INFORME DE GESTION 2025

Corporación COL-TREE

17 DE MARZO DE 2026

Vereda la Porquera, Alto de la Sepultura Casa 12A,
San Vicente Ferrer, Antioquia-Colombia
Teléfono: +57 314 880 6209, www.coltree.com.co

BOSQUES ANDINOS: Esta línea de investigación tiene como objetivo evaluar el estado de conservación, las estrategias de los árboles para crecer, sobrevivir en los bosques de montaña y los riesgos por el cambio climático.

I. Sensibilidad del bosque tropical al estrés térmico – Trop-Heat

A. Contexto y objetivo del proyecto

El calentamiento global está incrementando la frecuencia e intensidad de eventos de calor extremo en los trópicos. Estos cambios climáticos ya están afectando el funcionamiento y la composición de los bosques tropicales, particularmente en los bosques de montaña, donde se han observado reducciones en crecimiento, cambios en la composición de especies y aumentos en la mortalidad de especies adaptadas a climas más fríos (Cuni-Sanchez et al., 2024; Duque et al., 2015; Feeley et al., 2020; Restrepo et al., 2025).

En este contexto, el proyecto busca comprender los mecanismos fisiológicos que determinan la resiliencia o vulnerabilidad de las especies de árboles tropicales frente al aumento de temperatura, especialmente en relación con el estrés térmico en las hojas.

El objetivo principal del proyecto es determinar cómo las estrategias fisiológicas de evasión o tolerancia al calor influyen en el crecimiento de los árboles y en los cambios de composición de los bosques tropicales a lo largo de gradientes climáticos y altitudinales. Para lograrlo, el estudio combina experimentos de campo en Colombia y Ruanda, donde se evalúan diferentes especies de árboles bajo condiciones contrastantes de temperatura y disponibilidad de agua.

1. Participación de la Corporación COL-TREE

La Corporación COL-TREE participa como socio científico y logístico del proyecto en Colombia. Su rol incluye:

- Apoyo logístico y científico en las campañas de campo.
- Instalación y mantenimiento de instrumentación (sensores de temperatura foliar, flujo de savia y humedad del suelo).

- Realización de mediciones ecofisiológicas y de rasgos funcionales.
- Gestión local del proyecto y monitoreo de los sitios experimentales.
- Contribución al análisis de datos y producción científica.

Estas actividades permiten el desarrollo de las campañas de medición y el seguimiento continuo del experimento en los sitios de estudio ubicados en los Andes colombianos y los bosques de montaña de Ruanda.

2. Hipótesis del proyecto

El proyecto plantea dos hipótesis principales sobre las estrategias de respuesta al calor de las especies tropicales.

H1. El crecimiento de los árboles a temperaturas elevadas depende del margen de seguridad térmica (TSM). Este margen corresponde a la diferencia entre la temperatura máxima que experimenta una hoja y la temperatura a la cual ocurre daño fisiológico en el fotosistema II.

H2. La plasticidad de los rasgos funcionales determina la respuesta al calentamiento.

3. Información sobre las plantaciones experimentales en Raunda y Colombia

Los experimentos en Colombia y Ruanda fueron diseñados plantaciones de árboles de montaña para realizar tratamientos de calentamiento (14 y 22 °C en Colombia; 15 y 20 °C en Ruanda). Los sitios experimentales fueron establecidos en enero de 2019 en Colombia y en enero de 2018 en Ruanda, abarcando elevaciones altas y medias.

En Colombia, los sitios experimentales se caracterizan de la siguiente manera: un sitio con temperatura media anual (MAT) de 14 °C (percentil 99 de temperatura, T99 = 21 °C; precipitación anual = 2774 mm; elevación = 2452 m s.n.m.) y un sitio con MAT de 22 °C (T99 = 33 °C; precipitación anual = 2045 mm; elevación = 1326 m s.n.m.). En Ruanda, los sitios incluyen un sitio con MAT de 15 °C (T99 = 23 °C; precipitación anual = 2144 mm; elevación = 2400 m s.n.m.) y un sitio con MAT de 20 °C (T99 = 28 °C; precipitación anual = 1672 mm; elevación = 1600 m s.n.m.).

En Colombia, el diseño experimental incluye 720 plántulas de nueve especies de árboles de montaña (*Clethra fagifolia, clusia multiflora, Guatteria lehmannii, Ilex laurina, Inga densiflora, Inga ingoides, Inga marginata, Inga spectabilis* y *Quercus humboldtii*) plantadas en dos sitios distribuidos en cuatro parcelas, con seis réplicas por especie en cada parcela (360 árboles por sitio), además de 160 plántulas adicionales de las especies más exitosas replantadas en el sitio de 22 °C en noviembre de 2020. Todos los árboles fueron plantados en suelos provenientes del sitio de mayor elevación y fueron irrigados permanentemente. En Ruanda, el conjunto de datos incluye mediciones de 1440 plántulas de ocho especies (*Carapa grandiflora, Croton megalocarpus, Faurea saligna, Ficus thonninghii, Harungana montana, Macaranga kilimandscharica, Prunus africana* y *Syzygium guineense*) distribuidas en dos sitios y seis parcelas, con cinco réplicas por especie. En la mitad de las parcelas los suelos fueron fertilizados para controlar las diferencias de fertilidad entre sitios, y la disponibilidad de agua fue manipulada en la mitad de las parcelas mediante tratamientos de riego y exclusión de lluvia (rainout shelters).

4. Campañas de medición y trabajo de campo: Campaña de campo en Ruanda (2025)

Durante los meses de enero y febrero se realizó una **campaña intensiva de mediciones en Ruanda**, siguiendo la metodología establecida en el proyecto.

Las mediciones incluyeron:

- Temperatura foliar continua (TLeaf).
- Flujo de savia como indicador de conductancia estomática.
- Rasgos de termorregulación foliar.
- Emisiones de compuestos volátiles como **isopreno**.
- Parámetros fotosintéticos y respuestas bioquímicas al estrés térmico.

Estas mediciones permiten evaluar los mecanismos de **evasión y tolerancia al calor** en diferentes especies tropicales bajo condiciones contrastantes de temperatura.

Los protocolos de muestreo, los pasos de procesamiento de datos y la información metodológica específica de cada conjunto de datos se procesarán para ser publicados, junto con los archivos de metadatos y documentos de trazabilidad asociados a cada conjunto de datos individual.

En conjunto, estos datos proporcionan una caracterización integral de los rasgos funcionales, espectrales y térmicos de las hojas en ambientes montanos tropicales contrastantes, apoyando investigaciones sobre ecofisiología vegetal, adaptación al clima y respuestas de los ecosistemas al estrés ambiental.

5. Análisis de la campaña realizada en Colombia (2024)

Actualmente se están analizando los datos de la campaña de medición realizada en 2024 en Colombia. En esta campaña se estudiaron nueve especies de árboles de los Andes sembradas en el experimento del proyecto Montane Acclim, el cual finalizó en 2023.

Las mediciones se realizaron en **dos sitios con temperaturas contrastantes**, lo que permite evaluar la respuesta fisiológica de las especies al calentamiento.

Las variables analizadas incluyen:

- **Emisiones de isopreno**
- **Rasgos funcionales foliares**
- **Flujo de savia**
- **Temperatura de las hojas**

Estos análisis buscan comprender los mecanismos fisiológicos que determinan la respuesta de las especies de árboles andinos frente al cambio climático.

Información adicional sobre cada sitio experimental puede encontrarse en:

- Colombia: https://andeantreewarming.wordpress.com/our-team/
- Ruanda: https://www.rwandatree.com/

Figura 1. Campaña de termotolerancia en Colombia.

Figura 2. Campaña de termotolerancia en Ruanda.

6. Publicaciones derivadas del proyecto Montane-Acclim

a) 1. Linking leaf traits to growth responses under climate warming in tropical trees

DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1721483

Este estudio analiza cómo los **rasgos funcionales de las hojas** influyen en las respuestas de crecimiento de árboles tropicales bajo condiciones de calentamiento.

El trabajo utiliza el experimento de trasplante a lo largo de un gradiente altitudinal en los Andes colombianos con **15 especies de árboles** cultivadas bajo condiciones controladas de suelo y agua.

Los resultados muestran que rasgos asociados con la **tolerancia térmica, la fotosíntesis, el uso del agua y la estructura foliar** explican gran parte de la variabilidad en las tasas de crecimiento bajo cambios de temperatura. El estudio demuestra que el calentamiento climático modifica las relaciones entre rasgos funcionales y crecimiento, y que estos rasgos pueden ayudar a predecir la respuesta de los bosques de montaña al cambio climático.

---

b) Photosynthesis of tropical Andean tree species: insights from mechanistic modelling and sensitivity analysis

DOI: https://egusphere.copernicus.org/preprints/2025/egusphere-2025-3434/

Este trabajo utiliza **modelos mecanísticos de fotosíntesis** combinados con los datos de la diferentes campañas de fotosíntesis realizados en 2019 y 2022 en el experimento utilizando las 15 especies de árboles andinos cultivadas en los tres sitios, cubriendo un gradiente de temperatura.

El estudio demuestra que las especies montañas y de tierras bajas presentan **diferencias en los parámetros fisiológicos que controlan la fotosíntesis**, lo que implica que los modelos de vegetación deben considerar estas diferencias para representar adecuadamente los bosques montañas.

Los resultados resaltan la importancia de incorporar variabilidad fisiológica entre especies para mejorar las predicciones de la respuesta de los bosques tropicales al cambio climático.

---

c) Unexpected Large Photosynthetic Thermal Plasticity of Montane Andean Trees

DOI: https://doi.org/10.1111/gcb.70266

Este artículo examina cómo el **calentamiento climático afecta la fisiología y el crecimiento de especies de árboles tropicales de montaña** utilizando datos de los experimentos en los tres sitios y observacionales de los Andes.

Los resultados muestran que el calentamiento favorece a especies adaptadas a temperaturas más altas mientras que reduce el crecimiento y supervivencia de especies de climas fríos. Esto sugiere que el cambio climático podría impulsar **cambios en la composición de los bosques de montaña**, con implicaciones importantes para el almacenamiento de carbono y la biodiversidad.

II. Dinámica de bosques tropicales de los Andes.

A. Contexto y objetivo del Proyecto Frisby Carbono Neutro

El proyecto **Frisby Carbono Neutro**, desarrollado en la **Reserva Natural de la Sociedad Civil Sierra Morena (en adelante Sierra Morena)**, tiene como objetivo establecer un sistema de monitoreo y gestión que permita cuantificar y fortalecer los servicios ecosistémicos asociados al almacenamiento y fijación de carbono, así como la conservación de la biodiversidad, con el fin de apoyar la estrategia corporativa de neutralidad de carbono de la empresa Frisby S.A. El proyecto es ejecutado en alianza entre **Corporación COL-TREE, Parasiempre Sostenible S.A.S. y Cometazul S.A.S.**, y constituye una iniciativa pionera que integra investigación científica, restauración ecológica y monitoreo ambiental para generar compensaciones verificables de emisiones de gases de efecto invernadero.

Sierra Morena se localiza entre los **1800 y 2100 m s.n.m.**, en una zona climática caracterizada por una fuerte influencia de la condensación orográfica de las nubes. Este gradiente altitudinal genera condiciones particulares de humedad y temperatura que favorecen el desarrollo de bosques de montaña altamente diversos. La reserva cuenta con una superficie total de **82,9 hectáreas**, distribuidas principalmente en **42,6 ha de bosque natural**, **11,91 ha de humedales**, áreas de pastos y plantaciones forestales, así como infraestructura asociada al manejo del predio.

Debido a su ubicación y características ecológicas, la reserva constituye un escenario estratégico para el desarrollo de proyectos orientados a la compensación de emisiones de carbono y la conservación de la biodiversidad.

1. Línea base de carbono y la biodiversidad

La línea base de carbono del proyecto se estableció mediante la instalación de cinco **parcelas permanentes de monitoreo**, en las cuales se registraron e identificaron todos los árboles con diámetros superiores a diferentes umbrales (2,5 cm, 5 cm y 10 cm), permitiendo estimar la biomasa aérea y las reservas de carbono del ecosistema. Los cálculos de biomasa se realizaron utilizando ecuaciones alométricas ampliamente utilizadas para bosques tropicales.

Los resultados indican que los bosques de la reserva presentan una **biomasa promedio de aproximadamente 118,45 toneladas por hectárea**, con variaciones entre parcelas asociadas a diferencias en estructura y composición del bosque. En términos de almacenamiento de carbono, los bosques naturales de Sierra Morena contienen aproximadamente **8.886 toneladas de CO_2 equivalente**, lo que evidencia su papel como sumideros importantes de carbono dentro del paisaje regional (Figura 3).

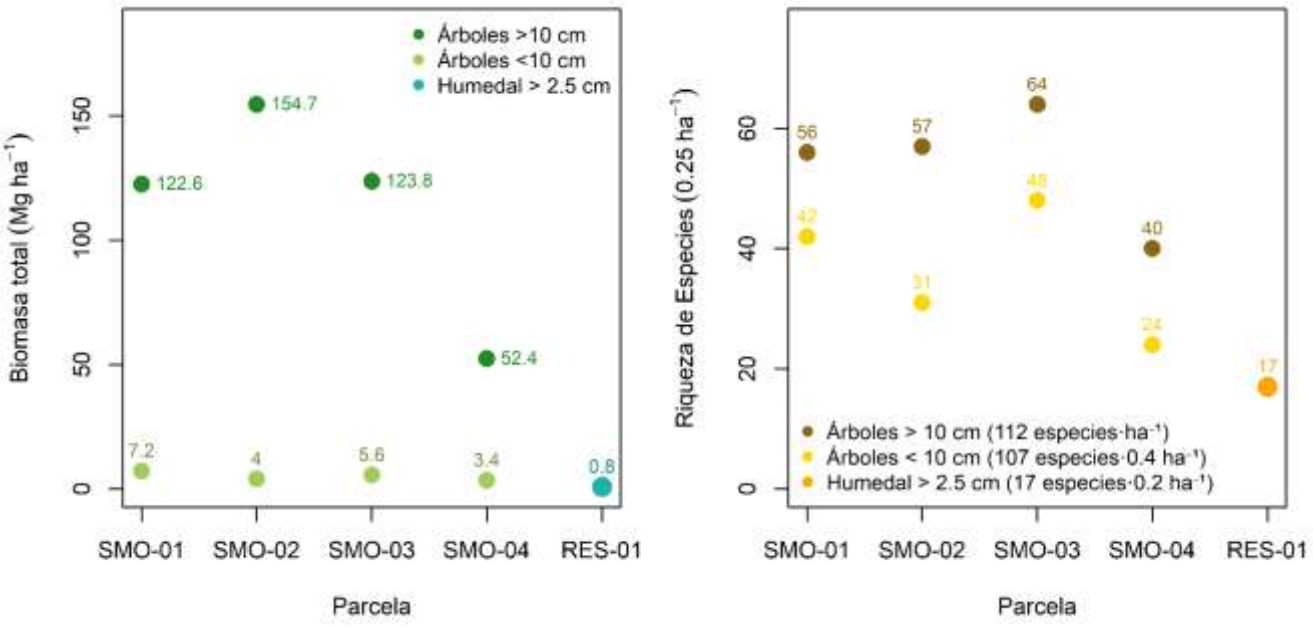

Figura 3. Contenido de biomasa aérea y diversidad de árboles en los bosques y humedales de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Sierra Morena

Los humedales presentes en la reserva, aunque presentan valores menores de biomasa, también contribuyen al almacenamiento de carbono y representan ecosistemas de gran importancia ecológica, tanto por su función hidrológica como por su potencial para procesos de restauración ecológica.

El análisis de composición forestal permitió identificar **20 especies que concentran más del 50 % de la biomasa total**, muchas de ellas pertenecientes a la familia **Lauraceae**, así como otras especies de árboles de gran tamaño y alta densidad de madera. Entre las especies más relevantes se encuentran *Persea rigens*, *Ocotea leucoxylon*, *Beilschmiedia tovarensis*, *Juglans neotropica* y *Otoba lehmannii*, que desempeñan un papel fundamental en la captura y almacenamiento de carbono en el ecosistema (Figura 4).

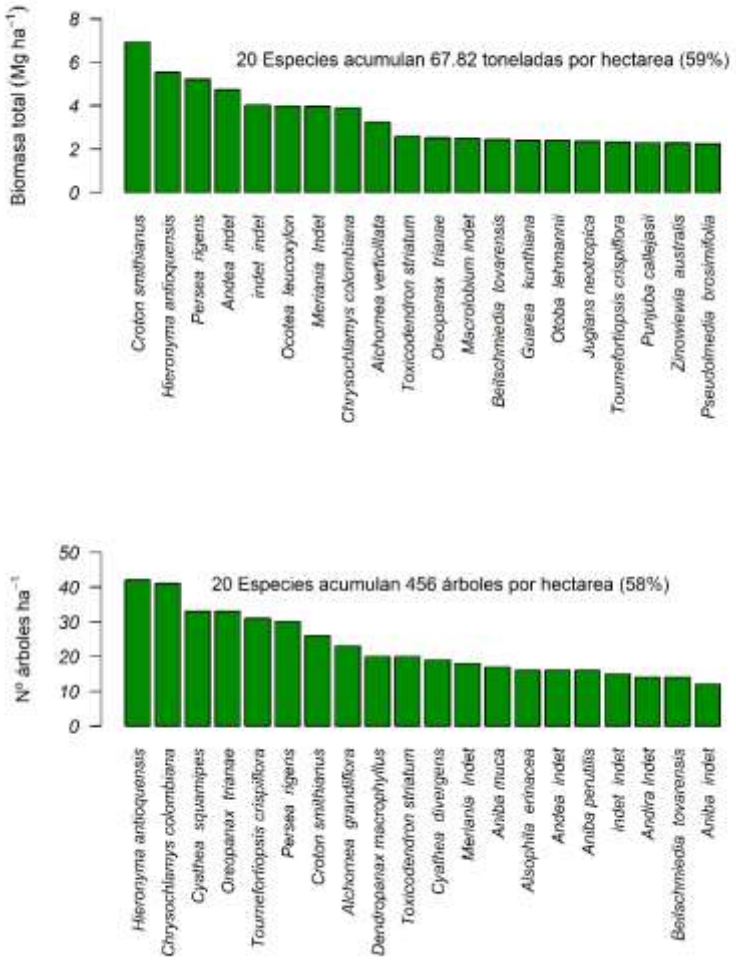

Figura 4. Especies dominantes en los bosques de RNSC Sierra Morena.

Además del componente de carbono, el proyecto estableció una línea base detallada de biodiversidad de árboles. Los resultados del inventario indican que los bosques de la reserva presentan **altos niveles de diversidad florística**, registrándose un total de **138 especies de árboles por hectárea, con promedios por parcela de 52 especies**, lo que confirma la alta riqueza biológica característica de los bosques de montaña andinos (Figura 3).

La diversidad varía entre parcelas. Este análisis también evidenció que los bosques con mayor biomasa no necesariamente presentan mayor diversidad, lo cual resalta la importancia de evaluar simultáneamente ambos componentes en proyectos de compensación de carbono.

El estudio identificó además varias **especies de importancia para la conservación**, incluyendo especies amenazadas y endémicas de Colombia. Entre ellas se destacan *Ceroxylon alpinum*, *Juglans neotropica* y *Magnolia hernandezii*, clasificadas en categoría de amenaza, así como otras especies endémicas que reflejan el alto valor biológico de la reserva. Asimismo, se registraron potenciales **nuevas especies para la ciencia** en los géneros *Andea*, *Ocotea* y *Miconia*, lo cual evidencia el potencial científico del área de estudio.

2. Plan de compensación de emisiones

De acuerdo con el inventario corporativo de gases de efecto invernadero de Frisby correspondiente al año base 2024, las emisiones residuales de la empresa ascienden a **12.333,3 toneladas de CO_2 equivalente por año**. El proyecto plantea compensar una proporción significativa de estas emisiones mediante los stocks de carbono almacenados por los bosques de la reserva Sierra Morena y por las acciones de restauración ecológica implementadas en el área.

La estrategia de compensación se basa en tres componentes principales:

1. **Conservación activa del bosque existente**, mediante manejo adaptativo y control de amenazas.

2. **Restauración ecológica de áreas degradadas**, iniciando con la recuperación de 2 hectáreas de humedales y pastizales.

3. **Monitoreo permanente de carbono y biodiversidad**, que permita verificar las remociones de carbono y evaluar los co-beneficios ecológicos del proyecto.

3. Plan de monitoreo ambiental

El proyecto contempla la implementación de un **sistema de monitoreo continuo y verificable** que permita evaluar los cambios en la biomasa forestal, el almacenamiento de carbono y el estado de la biodiversidad a lo largo del tiempo. Este sistema incluye indicadores relacionados con biomasa aérea, carbono almacenado, diversidad, fauna indicadora, polinizadores y cobertura restaurada.

Las mediciones se realizarán principalmente mediante **parcelas permanentes de monitoreo**, con una periodicidad de dos años para los componentes forestales. Adicionalmente, se desarrollan programas específicos de monitoreo de fauna y polinizadores, incluyendo especies indicadoras como la **pava caucana** (***Penelope perspicax***), el **torito de monte** (***Pyroderus scutatus***) y el **mono aullador rojo** (***Alouatta seniculus***), cuya presencia y abundancia permiten evaluar la calidad del hábitat y la conectividad ecológica entre áreas protegidas cercanas.

Asimismo, se incorporará el monitoreo de redes de polinización, incluyendo estudios sobre polinización nocturna, lo cual representa un componente innovador para el análisis de la funcionalidad ecológica de los bosques andinos.

4. Restauración ecológica

El componente de restauración ecológica constituye uno de los pilares del proyecto. Durante la fase inicial se inició la restauración de **2 hectáreas de áreas degradadas**, mediante la siembra de **3.400 individuos de especies nativas pertenecientes a 27 especies de árboles, arbustos y hiervas propias de humedales**.

El modelo de restauración contempla dos tipos de coberturas:

- **Cobertura de facilitación**, orientada a estabilizar suelos saturados de agua y mejorar la retención hídrica en los humedales.

- **Cobertura de estimulación**, enfocada en promover la colonización vegetal y la dispersión de semillas mediante la atracción de fauna.

Este enfoque busca recuperar progresivamente las condiciones ecológicas del humedal y mejorar la conectividad entre los distintos tipos de cobertura vegetal presentes en la reserva (figura 5).

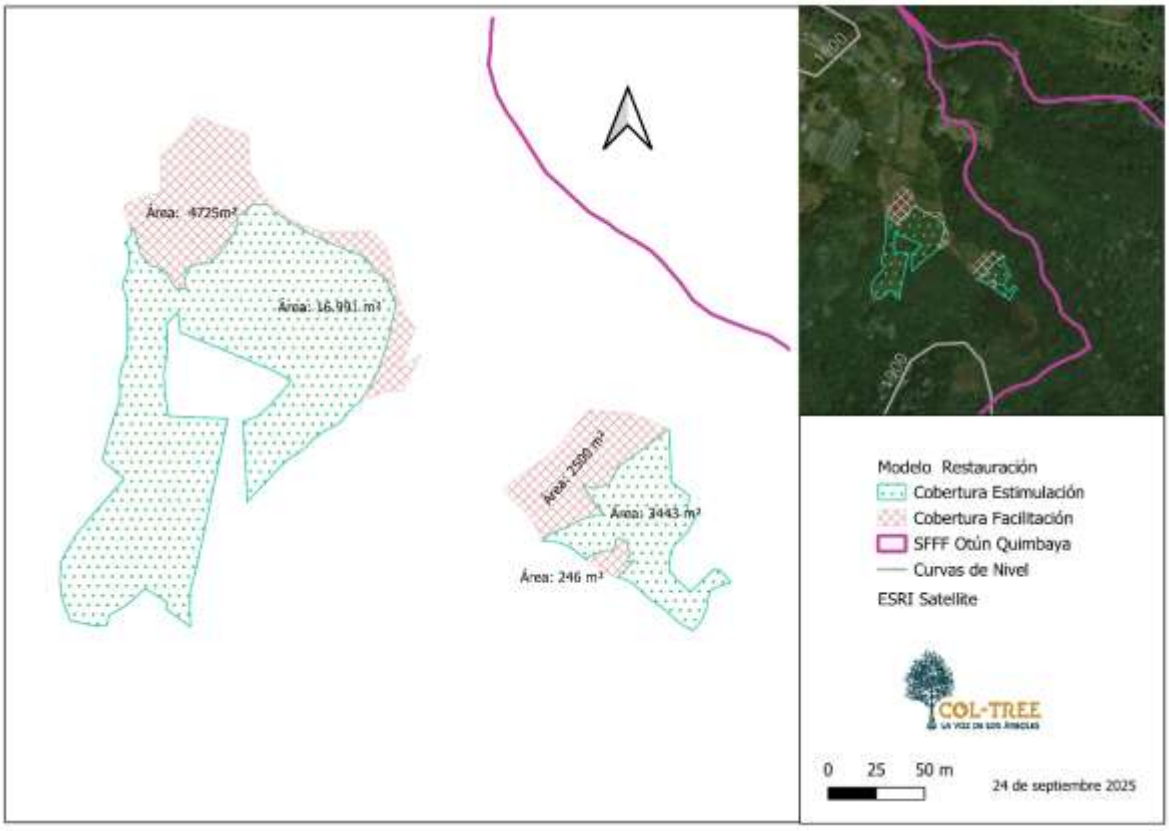

Figura 5. Áreas y coberturas del modelo de restauración.

5. Avance del proyecto

Durante el primer año de ejecución del contrato entre Frisby y la Corporación COL-TREE se logró un avance global del **72 % del plan de trabajo**, destacándose especialmente la finalización de la línea base de carbono y biodiversidad y el inicio de las acciones de restauración y monitoreo ecológico.

Entre los principales logros alcanzados se encuentran:

- Finalización de la línea base de carbono y diversidad arbórea.
- Instalación de parcelas permanentes de monitoreo.
- Implementación de programas de monitoreo de fauna indicadora.
- Inicio del proceso de restauración ecológica en áreas prioritarias.

En conjunto, estos avances reflejan una ejecución técnica sólida del proyecto y consolidan las bases científicas y operativas para el desarrollo de la estrategia de compensación de carbono de Frisby.

III. Campañas para monitorear los bosques andinos de Colombia.

Se continua con el convenio con la Universidad de Leeds, Reino Unido, para realizar monitoreo de bosques de Colombia, especialmente en la zona Andina. Con el fin de promover el conocimiento sobre la naturaleza de los árboles y su historia de vida. Como parte de la misión Corporativa ha sido investigar los bosques de Colombia para entender mejor las interacciones entre los árboles y su valor ecológico en los ecosistemas. Entre sus proyectos, destaca una red de parcelas permanentes ubicadas a lo largo del territorio nacional, que se monitorean continuamente para obtener datos útiles en las investigaciones sobre el bosque y contribuir a su conservación. Durante el 2025 se realizó la remedición de parcelas en bosques andinos, de Antioquia y Santander, en importantes áreas de conservación: i.) Antioquia, Envigado, Reserva Ambiental y Arqueológica La Morena y el municipio de Caramanta, Finca Orofino. ii.) Santander, Capitanejo, Reserva Senderos de Peña Rica; Malaga, Reserva Natural de la Sociedad Civil La Llanada, Bosques en Betulia y Piedecuesta Centro Ambiental.

De esta manera se realizó remedición de ocho parcelas permanentes, una de 2500 m^2, una de 3600 m^2, una de 5000 m^2 y cinco parcelas de 10.000 m^2., alcanzando un área monitoreada de 6.1 ha.

1. Parcelas permanentes en el municipio de Caramanta y Envigado (Antioquia).

En el municipio de Caramanta (Suroeste de Antioquia) ubicado en la subregión suroeste del departamento de Antioquia en las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental, se monitoreo una parcela de las cuatro parcelas, con las que se cuenta en este municipio. La parcela Carretonal-01 (CAR-01) se ubica en la zona de vida de Bosque Montano Alto (BM-A), con una temperatura promedio de entre 12 y 20 °C y una precipitación media anual entre los 2000 y 3000 mm/año (Olson et al., 2001). Esta parcela tiene un área de 2.500 m² y se encuentra en los predios de Cierro Prieto Colombia (CPC) en el municipio de Caramanta (Antioquia). en un fragmento continuo de 5000 has.

Los resultados obtenidos de la remedición fueron los siguientes: La parcela tiene una superficie de 50x50 m, donde se tienen marcados 205 árboles mayores de 10cm de diámetro, distribuidos en 34 especies, de 21 familias y 27 géneros. Las especies más abundantes de la parcela son: Roble (*Quercus humboldtii*), cerezo de monte (*Freziera verrucosa)* y Sarro (*Cyathea squamipes*). Tambiens e destacan especies endémicas y/oamenazadas como: Cedrillo (*Brunellia boqueronensis*) Vulnerable (VU) (IUCN), Carguero (*Guatteria goudotiana*), Hojarasco *(Brunellia goudotii) y Sciodaphyllum trianae* (Figura 6).

Como resultado más relevante se destaca el incremento en la captura de carbono desde el inicio entre 2014 y 2025, el carbono almacenado aumentó de 39 a 60 toneladas, con un crecimiento promedio de aproximadamente 1.91 toneladas por año. Durante este periodo, se registró la mortalidad de 26 árboles, compensada con el registro de 45 nuevos individuos, lo que sugiere una recuperación continua en la captura de carbono durante estos años.

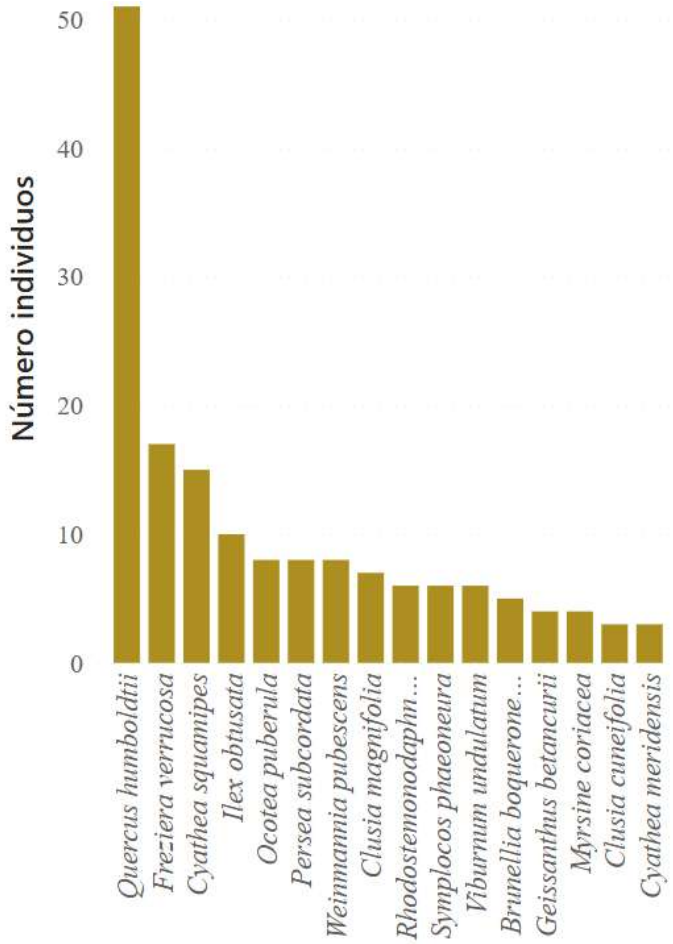

Figura 6. Gráfica de barras que representa las especies más dominantes en la parcela de Cerro Prieto Colombia, Caramanta, Antioquia.

En el municipio de Envigado (Area metropolitana de Medellín) se encuentra en una parcela de 3600 m^2 en la Reserva Ambiental y Arqueológica La Morena, en la vía El Escobero, municipio de Envigado, Antioquia, Colombia. Esta zona rural montañosa forma parte del cinturón ecológico andino del Valle de Aburrá y constituye un importante refugio de biodiversidad. En ella habitan especies endémicas y amenazadas, y sus bosques nublados funcionan como corredores biológicos fundamentales para la conectividad ecológica. Además, brinda servicios ecosistémicos esenciales como la regulación hídrica y la purificación del aire.

Los resultados obtenidos de la remedición fueron los siguientes: La parcela tiene una superficie de 60x60 m, donde se tienen marcados 213 árboles mayores de 10cm de diámetro, distribuidos en 29 especies, de 21 familias y 27 géneros. Las especies más abundantes de la parcela son: Silbosilbo (*Hedyosmum racemosum),* Chiriguaco o Cargagua (*Clethra fagifolia)*, Carate (*Vismia*

baccifera) y Chagualo o Cucharo (*Clusia flavida*). También se destacan especies endémicas el arrayán (*Myrcia popayanensis) (Figura* 7)

Como resultado más relevante se destaca el incremento en la captura de carbono desde el inicio de las mediciones en 2014. Entre 2014 y 2025, el carbono almacenado aumentó de 43 a 57 toneladas, con un crecimiento promedio de aproximadamente 1.27 toneladas por año. En este periodo, se registró la incorporación de 76 nuevos individuos y la mortalidad de 53 árboles, manteniéndose un balance positivo en la dinámica de captura de carbono gracias al ingreso neto de individuos

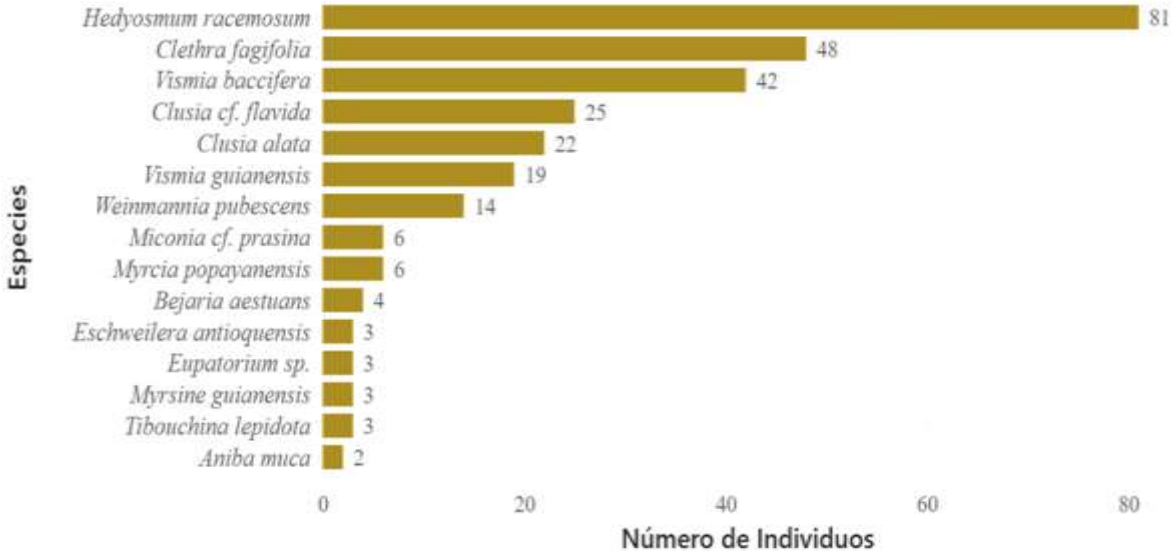

Figura 7. Gráfica de barras que representa las especies más dominantes en la parcela de de la Morena, envigado, Antioquia.

2. Santander, Capitanejo, Reserva Senderos de Peña Rica

La Reserva Senderos de Peña Rica se encuentran ubicadas en la vereda Juncalito, municipio de Enciso, departamento de Santander. Esta zona corresponde al ecosistema de Bosque Seco Tropical (bs-T), ubicada en la zona interandina, con una temperatura promedio que oscila entre los 26 y 32 °C, y una precipitación media anual de entre 1.200 y 2.000 mm, distribuida en dos

períodos lluviosos principales (Olson et al., 2001). El paisaje corresponde al orobioma del bosque seco tropical, considerado uno de los más amenazados en Colombia. En la reserva se cuenta con cinco parcelas de un área de 1.000 m^2, sumando un total de área monitoreada de 5000 m^2.

Los resultados obtenidos de la remedición fueron los siguientes: Las parcelas tiene una superficie total de 100x50 m, donde se tienen marcados 534 árboles mayores de 10cm de diámetro, distribuidos en 18 especies, de 15 familias y 17 géneros. Las especies más abundantes de la parcela son: Guapira (*Guapira warmingii*), peraco (*Amyris sylvatica*), *diomate (Astronium graveolens)* y uña de gato (*Celtis difusa).* Se destacan además algunas especies amenazadas Sietecueros (*Machaerium biovulatum*), en Peligro (EN), Diomate (*Astronium graveolens*), Vulnerable (VU), Canelón (*Stenocereus griseus*), casi Amenazado (NT) (Figura 8).

Como resultado más relevante se destaca el incremento en la captura de carbono desde el inicio de las mediciones en 2014. Entre 2020 y 2025, el carbono almacenado aumentó de 27.3 a 38.5 toneladas, con un crecimiento promedio de aproximadamente 2.3 toneladas por año. En el censo realizado en marzo de 2025 se registraron 136 nuevos reclutas, lo que representa una contribución significativa a la captura de carbono.

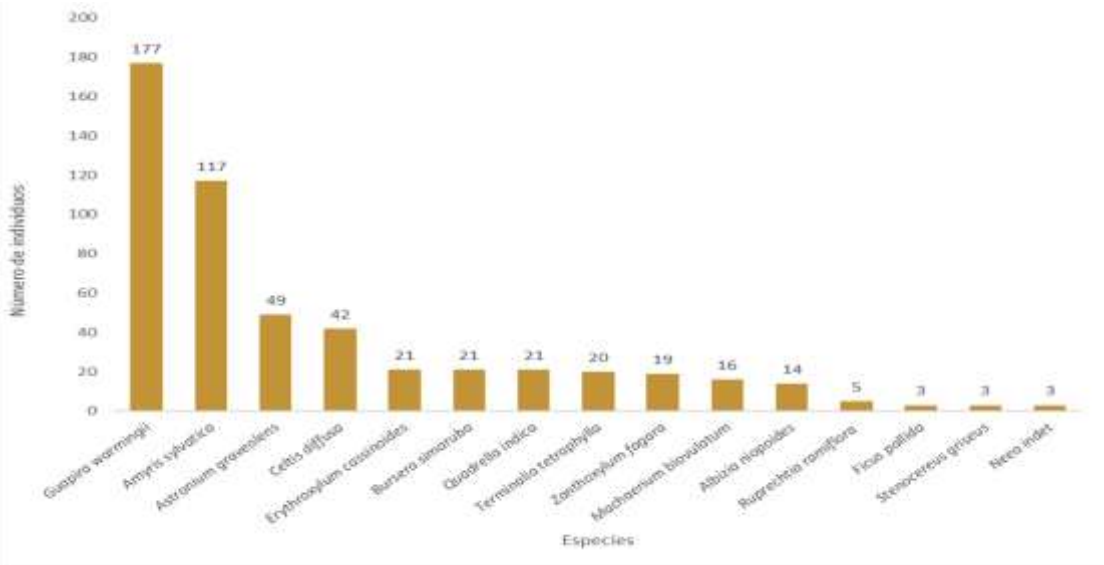

Figura 8. Gráfica de barras que representa las especies más dominantes en la parcela de la Reserva Senderos de Peña Ricade, Capitanejo, Santander.

3. Reserva Natural de la Sociedad Civil La Llanada,

La Reserva Natural de la Sociedad Civil La Llanada, ubicada en la vereda Junín, municipio de Concepción, Santander se encuentra en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo (bs-MB), con una temperatura promedio de entre 12 y 18°C y una precipitación media anual entre los 2000 a 4000 mm/año. En la reserva se cuenta con 10 parcelas que tienen un área de 1.000 m² cada una, sumando un total de área monitoreada de 10.000 m². Cinco parcelas están ubicadas en bosque mixto (PBM) y cinco en bosque dominado por *Quercus humboldtii* (PBR). La reserva es clave para el abastecimiento de agua.

Los resultados obtenidos de la remedición fueron los siguientes: Las parcelas tiene una superficie total de 200x50 m, donde se tienen marcados 1491 árboles mayores de 10cm de diámetro, distribuidos en 57 especies, de 32 familias y 46 géneros. Las especies más abundantes de la parcela son: Roble (*Quercus humboldtii*), Yolombo (*Panopsis suaveolens*), Cucharo (*Myrsine cf. latifolia*) y Gaque (*Clusia multiflora*). Se destacan además algunas especies amenazadas Roble (*Quercus humboldtii*), Vulnerable (VU), Chiriguaco (*Clethra revoluta*), Vulnerable (VU), Cacho de venado (*Xylosma benthamii*), en Peligro Crítico (CR), Manzano (*Clethra fimbriata*), en Peligro (EN), Uva camarona (*Macleania rupestris),* Vulnerable (VU) (Figura 10).

Como resultado más relevante se destaca una disminución en la captura de carbono desde el inicio de las mediciones entre 2020 y 2025, tanto en el bosque mixto, como el bosque de robledal el carbono almacenado disminuyo de 147.3 a 134.4 toneladas y 135 a 112.8 toneladas respectivamente.

Es posible que la disminución observada en la tasa de absorción de carbono se deba, en parte, a la variación en los instrumentos utilizados para medir el diámetro (D) en los dos censos: cinta métrica en 2020 y cinta diamétrica en 2025. Adicionalmente, en aproximadamente el 0,6% de los individuos evaluados se modificó el Punto Óptimo de Medición (POM), lo que podría haber afectado la consistencia de los datos entre ambos periodos. Adicionalmente durante 2020 el equipo de medición correspondió a personas sin experiencia en los procesos de parcelas, lo que incrementa los errores de mediciones, por la falta de criterio en la importancia de realizar mediciones precisas.

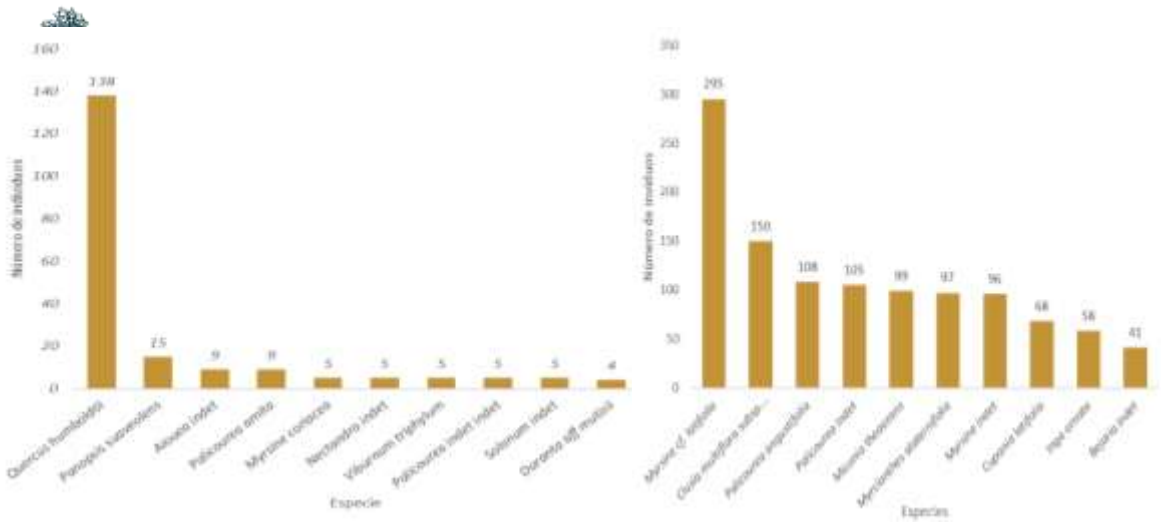

Figura 9. Gráfica de barras que representa las especies más dominantes en la parcela de la Reserva Natural de la Sociedad Civil La Llanada, enciso, Santander. A la izquierda bosque de Roble y a la derecha bosque mixto.

4. Bosques en el municipio de Betulia, Santander

En el sector El Copillo, en el municipio de Betulia, se tienen establecidas dos parcelas permanentes situadas dentro de la zona de vida correspondiente al Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB), a una ubicada a altitud que va de los 2.189 a los 2.252 metros sobre el nivel del mar y la segunda a una altitud de 2189 - 2252 m.s.n.m. El área presenta una temperatura media que oscila entre 12 y 18 °C y registra una precipitación anual promedio de 1.000 a 1.800 milímetros. Cada parcela tiene una extensión de una hectárea.

En la primera parcela se registró un total de 866 árboles vivos remedidos, incluyendo 31 nuevos reclutas. Asimismo, se identificaron 87 árboles muertos o desaparecidos respecto al censo anterior. En la actualidad, la parcela alberga 93 especies arbóreas pertenecientes a 38 familias botánicas.

La especie más abundante en la parcela es el frijolillo (*Alfaroa colombiana*), perteneciente a la familia Juglandaceae, con un total de 203 individuos, lo que representa el 23,4 % del total de árboles registrados. Le sigue el roble de tierra fría (*Quercus humboldtii*), una especie protegida a nivel nacional, con 67 individuos que equivalen al 7,7 % de la abundancia. En tercer lugar, se encuentra el anime (*Protium hebetatum*), con 66 individuos, lo que representa un 7,6 % del total. El cuarto lugar lo ocupa el laurel (*Ocotea aciphylla*) Mez), con 49 individuos y una representación del 5,6 %. También destaca *Licania incana*, con 33 ejemplares, lo que equivale al 3,8 % de la abundancia. Las demás especies presentan porcentajes inferiores al 3 % (Figura 10).

Adicionalmente, es importante resaltar la presencia de ocho individuos de molinillo de Betulia (*Magnolia betuliensis*), una especie clasificada como En Peligro Crítico (CR) según los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

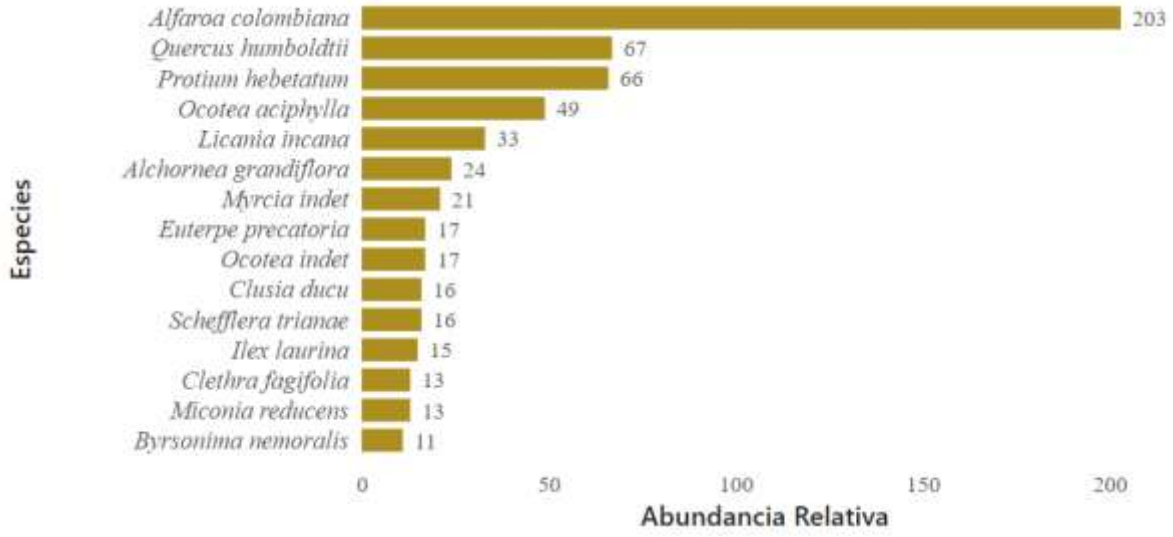

Figura 10. Gráfica de barras que representa las especies más dominantes en la parcela de Betulia, Santander.

En la segunda parcela se remidieron 804 árboles vivos, de los cuales 76 fueron nuevos reclutas. 67 árboles más se reportaron muertos o desaparecidos.

La parcela actualmente se compone de 79 especies de árboles agrupadas en 38 familias. La especie más abundante de la parcela es el frijolillo (*Alfaroa colombiana*) de la familia Juglandaceae con 146 individuos lo que representa el 18.2% de la abundancia ; el anime (*Protium hebetatum*) con 72 individuos presenta una abundancia del 9% de los árboles; en tercer lugar el Roble de tierra fría (*Querqus humboldtii*) que es una especie vedada a nivel nacional cuenta con 67 individuos lo que equivale a una abundancia del 8% en la parcela; ; en cuarto lugar el laurel (*Ocotea aciphylla*) con 42 individuos representa el 5% finalmente entre las más abundantes se encuentra el chagualo (*Clusia ducu*) con 31 individuos representa el 4%, las demás especies presentan abundancias menores al 4% (Figura 11). Para esta parcela también se destaca la presencia 6 individuos del molinillo de Betulia (*Magnolia betuliensis*), es una especie categorizada como en peligro crítico (CR) de acuerdo a los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN.

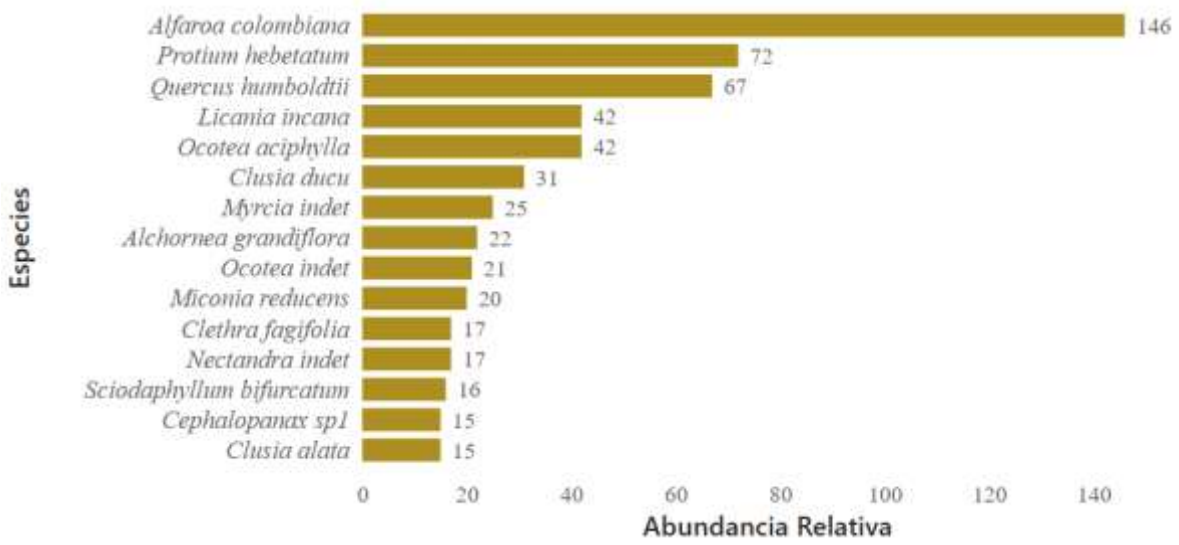

Figura 11. Gráfica de barras que representa las especies más dominantes en la parcela de Betulia, Santander.

En la segunda se remidieron 804 árboles vivos, de los cuales 76 fueron nuevos reclutas. 67 árboles más se reportaron muertos o desaparecidos. La parcela actualmente se compone de 79 especies de árboles agrupadas en 38 familias. La especie más abundante de la parcela es el frijolillo (Alfaroa colombiana Lozano, Hern.Cam. & S.Espinal-T) de la familia Juglandaceae con 146 individuos lo que representa el 18.2% de la abundancia ; el anime (Protium hebetatum Daly) con 72 individuos presenta una abundancia del 9% de los árboles; en tercer lugar el Roble de tierra fría (Querqus humboldtii Bonpl.) que es una especie vedada a nivel nacional cuenta con 67 individuos lo que equivale a una abundancia del 8% en la parcela; ; en cuarto lugar el laurel (Ocotea aciphylla (Nees) Mez) con 42 individuos representa el 5% finalmente entre las más abundantes se encuentra el chagualo (Clusia ducu Benth.) con 31 individuos representa el 4%, las demás especies presentan abundancias menores al 4% como se puede observar. (Figura 12). Para esta parcela también se destaca la presencia 6 individuos del molinillo de Betulia (Magnolia betuliensis Aguilar-Cano & Humberto Mend), es una especie categorizada como en peligro crítico (CR) de acuerdo a los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN.

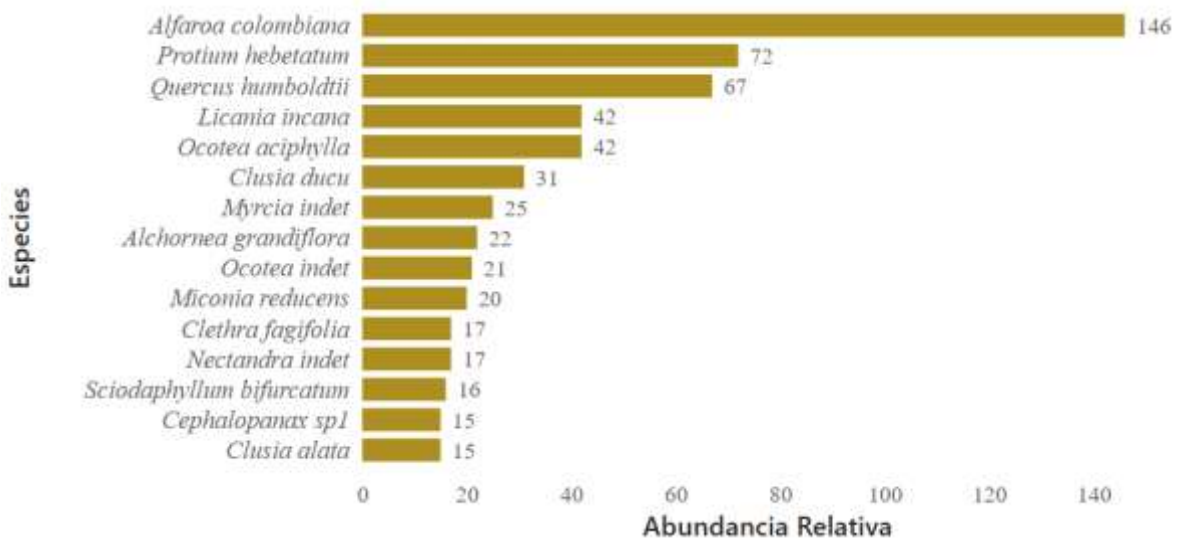

Figura 12. Gráfica de barras que representa las especies más dominantes en la parcela de Betulia, Santander.

5. Centro Ambiental El Diviso, Municipio de Piedecuesta.

La parcela El Diviso (DIV-1), está ubicada en el Parque Natural Regional Cerro La Judía en el municipio de Piedecuesta, Santander. Se sitúa en la zona de vida de Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) a una altitud de 2073 - 2298 m.s.n.m, con una temperatura promedio que oscila entre 12 y 18 °C, y una precipitación media anual que varía entre 1800 a 2500 mm/año. Esta parcela abarca un área de 1 hectárea.

La cantidad de individuos remedidos fue de 879 árboles vivos, de los cuales 106 correspondieron a nuevos reclutas. Se reportaron 88 individuos muertos o desaparecidos. Actualmente, la parcela está compuesta por 97 especies de árboles agrupadas en 34 familias. Adicionalmente, se remedieron dos lianas, de las cuales una corresponde a un nuevo recluta. Ambas lianas pertenecen al género Cavendishia.

En esta parcela, la especie más abundante fue el Anime (*Protium hebetatum*) de la familia Burceraceae con 198 individuos, lo que representa el 23.8% de los individuos arbóreos de la parcela, esta especie es seguida por la Palma boba (*Cyathea delgadii*) de la familia Cyatheaceae con 54 individuos, lo que es equivalente al 6.5% y en tercer lugar tenemos el Maquenque (*Wettinia microcarpa*) de la familia Arecaceae con 49 individuos representando el 5.9% de los individuos de la parcela, esta es una especie categorizada como Vulnerable (VU) de acuerdo a

los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN.. Las demás especies están representadas cada una con menos del 5.5% (Figura 13).

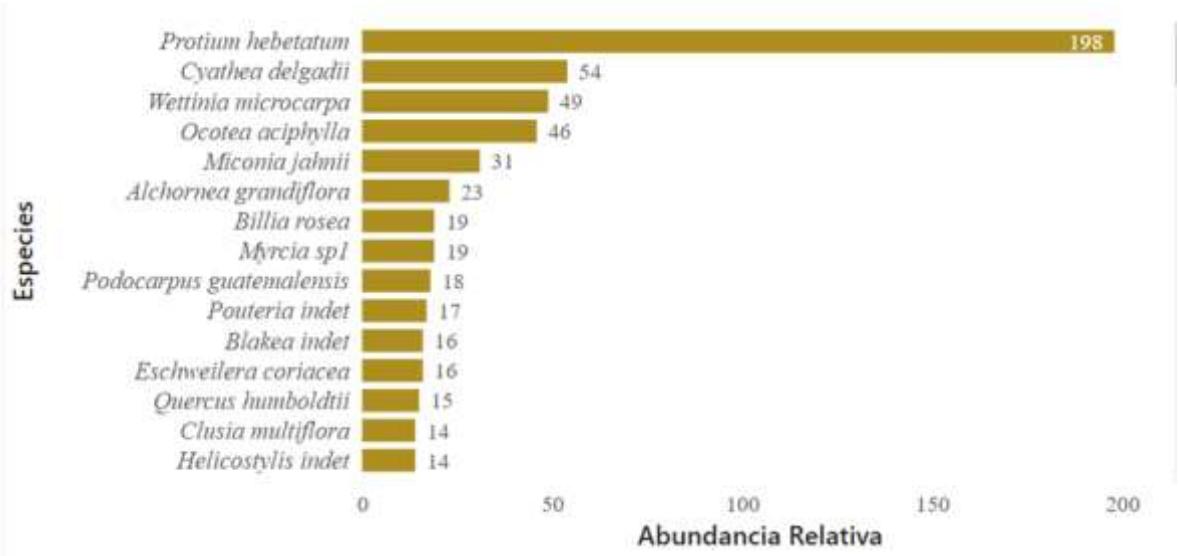

Figura 13. Gráfica de barras que representa las especies más dominantes en la parcela del Centro Ambiental El Diviso, Piedecuesta, Santander.

IV. HERRAMIENTAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA.

A. Proyecto La Voz de los árboles

La voz de los árboles es una iniciativa que vincula la información científica que desarrolla la Corporación COL-TREE en la generación de conocimiento a través de generar contenido en redes sociales y espacios de apropiación social del conocimiento, se creó la voz de los árboles en Instagram, YouTube y Facebook como un medio para divulgar los proyectos y acciones que desarrolla La Corporación en el marco de la vida de los árboles. @La_vozdelosarboles.

V. Anexo A. Registro fotográfico del proyecto de monitoreo.

Relicto de Bosque de Roble Reserva La Llanada

Equipo de Trabajo y familias

Delimitación de parcela con brújula

Colección de muestras botánicas

Procesamiento de muestras para ser llevadas al herbario

VI. Referencias Bibliográfica

Cuni-Sanchez, A., Martin, E. H., Uzabaho, E., Ngute, A. S. K., Bitariho, R., Kayijamahe, C., Marshall, A. R., Mohamed, N. A., Mseja, G. A., Nkwasibwe, A., Rovero, F., Sheil, D., Tinkasimire, R., Tumugabirwe, L., Feeley, K. J., & Sullivan, M. J. P. (2024). Evidence of thermophilization in Afromontane forests. *Nature Communications*, *15*(1). https://doi.org/10.1038/s41467-024-48520-w

Duque, A., Stevenson, P. R., & Feeley, K. J. (2015). Thermophilization of adult and juvenile tree communities in the northern tropical Andes. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, *112*(34), 10744–10749. https://doi.org/10.1073/pnas.1506570112

Feeley, K., Martinez-Villa, J., Perez, T., Silva Duque, A., Triviño Gonzalez, D., & Duque, A. (2020). The Thermal Tolerances, Distributions, and Performances of Tropical Montane Tree Species. *Frontiers in Forests and Global Change*, *3*(March), 1–11.

https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00025

Restrepo, Z., González-caro, S., Hartley, I. P., Villegas, J. C., Meir, P., Sanchez, A., Carrascal, D. R., & Mercado, L. M. (2025). Heterogeneous thermal tolerance of dominant Andean montane tree species. *Communications Earth & Environment*, 1–11. https://doi.org/10.1038/s43247-025-02083-w