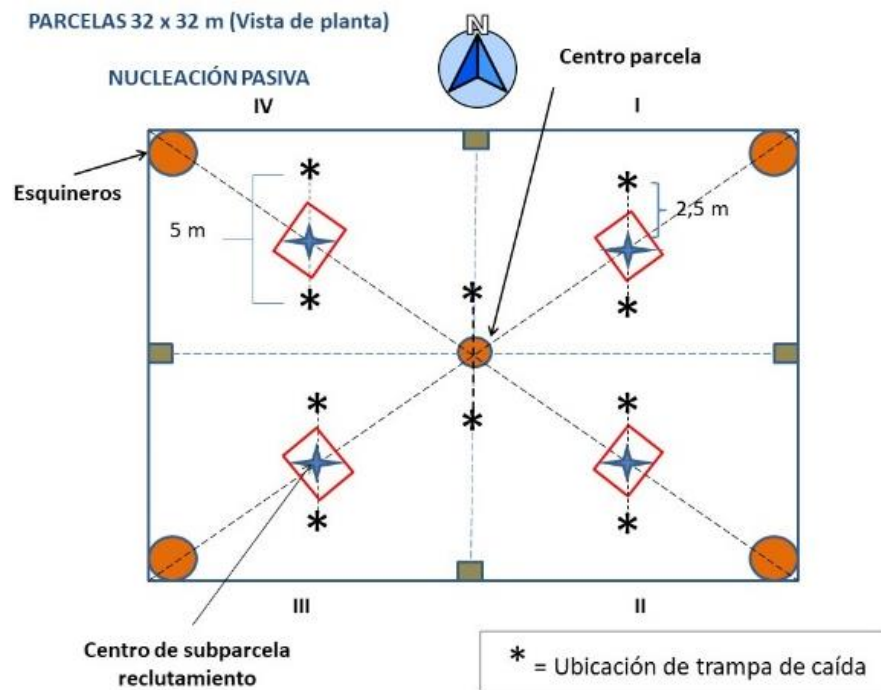


Figura 11. Esquemas para ubicación de trampas en parcelas de Nucleación Pasiva

Fuente: Fundación Natura

4.3.3 Instalación de trampas en campo

4.3.3.1 *Materiales*

- Vasos plásticos desechables transparentes de 10 Oz (500 unidades)
- Platos plásticos amarillos hondos (100 unidades)
- Etanol: alcohol etílico al 96% (2 garrafas de 5 galones)
- Glicerol o glicerina líquida (dos botellas estándar)
- Detergente líquido neutro (dos botellas estándar)
- Frascos contenedores de plástico con tapa y cierre hermético, capacidad 2 Litros (10 unidades)
- Frascos contenedores de plástico con tapa y cierre hermético, capacidad 3 litros (20 unidades)
- Barras (2).
- Pergamino alto gramaje (1 pliego)
- Rapidógrafos tinta indeleble 0.3 (4 unidades)
- Tulas sintéticas (4)

Teniendo el material listo y los esquemas claros, deben tenerse en cuenta los siguientes pasos:

4.3.3.2 *Pasos a seguir para instalación de las trampas en las parcelas de Nucleación*

Paso 1. Ubicar los puntos de instalación de trampas (teniendo en cuenta los esquemas de la Fig. 9 a Fig. 11).

Paso 2. Realizar hoyos de igual tamaño que los vasos plásticos desechables de 10 onzas con el uso de barra. Procurar que el hoyo sea originalmente lo más ajustado posible al tamaño del vaso con el fin de no evacuar demasiado suelo a la superficie.

Paso 3. Colocar en cada hoyo un vaso desechable de 10 onzas sin fracciones de suelo en su interior. Dejar el vaso con la abertura a ras del suelo y rellenar los espacios de diferencia con el hoyo originalmente cavado. Dejar el contorno de la trampa lo más parecido al estado original antes de la excavación del hoyo y retirar los remanentes de suelo cavado lo más alejadamente posible de la trampa.

Paso 4. Llenar cada vaso con agua limpia a mitad de capacidad y agregar unas pocas gotas de jabón líquido y glicerol.

Paso 5. Dejar las trampas operando por un periodo de 48 horas, tiempo en el cual se realizarán las colectas.

Paso 6. Recoger el contenido de las trampas en un frasco colector de plástico. Se puede usar un solo frasco colector para las trampas ubicadas en cada parcela.

Paso 7. Rotular exteriormente el frasco colector con la siguiente información: fecha, estrategia, número de parcela, unidad de manejo, zona y técnica de muestreo empleada.

Paso 8. Adicionar al frasco colector alcohol etílico al 96% hasta completar toda su capacidad.

Paso 9. Elaborar una etiqueta de colecta del material en papel pergamino y con la información escrita en lápiz o rapidógrafo. Depositar esta etiqueta al interior de cada frasco colector.

Paso 10. Transportar las muestras de forma segura a un lugar de almacenamiento fresco y oscuro mientras son llevadas a laboratorio.

Los pasos anteriormente mencionados están plasmados en las figuras 12, 13 y 14, este procedimiento se hace para cada uno de los muestreos a realizar y para cada tipo de trampa a implementar.



Figura 12. Proceso de instalación y recolección de trampas de caída (Pitfall) en las parcelas de nucleación en pastizales con pendiente leve. a. Instalación del vaso a nivel del suelo, b. llenado con agua a media capacidad, c. muestra encontrada luego de 48 horas, d. recolección de vasos, e. pasar contenido de los vasos a frascos, f. frasco contenedor de muestras debidamente rotulado, g. llenado total con alcohol etílico al 96 %, h. muestra lista para ser llevada al laboratorio.

Luego de recolectadas las trampas de caída o Pitfall se realiza la instalación de las trampas de plato y se dejan actuar por un tiempo de 48 horas.



Figura 13. Proceso de instalación y recolección de trampas de plato Pantraps en las parcelas de nucleación en pastizales con pendiente leve. a. Ubicación del punto para instalar el plato, b. llenado del plato con agua, c. Instalación del plato, d. aplicación de gotas de glicerina y jabón líquido, e. plato encontrado luego de 48 horas, f. recolección de las muestras en frascos.



Figura 14. Muestras colectadas en campo listas para ser procesadas en laboratorio

Las muestras obtenidas se tienen en frascos debidamente rotulados con la información de la zona de muestreo, estrategia implementada, número de réplica, fecha de recolección, método de muestreo y equipo colector; fueron transportadas y almacenadas en el laboratorio del vivero del Centro de Investigación en Bosque Seco Tropical Attalea, establecido por la Compañía Emgesa en la vereda Pedernal del municipio de El Agrado, para su posterior procesamiento y determinación taxonómica.

4.4 Trabajo de laboratorio

Las muestras se organizaron y se limpiaron para ser analizadas por observación bajo el microestereoscopio. Todo el material se determinó a nivel de clases y/o órdenes y se separó en

frascos individuales debidamente rotulados con la información de procedencia (Fig. 15). El material fue preservado en etanol al 96% en frascos individuales debidamente etiquetados con la información de procedencia.



Figura 15. Actividades del trabajo realizado en el laboratorio.

Este proceso se realizó con la ayuda y entrenamiento del profesional Julián Esteban Díaz Triana, Investigador de la Fundación Natura, Nicolle Johana Cardozo Ibarra Bióloga Voluntaria, además de material bibliográfico como la guía y claves de “*BORROR AND DELONG'S INTRODUCTION TO THE STUDY OF INSECTS 7th Edition*” (Triplehorn, C. A., Johnson, N y Borror, D. J. 2006).

Una vez terminado la determinación a Ordenes, en una segunda fase se continuo con tres órdenes a familias: *Coleóptera*, *Hemiptera* y *Hymenoptera*, el proceso se realizó de la misma manera, y con ayuda de material bibliográfico para cada orden como: Claves para las superfamilias neotropicales de Hymenoptera (Fernández, F. y Sharkey, M. 2006), Súper familias y familias de Hymenoptera parasítica del estado del Coahuila, México (Rivera Landa, M. 2009), abejas nativas (Hymenoptera: apoidea: anthophila) asociadas a la vegetación del estado de nuevo león, México (Ramírez Freire, L. 2012), Clave ilustrada para la identificación de las familias de pentatomomorpha (Hemiptera – Heteróptera) de distribución neotropical (Rengifo Correa, L. A y González, R. 2011), entre otros.

4.5 Procesamiento de datos

La información fue registrada en formatos físicos (Fig. 16 y Fig. 17), se sistematizó en hojas de cálculo y se conformaron tablas de trabajo para el tratamiento de los datos. Se determinó la composición, riqueza y abundancia de grupos de artrópodos en cada una de las muestras, los tratamientos y las estrategias.



PLAN PILOTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL QUIMBO
 FORMATO DE REGISTRO DE DATOS EN LABORATORIO
 EVALUACIÓN DE ARTRÓPOFAUNA EN ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN SELECCIONADAS
 REGISTRO DE PROCESAMIENTO Y ORGANIZACIÓN DE MUESTRAS



Procedencia de las muestras:

FECHA: _____ ZONA: _____ UNIDAD DE MANEJO: _____ ESTRATEGIA: _____

Trabajo de laboratorio:

FECHA: _____ PROCESADOR Y DETERMINADOR DE MUESTRAS: _____

| ID. REG. | No. RÉPLICA | CLASE | ORDEN | CONTEO (No. Individuos) | COD. MUESTRA | OBSERVACIONES |
|----------|-------------|-------|-------|-------------------------|--------------|---------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |

Los campos **Clase** y **Orden** se deben diligenciar con los nombres científicos correspondientes a los grupos determinados. El conteo debe registrarse en números arábigos evitando símbolos. COD = Código.

Figura 16. Formato de registro de datos para órdenes



PLAN PILOTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL QUIMBO
 FORMATO DE REGISTRO DE DATOS EN LABORATORIO
 EVALUACIÓN DE ARTRÓPOFAUNA EN ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN SELECCIONADAS
 REGISTRO DE PROCESAMIENTO Y ORGANIZACIÓN DE MUESTRAS - FASE 2: FAMILIAS INSECTOS



Procedencia de las muestras:

FECHA: _____ ZONA: _____ UNIDAD DE MANEJO: _____ ESTRATEGIA: _____

Trabajo de laboratorio:

FECHA: _____ PROCESADOR Y DETERMINADOR DE MUESTRAS: _____

| ID. REG. | No. RÉPLICA | ORDEN | FAMILIA | CONTEO (No. Individuos) | COD. MUESTRA | OBSERVACIONES |
|----------|-------------|-------|---------|-------------------------|--------------|---------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |

Los campos **Orden** y **Familia** se deben diligenciar con los nombres científicos correspondientes a los grupos determinados. El conteo debe registrarse en números arábigos evitando símbolos. COD = Código.

Figura 17. Formato para registro datos de familias

5. Resultados

Se obtuvo 13568 capturas de individuos, 7766 con trampas de caída y 5892 con trampas de plato. En las parcelas de nucleación intensiva se capturaron 3497 individuos, 2879 en las de nucleación intermedia con remoción, 3914 en las de nucleación intermedia sin remoción y 3368 en las de nucleación pasiva. La tabla 1 muestra los resultados de capturas para cada tratamiento de nucleación según el método de muestreo.

Tabla 1. Capturas realizadas a partir del muestreo de artropofauna con dos métodos en parcelas de nucleación en pastizal en pendiente leve.

| Tratamiento nucleación | Trampas de caída | Trampas de plato |
|---|------------------|------------------|
| Intensivo | 1770 | 1727 |
| Intermedio con remoción de suelo | 1487 | 1392 |
| Intermedio sin remoción de suelo | 2444 | 1470 |
| Pasivo | 2065 | 1303 |

5.1 Riqueza y composición

Con el muestreo en la estrategia de nucleación se obtuvieron cinco clases y 14 órdenes de artrópodos. Para los tratamientos de nucleación intensiva (NI) y nucleación pasiva (NP) se registraron 14 grupos de artrópodos, entre clases y órdenes, mientras para los tratamientos de nucleación intermedia con o sin remoción se registraron 13 de éstos. Los órdenes Mantodea y Thysanoptera fueron grupos exclusivos para la estrategia de nucleación intensiva. Otros grupos como Chilopoda e Isoptera se presentaron en las parcelas de dos de los tratamientos. Los grupos obtenidos se presentan en la tabla 2 y en la Fig. 18 a Fig. 21.

Tabla 2. Composición de la arthropofauna (clases y órdenes) en la estrategia de nucleación en pastizal en pendiente leve

| Clase | Orden | NI | NImCR | NImSR | NP |
|----------------------|-----------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Arachnida | Acari | x | x | x | x |
| | Araneae | x | x | x | x |
| Chilopoda | | - | x | - | x |
| Diplopoda | | x | x | x | x |
| Insecta | Blattodea | x | x | x | x |
| | Coleóptera | x | x | x | x |
| | Dermáptera | x | x | x | x |
| | Diptera | x | x | x | x |
| | Hemiptera | x | x | x | x |
| | Hymenoptera | x | x | x | x |
| | Isóptera | - | - | x | x |
| | Lepidóptera | x | x | x | x |
| | Mantodea | x | - | - | - |
| | Orthoptera | x | x | x | x |
| | Thysanoptera | x | - | - | - |
| | Parainsecta (hexapoda) | Collembola | x | x | x |
| Total ordenes | | 14 | 13 | 13 | 14 |

Registro fotografico de las clases y ordenes encontrados:



Figura 188. Ordenes de la clase Arachnida encontrados en las parcelas de nucleación



Figura 199 Órdenes de la clase insecta colectados en las parcelas de nucleación



Figura 20. Ordenes de la clase Parainsecta encontrados en las parcelas de nucleación



Figura 21. Clases Chilopoda y Diplopoda encontrados en las parcelas de nucleación

Con respecto a las familias y superfamilias de los tres órdenes de insectos trabajados, se encontró mayor riqueza de artrópodos en la nucleación intermedia sin remoción (28 grupos) y la misma riqueza en el resto de tratamientos (25 grupos) (Tabla 3).

Tabla 3. Composición de la arthropofauna (familias y superfamilias) en la estrategia de nucleación.

| Orden | Familia o Superfamilia | Grupo predador o parasitoide | NI | NImCR | NImSR | NP |
|---------------|------------------------|------------------------------|----|-------|-------|----|
| Coleoptera | Carabidae | Si | x | x | x | x |
| | Chrysomelidae | No | x | x | x | x |
| | Cucujidae | No | x | x | x | |
| | Curculionidae | No | x | x | x | x |
| | Elateridae | No | x | x | x | x |
| | Indeterminado | N/A | x | x | x | x |
| | Inmaduro | N/A | - | x | - | - |
| | Lampyridae | Si | x | - | - | - |
| | Melyridae | Si | x | x | x | x |
| | Nitidulidae | No | x | x | x | x |
| | Phengodidae | Si | x | - | x | - |
| | Scarabaeidae | No | x | x | x | x |
| | Scydmaenidae | Si | | x | x | x |
| | Staphylinidae | Si | x | x | x | x |
| Hemiptera | Alydidae | No | x | x | x | x |
| | Aphididae | No | x | x | x | x |
| | Cicadellidae | No | x | x | x | x |
| | Coreidae | No | x | - | x | x |
| | Cydnidae | No | - | x | x | x |
| | Delphacidae | No | - | - | - | x |
| | Indeterminado | N/A | - | - | - | x |
| | Inmaduros | N/A | x | | x | x |
| | Lygaeidae | Si | - | x | - | x |
| | Membracidae | No | x | x | x | - |
| | Pentatomidae | Si | x | - | x | - |
| | Psyllidae | No | x | - | x | - |
| | Pyrrhocoridae | Si | - | - | x | x |
| | Reduviidae | Si | - | x | x | x |
| Scutelleridae | No | - | x | - | - | |
| Hymenoptera | Apidae | No | x | x | x | x |
| | Chalcidoidea | Si | x | x | x | x |
| | Formicidae | Si | x | x | x | x |
| | Ichneumonidae | Si | x | x | x | x |
| | Indeterminado | N/A | x | - | x | x |
| | Platygastroidea | Si | x | x | x | x |
| | Proctotrupeoidea | Si | x | x | x | x |
| | Vespoidea | Si | x | x | x | x |

La nucleación intermedia con remoción de suelo también se destacó por presentar mayor número de grupos de artrópodos depredadores o parasitoides (14 grupos) aunque la diferencia con los demás tratamientos fue pequeña. Para la nucleación intermedia sin remoción de suelo y nucleación pasiva (control) se encontraron 12 grupos de artrópodos depredadores o parasitoides y para la nucleación intensiva 11 grupos.

Con respecto a los grupos de artrópodos depredadores y parasitoides se encontró prácticamente el mismo promedio de riqueza entre los tratamientos, 11 grupos para los tratamientos de nucleación con siembras y 12 grupos para el tratamiento pasivo o control.

5.2 Abundancia

La abundancia absoluta promedio de artrópodos fue mayor en las parcelas de nucleación intermedia sin remoción de suelo seguida del tratamiento de nucleación intensiva como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Abundancia absoluta y relativa promedio obtenidas para cada tratamiento con los dos métodos de muestreo implementados.

| Tratamiento de Nucleación | Abundancia absoluta por tratamiento (Número de individuos) | Abundancia Relativa (%) |
|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Intensiva | 3497 | 25,77 |
| Intermedia con remoción de suelo | 2879 | 21,07 |
| Intermedia sin remoción de suelo | 3914 | 28,65 |
| Pasiva | 3368 | 24,65 |
| Total: | | 13658 |

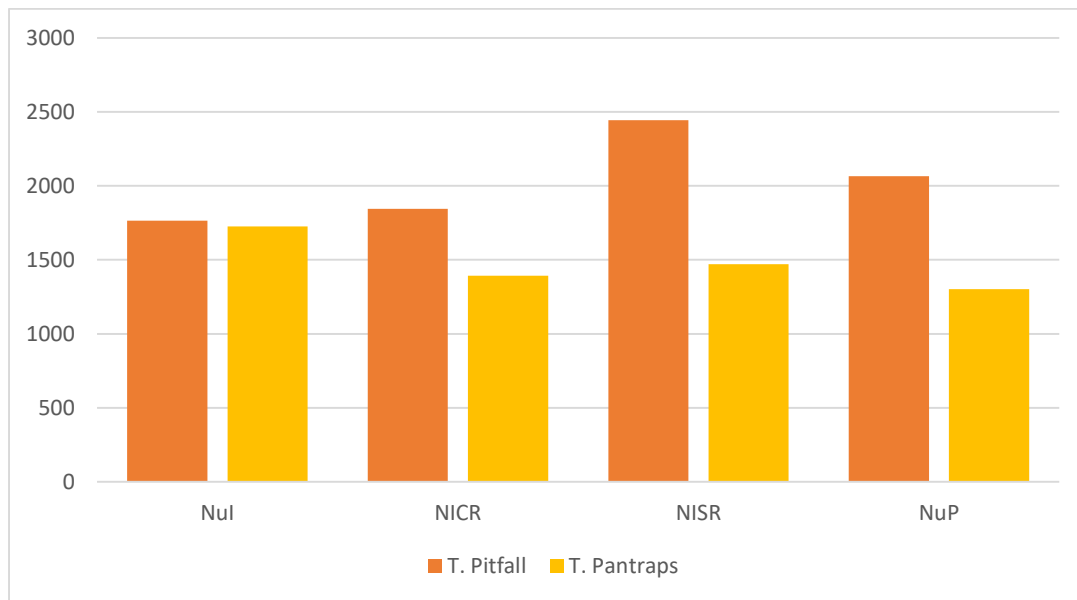
En la tabla 5 se muestran los valores promedios obtenidos para cada tratamiento con cada método de colecta implementad

Tabla 5. Abundancia absoluta y relativa de los órdenes encontrados en las parcelas de nucleación en pastizales con pendiente leve,

con los dos métodos de muestreo implementados.

| ORDEN | Nucleación Intensiva | | | | Nucleación Pasiva | | | | Nucleación intermedia sin remoción | | | | Nucleación intermedia con remoción | | | |
|---------------------|----------------------|------------|-------------|------------|-------------------|------------|-------------|------------|------------------------------------|------------|-------------|------------|------------------------------------|------------|-------------|------------|
| | PITFALL | | PANTRAPS | | PITFALL | | PANTRAPS | | PITFALL | | PANTRAPS | | PITFALL | | PANTRAPS | |
| | A.A | A.R (%) | A.A | A.R (%) | A.A | A.R (%) | A.A | A.R (%) | A.A | A.R (%) | A.A | A.R (%) | A.A | A.R (%) | A.A | A.R (%) |
| <i>Acari</i> | 19 | 1,1 | 43 | 2,5 | 141 | 6,8 | 57 | 4,4 | 54 | 2,2 | 66 | 4,5 | 17 | 1,1 | 128 | 9,2 |
| <i>Araneae</i> | 35 | 2,0 | 34 | 2,0 | 59 | 2,9 | 23 | 1,8 | 51 | 2,1 | 74 | 5,0 | 65 | 4,4 | 50 | 3,6 |
| <i>Scorpiones</i> | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| <i>Chilopoda</i> | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 3 | 0,1 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 1 | 0,1 | 0 | 0,0 |
| <i>Diplopoda</i> | 14 | 0,8 | 0 | 0,0 | 5 | 0,2 | 0 | 0,0 | 21 | 0,9 | 0 | 0,0 | 8 | 0,5 | 17 | 1,2 |
| <i>Blattodea</i> | 5 | 0,3 | 6 | 0,3 | 5 | 0,2 | 0 | 0,0 | 16 | 0,7 | 4 | 0,3 | 3 | 0,2 | 1 | 0,1 |
| <i>Coleóptera</i> | 58 | 3,3 | 90 | 5,2 | 62 | 3,0 | 68 | 5,2 | 89 | 3,6 | 42 | 2,9 | 68 | 4,6 | 68 | 4,9 |
| <i>Dermáptera</i> | 2 | 0,1 | 0 | 0,0 | 12 | 0,6 | 0 | 0,0 | 7 | 0,3 | 1 | 0,1 | 3 | 0,2 | 3 | 0,2 |
| <i>Díptera</i> | 120 | 6,8 | 398 | 23,0 | 102 | 4,9 | 399 | 30,6 | 110 | 4,5 | 432 | 29,4 | 90 | 6,1 | 264 | 19,0 |
| <i>Hemiptera</i> | 58 | 3,3 | 122 | 7,1 | 74 | 3,6 | 127 | 9,7 | 53 | 2,2 | 99 | 6,7 | 33 | 2,2 | 85 | 6,1 |
| <i>Hymenoptera</i> | 840 | 47,6 | 258 | 14,9 | 978 | 47,4 | 144 | 11,1 | 1084 | 44,4 | 155 | 10,5 | 847 | 57,0 | 369 | 26,5 |
| <i>Isóptera</i> | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 2 | 0,1 | 0 | 0,0 | 2 | 0,1 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| <i>Lepidóptera</i> | 2 | 0,1 | 4 | 0,2 | 4 | 0,2 | 7 | 0,5 | 1 | 0,0 | 2 | 0,1 | 1 | 0,1 | 4 | 0,3 |
| <i>Mantodea</i> | 1 | 0,1 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| <i>Orthoptera</i> | 29 | 1,6 | 27 | 1,6 | 54 | 2,6 | 25 | 1,9 | 19 | 0,8 | 23 | 1,6 | 23 | 1,5 | 33 | 2,4 |
| <i>Thysanoptera</i> | 5 | 0,3 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| <i>Collembola</i> | 554 | 31,4 | 721 | 41,7 | 552 | 26,7 | 425 | 32,6 | 917 | 37,5 | 537 | 36,5 | 324 | 21,8 | 350 | 25,1 |
| <i>Inmaduros</i> | 24 | 1,4 | 24 | 1,4 | 12 | 0,6 | 28 | 2,1 | 20 | 0,8 | 35 | 2,4 | 3 | 0,2 | 20 | 1,4 |
| | 1766 | 100 | 1727 | 100 | 2065 | 100 | 1303 | 100 | 2444 | 100 | 1470 | 100 | 1486 | 100 | 1392 | 100 |

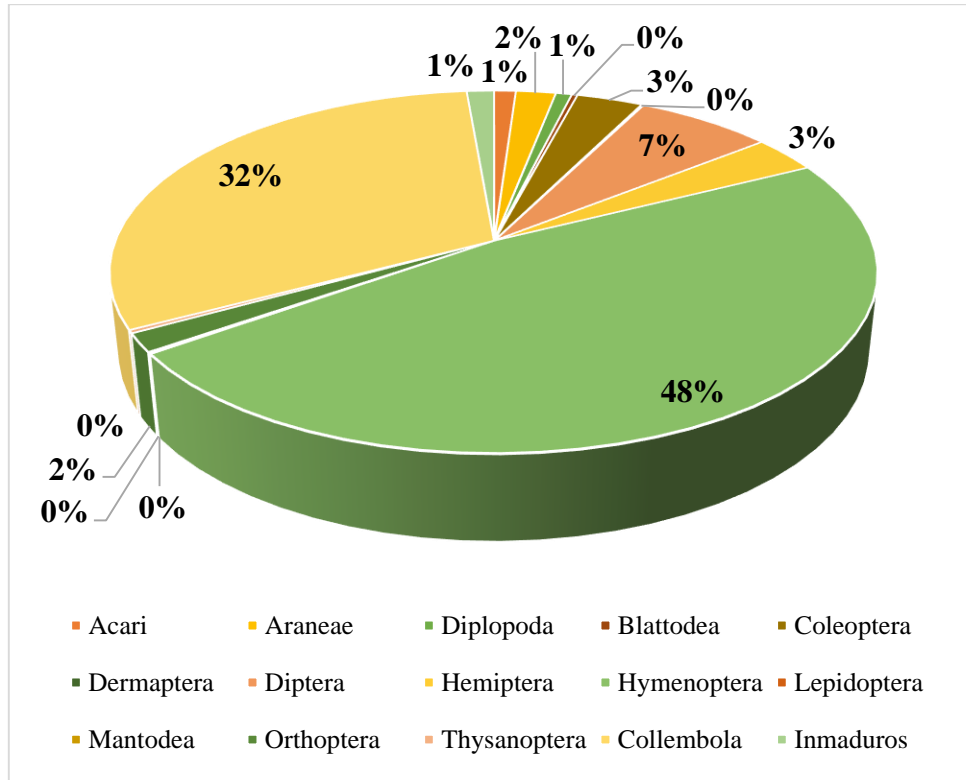
Con relación al método de muestreo se puede evidenciar que fue mayor la abundancia con trampas de caída en las parcelas de Nucleación intermedia sin remoción de suelo y con las trampas de plato fue mayor en las parcelas de nucleación intensiva como se muestra en la Grafica 1.



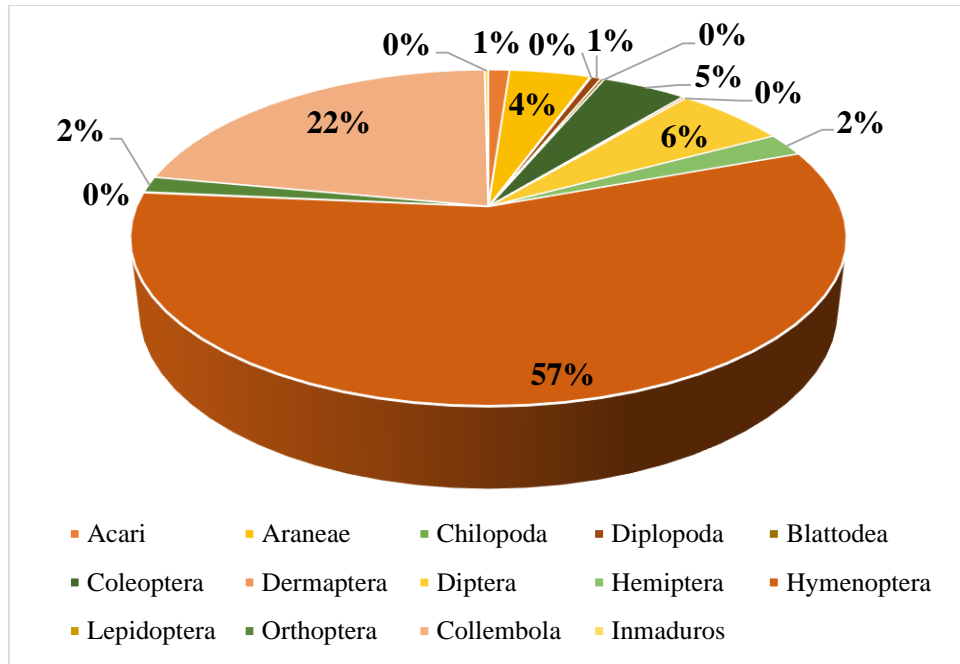
Grafica 1. Abundancia absoluta obtenida con los dos métodos de colecta implementadas en las parcelas de nucleación en pastizal con pendiente leve. NuI: Nucleación intensiva, NICR: Nucleación intermedia con remoción de suelo, NISR: Nucleación intermedia sin remoción de suelo, NuP: Nucleación pasiva.

En todos los tratamientos de nucleación muestreados con trampas de caída fue común la superioridad del orden Hymenoptera en la abundancia relativa, seguido del orden Collembola (Grafica 2 a Grafica 5). La menor diferencia entre los valores de abundancia de estos dos órdenes se observó para la nucleación intermedia sin remoción de suelo. El tratamiento con mayor porcentaje de himenópteros fue la nucleación intermedia con remoción de suelo y el tratamiento con mayor porcentaje de colémbolos fue la nucleación intermedia sin remoción de suelo. Los grupos raros más comunes entre tratamientos fueron Blattodea (cucarachas), Chilopoda

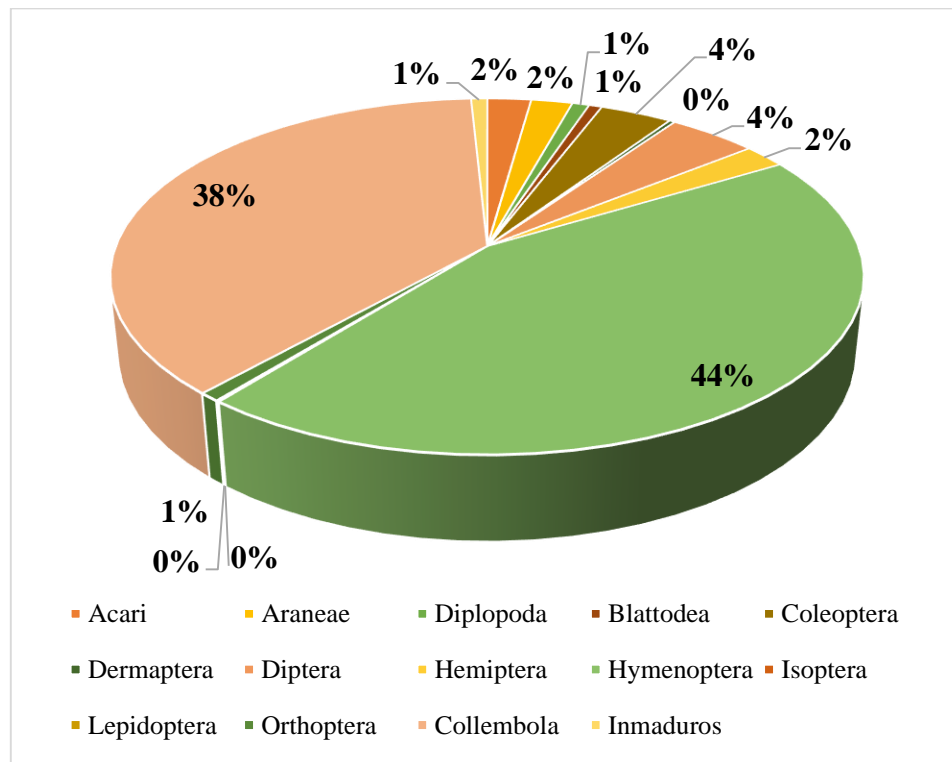
(milpiés), Dermaptera (tijeretas) y Lepidoptera (polillas y mariposas); sin embargo, Mantodea (mantis religiosas) y Orthoptera (saltamontes) fueron grupos exclusivos de nucleación intensiva y nucleación intermedia sin remoción respectivamente.



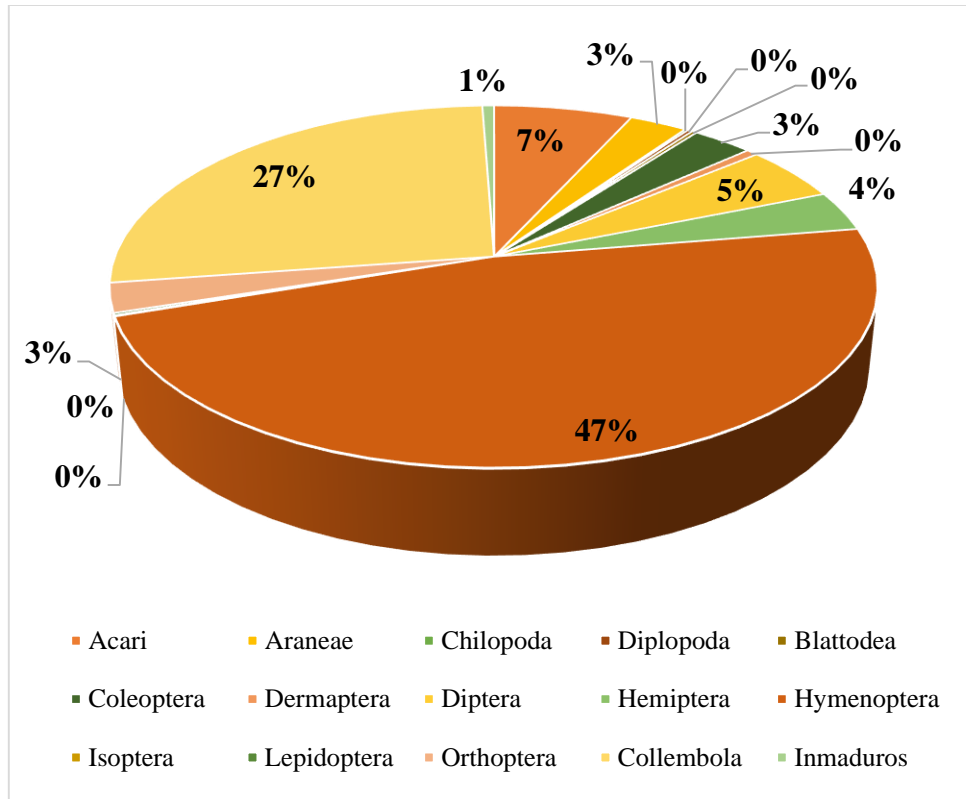
Grafica 2. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intensiva en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de caída



Grafica 3. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intermedia con remoción de suelo en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de caída.

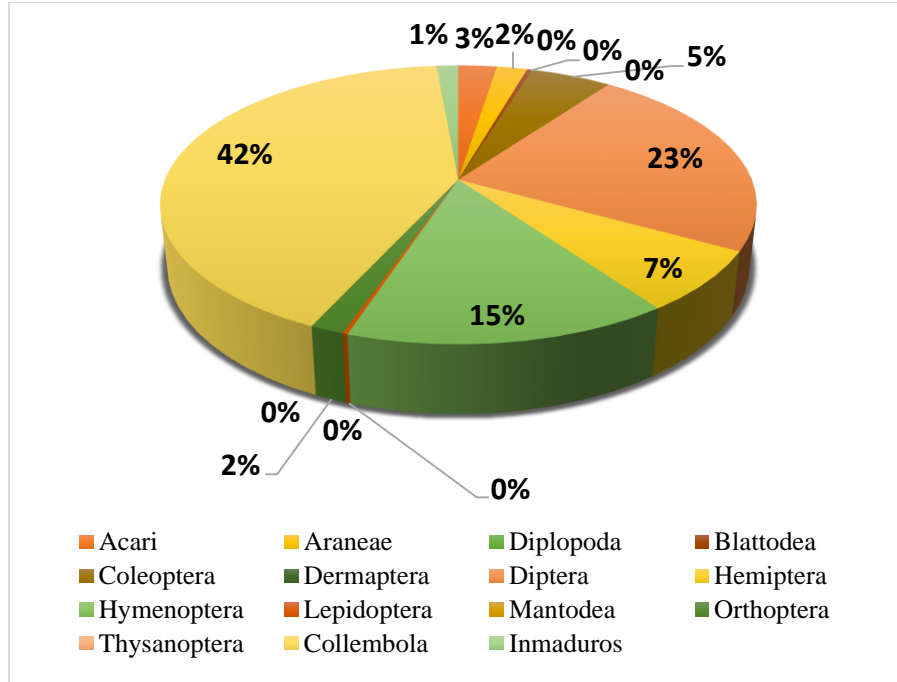


Grafica 4. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intermedia sin remoción de suelo en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de caída.

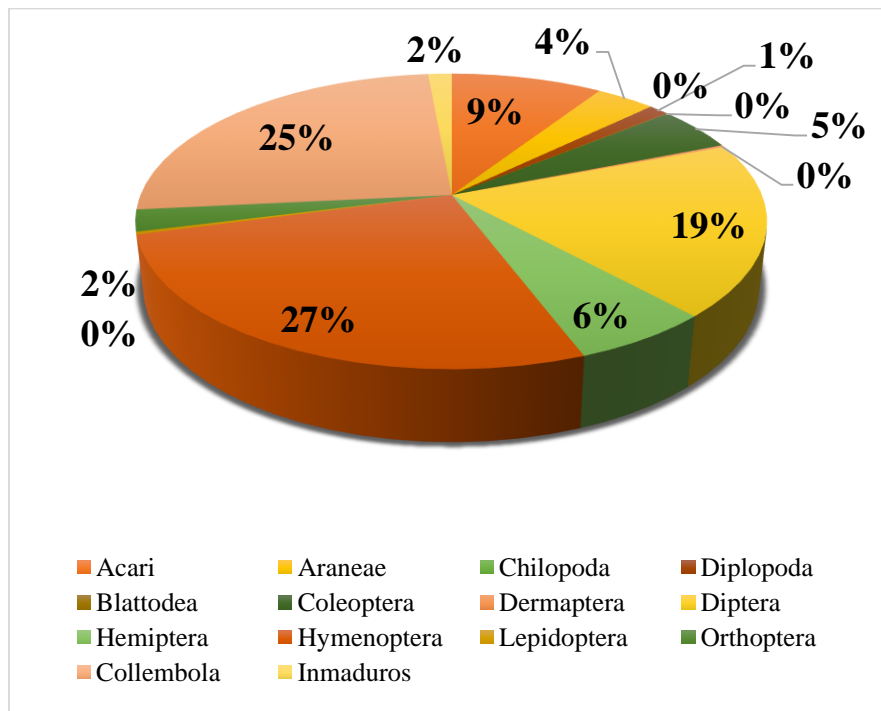


Grafica 5. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación pasiva en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de caída.

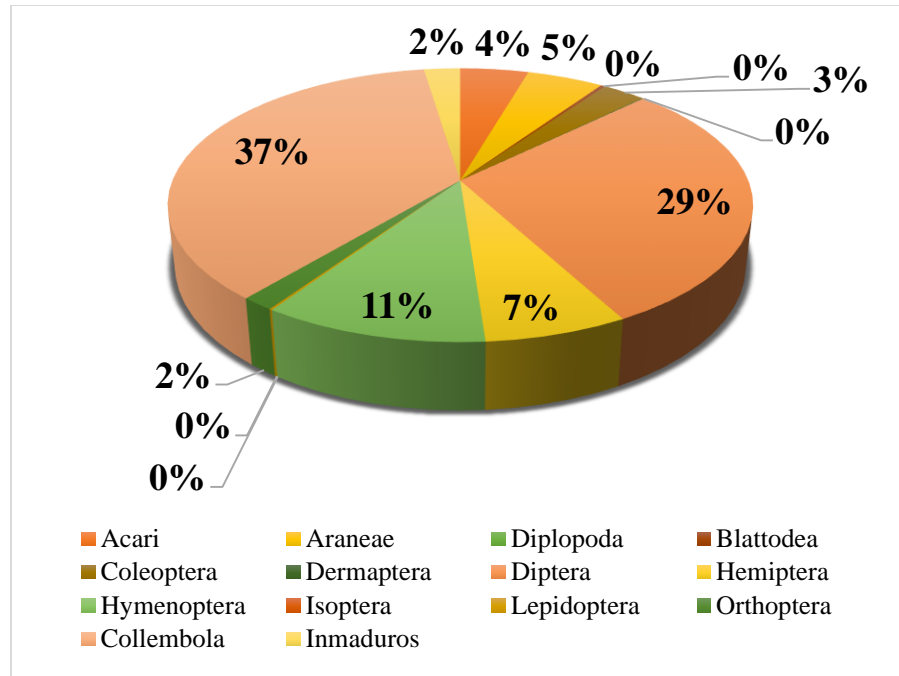
Pasando a la abundancia con relación a los artrópodos muestreados por trampas de plato, se encontró que solamente en la nucleación intermedia con remoción de suelo Hymenoptera fue el orden con mayor proporción, pero casi igual a la de Collembola (Grafica 7). En el resto de tratamientos los órdenes con mayores porcentajes de abundancia fueron Collembola y Diptera, Los órdenes de artrópodos más raros en este caso fueron Blattodea, Dermaptera y Lepidoptera.



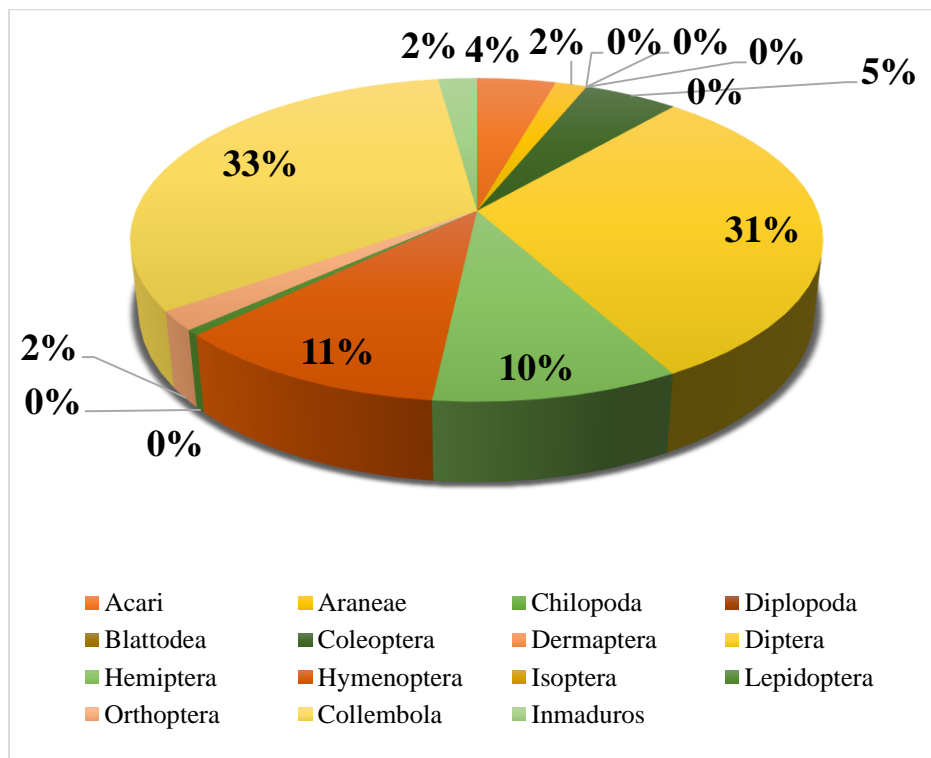
Grafica 6. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intensiva en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de plato.



Grafica 7. . Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intermedia con remoción de suelo en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de plato.



Grafica 8. Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación intermedia sin remoción de suelo en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de plato.



Grafica 9 . Abundancias relativas de grupos de artrópodos hallados en parcelas de nucleación pasiva en pastizal en pendiente leve por el método de trampas de plato.

Respecto a la abundancia de las familias y superfamilias de los tres órdenes trabajados, se obtuvo el predominio de la familia Formicidae (hormigas) en la mayoría de los tratamientos de nucleación con los dos métodos de muestreo empleados. En el muestreo con trampas de plato en nucleación pasiva (control) la familia Cicadellidae superó la abundancia de Formicidae.

6. Análisis de resultados

El lapso de tiempo que llevan de instaladas las parcelas de las estrategias de restauración establecidas en pastizales, y abordadas en el desarrollo de esta experiencia, es corto, por lo que se encuentran aún en un estado inicial de sucesión luego de las intervenciones florísticas realizadas para la implementación de dichas estrategias e incluso con la influencia de labores de monitoreo y mantenimiento reciente. Por consiguiente, no cabe esperar que para un primer episodio de evaluación se presenten grandes cambios o diferencias que sean ampliamente notables entre los tratamientos contrastados.

El mayor número de artrópodos se colectó en las parcelas de nucleación intermedia sin remoción de suelo seguidos de la nucleación intensiva, datos con los que se puede deducir que la intervención de los arreglos florísticos ha tenido efecto en el cambio de uso de suelo, haciendo que las comunidades de artrópodos lleguen a crear sus nidos, busquen sus alimentos, encontrando un lugar donde habitar y que su abundancia sea un poco mayor a la de los tratamientos con menos densidad de siembra y o tratamientos pasivos (sin siembra).

El tratamiento de nucleación intermedia con remoción de suelo obtuvo el porcentaje más bajo en abundancia, en lo que pudo haber incidido el manejo del suelo que se le dio a estas parcelas.

Para el caso de los Colémbolos (Collembola) se conoce que dependen de la conjugación de los elementos materia orgánica y humedad, y son susceptibles a las perturbaciones del medio. Al haber tenido esta estrategia una remoción de suelo en el área a instalar la siembra de los arreglos florísticos, pudo verse este orden altamente afectado, ya que estos poseen cuerpos blanquecinos y blandos, que al haberse removido parte de esta área de suelo sufrieron aplastamiento y desplazamiento tanto de terreno, así como hacia dentro o fuera de la superficie del suelo. Esto mismo pudo haber pasado con otros órdenes de artrópodos que son caminadores y que el impacto de una remoción de suelo pudo haber generado mortalidad y/o desplazamientos.

En las parcelas sin siembra o de tratamiento pasivo a pesar de que se encontró un número significativo de artrópodos no hubo un orden que presentara una abundancia superior que en los otros tratamientos.

6.1 Artrópodos como indicadores ecológicos y de calidad de suelo.

Luego de año y medio aproximadamente de instaladas las parcelas de nucleación en pastizales en pendiente leve, se evidencia que los arreglos florísticos con sus diferentes grados de intensidad han sido benéficos para el cambio de uso de suelo ya que han ido modificando el hábitat para los artrópodos. Los cambios en el uso de estas tierras conllevan a cambios de temperatura, humedad y contenidos de materia orgánica ya que hay una incorporación continua y variada de hojarasca debido a los cambios en su cobertura vegetal. Lo que hace que haya mayor presencia de estos microorganismos que juegan un papel importante en el suelo ya que ayudan a mejorar su calidad, pues estos rompen, transportan y mezclan el suelo al construir sus nidos y sitios de alimentación (Sacarras 2013), procesan la materia orgánica e incorporan sus nutrientes.

Se logró determinar que dentro de los artrópodos colectados hay diferentes órdenes y familias predadoras y parasitoides que de una u otra forma contribuyen a mantener el equilibrio y el control de plagas que puedan afectar el estado fitosanitario de los arreglos florísticos, se sabe que la contribución individual de cada uno de ellos a la mortalidad de insectos dañinos es probablemente baja, pero en su conjunto son un factor determinante de equilibrio natural.

Cabe también destacar la presencia de cucarachas (Blattodea) y milpiés (Diplopoda) ya que estos contribuyen a la degradación de la materia orgánica, lo que es fundamental para un avance sucesional.

La implementación de la estrategia de nucleación incluyendo la remoción de suelo y el control de gramíneas incide en la composición y abundancia de artrópodos en el corto plazo inmediato dada la modificación de la matriz de pastos en las parcelas intervenidas y el aumento de la heterogeneidad en términos de los microhábitats.

La alta presencia de Hormigas es una buena señal ya que son considerados ingenieros del ecosistema e indicadores por excelencia, participan activamente en la dispersión de semillas por lo que son consideradas como agentes importantes en la recuperación de zonas degradadas, así como en los procesos de restauración (Jiménez, *et al.* 2015).

7. Conclusiones

En las parcelas de nucleación que tienen manejo de siembras intensivas, la presencia y abundancia de artrópodos no es relativamente mayor que los otros tratamientos; claro está que el periodo de tiempo de instalación de los arreglos florísticos es relativamente corto, razón por la que puede ser poco notable el avance o la evolución de la artropofauna en cada uno de los tratamientos de las estrategias.

Para el caso de la nucleación intermedia con remoción de suelo, que presento menor abundancia absoluta de artrópodos, podría decirse que tuvo influencia el haber descompactado y removido el suelo ya que esto pudo provocar desplazamientos y mortalidad en algunos grupos de artrópodos y que aún no han logrado recuperarse estas comunidades.

Se considera que el estudio de la artropofauna asociada a parcelas de nucleación en pastizales para evaluar el avance en el cambio de uso de suelo es un buen aporte de información para el estudio de los artrópodos del suelo asociados a bosque seco tropical, puesto que queda un registro y una evidencia que puede tenerse en cuenta para futuros estudios y trabajos relacionados con el tema. Sera una base para poder tomar decisiones y concluir a cerca de nuevos resultados.

8. Recomendaciones

Se recomienda que para la implementación de estrategias de restauración se efectúen tratamientos intensivos ya que la presencia y cambio de pastizal a núcleos arbustivos conlleva a que lleguen diferentes grupos de artrópodos y demás fauna del suelo, la cual juega un papel muy importante en las propiedades biológicas del suelo ya que aceleran la descomposición y mineralización de la materia orgánica que se transformara en materia adecuada para un buen crecimiento y desarrollo de las plantas, además los grupos predadores y parasitoides ayudan en la disminución de ataques de plagas a las plantas.

Realizar un seguimiento a las parcelas con tratamiento de remoción de suelo con el fin de verificar y establecer si la remoción del suelo afecta a la artropofauna existente, o el tiempo transcurrido es demasiado corto para dicha conclusión.

Continuar con el monitoreo de artropofauna de manera periódica a lo largo del proceso de restauración para poder establecer el tipo de artrópodos indicadores del avance sucesional en el cambio del uso de suelo.

9. Bibliografía

- Alcaldía municipal de Agrado Huila. 2001 – 2009. Esquema de ordenamiento territorial Agrado Huila EOT.
- Ceccon, E. (2013). Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. México. Díaz Santos.
- Chávez, L., Rodríguez, I., y Álvarez, A. (2016). Las trampas de caída para el estudio de artrópodos terrestres en ecosistemas naturales agrícolas. *Granma Ciencia*. 20 (2), 12.
- Díaz, M., Rionda, M., Duhour, A., Momo, F. (2014). Artrópodos del suelo: Relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria. *Ecología austral*. Vol. 24. 327 – 334.
- Fernández, D. (2014). Tendencias de investigación sobre estudios de artrópodos terrestres en la restauración ecológica: un análisis bibliométrico. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fernández, F y Sharkey, M. J. (eds.). (2006). Clave para las superfamilias neotropicales de Hymenoptera. En F. Fernández y W.R.M Mason (Eds.). *Introducción a los Hymenoptera de la región neotropical*. (pp. 177 – 202). Bogotá, Colombia. Guadalupe Ltda.
- Fundación Natura. 2016. Plan piloto de restauración ecológica de bosque seco – proyecto Hidroeléctrico El Quimbo.
- Jimenez, E., Dominguez, Y., Henao, N., Zabala, G., Escobar, S., Chacon, P. (2015). Las hormigas en el monitoreo de la restauración ecológica. En Aguilar, M., y Ramirez, W. (Ed),

Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. (108 – 223).
Bogota Colombia. Alexander Von Humboldt.

Mazan, M., Alvarez, P., Santin, J, y Aguirre, N. (2017). Insectos vs suelos: La importancia de elegir indicadores para el monitoreo de la restauracion ecologica. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/320012150_Insectos_Vs_suelo_la_importancia_de_elegir_indicadores_para_el_monitoreo_de_la_restauracion_ecologica

Ramírez Freire, L., Alanis Florez, G., Ayala Barajas, R., Velazco Macias, C. y Favela Lara, S. (2014). El uso de los platos trampa y red entomológica en la captura de abejas nativas en el estado de Nuevo Leon, Mexico. *Acta zoologica mexicana*. 30 (3), 508- 538

Ramírez Freire, L. (2012). Abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) asociados a la vegetación del estado de Nuevo León, México. (tesis de posgrado). Universidad autónoma de Nuevo León, México.

Reis, A., Bechara, F., Tres, D. (2010). Nucleation in tropical ecological. *Scientia Agrícola*. 67 (2). doi: 10.1590/S0103-90162010000200018

Rengifo Correa, L. A y Gonzalez, R. (2011). Clave ilustrada para laidentificacion de familias de pentatomomorpha (Hemiptera – Heteroptera) de distribución neotropical. *Boletin científico museo historia natural*. 15(1): 168 – 187.

Rivera Landa, M. (2009). Superfamilias y familias de Hymenoptera parasítica del estado de Coahuila, México. (tesis de pregrado). Universidad autónoma agraria Antonio Nairo, Coahuila, México.

Sacarras, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Pastos y forrajes. 36(1), 5 -13.

Triplehorn, C. A., Johnson, N y Borror, D. J. (2006). Borror and delong's introduction to the Study of Insects 7th Edition. Estados Unidos. Belmont, CA Thompson Brooks/Cole 2006

Wendell, L. Morrill. (1975). Plastic pitfall trap. Environmental Entomology. 4 (4), 596.

doi: 10.1093./ee/4.4.596