

**DISEÑO DE PLAN DE MONITOREO A PROCESOS DE REFORESTACIÓN EN  
LOTES DE INTERÉS AMBIENTAL, EN PREDIOS DE LA ALCALDÍA  
MUNICIPAL DE TUNJA (BOYACÁ)**

**CÉSAR LEONARDO DÍAZ BARRERA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TUNJA**

**2023**

**DISEÑO DE PLAN DE MONITOREO A PROCESOS DE REFORESTACIÓN EN  
LOTES DE INTERÉS AMBIENTAL, EN PREDIOS DE LA ALCALDÍA  
MUNICIPAL DE TUNJA (BOYACÁ)**

**CÉSAR LEONARDO DÍAZ BARRERA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO AMBIENTAL**

**Director: Ph. D. Gloria Lucia Camargo Millán**

**Codirector: Mgtr. Pablo Andrés Gil Leguizamón**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TUNJA**

**2023**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Firma presidente del jurado**

---

**Firma jurado**

**Tunja 13/02/2023**

## DEDICATORIA

El amor y el perdón, juntos, son una fuerza invencible. A ti madre.

Siempre se puede empezar de nuevo, con disciplina y esfuerzo. A mi padre y mis hermanas.

Entendí que las miradas también hablan si tienen bigotes. A mi gatita Lanna.

Porque todos tenemos un dinosaurio en el estómago. A ti Viviana.

El surrender nunca es una opción. A Carlos, Andrés, Camargo y Timmy.

***“Los llevo, para que me lleven”***

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a todas las personas que se cruzaron en mi tiempo de estudiante, el cual se esforzó por ser largo, duro, pero justo.

Desde pequeño aprendí a resguardar en un lugar especial a las personas que son buenas por elección, Valentina, Tatis, Ximena, Germán, Adriana, Diego, Hugo, Estefanía, Murillo y Laurita, ustedes lo hicieron posible, cada uno a su manera.

Agradezco a la Secretaría de Desarrollo de la Alcaldía de Tunja, por su disposición y colaboración a lo largo del proceso, Isidro, Esteban y sobre todo a Alain y su lema “para conocer el territorio hay que caminarlo”, y sí que caminamos.

Por toda su experiencia al profe Pablo y por los concejos a la ingeniera Gloria.

Para terminar a todos los docentes que me dictaron clase afortunadamente y desafortunadamente, a ellos muchas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 GENERAL.....	13
2.2 ESPECÍFICOS.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
4. MARCO REFERENCIAL .....	16
5. DISEÑO METODOLÓGICO .....	18
6. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO .....	21
6.1 UBICACIÓN VEREDAL .....	22
6.2 UBICACIÓN PREDIAL.....	22
7. ÁREA INTERVENIDA.....	26
7.1 ANTECEDENTES.....	26
7.2 TECNICAS Y ESTRATEGIAS.....	26
7.3 ACTIVIDADES ZONA INTERVENIDA .....	27
8. PLAN DE MONITOREO .....	28
8.1 OBJETIVOS Y METAS DEL PLAN DE MONITOREO.....	28
8.2 ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE FASE PRELIMINAR DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO .....	32
8.2.1 Tipo de Monitoreo, indicadores y cuantificadores.....	32
8.2.2 Selección de predios de interés ambiental. ....	33
8.2.3 Reconocimiento en campo de los predios de interés ambiental. ....	34
8.2.4 Recolección de información secundaria .....	35
8.2.5 Matrices de recolección de datos en campo.....	35
8.2.6 Establecimiento de parcelas de monitoreo en lugares seleccionados ...	36
8.2.7 Marcaje y selección de especies. ....	37
8.2.8 Instalación de parcelas de monitoreo .....	38
8.2.9 Registro y captación de información.....	38
8.2.10 Análisis de la información .....	39
8.3 FASE DIAGNÓSTICA.....	40

8.3.1	Balance de supervivencia de los individuos en los predios de reforestación. ....	40
8.3.2	Composición florística y supervivencia. ....	41
8.3.3	Recolección de datos de las plantaciones. ....	44
8.3.4	Estado fitosanitario. ....	55
8.3.5	Estado de las plantas.....	56
9.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN .....	62
10.	CONCLUSIONES .....	64
11.	RECOMENDACIONES .....	65
12.	BIBLIOGRAFÍA .....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Diseño metodológico.....	18
Figura 2.	Esquema de objetivos de restauración. ....	19
Figura 3.	Mapa de ubicación municipal. ....	21
Figura 4.	Mapa de ubicación veredal. ....	22
Figura 5.	Ubicación espacial del lote El Origen.....	23
Figura 6.	Ubicación espacial del lote San Francisco. ....	23
Figura 7.	Ubicación espacial lote Encenillos 9. ....	24
Figura 8.	Ubicación espacial lote Encenillos 4. ....	24
Figura 9.	Ubicación espacial lote Yerbabuena 3. ....	25
Figura 10.	Técnica tres bolillos en predio Encenillos 2.....	26
Figura 11.	Cultivo de papa en predio Encenillos 1 ....	27
Figura 12.	Cultivo de alverja en predios aledaños al lote de Yerbabuena 3.....	27
Figura 13.	Reconocimiento de predios. ....	34
Figura 14.	Plantilla de recolección de datos en campo. ....	35
Figura 15.	Plantilla de campo para datos de supervivencia. ....	35
Figura 16.	Plantilla de avistamiento de especies silvestres.....	36
Figura 17.	GPS Garmin Oregon 650. ....	36
Figura 18.	Modelo de etiqueta de material vegetal y de vértice de parcela.....	37
Figura 19.	Etiqueta de monitoreo en planta.....	37
Figura 20.	Instalación de parcelas. ....	38
Figura 21.	Composición y porcentaje de supervivencia lote Yerbabuena 3. ....	41
Figura 22.	Composición y porcentaje de supervivencia lote San Francisco.....	42
Figura 23.	Supervivencia de individuos por parcela de monitoreo. ....	42
Figura 24.	Supervivencia de especies en la parcela San Francisco. ....	43
Figura 25.	Supervivencia de especies en parcela Yerbabuena 3.....	43
Figura 26.	Registro de datos en campo. ....	44
Figura 27.	Registro fotográfico de material vegetal en lote San Francisco. ....	45
Figura 28.	Datos de monitoreo lote San Francisco. ....	46
Figura 29.	Registro fotográfico de material vegetal en lote Yerbabuena 3.....	47
Figura 30.	Datos de monitoreo lote Yerbabuena 3.....	47
Figura 31.	Registro fotográfico de material vegetal en lote El Origen. ....	48



Figura 32.	Datos de monitoreo lote El Origen. ....	49
Figura 33.	Registro fotográfico de material vegetal en lote Encenillos 4. ....	50
Figura 34.	Datos de monitoreo lote Encenillos 4. ....	50
Figura 35.	Registro fotográfico de material vegetal en lote Encenillos 9. ....	51
Figura 36.	Datos de monitoreo lote Encenillos 9. ....	52
Figura 37.	Crecimiento de material vegetal en parcela de San Francisco. ....	53
Figura 38.	Crecimiento de material vegetal en parcela de Yerbabuena 3. ....	53
Figura 39.	Crecimiento de material vegetal en parcela de El Origen. ....	54
Figura 40.	Crecimiento de material vegetal en parcela de Encenillos 4. ....	54
Figura 41.	Crecimiento de material vegetal en parcela de Encenillos 9. ....	55
Figura 42.	Afectaciones fitosanitarias. ....	60
Figura 43.	Número de plantas por categoría de afectación en cada parcela. ....	61
Figura 44.	Porcentaje de cada categoría de afectación en relación al total de plantas monitoreadas. ....	61

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Marco legislativo para temas de reforestación ambiental en Colombia.	17
Tabla 2.	Predios seleccionados para el desarrollo del plan de monitoreo.	22
Tabla 3.	Objetivos del plan de monitoreo.	28
Tabla 4.	Metas de las actividades de reforestación.	30
Tabla 5.	Metas del plan de Monitoreo.	31
Tabla 6.	Indicadores, criterios y cuantificadores del plan de monitoreo.	33
Tabla 7.	Material vegetal monitoreado del lote San Francisco.	45
Tabla 8.	Material vegetal monitoreado del lote Yerbabuena 3.	46
Tabla 9.	Material vegetal monitoreado del lote El Origen.	48
Tabla 10.	Material vegetal monitoreado del lote Encenillos 4.	49
Tabla 11.	Material vegetal monitoreado del lote Encenillos 9.	50
Tabla 12.	Estado fitosanitario de las plantas del lote San Francisco.	56
Tabla 13.	Estado fitosanitario de las plantas del lote Yerbabuena 3.	57
Tabla 14.	Estado fitosanitario de las plantas del lote Encenillos 9.	57
Tabla 15.	Estado fitosanitario de las plantas del lote Encenillos 4.	58
Tabla 16.	Estado fitosanitario del lote El Origen.	58

## RESUMEN

La Secretaría de Desarrollo de la Alcaldía de Tunja en los últimos años adquirió predios de interés ambiental donde ha adelantado actividades de reforestación, como contribución de apoyo para estas actividades se propuso el presente trabajo de grado; El cual permitió diseñar un plan de monitoreo para medir y cuantificar el desarrollo de las plantaciones establecidas, para el cual se formuló una metodología de acuerdo a una gestión adaptativa con base en unas metas, indicadores y cuantificadores adaptados a los recursos dispuestos por la entidad municipal. Posteriormente se ejecutó una fase preliminar del plan de monitoreo con el visto bueno de la Secretaría de Desarrollo, lo que permitió efectuar un diagnóstico inicial de supervivencia, crecimiento y estado fitosanitario de la plantación. Se escogió como zona de estudio y se instaló una parcela de monitoreo en los predios de Encenillos 4, Encenillos 9, Yerbabuena 3, San Francisco y El Origen, ubicados en las veredas "Tras del Alto, "El Porvenir" y "Runta". Se realizaron tres salidas de campo a cada uno de los predios mencionados y se obtuvieron datos de estructura, composición, supervivencia y función. Para el tratamiento y procesamiento de los datos se hicieron análisis estadísticos, descriptivos y comparativos. Los resultados mostraron una tendencia positiva en el crecimiento de las plantaciones con porcentajes de supervivencia entre el 89% y el 90%, así como un estado fitosanitario considerado "bueno" en el 78% de las plantas evaluadas. Fue posible concluir que el diseño de un plan de monitoreo es fundamental para garantizar el buen desarrollo de las plantaciones y el éxito en los procesos de reforestación, contribuyendo así a la conservación de ecosistemas de interés.

## 1. INTRODUCCIÓN

La deforestación y la degradación de los ecosistemas naturales son problemas ambientales que afectan a nivel mundial. La reforestación es una estrategia efectiva para mitigar y revertir estos procesos antrópicos, mejorando la calidad del aire, clima y biodiversidad, así como los servicios ecosistémicos ofrecidos por el medio ambiente. Un servicio proporcionado por los bosques es la captación y almacenamiento de agua de lluvia, lo que origina las zonas de recarga hídrica (Herrera, 2016).

La reforestación en áreas de recarga hídrica es esencial para la conservación y protección de las aguas subterráneas. Con este objetivo, la Alcaldía de Tunja ha adquirido predios de interés ambiental en zonas estratégicas de recarga directa del acuífero de Tunja con el propósito de llevar a cabo procesos de reforestación con material vegetal nativo.

El diseño de un plan de monitoreo para estos procesos de reforestación es esencial para garantizar el éxito de las actividades, ya que permite evaluar el progreso y el impacto de la reforestación en el ecosistema. Además, ayuda a detectar problemas y a tomar medidas correctivas a tiempo.

El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar un plan de monitoreo para las actividades de reforestación realizadas por la Alcaldía de Tunja, abordando la creación de metas a corto, mediano y largo plazo, la adaptación del plan a las necesidades y recursos de la Alcaldía de Tunja, y la realización de un diagnóstico preliminar de supervivencia, crecimiento y estado fitosanitario de las plantaciones.

Se usó una metodología basada en una gestión adaptativa, ya que el "el medio ambiente es un sistema complejo y en constante evolución" (Soto, 2019), lo que permite flexibilidad y adaptación continua a los cambios que se presenten durante la ejecución. Con la implementación del plan de monitoreo se busca obtener información valiosa sobre el crecimiento, supervivencia y estado fitosanitario, lo que permitió tomar decisiones y aportar en el seguimiento a las plantaciones en los predios de interés.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERAL**

Elaborar un plan de monitoreo para las actividades de reforestación adelantadas en terrenos de interés ambiental adquiridos por la Alcaldía de Tunja, el cual permita conocer el estado de la plantación con base a las metas del monitoreo.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Proponer metas a corto, mediano y largo plazo en las cuales el sistema de monitoreo a diseñar pueda actuar de manera precisa, para así encaminar el buen desarrollo de las mismas.
- Adaptar el plan de monitoreo a las necesidades y disposiciones de la Secretaria de Desarrollo de la Alcaldía de Tunja.
- Realizar un diagnóstico inicial de supervivencia de las plantas dentro de los predios escogidos correspondientes a las veredas “Tras del alto” y “El Porvenir”.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia se caracteriza por ser un país con riqueza de recursos naturales, los cuales han suscitado procesos de explotación, como fuente de ingresos y sustento económico. Según IDEAM, en 1990 la cobertura boscosa en el territorio se distribuyó en  $\approx 64.862.451$  ha (56.8% del territorio) y en 2014 en  $\approx 58.816.336$  ha (51.6% del territorio) (IDEAM, 2020) ; estas cifras determinan que en el país los procesos de deforestación se han asentado de manera considerable, generando una problemática clara para otro recurso de importancia en el país, el agua.

En el país, las coberturas boscosas han sufrido pérdidas cerca de los tres millones de hectáreas en las últimas 3 décadas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022), algunas acciones que repercuten en escenarios de deforestación, corresponden con actividades humanas como la ganadería extensiva, la agricultura y la actividad minera.

Es incipiente la conciencia frente a la conservación de los bosques, en el imaginario cultural de la población del país, no se tiene noción de su significado, su existencia e importancia, siendo el colombiano un "Deforestador por herencia histórica" (CODS, 2019).

Las compensaciones ambientales en Colombia se inclinan a jornadas y/o proyectos de reforestación de áreas de interés. En múltiples casos la falta de control y monitoreo de las especies —no nativas algunas veces— impide que los procesos de reforestación sean culminados con éxito, así lo indica un informe de la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), donde se especifica que en América del Sur la sobrevivencia de las plantas suele ser menor al 20% llevando los procesos adelantados al fracaso, con pérdida de recursos económicos y tiempo (Granda, 2014).

Tunja es una ciudad que enfrenta una serie de problemas ambientales que ponen en riesgo la salud y el bienestar de sus habitantes. La degradación de los suelos, la expansión urbana y la tala de bosques, han llevado a una disminución de las coberturas vegetales, la biodiversidad y la erosión del suelo. Además, la contaminación del aire y del agua, son otros problemas que han afectado la calidad de vida en la ciudad (Ramos, et al., 2021).

La Alcaldía de Tunja ha venido adquiriendo predios de interés ambiental y llevado a cabo trabajos de reforestación en ellos. Estas actividades ayudan en la mejora de la calidad del agua y su disponibilidad para la población, además de contribuir a la regulación del clima y la prevención de desastres naturales.

Actualmente los procesos de reforestación no cuentan con un sistema de monitoreo efectivo que permita identificar el estado de las plantaciones, la falta de este plan

puede ser un inconveniente para el cumplimiento de las metas dispuestas en el Plan de Desarrollo de la Ciudad de Tunja y para tener una cuantificación de la eficiencia de estas estrategias de recuperación y preservación de las áreas de interés ambiental para la ciudad.

#### 4. MARCO REFERENCIAL

La reforestación nace de la necesidad de conservar y proteger en la mayoría de los casos los recursos naturales: la flora, fauna, el suelo y el agua de manera principal. A medida que se pierden los bosques se disminuye la capacidad de capturar agua, se destruye el hábitat de las plantas y los animales.

Estos planes pueden estar orientados a Mejorar el desempeño de una cuenca hidrográfica, crear áreas de protección, creación de barreras contra el viento, frenar el avance de dunas de madera, entre otros (Manrique, 2017).

Los procesos de reforestación a menudo representan la fase de mayor riesgo y costo del manejo forestal, el éxito de la plantación está ampliamente condicionado a factores diversos como: las condiciones ambientales del sitio, el manejo de las plantas en vivero, la morfología y a la fisiología de la misma (Sigala, et al., 2015). Por esto, antes de establecer y ejecutar un plan de reforestación es de mayor importancia identificar los factores ambientales limitantes del sitio de plantación, de manera que la planta pueda ser cultivada bajo un sistema de producción con los atributos necesario para garantizar altas tasas de supervivencia el en sitio.

Por lo general en los planes de reforestación se suele obtener información del costo-beneficio de la implementación de los proyectos para estimar la eficiencia de la inversión, para esto se formulan los planes de monitoreo. Esta información es de gran relevancia para la toma de decisiones de los agentes interesados los cuales requieren conocer el balance entre las metas propuestas y las alcanzadas, así como los beneficios en otros sectores de la sociedad (Holl, et al., 2000). Ahora, por el contrario, la ausencia de un proceso de monitoreo efectivo y claro, puede suscitar el acarreo de costos de oportunidad y desperdicio de recursos.

El monitoreo permite, a través de la toma de datos en diferentes plazos proporcionar una idea de las tendencias de cambios en los procesos de restauración, esta herramienta permite verificar si las metas establecidas se están cumplen, así como evaluar estrategias que se puedan adoptar para cumplir los propósitos establecidos (WWF, 2021).

Elaborar una estrategia adecuada es base primordial para el éxito en la formulación de un plan de monitoreo, para esto existen diferentes tipos de monitoreo entre los que se encuentran: monitoreo de implementación, monitoreo de efectividad y el monitoreo de supervisión (Belote, et al., 2013), todos estos dirigidos a mostrar el alcance de las metas particulares del proceso de restauración, cada uno de estos abarcando profundidades diferentes y enfoques dentro del mismo proceso implementado en el terreno.



(Gil Leguizamon, et al., 2018) y (Prado, et al., 2018) realizaron un plan de evaluación y seguimiento a la efectividad de las distintas metodologías aplicadas a sus procesos de restauración en Yariguíes (Magdalena Medio) y en ecosistemas puramente andinos (Rabanal) partiendo desde el seguimiento a las técnicas y métodos, hasta las acciones de restauración ecológica in situ, clasificándolas así: evaluación del proceso de nucleación, evaluación de técnicas de viverismo y árboles aislados en pastizales.

Finalmente, la Sociedad para la Restauración Ecológica Internacional (SER) propone para una etapa de evaluación 3 estrategias fundamentales: comparación directa, análisis de atributos y análisis de trayectoria (Society for Ecological Restoration, 2004), partiendo desde el análisis de las condiciones de referencia y la obtención de datos cualitativos y cuantitativos para el desarrollo de las mismas.

En temas legislativos para procesos relacionados con reforestación en territorio nacional, la República de Colombia maneja la siguiente normatividad:

**Tabla 1. Marco legislativo para temas de reforestación ambiental en Colombia.**

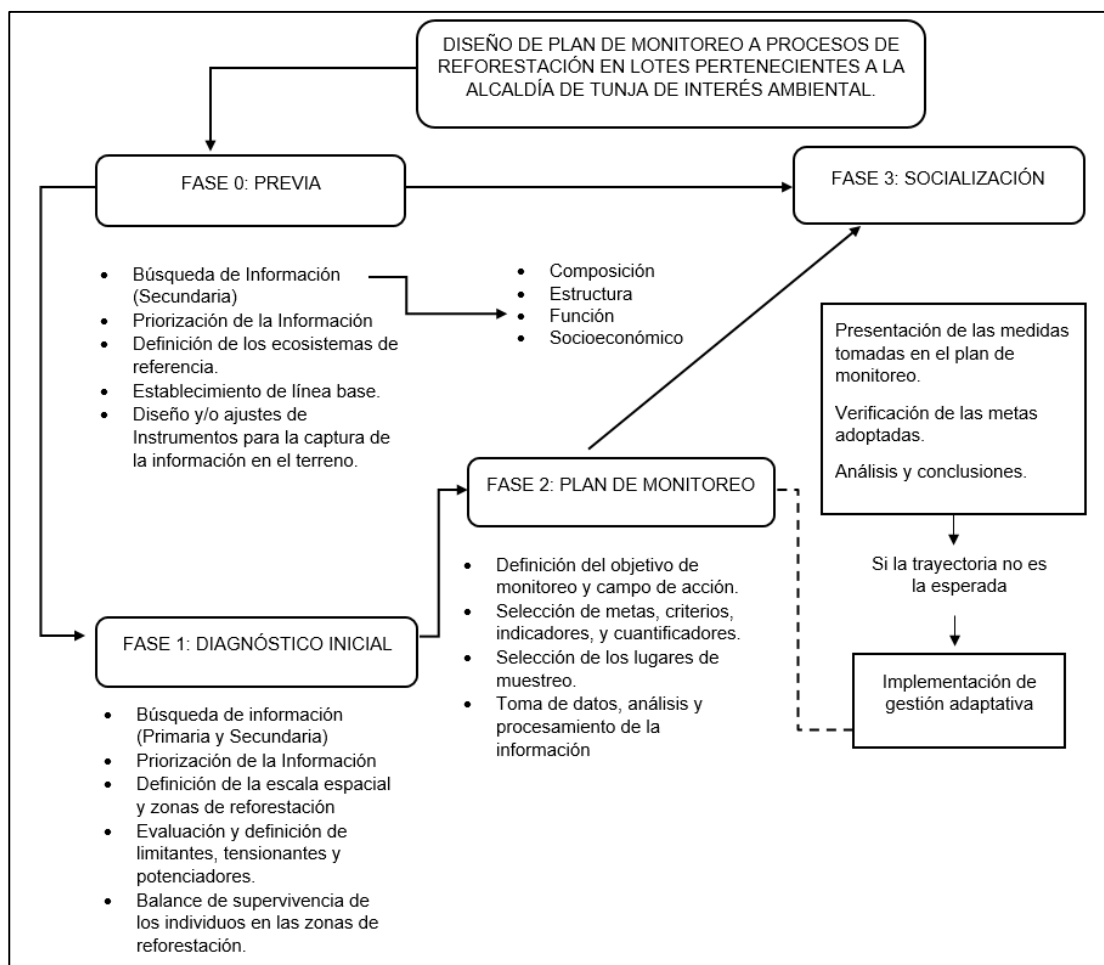
NORMATIVA	FECHA	TIPO	RESUMEN
163	1993	Decreto	El objetivo principal del decreto es establecer una serie de incentivos para la inclusión en torno al sector privado a elaborar y ejecutar planes de reforestación y protección de los Bosques, y así lograr una mitigación cada vez mayor en los procesos de deforestación en el país.
1257	2017	Decreto	Este decreto tiene por objeto orientar y coordinar las políticas públicas, planes, programas, actividades y los proyectos estratégicos que dentro del ámbito de sus competencias, deben llevar a cabo las entidades para el control a la deforestación y la gestión de bosques naturales en el país.
139	21 de Junio de 1994	Ley	Se crea el certificado de incentivo forestal (CIF) y se dictan otras disposiciones.

**Fuente:** Autor.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología propuesta se fundamenta en la ejecución de cuatro fases (Figura 1): previa; diagnóstico inicial, plan de monitoreo y socialización, enfocadas a una “gestión adaptativa”, como proceso continuo y dinámico basado en la captura de información que permite la toma de decisiones, y reorienta actividades para el éxito de un proceso de reforestación (Reed, et al., 2016).

**Figura 1. Diseño metodológico.**



**Fuente:** Autor.

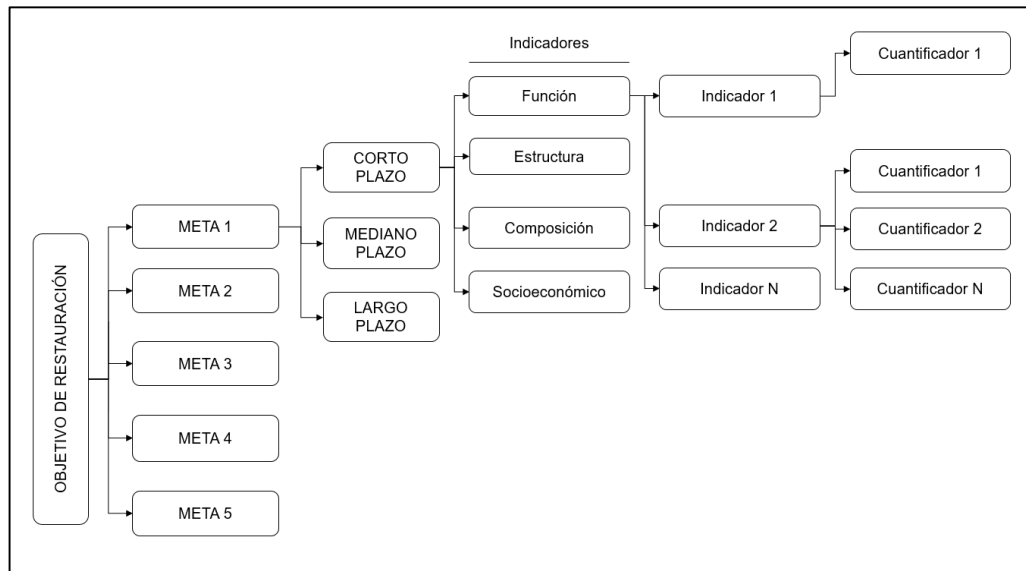
Antes de establecer un proceso de reforestación es necesario identificar los factores ambientales limitantes del sitio de plantación de manera que las plantas puedan ser cultivadas bajo los atributos necesarios respectivamente (Sigala, et al., 2015).

Estos factores, se identificaron en campo junto con el diagnóstico inicial de supervivencia de la plantación que se desarrolló en el tiempo de ejecución de la pasantía.

Se usó las técnicas propuestas por (Sigala, et al., 2015) donde se evaluó la supervivencia en campo de la plantación, asignando un valor de cero (0) a aquellas plantas que presentaban mortalidad visible en toda su fisionomía y un valor de uno (1) a las plantas con presencia de meristemos foliares. Con estos datos se obtuvo el porcentaje de supervivencia.

En cualquier proceso de reforestación los objetivos en mayor medida son los que dictan el estado y/o atributos que se desea alcanzar en el ecosistema, estos son planificados a corto, mediano y largo plazo. La amplitud de los plazos varía de acuerdo a las características del ecosistema, se involucró la formulación de metas, criterios, indicadores y cuantificadores (Figura 2), que permiten comparar la respuesta de algunos indicadores para criterios ecológicos y sociológicos (WWF, 2021).

**Figura 2. Esquema de objetivos de restauración.**



**Fuente:** Autor.

Para la selección de indicadores, criterios y cuantificadores se tomó la clasificación de complejidad propuesta por (WWF, 2021), donde se cataloga el sistema de monitoreo en los grados de básico, intermedio y avanzado, tomando como base los criterios de : presupuesto, personal capacitado, acceso a tecnologías y otra serie de

factores determinantes que condicionan la captura y el procesamiento de la información.

El estado de la complejidad del monitoreo fue evaluado en conjunto con los actores interesados en el desarrollo de la pasantía en la Secretaría de Desarrollo de la Alcaldía de Tunja.

Con base en el alcance de la propuesta, este proyecto es considerado un plan piloto y solo la Alcaldía de Tunja podrá ejecutarlo y/o implementarlo si así lo considera la Secretaría de Desarrollo y actores interesados dentro de la entidad.

Finalmente se realizó una socialización del plan de monitoreo en cada una de sus etapas (Figura 1) en conjunto de una gestión adaptativa. Este término consiste en la observación continua de los resultados obtenidos y en la adaptación de las estrategias en consecuencia, para asegurar una eficacia óptima y una sostenibilidad a largo plazo.

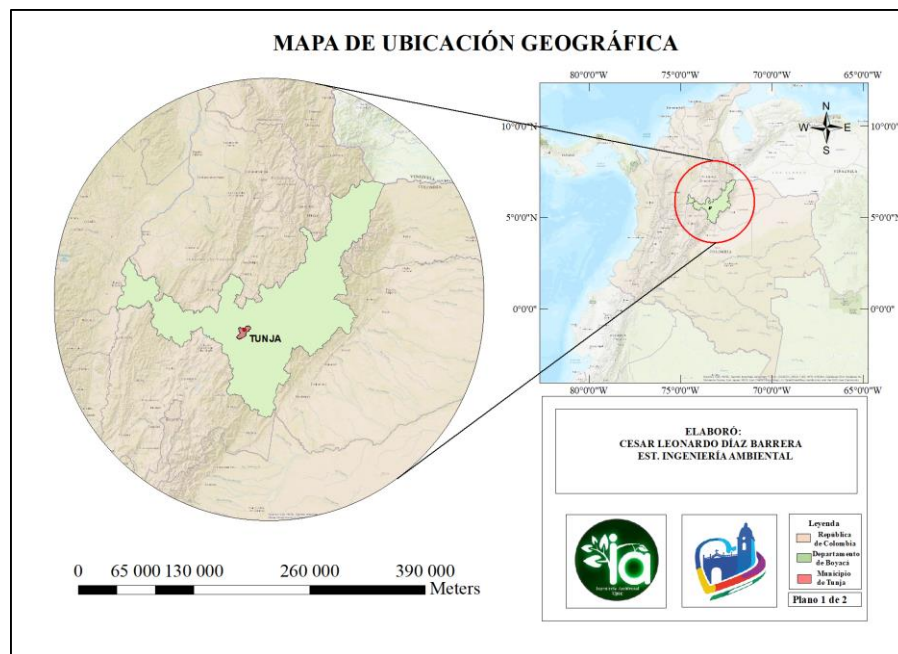
## 6. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

El municipio de Tunja está ubicado en el departamento de Boyacá (Figura 3), con alrededor de 200 desarrollos urbanísticos en la zona urbana y 10 veredas en el sector rural: Barón Gallero, Barón Germania, Chorroblanco, El Porvenir, La Esperanza, La Hoya, La Lajita, Pírgua, Runta y Tras del Alto (CIDEU, 2020). En términos hidrográficos el río Jordán atraviesa la ciudad de sur a norte y el río la Vega de Occidente a Oriente (Gobernación de Boyacá, 2012).

Tunja es la capital del departamento de Boyacá, su economía se justifica en actividades comerciales, a su vez, es considerada ciudad estudiantil. Es un centro de acopio de estudiantes de todo el país, y con universidades de renombre como la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Cámara de comercio de Tunja, 2019).

El sector rural (87% del territorio) de Tunja se caracteriza por actividades agropecuarias como el cultivo de alverja, cereales, papa, entre otros, y por producciones pecuarias como bovinos, porcinos, ovinos y equinos, en las que se destacan la producción de leche de vaca (Moreno, 2014).

**Figura 3. Mapa de ubicación municipal.**



**Fuente:** Autor.

## 6.1 UBICACIÓN VEREDAL

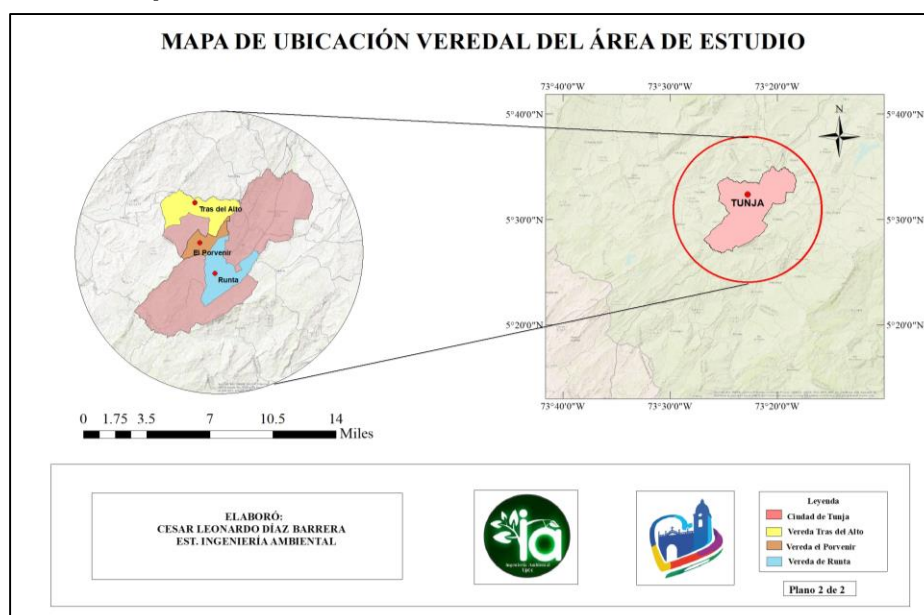
El área de estudio objeto de la pasantía abarcó las veredas Tras del alto, El Porvenir, y Runta (Figura 4), en la zona rural de la ciudad de Tunja. En conjunto con la Secretaría de Desarrollo se seleccionaron cinco predios de interés ambiental, distribuidos veredalmente de la siguiente manera (Tabla 2; Figuras 5 a 9):

**Tabla 2. Predios seleccionados para el desarrollo del plan de monitoreo.**

VEREDA	PREDIO
TRAS DEL ALTO	SAN FRANCISCO
	YERBABUENA LOTE 3
EL PORVENIR	EL ORIGEN
RUNTA	ENCENILLOS LOTE 4
	ENCENILLOS LOTE 9

Fuente: Autor.

**Figura 4. Mapa de ubicación veredal.**

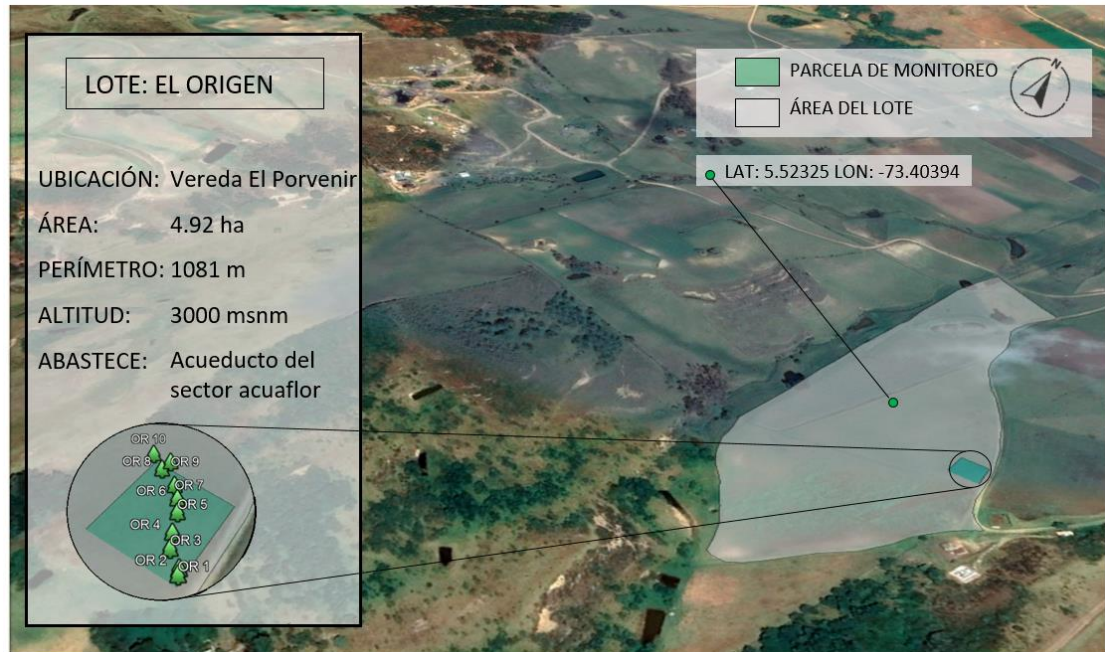


Fuente: Autor.

## 6.2 UBICACIÓN PREDIAL

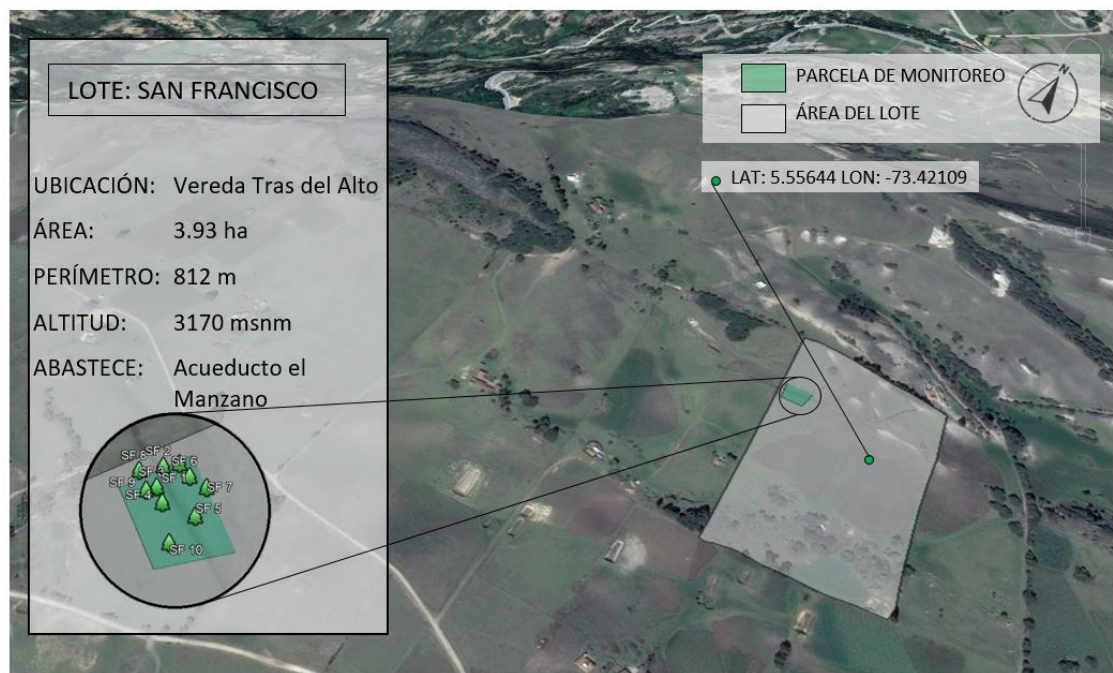
A continuación, se expondrá la información de cada uno de los lotes seleccionados (Figura 5 a 9) junto con la distribución espacial de cada uno de las plantas a las que se le hizo seguimiento durante el desarrollo de la etapa preliminar de ejecución.

**Figura 5. Ubicación espacial del lote El Origen.**



Fuente: Autor.

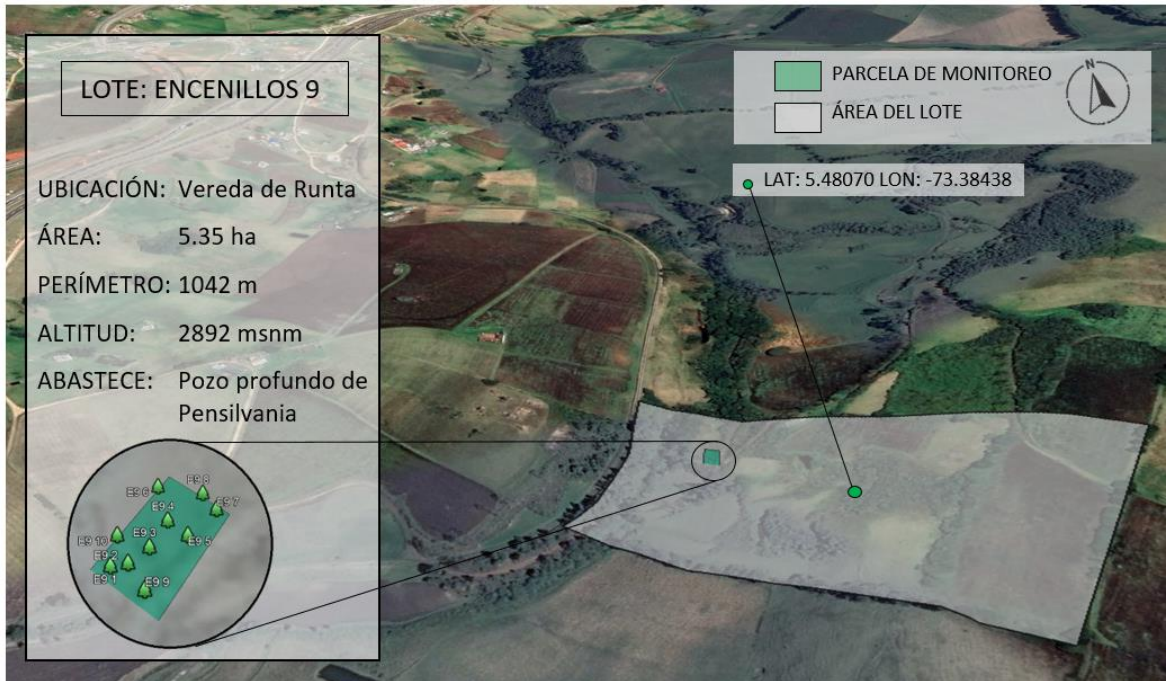
**Figura 6. Ubicación espacial del lote San Francisco.**



Fuente: Autor.

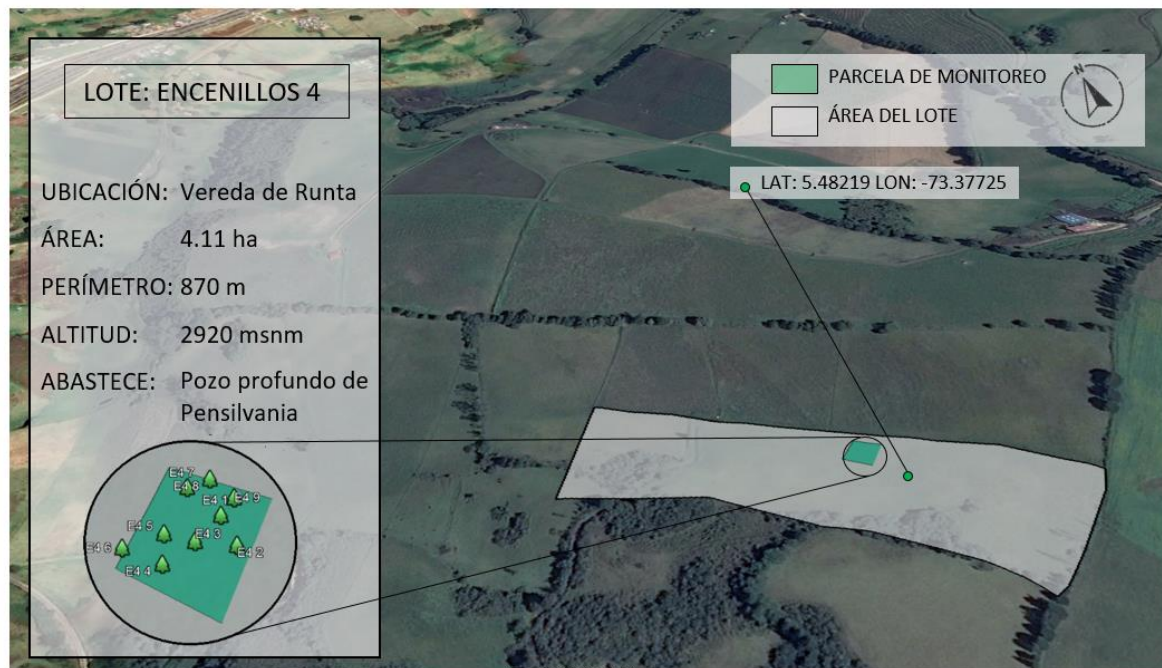


**Figura 7. Ubicación espacial lote Encenillos 9.**



Fuente: Autor.

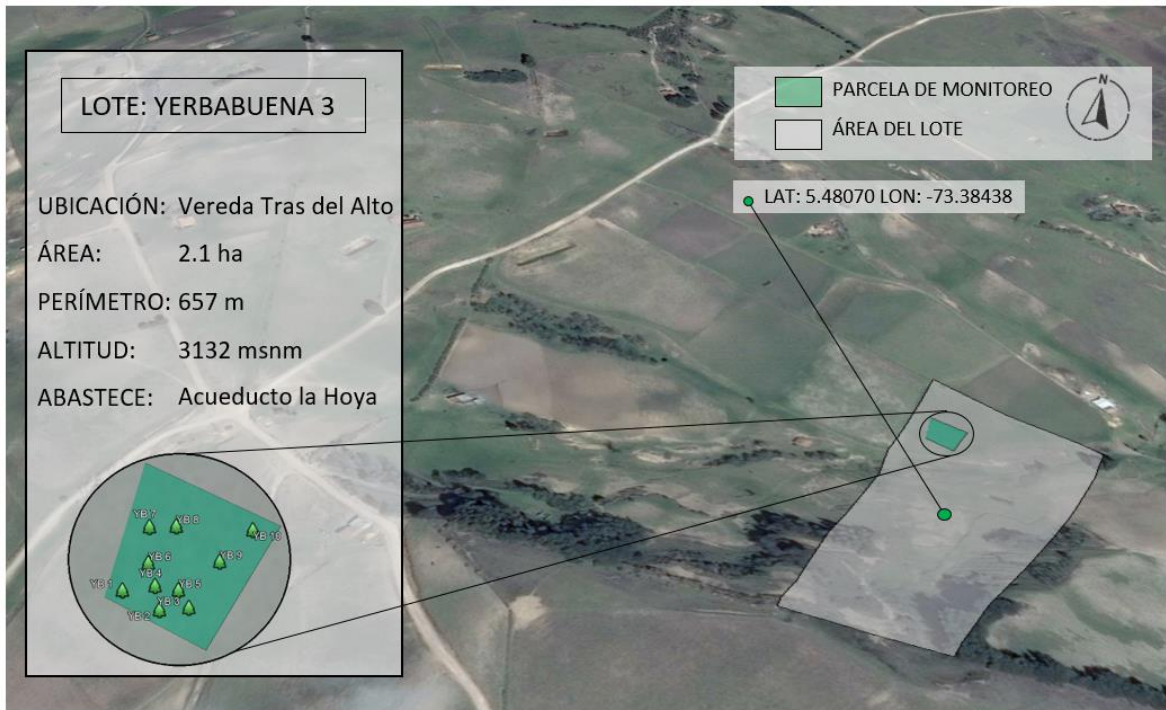
**Figura 8. Ubicación espacial lote Encenillos 4.**



Fuente: Autor.



**Figura 9. Ubicación espacial lote Yerbabuena 3.**



**Fuente:** Autor.

## 7. ÁREA INTERVENIDA

### 7.1 ANTECEDENTES

La Alcaldía de Tunja desde el año 2010 hasta la actualidad ha adelantado labores de establecimiento de especies nativas y aislamiento en bosques con atributos de zonas de recarga hídrica, con el objetivo de restablecer la cobertura vegetal, mejorar la capacidad de regulación del recurso hídrico y aumentar la calidad del mismo. Estas labores han sido adelantadas mediante procesos contractuales y en convenios con empresas interesadas con el medio ambiente como la Empresa de Energía de Boyacá.

Por parte de la Gobernación de Boyacá a través de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en 2022 se promocionó y ejecutó la campaña " sembrando vida", una iniciativa que pretendió repoblar con la siembra de plantas nativas, áreas de recarga hídrica que abastecen acueductos rurales localizados entre los 2600 y 3000 msnm (Gobernación de Boyacá, 2022).

### 7.2 TÉCNICAS Y ESTRATEGIAS

La Alcaldía de Tunja ha adquirido 44 predios pertenecientes a zonas de recarga hídrica, distribuidos en las veredas de: Tras del Alto, La Hoya, Runta, Barón Germanía y El Porvenir.

En cada predio se realizó procesos de aislamiento con poste y alambrado con el objetivo de evitar el ingreso de ganado a la zona. Para el establecimiento de especies se usó la técnica tres bolillos, que implicó la siembra de tres plántulas (en forma de triángulo equilátero), esta estrategia permite que cada plántula pueda acceder a luz, espacio y agua para su crecimiento (Figura 10) (Aceros, 2020).

**Figura 10. Técnica tres bolillos en predio Encenillos 2.**



**Fuente:** Alcaldía de Tunja, 2020.

### 7.3 ACTIVIDADES ZONA INTERVENIDA

Según la historia oral, los predios seleccionados para esta pasantía, eran utilizados para actividades agrícolas como el pastoreo y la siembra de productos como: la papa, la alverja y las hortalizas (Figura 11). Actualmente estos predios colindan con otros que están destinados para la siembra de estos productos (Figura 12).

**Figura 11. Cultivo de papa en predio Encenillos 1**



**Fuente:** Alcaldía de Tunja, 2018

**Figura 12. Cultivo de alverja en predios aledaños al lote de Yerbabuena 3.**



**Fuente:** Autor.

## 8. PLAN DE MONITOREO

La Alcaldía de Tunja en el plan de desarrollo presenta el pilar estratégico "Nos une el ambiente natural y construido" donde se impulsan estrategias encaminadas a la protección y preservación de los recursos naturales (Labo, 2019).

Para los predios seleccionados se diseñó un plan de monitoreo como propuesta a replicar a todos los predios adquiridos por el municipio. Esto permitirá analizar la trayectoria de la reforestación, así como una evaluación reflexiva y colaborativa de los resultados obtenidos a la Secretaría de Desarrollo (Evans, et al., 2014).

### 8.1 OBJETIVOS Y METAS DEL PLAN DE MONITOREO

Los objetivos de procesos de reforestación expresan el estado y los atributos que el proyecto desea alcanzar en un ecosistema determinado (McDonald, et al., 2016).

Estos objetivos se enfocan en mejorar los servicios ecosistémicos tales como: provisión (alimentos, agua); de regulación (clima o agua); culturales (educación, recreación, estética, espiritual); de soporte (producción primaria y conservación de suelos) (WWF, 2021).

Los objetivos de monitoreo cumplen la función de evaluar la trayectoria del proceso de reforestación, en función de un ecosistema de referencia.

Para la determinación de los plazos de tiempo se usó la sugerida por (Gil Leguizamon, et al., 2018) que indica un corto plazo de cero a tres años, mediano plazo de 3 a 10 años y largo plazo de 10 a 20 años.

A continuación, se enlistan los objetivos de reforestación y de monitoreo:

**Tabla 3. Objetivos del plan de monitoreo.**

<b>PLAZO</b>	<b>OBJETIVO DE REFORESTACIÓN</b>	<b>OBJETIVO DE MONITOREO</b>	<b>ACCIONES DE MANEJO ADAPTATIVO</b>
CORTO	Generar cobertura en áreas degradadas.	Evaluar el desarrollo de la cobertura vegetal de la plantación.	1. Incorporación de bancos de semillas externos (biomasa)

PLAZO	OBJETIVO DE REFORESTACIÓN	OBJETIVO DE MONITOREO	ACCIONES DE MANEJO ADAPTATIVO
	Establecer especies de sucesión temprana en la zona reforestada para promover la transición natural de la vegetación	Evaluar las transiciones de vegetación de las especies de sucesión temprana.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reemplazo de especies dominantes</li> <li>2. Evaluación de la frecuencia y densidad de siembra.</li> <li>3. Remoción de especies invasoras (maleza)</li> <li>4. Entresacas de especies dominantes.</li> <li>5. Control fitosanitario</li> </ol>
MEDIANO	Incrementar la diversidad de hábitat para la vida silvestre	Registrar avistamientos de especies silvestres	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reconocimiento y establecimiento de especies llamativas y sinérgicas con el ecosistema.</li> </ol>
LARGO	Restaurar de manera integral el predio	Evaluar la efectividad de los escenarios de siembra en la restauración del predio.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entresacas de especies dominantes.</li> <li>2. Control fitosanitario</li> <li>3. Análisis de la estructura y composición de la vegetación plantada y aquella asociada a la plantación</li> </ol>

**Fuente:** Autor.

Las metas de reforestación son pasos que se toman para lograr los propósitos finales del proceso de reforestación y sus plazos llevan al cumplimiento de los objetivos (Ramirez, et al., 2015) . Estas deben ser:

- Realistas, verificables, cuantificables y claras.
- Claramente acotadas en términos espaciales y temporales.
- Flexibles para poder ser reajustadas durante el proyecto, según la trayectoria del ecosistema.

La especificación de las metas en este tipo de proyectos suele ser descrita como uno de los más importantes componentes del plan, teniendo en cuenta que permite

regular las expectativas y orientar los planes de acciones (Gil Leguizamon, et al., 2018).

Las actividades de reforestación de la Alcaldía de Tunja no cuentan con un “plan de reforestación” ni se han formulado metas en diferentes tiempos.

A continuación, se enlistan las metas de reforestación:

**Tabla 4. Metas de las actividades de reforestación.**

<b>METAS DE REFORESTACIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>CRITERIOS DE CUMPLIMIENTO</b>	<b>PLAZO</b>
Mantener una tasa de supervivencia de la plantación durante el primer año.	Supervivencia de las plantaciones	Tasa de supervivencia de la plantación $\geq 50\%$ durante el primer año	Corto
Plantación con estado fitosanitario favorable	Estado fitosanitario favorable de la plantación	85% de la plantación arbórea con estado fitosanitario favorable durante dos años	Corto
Siembra y mantenimiento de árboles por hectárea.	Densidad de árboles por hectárea (Número de árboles por hectárea reforestada)	Siembra y mantenimiento de 1000 árboles por hectárea durante 3 años.	Corto
Favorecer el hábitat para fauna silvestre en las áreas reforestadas.	Número de avistamientos de fauna silvestre en las áreas reforestadas	Registro u avistamientos de fauna silvestre en las áreas reforestadas	Mediano
Desarrollo fisionómico de la plantación en los predios de interés ambiental de la Alcaldía de Tunja para los próximos 10 años	Superficie de bosque nativo desarrollado (en hectáreas)	Aumento de un 30% en la cobertura de bosques nativos en el área de reforestación a 10 años	Largo

**Fuente:** Autor.



El diseño de un plan de monitoreo involucra la evaluación de metas de monitoreo las cuales comparan en el tiempo la respuesta de ciertos indicadores para ciertos criterios socio ecológicos (Cabrera, et al., 2014).

El éxito del monitoreo en el proceso de reforestación se garantiza con el planteamiento de metas y objetivos con plazos definidos. Estas metas deben incorporar indicadores y cuantificadores, estos deben ser informativos y fáciles de medir o estimar cuando no se cuenta con equipo técnico formado o especializado (Ramirez, et al., 2015).

A continuación, se enlistan las metas del plan de monitoreo:

**Tabla 5. Metas del plan de Monitoreo.**

METAS	INDICADORES BIOFÍSICOS		
	PROTECCIÓN DEL SUELO Y FERTILIDAD	ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN	AUTENTICIDAD BIOLÓGICA
Corto plazo	Aumento de la cobertura vegetal nativa por predio reforestado	Sobrevivencia de las plantas nativas establecidas.	1. Aumento de la cobertura vegetal con plantas nativas. 2. Reducción de la cobertura vegetal de plantas exóticas o con potencial invasor.
Mediano Plazo	Aporte de materia orgánica, e incremento de la actividad biológica	1. Desarrollo fisionómico de la plantación en parámetros estructurales como: área basal, cobertura de dosel, densidad de los estratos foliares, densidad de los tallos, y volumen total de la cobertura vegetal por especie. 2. Evidencia de interacciones ecológicas propiciadas por las plantaciones (polinización, dispersión de semillas u oferta alimenticia).	Recambio o incorporación de especies nativas por procesos de regeneración natural.

INDICADORES BIOFÍSICOS			
METAS	PROTECCIÓN DEL SUELO Y FERTILIDAD	ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN	AUTENTICIDAD BIOLÓGICA
Largo Plazo	Cambios en los parámetros físico-químicos del suelo	Asociación vegetal leñosa establecida con favorecimiento de microhábitat para otras especies.	1. Establecimiento de especies nativas tolerantes a la sombra. 2. Aumento de plantas epífitas y de lianas.

Fuente: Autor.

## 8.2 ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE FASE PRELIMINAR DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO

**8.2.1 Tipo de Monitoreo, indicadores y cuantificadores.** El monitoreo es una actividad que implica costos económicos y tiempo de ejecución. Estos costos y el nivel de complejidad pueden ser ajustados seleccionando un nivel adecuado de dificultad.

En conjunto con la Secretaría de Desarrollo y velando por los intereses de la entidad se escogió un nivel de monitoreo básico. Este tipo de monitoreo se caracteriza por una captura de datos mediante observación visual y mediciones sencillas, las cuales están referidas a la supervivencia de los individuos, rasgos morfológicos establecidos, estado fitosanitario, vitalidad y otra serie de indicadores (WWF, 2021).

Las actividades de monitoreo requieren de un conjunto de indicadores los cuales estén alineados con los objetivos formulados a corto, mediano y largo plazo, los cuales servirán de instrumento para poder analizar y evaluar si las estrategias empleadas en el proceso de establecimiento están cumpliendo con los objetivos planteados (Dey, et al., 2018).

Existen indicadores que obedecen a dinámicas, algunos monitoreos se deben ejecutar de manera continua (mensual o bimensual) teniendo en cuenta el ritmo de crecimiento de las plantas. Por ende, la frecuencia del monitoreo está en función del tipo de indicador que se elija en conjunto con el tipo de dificultad y objetivos de reforestación del monitoreo (WWF, 2021).

Con base en lo anterior, se formularon los siguientes indicadores:



**Tabla 6. Indicadores, criterios y cuantificadores del plan de monitoreo.**

ASPECTO A EVALUACIÓN	CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR	PERIODICIDAD
REFORESTACIÓN DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA EN PREDIOS DE LA ALCALDÍA DE TUNJA	Composición	Número de especies	Taxonomía: Familia, género y especie	Trimestral
		Origen	Nativa, exótica, invasora	Trimestral
	Supervivencia	Individuos vivos presentes en la parcela.	N° de individuos vivos vs muertos	Trimestral
	Estructura	Cobertura vegetal	Porcentaje de cobertura vegetal por especies	Trimestral
		Densidad de individuos	N° de individuos vivos por unidad de área.	Trimestral
		Número de estratos arbóreos	N° de estratos por vegetación y clases de altura	Semestral
		Desarrollo del tallo	Incremento diamétrico (CAP y DAP)	Trimestral
		Crecimiento Vertical	Incremento en altura (cm)	Trimestral
		Cobertura vegetal	Incremento cobertura de la copa por especie (cm)	Trimestral
	Función	Estado fitosanitario	Síntomas sanitarios o afecciones físicas	Bimensual
	Diversidad animal	Avistamiento de especies animales	Riqueza y número de individuos observados.	Semestral

**Fuente:** Autor.

**8.2.2 Selección de predios de interés ambiental.** El trabajo inicial se caracterizó por el reconocimiento en campo de los diferentes predios adquiridos por la Alcaldía de Tunja, donde se hizo una evaluación del potencial de instalación de parcelas de monitoreo en cada uno de ellos, tomando como base los criterios de:

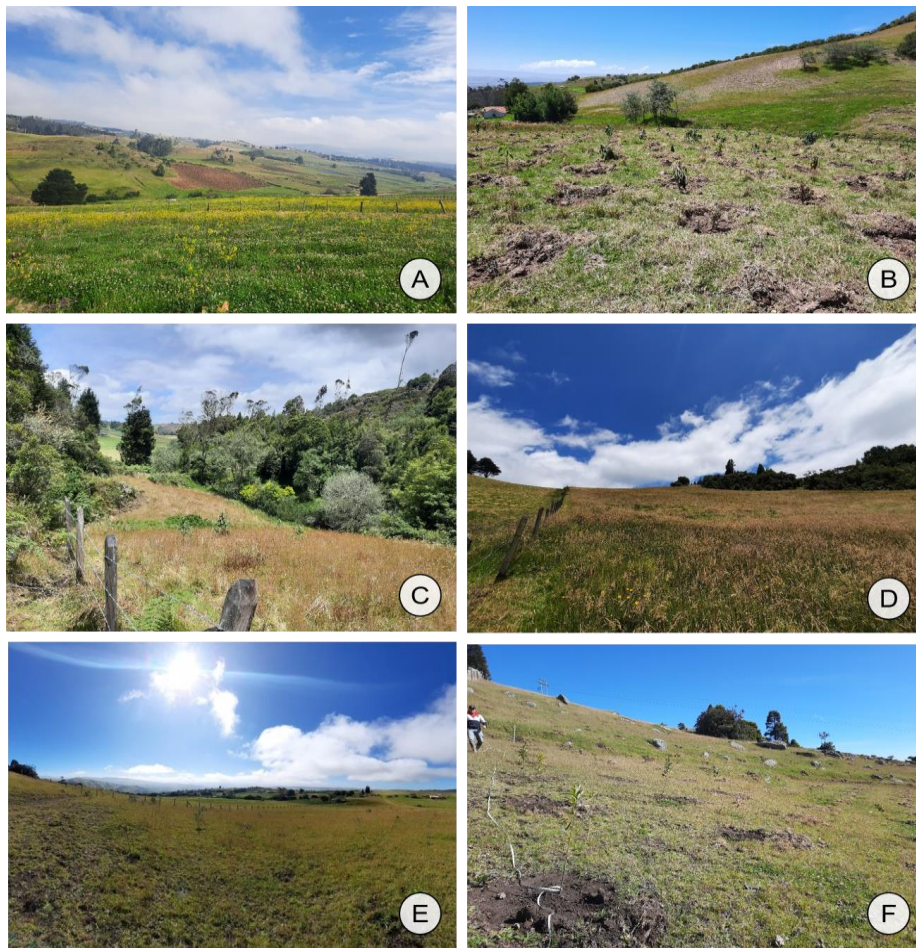
- Antigüedad de las actividades de reforestación en el predio (menor a 1 año).

- Acceso al predio (vehicular y peatonal).
- Contaminación visible (basura y escombros presentes en el predio).
- Estado actual (altura de la cobertura, aislamiento y estado de las plantas).
- Distancia desde el casco urbano de la ciudad (no mayor a 10 km).
- Acceso a información secundaria.

De esta forma se seleccionaron los predios: San Francisco, Yerbabuena 3, El Origen, Encenillos 9 y Encenillos 4.

**8.2.3 Reconocimiento en campo de los predios de interés ambiental.** Se realizó una visita a cada uno de los predios seleccionados (Figura 13), donde se analizó los posibles lugares de instalación de las parcelas de monitoreo tomando en cuenta factores como: Pendiente, cobertura, estado del suelo, estado de las plantaciones, cercanía a los puntos de acceso y traslado de los profesionales con el equipo.

**Figura 13. Reconocimiento de predios. A. El Origen; B. Yerbabuena 3; C. Encenillos 9; D. Encenillos 4; E y F. San Francisco.**



**Fuente:** Autor.

**8.2.4 Recolección de información secundaria.** Para esto, la Alcaldía de Tunja facilitó documentos físicos y magnéticos a su disposición, tales como: fichas catastrales, planos, mapas temáticos, informes de avance de procesos contractuales, contratos y material fotográfico.

**8.2.5 Matrices de recolección de datos en campo.** En conjunto con la secretaría se desarrolló un inventario de equipos y profesionales capacitados disponibles para la ejecución de las salidas a campo con el objetivo de capturar la información del estado del predio y del material vegetal sembrado. Con base a lo anterior se diseñó la siguiente plantilla de campo:

**Figura 14. Plantilla de recolección de datos en campo.**

PARCELA	Fecha		Hora		COBERTURA DE COPA (cm)		ALTURA (cm)	DIÁMETRO TALLO (mm)		ELEVACIÓN (m)	FITOSANITARIO	COORDENADAS		WayPoint		
	NÚMERO INDV (#)	NOMBRE COMÚN	ORIGEN	ESTRATO ARBOREO	Meteorología			Mayor	Menor			Mayor	Menor		LATITUD	LONGITUD
					Temp Amb											
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
											PUNTOS PARCELA	1				
												2				
												3				
												4				
INTEGRANTE			CARGO			EQUIPO			FUNCIÓN			FIRMA				

**Fuente:** Autor.

Para el diagnóstico de supervivencia de la plantación y poder cuantificar la información capturada en campo, se diseñó la siguiente plantilla:


**Figura 15. Plantilla de campo para datos de supervivencia.**

N°	LOTE:	NOMBRE CIENTÍFICO	FECHA:	OBSERVACIÓN
	COD PARCELA:		_____	
N°	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	VALOR SUPERVIVENCIA (0/1)	OBSERVACIÓN

**Fuente:** Autor.

Respecto al avistamiento de especies silvestres se elaboró la siguiente plantilla:

**Figura 16. Plantilla de avistamiento de especies silvestres.**

LOTE			PARCELA						
			COORDENADAS (GPS)		ESPECIE OBSERVADA	N° INDIVIDUOS	COMPORTAMIENTO OBSERVADO	COMENTARIOS	
N° REGISTRO	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD					

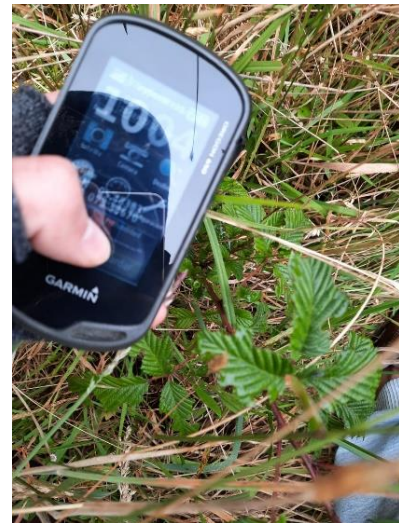
**Fuente:** Autor.

Los datos recopilados en campo fueron digitalizados y cargados en la nube para su seguridad y accesibilidad.

**8.2.6 Establecimiento de parcelas de monitoreo en lugares seleccionados.**  
Se instalaron parcelas de monitoreo de 20mx20m en cada uno de los predios para esto se dispuso de los siguientes materiales:

- Martillo
- Cinta de contingencia (500m)
- Cinta métrica
- Estacas de 1m (4 por parcela)
- Pintura en Aerosol
- GPS Garmin Oregon 650 (Figura 17)

**Figura 17. GPS Garmin Oregon 650.**



**Fuente:** Autor.

**8.2.7 Marcaje y selección de especies.** Por parcela se decidió tomar una muestra de 10 individuos a los cuales se les hizo monitoreo durante la pasantía; los criterios de selección de los individuos fueron: la especie, estado del material vegetal y distribución a lo largo y ancho de la parcela.

Para el marcaje y ubicación, se diseñaron etiquetas\* (Figura 18) para cada individuo seleccionado, cada una contenían datos como: código de la parcela, código de planta, vértice de la parcela y coordenada G.P.S para facilitar su ubicación.

Cada etiqueta fue impermeabilizada con papel contact (Figura 19), y se ajustó a cada plántula con cáñamo (o nilón) en la base del tallo para no afectar el crecimiento.

**Figura 18. Modelo de etiqueta de material vegetal y de vértice de parcela.**

COD PARCELA	
NÚMERO INDV.	

PARCELA:	VÉRTICE
LATITUD	LONGITUD:
_____	_____
_____	_____

**Fuente:** Autor.

**Figura 19. Etiqueta de monitoreo en planta.**



**Fuente:** Autor.

**\*Nota:** Al final del proceso de pasantía todas las etiquetas fueron retiradas.



**8.2.8 Instalación de parcelas de monitoreo.** Las parcelas fueron demarcadas de manera cuadrada (20mx20m), seguido a esto se demarcaron los vértices y se georreferenciaron (Figura 20).

**Figura 20. Instalación de parcelas.** A y B. Anclaje de vértices de parcela; C y D. Instalación de cinta de seguridad.



**Fuente:** Autor.

### 8.2.9 Registro y captación de información.

Los levantamientos de la información en campo y el registro en las planillas de campo debe ser veraz y confiable con el fin de minimizar costos y tiempo, a continuación, se describe la forma adecuada de captura y registro de los datos.

- **Diámetro:** A cada individuo se le mide la circunferencia del tallo (marcada con pintura), con la ayuda de un calibrador (individuos con diámetro < 1 cm, se toma el diámetro mayor y menor\*, estos se promedian para obtener el diámetro

definitivo) y cinta métrica (individuos con diámetro  $\geq 1$  cm), en este último caso se calcula el diámetro dividiendo la circunferencia por  $\pi$  (3.1416).

**\*Nota:** El tallo menor hace referencia a la medida de la proyección ortogonal (giro de 90 grados) de la primera toma.

- Cobertura de copa: La medición de las copas se realiza con un flexómetro, tomando el largo y ancho de la copa (m), este valor se multiplica para obtener el área de copa definitivo.
- Altura: Con un flexómetro se toma la altura de cada individuo, desde la base hasta la terminación de la rama más apical, a los individuos con alturas superiores a 3 m se les estima la altura con la ayuda de una vara graduada a 1,5 m, o utilizando un hipsómetro.
- Identificación taxonómica: Los individuos inventariados en campo se registran con el nombre común, suministrado por conocedores locales, y los nombres científicos por un equipo técnico conformado por botánicos.
- Espacialización de los individuos: Con ayuda del GPS se toma la coordenada de cada uno de las especies a monitorear y se anota en la planilla de campo. Se recuerda revisar que el error del equipo sea de mínimo 3 metros (este suele cambiar según las condiciones de nubosidad).

**8.2.10 Análisis de la información.** El análisis de datos es un conjunto establecido de acciones el cual incluye la limpieza, la transformación y modelamiento de datos, para convertirlos en información útil la cual permita llegar a una serie de conclusiones sobre la investigación (Cañadas, et al., 2018).

Esto permitirá dar un concepto de estado del área de reforestación, los procesos de degradación y los problemas existentes en relación al alcance de las metas propuestas.

Para cada una de las actividades de establecimiento de material vegetal nativo, se evaluará el desempeño de los plántones asentados, calculando la supervivencia y recopilando datos morfométricos y de estructura de los individuos, a través de un proceso de estadística descriptiva con el apoyo del modelamiento de gráficas que servirán para facilitar la interpretación y visualización de los datos levantados en campo.

En cuanto al análisis de presencia de fauna silvestre, se llevará a cabo un análisis de tendencias en los avistamientos. Esto permitirá comparar la cantidad de avistamientos en dos períodos de tiempo específicos. Para ello, se utilizará el test de Wilcoxon, un análisis no paramétrico que determina si hay una diferencia

significativa en la cantidad de avistamientos entre dos períodos de tiempo estudiados.

Para efectos del estado fitosanitario de la plantación se hizo la recopilación de datos y de material fotográfico de las afectaciones evidentes en los individuos sembrados de cada uno de los predios del área de estudio, con esto se hará un análisis comparativo el cual posibilitará con base a información secundaria encontrar relaciones clave que permitan concluir el estado de salud de los plantones y posibles acciones de remediación.

### **8.3 FASE DIAGNÓSTICA.**

Un punto de partida importante del monitoreo en los procesos de reforestación es el diagnóstico de la situación actual inicial del área a restaurar. Esto hace necesario invertir tiempo en la caracterización del punto de partida del ecosistema que se va a intervenir (Ramirez, et al., 2015).

Para efectos del presente documento, el diagnóstico se hizo con base a un establecimiento de material vegetal previo en cada uno de los predios, ya que las actividades de reforestación ya estaban adelantadas.

Se tuvo en cuenta los alcances expuestos en la propuesta, la disponibilidad de equipos, estudios y personal dispuesto por la Secretaría de Desarrollo de Tunja para desarrollar esta fase preliminar.

Esta fase diagnóstica con base a los insumos recolectados con el equipo de “predios” de la secretaría, tuvo un alcance para efectos de supervivencia, crecimiento y estado fitosanitario del material vegetal.

**8.3.1 Balance de supervivencia de los individuos en los predios de reforestación.** Esto se realizó en los predios que cumplían con 1 mes pasada la reforestación (Esto debido a que no se contó con registros exactos de las plantas establecidas en los otros predios).

Se cuantificó el material vegetal plantado en los dos lotes seleccionados (San Francisco y Yerbabuena 3), y se estimó los porcentajes de supervivencia total y por especie (Figura 21 y 22) con las siguientes fórmulas:



- Porcentaje de supervivencia por especie:

$$\%S_{esp} = \frac{100 \cdot pf}{pi}$$

Donde:

$\%S_{esp}$ : % supervivencia de especie

$Pf$ : Número de plantas vivas final de especie

$Pi$ : Número de plantas vivas inicial de especie

- Porcentaje de supervivencia total de la parcela:

$$\%S_{tot} = \frac{100 \cdot \sum pft}{\sum pit}$$

Donde:

$\%S_{tot}$ : % supervivencia total de parcela


$Pft$ : Número total final de plantas vivas de la parcela de todas las especies

$Pit$ : Número total inicial de plantas vivas de la parcela de todas las especies

Una fase diagnóstica permite hacer una recopilación de información y datos relevantes para la identificación de problemas y desafíos existentes en un plan de monitoreo previo a su ejecución definitiva.


**8.3.2 Composición florística y supervivencia.** Para el análisis de supervivencia se tomó un periodo de comparación de 3 meses aproximadamente entre las mediciones.

**Figura 21. Composición y porcentaje de supervivencia lote Yerbabuena 3.**

LOTE	YERBABUENA		FECHA VISITA INICIAL	18/08/2022	
COD PARCELA	YB3		FECHA VISITA FINAL	21/11/2022	
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NÚMERO INICIAL INDIV.	NÚMERO FINAL INDIV.	%SUPERVIVENCIA ESPECIE
Arrayán	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	MYRTACEAE	22	19	86.36%
Pablo blanco	<i>Celtis laevigata</i>	CANNABACEAE	18	16	88.89%
Chilco	<i>Baccharis latifolia</i>	ASTERACEAE	8	7	87.50%
Cedro de altura	<i>Cedrela montana</i>	MELIACEAE	1	1	100.00%
Guyacán de Manizales	<i>Lafoensia speciosa</i>	LYTHRACEAE	14	13	92.86%
Tíbar	<i>Escallonia discolor</i>	ESCALLONIACEAE	1	1	100.00%
Camargo	<i>Verbesina crassiramea</i>	ASTERACEAE	4	4	100.00%
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	BETULACEAE	1	1	100.00%
				<b>%SUPERVIVENCIA TOTAL</b>	<b>89.86%</b>

Fuente: Autor.

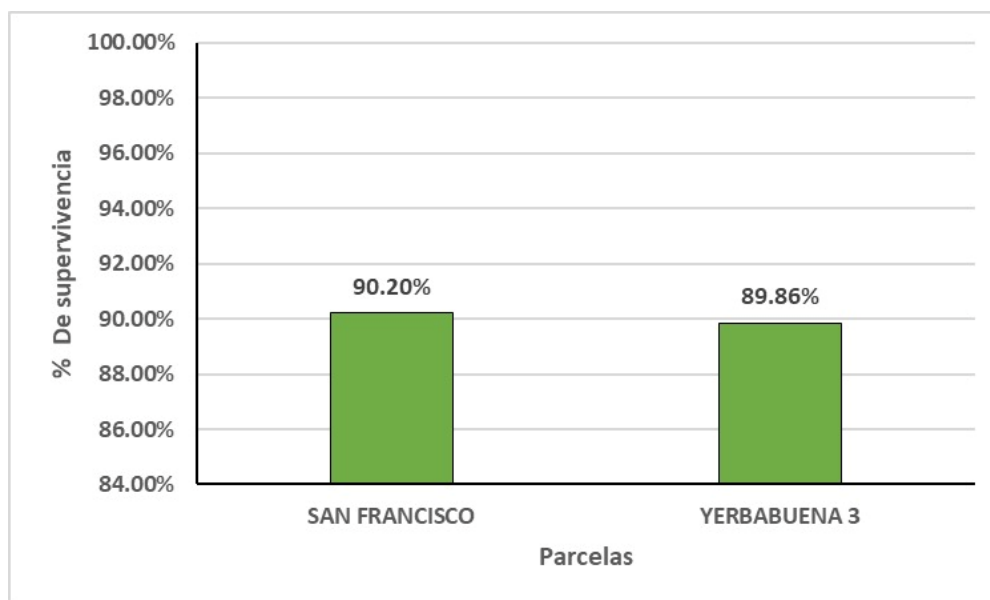
**Figura 22. Composición y porcentaje de supervivencia lote San Francisco.**

LOTE	SAN FRANCISCO		FECHA VISITA INICIAL	18/08/2022	
COD PARCELA	SF		FECHA VISITA FINAL	21/11/2022	
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NÚMERO INICIAL INDIV	NÚMERO FINAL INDIV	%SUPERVIVENCIA ESPECIE
Mano de oso	<i>Oreopanax incisus</i>	ARALIACEAE	7	7	100.00%
Mangle	<i>Escallonia pendula</i>	ESCALLONIACEAE	7	7	100.00%
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	BETULACEAE	8	7	87.50%
Cucharo negro	<i>Myrsine guianensis</i>	PRIMULACEAE	2	2	100.00%
Roble Andino	<i>Quercus humboldtii</i>	FAGACEAE	1	1	100.00%
Arrayán	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	MYRTACEAE	5	5	100.00%
Holly liso	<i>Pyracantha coccinea</i>	ROSACEAE	16	13	81.25%
Jazmín	<i>Pittosporum undulatum</i>	PITTOSPORACEAE	5	4	80.00%
				<b>%SUPERVIVENCIA TOTAL</b>	<b>90.20%</b>

**Fuente:** Autor.

El diagnóstico de supervivencia entregó resultados alentadores (Figura 23 a 25) con tasas en Yerbabuena 3 del 90.20% y San Francisco del 89.86%, esto indica que la plantación ha logrado una capacidad de adaptación buena al área reforestada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el periodo de muestreo fue de solamente 3 meses, siendo este corto para tener una tasa confiable y representativa en el tiempo.

**Figura 23. Supervivencia de individuos por parcela de monitoreo.**

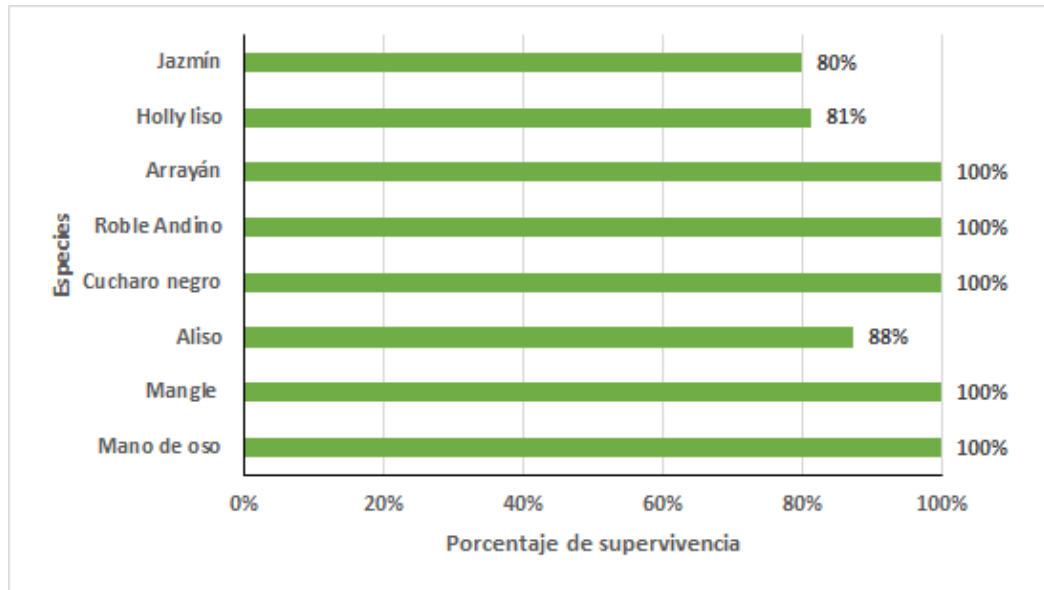


**Fuente:** Autor.

En general, la supervivencia de las plantas es superior al 81% (Figuras 24 y 25), este dato determina un éxito en el establecimiento de las plantaciones. Las especies

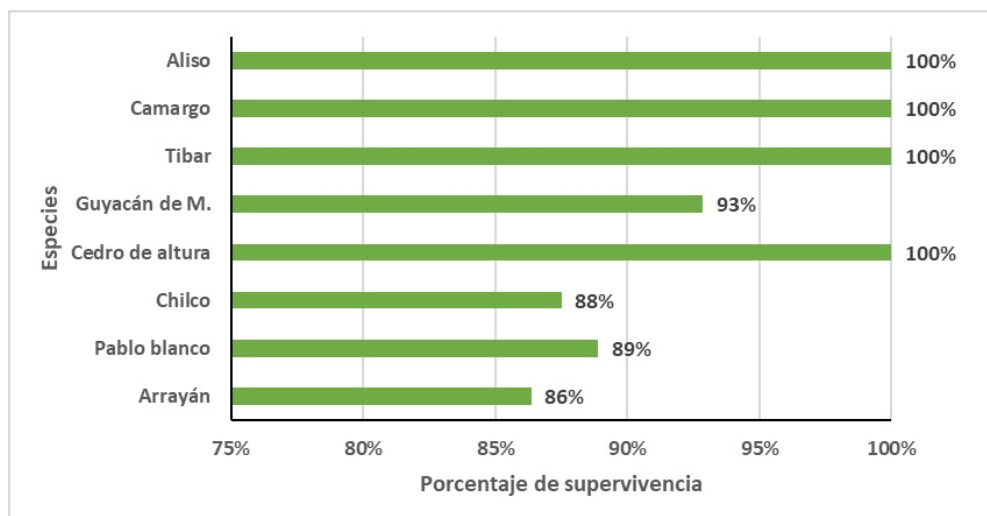
con menor supervivencia son Chilco, Palo Blanco y Arrayán, con tasas de mortalidad cercanas al 80%. Una de las causas es la posible baja capacidad de retención de agua del terreno, la posible falta de nutrientes y la presencia de insectos (Figura 37B).

**Figura 24. Supervivencia de especies en la parcela San Francisco.**



Fuente: Autor.

**Figura 25. Supervivencia de especies en parcela Yerbabuena 3.**



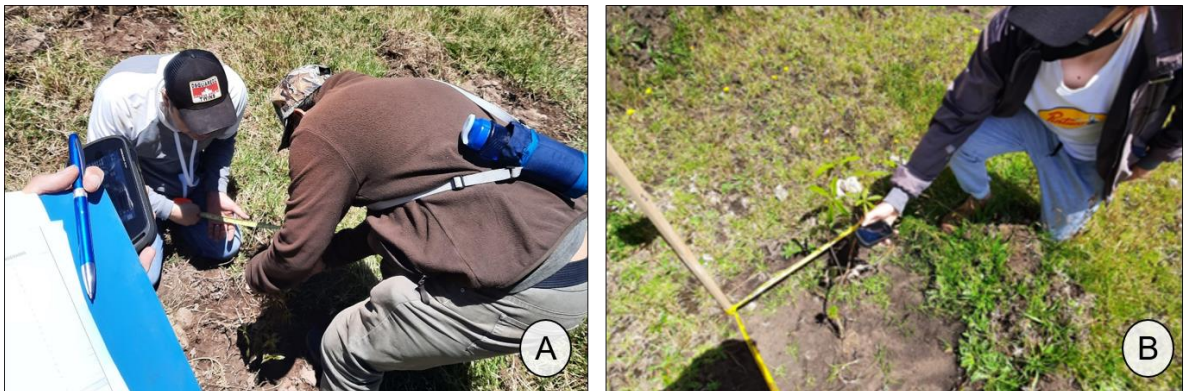
Fuente: Autor.

En San Francisco, las especies con menor capacidad de adaptación son Jazmín, Holly liso y Aliso, con mortalidad del 80% al 88%. Según el diagnóstico fitosanitario, la herbivoría, la presencia de insectos y las bajas temperaturas de las madrugadas pueden afectar el desarrollo y la supervivencia de la plantación.

**8.3.3 Recolección de datos de las plantaciones.** Las parcelas de monitoreo permiten medir y evaluar el éxito de un plan de reforestación ya que permiten recolectar datos sobre la supervivencia, el crecimiento, y desarrollo de las plantas. Pueden ayudar de igual manera a identificar problemas que pongan el riesgo el éxito de la reforestación, como plagas, enfermedades, erosión del suelo, competencia, entre otros (Ramirez, et al., 2015).

Esta actividad se realizó en el periodo comprendido entre agosto y diciembre del 2022, se programaron 3 visitas por predio, cada mes y medio. Se tomaron datos como: localización G.P.S, altura, altura de copa, cobertura de copa, diámetro del tallo, elevación e indicadores del estado fitosanitario de cada individuo (Figura 26).

**Figura 26. Registro de datos en campo. A.** Toma de altura de planta; **B.** Toma de posición G.P.S de planta.



**Fuente:** Autor.

A continuación, se presenta una tabla que contiene la información del material vegetal monitoreado (Tabla 7 a 11), la planilla completa de datos de campo (Figura 28,30, 32, 34 y 36) y el material fotográfico de las plantas para cada una de las parcelas (Figura 27, 29, 31, 33 y 35).

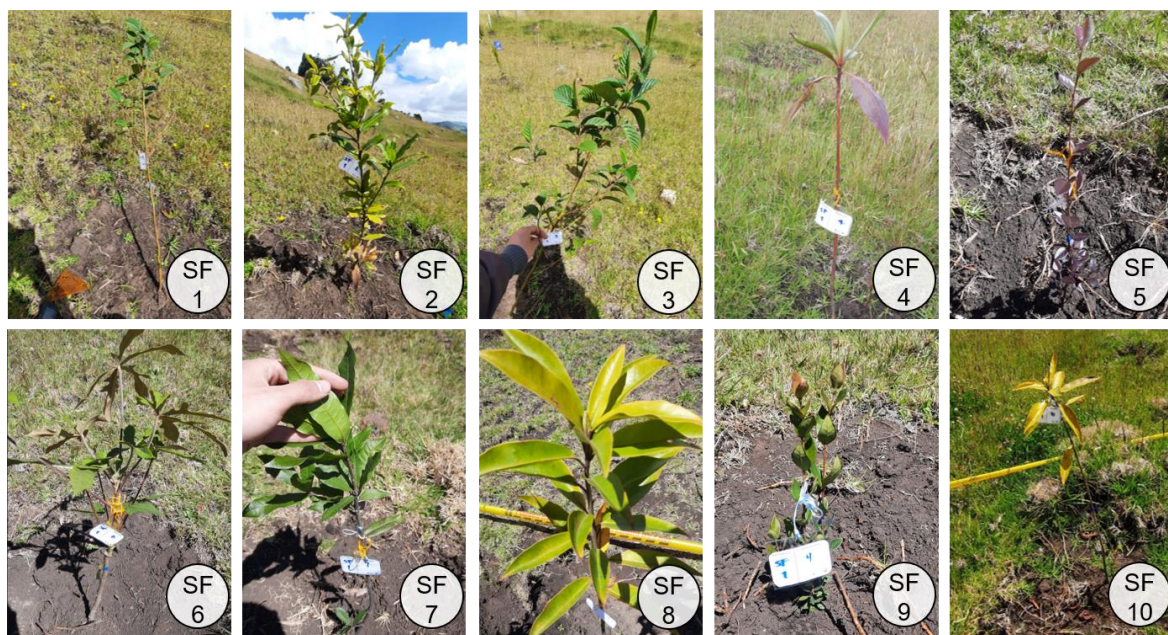


**Tabla 7. Material vegetal monitoreado del lote San Francisco.**

<b>COD. INDIVIDUO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NÓMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>COORDENADAS (LAT,LON)</b>
SF1	ALISO	<i>Alnus acuminata</i>	5.5566 -73.42189
SF2	ROBLE ANDINO	<i>Quercus humboldtii</i>	5.55657 -73.42188
SF3	ALISO	<i>Alnus acuminata</i>	5.55657 -73.42183
SF4	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	5.55659 -73.4218
SF5	HOLLY LISO	<i>Pyracantha coccinea</i>	5.55666 -73.42179
SF6	MANO DE OSO	<i>Oreopanax incisus</i>	5.55663 -73.42187
SF7	ROBLE ANDINO	<i>Quercus humboldtii</i>	5.55669 -73.42185
SF8	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	5.55652 -73.42186
SF9	ARRAYAN	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	5.55655 -73.42182
SF10	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	5.55662 -73.42172

Fuente: Autor.

**Figura 27. Registro fotográfico de material vegetal en lote San Francisco.**



Fuente: Autor.

**Figura 28. Datos de monitoreo lote San Francisco.**

COD. INDIVIDUO	NÚMERO DE MEDICIÓN	ESTRATO ARBÓREO	COBERTURA DE COPA (cm)		PROMEDIO H COPA (cm)	ALTURA (cm)	H COPA (cm)	ELEVACIÓN (msnm)	DIÁMETRO DEL TALLO (mm)		PROMEDIO DIÁMETRO DE TALLO (mm)
			Mayor	Menor					Mayor	Menor	
			FECHAS DE MEDICIÓN								
	1		18/08/2022								
	2		21/10/2022								
	3		1/12/2022								
SF 1	1	Herbaceo	26	25	25	96	10	3186.4	8	8	8
	2		30	29	29	100	12		9	9	9
Aliso	3		33	36	36	107	15		12	12	12
SF 2	1	Herbaceo	18	19	19	71	20	3186.6	8	8	8
	2		19	20	20	71	21		8	8	8
Roble andino	3		20	23	23	74	24		8	8	8
SF 3	1	Herbaceo	27	28	28	111	14	3185.9	9	10	10
	2		35	34	34	113	15		10	11	11
Aliso	3		55	51	51	108	11		10	11	11
SF 4	1	Herbaceo	20	13	13	72	60	3185.1	6	6	6
	2		20	13	13	76	65		6	6	6
Mangle	3		19	14	14	81	70		6	6	6
SF 5	1	Herbaceo	7	4	4	41	3	3185.1	2	2	2
	2		7	5.2	5.2	30	3.2		2	2	2
Holly liso	3		6.8	6.5	6.5	24.5	2.8		2	2	2
SF 6	1	Herbaceo	40	27	27	50	20	3185.8	10	11	11
	2		40	33	33	58	23		11	12	12
Mano de oso	3		44	38.2	38.2	67	7.8		11	12	12
SF 7	1	Herbaceo	19	19	19	54	25	3186.2	6	6	6
	2		20	21	21	57.6	28		6	6	6
Roble andino	3		22	21.2	21.2	61.9	7.9		6	6	6
SF 8	1	Herbaceo	23	20	20	75	58.4	3184.8	6	7	7
	2		23	20	20	79.4	63.2		7	7	7
Cucharo negro	3		24	22.5	22.5	83.5	66.7		7	8	8
SF 9	1	Herbaceo	8	7	7	28	3.1	3183.7	3	3	3
	2		8.5	7.9	7.9	29.1	3.2		3	3	3
Arrayán	3		9.5	9.3	9.3	26.3	3.2		3	3	3
SF 10	1	Herbaceo	20	20	20	65	55.9	3182.8	6	7	7
	2		21	20	20	70.2	58.7		6	7	7
Cucharo negro	3		21	18.2	18.2	77.4	63.6		6	7	7

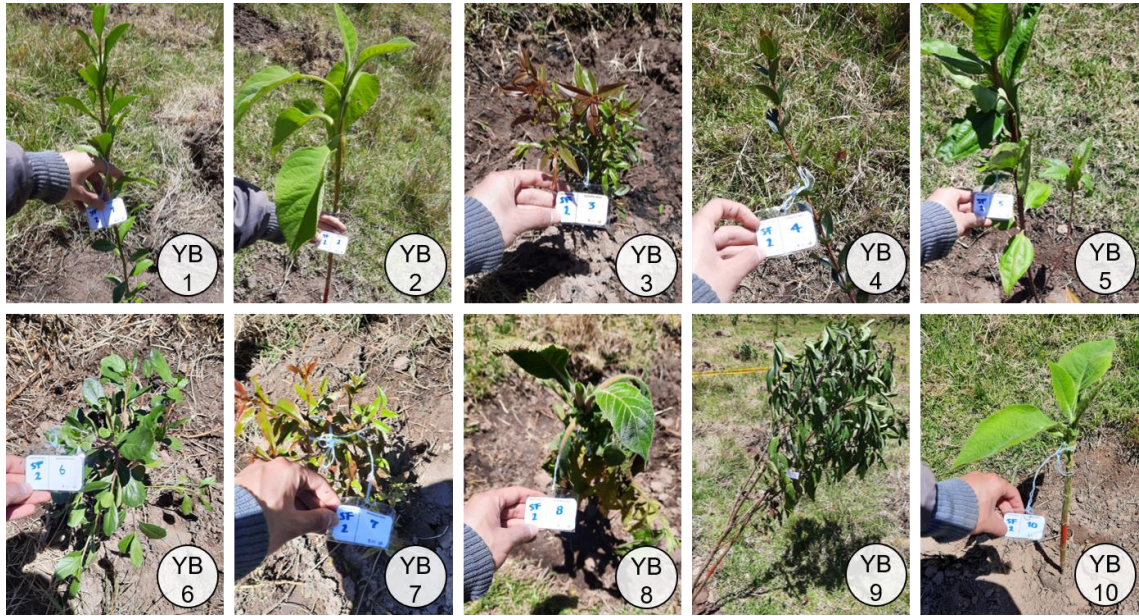
Fuente: Autor.

**Tabla 8. Material vegetal monitoreado del lote Yerbabuena 3.**

COD. INDIVIDUO	NOMBRE COMÚN	NÓMBRE CIENTÍFICO	COORDENADAS (LAT,LON)
YB 1	CORONO	Xylosma spiculiferum	5.54681 -73.42167
YB 2	CAMARGO	Verbesina crassiramea	5.54678 -73.42164
YB 3	GUAYACAN DE MANIZALES	Lafoensia speciosa	5.5468 -73.42162
YB 4	ARRAYAN	Myrcianthes leucoxylla	5.54682 -73.42164
YB 5	CHILCO	Baccharis latifolia	5.54683 -73.42161
YB 6	TIBAR	Escallonia discolor	5.54686 -73.42165
YB 7	GUAYACAN DE MANIZALES	Lafoensia speciosa	5.5469 -73.42164
YB 8	CAMARGO	Verbesina crassiramea	5.5469 -73.42161
YB 9	CHILCO	Baccharis latifolia	5.54686 -73.42156
YB 10	CAMARGO	Verbesina crassiramea	5.5469 -73.42151

Fuente: Autor.

**Figura 29. Registro fotográfico de material vegetal en lote Yerbabuena 3.**



Fuente: Autor.

**Figura 30. Datos de monitoreo lote Yerbabuena 3.**

COD. INDIVIDUO	NÚMERO DE MEDICIÓN	ESTRATO ARBÓREO	COBERTURA DE COPA (cm)		PROMEDIO H COPA (cm)	ALTURA (cm)	H COPA (cm)	ELEVACIÓN (msnm)	DIÁMETRO DEL TALLO (mm)		PROMEDIO DIÁMETRO DE TALLO (mm)
			Mayor	Menor					Mayor	Menor	
			FECHAS DE MEDICIÓN								
	1		18/08/2022								
	2		21/10/2022								
	3		1/12/2022								
YB 1	1	Herbaceo	14	14	14	78	35	3147.1	3	3	3
	2		14.2	14.1	14.15	84.2	38.2		4	4	4
CORONO	3		14	16	15	86.4	40		5	5	5
YB 2	1	Herbaceo	15.1	18.2	16.65	87	84	3146.6	9	9	9
	2		17	22.1	19.55	88	84		9	9	9
CAMARGO	3		10.2	13.9	12.05	89.8	85.5		12	12.1	12.05
YB 3	1	Herbaceo	17	15	16	38	21.2	3147.4	3	3	3
	2		17	14	15.5	40	22		3	3	3
Guyacán de M.	3		16	12.8	14.4	39.1	4.4		3	3	3
YB 4	1	Herbaceo	8	7	7.5	67	10.8	3147.8	4	4	4
	2		13	6.4	9.7	67.3	11.2		5	6	5.5
Arrayán	3		14.2	10	12.1	66.4	13.8		5	5	5
YB 5	1	Herbaceo	26.5	24	25.25	92	62.8	3146.8	7	7	7
	2		28	27.7	27.85	94.2	63.1		11	11	11
Chilco	3		28	24	26	95.1	63.6		11	12	11.5
YB 6	1	Herbaceo	36.5	34.2	35.35	42	7.8	3147.6	8	8	8
	2		37.4	36.2	36.8	47.9	8.5		10	0.9	5.45
Tíbar	3		34.2	28	31.1	49.5	6.4		12	11	11.5
YB 7	1	Herbaceo	15	14	14.5	46	3.1	3147.3	4	4	4
	2		13	12.4	12.7	45.1	3.5		4	4	4
Guyacán de M.	3		12.3	12.7	12.5	41.3	2		4	4	4
YB 8	1	Herbaceo	23	23	23	64	44.1	3147.4	15	15	15
	2		33	36.7	34.85	77.8	46.2		21	20	20.5
Camargo	3		31.9	34	32.95	75.5	48.9		21.1	21	21.05
YB 9	1	Herbaceo	60	54	57	175	45.3	3146.6	10	10	10
	2		82.4	79.5	80.95	155	50.2		13	12	12.5
Chilco	3		84	62	73	165	66		14	13	13.5
YB 10	1	Herbaceo	34	30	32	51	47.5	3147.1	10	10	10
	2		27.4	28	27.7	62.2	48		13	13	13
Camargo	3		20	21.7	20.85	61.8	51.8		14	15	14.5

Fuente: Autor.



**Tabla 9. Material vegetal monitoreado del lote El Origen.**

<b>COD. INDIVIDUO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NÓMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>COORDENADAS (LAT,LON)</b>
OR1	HOLLY LISO	<i>Cotoneaster pannosus</i>	5.52325 -73.40394
OR2	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	5.52327 -73.40394
OR3	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	5.5233 -73.40397
OR4	HOLLY LISO	<i>Cotoneaster pannosus</i>	5.52334 -73.40397
OR5	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	5.52338 -73.40397
OR6	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	5.52341 -73.40398
OR7	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	5.52344 -73.40399
OR8	HOLLY LISO	<i>Cotoneaster pannosus</i>	5.52348 -73.40402
OR9	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	5.5235 -73.40401
OR10	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	5.52351 -73.40405

Fuente: Autor.

**Figura 31. Registro fotográfico de material vegetal en lote El Origen.**



Fuente: Autor.



**Figura 32. Datos de monitoreo lote El Origen.**

COD. INDIVIDUO	NÚMERO DE MEDICIÓN	ESTRATO ARBÓREO	COBERTURA DE COPA (cm)		PROMEDIO H COPA (cm)	ALTURA (cm)	H COPA (cm)	ELEVACIÓN (msnm)	DIÁMETRO DEL TALLO (mm)		PROMEDIO DIÁMETRO DE TALLO (mm)
			Mayor	Menor					Mayor	Menor	
									Mayor	Menor	
OR1	1	Herbaceo	40	5	22.5	77	4	2999.6	4	4	4
	2		41	8	24.5	85	5		4	4	4
	3		40.8	7	23.9	86.4	11.5		4	4	4
Holly Liso	1	Herbaceo	32	18	25	73	36.1	2999.6	9	9	9
	2		27.5	29.2	28.35	86.4	38.6		9	9	9
	3		33	35.4	34.2	91	42.6		10	10	10
OR2	1	Herbaceo	26	22	24	80	28	2999.6	10	10	10
	2		32	31.4	31.7	92.9	33		11	11	11
	3		34.7	33.4	34.05	97.3	38.4		11	11	11
Mangle	1	Herbaceo	52	63	57.5	124	14.8	2998.7	5	5	5
	2		40	28	34	125	15		5	5	5
	3		44	38	41	128.3	18.5		6	7	6.5
OR4	1	Herbaceo	15	8	11.5	72	70.1	2997.1	7	7	7
	2		15.9	13.8	14.85	77	72		7	7	7
	3		30.4	40	35.2	65	58		9	8	8.5
OR5	1	Herbaceo	40	32	36	63	26.3	2995.7	8	9	8.5
	2		35	39	37	65	27		9	9	9
	3		50.5	52	51.25	82.8	31.8		9	10	9.5
OR6	1	Herbaceo	35	31	33	75	46.7	2995.5	9	9	9
	2		35.1	33.4	34.25	82	47.2		9	9	9
	3		38	34.2	36.1	78.5	50.8		9	10	9.5
OR7	1	Herbaceo	60	47	53.5	93	16.2	2995.0	5	5	5
	2		57	55	56	91	18		5	5	5
	3		55.3	54	54.65	83.2	14		5	5	5
OR8	1	Herbaceo	32	31	31.5	62	39.5	2995.2	8	8	8
	2		43.2	43	43.1	75.3	43.2		9	9	9
	3		48	44	46	82	44.5		10	11	10.5
OR9	1	Herbaceo	39	32	35.5	80	37.4	2994.5	5	5	5
	2				0	85.4	39		9	9	9
	3		30	35.4	32.7	76.2	42		10	10	10
OR10	1	Herbaceo						2994.5			
	2										
	3										

Fuente: Autor.

**Tabla 10. Material vegetal monitoreado del lote Encenillos 4.**

COD. INDIVIDUO	NOMBRE COMÚN	NÓMBRE CIENTÍFICO	COORDENADAS (LAT,LON)
E4 1	ARRAYÁN	Myrcianthes leucoxylla	5.48345 -73.37736
E4 2	GARROCHO	Viburnum triphyllum	5.4834 -73.37734
E4 3	LAUREL DE CERA	Morella parvifolia	5.48345 -73.37744
E4 4	ARRAYÁN	Myrcianthes leucoxylla	5.48343 -73.37749
E4 5	CUCHARO NEGRO	Myrsine guianensis	5.4835 -73.37744
E4 6	TIBAR	Escallonia discolor	5.4835 -73.37752
E4 7	ARRAYÁN	Myrcianthes leucoxylla	5.48352 -73.37733
E4 8	ARRAYÁN	Myrcianthes leucoxylla	5.48351 -73.37729
E4 9	ALISO	Alnus acuminata	5.4835 -73.37732
E4 10	CUCHARO NEGRO	Myrsine guianensis	5.48353 -73.37738

Fuente: Autor.

**Figura 33. Registro fotográfico de material vegetal en lote Encenillos 4.**



Fuente: Autor.

**Figura 34. Datos de monitoreo lote Encenillos 4.**

FECHAS DE MEDICIÓN	1	15/09/2022									
	2	20/10/2022									
	3	23/11/2022									
COD. INDIVIDUO	NÚMERO DE MEDICIÓN	ESTRATO ARBÓREO	COBERTURA DE COPA (cm)		PROMEDIO H COPA (cm)	ALTURA (cm)	H COPA (cm)	ELEVACIÓN (msnm)	DIÁMETRO DEL TALLO (mm)		PROMEDIO DIÁMETRO DE TALLO (mm)
			Mayor	Menor					Mayor	Menor	
E4 1	1	Herbaceo	46	40	43	89	22.5	2867.0	1.1	1.2	1.15
	2		67	72	69.5	96	24		2.2	2	2.1
	3		72	78	75	99	25.1		2.4	2.2	2.3
E4 2	1	Herbaceo	14	14	14	40	23.2	2866.6	3	3	3
	2		16	19	17.5	50	26		4	3	3.5
	3		15	21	18	52	26.3		4	3	3.5
E4 3	1	Herbaceo	30	24	27	69	22.1	2866.2	7	7	7
	2		33	36	34.5	78	28.6		9	9	9
	3		35.4	37.2	36.3	84	30.5		9	9	9
E4 4	1	Herbaceo	11	10	10.5	30	7.2	2865.7	5	5	5
	2		14.4	14.8	14.6	35.4	11.4		5	6	5.5
	3		18.4	17.8	18.1	38.9	11.7		6	6	6
E4 5	1	Herbaceo	14	12	13	88	8.2	2863.9	4	4	4
	2		14.7	10.8	12.75	29	7.9		5	5	5
	3		14.2	11.5	12.85	27	7.5		5	5	5
E4 6	1	AHerbaceo	10	10	10	25	21.7	2863.8	5	5	5
	2		8.5	3.5	6	26.6	22		6	6	6
	3		8.9	5.2	7.05	27.2	22.2		6	6	6
E4 7	1	Herbaceo	15	15	15	32	45.2	2863.9	6	6	6
	2		14.5	14.7	14.6	36.6	46.6		4	5	4.5
	3		14.2	14.8	14.5	38.4	47		5	5	5
E4 8	1	Herbaceo	8	5	6.5	43	27	2863.3	3	3	3
	2		7	11.6	9.3	44.1	27		3	3	3
	3		8.5	12.5	10.5	44.5	27.2		3	3	3
E4 9	1	Herbaceo	5	4	4.5	18		2865.4	5	5	5
	2		11.6	10.3	10.95	33.5	9.1		5	5	5
	3		13.5	12.8	13.15	39.7			5	5	5
E4 10	1	Herbaceo	49	34	41.5	96	15.4	2862.8	9	9	9
	2		46	52.2	49.1	109.4	23.5		10	10	10
	3		49.5	51.2	50.35	115.8	25.5		10	10	10

Fuente: Autor.



**Tabla 11. Material vegetal monitoreado del lote Encenillos 9.**

<b>COD. INDIVIDUO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NÓMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>COORDENADAS (LAT, LON)</b>
<b>E9 1</b>	ALISO	<i>Alnus acuminata</i>	5.48084 -73.38326
<b>E9 2</b>	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	5.4809 -73.38323
<b>E9 3</b>	CHILCO	<i>Baccharis latifolia</i>	5.4809 -73.38323
<b>E9 4</b>	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	5.48091 -73.38321
<b>E9 5</b>	ROBLE ANDINO	<i>Quercus humboldtii</i>	5.48094 -73.38324
<b>E9 6</b>	GARROCHO	<i>Viburnum triphyllum</i>	5.48095 -73.38325
<b>E9 7</b>	SAUCO	<i>Sambucus</i>	5.48094 -73.38313
<b>E9 8</b>	GARROCHO	<i>Viburnum triphyllum</i>	5.48093 -73.38319
<b>E9 9</b>	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	5.48084 -73.38324
<b>E9 10</b>	ALISO	<i>Alnus acuminata</i>	5.48089 -73.38325

Fuente: Autor.

**Figura 35. Registro fotográfico de material vegetal en lote Encenillos 9.**



Fuente: Autor.

**Figura 36. Datos de monitoreo lote Encenillos 9**

COD. INDIVIDUO	NÚMERO DE MEDICIÓN	ESTRATO ARBÓREO	COBERTURA DE COPA (cm)		PROMEDIO H COPA (cm)	ALTURA (cm)	H COPA (cm)	ELEVACIÓN (msnm)	DIÁMETRO DEL TALLO (mm)		PROMEDIO DIÁMETRO DE TALLO (mm)
			Mayor	Menor					Mayor	Menor	
FECHAS DE MEDICIÓN		1	23/08/2022								
		2	28/10/2022								
		3	23/11/2022								
E9 1	1	Herbaceo	46	40	43	89	19.3	2891.9	2	2	2
	2		67	72	69.5	96	24		2.2	2	2.1
	3		60.2	74	67.1	104	27.2		2.3	2.2	2.25
E9 2	1	Herbaceo	14	14	14	40	24	2892.3	3	3	3
	2		16	19	17.5	50	26		4	3	3.5
	3		18	19.8	18.9	56	28		4	3	3.5
E9 3	1	Herbaceo	30	24	27	69	27.8	2892.1	7	8	7.5
	2		33	36	34.5	78	28.6		9	9	9
	3		34	37.2	35.6	82	29.7		9	10	9.5
E9 4	1	Herbaceo	11	10	10.5	30	9.4	2891.9	5	5	5
	2		14.4	14.8	14.6	35.4	11.4		5	6	5.5
	3		15.2	15.6	15.4	37.5	11.7		6	6	6
E9 5	1	Herbaceo	14	12	13	28	7.5	2891.6	4	4	4
	2		14.7	10.8	12.75	29	7.9		5	5	5
	3		14.5	11.5	13	31.2	8.3		5	5	5
E9 6	1	Herbaceo	10	10	10	25	21.8	2890.6	5	6	5.5
	2		8.5	3.5	6	26.6	22		6	6	6
	3		9	4.6	6.8	28.2	22.5		6	7	6.5
E9 7	1	Herbaceo	15	15	15	32	45.9	2893.2	4	5	4.5
	2		14.5	14.7	14.6	36.6	46.6		4	5	4.5
	3		14.2	15	14.6	39.4	47.5		5	5	5
E9 8	1	Herbaceo	8	5	6.5	43	26.7	2894.3	3	3	3
	2		7	11.6	9.3	44.1	27		2	3	2.5
	3		9	12.5	10.75	44.3	27		3	3	3
E9 9	1	Herbaceo	5	4	4.5	18.1	6.8	2895.6	5	5	5
	2		11.6	10.3	10.95	9.1	8		5	4	4.5
	3		14.2	13.8	14	10.2	8.5		5	5	5
E9 10	1	Herbaceo	49	34	41.5	96	21.2	2895.2	10	10	10
	2		46	52.2	49.1	23.5	23.5		10	10	10
	3		52	48.3	50.15	22.5	24		10	10	10

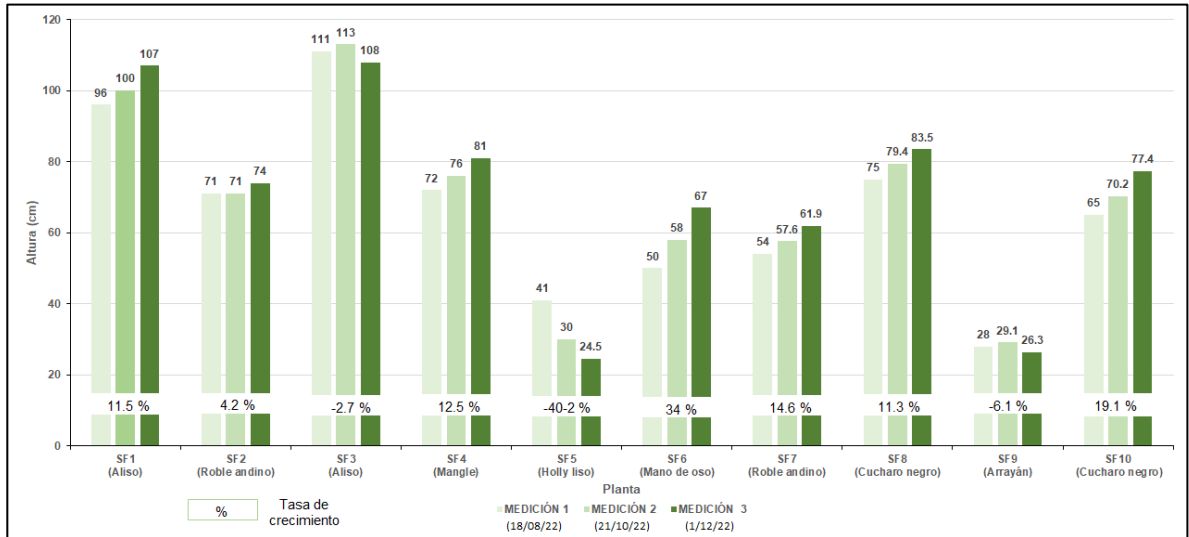
**Fuente:** Autor.

Los datos de altura se tomaron sin extender la planta, esto con el objetivo de obtener indicios del estado de cada uno de los individuos.

Con base en la información descrita en las tablas anteriores se construyeron gráficas (Figura 37 a 41) las cuales muestran las tendencias de crecimiento de cada individuo en cada una de las parcelas de monitoreo instaladas.

En la parcela San Francisco se observan tasas de crecimiento entre el 4.2% y el 19.1% (Figura 37). La especie con mayor tasa de crecimiento fue Mano de Oso con un 34%.

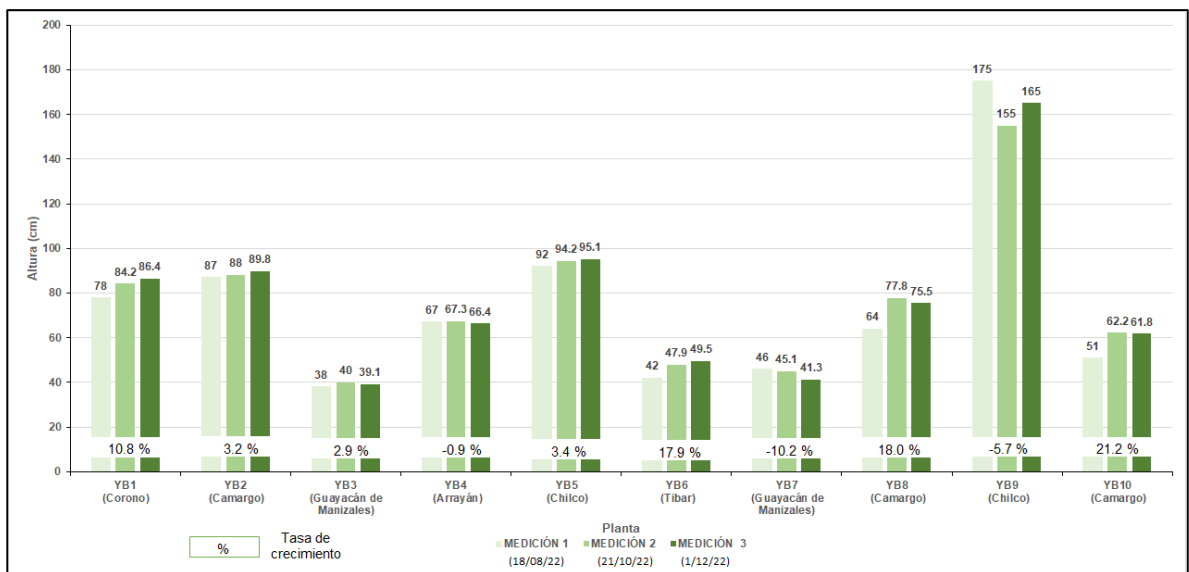
**Figura 37. Crecimiento de material vegetal en parcela de San Francisco.**



Fuente: Autor.

Las especies con crecimiento lento se registraron en el predio Yerbabuena 3 con valores entre el 2.9% y el 21.2% (Figura 38). Esto puede deberse a las condiciones del área, ya que se ha evidenciado condiciones de sequía en algunas de las plantas (figura 42B) y una posible deficiencia de nutrientes (figura 42A), lo que puede generar un crecimiento anormal en los plántones. La especie mejor adaptada a esta parcela es el Camargo, con unas tasas de crecimiento de hasta el 21.2%.

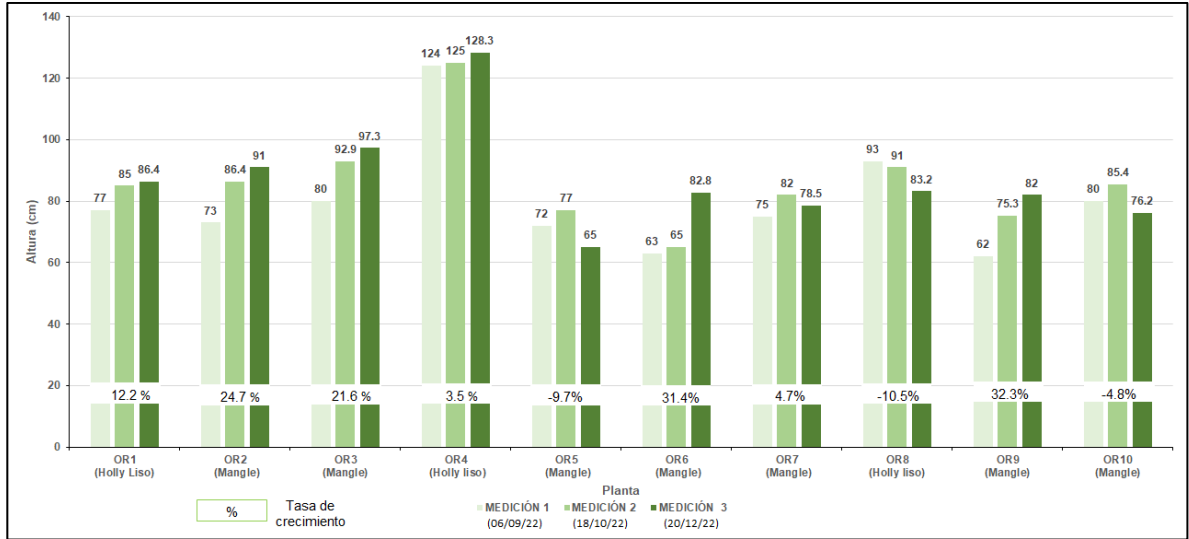
**Figura 38. Crecimiento de material vegetal en parcela de Yerbabuena 3.**



Fuente: Autor.

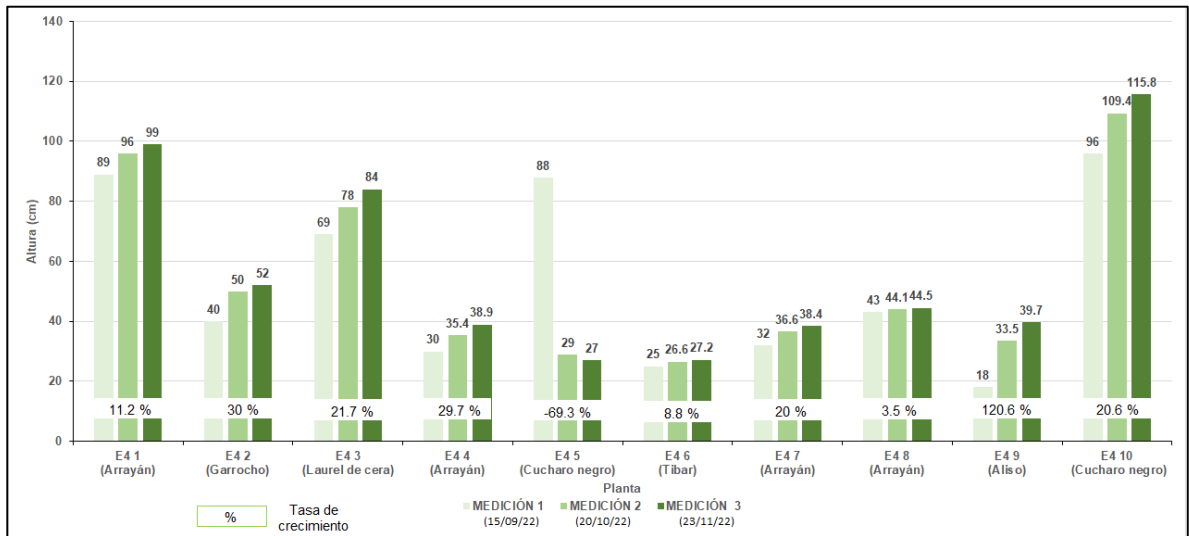
En la parcela El Origen, las tasas de crecimiento van desde el 3.5% hasta el 32.3% (Figura 39). La especie con mayor tasa de crecimiento fue el Mangle con 32.3% con 32.3%.

**Figura 39. Crecimiento de material vegetal en parcela de El Origen.**



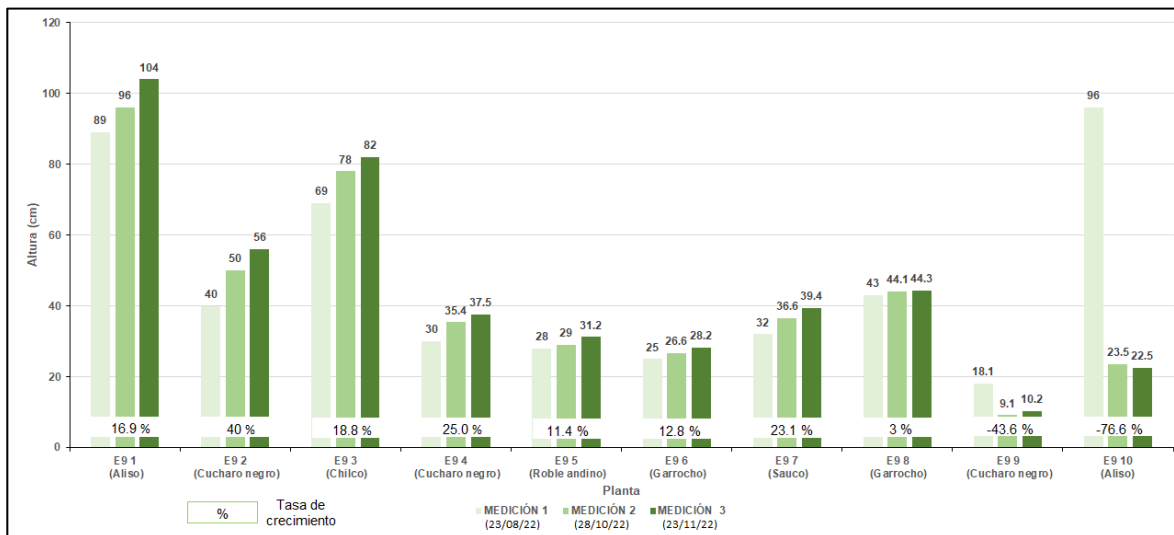
Fuente: Autor.

**Figura 40. Crecimiento de material vegetal en parcela de Encenillos 4.**



Fuente: Autor.

**Figura 41. Crecimiento de material vegetal en parcela de Encenillos 9.**



**Fuente:** Autor.

**8.3.4 Estado fitosanitario.** El estado fitosanitario ayuda a proteger las plantaciones de plagas y enfermedades, las cuales pueden destruir plantas jóvenes, afectando su crecimiento y desarrollo. Un buen estado fitosanitario puede garantizar una alta tasa de supervivencia y el buen desarrollo de las plantaciones, siendo este último un objetivo en cualquier establecimiento de material vegetal.

En resumen, el estado fitosanitario es esencial para garantizar una tasa de supervivencia alta y desarrollo de las plantaciones, además de contribuir en:

- Mejorar la biodiversidad,
- Proteger el suelo,
- Contribuir a la mitigación del cambio climático

Para efectos del presente documento, el estado fitosanitario se clasificará de 3 maneras: bueno (B), regular (R) y malo (M). De esta manera se incluirán los factores como:

- Daños mecánicos (dm).
- Presencia de insectos (i).
- Herbivoría (hb).
- Presencia de hongos (h).
- Quemaduras(q).
- Deficiencias nutricionales (dn).

La categoría de estado fitosanitario se concederá así:

- Un estado fitosanitario “bueno” será el que tenga dos, una o ninguna afectación reconocible, pero esta no representa un peligro rotundo para la integridad física de la planta o interfiera en el crecimiento y desarrollo normal de la misma.
- Un estado fitosanitario “regular” será el que presente una o más afectaciones reconocibles las cuales representen un estado medio de gravedad para la planta y compromete el crecimiento en el tiempo inmediato si no se toman medidas correctivas.
- Un estado fitosanitario “malo” será el que cuente con una o más afectaciones reconocibles las cuales comprometan el crecimiento y la supervivencia de la planta en el tiempo inmediato sino se toma una medida correctiva sobre el individuo.

**8.3.5 Estado de las plantas.** Para este apartado se expondrán los resultados del estado fitosanitario correspondientes a la última visita realizada en cada una de las parcelas seleccionadas (Tabla 12 a 16), esto con el objetivo de mostrar las condiciones actuales del material vegetal hasta la fecha.

**Tabla 12. Estado fitosanitario de las plantas del lote San Francisco.**

<b>COD. INDIVIDUO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>ESTADO FITOSANITARIO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
SF 1	ALISO	<i>Alnus acuminata</i>	B	hb, in
SF 2	ROBLE ANDINO	<i>Quercus humboldtii</i>	B	qm
SF 3	ALISO	<i>Alnus acuminata</i>	B	hb, in
SF 4	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	R	h, dn , hb
SF 5	HOLY LISO	<i>Pyracantha coccinea</i>	B	-
SF 6	MANO DE OSO	<i>Oreopanax incisus</i>	B	hb, h
SF 7	ROBLE ANDINO	<i>Quercus humboldtii</i>	B	-
SF 8	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	R	dn
SF 9	ARRAYÁN	<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	B	dn
SF 10	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	B	dn

**Fuente:** Autor.



**Tabla 13. Estado fitosanitario de las plantas del lote Yerbabuena 3.**

<b>COD. INDIVIDUO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>ESTADO FITOSANITARIO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
YB 1	CORONO	<i>Xylosma spiculiferum</i>	B	-
YB 2	CAMARGO	<i>Verbesina crassiramea</i>	B	-
YB 3	GUAYACAN DE MANIZALEZ	<i>Lafoensia speciosa</i>	B	dn
YB 4	ARRAYÁN	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	B	dn
YB 5	CHILCO	<i>Baccharis latifolia</i>	B	dn, in
YB 6	TIBAR	<i>Escallonia discolor</i>	B	-
YB 7	GUAYACAN DE MANIZALEZ	<i>Lafoensia speciosa</i>	R	dn, in, hb, qm
YB 8	CAMARGO	<i>Verbesina crassiramea</i>	R	dn, dm, riego.
YB 9	CHILCO	<i>Baccharis latifolia</i>	B	h, hb, in
YB 10	CAMARGO	<i>Verbesina crassiramea</i>	B	dn

**Fuente:** Autor.

**Tabla 14. Estado fitosanitario de las plantas del lote Encenillos 9.**

<b>COD. INDIVIDUO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>ESTADO FITOSANITARIO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
E9 1	ALISO	<i>Alnus acuminata</i>	B	hb
E9 2	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	B	dn, in
E9 3	CHILCO	<i>Baccharis latifolia</i>	B	dn, hb
E9 4	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	B	dn, h, hb
E9 5	ROBLE ANDINO	<i>Quercus humboldtii</i>	B	dn, hb, h
E9 6	GARROCHO	<i>Viburnum triphyllum</i>	M	h
E9 7	SAUCO	<i>Sambucus</i>	B	dn
E9 8	GARROCHO	<i>Viburnum triphyllum</i>	B	h, hb

COD. INDIVIDUO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ESTADO FITOSANITARIO	OBSERVACIONES
E9 9	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	B	-
E9 10	ALISO	<i>Alnus acuminata</i>	B	hb

Fuente: Autor.

**Tabla 15. Estado fitosanitario de las plantas del lote Encenillos 4.**

COD. INDIVIDUO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ESTADO FITOSANITARIO	OBSERVACIONES
E4 1	ARRAYÁN	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	B	h
E4 2	GARROCHO	<i>Viburnum triphyllum</i>	B	dn
E4 3	LAUREL DE CERA	<i>Morella parvifolia</i>	B	-
E4 4	ARRAYÁN	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	B	h
E4 5	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	B	-
E4 6	TIBAR	<i>Escallonia discolor</i>	B	dn
E4 7	ARRAYÁN	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	R	hb
E4 8	ARRAYÁN	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	B	-
E4 9	ALISO	<i>Alnus acuminata</i>	B	hb
E4 10	CUCHARO NEGRO	<i>Myrsine guianensis</i>	B	dn, riego, h

Fuente: Autor.

**Tabla 16. Estado fitosanitario del lote El Origen.**

COD. INDIVIDUO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ESTADO FITOSANITARIO	OBSERVACIONES
OR 1	HOLLY LISO	<i>Cotoneaster pannosus</i>	B	dn, in.
OR 2	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	R	dn, qm
OR 3	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	R	dn, qm
OR 4	HOLLY LISO	<i>Cotoneaster pannosus</i>	B	qm, dn,in

<b>COD. INDIVIDUO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>ESTADO FITOSANITARIO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
OR 5	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	R	qm, dn
OR 6	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	R	qm, dn
OR 7	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	R	qm, dn
OR 8	HOLLY LISO	<i>Cotoneaster pannosus</i>	B	qm, dn, in
OR 9	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	B	qm, dn
OR 10	MANGLE	<i>Escallonia pendula</i>	B	dn, qm

**Fuente:** Autor.

La inspección visual de la plantación reveló afectaciones fitosanitarias evidentes, según se muestra en la Figura 42.

Con fundamento en las tablas de afectaciones y la figura 42D, se observa que el Aliso es la especie más propensa a sufrir herbivoría debido a su hoja ancha y suave, que es fácilmente consumible por insectos o animales como roedores. Además, en la figura 42E se observa la presencia de huevos en toda la corteza, lo que sugiere la posible presencia de insectos escama o Coccoidea, los cuales se alimentan de la savia de las plantas, causando una disminución en el crecimiento, deformidad en las hojas y la producción de miel de algodón, lo que puede atraer a más plagas.

Adicionalmente, en las figuras 42A y 42B se observan posibles condiciones de deficiencias nutricionales. La figura 42A muestra una posible falta de potasio ya que las hojas presentan tonalidades marrones y una desecación aparente en los bordes, o una clorosis que origina un cambio de tonalidad total o intermitente de la hoja de verde a amarillo, mientras que en la figura 42B se observa la falta de agua ya que las hojas están marchitas y amarillentas, lo que dificulta los procesos fotosintéticos y hace que las hojas se vuelvan flácidas y se doblen por la pérdida de su turgencia.

En las figuras 42C y 42F, se observa una posible afectación fúngica en las hojas. La figura 42C sugiere que se trata de un hongo algodonero, perteneciente a la familia Erisipheae, el cual se caracteriza por producir una sustancia blanca y esponjosa similar al algodón. La figura 42F indica que puede ser una enfermedad conocida como "Mancha de algodón", la cual se caracteriza por la aparición de manchas marrones con bordes blancos en las hojas, lo que puede llevar a la defoliación temprana de la planta.

**Figura 42. Afectaciones fitosanitarias. A.** Posible deficiencia de nutrientes; **B.** Falta de agua; **C.** Hongos; **D.** Herbivoría; **E.** Afectación por insectos; **F.** Hongos.

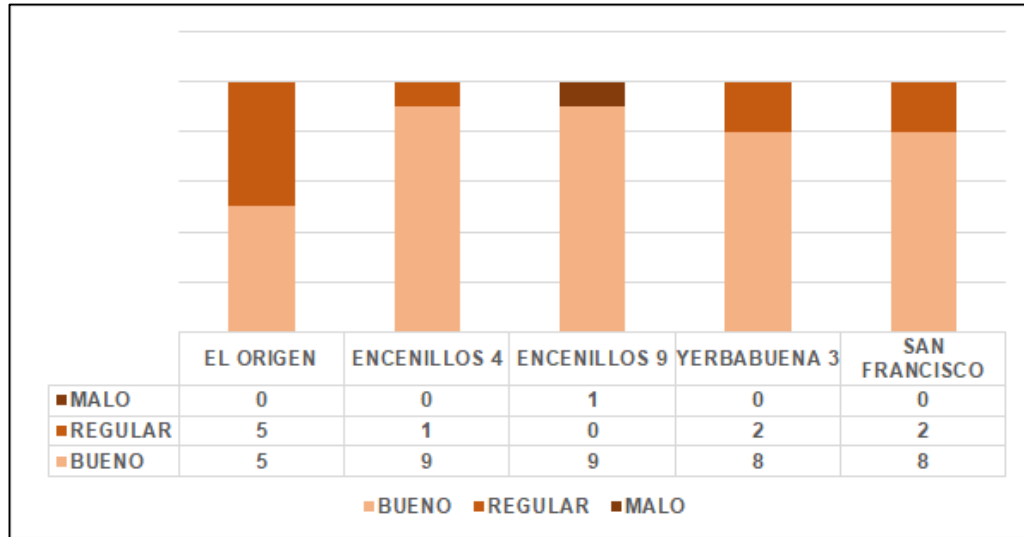


**Fuente:** Autor

Se modelaron gráficas que ilustran la distribución del número de plantas según su categoría de afectación, dividida en "buena", "regular" y "mala" para cada parcela (Figura 43). Asimismo, se incluye un gráfico de anillo que refleja el porcentaje de cada categoría de afectación en relación al total de plantas monitoreadas (Figura 44).

Las parcelas que presentan especies con mejor estado fitosanitario están ubicadas en la vereda Runta (Encenillos 4 y Encenillos 9) al suroriente de la ciudad de Tunja, esta presenta formaciones vegetales típicas de bosque altoandino, seguramente las condiciones de humedad, favorecen el crecimiento rápido de las plantas. Las parcelas ubicadas en las veredas Tras del alto y Porvenir al occidente de la ciudad, presentan condiciones climáticas de sistemas xerofíticos, donde existen especies adaptadas al déficit de agua.

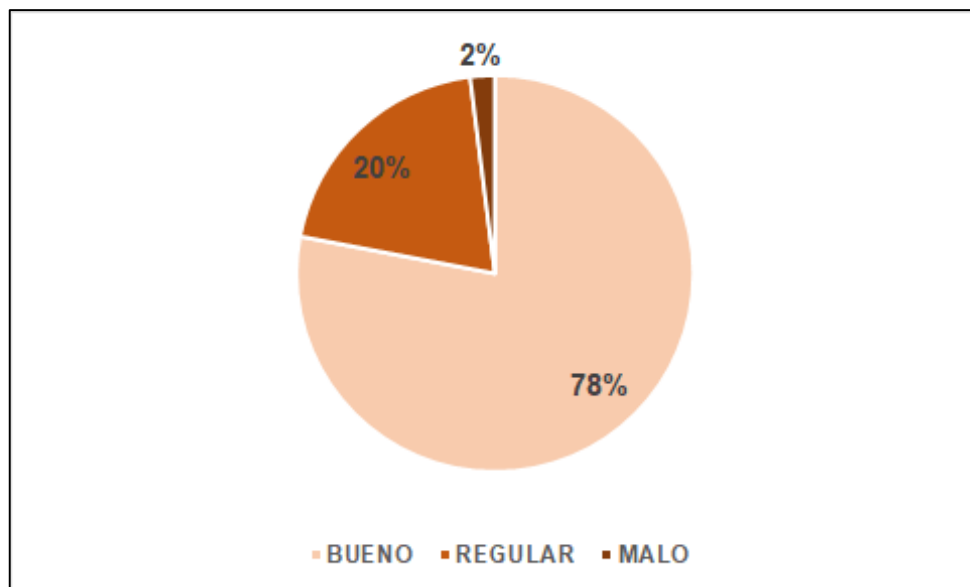
**Figura 43. Número de plantas por categoría de afectación en cada parcela.**



**Fuente:** Autor.

El 78% de las plantas monitoreadas muestran un estado fitosanitario bueno, el 20% un estado regular y el 2% malo (Figura 44). Las plantas en buen estado presentan un crecimiento fisionómico favorable y libres de plagas. Aquellas de estado regular presentan plagas u hongos, así como herbivoría. Solo la especie Cucharero Negro se registró en mal estado, producto de la herbivoría en toda su integridad.

**Figura 44. Porcentaje de cada categoría de afectación en relación al total de plantas monitoreadas.**



**Fuente:** Autor.

## 9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Los objetivos formulados en el plan de monitoreo están enfocados en la recuperación de la cobertura vegetal, propiciar escenarios de biodiversidad y facilitar el hábitat para la fauna silvestre en el tiempo. Las metas e indicadores propuestos fueron formulados con el propósito de cumplir los objetivos en el tiempo, sin la necesidad del uso de equipo y herramientas de alto costo.

Los indicadores formulados están relacionados con los métodos de monitoreo propuestos, lo que permite medir el progreso de las metas a través de criterios de composición, estructura, función y diversidad.

El plan de monitoreo cuenta con métodos de campo y de manipulación de datos apropiados, acordes a las necesidades de la Alcaldía de Tunja. Los métodos de observación directa, mediciones sencillas y la frecuencia de monitoreo (sugerida cada dos o tres meses), no requieren recursos económicos altos.

La aplicación del enfoque de gestión adaptativa durante la pasantía permitió la identificación oportuna de problemas gracias a la recopilación de datos y su análisis, lo que facilitó una buena toma de decisiones y un ajuste de estrategias en el proceso.

Para evaluar la supervivencia, el crecimiento, el estado fitosanitario, entre otras, se elaboraron plantillas de fácil diligenciamiento, la sistematización de estas, permiten identificar las tendencias de la plantación, que, a su vez, permitirán tomar decisiones respecto a realizar actividades de resiembra, abonados, remplazo de individuos muertos y conocer el avance o limitación en el proceso de reforestación.

Todas las parcelas muestran tasas de crecimiento positivas en la mayoría de individuos evaluados, siendo Encenillos 4 y Encenillos 9 las tasas más altas, entre el 20% y 120%. Esto puede deberse al tipo de ecosistema de bosque altoandino húmedo, donde las plantas tienen un recurso hídrico abundante. Además, estas parcelas tienen la cobertura vegetal más alta, lo que ayuda a la retención de agua en época de lluvias. Las especies mejor adaptadas a Encenillos 4 fueron el Aliso con una tasa máxima de crecimiento del 120.6% y a para Encenillos 9 fue el Cucharo Negro con una tasa máxima de crecimiento del 40%.

Es importante destacar la aparición de tasas negativas de crecimiento en algunos individuos de especies como: Holly liso, Mangle, Cucharo Negro, Aliso, Arrayán y Guayacán de Manizales. Esto sugiere que las plantas pueden estar sufriendo de doblamiento que puede estar suscitado por condiciones adversas como la exposición a vientos fuertes.

Tunja se encuentra en una zona de transición entre los ecosistemas de bosque altoandino y formaciones xerofíticas, y las parcelas Yerbabuena 3, San Francisco y El Origen tienen características de sistemas xerofíticos mientras que Encenillos 4 y Encenillos 9 son de bosque altoandino. Este criterio debe ser considerado en la selección de especies, ya que la presencia de especies en un ecosistema puede ser diferente en otro. La planta Arrayán crece favorablemente en las parcelas de bosque altoandino con tasas que varían entre 3.5% y 29.7%, pero presenta un crecimiento lento en las parcelas de sistemas xerofíticos.

Por su parte, especies como Cucharero Negro, presenta tasas de crecimiento positivas en ambos sistemas, pero con mejores resultados en el bosque altoandino, donde alcanzó tasas de crecimiento entre 25% y un 40%, mientras en el sistema seco presentó una máxima de 19.1%. Esto sugiere que la especie puede presentar un mayor crecimiento en áreas con recurso hídrico disponible.

Otro ejemplo corresponde con la planta Tíbar, esta presenta mejor desarrollo en sistemas xerofíticos (tasa de crecimiento de 17.9%), mientras en bosque altoandino es inferior (8.8%). Esto se asocia con plantas que posiblemente requieren recurso hídrico moderado a bajo.

## 10. CONCLUSIONES

- El plan de monitoreo se orienta en la recuperación de la cobertura vegetal, propiciar escenarios de biodiversidad y facilitar el hábitat para la fauna silvestre en el tiempo, teniendo la finalidad de ser una herramienta que ayude a cuantificar el progreso de las actividades de reforestación adelantadas en los predios de interés ambiental por la Alcaldía de Tunja.
- La estructura del plan de monitoreo establecido se adapta a los recursos y necesidades dispuestas por la Alcaldía de Tunja, ya que cuenta con indicadores de observación directa, uso de herramientas sencillas y métodos de análisis simples pero efectivos, lo que permitirá datos e información para la toma de decisiones.
- Las metas propuestas en el plan de reforestación son medibles y alcanzables, buscan monitorear la supervivencia del material vegetal, establecer la diversidad de especies de árboles. Estas metas son fundamentales para garantizar el éxito de las actividades de reforestación y contribuir a la conservación de los ecosistemas de interés.
- Los resultados del diagnóstico de supervivencia muestran una tendencia de crecimiento en la mayoría de las parcelas, sin embargo, las plantas sembradas en los predios de Encenillos 4 y Encenillos 9 presentan las tasas más altas. Caso contrario para las plantas sembradas en las parcelas de Yerbabuena 3, San Francisco y El Origen A su vez, las condiciones ambientales son factor determinante en el crecimiento y desarrollo de las especies arbóreas, mostrando mejores resultados en el ecosistema de bosque alto andino respecto al sistema xerófito.
- Se evidenció un estado fitosanitario favorable en las plantaciones, sin embargo, se evidenciaron afectaciones por plagas, enfermedades, daños mecánicos y herbivoría.
- En caso de identificar altas tasas de mortalidad, algunas medidas que garanticen el crecimiento y desarrollo saludable de las plantaciones en los predios de interés monitoreados deben incluir: control biológico, resiembras, reelección de especies, riego por goteo, o mulching.



## 11. RECOMENDACIONES

- Es importante que la Secretaría de Desarrollo establezca una base de datos ordenada la cual facilite el acceso a la información de los predios de interés ambiental y las actividades de reforestación adelantadas, además de una destinación de recursos más grande para poder llevar a cabo un plan de monitoreo mucho más avanzado, lo que permitiría obtener resultados más confiables y precisos, contribuyendo a la mejora de la toma de decisiones en cuanto a las estrategias de reforestación.
- A fin de mejorar la eficiencia de el plan de monitoreo se sugiere la implementación de un indicador del “porcentaje de retención de agua en el suelo”, esto dado que los lotes se adquirieron con la intención de mejorar la capacidad de retención y abastecimiento del recurso hídrico en los acuíferos y pozos profundos de la Ciudad de Tunja. Esto requeriría destinar recursos para desarrollar métodos como el del peso húmedo, el método de la curva de retención de agua, el método de la conductividad eléctrica, el método de tensión superficial o el método de los poros.
- Es necesario tener en cuenta que la muestra tomada para la “fase preliminar de implementación” del plan de monitoreo es pequeña y esta no puede representar resultados a gran escala, por lo que se recomienda en un futuro hacer monitoreos más extensos que lleven a obtener una visión más precisa del progreso de las actividades de reforestación.
- Es necesario contar con un inventario actualizado de las especies que se van a sembrar, así como conocer las características y requerimientos de cada especie para garantizar una adecuada adaptación y supervivencia en el área de reforestación.
- Se recomienda elaborar capas de información geográfica que permitan saber que especies se encuentran sembradas en las parcelas.
- Se sugieren mantenimientos a las siembras tales como el plateo, el uso de tutores y el control fitosanitario. El plateo ayudará a mantener limpio el área de la plantación, eliminando hierbas y maleza que compitan con las plantas jóvenes por agua y nutrientes. El uso de tutores, ayudará a sostener las plantas y prevenir daños causados por vientos o animales. El control fitosanitario es esencial para prevenir y tratar plagas y enfermedades. Por último, es importante recordar que el mantenimiento y acondicionamiento debe ser una tarea continua y debe ser monitoreada regularmente para detectar y corregir problemas a tiempo.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

ACEROS. [En línea] // Árboles tres bolillo por hectarea. - 11 de AGOSTO de 2020. - <https://www.centroaceros.com/2020/08/11/arboles-por-hectarea-entresbolillo/#:~:text=El%20sistema%20de%20siembra%20Tresbolillo,se%20tapen%20unas%20con%20otras.>

ACUÑA, Sofia, *et al.* Informe de monitoreo de reforestaciones, plantaciones suplementarias y vegetación en Estación Experimental Dr. Justo Pastor León (predio Pantanillos) [Report]. - Santiago de Chile : Fundación Reforestemos, 2018.

Alcaldía de Tunja Plan de desarrollo Municipal de la Ciudad de Tunja. [Informe]. - Tunja : Alcaldía de Tunja, 2020.

ARIZTIZABAL, Clara, *et al.* Evaluación fitosanitaria de *Juglans neotropica* y *Quercus humboldtii* en arbolado urbano de Popayán-Cauca, Colombia [Journal] // Revista de Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. - Popayán : [s.n.], 2022. - 178 : Vol. 46.

BELOTE, R.T y HUTTO, Richard. Distinguishing four types of monitoring based on the questions they address [Journal] // *Forest Ecology and Management*. - 2013. - pp. 83-189.

CABRERA, Marian y AGUILAR Mauricio. El monitoreo en la restauración ecológica [Book]. - Bogotá : [s.n.], 2014.

CÁMARA DE COMERCIO DE TUNJA. Tejido Empresarial de Tunja [Informe]. - 2019.

CAÑADAS, Isabel y COSTA Concepción. Análisis de datos en investigación. Primeros pasos [Book]. - Elche : Universidad Miguel Hernández, 2018.

CIDEU. [En línea]. - 2020. - <https://www.cideu.org/miembro/tunja/>.

CODS. Deforestación en Colombia; Más allá de los datos [En línea]. - 2019. - <https://cods.uniandes.edu.co/deforestacion-en-colombia-mas-alla-de-los-datos/>.

DEY, Daniel y SCHWEITZER, Callie. Restoration for the Future: Endpoints, Targets, and Indicators of Progress and Success [Journal] // *Journal of Sustainable Forestry*. - 2018.

EVANS, Kristen, *et al.* Field Guide to Adaptive Collaborative [Journal] // Center for International Forestry Research. - Bogor : [s.n.], 2014.

GIL, Pablo, *et al.* Restauración de ecosistemas de montaña: cultura y ecología desde el páramo y el piedemonte llanero [Book]. - [s.l.] : UPTC, 2018.

GOBERNACIÓN DE BOYACPA. Boyacá Avanza [En línea]. - 1 de Marzo de 2022. - <https://www.boyaca.gov.co/sembrando-vida-la-campana-que-invita-a-reforestar-zonas-de-recarga-hidrica-en-boyaca/>.

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ. Hidrografía Boyacense [En línea]. - 2012. - <https://www.boyaca.gov.co/hidrografia-boyacense/>.

GRANDA, Amanda. La falta de seguimiento afecta al 80% de planes de reforestación [En línea]. - 2014. - <https://www.elcomercio.com/tendencias/falta-de-seguimiento-afecta-al.html>.

GREENPEACE. Páramos en peligro (El caso de la minería de Carbón en Pisba) [Libro]. - Pisba : [s.n.], 2013.

GUTIERREZ Albert; ROJAS, Salvador y CASTRO, Francisco. Parcela permanente de monitoreo de bosque de galería, en Puerto Gaitán, Meta [Journal] // Revista CTA. - Puerto Gaitán : [s.n.], 2015. - 1 : Vol. 16.

HERRERA, Isaac. La importancia del bosque en la recarga hídrica natural del acuífero noreste de la ciudad de Guatemala. [Journal] // Ciencia, Tecnología y Salud. - Nueva Guatemala de la Asunción : [s.n.], 2016. - 1 : Vol. 3.

HOLL, Karen y HOWARTH, Richard. Paying for Restoration [Journal] // RESTORATION ECOLOGY . - 2000. - pp. 260-267.

IDEAM. Monitoreo y seguimiento al fenómeno de la deforestación en Colombia [En línea]. - 2020. - <http://www.ideam.gov.co/web/bosques/deforestacion-colombia>.

LABO. Revegetalización y aislamiento en predios de recarga hídrica y zonas de interés ambiental del municipio de Tunja para garantizar la oferta hídrica de la ciudadanía [Informe]. - TUNJA : [s.n.], 2019.

MANRIQUE, Carlos. Reforestación urbana de dos sectores de la ciudad de Jipijapa [Libro]. - JIPIJAPA : [s.n.], 2017.

MARTINEZ, Claudia; RUIZ, Angélica y ATENCIO Leonor. Proyecto integral de forestación y reforestación urabana para Mendoza [Report]. - Mendoza : [s.n.], 2017.

MARTINEZ, Maria. Reforestación, creación de cinturones verdes en el suelo de conservación ecológica del distrito federal. [Informe]. - Atizapán de Zaragoza : [s.n.], 2019.

McDONALD, Tein, *et al.* International standards for the practice of ecological restoration – Including principles and key concepts [Book]. - Washington : Society for Ecological Restoration, 2016.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. [En línea] // Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales. - 2022. - <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/estrategia-nacional-de-compensaciones-ambientales/>.

MORENO, Julio. Evaluación de buenas prácticas ganaderas y de ordeño a pequeños productores de leche de 7 veredas del Municipio de Tunja [Libro]. - TUNJA : [s.n.], 2014.

ÑAÑEZ, Gaby . Seguimiento y monitoreo del área de rehabilitación forestal de la zona de influencia del acueducto de isnos Departamento del Huila [Informe]. - Pitalito : [s.n.], 2019.

PRADO, Luis, *et al.* Caminando entre huellas de Yariguíes: La gente y la ciencia en la gestión temprana de la restauración ecológica del área protegida [Book]. - [s.l.] : UPTC, 2018.

RAMIREZ, Wilson y AGUILAR, Mauricio. Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres [Book]. - Bogotá : [s.n.], 2015.

RAMOZ, Albaluz, *et al.* ¿Ganadería o conservación? Caracterización del conflicto ambiental en la Reserva Forestal Protectora “El Malmo” (Tunja, Boyacá, Colombia? [Journal] // MUTIS. - Tunja : [s.n.], 2021. - Vol. 11. - pp. 37-47.

REED, James, *et al.* Integrated landscape approaches to managing social and environmental issues in the tropics: Learning from the past to guide the future [Journal] // Global Change Biology. - 2016.

SIGALA, Jose; TAGLE, Marco y JIMENEZ, Javier. Análisis de supervivencia para una reforestación con *Pinus pseudostrabus* Lindl. en el sur de Nuevo León [Journal] // CIENCIA UANL. - 2015. - p. 61.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. Principios de SER international sobre la restauración Ecológica [Libro]. - 2004.

SOTO, Francisco. Los seres vivos y el ambiente: Evolución y biodiversidad. [Libro]. - Santiago de Chile : Ministerio de Educación, 2019.

WWF Guía para el monitoreo de la restauración de bosques a escala de sitio [Libro]. - CHILE : [s.n.], 2021.

ZAMUDIO, Luis. Análisis de datos de parcelas de monitoreo de conif@ en plantaciones forestales con fines comerciales y plan piloto de zonificación en base a elementos técnicos de m.n.e. e instrumentos de política [Informe]. - Bogotá : [s.n.], 2020