

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Hexápodos edáficos asociados a cultivos forestales de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica* en

García Rovira – Santander

Libardo Sepúlveda Suárez, Edwin Gerardo Basto Garcia

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Forestal

Director

Ricardo Andrés Oviedo Celis

MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Codirector

Cristhian Hernández Gamboa

PhD. Ciencia del Suelo

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional de Educación a Distancia IPRED

Programa Ingeniería Forestal

Bucaramanga, Santander

2025

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Dedicatoria

A Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría y perseverancia para lograr lo propuesto. A mis padres y mi hermana, pilares fundamentales en mi vida, cuya dedicación, sacrificio, paciencia y amor incondicional han sido el motor que me ha impulsado en cada paso de este proceso. A toda mi familia, porque su presencia constante y sus palabras de aliento transformaron cada desafío en una oportunidad, y cada obstáculo en un peldaño hacia el éxito. Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, quienes siempre han creído en mí y me han apoyado. A mi pareja, por su amor, comprensión y paciencia durante las largas horas de estudio. A mis profesores, por compartir su conocimiento y guiarme en mi formación profesional. Y, finalmente, a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a que este proyecto sea una realidad.

Libardo

Este trabajo de grado está dedicado primeramente a Dios por permitirme culminar esta meta que hace un tiempo era un sueño, el día de hoy es un sueño hecho realidad. De igual manera dedicado a mis hermanos (q.e.p.d) a mis padres, mi pareja, amigos y toda mi familia que siempre estuvieron presentes en todo momento en este largo camino, a todos ustedes que fueron mi fuerza y mi motivación de continuar y lograr este objetivo.

Edwin

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander por permitirme formar como profesional integro para la sociedad y colocar a disposición el personal y los recursos necesarios para avanzar en este largo proceso. A mi director, el profesor Ricardo Andrés Oviedo Celis, y a mi codirector, el profesor Crithian Hernández Gamboa, quienes desempeñaron un papel esencial en esta ardua travesía académica. No solo me brindaron su conocimiento y experiencia, sino que también demostraron una paciencia infinita y un compromiso inquebrantable al resolver cada duda que surgía en el camino. A todos los profesores que hicieron parte importante de mi formación académica, por impartir sus conocimientos de la manera más amable posible. Al señor Hernando Uriza, al Administración municipal del Cerrito – Santander, quienes nos permitieron el ingreso a sus predios, para la toma de datos y el estudio de las plantaciones. A mis amigos y compañeros en general que fueron participes de mi proceso de aprendizaje, porque las anécdotas y risas nunca faltaron, gracias y muchos éxitos a cada uno de ustedes. Finalmente, al Profesor Daniel Miranda de la escuela de Biología por su apoyo para la gestión y tramite del permiso de colecta.

Libardo

Gracias a nuestro director de trabajo de grado Ricardo Andrés Oviedo Celis por su guía constante, apoyo académico, por todo su tiempo y paciencia hacia nosotros, a mi compañero de tesis, a la docente Rosalba Buitrago, a la universidad industrial de Santander, a los administrativos, y compañeros de ingeniería forestal que de una u otra manera fueron participes, a todos mil y mil gracias ya que este trabajo no hubiera sido posible sin esa buena energía de todos ustedes mi Dios les bendiga.

Edwin

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo General.....	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Marco referencial	17
2.1 Marco teórico	17
2.1.1 Plantaciones Forestales	17
2.1.2 <i>Cupressus lusitanica</i>	18
2.1.3 <i>Pinus patula</i>	19
2.1.4 Actividad microbiana.....	20
2.1.5 Insectos del suelo	21
3. Metodología	24
3.1 Área de estudio	24
3.1.1 Análisis silvicultural plantaciones	25
3.1.2 Análisis calidad de la madera	26
3.1.3 Muestreo de hexápodos edáficos	28
3.1.4 Colecta y reportes de información	28
3.1.5 Depósito de material colectado.....	29
3.1.6 Diversidad de insectos	29
3.1.7 Muestreo de suelo	30
3.1.8 Análisis estadísticos	31

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

4.	Resultados	32
4.1	Características silviculturales plantaciones forestales evaluadas	32
4.2	Diversidad de hexápodos edáficos	34
4.2.1	Análisis colecta de hexápodos por plantación y unidad de muestreo.	37
4.3	Relaciones suelo – diversidad de hexápodos – aspectos silviculturales.	38
5.	Discusión.....	41
6.	Conclusiones	43
7.	Recomendaciones	45
	Referencias bibliográficas.....	46
	Apéndices.....	52

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Variables análisis silvicultural plantaciones forestales de <i>Pinus patula</i> y <i>Cupressus lusitanica</i>	25
Tabla 2. Variables para análisis calidad de la madera en plantaciones forestales de <i>Pinus patula</i> y <i>Cupressus lusitanica</i>	26
Tabla 3. Clasificación de las plantaciones forestales de <i>P. patula</i> y <i>C. lusitanica</i> según manejo silvicultural y calidad de la madera.	27
Tabla 4. Propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones forestales de <i>Pinus patula</i> y <i>Cupressus lusitanica</i> en Málaga y Cerrito departamento de Santander.	30
Tabla 5. Evaluación aspectos manejo silvicultural plantaciones <i>P. patula</i> y <i>C. lusitanica</i> municipios de Málaga y Cerrito Santander.....	33
Tabla 6. Evaluación calidad de la madera plantaciones <i>P. patula</i> y <i>C. lusitanica</i> municipios de Málaga y Cerrito Santander.	34
Tabla 7. Índice de Shannon para familias clase hexápoda plantación forestal <i>Pinus patula</i> municipio de Málaga - Santander.....	35
Tabla 8 Índice de Shannon para familias clase hexápoda plantación forestal <i>Cupressus lusitanica</i> municipio de Cerrito - Santander.....	36
Tabla 9. Análisis de varianza para plantaciones y ubicación de transectos, test Kruskal-Wallis (P<0.05).	38

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Área de estudio y ubicación plantaciones forestales municipios de Málaga y Cerrito Santander.....	24
Figura 2. Correlograma propiedades físicas, químicas del suelo, diversidad, dominancia de hexápodos, y calidad plantación <i>Pinus patula</i> Municipio de Málaga Santander.	39
Figura 3. Correlograma propiedades físicas, químicas del suelo, diversidad, dominancia de hexápodos, y calidad plantación <i>Cupressus lusitanica</i> Municipio de Cerrito Santander.	40

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A <i>Solicitud permiso de colecta ante la Universidad Industrial de Santander – Director Colección Biológica</i>	52
Apéndice B <i>Notificación actividad de recolección en campo, Málaga 2024-2025 Permiso Marco de Recolección IDB0398</i>	53
Apéndice C. <i>Soportes deposito material colectado en Colección biológica UIS</i>	54

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Glosario

Acículas: estructuras específicas de las coníferas que permiten la fotosíntesis y la absorción de nutrientes.

Biomasa del suelo: masa total de microorganismos y fauna edáfica presentes en el suelo, que juega un papel crucial en la fertilidad y el ciclaje de nutrientes.

Ciclaje de nutrientes: proceso por el cual los nutrientes son reciclados y reutilizados en un ecosistema.

Coleópteros: tipo de insecto que se encuentra en el suelo y es diverso en especies.

Dípteros: tipo de insecto que incluye moscas y mosquitos y regula el ciclaje de nutrientes.

Edáfico: relacionado con el suelo, especialmente en cuanto a la vida y los procesos que ocurren en él.

Exoesqueleto: estructura externa que protege el cuerpo de los artrópodos.

Fauna edáfica: conjunto de organismos que viven en el suelo, incluyendo insectos, nematodos y anélidos.

Hexápodos: grupo de artrópodos que incluye insectos y colémbolos, caracterizados por tener seis patas.

Humificación: proceso por el cual la materia orgánica se descompone en humus.

Insecta: clase de artrópodos que incluye insectos.

Macroartrópodos: artrópodos de tamaño grande que regulan el ciclaje de nutrientes.

Microartrópodos: grupo de artrópodos de tamaño pequeño que regulan el ciclaje de nutrientes.

Mineralización: proceso por el cual los nutrientes orgánicos se convierten en formas inorgánicas para las plantas y son liberados del suelo.

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Porosidad del suelo: proporción de espacios vacíos en el suelo que permite la infiltración y el movimiento del agua.

Profundidad del suelo: distancia desde la superficie del suelo hasta la roca madre que influye en la biodiversidad.

microorganismos, regulando el crecimiento bacteriano.

Simetría bilateral: tipo de simetría que caracteriza la división del cuerpo en dos partes iguales, común en la morfología animal.

Verticilos: estructuras de las plantas que permiten la fotosíntesis y la absorción de nutrientes.

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Resumen

Título: Hexápodos edáficos asociados a cultivos forestales de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica* en García Rovira – Santander*

Autor: Libardo Sepúlveda Suárez, Edwin Gerardo Basto Garcia **

Palabras Clave: Manejo del suelo, Química del suelo, Recursos biológicos del suelo, Silvicultura comercial, Suelo forestal.

Descripción:

Este estudio, trata sobre la diversidad de hexápodos edáficos en plantaciones comerciales establecidas en dos municipios de la provincia de García Rovira, *Pinus patula* en Málaga y *Cupressus lusitanica* en el municipio de Cerrito. Se evaluó la calidad de la madera y manejo silvicultural en parcelas circulares y escalas tripartitas, también, fueron implementados diez transeptos de (20 m x 2 m) por plantación, cinco ubicados perpendiculares a la pendiente, y cinco paralelos a la pendiente, donde se colectaron individuos entre agosto a diciembre de 2024, clasificados hasta familia, y la diversidad se estimó mediante el índice de *Shannon* (H'), y dominancia de *Berger-Parker* (d). De igual forma, se colectaron muestras de suelo a 30 cm de profundidad, analizadas en propiedades físicas y químicas para explorar la relación con los valores de diversidad obtenidos. Los datos fueron sometidos a pruebas de tendencia central, validación de normalidad, ANOVA ($p < 0.05$) y correlación de Spearman, para identificar niveles de significancias y grado de relación. Los resultados revelan estados moderados a nivel de manejo silvicultural (2.0) en las dos plantaciones, y mala calidad de la madera (1.9) en el municipio de Cerrito, respecto de la diversidad *P. patula* con (1.35) y *C. lusitanica* (1.8), revelaron baja diversidad de hexápodos, finalmente, se identificaron relaciones fuertes entre H' - pH (0.85) en *P. patula*, y para *C. lusitanica* las correlaciones fueron moderadas en H' - Mg (0.66), sin embargo, D para esta plantación se correlacionó mejor. Las informaciones aportadas por el estudio, son un referente para la provincia de García Rovira, que destaca la importancia del manejo silvicultural en plantaciones, de igual forma, el estudio también reveló que las plantaciones contrario a los mitos locales, sí albergan importantes recursos biológicos como hexápodos edáficos sin los cuales la dinámica de la interfaz suelo planta no sería posible.

* Trabajo de Grado

** Instituto de Proyección Regional a Distancia IPRED. Programa Ingeniería Forestal. Director Ricardo Andrés Oviedo Celis MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Codirector: Cristhian Hernández Gamboa PhD. Ciencia del Suelo

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Abstract

Title: Edaphic hexapods associated with forest crops of *Pinus patula* and *Cupressus lusitanica* in García Rovira – Santander*

Author(s): Libardo Sepúlveda Suárez, Edwin Gerardo Basto Garcia**

Key Words: Soil management, Soil chemistry, Soil biological resources, Commercial forestry, Forest soil.

Description:

This study deals with the diversity of edaphic hexapods in commercial plantations established in two municipalities of the province of García Rovira, *Pinus patula* in Malaga and *Cupressus lusitanica* in the municipality of Cerrito. The quality of the wood and silvicultural management were evaluated in circular plots and tripartite scales, also, ten transects of (20 m x 2 m) were implemented per plantation, five located perpendicular to the slope, and five parallel to the slope, where individuals were collected between August to December 2024, classified to family, and diversity was estimated using the Shannon index (H'), and Berger-Parker dominance (d). Likewise, soil samples were collected at 30 cm depth, analyzed in physical and chemical properties to exploit the relationship with the diversity values obtained. The data were subjected to tests of central tendency, normality validation, ANOVA ($p < 0.05$) and *Spearman* correlation, to identify levels of significance and degree of relationship. The results reveal moderate states at the level of silvicultural management (2.0) in the two plantations, and poor wood quality (1.9) in the municipality of Cerrito, regarding the diversity *P. patula* with (1.35) and *C. lusitanica* (1.8), revealed low diversity of hexapods, finally, strong relationships were identified between H' - pH (0.85) in *P. patula*, and for *C. lusitanica* the correlations were moderate in H' - Mg (0.66), however, D for this plantation was better correlated. The information provided by the study is a reference for the province of García Rovira, which highlights the importance of silvicultural management in plantations. Likewise, the study also revealed that plantations, contrary to local myths, do contain important biological resources such as edaphic hexapods without which the dynamics of the soil-plant interface would not be possible.

* Degree Work

** Institute of Regional Projection and Distance Education. Forestry Engineering Program. Director: Ricardo Andrés Oviedo Celis. MSc. Sustainable Development and Environment. Co-director: Crithian Hernández Gamboa. PhD. Soil Sciences

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Introducción

Las ciencias forestales son un campo de estudio donde múltiples áreas del conocimiento convergen en torno a las funciones de los bosques naturales y cultivos forestales comerciales. Sin embargo, por décadas los estudios forestales trataron abordajes específicos sobre la flora; que aportaron informaciones importantes para conocer la composición y estructura de estos ecosistemas a nivel global, nacional y local (Cárdenas, 2014). Con el paso del tiempo, (Oficina nacional forestal (ONF, 2018)) reconocen cómo el sector forestal fortaleció otras líneas de trabajo que le permitieron ampliar su campo acción a nivel global. A partir del cual, se potencializó la conservación del bosque natural y silvicultura comercial. Esta última, como alternativa productiva en la cadena de valor que implicaba el cultivo, cosecha y comercialización de madera (Castañeda, 2020). Estos sistemas de producción forestal, denominados de varias formas “*Plantación forestal, Cultivo forestal, Monocultivos de Madera*” entre otros, que han generado interpretaciones variadas y mitos sobre su realidad ambiental, social y económica.

Este tipo de percepciones sobre el cultivo de la madera, han creado escenarios que limitan su implementación al ser considerados como causantes del incremento de la acidez del suelo o la esterilidad del mismo, informaciones que aún no cuentan con fundamento científico que las valide y generalice en su totalidad (Villalobos-Barquero & Meza-Montoya, 2019). A pesar de ello, estudios nacionales revelan que promueven la conservación de avifauna, el ciclaje de nutrientes, y la infiltración entre otros servicios ecosistémicos (Martínez-Ruiz et al., 2006). En Colombia, las áreas establecidas no superan el millón de hectáreas en cultivos establecidos en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca y Santander; donde *Acacia mangium* representan el 12,5% de las hectáreas, seguido de *Eucalipto sp* con el 22,6% y coníferas lo hacen con un 32,7% (Federación Nacional de Industrias de la Madera (Fedemaderas, 2023)). Respecto de las coníferas, el país

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

cuenta con plantaciones forestales principalmente las especies *Pinus patula*, *Pinus maximinoi*, *Pinus tecunumanii* y *Cupressus lusitanica*, en su mayoría bajo terrenos privados que abastecen la demanda creciente de madera a nivel nacional, especies que para Santander representan el 60% del área total plantada (Fedemaderas, 2023).

El carácter del sistema productivo de las plantaciones forestales ha generado sesgo sobre las interacciones que acontecen en su interior entre los árboles, el suelo y la biota edáfica allí presente. Por tanto, es necesario que desde la ingeniería forestal se estudien tales aspectos. Según Díaz et al. (2014) la fauna del suelo compuesta en su mayoría por invertebrados representa aproximadamente el 15% de la biomasa del suelo, y los grupos taxonómicos de mayor abundancia corresponden a nemátodos, anélidos y artrópodos, sin que esto reste importancia a los demás (Viejo, 2009). Dentro de los artrópodos, se destacan los Ácaros, Arañas, Colémbolos, Coleópteros, Himenópteros, Dípteros, Quilópodos, Diplópodos e Isópodos, grupos estudiados en las ciencias agrícolas y forestales bajo enfoques en su mayoría de clasificación taxonómica (Dendi et al., 2023).

Este grupo organismos, conforman redes tróficas que pueden verse afectadas por el tipo manejo implementado al suelo, que afectan procesos fundamentales como la descomposición de materia orgánica, el ciclaje del carbono, la actividad enzimática del suelo, y otras interacciones con la física y química del suelo necesarias para la estabilidad y conservación ambiental (Baudino et al., 2020; Flores et al., 2008). A pesar de las bondades ecológicas mencionadas, los estudios en sistemas productivos forestales que aborden la relación árbol – suelo – artrópodos, no ha tenido el desarrollo y profundidad a nivel nacional que permita comprender mejor este vínculo natural.

Bajo este contexto, la investigación tuvo como alcance aportar información que reduzcan el sesgo de conocimiento sobre el impacto de las plantaciones forestales, y las poblaciones de hexápodos de suelo que allí pueden habitar, específicamente para el departamento de Santander,

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

en plantaciones de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*, ubicadas los municipios de Cerrito y Málaga, Provincia de García Rovira. Localidades donde este campo de la ciencia forestal presenta vacíos de información que pueden aumentar los mitos sobre el rol de estos cultivos. Por tanto, los resultados aportados son una aproximación inicial (línea base) a este aspecto, donde no solo se incluyen elementos biológicos, sino que también son integrados aspectos técnicos de la silvicultura de las plantaciones; que son analizados desde las bases de la ecología y edafología para generar informaciones finales, sobre los diferentes comportamientos de las poblaciones de artrópodos edáficos en las dos especies forestales seleccionadas.

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

1 Objetivos

1.1 Objetivo General

Analizar la diversidad de insectos edáficos asociados a plantaciones forestales comerciales de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*, establecidas en los municipios de Málaga y Cerrito provincia de García Rovira, para establecer un referente del impacto de los cultivos forestales en la conservación y gestión integral del suelo.

1.2 Objetivos Específicos

Detallar las características silviculturales de establecimiento y manejo de los cultivos forestales comerciales

Calcular la diversidad de los insectos del suelo en las dos plantaciones forestales.

Explicar la relación del suelo forestal, respecto de la diversidad de insectos edáficos en la zona de estudio.

2 Marco referencial

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Plantaciones Forestales*

Las plantaciones forestales pueden tener efectos importantes en la biodiversidad de artrópodos del suelo. León-Gamboa et al., (2010) señalan que las plantaciones forestales pueden modificar la composición y el funcionamiento del ecosistema, lo que repercute en la diversidad de artrópodos del suelo. No obstante, también se ha documentado que este tipo de plantaciones puede ofrecer refugio para algunas especies de artrópodos (Effron et al., 2012). Investigaciones recientes indican que la edad y el tipo de plantación influyen en la diversidad de artrópodos del suelo (Pinzón et al., 2012).

El tipo de especie empleada en las plantaciones incide directamente en la biodiversidad del suelo. Las especies de coníferas, como *Pinus patula*, y las especies de latifoliadas, como *Cupressus lusitanica*, tienen la capacidad de influir en la estructura del hábitat y en la composición de la comunidad de microartrópodos (Hernández et al., 2022). La diversidad microbiana y la actividad biológica del suelo se ven afectadas por las características específicas de cada especie, como su capacidad para alterar el pH del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la materia orgánica (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020)). Las plantaciones forestales tienen la capacidad de causar alteraciones significativas en la biodiversidad de artrópodos y microartrópodos del suelo mediante modificaciones en la composición del suelo; la incorporación de especies exóticas puede incidir en las propiedades físicas y químicas del suelo, generando repercusiones en los organismos que lo colonizan. Asimismo, las plantaciones generan microclimas que pueden propiciar o perjudicar a determinadas especies de artrópodos. Las interacciones bióticas también desempeñan un papel crucial, dado que la competencia entre

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

especies nativas y exóticas puede incidir en la abundancia y diversidad de los microartrópodos (Hernández-Ramos et al., 2022). Los microartrópodos cumplen funciones ecológicas fundamentales en los ecosistemas forestales. Colaboran en la revisión de materia orgánica, lo que facilita el reciclaje de nutrientes, mejora la estructura del suelo a través de su actividad bioturbadora y pueden incidir en las interacciones planta-microbio, influyendo en el crecimiento y la salud de las plantas. Por consiguiente, la gestión adecuada de las plantaciones resulta esencial para optimizar su potencial ecológico. Esto engloba prácticas tales como la diversificación específica para fomentar una combinación de especies que refuercen la resiliencia del ecosistema, la supervisión ecológica a través de evaluaciones periódicas con el propósito de comprender el impacto de las distintas especies en la biodiversidad del suelo, así como la aplicación de estrategias de restauración ecológica orientadas a promover la recuperación y conservación de comunidades biológicas diversas (FAO, 2020).

2.1.2 *Cupressus lusitanica*

Cupressus lusitanica (Ciprés) es una especie arbórea de alto valor económico en programas de reforestación en Centroamérica. Los individuos arbóreos de esta especie superan 30 m de altura y, diámetro promedio de 1 m en edades adultas. El ciprés, es una especie que se adapta fácilmente a diferentes condiciones de oferta ambiental. Sin embargo, las mejores tasas de crecimiento se presentan entre los 1.500-2.500 m. s.n.m en regiones con precipitación anual promedio de 1.000 a 3.000 mm, y una temperatura media anual superior a 12°C con un suelo bien drenado.

El *C. lusitanica* es una especie maderable de alto valor comercial en Colombia debido a su rigidez y calidad de la madera la cual es muy duradera y versátil. Óptima para construir casas, muebles y producir papel (Petit-Aldana et al., 2010). Además, su veteado y resistencia son importantes a condiciones difíciles por el cual lo convierten en una excelente opción para trabajo

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

en exteriores (Barquero-Salgado et al., 2014). Colombia produce anualmente 1.2 millones de m³ de madera de *C. lusitanica*, principalmente en Caldas, Quindío y Risaralda, con rendimientos de 15 a 20 m³ por hectárea al año (Hernández-Ramos et al., 2022).

La demanda de esta madera aumenta cada año entre 3 y 4%, impulsada por la construcción y prácticas sostenibles. En Colombia se tienen registros de 60.000 hectáreas establecidas principalmente en Caldas (23.000 hectáreas), Quindío (17.000) y Risaralda (15.000), que se pueden cosechar entre los 20 y 30 años (Petit-Aldana et al., 2010).

2.1.3 *Pinus patula*

Es una especie la cual se encuentra dentro de la familia Pinaceae, es conocida comúnmente como Pino patula, pino candelabro, pino colorado, pino llorón, entre otros. Proveniente de la región de Oaxaca México, crece normalmente en bosques húmedos montano bajo. En estas regiones florece desde enero hasta abril. (Méndez-Neri et al., 2020).

Esta especie alcanza una altura de hasta 40 m y un diámetro de 1,20 m. Entre sus características botánicas, tiene un tallo cónico y recto, sin ramas, sus ramas se ubican en anillos formados a partir de la base, de corteza delgada y escamosa, de tono marrón rojizo, en los árboles al madurar su cáscara varía en grosor. algunas grietas. Según Méndez-Neri et al., (2020), las hojas correspondientes a esta especie se dividen en grupos de 3 a 4 veces, de 15 a 30 cm de largo, lisas, crecen erguidas, de color verde brillante, con bordes finamente aserrados.

En Colombia, informaciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023), indican que *Pinus patula* es altamente reconocida como materia prima del sector maderero, destacándose también en el desarrollo de plantaciones forestales en el país. Debido a su capacidad de adaptación y rápido crecimiento es valorada en diversas condiciones climáticas y de suelo,

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

considerándose una opción viable para contribuir a la reducción de huella de carbono en el sector forestal.

El *P. patula* es una especie forestal versátil, resistente y de crecimiento rápido, se utiliza en Colombia para reforestación y restauración de ecosistemas (Cárdenas & Cortés, 2024). Su madera, resistente y durable, es ideal para construcción, muebles y papel (Hernández-Ramos et al., 2022).

Colombia, cuenta con una producción anual de 800.000 m³, principalmente en Caldas, Quindío y Risaralda. Con rendimientos de 10-15 metros cúbicos por hectárea y año, y edad de cosecha entre 15-25 años (García & Barrera, 2019), su demanda crece 2-3% anual. Esto se debe a prácticas constructivas sostenibles y certificación forestal responsable, que garantiza su manejo y contribuye a mitigar el cambio climático (Cárdenas-Torres, 2014).

2.1.4 Actividad microbiana

Los microorganismos juegan un papel esencial en la producción vegetal, actuando en conjunto con factores como el suelo, clima, nutrición y manejo para determinar la calidad del suelo. Estos pequeños organismos interactúan con las raíces de las plantas en una simbiosis que beneficia no solo a las plantas, sino también a otros organismos en la rizosfera. A través de esta relación, las raíces y los microbios aportan una variedad de compuestos bioquímicos que permiten procesos beneficiosos, como la mejora de la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes esenciales (García, 2006).

La descomposición de la materia orgánica es un proceso primordialmente impulsado por la actividad microbológica (Delgado, 2016). La importancia de los microorganismos se refleja en su capacidad que tienen para facilitar la agregación de partículas órgano-minerales y facilitar la

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

captura de cationes por las raíces, esto aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y contribuye a la salud general del suelo (Díaz et al., 2009).

Los microorganismos, principalmente ubicados en la superficie del suelo hasta unos 20 cm de profundidad, se adhieren a las partículas de arcilla, humus y raíces de las plantas. Estos organismos se alimentan de sustancias orgánicas proporcionadas por las plantas, favoreciendo de esta manera su crecimiento y desarrollo. Su actividad está vinculada a la disponibilidad de los sustratos que deben transformar, y diferentes grupos microbianos se desarrollan según la función que desempeñan en la descomposición de materiales orgánicos e inorgánicos. Un suelo fértil es aquel que alberga una población microbiana activa, lo que garantiza una adecuada disponibilidad de nutrientes para las plantas y una buena producción vegetal. La microflora del suelo abarca bacterias, actinomicetos, hongos, algas, virus y protozoarios (Delgado, 2016)

Estos procesos tienen lugar dentro de la estructura del suelo, donde se forman diversos microentornos determinados por factores como el tamaño y tipo de agregados, la disponibilidad de oxígeno y agua, la composición relativa de arena, limo y arcilla, así como el contenido y estabilidad de la materia orgánica del suelo (García, 2011).

2.1.5 *Insectos del suelo*

El suelo es fundamental en el ecosistema para el reciclaje de materia orgánica y nutrientes, y también actúa como reserva de energía. Todos los organismos vivos eventualmente llegan al suelo, donde permanecen por diferentes períodos dependiendo del clima y tipo de suelo. En el suelo están presentes bacterias, hongos y restos vegetales y animales. El material orgánico se descompone más fácilmente si es blando, pero los tejidos más estables necesitan tanto de microflora como de fauna edáfica para su descomposición (Hernández-Tirado, et al., 2022).

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Los insectos son individuos con simetría bilateral, cuerpo segmentado en bloques (tagmas), sistema nervioso central dorsal y ventral, corazón dorsal, circulación abierta, y un exoesqueleto de proteínas y quitina que muda para permitir su crecimiento (Viejo, 2009). Los artrópodos del suelo facilitan la descomposición orgánica de varias formas: fragmentan tejidos para aumentar la superficie accesible a los microorganismos, convierten residuos en sustancias húmicas y crean agregados con minerales del suelo, mezclan y airean el suelo dispersando sus componentes, y regulan la mineralización y humificación, previniendo la pérdida de nutrientes. Los micro artrópodos, como ácaros y colémbolos, son esenciales en la fauna del suelo y miden menos de 2 mm (Rivera, et al., 2008).

Según García & Barrera, (2019), los artrópodos representan el 90% de las especies mundiales y tienen una biomasa significativa en las praderas templadas (1.000 kg/ha), superada solo por las plantas (20.000 kg/ha) y los microorganismos (7.000 kg/ha). Esta biomasa es mucho mayor que la de los mamíferos (1,2 kg/ha), aves (0,3 kg/ha) y nematodos (120 kg/ha). Los artrópodos dominan las estructuras y funciones de los ecosistemas, una comunidad con la más compleja composición de especies de plantas contendrá la mayor diversidad de insectos, aunque a menudo son ignorados por los investigadores.

Los artrópodos del suelo son componentes de las cadenas y redes tróficas, cuya complejidad varía según las condiciones abióticas y bióticas del suelo, el clima, el estado de desarrollo y el grado de alteración del ecosistema. Aunque algunos actúan como forrajeros, la mayoría se integra en el ciclo de los detritívoros, participando en la descomposición de materia orgánica, la regulación de actividades microbianas y parcialmente en los ciclos de nutrientes (Flores et al., 2008). A su vez, regulan la velocidad de la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y las densidades de las poblaciones microbianas y de la mesofauna; la

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

mesofauna se define por el tamaño de los organismos e incluye taxones normalmente referidos como microartrópodos con anchos entre 0,1 y 2 mm, algunos de los cuales crecen a tamaños de entre 2 y 20 mm de ancho que los ubica como macroartrópodos o macrofauna (Doles et al., 2000).

La ecología del suelo se centra en el estudio de las interacciones entre los organismos vivos y el entorno fisicoquímico del suelo. De acuerdo con (Flores et al., 2008), esta disciplina es clave para comprender la dinámica de los ecosistemas terrestres. Los artrópodos del suelo juegan un papel esencial en la descomposición de la materia orgánica, la liberación de nutrientes y en la estructura del suelo. Por ejemplo, los colémbolos y los ácaros, como representantes de los artrópodos del suelo, contribuyen a descomponer la materia orgánica y a liberar nutrientes vitales para las plantas (Hernández-Tirado et al., 2022). Además, investigaciones recientes sugieren que la diversidad de artrópodos en el suelo está relacionada con la calidad del suelo y la productividad de los ecosistemas (García & Barrera, 2019).

La interacción entre los artrópodos del suelo y las propiedades del suelo es bidireccional y compleja. Por un lado, los artrópodos influyen en la agregación y estabilidad del suelo mediante la creación de poros y túneles (Rivera et al., 2008). Por otro lado, características del suelo, como su textura, humedad y disponibilidad de nutrientes, impactan en la diversidad y abundancia de artrópodos (García & Barrera, 2019). Estudios recientes han demostrado que la actividad de estos organismos puede modificar la estructura del suelo, afectando la infiltración de agua y la erosión (Díaz et al., 2014).

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

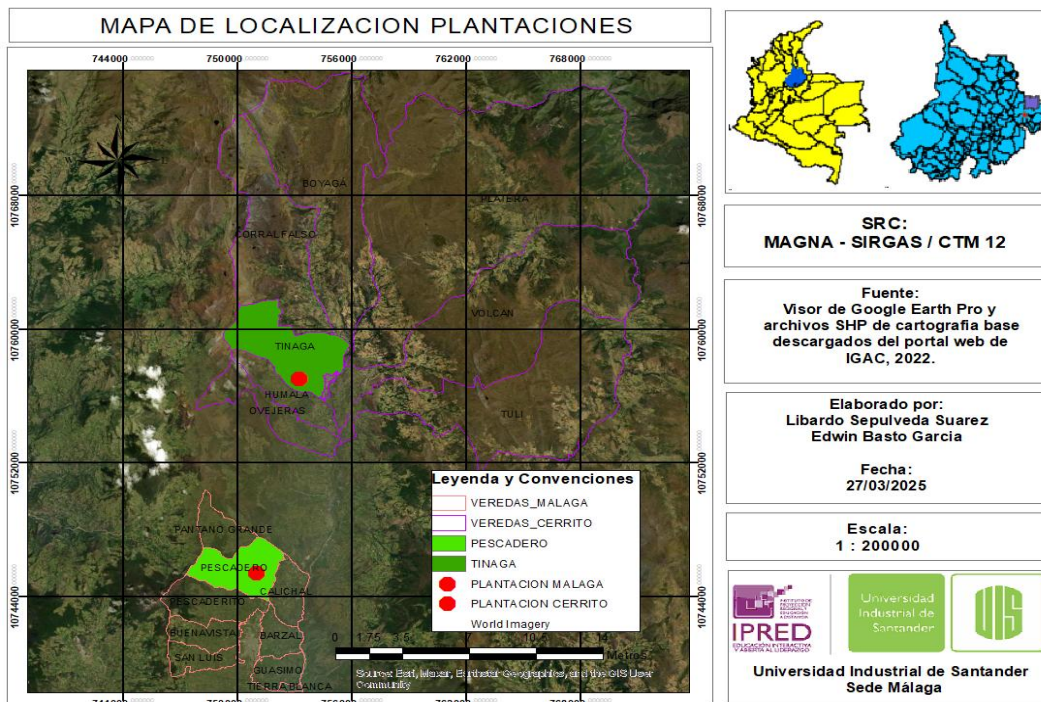
3 Metodología

3.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en los municipios de Málaga y Cerrito departamento de Santander provincia de García Rovira. En estas dos localidades, fueron seleccionadas áreas forestales comerciales así: Para Málaga en la vereda Pescadero localizada a $6^{\circ}44'16,5''N$ $72^{\circ}43'45.4''W$, una plantación forestal de *Pinus patula* con una extensión de 1 ha, localizada sobre 2451 m. s.n.m. En el caso de Cerrito, plantación forestal de *Cupressus lusitánica* localizada a $6^{\circ}50'30''N$ $72^{\circ}41'57''W$ en la vereda Tinagá con una extensión de 6 ha, no obstante, para generar homogeneidad en las áreas seleccionadas se trabajó sobre 1 ha (Figura 1). En ambos casos las edades de establecimiento son mayores a 15 años (información aportada por habitantes del sector).

Figura 1.

Área de estudio y ubicación plantaciones forestales municipios de Málaga y Cerrito Santander



HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

3.1.1 *Análisis silvicultural plantaciones*

Fase inicial del estudio, donde fueron tratados los aspectos referentes al establecimiento y manejo silvicultural de las dos plantaciones forestales. Se realizaron cuatro recorridos de campo con diferencia de 15 días entre recorridos, para registrar datos primarios según la propuesta de (Murillo & Camacho, 1997). El muestreo de campo tuvo una intensidad del 10% del área en cada una de las plantaciones, donde fueron establecidas 7 parcelas circulares de 6.75 m de radio ubicadas al azar, de las cuales se extrajeron los datos que permitieron conocer el estado de las plantaciones forestales, así como, el manejo técnico silvicultural al momento del estudio. Las variables de la Tabla 1, fueron valoradas en una escala de 1 a 3, donde 1 evidenció no ejecución de la actividad silvicultural, y 3 la ejecución de la actividad.

Tabla 1.

Variables análisis silvicultural plantaciones forestales de Pinus patula y Cupressus lusitanica.

Variable	Descripción.
Entresaca	Labor silvicultural que busca optimizar el espacio plantado, mediante eliminación de individuos defectuosos. Su ejecución es fundamental para alcanzar volúmenes de madera altos al final del turno.
Poda	Remoción de ramas inferiores, su ejecución favorece la forma del árbol y promueven desarrollos óptimos en altura y diámetro.
Distancia de siembra	Espaciamiento entre individuos y surcos de individuos, se definen según el tipo de producto a generar por la plantación.
Trazado	Corresponde a la estética de la plantación, respecto de la correcta ubicación de cada uno de los individuos plantados.
Ubicación	Hace referencia la localización de la plantación en terrenos acordes para la actividad forestal. Para este proyecto fue revisado que las plantaciones no se establecieran en áreas de bosque natural o alguna categoría de conservación.
Acceso	Facilidad de acceso por vía terrestre.

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

3.1.2 *Análisis calidad de la madera*

Para la evaluación de calidad de la madera, se realizaron ajustes a la metodología propuesta por Murillo & Camacho, (1997), en la cual se valoraron aspectos dasométricos y silviculturales de los árboles en pie en cada una de las parcelas. En este caso, las variables se cuantificaron también mediante una escala de valoración tripartita, donde uno (1) corresponde a la más baja condición de la variable y tres (3) al óptimo. (Tabla 2).

Tabla 2.

Variables para análisis calidad de la madera en plantaciones forestales de Pinus patula y Cupressus lusitanica.

Variable	Descripción
Posición sociológica	Se define por la dominancia, estructura, función que presenta el árbol y su relación con otros.
Inclinación	Ángulo formado entre el tronco del árbol y una línea vertical, imaginaria, inclinación del árbol respecto a su posición vertical natural.
Daño mecánico	Lesiones físicas causadas por fuerzas externas como vientos, caída de otros árboles, impactos, podas inadecuadas o herramientas.
Estado fitosanitario	Describe la salud general de árbol, considerando factores como plagas, enfermedades, nutrición, estrés ambiental y estructura.

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Variable	Descripción
Reiteración	Se refiere a la disposición y repetición de ramas o estructuras vegetativas en torno al fuste.
Grosor de la rama	Diámetro o espesor de las ramas de un árbol, lo que permite evaluar la calidad de las podas. Este no debe ser mayor a 5 cm
Rectitud	Alineación vertical desde la base hasta la copa del árbol
Angulo de inserción	Angulo formado entre la rama y el fuste o tronco.
Grano espiral	Disposición helicoidal de fibras de madera en el fuste, la corteza puede presentar una textura que sigue un patrón espiral
Verticilo	Punto donde las ramas, se disponen simétricamente alrededor del tronco o fuste.
Entresaca	Actividad realizada para aumentar la distancia entre arboles adyacentes y reducir la competencia.

Tanto la calidad de las plantaciones según el manejo silvicultural, como la calidad de la madera se clasifico como se indica en la Tabla 3. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 3.

Clasificación de las plantaciones forestales de P. patula y C. lusitanica según manejo silvicultural y calidad de la madera.

Calidad	Calidad
1 – 1.9	Mala
1.9 – 2.0	Moderada
2.1 – 3.0	Buena

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

3.1.3 Muestreo de hexápodos edáficos

Para cada la colecta de insectos en cada plantación, fueron instalados 10 transectos rectangulares con dimensiones de (20 m x 2 m), cinco de ellos ubicados perpendiculares a la dirección de la pendiente, los otros cinco paralelos a la pendiente. El material fue colectado en campo según la metodología de Rivera et al. (2008), quienes sugieren el uso de trampas de caída libre y colecta directa en campo de los individuos en las unidades de muestreo (transecto). En este caso, para cada transecto de (40 m²) se instalaron 3 trampas de caída libre, construidas a partir de un recipiente plástico de dimensiones (20 cm x 30 cm x 15 cm de profundidad), ubicadas equitativamente en el área del transecto. La recolección se realizó por 3 meses cada 3 días en jornadas entre las 8:00 am a 14:00 pm. Para optimizar el proceso de colecta, se adicionaron carnadas como atún, azúcar y vísceras, reportados en la literatura como atrayentes de insectos. Los individuos colectados, se conservaron en alcohol al 70 % para su posterior clasificación, hasta los niveles taxonómicos orden y familia. Los géneros y especies estuvieron sujetos a colaboraciones externas, que permitieron tener certeza de la clasificación. Este proceso metodológico, fue desarrollado y soportado por el permiso *Marco de Recolección IDB0398* vigente para la Universidad Industrial de Santander, el cual fue tramitado con el museo de historia natural adscrito a la escuela de Biología ver (Apéndices A, B).

3.1.4 Colecta y reportes de información

En total se colectados 800 individuos de la clase insecta (hexápodos), material que fue reportado en archivo *Darwin Core* a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Industrial de Santander según comunicación de autorización fechada 30 de septiembre de 2024.

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Esto, en cumplimiento de los procedimientos institucionales referentes al permiso de colecta que tiene vigente la Universidad Industrial de Santander.

3.1.5 *Depósito de material colectado*

Finalizadas las fases de campo, clasificación de individuos y generación de resultados, se llevó a cabo el depósito de material colectado en la Colección Entomológica del Museo de Historia Natural ubicado en la Universidad Industrial de Santander – Escuela de biología. Para esto, fueron tenidos en cuenta los protocolos establecidos por la escuela sobre el tratamiento y entrega del material (Apéndice C)

3.1.6 *Diversidad de insectos*

La diversidad de insectos del suelo para el estudio fue analizada a nivel alfa. Para la estimación de diversidad alfa, inicialmente se empleó el índice Shannon (H') (Ecuación 1), y respecto de la dominancia, se empleó el índice Berger-Parker, sugerido por Caruso et al. (2007) para este tipo de estudios donde se pueden presentar variaciones en las condiciones del suelo (Número de la especie 1 sobre el total de individuos colectados

Ecuación 2)

Ecuación 1. *Ecuación índice de Shannon*

$$H' = \sum p_i * \ln p_i$$

Donde:

p_i : Número de la especie 1 sobre el total de individuos colectados

Ecuación 2. *Ecuación Índice Berger-Parker*

$$d = \frac{N_{max}}{N_{total}}$$

Donde:

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

N_{max} : el número total de individuos capturados de la especie más abundante

N_{total} : número total de individuos capturados de todas las especies

3.1.7 Muestreo de suelo

Adicional a la medición de variables silviculturales y colecta de insectos, en cada plantación se tomaron cuatro muestras de suelo a 30 cm de profundidad analizadas según los parámetros de la Tabla 4, en el laboratorio de suelos de la UIS sede Central. Estas variables, fueron insumo para los productos finales del estudio, donde se buscó explicar la relación de la diversidad de insectos y algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

Tabla 4.

Propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones forestales de Pinus patula y Cupressus lusitanica en Málaga y Cerrito departamento de Santander.

Propiedad	Símbolo	Unidades	Método de obtención
Potencial de hidrógeno	pH	N/A	Electrométrico: Relación 1:1 Agua destilada
Carbono total	C total	%	Colorimétrico: Walkley Black $K_2Cr_2O_7$ - H_2SO_4
Fósforo	P	ppmm	Colorimétrico: Bray II. HCl 0,1 N-NH ₄ F 0,03 N
Calcio	Ca	meq/100g	Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio
Magnesio	Mg	meq/100g suelo	Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio
Sodio	Na	meq/100g suelo	Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio
Potasio	K	meq/100g suelo	Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio
Arena	A	%	Bouyoucous: Agua destilada
Limo	L	%	Bouyoucous: Agua destilada
Arcilla	Ar	%	Bouyoucous: Agua destilada

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Capacidad de intercambio catiónico	CIC	meq/100g	Extracción: Acetato de Amonio
Conductividad eléctrica	CE	dS/m	Electrométrico: Agua destilada

Nota. Las propiedades relacionadas en la Tabla 4, corresponde a la disponibilidad de análisis del laboratorio y exploraciones documentales donde estas son propuestas.

3.1.8 *Análisis estadísticos*

Los datos correspondientes al estado silvicultural y calidad de la madera en las plantaciones, se analizaron mediante estadística descriptiva. En el caso de los datos de abundancia de insectos, estos fueron sometidos de pruebas de normalidad de *Shapiro-Wilk* y *Test Kruskal-Wallis* ($P < 0.05$) para identificar niveles de significancia entre plantaciones, y ubicación de transectos, respecto de la abundancia de hexápodos estimada. Finalmente, se aplicó la correlación de *Spearman* a las variables: edáficas, de abundancia, dominancia, así como, las referentes a calidad y manejo silvicultural de las plantaciones; para identificar pares correlacionados que explicaran las relaciones entre estos grupos de variables para el contexto de estudio, los datos para este análisis fueron previamente tratados bajo técnicas de normalidad.

4 Resultados

4.1 Características silviculturales plantaciones forestales evaluadas

El manejo silvicultural en las dos plantaciones forestales no fue el esperado para este tipo de cultivos (Tabla 5)Tabla 5.

Evaluación aspectos manejo silvicultural plantaciones P. patula y C. lusitanica municipios de Málaga y Cerrito Santander.. La evaluación en campo mostró bajas calificaciones en labores como entresacas (1.0), considerada fundamental para alcanzar óptimos respecto de la producción de madera. En el caso de la plantación CL, se observaron claros en el área de muestreo, pero fueron generados por deterioro de los individuos y no por una intervención técnica silvicultural. En el caso de las podas, se evidencio que fueron realizadas en los años iniciales, sin embargo, la técnica empleada de corta de la rama no fue la correcta, y no se le dio la continuidad requerida (Tabla 5).

Respecto de la distancia de siembra y trazado valoradas en (2.0), no se hallaron patrones de homogeneidad para las dos plantaciones en la totalidad de las áreas, al respecto, se trata de áreas cuyo aspecto exterior es aceptable; pero en su interior revelaron condiciones no favorables respecto de los sitios de siembra por individuo. En el caso de la ubicación (3.0) y acceso (3.0), fueron los aspectos de mayor calificación en la evaluación, no obstante, los demás criterios restan valor a estos aspectos. En tal sentido, PF y CL se localiza a 30 minutos de los cascos urbanos en los dos municipios; condición que favorece un proceso de comercialización de madera, aún sobre los valores obtenidos de la evaluación de calidad de la madera. En general, las dos plantaciones se clasifican en el rango de moderada calidad respecto de manejo silvicultural.

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Tabla 5.

Evaluación aspectos manejo silvicultural plantaciones P. patula y C. lusitanica municipios de Málaga y Cerrito Santander.

Plantación	En	L	P	Ds	Tr	Ub	Ac	Media
PP	1	2	2	1	2	3	3	2.0
CL	1	2	2	1	2	3	3	2.0

Nota. En: Entresaca, L: Limpia, P: Poda, Ds: Distancia de siembra, Tr: Trazado, Ub: Ubicación, Ac: Acceso

La evaluación de calidad de la madera en las plantaciones, mostró mejores condiciones en Málaga respecto de Cerrito. En *P. patula*, el 72 % de las variables estudiadas obtuvo puntuación alta, y tan solo, posición socioecológica, ángulo de inserción de ramas, y vertilicios mostraron valores por debajo del óptimo establecidos para el estudio (Tabla 6Tabla 6). Para *C. lusitanica*, los resultados fueron críticos en el 18% de las variables, y el restante 72% obtuvo puntuaciones intermedias. Variables como posición socioecológica y vertilicios presentaron igual condición en las dos áreas de estudio. En general, la plantación de *P. patula* según el valor medio estimado se clasificó como buena en términos de calidad de la madera, pero como moderada respecto del manejo silvicultural. En el caso de *C. lusitanica*, los resultados clasifican la plantación como modera tanto en calidad de la madera y manejo silvicultural (Tabla 6).

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Tabla 6.

Evaluación calidad de la madera plantaciones P. patula y C. lusitanica municipios de Málaga y Cerrito Santander.

PF	Ps	In	B	Dm	Ef	R	Gr	Rec	Ang	G	V	Media
PP	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2.7
CL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1.9

Nota. Los valores registrados en la tabla corresponden a la media para un (n=103 y n=80) en Málaga y Cerrito respectivamente. PF: *P. patula*, CL: *C. lusitanica*, Ps: Posición Socioecológica, In: Inclinación, B: Bifurcación, Dm: Daño mecánico, Ef: Estado fitosanitario, R: Reiteración, Gr: Grosor de rama, Rec: Rectitud, Ang: ángulo de inserción, G: Grano en espiral, V: Vertilicios.

4.2 Diversidad de hexápodos edáficos

La diversidad de hexápodos en suelos forestales, manejados con plantaciones comerciales no mostró valores altos según el índice H' estimado para los municipios Málaga y Cerrito (Tabla 7, Tabla 8). En el caso de la plantación forestal de *P. patula*, el valor H' fue de (1.35) clasificado como baja diversidad. No obstante, el análisis de las colectas y proceso de clasificación taxonómica; revelaron en esta plantación un 13% mas de familias respecto de *C. lusitanica*. A nivel de familias, en *P. patula* se destacan tres por su abundancia: Carabidae (Coleoptera) cuyos individuos representaron el 42% de la muestra, Blattidae (Blattodea) con el 37%, y Gryllidae (Orthoptera) con el 11%. Las restantes familias, durante el periodo de tiempo de colectas presentaron una media de 7.5 individuos para el muestreo (Tabla 7, Figura 2). El índice de Berger-

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Parker, no denota una dominancia alta (0.429) de las familias de hexápodos para la plantación forestal en Málaga.

Los resultados para *C. lusitanica* revelaron un valor de H' de (1.80), mayor a *P. patula*, sin embargo, fue clasificado como baja diversidad en la escala del índice. En esta plantación, Blattidae (Blattodea) también mostró una abundancia alta con el 26% de los individuos colectados, seguido de Miridae (Hemiptera) y Forficulidae (Dermaptera) con el 24 y 18% respectivamente (Tabla 8, Figura 2). Las restantes familias presentaron una media de 7.8 individuos similar a la plantación en Málaga, y respecto de la dominancia esta fue de (0.264) que evidencia una baja influencia de la familia con mayores capturas, sobre las restantes halladas durante el muestreo en campo.

Tabla 7.

Índice de Shannon para familias clase hexápoda plantación forestal Pinus patula municipio de Málaga - Santander

Familia	No individuos	Pi	Ln(Pi)	Pi * (lnPi)
Acrididae	4	0.0064	-5.0466	-0.0325
Blattidae	226	0.3633	-1.0124	-0.3679
Carabidae	267	0.4292	-0.8457	-0.3630
Coccinellidae	2	0.0032	-5.7398	-0.0185
Forficulidae	4	0.0064	-5.0466	-0.0325
Formicidae	3	0.0048	-5.3343	-0.0257
Grillidae	73	0.1173	-2.1425	-0.2514
Lygaeidae	1	0.0016	-6.4329	-0.0103
Miridae	5	0.0080	-4.8235	-0.0388
Muscidae	22	0.0353	-3.3419	-0.1182
Scarabaeidae	13	0.0209	-3.8680	-0.0808
Staphylinidae	2	0.0032	-5.7398	-0.0185
Total	622			-1.35

Nota. Resultado final de la sumatoria multiplicado por -1.

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Tabla 8

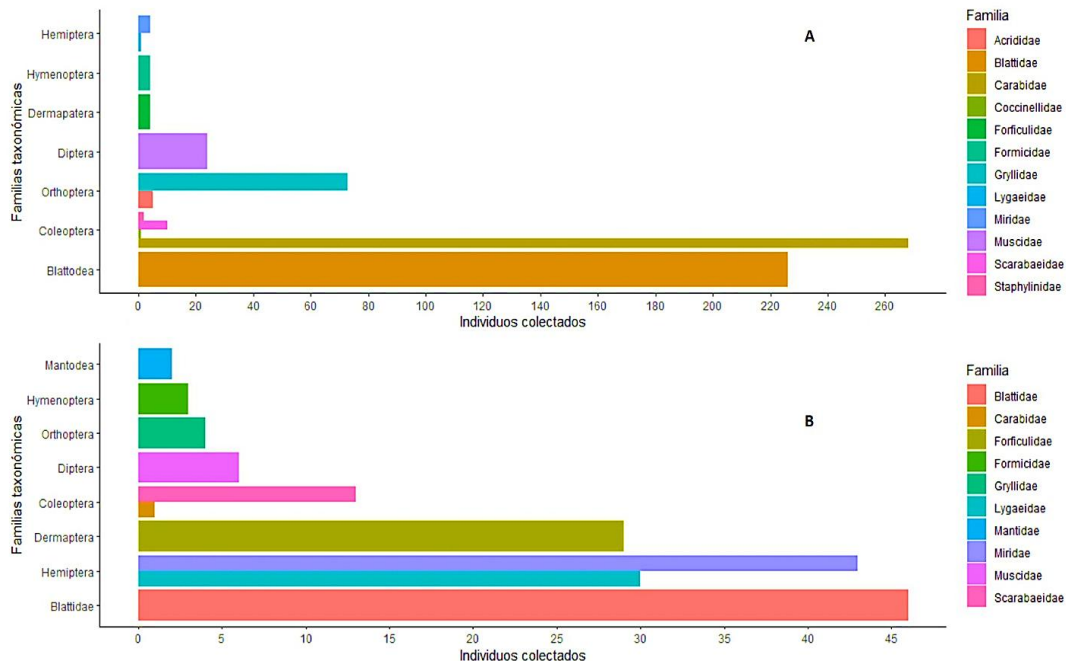
Índice de Shannon para familias clase hexápoda plantación forestal *Cupressus lusitanica* municipio de Cerrito - Santander

Familia	No individuos	Pi	Ln(Pi)	Pi * (lnPi)
Blattidae	47	0.2640	-1.3316	-0.3516
Carabidae	3	0.0169	-4.0832	-0.0688
Forficulidae	33	0.1854	-1.6853	-0.3124
Formicidae	1	0.0056	-5.1818	-0.0291
Grillidae	4	0.0225	-3.7955	-0.0853
Lygaeidae	30	0.1685	-1.7806	-0.3001
Mantidae	2	0.0112	-4.4886	-0.0504
Miridae	43	0.2416	-1.4206	-0.3432
Muscidae	6	0.0337	-3.3900	-0.1143
Scarabidae	9	0.0506	-2.9846	-0.1509
Total	178			-1.802

Nota. Resultado final de la sumatoria multiplicado por -1.

Figura 2.

Órdenes y familias taxonómicas halladas en plantaciones de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica* en Málaga y Cerrito Santander

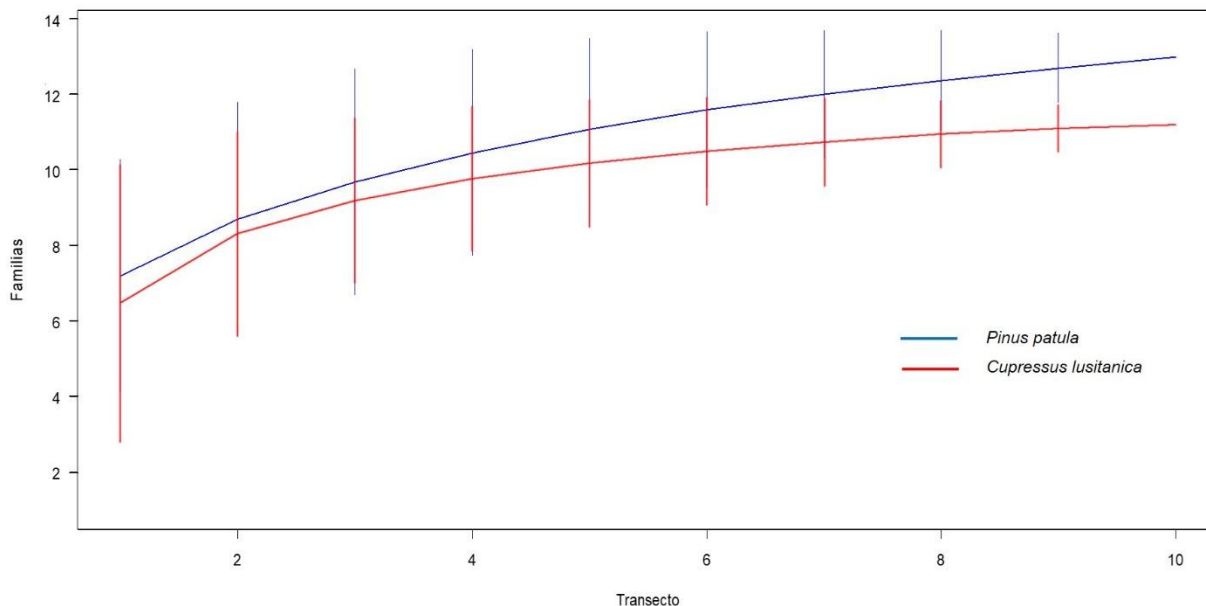


HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

La riqueza representada en la Figura 3, mostró un menor número de familias presentes en *C. lusitanica*, cuyo rango estuvo entre 6.5 a 11, contrario a *P. patula* donde este atributo sobre la diversidad, arrojó valores entre 7.2 a 13 según la estimación de la función *specaccum* del paquete *BiodiversityR* de Rstudio. En *C. lusitanica* a partir del octavo muestreo, se presentó la tendencia estabilidad de la muestra correspondiente a la asíntota de la curva, situación que para *P. patula* no se evidencio (Figura 3).

Figura 3.

Curvas de acumulación para familias de Hexapodos colectadas en plantaciones de Pinus patula – Cupressus lusitanica



4.2.1 Análisis colecta de hexápodos por plantación y unidad de muestreo.

El test de *Kruskal-Wallis* reveló diferencias significativas ($p < 0.05$), entre plantaciones forestales respecto del número de hexápodos colectados durante los cinco meses. No obstante, el análisis por unidad de muestreo y la ubicación de los transectos (perpendicular y paralelo a la

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

pendiente) definida para el estudio, mostró igualdad estadística sobre el total de individuos colectados (Tabla 9).

Tabla 9.

Análisis de varianza para plantaciones y ubicación de transectos, test Kruskal-Wallis ($P < 0.05$).

Lugar de Muestreo	df	<i>p-value</i>
Plantación	3	0.01
Transecto	9	0.46

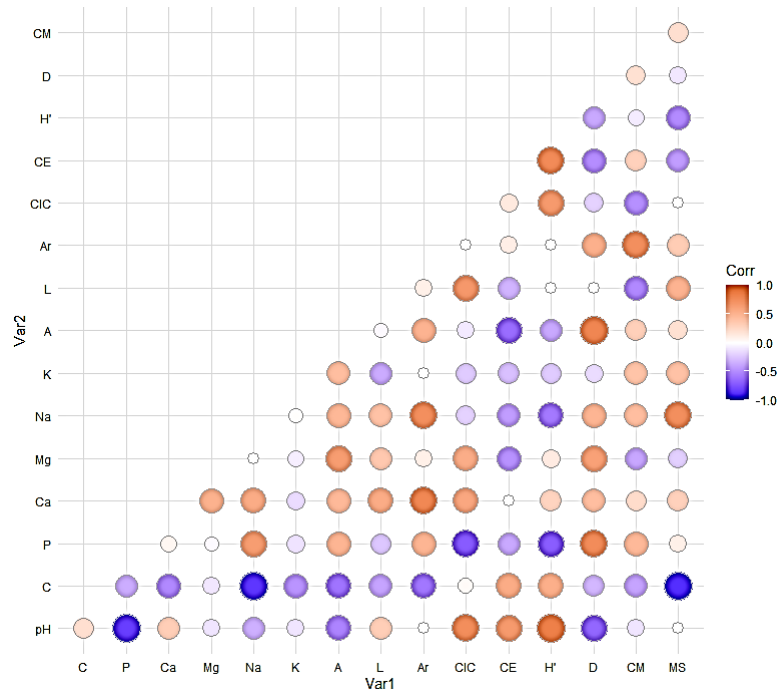
4.3 Relaciones suelo – diversidad de hexápodos – aspectos silviculturales.

El análisis de correlación de Spearman en las dos plantaciones mostró en *P. patula* mayor número de pares correlacionados de forma fuerte (> 0.7) respecto de las propiedades del suelo con el índice de Shannon (H'), Dominancia (D), Calidad de la madera (CM) y Manejo silvicultural (MS) (Figura 4). Para la plantación forestal en Málaga, la D presentó correlación fuerte con el porcentaje de arena, y concentración de fósforo (0.8 y 0.76) respectivamente (Figura 4). De igual forma, se obtuvieron relaciones fuertes entre H' y potencial de hidrógeno, y la concentración de sales en el suelo (0.84 y 0.77). En el caso de las variables silviculturales, la CM se relacionó de forma fuerte con el porcentaje de arcillas (0.74), y el MS con la concentración de sodio (0.74). No obstante, los resultados también destacan para esta plantación, correlaciones moderadas como las obtenidas entre D, y contenido de magnesio (0.62), y la fracción de arcillas (0.52). El índice H' mostró relación con capacidad de intercambio catiónico, y porcentaje de carbono (0.67 y 0.53). Por último, se destaca la correlación fuerte e inversa entre MS y el porcentaje de carbono del suelo (Figura 4).

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Figura 4.

Correlograma propiedades físicas, químicas del suelo, diversidad, dominancia de hexápodos, y calidad plantación *Pinus patula* Municipio de Málaga Santander.



Los resultados de correlación respecto de las variables de biodiversidad en la plantación de *C. lusitanica*, solo mostraron una relación fuerte entre la D con el Mg (0.84). Las restantes correlaciones fuertes, se dieron para CM con Mg, A, pH y L (0.85, 0.81 0.78, 0.75) (Figura 5). Por otro lado, los pares clasificados como moderados fueron D con H' (0.62), CM con D y H' (0.69) en ambos casos, y por último el MS se mostró con una relación moderada hacia el H'.

5 Discusión

El desarrollo de cultivos forestales de enfoque comercial requiere una planificación integral de actividades silviculturales; bajo esquemas de producción que impacten todos los pilares de la sostenibilidad. En tal sentido, los hallazgos iniciales del estudio sugieren que no solo la etapa de establecimiento garantiza el éxito de plantaciones forestales para la zona de estudio. Falencias en la ejecución de podas, trazado y distancia de siembra tanto en *P. patula* como *C. lusitanica*, se identifican como aspectos y labores que afectaron la calidad de las plantaciones a nivel de manejo silvicultural. Resultado que concuerda con estudios de Ortiz (2024), y Duarte & Parra (2023), quienes evaluaron plantaciones de *P. patula* en las veredas Buenavista y Pescadero del municipio de Málaga, y reconocen en la ausencia de estas labores una limitante para disponer en la región de cultivos forestales de mejor calidad silvicultural. La evaluación de calidad de la madera, indica menor potencial de comercialización de la madera en *C. lusitanica*, donde la gran mayoría de las variables del estudio no alcanzaron puntuaciones altas, y se destaca el grosor de ramas y vertilicios como las variables que en mayor grado afectan la madera. En tal sentido, Duarte & Parra (2023), también hacen mención de estas variables como limitantes de calidad de la madera para la Provincia de García Rovira, y aluden, que el desconocimiento de los propietarios de predios plantados, sobre el efecto no realizar podas en los tiempos y forma adecuada es la causa de la situación revelada en el presente estudio.

La diversidad de hexápodos del suelo fue baja en las dos plantaciones forestales, no obstante, el contexto general de estudio revela que son coberturas donde estos de microorganismos pueden habitar. Este tipo de estudios se han llevado cabo en países como Ecuador, Chile y Argentina, en plantíos forestales de especies comerciales. En este sentido, los hallazgos de baja diversidad obtenidos en las plantaciones ubicadas en Málaga y Cerrito, concuerdan en parte con Barrientos

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

et al. (2022), quienes argumentan que estos valores se deben al poco aporte de hojarasca realizado al suelo por este tipo de cultivos específicamente los establecidos con *Eucalyptus tereticornis* en Argentina. Tal situación, no se evidenció para *P. patula* y *C. lusitanica* donde las capas de littering en promedio son de 10 cm, por tanto, la especie analizada y el contexto espacial son factores para considerar para estos estudios. En este mismo sentido Muñoz et al. (2021), reportan un valor de H' igual a 1.7 para plantaciones de *Pinus radiata* en Chile, resultado similar con los hallados en *C. lusitanica* y distante de *P. patula*, no obstante, los resultados generados por estos autores incluyen los periodos estacionales del clima variable no incluida para el presente estudio, a pesar de esto, son informaciones que confirman en contexto general de baja presencia de hexápodos en el suelo de plantaciones forestales.

La diversidad de hexápodos en suelos forestales para las dos localidades estudiadas está representada por individuos de ordenes como Coleoptera, Blattodea, Orthoptera. Este resultado que concuerda con reportes de Pérez-García et al. (2025), quienes estudiaron poblaciones de insectos en plantaciones comerciales al norte de Colombia, y registran las mayores abundancias para Coleoptera. En Panamá, Murgas et al. (2009) también hallaron mayores individuos de Coleoptera, pero en plantaciones forestales de *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*. Estos autores coinciden en afirmar, que se trata igualmente de poblaciones de insectos; que pueden causar afectaciones en cultivos forestales, por tanto, es fundamental tener registros de su diversidad, pero acompañados de monitoreos. En este mismo sentido, Mendez-Rojas et al. (2012) destacan la presencia de Coleoptera como grupo relevante, en este caso, las coberturas estudiadas fueron pastos, plantación de *Alnus jorullensis*, y bosques naturales altoandinos, sus resultados indican un valor de H' igual 3.2 en bosques, para *A. jorullensis* de 2.9 y pastos con 2.4. Estas informaciones distan ampliamente, de los valores en *P. patula* y *C. lusitanica*, lo cual, no obstante, se trata de

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

intensidades de muestreo diferentes pero que confirman la incidencia de la cobertura en la diversidad de hexápodos del suelo.

Los análisis de correlación acá obtenidos revelan relaciones fuertes entre los hexápodos del suelo, cultivos forestales de coníferas y las propiedades químicas de suelos en García Rovira, informaciones no registradas hasta donde se tenía conocimiento para la región. Este tipo de abordajes no es muy frecuente en ciencias forestales, por tanto, se destacan los hallazgos sobre las relaciones fuertes (>0.8) entre el potencial de hidrógeno, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica con la diversidad alfa estimada en *P. patula*. Situación contraria hallada en *C. lusitanica*, donde la diversidad solo genero un par alto de correlación con Mg. Al respecto, Arias-Ortega et al. (2015) concuerdan con estos resultados al informar que las propiedades químicas del suelo tienen alta incidencia sobre la diversidad de invertebrados edáficos datos generados en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el departamento de Caldas.

Los hallazgos de correlación de las variables silviculturales con la diversidad de hexápodos permiten establecer un escenario favorable para estos organismos en términos de hábitat en *C. lusitanica*. El tal sentido, Arias-Ortega et al. (2015) aseguran que la estructura de la plantación incide sobre las condiciones de hábitat para la entomofauna edáfica en plantaciones forestales, informaciones que concuerdan, con los acá reportados donde fueron revelados datos de estructura silvicultural para la plantación establecida en el municipio de Cerrito.

6 Conclusiones

La baja ponderación obtenida al evaluar el manejo silvicultural para el área de estudio ratifica la importancia de la planificación y trazabilidad de todo cultivo forestal comercial. En tal sentido, el estudio validó como la provincia de García Rovira cuenta con áreas óptimas para el

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

negocio forestal, sin embargo, esto no garantiza la rentabilidad ni viabilidad de la producción de madera como se demostró para *P. patula* y *C. lusitanica* dos especies con alto potencial comercial en la región.

La diversidad de hexápodos edáficos en las plantaciones forestales fue baja, a pesar de esto, las informaciones aportadas por el estudio mostraron como el suelo donde son establecidas, tiene condiciones para ser hábitat de poblaciones de insectos, aspecto que amerita una reflexión sobre el rol ambiental y ecológico de estos cultivos comerciales que son vistos en la mayoría de los casos como no benéficos para el medio ambiente.

La ubicación de los transectos respecto de la pendiente del suelo fue un aspecto que no incidió en el número de colectas, pero la ubicación por municipio si causo efecto significativo en la colecta final para el estudio. Por tanto, muestreos posteriores que impliquen dos o más municipios en la Provincia de García Rovira, deben incluir este aspecto en los análisis estadísticos.

El orden Coleoptera, Blattodea y Orthoptera, fueron los más representativos en términos de la abundancia y diversidad plantaciones forestales de *P. patula* y *C. lusitanica*. Por tanto, estos grupos de insectos deben ser tenidos en cuenta como referentes; para estudiar procesos específicos de la interfaz suelo planta, de tal forma, que a partir de su identificación se traten aspectos como la descomposición de la materia orgánica, el ciclaje de nutrientes en contextos donde estas informaciones son escasas como las plantaciones forestales comerciales.

Existe un vínculo directo entre los elementos de la interfaz suelo – planta en plantaciones forestales como fue demostrado en los análisis de correlación, informaciones que deben tratadas a mayor nivel de detalle en otros contextos espaciales de la región. De esta forma, se ratifica el rol que tienen estos cultivos comerciales no solo como fuentes de madera, sino como promotores de

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

la conservación de importantes recursos genéticos, aspecto para destacar en un momento donde aún se tienen mitos que castigan su potencial en el desarrollo local.

Las variables silviculturales contrario a lo conocido previo al estudio, si tienen incidencia en las poblaciones de hexápodos del suelo, como fue demostrado en *Cupressus lusitanica*. Por tanto, los protocolos de manejo silvicultural; pueden incluir estas informaciones como aspectos a ser tenidos en cuenta durante los turnos definidos para plantaciones forestales.

7 Recomendaciones

Tomar los resultados del presente estudio, como referentes para continuar investigando aspectos sobre la silvicultura de plantaciones forestales en los municipios de la Provincia de García Rovira, esto, a pesar de no ser un uso de suelo de amplia extensión.

Integrar a nuevas investigaciones sobre entomofauna del suelo, otras propiedades del suelo que permitan ampliar el grado de comprensión de la relación de estos organismos en cultivos forestales y ecosistemas naturales de la provincia.

Informar a los propietarios de las plantaciones y comunidad en general, sobre los resultados generados de la investigación, de tal forma, que estas informaciones permiten a las personas reconocer en estos cultivos aspectos importantes asociados a la conservación de recursos genéticos como los hexápodos del suelo.

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

8 Referencias bibliográficas

- Arias-Ortega, P., Guapacha-Marulanda, K., & Toro-Restrepo, B. (2015). Influencia de la regeneración de plantaciones sobre la diversidad y densidad de macroinvertebrados edáficos (Caldas, Colombia). *Boletín Científico Del Centro de Museos*, 19(1), 49–64. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.1.4>
- Barrientos, G., Dettler, M., Martínez, E., Santadino, M., Ansa, M., Elgue, M., Ewens, M., Craig, E., & Riquelme M. (2022). Efecto de los bosques cultivados de *Prosopis alba* Grisebach y *Eucalyptus tereticornis* Smith sobre la diversidad de artrópodos epígeos en la ecorregión Chaco Seco, Argentina. *Investigación Agraria*, 24(1), 8–13. <https://doi.org/10.18004/INVESTIG.AGRAR.2022.JUNIO.2401698>
- Baudino, F., Cecchetto, N., Buffa, L., & Visintin, A. (2020). Of arthropods and plants: Arthropod fauna diversity in a vegetation gradient in los llanos of La Rioja province (Argentina). *Ecologia Austral*, 30(1), 63–76. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.1.0.867>
- Cardenas, M., & Cortés, F. (2024). Efecto de las plantaciones de *Pinus patula* (Pinaceae) sobre suelo y vegetación en el páramo de Rabanal, Samacá Boyacá. *Bistua Revista de La Facultad de Ciencias Basicas*, 22(1), 1–6. <https://doi.org/10.24054/bistua.v22i1.2697>
- Cárdenas-Torres, M. (2014). Estudio comparativo de la composición florística, estructura y diversidad de fustales en dos ecosistemas del campo de producción 50k cpo-09, llanos del Orinoco Colombiano. *Colombia Forestal*, 17(2), 203. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a06>
- Caruso, T., Pigino, G., Bernini, F., Bargagli, R., & Migliorini, M. (2007). The Berger–Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: a case study on Mediterranean

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

oribatid (Acari: Oribatida) assemblages. *Annals of Microbiology*, 16(12), 3277–3285.

<https://doi.org/10.1007/S10531-006-9137-3/METRICS>

Delgado, L., & Pedraza, R. (2002). LA MADERA MUERTA DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES. In *Foresta Veracruzana* (Vol. 4, Issue 2).

Delgado, M. (2016). Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. *BIOTECH*, 1–9.

Dendi, D., Förster, T., & Chaboo, C. (2023). Arthropod diversity in phytotelmata of *Calathea capitata* (Zingiberales; Marantaceae) host plants from Peru. *Revista Peruana de Biología*, 30(2).

<https://doi.org/10.15381/rpb.v30i2.25654>

Díaz, M., Rionda, M., Duhour, A., & Momo, F. (2014). Artrópodos del suelo: Relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria agropecuaria. *Ecología Austral*, 24, 327–334.

Díaz, O., Montero, D., & Lagos, J. (2009). Effect of efficient microorganisms on cation exchange capacity in acacia seedlings (*Acacia melanoxylon*) for soil recovery in Mondoñedo, Cundinamarca. *Revista Colombiana Forestal*. 12, 141–160

Doles, J. D., Zimmerman, R. J., & Moore, J. C. (2000). Soil Microarthropod Community Structure and Dynamics in Organic and Conventionally Managed Apple Orchards in Western Colorado, USA. *Applied Soil Ecology*. 18(1), 83-96.

Duarte, H., & Parra, D. (2023). *Análisis del patrimonio ambiental de la vereda Pescadero, municipio de Málaga Santander, un abordaje desde el enfoque de tierras.*

Eckert, M., Gaigher, R., Pryke, J., Janion-Scheepers, C., & Samways, M. (2023). High trait diversity among soil arthropods allows their survival in a heterogeneous eco-agricultural mosaic. *Soil Biology and Biochemistry*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109180>

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

- Effron, D., Defrieri, R., Sarti, G., Escobar, J., & García, i. (2012). Propiedades microbiológicas en un suelo de la Patagonia Argentina bajo la influencia de diferentes especies forestales. In *ARGENTINA* (Vol. 29, Issue 2).
- Fedemaderas. (2023). *Boletín forestal 2023. Federación Nacional de Industriales de la Madera*. <https://fedemaderas.org.co/boletin-forestal-septiembre-2023/>
- Fernández-Pérez, L., Ramírez-Marcial, N., & González-Espinosa, M. (2013). Reforestación con *Cupressus lusitanica* y su influencia en La diversidad del bosque de pino-encino en los altos de Chiapas, México. *Botanical Sciences* (Vol. 91, Issue 2).
- Flores, L., Escoto, J., Flores, F., & Hernández, A. (2008). Estudio de la biodiversidad de artrópodos en suelos de alfalfa y maíz con aplicación de biosólidos. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 40, 11–19.
- Flores, L., Escoto, J., Flores, F., & Hernández, A. (2008). Estudio de la biodiversidad de artrópodos en suelos de alfalfa y maíz con aplicación de biosólidos. *Investigación y Ciencia*, 40, 11–18. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67404003>
- García, F. (2006). Interacción entre microorganismos. *Cultura Científica*, 48–51.
- García, I. (2011). Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas. *Revista Argentina de Microbiología*. 43, 1–3.
- García, M., & Barrera, N. (2019). Diversidad de Artrópodos en tres sistemas de manejo agronómico de café en el Municipio de Líbano – Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(2), 37–50. <https://doi.org/10.22490/21456453.2725>
- García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource. *Pastos y Forrajes* (Vol. 35, Issue 2).

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

- Hernández-Ramos, J., Hernández-Ramos, A., Ordaz-Ruiz, G., García-Espinoza, G., García-Magaña, J., & García-Cuevas, X. (2022). Índice de sitio para plantaciones forestales de *Pinus patula* en el Estado de México. *Madera y Bosques*, 28(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2822308>
- Hernández-Tirado, A., Castaño-Meneses, G., Ibañez-Huerta, A., Ramos-Chávez, D., Aguirre-Plata, L., Pérez-Velázquez, D., Montes-Recinas, S., & Cruz-Ortega, R. (2022). Artrópodos edáficos en diferentes usos de suelo de la Sierra Nevada, Tepetlaoxtoc, Estado de México, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 48(1). <https://doi.org/10.25100/SOCOLEN.V48I1.11632>
- León-Gamboa, A. L., Ramos, C., & García, M. Ruth. (2010). Efecto de plantaciones de pino en la artopofauna del suelo de un bosque Altoandino. *Revista de Biología Tropical*, 58(3), 1031–1048.
- Lezzi, M. (2019). Efectos de las plantaciones forestales en la diversidad y composición de los ensambles de mamíferos de pastizal y de bosque del Noroeste de Argentina. *Dialnet*. https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n6611_jezzi
- Martínez-Ruiz, R., Azpíroz-Rivero, H., Rodríguez-De la O, J., Cetina-Alcala, V., & Gutiérrez-Espinoza, M. (2006). Importancia de las plantaciones forestales de Eucalyptus. *Ra Ximhai*, 2(3), 815–846. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46120313>
- Méndez-Neri, M., Ramírez-Herrera, C., Vargas-Hernández, J., Martínez-Trinidad, T., López-Upton, J., & López, P. (2020). Genetic diversity at two seed orchards of *Pinus patula* schiede ex Schldtl. et Cham. *Rev. Fitotec. Mex.*, 43, 113–119.
- Méndez-Rojas, D., López-García, M., & García-Cárdenas, R. (2012). Diversidad de escarabajos (Coleoptera, Staphylinidae) en bosques altoandinos restaurados de los Andes centrales de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 38, 141–147.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Informe de Gestión 2023 – Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co>

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

- Muñoz, F., Huerta, A., & Curkovic, T. (2021). Diversity of epigeal coleopteran in nothofagus glauca forests and *Pinus radiata* plantations in central Chile. *Revista Colombiana de Entomología*, 47(1).
<https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.7522>
- Murgas, A., Barrios, H., & Luna, I. (2009). Diversidad de insectos en cuatros especies de plantas maderables nativas establecidas en monocultivos y cultivos mixtos en Sardinilla, Panamá. *Entomotropica*, 24.
- Murillo, O., & Camacho, P. (1997). Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. In *Agronomía Costarricense* (Vol. 21, Issue 2).
- Oficina Nacional Forestal (ONF). (2018). El sector forestal y su evolución en el tiempo: Conservación y producción en armonía. ONF.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). Soil biodiversity.*
<https://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/en/>
- Ortiz, K. (2024). *Evaluación de calidad y proyección dendrométrica de una plantación forestal de Pinus patula en Málaga Santander.*
- Pérez-García, K., Fernández-Herrera, C., & Fonseca-Angulo, M. (2025). Presence of Cerambycids in Plantations of *Eucalyptus urograndis*. *Colombia Forestal*, 28(1).
<https://doi.org/10.14483/2256201X.22700>
- Petit-Aldana, J., Uribe-Valle, G., & Muchacho-Briceño, R. (2010). Behavior of mexican cypress (*Cupressus lusitánica* mill.) for christmas tree production under andean high climate environment, Colombia. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVI(1), 13–19.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2009.04.010>

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

- Pinzón, O., Hernández, A., & Malagón, L. (2012). Diversidad de termitas (Isoptera: Termitidae, Rhinotermitidae) en plantaciones de caucho en Puerto López (Meta, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 38.
- Rivera, M., Lugo, A., & Vázquez, S. (2008). Densidad de artrópodos activos en la superficie del suelo de un bosque novedoso de *Castilla elastica*. *Acta Científica*, 22, 3–11.
- Viejo, J. (2009). La diversidad de artrópodos de España. *Nuestra Riqueza Natural*, 13–142.
- Villalobos-Barquero, V., & Meza-Montoya, A. (2019). Impacto en la densidad aparente del suelo provocado por el tránsito de búfalos (*Bubalus bubalis*) en arrastre de madera. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(2), 147–155. <https://doi.org/10.15359/rca.53-2.8>

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

9 Apéndices

Apéndice A

Solicitud permiso de colecta ante la Universidad Industrial de Santander – Director Colección Biológica.

Málaga Julio 31 de 2024

Profesor:
Daniel Rafael Miranda Esquivel
Escuela de biología UIS

Cordial saludo

Somos **Edwin Gerardo Basto García** y **Libardo Sepúlveda** estudiantes del programa Ingeniería Forestal en la UIS – Sede Málaga. Actualmente, desarrollamos el trabajo de grado titulado **Artrópodos edáficos asociados a cultivos forestales de *Pinus patula* y *Cupressus lusitánica* en García Rovira – Santander**, bajo la dirección de profesor Ricardo Andrés Oviedo Celis. La fase metodológica de campo, requiere la colecta de artrópodos en el contexto de estudio seleccionado, por tanto, solicitamos su colaboración y orientación para conocer información sobre el permiso de colecta que tiene la Universidad Industrial de Santander, esto con el fin de llevar el trabajo de campo de forma ajustada a los lineamientos que la normatividad tiene definida para este tipo de estudios. De igual forma, manifestamos nuestro interés de aportar la colecta a la colección entomológica de la escuela de biología, donde se cuenta con la infraestructura adecuada para su manejo y gestión.

En caso de requerir información adicional, estaremos atentos para lo cual colocamos a disposición los correos electrónicos institucionales raovicel@correo.uis.edu.co, edwin2195184@correouis.edu.co, libardo2185100@correo.uis.edu.co.

Agradecemos su atención, en espera de respuesta a nuestra solicitud.

Cordialmente,



Edwin Gerardo Basto García
Estudiante Ingeniería forestal
Cod: 2195184



Libardo Sepúlveda
Estudiante Ingeniería forestal
Cod: 21851001

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Apéndice B

Notificación actividad de recolección en campo, Málaga 2024-2025 Permiso Marco de Recolección IDB0398

Bucaramanga, 30 de septiembre de 2024

Señores
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
Universidad Industrial de Santander

Asunto:
Notificación salida a campo para la colecta de material biológico, Permiso Marco de
Recolección No. IDB0398 – Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA.

Estimados señores,

Por medio de la presente, en mi calidad de profesor adscrito al Grupo de investigación en Biodiversidad - GeBio e investigador contemplado dentro del Permiso Marco de Recolección No. IDB0398 de la ANLA, me permito notificar a esta Vicerrectoría la actividad continua de colecta de insectos ligada al trabajo de grado **Hexápodos edáficos asociados a cultivos forestales de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*** en dos localidades de García Rovira – Santander. del programa de Ingeniería Forestal, adscrito al Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED, sede Málaga, Santander, a cargo del profesor Ricardo Andrés Oviedo Celis.

La colecta se desarrollará en los municipios de Concepción y Cerrito, departamento de Santander. En estas dos localidades de la provincia de García Rovira, en dos áreas forestales comerciales:

1. **Concepción, vereda Cuzagueta:** Localizada a 6°45'55"N 72°43'27"W, es una plantación forestal de *Pinus patula* con una extensión de 21 ha.
2. **Cerrito:** Plantación forestal de *Cupressus lusitanica* localizada a 6°50'30"N 72°41'57"W en la vereda Tinagá, con una extensión de 6 ha.

La recolección de material biológico se llevará a cabo desde el 1 de octubre de 2024 hasta el 30 de marzo de 2025. El objetivo principal es analizar la diversidad de insectos edáficos asociados a plantaciones forestales comerciales de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*, establecidas en los municipios de Málaga y Cerrito, provincia de García Rovira.

Lo anterior, en cumplimiento de lo estipulado en el Parágrafo 1 del Artículo Cuarto de la Resolución No. 0047 de la ANLA (...) *La UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, deberá mediante comunicación escrita informar a esta Autoridad Nacional acerca de los especímenes que serán objeto de recolección y movilización en cada uno de los proyectos realizados en el marco del Permiso de Recolección otorgado, la cual debe ser aportada por los investigadores que realicen las actividades de recolección en el proyecto, junto con la copia del Permiso Marco de Recolección.*

Cordialmente,



Daniel Rafael Miranda Esquivel
CC 79266571
Grupo de Estudios en Biodiversidad - GeBio

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL

Apéndice C.

Soportes deposito material colectado en Colección biológica UIS.

Bucaramanga, 27 de Marzo de 2025.

El suscrito curador de la colección de entomología da constancia de que los estudiantes de la carrera Ingeniería Forestal de la UIS, **Libardo Sepúlveda Suárez** (código 2185100) y **Edwin Gerardo Basto García** (código 2195184), entregaron el material biológico y el archivo Darwin Core asociado al proyecto "Hexápodos edáficos asociados a cultivos forestales de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica* en García Rovira – Santander" (Código tesis: 32786), bajo la dirección del profesor **Ricardo Andrés Oviedo Celis**. El registro ante el SIB y la constancia final de depósito están en trámite.



Daniel R. Miranda Esquivel
Curador
Colección entomológica UIS

HEXÁPODOS SUELO FORESTAL