

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS PLANTACIONES DE *PINUS CARIBAEA* DE
CINCO AÑOS DE EDAD EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO SANTA MARÍA:
DISTRITOS DE CALOBRE, SAN FRANCISCO, SANTA FE Y CAÑAZAS.**

**NATHALIE DEL CARMEN PÉREZ ATENCIO
4-797-2469**

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2022

CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS PLANTACIONES DE *PINUS CARIBAEA* DE CINCO AÑOS DE EDAD EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO SANTA MARÍA: DISTRITOS DE CALOBRE, SAN FRANCISCO, SANTA FE Y CAÑAZAS.

TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERÍA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROBADO:

PROF. ING. JOSÉ PINEDA

DIRECTOR

PROFA. ING. CAROLINA GUERRA

ASESORA

M.SC. ING. EDISON PIMENTEL

ASESOR

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2022

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por darme salud, sabiduría y fortaleza para culminar este trabajo y cumplir una etapa más en mi vida.

A mis padres Javier Pérez y Lenis Atencio por ser un pilar muy importante, les doy gracias por su apoyo y amor incondicional, por inculcarme valores, motivarme cada día a ser mejor persona y creer siempre en mí; a mi hermano José Pérez por apoyarme en todo; a mis abuelos, tíos, tías, primos que de alguna u otra forma me han ayudado y aconsejado siempre que lo he necesitado. A mi novio Gustavo Rodríguez por estar siempre conmigo, apoyándome y motivándome cada día a dar lo mejor de mí.

A mi director de trabajo de grado, el profesor José Pineda por tomarse el tiempo para orientarme, realizar comentarios y sugerencias en el desarrollo de esta investigación que me permitirá crecer como profesional.

A la profesora Carolina Guerra, por su disposición, comentarios y sugerencias realizadas.

Al Ingeniero Edison Pimentel C; M.Sc. y los (técnicos y administrativos) del Ministerio de Ambiente (Mi AMBIENTE) en la Dirección Regional de Veraguas por apoyarme, orientarme, facilitarme información y brindarme la oportunidad de desarrollar esta investigación con ayuda de ustedes.

A mis amigos, Andrea Villarreal, Abdiel Alonso, Farid Palacios, Ibhar Ortiz, Lourdes Sarmiento, gracias por su amistad y apoyarme siempre durante todos estos años.

A mis compañeros y amistades de la universidad, Maryuly González, Jayson Rodríguez, Diexer Serrano, Angel Gallardo, Yassirys Sánchez, Fernanda Gutiérrez y Cristel Santamaria, con los que compartí muchos momentos de risas, alegrías, trabajo en equipo, preocupaciones, horas de estudio y dedicación para culminar esta trayectoria universitaria.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios porque gracias a él he podido culminar una etapa de mi formación profesional. A mis padres Lenis Atencio y Javier Pérez quienes han creído siempre en mí y me han apoyado en todo, sin ustedes esto no sería posible. A mi familia que me aprecia y aconseja siempre.

CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS PLANTACIONES DE *PINUS CARIBAEA* DE CINCO AÑOS DE EDAD EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO SANTA MARÍA: DISTRITOS DE CALOBRE, SAN FRANCISCO, SANTA FE Y CAZANAS.

Pérez, N. 2022. Condición estructural de las plantaciones de *Pinus caribaea* de cinco años de edad en la cuenca alta del río Santa María: distritos de Calobre, San Francisco, Santa Fe y Cañazas. Tesis de Ingeniería en Manejo de Cuencas y Ambiente. Chiriquí, PA, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. 95 p.

RESUMEN

El programa ProCuencas desarrollado por el Ministerio de Ambiente se lleva a cabo en cinco cuencas prioritarias del país, entre estas la Cuenca del río Santa María, con el objetivo de reforestar y restaurar áreas de protección acuífera y zonas degradadas, mediante la integración de socios estratégicos y la utilización de la especie *Pinus caribaea* por su adaptabilidad a las condiciones de suelo. Por lo tanto, para dar cumplimiento con el objetivo del programa, se establecieron en el 2016 alrededor de 186 hectáreas, distribuidas entre 123 socios participantes del proyecto en la parte alta. Con la finalidad de conocer la condición estructural de estas plantaciones después de cinco años de establecidas, se desarrolló la presente investigación con la participación de 38 socios estratégicos de la parte alta de la cuenca, correspondiente a los distritos de Calobre, San Francisco, Santa Fe y Cañazas. Para generar los datos necesarios que permitieran realizar la evaluación y análisis, se establecieron 64 parcelas temporales de medición de 200 y 500 m² dependiendo del hectareaje de cada socio. Esto permitió un porcentaje mínimo de muestreo de dos por ciento. Las variables dendrométricas analizadas fueron: diámetro a la altura de pecho y altura total, para el posterior cálculo de área basal y volumen promedio por hectárea. También se determinó el porcentaje de sobrevivencia y se efectuaron encuestas de tipo cerrada para conocer la percepción que tiene cada socio respecto a este programa. Las parcelas establecidas en los distritos de Santa Fe y San Francisco presentaron los más altos valores en cuanto a altura promedio con **4.01** y **3.81** metros, respectivamente. Para el caso del diámetro promedio a la altura de pecho, las parcelas situadas en el distrito de Santa Fe registraron un valor predominante de **0.0760** metros. Para las variables volumen y área basal promedio por hectárea, las parcelas situadas en el distrito de Santa Fe continuaron presentando valores sobresalientes, el volumen fue de **0.69** m³/ha y el área basal de **0.27** m²/ha. Por lo tanto, en Santa Fe se presentaron los mayores crecimientos en cuanto a variables dendrométricas se refiere, en comparación con los demás distritos; sin embargo, el desarrollo de esta especie no fue óptimo en la mayoría de las plantaciones de los distritos estudiados por diversos factores.

PALABRAS CLAVES: variables dendrométricas, *Pinus caribaea*, programa ProCuencas, áreas degradadas, parcelas circulares, encuesta cerrada, cuenca del río Santa María, socios estratégicos.

STRUCTURAL CONDITION OF FIVE-YEAR-OLD PINUS CARIBAEA PLANTATIONS IN THE UPPER BASIN OF THE SANTA MARÍA RIVER: DISTRICTS OF CALOBRE, SAN FRANCISCO, SANTA FE AND CAÑAZAS.

Perez, N. 2022. Structural condition of the five-year-old *Pinus caribaea* plantations in the upper basin of the Santa María river: districts of Calobre, San Francisco, Santa Fe and Cañazas. Engineering Thesis in Watershed Management and Environment. Chiriquí, PA, Faculty of Agricultural Sciences, University of Panama. 95 p.

ABSTRACT

The ProCuencas program developed by the Ministry of Environment is carried out in five priority basins of the country, including the Santa María river Basin, with the aim of reforesting and restoring aquifer protection areas and degraded areas, through the integration of strategic partners and the use of the species *Pinus caribaea* for its adaptability to soil conditions. Therefore, to meet the objective of the program, around 186 hectares were established in 2016, distributed among 123 partners participating in the project in the upper part. In order to know the structural condition of these plantations after five years of established, this research was developed with the participation of 38 strategic partners from the upper part of the basin, corresponding to the districts of Calobre, San Francisco, Santa Fe and Cañazas. To generate the necessary data to carry out the evaluation and analysis, 64 temporary measurement plots of 200 and 500 m² were established depending on the hectare of each partner. This allowed for a minimum sampling percentage of two percent. The dendrometric variables analyzed were diameter at chest height and total height, for the subsequent calculation of basal area and average volume per hectare. The percentage of survival was also determined, and closed surveys were carried out to know the perception that each partner has regarding this program. The plots established in the districts of Santa Fe and San Francisco presented the highest values in terms of average height with **4.01** and **3.81** meters, respectively. In the case of the average diameter at chest height, the plots located in the district of Santa Fe registered a predominant value of **0.0760** meters. For the variables volume and average basal area per hectare, the plots located in the district of Santa Fe continued to present outstanding values, the volume was **0.69** m³/ha and the basal area of **0.27** m²/ha. Therefore, Santa Fe had the highest growth in terms of dendrometric variables compared to the other districts; however, the development of this species was not optimal in most of the plantations in the districts studied due to various factors.

KEYWORDS: dendrometric variables, *Pinus caribaea*, ProCuencas program, degraded areas, circular plots, closed survey, Santa María river basin, strategic partners.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	xiii
ÍNDICE DE CUADROS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. General.....	6
1.4.2. Específicos	6

1.5.	Hipótesis	7
1.5.1.	Hipótesis de trabajo	7
1.6.	Alcances y limitaciones del estudio	7
1.6.1.	Alcances	7
1.6.2.	Limitaciones.....	8
2.	MARCO TEÓRICO	8
2.1.	Reforestación	9
2.1.1.	Objetivo de la reforestación	9
2.1.2.	Importancia de los proyectos de reforestación	10
2.2.	ProCuencas	10
2.2.1.	Especies utilizadas por ProCuencas.....	11
2.2.1.1.	<i>Pinus caribaea</i>	11
2.2.1.2.	Descripción morfológica	12
2.2.1.3.	Selección de sitio	12
2.2.1.4.	Suelo	13
2.3.	Otros proyectos y programas de reforestación ejecutados en el país.....	14
2.3.1.	Programa Nacional de Restauración Forestal (PNRF)	14
2.3.2.	Alianza por el millón de hectáreas	14
2.3.3.	Reforestación en la cuenca del Canal de Panamá	15
2.4.	Dendrometría	16

2.5.	VARIABLES DENDROMÉTRICAS A EVALUAR:.....	16
2.5.1.	Diámetro a la altura del pecho (DAP)	16
2.5.2.	Altura total	17
2.5.3.	Área basal	18
2.5.4.	Volumen	18
2.5.4.1.	Factor forma.....	19
2.6.	Parcelas	19
2.6.1.	Parcelas de muestreo.....	19
2.6.2.	Parcelas permanentes y temporales	20
2.6.2.1.	Parcelas permanentes	20
2.6.2.2.	Parcelas temporales	20
2.7.	Programa SPSS.....	21
2.8.	Análisis de regresión	21
2.9.	Tipos de encuestas	22
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	23
3.1.	Descripción del área de estudio	23
3.1.1.	Localización geográfica	23
3.1.2.	Climatología.....	24
3.1.3.	Suelos.....	25
3.1.4.	Zonas de vida	26

3.2. Metodología	26
3.2.1. Selección de los socios estratégicos	26
3.2.2. Establecimiento de parcelas	29
3.2.3. Estimación del porcentaje de sobrevivencia	31
3.2.4. Componente social	33
3.2.5. Variables dendrométricas a evaluar	33
3.2.5.1. Medición de DAP (Diámetro a la altura del pecho).....	33
3.2.5.2. Medición de altura total	34
3.2.5.3. Medición de área basal	34
3.2.5.4. Medición de volumen	35
4. RESULTADOS	36
4.1. Altura promedio por distrito.	36
4.2. Diámetro promedio a la altura de pecho por distrito.	39
4.3. Volumen promedio/ha por distrito.....	39
4.4. Área basal promedio/ha por distrito	41
4.5. Análisis estadístico.....	42
4.6. Porcentaje de sobrevivencia por distrito	47
4.7. Encuesta efectuada a los socios estratégicos.....	48
5. CONCLUSIONES.....	54
6. RECOMENDACIONES	55

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	64

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ACP	Autoridad del Canal de Panamá
ANAM	Autoridad Nacional Del Ambiente
ANCON	Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
PNRF	Programa Nacional de Restauración Forestal
PROCUENCAS	Programa de Inversión para la Restauración de Cuencas Hidrográficas Prioritarias
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
I. PLANTACIONES DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA MARÍA DONDE SE EFECTUARON LAS MEDICIONES.....	28
II. PROMEDIO EN ALTURA, DIÁMETRO, VOLUMEN/HA, ÁREA BASAL/HA DE LAS PLANTACIONES DE <i>PINUS CARIBAEA</i> EN CUATRO DISTRITOS DE LA CUENCA ALTA DEL RIO SANTA MARÍA.	36
III. ÍNDICE DE SITIO PARA CRECIMIENTO EN ALTURA EN PLANTACIONES DE <i>PINUS CARIBAEA</i> DE 1 A 8 AÑOS DE EDAD, EN ALTO GUARUMO, PROVINCIA DE VERAGUAS.....	39
IV. MEDIA Y TAMAÑO DE LAS MUESTRAS PARA LAS VARIABLES DIÁMETRO Y ALTURA CONSIDERANDO LOS CINCO SOCIO ESTRATÉGICO CON MAYORES CRECIMIENTOS.....	42
V. MEDIA Y TAMAÑO DE LAS MUESTRAS PARA LA VARIABLE DIÁMETRO Y ALTURA CONSIDERANDO LOS CINCO SOCIO ESTRATÉGICO CON MENORES CRECIMIENTOS.....	43
VI. RESUMEN DEL MODELO DE REGRESIÓN Y ESTIMACIONES DE LOS PARÁMETROS.	45
VII. ENCUESTA EFECTUADA A LOS SOCIOS ESTRATÉGICOS EN LOS DISTRITOS DE CALOBRE, CAÑAZAS, SAN FRANCISCO Y SANTA FE.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Puntos de medición del diámetro a la altura de pecho.....	17
2. Parte alta de la cuenca del río Santa María, Veraguas.....	24
3. Medición de parcela circular de 200 m ²	30
4. Índice de sitio para crecimiento en altura en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en Alto Guarumo, Veraguas.....	38
5. Relación altura vs diámetro en las plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> de cinco años.....	44
6. Modelo lineal y potencial para la relación altura vs diámetro.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. BASE DE DATOS DE LAS VARIABLES DENDROMÉTRICAS PROMEDIO POR PARCELA, PARA LOS SOCIOS DEL DISTRITO DE SANTA FE.	64
2. BASE DE DATOS DE LAS VARIABLES DENDROMÉTRICAS PROMEDIO POR PARCELA, PARA LOS SOCIOS DEL DISTRITO DE SAN FRANCISCO.	65
3. BASE DE DATOS DE LAS VARIABLES DENDROMÉTRICAS PROMEDIO POR PARCELA, PARA LOS SOCIOS DEL DISTRITO DE CALOBRE.....	65
4. BASE DE DATOS DE LAS VARIABLES DENDROMÉTRICAS PROMEDIO POR PARCELA, PARA LOS SOCIOS DEL DISTRITO DE CAÑAZAS.....	66
5. GEORREFERENCIACIÓN DE LAS PLANTACIONES DE PINUS CARIBAEA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO SANTA MARÍA.....	67
6. ALTURA PROMEDIO POR SOCIO EN LOS 4 DISTRITOS ESTUDIADOS.	68
7. DIÁMETRO PROMEDIO POR SOCIO EN LOS 4 DISTRITOS ESTUDIADOS.	69
8. ÁREA BASAL Y VOLUMEN/ HA PARA CADA SOCIO EN LOS 4 DISTRITOS ESTUDIADOS.	70
9. ÍNDICE DE SITIO PARA PLANTACIONES DE PINUS CARIBAEA EN ALTO GUARUMO, COMPARANDO LOS 5 SOCIOS CON LOS MAYORES CRECIMIENTOS PROMEDIOS EN ALTURA.	71
10. IMÁGENES DE LA VISITA A CAMPO PARA UBICAR LAS FINCAS DE CADA SOCIO.	72

11. IMÁGENES DE LA METODOLOGÍA QUE SE EMPLEÓ PARA MEDIR LAS PARCELAS DE 200 M ²	72
12. IMÁGENES DE LA MEDICIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO.....	73
13. IMÁGENES DE LA MEDICIÓN DE LA ALTURA TOTAL.	74
14. IMAGEN DEL SUELO PEDREGOSO CARACTERÍSTICO DE ESTAS ZONAS.	75
15. IMAGEN DE LA PENDIENTE QUE PRESENTAN MUCHOS DE ESTOS TERRENOS.....	75
16. IMAGEN DE COMO EL EFECTO DEL VIENTO IMPACTA EN CIERTAS PLANTACIONES.	76
17. IMAGEN DE UNA PLANTACIÓN DE PINO EN EL DISTRITO DE CALOBRE.	76
18. IMAGEN DE UNA PLANTACIÓN DE PINO EN EL DISTRITO DE SANTA FE.	77
19. IMAGEN DE UNA PLANTACIÓN DE PINO EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO.	77
20. IMAGEN DE UNA PLANTACIÓN DE PINO EN EL DISTRITO DE CAÑAZAS.....	78

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La superficie forestal mundial ha disminuido; los datos arqueológicos e históricos indican que gran parte de la pérdida de bosques se debe a los incrementos en la población y a la demanda de tierras para cultivo y pastoreo, así como a los niveles inestables de explotación de los recursos forestales (FAO,2016).

Panamá al igual que otros países en vías de desarrollo, poseía grandes masas boscosas que a través de los años han ido disminuyendo rápidamente. Los factores que inciden en la problemática de los recursos forestales son muy complejos y se deben a la interacción de factores sociales, económicos, institucionales, tecnológicos y políticos (ANAM, 2003).

Según el diagnóstico de cobertura boscosa (Rodríguez, 2020), para el año 2012, la República de Panamá contaba con una cobertura boscosa de 4,982,159.21 hectáreas, pero para 2019 se redujo a 4, 925,789.72 hectáreas. Las provincias con mayor cantidad de bosques perdidos eran: Veraguas, Panamá y Darién.

El Ministerio de Ambiente destacó ante representantes ambientales de Centroamérica que se busca recuperar el 100 por ciento de la cobertura boscosa, mediante reforestación y restauración de las áreas degradadas, con el objetivo de aumentar la capacidad de captura de carbono que tienen los bosques dentro de este sistema (Prensa, 2019).

La cuenca hidrográfica del río Santa María se localiza dentro de las 10 cuencas que el Ministerio de Ambiente identificó como prioritarias a intervenir debido al grado de degradación ambiental en que se encontraba, producto en gran parte, a las actividades antrópicas (Ministerio de Ambiente, 2016).

Por lo tanto, para evaluar una parte del proyecto ProCuencas se realizó esta investigación, enfocada en conocer la condición estructural y estado actual de las plantaciones de *Pinus caribaea* que se establecieron en el año 2016 en la parte alta de la cuenca del río Santa María, correspondiente a los distritos de Calobre, San Francisco, Santa Fe, Cañazas y si se ejecutó el manejo correspondiente para contribuir con el objetivo del proyecto, que consiste en procurar la reforestación y restauración en áreas de protección acuífera y zonas degradadas.

Para conocer la condición estructural de las plantaciones de *Pinus caribaea*, establecidas hace cinco años, se realizaron mediciones de las variables dendrométricas (diámetro a la altura de pecho, altura total, área basal y volumen).

1.2. Antecedentes

Se estima que se han perdido 420 millones de hectáreas de bosques en todo el mundo debido a la deforestación desde 1990, pero el ritmo de pérdida de los bosques ha disminuido considerablemente en las tres últimas décadas (FAO, 2020).

Entre 2015 y 2020, la tasa de deforestación se estimó en 10 millones de hectáreas por año, en comparación con los 16 millones de hectáreas por año en la década de 1990. (FAO, 2020).

Según la ANAM (2009), las condiciones de la cobertura boscosa obedecen, en primer término, al cambio de uso del suelo de vocación forestal, debido a la expansión de actividades como la agricultura migratoria y la ganadería extensiva.

De acuerdo con el sistema de clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-SCS), alrededor del 25 por ciento de los suelos nacionales son de aptitud agropecuaria y aproximadamente 75 por ciento por topografía, suelo, clima y/o razones socioeconómicas, deberían estar destinado preferiblemente a actividades agroforestales y forestales (Gutiérrez & Díaz, s.f.).

En Panamá se han realizado esfuerzos para incrementar la cobertura boscosa del país a través de la reforestación desde inicios del siglo pasado. El gobierno nacional, inició en los años 60, programas de reforestación con pinos en las tierras degradadas de la región central del país, en Veraguas y Azuero (ANAM, 2010).

Con la promulgación de la Ley de Incentivos a la Reforestación, Ley 24 del 23 de noviembre de 1992, reglamentada por el Decreto Ejecutivo 89 del 8 de junio de 1993, se inició una nueva etapa en la historia de la reforestación en Panamá. Esta ley dio lugar a un incremento moderado, pero importante, de la superficie reforestada en el país, por lo que las expectativas de incremento sobre reforestación fueron mayores con esta ley (ANAM, 2010).

Para el año 2014, se firma la llamada Alianza por el Millón, un pacto público-privado, que apuesta por redimir el follaje nación, con el objetivo de potenciar la biodiversidad

y los recursos forestales, además de lograr la reforestación comercial y el manejo sostenible de los bosques como un aporte a la economía rural (Ministerio de Ambiente, citado por Jiménez, 2015).

Según el Ministerio de Ambiente (2016), el programa de inversión para la restauración de cuencas hidrográficas prioritarias es un programa estratégico del Ministerio de Ambiente, el cual se desarrolla en cinco cuencas hidrográficas prioritarias en la vertiente del pacífico (río Chiriquí Viejo, río Chiriquí, río Santa María, río La Villa y río Grande). El enfoque principal del programa es la restauración de las cinco cuencas hidrográficas, tomando como prioridad las áreas que requieran de una intervención inmediata.

La cuenca hidrográfica del río Santa María se encuentra dentro de las 10 cuencas que el Ministerio de Ambiente identificó como prioritarias a intervenir debido a su nivel de degradación, determinándose un total de 74,578.54 hectáreas de áreas ambientalmente críticas, de estas unas 26,251.33 hectáreas correspondían a la parte alta y media de la cuenca, por lo que ProCuencas tenía previsto restaurar un total de 3,200 hectáreas en el periodo 2015-2019 (Ministerio de Ambiente, 2016).

Con este programa se buscaba impulsar de manera directa el fortalecimiento de la gestión del Ministerio de Ambiente, creando mecanismos para una mejor toma de decisiones con relación a la utilización del recurso hídrico, proporcionaría el desarrollo de la inclusión social y la participación comunitaria activa, la articulación institucional particularmente de los comités de cuencas y de las comisiones

consultivas distritales del ambiente que inciden en las cuencas y subcuencas (Ministerio de Ambiente, 2016).

1.3. Justificación

Las plantaciones forestales han sido utilizadas en las últimas décadas como una solución para mitigar el problema de la deforestación, han sido consideradas como una estrategia de conservación y recuperación de tierras degradadas en los trópicos. Las mismas pueden brindar una serie de beneficios económicos, sociales y ecológicos (Montagnini *et al.*, 1999; citado por Maglianesi.,2010).

Según la UNESCO; citado por Fernández (2014), los bosques purifican el aire, conservan las cuencas hídricas, mejoran el agua potable, la calidad del suelo y contribuyen a evitar la erosión e inundaciones, por ello la importancia de restaurar aquellas áreas ambientalmente degradadas.

El programa de inversión para la restauración de cuencas hidrográficas prioritarias fue creado con el objetivo de procurar la restauración y reforestación en áreas de protección acuífera y zonas degradadas en cinco cuencas hidrográficas, entre estas la del río Santa María, para recuperar la cobertura forestal, mejorar la producción, calidad del agua, los sumideros de carbono y promover la conservación de la biodiversidad (Ministerio de Ambiente, 2016).

Esta investigación permite conocer las fortalezas y debilidades que se han presentado con la especie *Pinus caribaea* en los sitios evaluados, de forma que sirvan como base para otros proyectos que se desarrollan con la finalidad de restaurar áreas degradadas y lograr el aumento de la cobertura boscosa.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Evaluar la condición estructural de las plantaciones de *Pinus caribaea* de cinco años de edad en la Cuenca Alta del río Santa María: Distritos de Calobre, San Francisco, Santa Fe y Cañazas.

1.4.2. Específicos

- Realizar mediciones de las variables dendrométricas (diámetro a la altura de pecho, altura total, área basal, volumen) y cálculo de sobrevivencia en las plantaciones de *Pinus caribaea* de cinco años.
- Diseñar y aplicar una encuesta estructurada para conocer la percepción de cada socio estratégico acerca del proyecto de reforestación ejecutado en los diferentes distritos de la parte alta de la cuenca del río Santa María.
- Analizar las variables dendrométricas (diámetro, altura total, área basal y volumen promedio) de las plantaciones de *Pinus caribaea* por distrito.
- Generar un modelo de regresión para los cuatro distritos de las variables altura vs diámetro.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis de trabajo

El desarrollo de las plantaciones de *Pinus caribaea* ha sido óptimo en los cuatro distritos en cuanto a variables dendrométricas como diámetro, altura total, volumen y área basal para sus cinco años.

El desarrollo de las plantaciones de *Pinus caribaea* no ha sido óptimo en los cuatro distritos en cuanto a variables dendrométricas como diámetro, altura total, volumen y área basal para sus cinco años.

1.6. Alcances y limitaciones del estudio

1.6.1. Alcances

Mediante esta investigación se evaluaron las plantaciones de *Pinus caribaea* de cinco años, llevadas a cabo por el proyecto ProCuencas, mediante socios estratégicos en la parte alta de la cuenca del río Santa María, correspondiente a los distritos de Calobre, San Francisco, Santa Fe y Cañazas.

La cuenca hidrográfica del río Santa María es la más importante de las provincias centrales (Veraguas, Coclé, Herrera).

Con el estudio se pudo evaluar el estado actual de las plantaciones a 5 años de plantadas. De seguir el manejo y mantenimiento correspondiente se espera contribuir al aumento de cobertura boscosa, puesto que, muchas veces luego de

establecidos los proyectos no se les da seguimiento y al realizar los monitoreos el porcentaje de sobrevivencia es muy bajo en comparación a lo que se reforestó.

1.6.2. Limitaciones

Una de las principales limitantes que se presentaron durante la recolección de los datos de campo fueron las condiciones climáticas, debido a que son áreas en donde llueve bastante y por ende nos impedía que luego de cierta hora se pudiera medir. Otro obstáculo que se presentó fue la accesibilidad a los sitios debido al mal estado en que se encuentran los caminos.

También, la mayoría de los terrenos presentaban grandes pendientes, lo que limitó al momento de realizar las mediciones.

La localización de los socios en el distrito de Cañazas fue algo complicada porque muchos no dejaron su número de contacto en la base de datos y no viven cerca de donde tienen las plantaciones, por lo tanto, la encuesta sólo se realizó a un 57.14 por ciento de los socios para este distrito.

2. MARCO TEÓRICO

Un análisis comparativo de la capacidad potencial de los suelos y de su uso actual, concluye que más del 40 por ciento de la superficie total del país ha sido deforestada para el desarrollo de las actividades inadecuadas e insostenibles y que aproximadamente dos millones de hectáreas ya muestran características de improductividad y deterioro, en su mayoría son consideradas tierras degradadas

(Gutiérrez & Díaz, s.f.). Por esta razón surge la importancia de recuperar áreas degradadas mediante la reforestación.

2.1. Reforestación

Según ANAM (2010), la reforestación es la acción de plantar con especies forestales un terreno desprovisto de vegetación arbórea; ya sea para fines comerciales, paisajísticos, ambientales, turísticos, agroforestales, silvopastoriles o energéticos.

La reforestación es uno de los mecanismos utilizados por el hombre para restaurar los ecosistemas. Lamb *et al.* (2005); citado por Mejía (2014), sostiene que la reforestación puede tener dos enfoques: la restauración, la cual apunta a restablecer el ecosistema forestal original y la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, en la cual la plantación provee bienes para los cuales existe un mercado (p.ej. madera), pero que además provee una amplia gama de servicios.

Dentro de los servicios ecosistémicos de alto valor para sostener los medios de vida humanos están el almacenamiento de carbono, el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la regulación del clima, del flujo del agua y el suministro de agua potable (Benayas *et al.* (2009); citado por Mejía (2014).

2.1.1. Objetivo de la reforestación

El objetivo de la reforestación es uno de los criterios que impera al elegir las especies a utilizar y en gran medida uno de los factores que llevan al fracaso. Si es con el único fin de poner vegetación donde no la hay, para contrarrestar los efectos nocivos de la deforestación, entonces se pueden emplear todas las especies que

sean ambientalmente adecuadas y que mejoren las características edáficas del terreno. Pero si el propósito es darle algún uso productivo particular, como puede ser la obtención de leña, entonces se debe escoger, aquellas que proporcionen este beneficio en el menor tiempo posible, como los arbustos de rápido crecimiento. Si, por otra parte, se quiere que la plantación proporcione madera, se deben elegir aquellas que cumplan con este fin y que sean adecuadas al ambiente (Ríos, 2010).

2.1.2. Importancia de los proyectos de reforestación

Los proyectos o programas de reforestación pueden contribuir a la mitigación del calentamiento global, como almacenamiento o sumidero de carbono y a la conservación en las cabeceras de las microcuencas, para la recuperación de la oferta hídrica, producción y manejo de los sistemas agroforestales, de manera que estos programas pueden ser una solución a la destrucción de los recursos naturales (Chuquichaico, 2016).

2.2. ProCuencas

El programa de inversión para la Restauración de Cuencas Hidrográficas Prioritarias es un programa que se desarrolla en cinco cuencas hidrográficas prioritarias en la vertiente del pacífico (río Chiriquí Viejo, río Chiriquí, río Santa María, río La Villa y río Grande). Para la selección de estas áreas en campo, el programa propuso tomar en consideración al menos tres aspectos relevantes tales como: la existencia de áreas ambientalmente críticas, la disposición de socios estratégicos y las posibilidades de desarrollar capacidades permanentemente en dichas áreas (Ministerio de Ambiente, 2016).

2.2.1. Especies utilizadas por ProCuencas

Se utilizaron especies forestales adaptables a los tipos de suelos y a las condiciones climáticas y edafológicas de los sitios a intervenir, así como a los usos según los conocimientos locales y aceptación por parte de socios estratégicos. En algunas áreas altamente degradadas, la especie de mayor adaptación al suelo y mejor aceptación, entre los propietarios de terrenos, es el *Pinus caribaea*, ya que como especie pionera tiene alta capacidad de propiciar el establecimiento de especies nativas en el sotobosque en corto tiempo, haciendo una contribución muy importante en la restauración de la cuenca (Ministerio de Ambiente, 2016).

2.2.1.1. *Pinus caribaea*

La especie *Pinus caribaea* conocida comúnmente como pino caribeño es el único pino tropical que crece de manera natural a bajas elevaciones. Es un árbol majestuoso y alto que crece rápidamente y se cultiva extensamente en plantaciones a través de los trópicos húmedos (Francis, 1992).

Es una especie que se adapta a gran variedad de sitios, especialmente degradados con condiciones limitantes para otras especies. Se puede establecer en bloques puros o en combinaciones agroforestales y la madera puede ser utilizada tanto en la producción de pulpa para papel, como en otros usos más tradicionales como madera para aserrar, leña y postes para redes eléctricas y telefónicas (Rojas & Ortiz, 1991).

Según Alvarado *et al.* (2006), se emplea en planes de reforestación debido a su plasticidad ecológica, adaptabilidad a condiciones adversas, fácil manejo y crecimiento rápido. Como conífera, habita en suelos poco fértiles, aunque las plantaciones establecidas en sitios muy degradados y marginales no producen los rendimientos que corresponden al potencial de la especie.

2.2.1.2. Descripción morfológica

Porte del árbol: Es un árbol que puede crecer hasta 45 m de altura, tronco cilíndrico, recto o ligeramente encorvado. El tronco mide en promedio 45 cm de diámetro a la altura del pecho, aunque puede llegar hasta 100 cm. La copa es cónica e irregular; la corteza es grisácea en arboles jóvenes; en ejemplares adultos, se vuelve rugosa, resquebrajada; formando surcos y de color oscuro en árboles adultos. El crecimiento es más o menos verticilado.

Corteza: Es bastante delgada en comparación a *P. oocarpa*, *P. maximinoi* y otras especies del género *Pinus*. Es de color rojizo a café formando gruesas placas con profundas hendiduras verticales y horizontales.

Hojas: Existen por lo regular 3 hojas o agujas por fascículo, de 12 a 33 cm de largo. Posee vaina en la base del fascículo, su principal característica es que tienen forma triangular en la sección transversal (Barrett & Golfari, 2017).

2.2.1.3. Selección de sitio

Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie:

Temperatura: En un rango entre 21 a 25 grados Celsius, como temperatura media mensual se reportan los mejores rendimientos.

Pluviometría: La especie requiere de precipitaciones arriba de 1,450 mm como promedio anual para obtener resultados satisfactorios.

Zona de Vida: Según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge es una especie indicadora del Bosque muy húmedo subtropical cálido.

Altitud: Los mejores rendimientos para esta especie se han reportado entre los 330 a 740 msnm.

Pendiente del terreno: Los sitios que muestran crecimientos altos se encuentran en pendientes menores a 45 por ciento, con pendientes mayores se reduce la productividad.

Posición en el paisaje: Lo favorecen las llanuras aluviales y bancos de arena a la orilla de los ríos, donde el suelo está cubierto por una capa de limo fino arenoso, con buen drenaje y sin competencia de latifoliadas (Barrett & Golfari, 2017).

2.2.1.4. Suelo

Dentro de ciertos límites climáticos aceptables, el pino caribeño es notablemente insensible a las condiciones del suelo. A pesar de que esta especie crece mejor en suelos fértiles, puede crecer en tierras agotadas de nutrientes y erosionadas, tales como los campos petroleros. En las Bahamas y en las Islas Caicos, los árboles de esta especie crecen en suelos de ligeramente alcalinos a moderadamente alcalinos (pH de 7.5 a 8.5). En Cuba y la América Central, el pino caribeño crece en suelos de intensamente ácidos a ligeramente ácidos (pH de 4.5 a 6.5). Los árboles de fuentes centroamericanas crecen de manera pobre o mueren en suelos con un pH arriba de 7.0. El pino caribeño puede crecer de manera aceptable en suelos que

tienen subsuelos saturados gran parte del año, pero no prosperará en los sitios pantanosos (Francis,1992).

Se desarrolla mejor en texturas en donde el limo no sobrepase un 40 por ciento. En su ámbito natural, la especie no tolera suelos pobremente aireados, con poca profundidad y mal drenaje. En Malasia, Surinam, Venezuela, Jamaica y Costa Rica, la mayoría de los estudios han indicado que el drenaje, textura, profundidad hasta la cual pueden penetrar las raíces y algunas variables relacionadas como el nivel freático, la posición topográfica y la pendiente, fueron las variables identificadas como limitantes para la especie (Barrett & Golfari, 2017).

2.3. Otros proyectos y programas de reforestación ejecutados en el país

2.3.1. Programa Nacional de Restauración Forestal (PNRF)

El Programa Nacional de Restauración Forestal busca aumentar la cobertura boscosa en cuencas hidrográficas zonas degradadas o deforestadas del país. Además, propone un sistema de seguimiento, mantenimiento y monitoreo de las acciones en campo para asegurar el éxito y la calidad de las reforestaciones de cualquier actor interesado. Con esto, se mejorarán las estadísticas forestales, se cumplirán los indicadores nacionales e internacionales a través de actividades de reforestación, restauración de bosques y riberas, regeneración natural asistida y sistemas agroforestales y silvopastoriles (Ministerio de Ambiente,2020).

2.3.2. Alianza por el millón de hectáreas

Es un pacto público privado que tiene como objetivo reforestar un millón de hectáreas, en los próximos 20 años, que permita disminuir la tasa de deforestación

de los bosques naturales, aporte a la captura de carbono para convertir a Panamá en un país de bajas emisiones de carbono, además de otros beneficios sociales, ambientales y económicos que genera la reforestación. Esta alianza contribuirá a la implementación de la política forestal nacional y la política de cambio climático al desarrollo sostenible y al mejoramiento en la gobernanza forestal (Ancon, 2017).

2.3.3. Reforestación en la cuenca del Canal de Panamá

La Autoridad del Canal de Panamá, inició en el año 2001 un programa de reforestación en la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, con el objetivo de conservar los recursos hídricos. Estos proyectos han tenido diversos enfoques considerando el área donde se desarrollan y con quien se ejecutan. Cuando se desarrollan con grupos comunitarios, proporcionan una opción productiva para las comunidades, al involucrarlas en el desarrollo y mantenimiento de los plantones y plantaciones, y dedicando áreas que pueden ser cultivadas temporalmente con cultivos agrícolas o se plantan árboles de producción agrícola como el café y el achiote (Autoridad del Canal de Panamá, 2006).

Un total de 626 hectáreas han sido reforestadas en diferentes partes del país por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) como parte del proyecto de mitigación por los daños al medio ambiente que generan los trabajos de ampliación de la vía acuática.

Se trató de 12 proyectos de reforestación que se desarrollaron en las provincias de Panamá, Coclé, Chiriquí y en la región de Azuero que iban desde el

establecimiento de especies nativas hasta cuidado y mantenimiento de áreas de manglares (Luna, 2013).

2.4. Dendrometría

La palabra dendrometría deriva de los vocablos griegos; dendro que significa árbol y metria = medida. Consecuentemente la dendrometría se ocupa de las mediciones o variables de medida en el árbol (Imaña,1998).

Según el autor anteriormente citado la dendrometría es una rama de la ciencia forestal que surgió cuando los hombres sintieron la necesidad de estimar o determinar cuantitativamente lo que poseían en términos de recursos forestales.

2.5. Variables dendrométricas a evaluar:

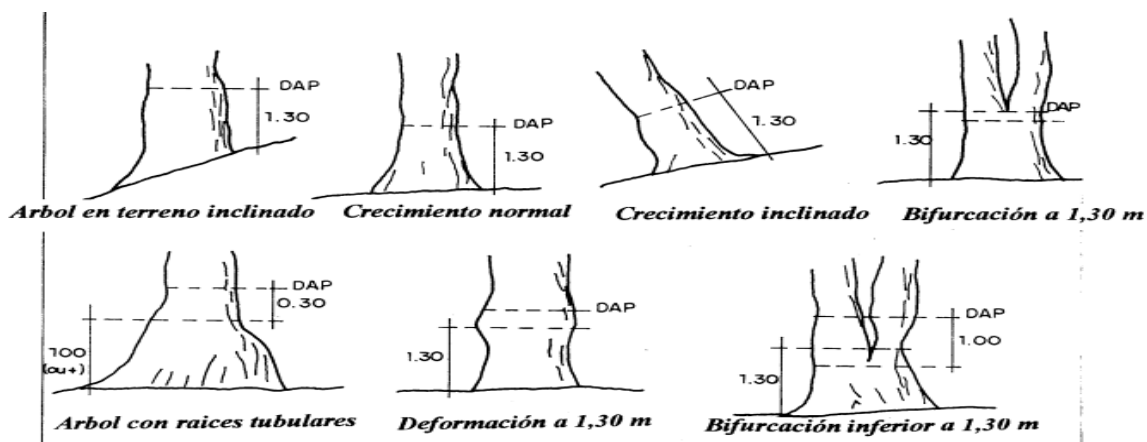
2.5.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Prodan *et al.* (1997) afirma que la medición de diámetro es la operación más corriente y sencilla de mensura, en árboles en pie. La altura normal del diámetro representativo del árbol es 1,3 m desde el nivel del suelo, medidos sobre la pendiente. Por la altura de medición, se denomina diámetro a la altura de pecho.

Se llama así porque se toma a la altura del pecho de la persona que está realizando la medición. Esta altura varía con relación a la altura de las personas, por esta razón, se ha estandarizado la altura de pecho en 1,3 metros para que todas las personas tomen la medida en el mismo punto del árbol (Stockdaley & Corbett, 2008).

Según LAVEP-UNAM (2018), es una medida que nos proporciona datos sobre el crecimiento secundario del árbol (crecimiento en grosor) que puede ser referente de un crecimiento adecuado o inadecuado relacionado con otros datos como la altura de este y desde luego la especie de la que se trate.

El punto de medida del DAP puede ser alterado en función de algunas características específicas como se muestra en la figura:



Fuente: Encinas, J. (1998).

Figura 1. Puntos de medición del diámetro a la altura de pecho.

2.5.2. Altura total

Melo & Vargas, 2002; citado por Cedeño, 2016, definen como altura total la longitud desde la base del árbol sobre la superficie del suelo, hasta su ápice. Según Guerra, 2007; citado por Cedeño, 2016, es la distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol, o parte más elevado de la copa.

La altura es una variable usada en el análisis del desarrollo de una especie en determinado sitio forestal ya que esta es la variable que presenta el comportamiento

de la referida especie en el transcurso de los años, de manera que dos árboles pueden tener el mismo DAP difiriendo significativamente en la altura, lo que afectará el volumen en proporción directa (Aldana, 2008).

2.5.3. Área basal

Según Prodan *et al.* (1997), una de las dimensiones empleadas con mayor frecuencia para caracterizar el estado de desarrollo de un árbol es el área basal, que se define como el área de una sección transversal del fuste a 1.30 cm de altura sobre el suelo, es importante mencionar que el área basal por su forma irregular, nunca se mide en forma directa, sino que se deriva de la medición del diámetro o perímetro.

El área basal de un rodal (g) es un elemento muy importante para la caracterización del rodal, este parámetro está definido por el área que ocupa los árboles en el suelo, tiene relación directa con el diámetro promedio a la altura de pecho y la población de cada parcela (Hernández,2011; citado por Aparicio,2016).

2.5.4. Volumen

Hernández, 2011; citado por Aparicio, 2016, sostiene que el volumen comercial es el resultado más importante, como indicador del potencial o capacidad de producción de las plantaciones. El volumen de los árboles en pie se calcula con base en su altura y su área basal. El volumen real de cada árbol se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 \times h \times f.f.$$

Donde:

V= volumen comercial bruto con corteza, (m³).

d= diámetro con corteza al cuadrado, (m).

h= alturas, (m).

f.f.= factor forma.

Obs: Para una estimación global del volumen y por razones metodológicas, se empleó la altura total y no la comercial.

2.5.4.1. Factor forma

El factor de forma se define como la razón entre el volumen de un árbol y el de un cilindro que tenga el mismo diámetro de la base y la misma altura. Al ser conocido el factor de forma de un árbol, se puede calcular fácilmente el volumen (Mejía, 2013).

2.6. Parcelas

2.6.1. Parcelas de muestreo

Las parcelas pueden tomar cualquier forma geométrica, pero las más difundidas son las rectangulares y las circulares. Las primeras quedan definidas por dos magnitudes: su largo y su ancho; las segundas sólo por una magnitud: su radio.

Se asume que un árbol está dentro o fuera de una parcela si su eje central está ubicado dentro o fuera de la parcela, respectivamente. Si el eje está ubicado exactamente sobre el perímetro de la parcela, se dice que es un árbol límite (Wabo, 2002).

Según el CATIE (2002), las parcelas circulares son las más utilizadas en plantaciones, dado que su establecimiento es muy fácil ya que sólo requiere fijar un punto y ver cuales árboles quedan dentro del círculo. Se mide la distancia del centro de la parcela a un árbol dado para verificar si entra o no en la parcela.

2.6.2. Parcelas permanentes y temporales

2.6.2.1. Parcelas permanentes

Una parcela permanente es una unidad de investigación que se establece para evaluar en forma periódica, y por el turno parcial o completo, el comportamiento de una especie en determinado sitio. A través de la evaluación periódica se busca conocer cuál es la curva de crecimiento o rendimiento de la especie. Los períodos de evaluación varían según la especie, para *Pinus Caribaea* se pueden realizar evaluaciones anuales los primeros cinco años y luego cada tres o cinco años hasta el turno final que puede ser de 20 a 30 años. Cada árbol de la parcela debe estar perfectamente identificado en el campo y en el plano de la parcela, de esta forma en cada medición no se alterará el orden de medición (Salazar, 1989).

2.6.2.2. Parcelas temporales

Según el autor anteriormente citado, una parcela temporal es una unidad de investigación que se establece en forma ocasional y se evalúa sólo una vez.

Las parcelas temporales brindan información del estado actual en que se encuentra la plantación, logrando obtener mediante estas parcelas la cantidad de número de árboles por hectáreas (arb/ha), densidad de árboles por parcela, área basal en m^2 por parcela, área basal m^2 por hectáreas, también se obtiene una estimación del volumen en metros cúbicos (m^3) con corteza de toda la parcela y volumen por hectárea presentes en los árboles medidos a partir de los 50 cm de circunferencia (Cuarezma, 2020).

2.7. Programa SPSS

Según afirma la Plataforma de software estadístico de IBM (s.f), SPSS es una plataforma de software que se lanzó para editar y analizar todo tipo de datos. Por su facilidad de uso, escalabilidad y versatilidad se convierte en una herramienta indicada para cualquier usuario, independientemente de su nivel de conocimiento, ya que, aunque SPSS fue diseñada originalmente para las ciencias sociales, como indica su nombre (Paquete estadístico para las ciencias sociales), puede ser utilizada en otros campos para diferentes conjuntos de datos de observación o experimentales.

2.8. Análisis de regresión

El análisis de regresión tiene por objetivo identificar un modelo funcional que describa cómo varía la esperanza de la variable dependiente, (Y), frente a cambios en la variable independiente (X). El análisis de regresión se ocupa también de la validación del modelo propuesto y de las pruebas de hipótesis sobre los parámetros

del modelo; por último, la modelación por regresión también tiene como objetivo la predicción, es decir el uso del modelo para dar el valor esperado de Y cuando X toma un valor particular (Di Rienzo *et al.*,2005).

2.9. Tipos de encuestas

De acuerdo con el criterio de clasificación que toman como base la forma en que están estructuradas las preguntas, existen dos tipos de encuestas; abiertas y cerradas.

Según García (2016), las encuestas cerradas incitan a responder de forma breve, específica, quizás en algunos casos con monosílabos como Sí o No, señalando una proporción o ítem para responder a determinada pregunta.

Este tipo de encuesta tiene la ventaja de que es fácil de llenar, requiere poco tiempo para ser respondida, mantiene al sujeto en el tema y es bastante fácil de clasificar y analizar, en cambio una encuesta abierta o no restringida propician respuesta que se pueden clasificar como espontáneas y libres, con la redacción más personal por los sujetos investigados debido a que no se facilitan respuestas previas. En general, se considera que en las encuestas abiertas las respuestas suelen ser más profundas, permiten que los sujetos puedan argumentarlas, pero con la desventaja que, dada la posible amplitud de estas, se dificulta su tabulación; por lo que para fines de esta investigación se empleará la encuesta de tipo cerrada.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Localización geográfica

La cuenca hidrográfica del río Santa María se encuentra localizada entre las coordenadas geográficas 8 grados, cero minutos y 8 grados 35 minutos latitud norte y 80 grados, 30 minutos y 81 grados 15 minutos longitud oeste. Comprende las provincias de Veraguas, Coclé y Herrera, así como parte de la Comarca Ngäbe-Buglé; incluyendo los distritos de Santa Fe, Cañazas, San Francisco, Calobre, Santiago, Atalaya, Aguadulce, Natá, Santa María, Parita, Ocú y Nürum.

A la cuenca hidrográfica del río Santa María, el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, le asignó el número 132, considerando su ubicación en la vertiente Pacífico (numeración par) y en consecuencia a la numeración corrida asignada a todas las cuencas del istmo centroamericano (CATIE, 2020). Esta investigación se realizó en la parte Alta de la Cuenca del Río Santa María, correspondiente a los distritos de Santa Fe, San Francisco, Cañazas y Calobre.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 2. Parte alta de la cuenca del río Santa María, Veracruz.

3.1.2. Climatología

La cuenca del río Santa María registra una precipitación media anual de 2,265 mm. Basados en los resultados de las estaciones meteorológicas y en el mapa de Isoyetas de la cuenca del río Santa María; la distribución espacial de las lluvias es heterogénea (ANAM, 2009).

La temperatura promedio anual en la parte alta de la cuenca presenta valores entre los 23.5 grados centígrados y 24.5 grados centígrados, con valores para

temperaturas máximas de 28.9 grados centígrados y mínimas de 18.8 grados centígrados. Para la parte media-baja de la cuenca del río Santa María se registran valores promedio de 27 grados centígrados anuales, con valores máximos de hasta 33.5 grados centígrados y mínimos de 22 grados centígrados (ANAM, 2009).

3.1.3. Suelos

Según el CATIE (2020), predominan hacia la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Santa María, específicamente en las subcuencas 06 del río Bulabá, 07 de Gatú y 08 del río Corita, suelos del tipo entisoles, los cuales son suelos minerales derivados tanto de materiales aluviónicos como residuales, de textura moderadamente gruesa a fina, de topografía variable entre plana a extremadamente empinada.

En cuanto a textura se refiere, en la cuenca alta, se observan texturas del tipo franco a franco arenoso, caracterizándose por ser suelos más sueltos y permeables, esta última predomina en los corregimientos de Gatú, Chitra, El Cuay, Los Valles y Paredón.

Los suelos VI, VII y VIII, ocupan un 65 por ciento de la cuenca, estos son considerados no arables, porque presentan limitaciones como riesgos a erosión, pedregosos o de grandes pendientes. Su uso es predominantemente para pastoreo, desarrollo de la vegetación natural, plantaciones forestales o conservación de recursos naturales. Estos suelos predominan sobre todo en la parte alta.

3.1.4. Zonas de vida

Hacia la parte alta de la cuenca, por encima de los 400 msnm hasta 1,600 msnm, predomina la zona de vida del tipo Bosque Húmedo Premontano y Bosque Muy Húmedo Premontano. Así mismo, aunque en menor cantidad y más al norte, se observa el Bosque Pluvial Premontano, Pluvial Montano Bajo y Pluvial Montano; que definen áreas demasiado húmedas con suelos muy empinados y edáficamente empobrecidos para soportar agricultura y el pastoreo. En la parte alta, y en especial la media, predomina la zona de vida Bosque Húmedo Tropical, que es la más extendida dentro de la cuenca hidrográfica (54.1 por ciento), hasta una elevación aproximada de 400 a 600 msnm (CATIE,2020).

3.2. Metodología

3.2.1. Selección de los socios estratégicos

Para identificar los socios estratégicos que forman parte del proyecto de reforestación ejecutado por ProCuencas en la parte alta del río Santa María, se consultó información con la Dirección Regional del Ministerio de Ambiente en Veraguas. En esta institución existe una base de datos de los socios del año 2016 al 2019, en donde se tiene registro del nombre del socio, especie, cantidad que cada uno reforestó, la ubicación por distrito, corregimiento, lugar poblado y las hectáreas reforestadas.

En la parte alta de la cuenca del río Santa María se contabilizan, para el año 2016, ciento veintitrés (123) socios en los cuatro distritos; por lo que fueron elegidos al azar el cincuenta y uno (51) por ciento de los proyectos en los distritos de Cañazas

y Santa Fe. En Calobre se consideraron los únicos dos socios que se tenían en la parte alta. Para el caso de San Francisco, de cincuenta y siete (57) socios sólo se consideraron ocho (8) debido al mal estado de los caminos para llegar a estos sitios. De manera que fueron elegidos treinta y ocho (38) socios estratégicos para la investigación, distribuidos de la siguiente manera: catorce (14) en Santa Fe, catorce (14) en Cañazas, ocho (8) en San Francisco y dos (2) en Calobre.

Entre los 38 socios estratégicos, sumaron 84.22 hectáreas consideradas en la investigación.

CUADRO I. PLANTACIONES DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA MARÍA DONDE SE EFECTUARON LAS MEDICIONES.

Nombre del Socio/Grupo	Plantones		Ubicación			Área (Has)
	Especie	Cantidad	Dist.	Correg.	Lugar Poblado	
Pacífico Hernández	<i>Pino caribaea</i>	1265	Santa Fe	Santa Fe	Pedregoso	0.751
Asociación Nueva Visión	<i>Pino caribaea</i>	1875	Santa Fe	Santa Fe	Pedregoso	2.119
Vicente Pardo	<i>Pino caribaea</i>	1875	Santa Fe	Santa Fe	El Pedregoso	1.439
Pablo Person	<i>Pino caribaea</i>	7320	Santa Fe	Santa Fe	El Pedregoso Arriba	12.763
Elidio Aguilar	<i>Pino caribaea</i>	1920	Santa Fe	Santa Fe	El Pedregoso	2.461
Gerasimo Solís	<i>Pino caribaea</i>	1250	Santa Fe	Rubén Cantú	Valle Alegre	2.154
Nicolás Sánchez	<i>Pino caribaea</i>	1250	Santa Fe	Rubén Cantú	Valle Alegre	2.005
Cándido Montero	<i>Pino caribaea</i>	625	Santa Fe	Rubén Cantú	Valle Alegre	1.298
Víctor Urriola	<i>Pino caribaea</i>	680	Santa Fe	Santa Fe	El Pedregoso	0.981
Eliecer Guevara	<i>Pino caribaea</i>	640	Santa Fe	Santa Fe	El Pedregoso	0.425
Domingo Solís	<i>Pino caribaea</i>	640	Santa Fe	Rubén Cantú	Valle Alegre	0.934
Juan Solís	<i>Pino caribaea</i>	640	Santa Fe	Rubén Cantú	Valle Alegre	1.267
Santiago Urriola	<i>Pino caribaea</i>	640	Santa Fe	Rubén Cantú	Valle Alegre	1.109
Beato Solís	<i>Pino caribaea</i>	625	Santa Fe	Rubén Cantú	Valle Alegre	1.017
María Alcedo	<i>Pino Caribaea</i>	4,077	San Francisco	San José	Alto Guarumo	5.464
Agustín Aizprua	<i>Pino caribaea</i>	1,250	San Francisco	San Juan	Los Santana	1.003
Leónidas González	<i>Pino caribaea</i>	1,250	San Francisco	San José	Ciruelar Abajo	2.071
Luis Petrochelli	<i>Pino caribaea</i>	3,125	San Francisco	San Francisco	El Hato	4.922
Asunción Concepción	<i>Pino caribaea</i>	640	San Francisco	Los Hatillos	La Cruz	1.108
Noriel Zambrano	<i>Pino caribaea</i>	1,250	San Francisco	San Juan	Perdiz Arriba	1.342
Salomón Rodríguez	<i>Pino caribaea</i>	718	San Francisco	San José	San José	1.093
Elias Rodríguez	<i>Pino caribaea</i> 0.5 / Nativas 0.7	512	San Francisco	San José	Perdiz Abajo	1.207

Nombre del Socio/Grupo	Plantones		Ubicación			Área (Has)
	Especie	Cantidad	Dist.	Correg.	Lugar Poblado	
Rafael Robinson	<i>Pinus caribaea</i>	8,436	Calobre	Chitra	El Copé	9.071
Luis H. Pitti	<i>Pinus caribaea</i>	1,250	Calobre	La Yeguada	El Satro	0.766
José María Moreno	<i>Pinus caribaea</i>	5,000	Cañazas	Los Valles	Los Valles	7.337
Luciano Ruiz	<i>Pinus caribaea</i>	3,750	Cañazas	Los Valles	Alto de Los Pajaritos	5.467
Willian Jiménez	<i>Pinus caribaea</i>	2,189	Cañazas	Los Valles	El Común	1.152
Magdaleno González	<i>Pinus caribaea</i>	1,250	Cañazas	Los Valles	Alto de Los Pajaritos	1.200
Jorge Rodríguez	<i>Pinus caribaea</i>	1,482	Cañazas	Los Valles	Los Valles	3.170
Candelario González	<i>Pinus caribaea</i>	1,250	Cañazas	Los Valles	Alto de Los Pajaritos	0.689
Astrid A. Rodríguez	<i>Pinus caribaea</i>	1,250	Cañazas	Los Valles	Los Valles	1.096
Martín Martínez	<i>Pinus caribaea</i>	625	Cañazas	Los Valles	El Común	1.011
Venancio Bordones	<i>Pinus caribaea</i>	625	Cañazas	Los Valles	Los Valles	0.845
Enrique Santander	<i>Pinus caribaea</i>	625	Cañazas	Los Valles	El Macano	0.552
Segundo González	<i>Pinus caribaea</i>	625	Cañazas	Los Valles	El Macano	0.616
Luis Jiménez	<i>Pinus caribaea</i>	625	Cañazas	Los Valles	El Común	1.002
Genaro Jiménez	<i>Pino caribaea</i>	1,250	Cañazas	Los Valles	El Común	0.657
Ernesto Urriola	<i>Pinus caribaea</i>	625	Cañazas	Los Valles	El Macano	0.658

Fuente: Base de datos suministrada por el Ministerio de Ambiente, Veraguas.

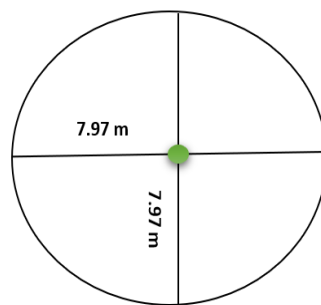
3.2.2. Establecimiento de parcelas

Por socio se establecieron parcelas temporales, circulares de 200 y 500 m², dependiendo del hectareaje del área reforestada para mayor representatividad. El porcentaje mínimo de muestreo fue del dos (2) por ciento. Por socio se establecieron como mínimo dos parcelas, esto dependía de las hectáreas y la cantidad de

parcelas que se requerían para cubrir con el porcentaje mínimo de muestreo. En algunas plantaciones con una parcela se cubría el porcentaje mínimo de muestreo, pero se efectuaron dos para tener mejor representatividad en cuanto al porcentaje de sobrevivencia por socio.

Las parcelas de 200 m² (radio 7.97m) se emplearon en plantaciones con un hectareaje menor a tres hectáreas y las de 500 m² (radio 12.61m) para aquellas áreas que superan las tres hectáreas. Las parcelas fueron elegidas al azar. Para evitar el efecto borde se tomaron los árboles que estaban más internos en las plantaciones y las variables dendrométricas (diámetro y altura) fueron medidas en cada parcela.

Para definir el área que forma parte de la parcela circular se emplearon dos cuerdas, una graduada a un radio de 7.97m y la otra a 12.61m, para las parcelas de 200 y 500 m² respectivamente. La cuerda fue colocada al árbol central que se tomaba como base, además, se consideró el amarre de la cuerda al árbol para que los 7.97 m y 12.61m fueran libres.



Parcela 200 m²

Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 3. Medición de parcela circular de 200 m²

Se utilizó una aplicación llamada GPS, UTM (Sistema de Posicionamiento Global) para tomar las coordenadas del árbol base por cada parcela y poder tener una geo referencia de estas.

3.2.3. Estimación del porcentaje de sobrevivencia

Se estimó el porcentaje de sobrevivencia de las plantaciones de *Pinus caribaea* realizando dos mediciones de campo:

1. Densidad de plantación: Esta variaba según el socio. La distancia sugerida por ProCuencas fue de 4m x 4m, pero cada uno estableció diferentes distanciamientos.
2. Cantidad de árboles por parcela en un área determinada de 200 y 500 m²:
Se calcula la sobrevivencia con base al dato de la primera medida.

Ejemplo: Socio: Víctor Urriola, densidad de plantación: 3m x 3m. Área: 0.981 hectáreas.

$$0.981 \text{ Has} \times 10,000 \text{ m}^2 = 9810 \text{ m}^2$$

$$9810 \text{ m}^2 \rightarrow 100\%$$

$$x \rightarrow 2\%$$

$$x = 196.2 \text{ m}^2$$

Con una parcela de 200 m² se cubriría con el porcentaje mínimo de muestreo que es dos por ciento, sin embargo, para tener mejor representatividad en cuanto a sobrevivencia se establecieron dos parcelas de 200 m² cada una.

Luego de realizadas las mediciones en campo se contabilizan 10 árboles en la primera parcela y 15 en la segunda parcela.

Primera parcela:

200 m² → 10 árboles

9810 m² → x

$x = 490$ árboles

Sobrevivencia

9810 m²/9 (*Densidad de plantación*) = 1090 árboles

1090 → 100%

490 → x

$$x = \frac{490 \text{ árboles} \times 100\%}{1090 \text{ árboles}}$$

$x = 44.95\%$ Porcentaje de sobrevivencia

Segunda parcela:

200 m² → 15 árboles

9810 m² → x

$x = 736$ árboles

Sobrevivencia

9810 m²/9 (*Densidad de plantación*) = 1090 árboles

1090 → 100%

$$736 \rightarrow x$$

$$x = \frac{736 \text{ árboles} \times 100\%}{1090 \text{ árboles}}$$

$$x = 67.52\% \text{ Porcentaje de sobrevivencia}$$

3.2.4. Componente social

Para obtener el componente social en esta investigación, se realizó una encuesta de tipo cerrada, que permitió conocer la percepción que tienen los socios estratégicos acerca de los proyectos que se han ejecutado en sus fincas. Para la encuesta fue utilizado el programa KoBoToolbok, ya que en estos sitios hay poca señal y este programa si permite trabajar sin conexión a internet. Cabe mencionar que KoBoToolbox es un conjunto de herramientas para la recopilación de datos de campo, este programa puede ser utilizado en cualquier teléfono inteligente conocido como smartphome.

La encuesta fue realizada con el objetivo de evaluar los proyectos de reforestación ejecutados en la parte alta de la cuenca del río Santa María.

3.2.5. Variables dendrométricas a evaluar

3.2.5.1. Medición de DAP (Diámetro a la altura del pecho).

El diámetro a la altura del pecho es la medida más típica de un árbol. Se refiere al diámetro que tiene el fuste del árbol a 1,30 metros sobre el nivel del suelo (Aparicio, 2016).

El diámetro promedio se define como el diámetro a la altura de pecho medio o promedio de todos los árboles de la parcela.

Para medir el DAP se utilizó una cinta común y el resultado se dividió entre 3,1416 (π) para obtener el diámetro. El diámetro a la altura de pecho se midió con la corteza del árbol.

3.2.5.2. Medición de altura total

La altura es la distancia vertical a lo largo del eje del árbol comprendido entre el nivel del suelo y su ápice, o la extremidad superior de la copa (Aldana,2008).

Para efecto de medición de altura se utilizó un flexómetro, conocido como cinta métrica, puesto que, por la altura de los árboles la mayoría pudo medirse con este instrumento para mayor precisión. En aquellos árboles que tenían una altura que no podía ser medida con la cinta, se empleó una vara, la cual fue graduada.

3.2.5.3. Medición de área basal

El Área Basal es importante para la caracterización del rodal (Hernández,2011; citado por Aparicio, 2016).

Para definir su grado de densidad y volumen se utilizó la siguiente fórmula:

$$g = \frac{\pi}{4} d^2$$

Donde:

d= diámetro, en metros.

g= área de la sección, en metros cuadrados (m^2).

En esta investigación se calculó el área basal promedio y el área basal dentro de la parcela, utilizando el diámetro promedio a la altura de pecho.

El área basal promedio es la sumatoria de todas las áreas basales de todos los árboles medidos dentro de la parcela, dividido entre el mismo número de árboles.

3.2.5.4. Medición de volumen

El volumen de los árboles en pie se determinó con base en su altura total y su área basal. El volumen real de cada árbol se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 \times h \times f.f$$

Donde:

V= volumen comercial bruto con corteza, (m³).

d= diámetro con corteza al cuadrado, (m).

h= alturas, (m).

f.f = factor forma

El factor forma empleado en esta investigación fue de 0.45.

Obs: Para una estimación global del volumen y por razones metodológicas, se empleó la altura total y no la comercial.

4. RESULTADOS

Dentro de las áreas de estudio se tomaron datos de la especie *Pinus caribaea* de cinco años. Las mediciones de las variables dendrométricas se realizaron en los distritos de Calobre, San Francisco, Santa Fe y Cañazas.

CUADRO II. PROMEDIO EN ALTURA, DIÁMETRO, VOLUMEN/HA, ÁREA BASAL/HA DE LAS PLANTACIONES DE *PINUS CARIBAEA* EN CUATRO DISTRITOS DE LA CUENCA ALTA DEL RIO SANTA MARÍA.

Variable	Coef.	Distritos				Media total
		Calobre	Cañazas	San Francisco	Santa Fe	
Altura (m)	Media	3.49	2.81	3.81	4.01	3.53
	Población	186	465	353	515	380
Diámetro (m)	Media	0.0673	0.0485	0.0660	0.0760	0.0645
	Población	186	465	353	515	380
Volumen/ha (m ³)	Media	0.46	0.58	0.39	0.69	0.53
	Población	186	276	324	515	340
Área Basal/ha (m ²)	Media	0.20	0.24	0.17	0.27	0.22
	Población	186	276	324	515	340

Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.1. Altura promedio por distrito.

Como puede observarse en el Cuadro II, el distrito que presentó mayor altura promedio fue el de Santa Fe con 4.00 metros, seguido de San Francisco con 3.81 m, Calobre con 3.49 m y el distrito de Cañazas con 2.81 m.

Según Alvarado *et al.* (2006), el Pino Caribe se emplea en planes de reforestación por su adaptabilidad a condiciones adversas, sin embargo; en sitios muy degradados y marginales no producen los rendimientos que corresponden al potencial de la especie, por lo que deducimos que este factor y aunado al grado de

pendiente de algunos de estos sitios limitó el desarrollo de las plantaciones, lo que coincide con lo descrito por Barrett & Golfari (2017), al considerar que los sitios con pendientes mayores a 45 por ciento reducen la productividad de la especie.

En cuanto a las condiciones climáticas, los sitios presentan condiciones adaptables con la especie empleada. El pino caribe requiere precipitaciones arriba de 1,450 mm como promedio anual y es óptimo en bosques muy húmedos describe Barrett & Golfari (2017), lo que coincide con las características de los sitios.

El *Pinus caribaea* es muy susceptible a la competencia por lo tanto se debe aplicar chapeas para controlar la maleza, mencionan Rojas & Ortiz, (1991). La falta de manejo y mantenimiento fueron unas de las deficiencias encontradas en muchas plantaciones, especialmente en el distrito de Cañazas.

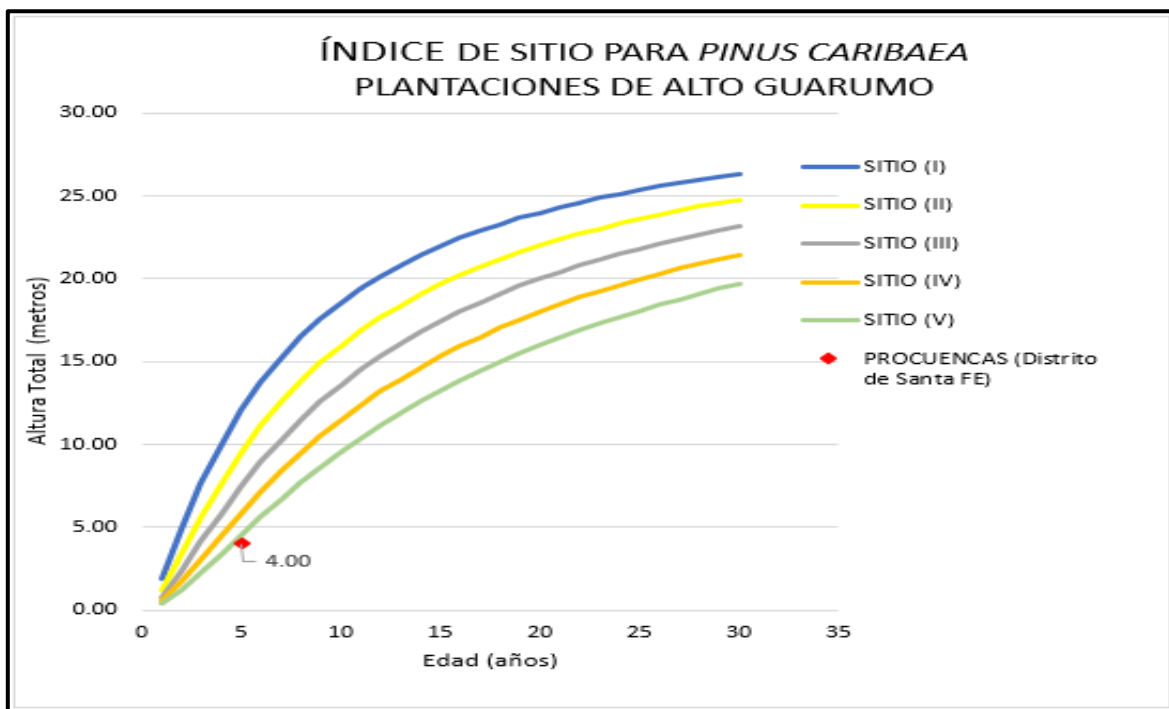
El impacto directo del viento, las afectaciones de algunas plantaciones por incendios de masa vegetal y de plagas como arrieras pudieron afectar también su crecimiento.

Si analizamos el crecimiento promedio en altura por socio (VER ANEXO 6), podemos observar que la mayoría de las plantaciones presentan crecimientos muy bajos para su edad, por lo que deducimos que se debe a lo mencionado anteriormente.

Al comparar el valor promedio obtenido en altura en el distrito de Santa Fe con una investigación realizada por la Autoridad Nacional del Ambiente y la Agencia Internacional del Japón en el año 2000, sobre curvas de índice de sitios para *Pinus*

caribaea en Alto Guarumo, ubicada entre los distritos de San Francisco y Santa Fe, podemos observar que el valor promedio se encuentra por debajo del índice de sitio V. La calidad uno, considera el mejor sitio y el quinto representa los sitios de menor crecimiento en altura.

Sin embargo, al realizar el análisis de forma individual tomando los socios con mayores crecimientos promedios en altura (VER ANEXO 9) y de hecho, unos de los que mejores manejos les han dado a sus plantaciones, podemos observar que se puede lograr un índice de sitio de casi III, si se le da un buen manejo a la plantación. No se logra el rendimiento propio de la especie para esa edad, pero si se puede mejorar el crecimiento en altura cuando se le da un buen manejo silvícola a diferencia de cuando no.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 4. Índice de sitio para crecimiento en altura en plantaciones de *Pinus caribaea* en Alto Guarumo, Veraguas.

CUADRO III. ÍNDICE DE SITIO PARA CRECIMIENTO EN ALTURA EN PLANTACIONES DE *PINUS CARIBAEA* DE 1 A 8 AÑOS DE EDAD, EN ALTO GUARUMO, PROVINCIA DE VERAGUAS.

SITIO (I)	SITIO (II)	SITIO (III)	SITIO (IV)	SITIO (V)	ProCuencas (Distrito de Santa Fe)	EDAD (años)
1.85	1.19	0.79	0.54	0.37		1
4.82	3.35	2.36	1.68	1.20		2
7.61	5.59	4.13	3.05	2.24		3
10.02	7.66	5.85	4.46	3.36		4
12.06	9.51	7.47	5.83	4.50	4.00	5
13.79	11.14	8.95	7.13	5.61		6
15.26	12.58	10.29	8.43	6.67		7
16.52	13.85	11.51	9.47	7.69		8

Fuente: Autoridad Nacional del Ambiente & Agencia Internacional del Japón, 2000.

4.2. Diámetro promedio a la altura de pecho por distrito.

En el Cuadro II se puede observar que el mayor crecimiento promedio en grosor por distrito se encuentra en Santa Fe con 0.0760 metros, seguido de Calobre con un diámetro de 0.0672 m, San Francisco con 0.0660 m y por último el distrito de Cañazas con un diámetro promedio de 0.0484 metros.

Al analizar los valores por distrito, se observa que en Santa Fe se registran los mayores crecimientos respecto a diámetro y altura, lo que deducimos se debe a lo anteriormente citado en donde áreas con mayor grado de degradación no producen los rendimientos característicos de la especie.

Cabe destacar que el programa ProCuencas seleccionó para la reforestación, áreas degradadas, estas se caracterizan por presentar suelos pobres, poco profundos,

rocosos y donde no ha crecido ninguno tipo de especie anteriormente. (VER ANEXO 14).

Lo que se busca con el programa es que el pino como restauración inicial aporte materia orgánica y nutrientes al suelo, contribuya a aumentar la cobertura boscosa y que en algún momento en estas zonas se puedan incorporar otras especies y así poder restaurar estas áreas por completo.

4.3. Volumen promedio/ha por distrito

Se observa que el distrito que presenta mayor volumen promedio por hectárea es el de Santa Fe (0.69 metros cúbicos), seguido de Cañazas (0.58 metros cúbicos), Calobre con (0.46 metros cúbicos) y el de menor volumen se registra en el distrito de San Francisco (0.39 metros cúbicos).

En el distrito de San Francisco y Cañazas no se establecieron parcelas de muestreo en las plantaciones de algunos socios porque se tenían pocos plantones en pie, por ende, se efectuaron las mediciones a toda la población existente, por lo tanto no se consideraron en el análisis promedio de volumen y área basal. (VER ANEXO 8).

Si se efectúa el análisis por socio en cada distrito (VER ANEXO 8), podemos observar que en el distrito de Santa Fe sólo Vicente Pardo, Asociación Nueva Visión y Eliecer Guevara muestran un volumen por hectárea mayor a la media para ese distrito (0.69 metros cúbicos). En el caso de San Francisco, sólo Salomón Rodríguez, Noriel Zambrano superan ese promedio (0.39 metros cúbicos). En el caso de Cañazas solamente Magdaleno González y en Calobre el socio Luis H. Pitti.

Obs: Para una estimación global del volumen y por razones metodológicas, se empleó la altura total y no la comercial.

4.4. Área basal promedio/ha por distrito

Como se observa en el cuadro II, el distrito de Santa Fe registró la mayor área basal promedio con 0.27 metros cuadrados, este distrito también presentó el mayor diámetro promedio a la altura de pecho. La menor área basal por hectárea se obtiene en el distrito de San Francisco con 0.17 metros cuadrados, lo que guarda relación con el número de árboles por parcela en los diferentes distritos, debido a las características del sitio y al manejo dado.

El área basal por hectárea se define como el área que ocupan los árboles en una hectárea.

4.5. Análisis Estadístico

CUADRO IV. MEDIA Y TAMAÑO DE LAS MUESTRAS PARA LAS VARIABLES DIÁMETRO Y ALTURA CONSIDERANDO LOS CINCO SOCIOS ESTRATÉGICOS CON MAYORES CRECIMIENTOS.

Socios Estratégicos			Altura (m)	Diámetro (m)
Asociación Nueva Visión	Santa Fe	Media N	7.0608 65	0.1343 65
Eliecer Guevara	Santa Fe	Media N	6.3949 49	0.1275 49
María Alcedo	San Francisco	Media N	5.4414 29	0.1426 29
Magdaleno González	Cañazas	Media N	5.8870 46	0.1479 46
Vicente Pardo	Santa Fe	Media N	6.1375 40	0.1267 40

Fuente: Elaboración propia, utilizando el programa SPSS. 2022

En el cuadro IV se puede observar el promedio y el tamaño de las muestras tomando los 5 socios con mayores crecimientos en cuanto a diámetro y altura, de manera que se puede observar que la Asociación Nueva Visión presentó la mayor altura promedio con 7.06 m, seguido de Eliecer Guevara con 6.39 m, Vicente Pardo con una altura promedio en sus plantones de 6.13 m, los tres ubicados en el distrito de Santa Fe; seguido de Magdaleno González con una altura promedio de 5.88 m, ubicado en el distrito de Cañazas y María Alcedo con 5.44 m, en el distrito de San Francisco. Estos socios realizaron un buen manejo en sus plantaciones. Para el caso del diámetro, el mayor crecimiento promedio en grosor es de los plantones del socio Magdaleno González con un diámetro de 0.1479 m, seguidamente María

Alcedo con 0.1426 m, Asociación Nueva Visión con 0.1343 m de diámetro, Eliecer Guevara con 0.1275 m y Vicente Pardo con 0.1267 m de diámetro, los cuales están ubicados en Cañazas, San Francisco y los tres últimos en Santa Fe, respectivamente.

CUADRO V. MEDIA Y TAMAÑO DE LAS MUESTRAS PARA LA VARIABLE DIÁMETRO Y ALTURA CONSIDERANDO LOS CINCO SOCIO ESTRATÉGICO CON MENORES CRECIMIENTOS.

Socios Estratégicos			Altura (m)	Diámetro (m)
Genaro Jiménez	Cañazas	Media	1.7367	0.0178
		N	30	30
Jorge Rodríguez	Cañazas	Media	1.7329	0.0231
		N	58	58
Leonidas Gonzáles	San Francisco	Media	1.4726	0.0115
		N	35	35
Santiago Urriola	Santa Fe	Media	1.6859	0.0191
		N	49	49
William Jiménez	Cañazas	Media	1.3657	0.0062
		N	21	21
Venancio Bordonos	Cañazas	Media	3.3836	0.0183
		N	22	22
Enrique Santander, Segundo González, Ernesto Urriola	Cañazas	Media	2.6847	0.0172
		N	15	15

Fuente: Elaboración propia, utilizando el programa SPSS. 2022

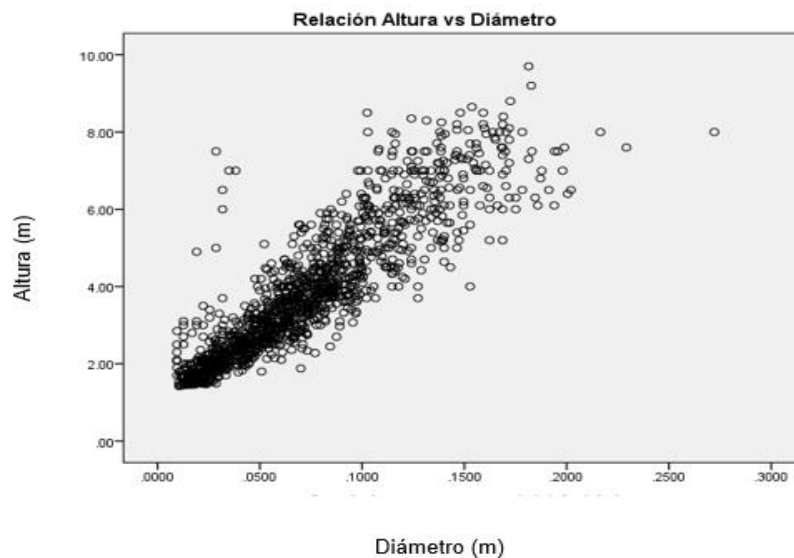
En el cuadro se puede observar el promedio y el tamaño de las muestras, tomando los 5 socios con menores crecimientos en cuanto a diámetro y altura, de manera que el socio William Jiménez tiene la menor altura promedio con 1.36 m, seguido de Leonidas Gonzáles con 1.47 m, Santiago Urriola con una altura promedio en sus

plantones de 1.68 m, ubicados en Cañazas, San Francisco y Santa Fe, respectivamente, seguido de Jorge Rodríguez con una altura promedio de 1.73 m y Genaro Jiménez con 1.74 m, ambos ubicados en el distrito de Cañazas.

Para el caso del diámetro, el menor crecimiento promedio en grosor es de los plantones del socio William Jiménez con un diámetro de 0.0062 m, seguidamente de Leonidas González con 0.0115 m, los plantones de Enrique, Segundo y Ernesto con 0.0172 m de diámetro, Genaro Jiménez con 0.0178 m y Venancio Bordonos con 0.0183 m de diámetro, los cuales están ubicados en Cañazas, excepto Leonidas Gonzales que su parcela se encuentra en el distrito de San Francisco.

4.5.1. Modelo de regresión

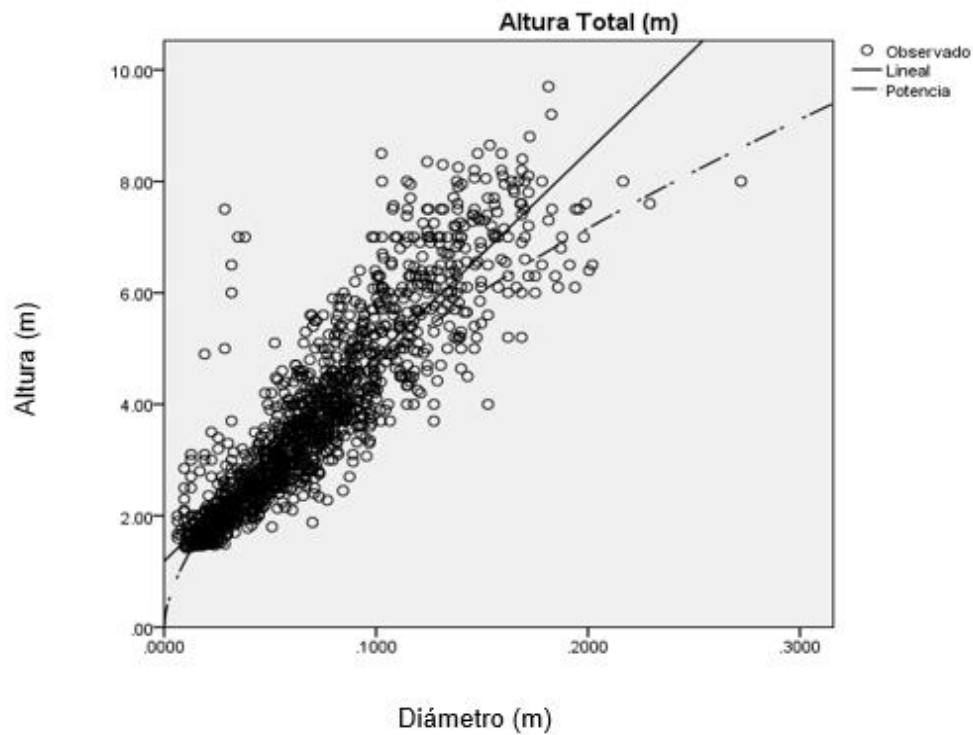
Al analizar el diagrama de dispersión de las variables en estudio, se observa que:



Fuente: Elaboración propia, utilizando el programa SPSS. 2022

Figura 5. Relación altura vs diámetro en las plantaciones de *Pinus caribaea* de cinco años.

A medida que el grosor del árbol (diámetro) aumenta, la altura también asciende de forma proporcional. Además, se puede visualizar que la tendencia entre las variables puede comportarse lineal como potencial, por esta razón se procede a realizar ambos análisis.



Fuente: Elaboración propia, utilizando el programa SPSS. 2022

Figura 6. Modelo lineal y potencial para la relación altura vs diámetro.

CUADRO VI. RESUMEN DEL MODELO DE REGRESIÓN Y ESTIMACIONES DE LOS PARÁMETROS.

Ecuación	Estimaciones de los parámetros		
	R cuadrado	Constante	b1
Lineal	0.792	1.185	36.730
Potencial	0.783	18.677	0.596

Fuente: Elaboración propia, utilizando el programa SPSS. 2022

El coeficiente de determinación (R cuadrado) indica que ambos modelos se ajustan a los datos reales, debido a que ambos presentan coeficientes aceptables que oscilan en 0.78 y 0.79, siendo el valor de referencia 1, catalogado como el mejor; sin embargo, al tener coeficientes de determinación similares, se emplea el criterio de Parsimonia, que explica que al tener dos buenos modelos siempre se debe elegir el menos complejo; es decir, este criterio se basa en la simplicidad. Por lo tanto, el modelo lineal es el que mejor se ajusta, lo que significa que el diámetro del árbol logra explicar un 79.2 por ciento la variabilidad en la altura de los árboles. El diámetro sólo logra explicar en un 79.2 por ciento la altura debido a la variabilidad que existen en las plantaciones de cada socio, por los diversos factores ya mencionados y esto influyó al momento de realizar el modelo de regresión.

Por lo tanto, el modelo de regresión lineal sería:

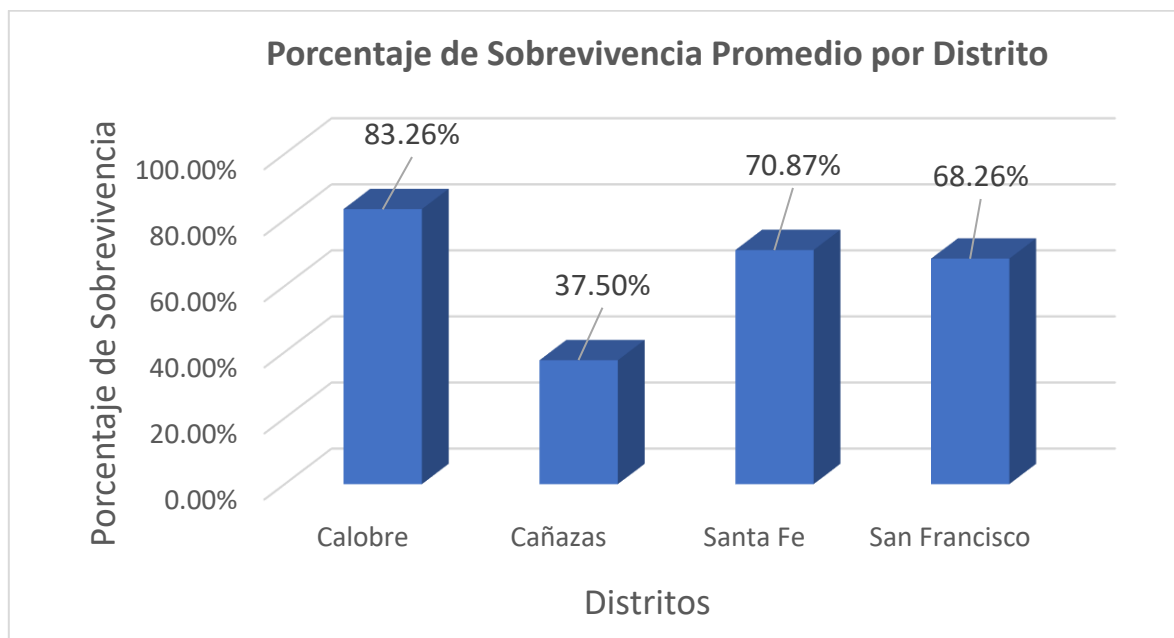
$$\text{Altura} = 36.730 (\text{diámetro, m}) + 1.185 \text{ m}$$

*Por cada diámetro en metros, el árbol crece 36.730 m.

4.6. Porcentaje de sobrevivencia por distrito

La sobrevivencia de la plantación nos da la cantidad de árboles vivos en un número de área determinado y a una densidad determinada. (Morales, 2001).

4.6.1. Porcentaje de sobrevivencia promedio por distrito.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se observa en la gráfica, el mayor porcentaje de sobrevivencia promedio se presenta en el distrito de Calobre con un 83.26 por ciento, seguido del distrito de Santa Fe con 70.87 por ciento, San Francisco con un 68.26 por ciento y el menor porcentaje de sobrevivencia promedio se presenta en el distrito de Cañazas. La afectación de algunas plantaciones por incendio de masa vegetal y la falta de manejo y mantenimiento dado fueron algunos de los factores que influyeron en la sobrevivencia. En el distrito de Cañazas se encontraron valores muy bajos de sobrevivencia por socio, de hasta 0 por ciento, incidiendo en su mayor parte el manejo dado.

4.7. Encuesta efectuada a los socios estratégicos.

CUADRO VII. ENCUESTA EFECTUADA A LOS SOCIOS ESTRATÉGICOS EN LOS DISTRITOS DE CALOBRE, CAÑAZAS, SAN FRANCISCO Y SANTA FE.

Pregunta	Calobre	Cañazas	San Francisco	Santa Fe
¿Usted tiene claro el concepto de reforestación y la importancia de recuperar áreas degradadas?	100%	100%	100%	92.31%
¿Recibió capacitación por parte de ProCuencas sobre el programa de reforestación?	100%	87.50%	75.00%	53.85%
¿Usted estuvo de acuerdo, al elegirse la especie que mejor se adapte al suelo de su terreno?	100%	100%	100%	100%
¿Fue orientado sobre prevención y control de incendios en plantaciones forestales?	100%	75%	62.50%	46.15%
¿Recibió charlas sobre las practicas silviculturales luego de establecidas las plantaciones (limpieza, podas, control de plagas y enfermedades)?	100%	50%	87.50%	53.85%
¿El apoyo dado por ProCuencas en el proyecto de reforestación ha sido en:	Insumos y capacitación	Insumos y capacitación	Insumos	Insumos
¿Ha recibido visitas técnicas por parte de ProCuencas desde el año que reforestó en su finca hasta la fecha?	50%	75%	75%	46.15%

¿Considera que los proyectos de reforestación ejecutados por ProCuencas han contribuido considerablemente a mejorar las áreas que se encontraban con un alto grado de degradación?	100%	100%	75%	84.62%
¿El mantenimiento o cuidado dado a las plantaciones por ustedes desde el momento de su establecimiento ha sido:	Bueno	Regular	Bueno	Regular
¿Sabe usted que al reforestar contribuye a recuperar la cobertura boscosa, mejorar la producción, calidad del agua, ¿los sumideros de carbono y promover la conservación de la biodiversidad?	100%	100%	100%	92.31%
¿Está satisfecho con lo que ha logrado hasta la fecha con el programa ProCuencas?	100%	87.50%	100%	84.62%
¿Usted cuenta con otras fincas dentro de la cuenca del río Santa María?	50%	75%	62.50%	53.85%
Si su respuesta a la pregunta anterior fue sí. ¿usted estaría dispuesto a reforestar en esas áreas o ya está reforestando en ellas?	50% Si le gustaría	25% Ya está reforestando	12.50% Sí le gustaría. 12.50% Ya está reforestando. 12.50% Por ahora no le gustaría.	23.08% Ya está reforestando

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Observación: La encuesta se efectuó al 93 por ciento de los socios elegidos para el distrito de Santa Fe, el 57.14 para los socios de Cañazas y el 100 por ciento de los socios de San Francisco y Calobre.

Para conocer la percepción de los socios estratégicos acerca del proyecto de reforestación ejecutado en la parte alta de la cuenca del río Santa María se diseñaron encuestas estructuradas, donde la mayoría de las preguntas eran de tipo cerrada. Se utilizó el programa Kobotoolbok para procesar la encuesta.

Se puede destacar que el 100 por ciento de los socios en los distritos de Calobre, Cañazas y San Francisco tienen claro el concepto de reforestación y la importancia de recuperar áreas degradadas. La pregunta sobre qué los motivó a reforestar, era de tipo abierta; sin embargo, se pueden destacar las ideas más repetidas tales como; mejorar el ambiente, aumentar la cobertura boscosa y proteger la cuenca del río Santa María.

En el distrito de Calobre el 100 por ciento de los socios aseguran haber recibido capacitaciones acerca del programa, mientras que en Santa Fe sólo un 53.85 por ciento afirma haber recibido capacitación. Los socios que respondieron que sí recibieron capacitación consideran que el punto que más se enfatizó es el relacionado con cómo contribuir a la restauración de zona ambientalmente degradadas.

Para los que respondieron que, si han recibido capacitación, se les consultó que puntos recuerdan fueron expuestos en la capacitación, en esta pregunta la mayoría respondió el punto que tiene que ver con cómo pueden contribuir a la restauración de zonas ambientalmente degradadas.

El 100 por ciento de los socios en los cuatro distritos estuvo de acuerdo con elegir la especie que mejor se adapte al suelo de su terreno. En el distrito de Calobre el 100 por ciento de los encuestados respondió que fue orientado sobre prevención y control de incendios en plantaciones forestales.

En cuanto a la pregunta que menciona si han recibido charlas sobre prácticas silviculturales luego de establecidas las plantaciones, el 100 por ciento de los socios en el distrito de Calobre afirma que sí, seguido del distrito de San Francisco con un 87.50 por ciento, además, el mayor apoyo que perciben los socios por parte del programa es en insumos y capacitaciones. En los distritos de Cañazas y San Francisco el 75 por ciento afirman haber recibido visitas técnicas por parte de ProCuencas.

En los distritos de Calobre y Cañazas el 100 por ciento de los socios consideran que el proyecto ejecutado por ProCuencas ha contribuido a mejorar áreas que estaban con alto grado de degradación.

Otra pregunta de interés fue consultar como ellos consideran que fue el mantenimiento o cuidado dado a las plantaciones por su parte, si fue bueno, regular o deficiente, de manera que los socios en el distrito de Calobre consideran que el manejo dado por ellos fue bueno y en efecto, en campo se observó una uniformidad y buen manejo de las plantaciones. En este distrito uno de los socios es Ingeniero Forestal y el otro contaba con capital económico para contratar personal que pudiera darles un manejo constante a las plantaciones, por lo que puede ser un indicador

que ha garantizado el éxito en las plantaciones en cuanto al manejo y el porcentaje de sobrevivencia. En San Francisco consideran que el manejo fue bueno, sin embargo; en la mayoría de las plantaciones no se ha realizado los mantenimientos correspondientes, falta efectuar las podas y limpieza de los sitios, ya que la maleza estaba alta en varias plantaciones. En Santa Fe y Cañazas opinaron que el manejo dado por ellos fue regular y considero que para el caso de Santa Fe sí fue regular, sólo ciertos socios les dieron buen manejo a sus plantaciones, según lo que se percibe en campo. Para el caso de Cañazas fue deficiente en su gran mayoría, aquellos que tenían ganado en estos sitios no protegieron los plantones, tampoco han realizado limpieza y la maleza se encuentra alta.

En los cuatro distritos se tiene claro que reforestar brinda muchos beneficios al ambiente, además ellos mencionan que están satisfechos hasta el momento de lo logrado con el programa, debido a que han percibido mejoras en el microclima del lugar y en la producción de las fuentes hídricas.

En el distrito de Cañazas se encuentra el mayor porcentaje de socios que cuentan con otras fincas dentro de la cuenca del río Santa María en comparación con los demás distritos. El porcentaje que respondió que sí contaba con otras fincas, debía mencionar alguna de las tres opciones: le gustaría reforestar, ya lo está haciendo o por ahora no le gustaría.

Para el caso de Santa Fe y Cañazas, el 23.08 y 25 por ciento de los socios respectivamente se encuentran reforestando, en Calobre al 50 por ciento les

gustaría reforestar en esas fincas y en San Francisco el porcentaje fue similar para las tres opciones. A un 12.50 por ciento de los socios le gustaría reforestar, un 12.50 por ciento ya lo está haciendo y al otro 12.50 por ciento no le gustaría reforestar por el momento.

5. CONCLUSIONES

Se logró realizar las mediciones de las variables dendrométricas y con ello identificar factores que incidieron en la sobrevivencia de la especie, tales como: un manejo deficiente, perturbación de las plantaciones por incendios de masa vegetal, falta de protección de los plantones ante la presencia del ganado y el ataque de plagas.

Se efectuó y aplicó la encuesta a los socios estratégicos de la parte alta, lo que permitió conocer la percepción de cada socio, aspectos que se deben mejorar y hacer mayor énfasis en las capacitaciones para proyectos futuros, tales como, la importancia de las prácticas silvícolas luego de establecidas las plantaciones y las visitas técnicas para monitorear que estén cumpliendo con los manejos correspondientes.

En cuanto al análisis de las variables dendrométricas se puede encontrar mucha variabilidad entre las plantaciones de los diferentes distritos, lo que se considera guarda relación con el manejo que le ha dado cada socio y los factores anteriormente mencionados.

Luego de generado el modelo de regresión para los cuatro distritos, se pudo observar que es afectado por la variabilidad existente en las plantaciones, lo que refleja la importancia de realizar un buen manejo; a fin de lograr que el pino como especie pionera vaya creando las condiciones de sitio para la sucesión de nuevas especies nativas en estas áreas.

6. RECOMENDACIONES

Los socios deben realizar los manejos silvícolas correspondientes en sus plantaciones, ya que a pesar de que en estas áreas el pino no logra los rendimientos que corresponden al potencial de la especie, el crecimiento puede ser mayor cuando se le da un buen manejo.

Brindar el seguimiento técnico oportuno a las plantaciones de cada socio para determinar si es viable considerarlos en nuevos proyectos de reforestación que se desarrollen en el área.

Seguir capacitando a los pobladores de la parte Alta de la Cuenca del río Santa María sobre la importancia de recuperar áreas degradadas y los beneficios que genera a la comunidad, además se debe hacer énfasis en las prácticas silviculturales luego de establecidas las plantaciones.

Se debe trabajar la asociatividad en los diferentes distritos de la parte Alta de la Cuenca y analizar servicios ecosistémicos y productos no madereros que puedan ser aprovechados por los socios.

Actualizar la base de datos de los socios para garantizar la información de contacto y poder brindar el seguimiento oportuno a las plantaciones de los diferentes socios.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldana, C. 2008. *Medición Forestal*. Pinar del Río, Cuba. 330p.

Alvarado, A., Raigosa, J., Oviedo, J. 2006. *Nutrición y Fertilización del Pino Caribeño (Pinus Caribaea)*. (En línea). Consultado el 22 de marzo de 2022. Disponible en:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55707812/nutrici_C3_B3n_y_fertilizaci_C3_B3n_del_pino_caribe_C3_B1o-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1647992971&Signature=YlUh-Eg7PHFXLa1DGqPhn~3m5ImAm-W7N~Srk-DnzZUM2dqj8ihYN-99LrEPyOQMuyZ8GOH7YwNRk2kAupZmeXjQtfTor3s6ZeRbRZ8YmphF9gPZibEG-RzmbWb0cYDOJijxjFPMI3Sc7VF8v-HhrUTdDRJBcCpZpRFPkUadiDJyUbrxICC~quo~y5kyNCljwLcR3BGkFb2~RcHHH64Y-5NVchuMNCpEMNYJjh3hIusC8bxg4Vv~MHPxpGulw3bjCbojX5Zy1Zy6bG1RL7xz33bT1-jwECExDy65IK0rdH1FFKqrmUucgWGd5RleGcfIFx0x5AcucidOcUOHGWZAQ&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

ANAM & JICA. 2000. *Plantaciones Forestales: Ensayos, Estudios y Demostraciones*. Río Hato; Coclé. 116p.

ANAM. 2003. *Informe Final de Resultados de la Cobertura Boscosa y Uso del Suelo de la República de Panamá: 1992-2000*. (en línea). Consultado el 7 de diciembre de 2020. Disponible en:

[http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2317/Competition/pd%2054-98-5%20rev1\(F\)%20s_Informe%20Final%20de%20Resultados_s.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2317/Competition/pd%2054-98-5%20rev1(F)%20s_Informe%20Final%20de%20Resultados_s.pdf)

ANAM. 2009. *Plan de Manejo Integral de la Parte Alta, Media y Baja de la Cuenca del Río Santa María*. (en línea). Consultado el 31 de enero de 2021. Disponible

en: <http://cuencas.cathalac.org/home-2/santa-maria/planificacion-9/planes-de-manejo/82-plan-de-manejo-rio-santa-maria/file>

ANAM. 2010. *Atlas Ambiental de la República de Panamá. Primera Versión*. (en línea). Consultado el 15 de diciembre de 2020.

Disponible

en:

<https://www.sinia.gob.pa/datos/Biblioteca/Atlas%20Abiental%20de%20Panam%C3%A1.pdf>

Ancon. 2017. *La Alianza por el Millón*. (En línea). Consultado el 22 de marzo de 2022. Disponible en: <https://ancon.org/alianza-por-el-millon/>

Aparicio, O. 2016. *Productividad en madera de Amarillo (Terminalia amazonia), Zapatero (Hieronyma alchorneoides), Caoba (Swietenia macrophylla) y Cedro espino (Pachira quinata) en franjas de enriquecimiento forestal, Forest Finance Panamá S.A., Las Lajas, Distrito de San Félix*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Chiriquí, Panamá. 56p.

Autoridad del Canal de Panamá. 2006. *Manual de Reforestación Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá*. (En línea). Consultado el 22 de marzo de 2022. Disponible en: <http://www.cich.org/publicaciones/03/manual-reforestacion-vol1.pdf>

Barrett, W & Golfari, H. 2017. *Pino Caribe. (Pinus caribaea var. Hondurensis)*. Guatemala; Guatemala. Instituto Nacional de Bosques, INAB. 37p.

CATIE. 2002. *Inventarios Forestales para Bosques Latifoliados en América Central*. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Manual Técnico No.50. 264p.

CATIE. 2020. *Elaboración del Diagnóstico Pormenorizado, Desarrollo de un Estudio de Vulnerabilidad Climática y un Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Cuenca Hidrográfica del Río Santa María*. Panamá, 54p.

Chuquichaico, L. 2016. *Impacto de la Reforestación en la Recuperación de los Suelos Degradados en la Microcuenca del Río Monzón - Región Huánuco*. (en línea). Consultado el 22 de junio de 2021. Disponible en: http://168.121.45.184/bitstream/handle/20.500.11818/1071/T_DOC.MEDI.A_MBIE.DESA.SOST._08845360_CHUQUICHAICO_SAMANIEGO_LUIS%20ALBERTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cedeño, E. 2016. *Productividad de madera de amarillo (Terminalia amazonia), Zapatero (Hieronyma alchorroides), Caoba (Swietenia macrophylla), Cedro Espino (Pachira quinata) en plantaciones forestales, Forest Finance, Panamá, S.A. Las Lajas, Distrito De San Félix, Chiriquí*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Chiriquí, Panamá 78p.

Cuarezma, J. 2020. *Informe de pasantía realizada en la empresa NICAFOREST PLANTATIONS, S.A en las actividades de inventario y establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo en plantaciones forestales de Teca (Tectona grandis L.f)*. Managua, Nicaragua. (En línea). Consultado el 25 de marzo de 2022. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10c961i.pdf>

Di Rienzo, J., Casanoves, F., González, L., Tablada, E., Díaz, M., Robledo, C., Balzarini, M. 2005. *Estadística para las Ciencias Agropecuarias*. Córdoba, Argentina. Editorial Brujas. Sexta Edición.329p.

- Encinas, J. (1998). *Dasometría Práctica*. Brasilia, Brasil. Editora Universidad de Brasilia. 125p.
- FAO. 2016. *El Estado de los Bosques del Mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra*. Roma, Italia. Editorial FAO. 119p.
- FAO. 2020. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Principales resultados*. Roma, Italia. (En línea). Consultado el 31 de enero de 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- Fernández, A. 2014. *Para qué sirven los bosques*. (en línea). Consultado el 17 de diciembre de 2020. Disponible en: [https://www.consumer.es/medio-ambiente/para-que-sirven-los-bosques.html#:~:text=Los%20bosques%20purifican%20el%20aire,y%20la%20Cultura%20\(UNESCO\).](https://www.consumer.es/medio-ambiente/para-que-sirven-los-bosques.html#:~:text=Los%20bosques%20purifican%20el%20aire,y%20la%20Cultura%20(UNESCO).)
- Francis, J. 1992. *Pinus caribaea Morelet*. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 403 p.
- García, J. 2016. *Metodología de la Investigación para Administradores*. Bogotá, Colombia. Ediciones de la U. 1 a. Edición. 198p.
- Gutiérrez, R; y Díaz I. *Estadística de los Recursos Forestales de Panamá*. (En línea). Consultado el 23 de enero de 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ad102s/ad102s14.htm>
- Hernández, M. 2011. *Valoración Económica de la madera. Parcelas Forestales*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá, Sede

Chiriquí. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá
Chiriquí. Panamá. 85p.

Imaña, J.1998. *Dasometría Practica*. Brasilia, Brasil. Editora; Universidad de Brasilia.117p.

Jiménez, K. 2015. *Lo que conlleva plantar un millón de hectáreas*. La Prensa, Panamá. (en línea). Consultado el 16 de diciembre de 2020. Disponible en: https://www.prensa.com/sociedad/conlleva-plantar-millon-hectareas_0_4261823947.html

LAVEP- UNAM. 2018. *Medición del diámetro (DAP) de un árbol*. (en línea). Consultado el 25 de junio de 2021. Disponible en: https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/ppt_medici%C3%B3n_del_di%C3%A1metro_de_un_%C3%A1rbol.pdf

Luna, M. 2013. *Avanza proyecto de reforestación*. El Capital Financiero (En línea). Consultado el 15 de marzo de 2022. Disponible en: <https://elcapitalfinanciero.com/avanza-proyecto-de-reforestacion/https://elcapitalfinanciero.com/avanza-proyecto-de-reforestacion/>

Maglianesi, M. (2010, 25 de mayo). *El uso de especies vegetales exóticas como una estrategia de restauración ecológica*. Biocenosis. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1241/1308>

Mejía, M. 2013. *Determinación del factor de forma de Gmelina (Gmelina arborea Roxb) en plantaciones de uno, dos y tres años de edad en la Hacienda El Vergel Cantón Valencia Provincia De Los Ríos*. Riobamba, Ecuador. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.100p.

Mejía, N. 2014. *Sostenibilidad Socioecológica de la Reforestación y su Aporte a la Conservación del Agua en Balalaica, Costa Rica*. (en línea). Consultado el 23 de junio de 2021. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7125/La_sostenibilidad_socioecologica_reforestacion.pdf;jsessionid=46E4133C590DF9761332BB857B1F70BD?sequence=

Ministerio de Ambiente. 2016. *Plan de Intervención en las Zonas de Restauración y Reforestación de la Cuenca Hidrográfica del Río Santa María (2015 – 2019)*. (en línea). Consultado el 2 de febrero de 2021. Disponible en: chm.cbd.int/api/v2013/documents/05B386D2-5BCD-A52D-6097-F853803CC619/attachments/Plan%20de%20intervencion%20río%20Santa%20María%202016%20PROCUENCAS.pdf

Ministerio de Ambiente. 2019. *Plan de Intervención en las Zonas de Restauración y Reforestación de la Cuenca Hidrográfica del Río Santa María (2015-2019)*. (en línea). Consultado el 20 de enero de 2021. Disponible en: <https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/05B386D2-5BCD-A52D-6097-F853803CC619/attachments/Plan%20de%20intervencion%20r%C3%ADo%20Santa%20Mar%C3%ADa%202016%20PROCUENCAS.pdf>

Ministerio de Ambiente. 2020. *Programa Nacional de Restauración Forestal*. (En línea). Consultado el 22 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2021/02/Programa-Nacional-Restauracion-Forestal-2020-baja-resolucion.pdf>

Morales, E. 2001. *Evaluación del crecimiento en Pino Caribe (Pinus caribaea), en plantaciones jóvenes en El Llano, Zamorano, Honduras*. Zamorano, Honduras. (tesis de licenciatura). Universidad Zamorano. Honduras. 30p.

Perera, J & Musálem, M. 2003. *Botánica y Ecología de Pinus caribaea morelet variedad hondurensis*. Santa Marta: Kimmo Lehtonen.67p. Disponible en: <http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani/article/view/241/242>

Plataforma de software estadístico de IBM. (s.f). Softonic. (En línea). Consultado el 15 de marzo de 2022. Disponible en: <https://spss.softonic.com/?ex=CAT-3508.2>

Prensa. 2019. *Panamá comprometido a recuperar Cobertura Boscosa*. (en línea). Consultado el 13 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://www.miambiente.gob.pa/panama-comprometido-a-recuperar-cobertura-boscosa/>

Prodan, M., Peters, R., Cox, F., Real, P. 1997. *Mensura Forestal*. San José, Costa Rica. Editorial IICA. 586p.

Ríos, I. 2010. *Reforestación por Reforestamos México A.C.* (en línea). Consultado el 9 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://www.academia.edu/es/7186897/Reforestaci%C3%B3n>

Rodríguez, M. 2020. *Panamá pierde más de 8,000 hectáreas de bosque al año*. La Estrella de Panamá, Panamá (en línea). Consultado el 14 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://www.laestrella.com.pa/nacional/200130/panama-pierde-8-000-hectareas-bosque-ano>

Rojas, F., & Ortiz, E. 1991. *Pinus caribaea Morelet var. Hondurensis (Barret y Golfari), Especie de árbol de uso múltiple en América Central*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. (en línea). Consultado el 23 de junio de 2021. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A11088e/A11088e.pdf>

- Salazar, R. 1989. *Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple*. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 194p.
- Stockdaley, M., y Corbett, J. 2008. *Inventario Forestal Participativo. Manual de campo*. Lima, Perú. Editorial; Soluciones Prácticas – ITDG.276p.
- Vásconez, N., Morocho, J., Lara, S., Guadalupe, O. 2017. *Evaluación de dos instrumentos de Medición en La Determinación del Área Basal en Pinus radiata*. Chimborazo, Ecuador. European Scientific Journal. Vol.13, 7-3.
- Wabo. 2002. *Información sobre bosques e inventario forestal*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata.6p

ANEXOS

**ANEXO 1. BASE DE DATOS DE LAS VARIABLES DENDROMÉTRICAS
PROMEDIO POR PARCELA, PARA LOS SOCIOS DEL DISTRITO
DE SANTA FE.**

Veraguas - Santa Fe								
Socio	Parcela	Número de árboles	Diámetro Promedio (m)	Altura Promedio (m)	Área basal Promedio (m ²)	Volumen Promedio (m ³)	Densidad de plantación	Densidad de individuos x ha
Vicente Pardo	1	19	0.1456	6.89	0.0169	0.0530	3x3	1,000 árboles
	2	21	0.1096	5.45	0.0098	0.0249		
Asociación Nueva Visión	1	21	0.1509	6.91	0.0186	0.0603	3x3	1,083 árboles
	2	22	0.1383	7.68	0.0157	0.0559		
	3	22	0.1146	6.59	0.0111	0.0353		
Víctor Urriola	1	10	0.0549	2.79	0.0027	0.0039	3x3	625 árboles
	2	15	0.0600	3.46	0.0031	0.0053		
Eliecer Guevara	1	22	0.1217	5.53	0.0121	0.0319	2.80x2.30	1,225 árboles
	2	27	0.1323	7.10	0.0141	0.0469		
Elidio Aguilar	1	16	0.0700	3.53	0.0044	0.0081	2.33x2.33	950 árboles
	2	24	0.0592	3.32	0.0031	0.0058	2.84x2.84	
	3	17	0.0767	3.61	0.0054	0.0104	2.40x2.40	
Pacífico Hernández	1	18	0.0701	3.65	0.0043	0.0082	3x3	800 árboles
	2	14	0.0509	2.68	0.0022	0.0029		
Gerasimo Solís	1	23	0.0548	2.89	0.0028	0.0043	2.50x2.50	1,116 árboles
	2	28	0.0379	2.36	0.0014	0.0018		
	3	16	0.0620	3.40	0.0035	0.0064		
Juan Solís	1	14	0.0608	2.95	0.0041	0.0084	3x3	700 árboles
	2	14	0.0731	3.39	0.0046	0.0077		
Cándido Montero	1	9	0.0633	3.03	0.0034	0.0051	4.35x4.35	450 árboles
	2	9	0.0751	3.52	0.0048	0.0087	4.60x4.60	
Domingo Solís	1	14	0.0492	2.59	0.0024	0.0034	3.57x3.57	775 árboles
	2	17	0.0569	2.71	0.0028	0.0038	3.26x3.26	
Santiago Urriola	1	12	0.0377	2.45	0.0013	0.0017	2.27x2.27	1225 árboles
	2	37	0.0131	1.44	0.0002	0.0002	1.78x1.78	
Nicolas Sánchez	1	23	0.0523	3.05	0.0023	0.0035	2.90x2.90	875 árboles
	2	12	0.0535	2.92	0.0026	0.0040	4x4	
Beato Solís	1	9	0.0568	3.33	0.0027	0.0045	3.56x3.56	475 árboles
	2	10	0.0454	2.96	0.0018	0.0028	3.68x3.68	

ANEXO 2. BASE DE DATOS DE LAS VARIABLES DENDROMÉTRICAS PROMEDIO POR PARCELA, PARA LOS SOCIOS DEL DISTRITO DE SAN FRANCISCO.

Veraguas - San Francisco								
Socio	Parcela	Número de árboles	Diámetro Promedio (m)	Altura Promedio (m)	Área basal Promedio (m ²)	Volumen Promedio (m ³)	Densidad de plantación	Densidad de individuos x ha
María Alcedo		10	0.1506	5.94	0.0182	0.0504		
		10	0.1491	5.32	0.0179	0.0450		
		9	0.1266	5.02	0.0128	0.0302		
Salomón Rodríguez	1	21	0.1015	5.17	0.0088	0.0231	2.50x2.50	1,125 árboles
	2	24	0.1014	5.41	0.0085	0.0218	2.83x2.83	
Noriel Zambrano	1	17	0.0912	5.06	0.0072	0.0178	3.20x3.20	900 árboles
	2	19	0.0815	4.46	0.0061	0.0149		
Leonidas González	1	14	0.0046	1.30	0.0001	0.0001	2.70x2.70	583 árboles
	2	6	0.0213	1.65	0.0004	0.0003	3x3	
	3	15	0.0140	1.57	0.0003	0.0002		
Asunción Concepción	1	25	0.0405	2.90	0.0019	0.0036	1.65x1.65	1,475 árboles
	2	34	0.0229	2.07	0.0009	0.0016	1.45x1.45	
Elías Rodríguez	1	18	0.0657	3.61	0.0041	0.0080	3x3	975 árboles
	2	21	0.0633	3.12	0.0033	0.0050		
Luis Petrochelli	1	41	0.0556	3.99	0.0027	0.0055	3x3	850 árboles
	2	44	0.0882	5.38	0.0064	0.0166		
Agustín Aizprua	1	11	0.0313	2.34	0.0013	0.0027	3x3	625 árboles
	2	14	0.0216	1.98	0.0006	0.0008		

ANEXO 3. BASE DE DATOS DE LAS VARIABLES DENDROMÉTRICAS PROMEDIO POR PARCELA, PARA LOS SOCIOS DEL DISTRITO DE CALOBRE.

Veraguas - Calobre								
Socio	Parcela	Número de árboles	Diámetro Promedio (m)	Altura Promedio (m)	Área basal Promedio (m ²)	Volumen Promedio (m ³)	Densidad de plantación	Densidad de individuos x ha
Rafael Robinson	1	38	0.0590	3.16	0.0030	0.0048	3.41x3.41	755 árboles
	2	40	0.0553	3.02	0.0028	0.0044		
	3	39	0.0574	2.93	0.0029	0.0043		
	4	34	0.0826	3.98	0.0060	0.0123		
Luis H Pitti	1	19	0.0987	5.06	0.0083	0.0218	3x3	875 árboles
	2	16	0.0712	3.93	0.0045	0.0096		

ANEXO 4. BASE DE DATOS DE LAS VARIABLES DENDROMÉTRICAS PROMEDIO POR PARCELA, PARA LOS SOCIOS DEL DISTRITO DE CAÑAZAS.

Veraguas - Cañazas								
Socio	Parcela	Número de árboles	Diámetro Promedio (m)	Altura Promedio (m)	Área basal Promedio (m ²)	Volumen Promedio (m ³)	Densidad de plantación	Densidad de individuos x ha
Luciano Ruiz	1	53	0.0067	1.30	0.0001	0.0001	3x3	773 árboles
	2	29	0.0572	3.11	0.0038	0.0075	3.80x3.80	
	3	34	0.0708	3.76	0.0042	0.0076		
Magdaleno González	1	25	0.1310	5.45	0.0144	0.0374	2.80x2.80	1,150 árboles
	2	21	0.1681	6.41	0.0236	0.0725		
Candelario González		16	0.0737	3.40	0.005	0.0090		
		31	0.0154	1.61	0.0001	0.0001		
Astrid A. Rodríguez		26	0.0455	2.56	0.0018	0.0024		
		25	0.0548	2.88	0.0030	0.0047		
José María Moreno	1	18	0.0815	3.82	0.0059	0.0117	3.80x3.80	273 árboles
	2	11	0.0855	3.84	0.0062	0.0115		
	3	12	0.0910	4.12	0.0071	0.0152		
Jorge Rodríguez		29	0.0219	1.75	0.0011	0.0020		
		29	0.0242	1.71	0.0010	0.0013		
William Jiménez	1	10	0.0074	1.42	0.0001	0.0001	3x3	525 árboles
	2	11	0.0051	1.32	0.0001	0.0000		
Genaro Jiménez	1	14	0.0241	1.91	0.0007	0.0009	3x3	750 árboles
	2	16	0.0124	1.58	0.0002	0.0002		
Martin Martínez		18	0.0517	2.82	0.0027	0.0042		
Enrique Santander		15	0.0173	2.68	0.0005	0.0008		
Segundo González								
Ernesto Urriola								
Venancio Bordonos	1	10	0.0175	2.75	0.0003	0.0004	4x4	550 árboles
	2	12	0.0190	3.92	0.0004	0.0010		

*En los socios de las casillas en blanco no se establecieron parcelas. Se muestreo todo la población existente ya que tenían pocos plántones.

ANEXO 5. GEORREFERENCIACIÓN DE LAS PLANTACIONES DE PINUS CARIBAEA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO SANTA MARÍA.



ANEXO 6. ALTURA PROMEDIO POR SOCIO EN LOS 4 DISTRITOS ESTUDIADOS.

Socio	Altura Promedio	Distrito
Vicente Pardo	6.17	Santa Fe
Asociación Nueva Visión	7.06	Santa Fe
Víctor Urriola	3.12	Santa Fe
Eliecer Guevara	6.31	Santa Fe
Elidio Aguilar	3.48	Santa Fe
Pacifico Hernández	3.16	Santa Fe
Gerasimo Solís	2.88	Santa Fe
Juan Solís	3.17	Santa Fe
Cándido Montero	3.27	Santa Fe
Domingo Solís	2.65	Santa Fe
Santiago Urriola	1.94	Santa Fe
Nicolas Sánchez	2.98	Santa Fe
Beato Solís	3.14	Santa Fe
María Alcedo	5.42	San Francisco
Salomón Rodríguez	5.29	San Francisco
Noriel Zambrano	4.76	San Francisco
Leonidas Gonzáles	1.50	San Francisco
Asunción Concepción	2.48	San Francisco
Elías Rodríguez	3.36	San Francisco
Luis Petrochelli	4.68	San Francisco
Agustín Aizprua	2.16	San Francisco
Rafael Robinson	3.27	Calobre
Luis H Pitti	4.49	Calobre
Luciano Ruiz	3.46	Cañazas
Magdaleno González	5.93	Cañazas
Candelario Gonzáles	2.50	Cañazas
Astrid A. Rodríguez	2.72	Cañazas
José María Moreno	3.92	Cañazas
Jorge Rodríguez	1.73	Cañazas
William Jiménez	1.37	Cañazas
Genaro Jiménez	1.74	Cañazas
Martin Martínez	2.82	Cañazas
Enrique, Segundo, Ernesto	2.68	Cañazas
Venancio Bordonas	3.33	Cañazas

ANEXO 7. DIÁMETRO PROMEDIO POR SOCIO EN LOS 4 DISTRITOS ESTUDIADOS.

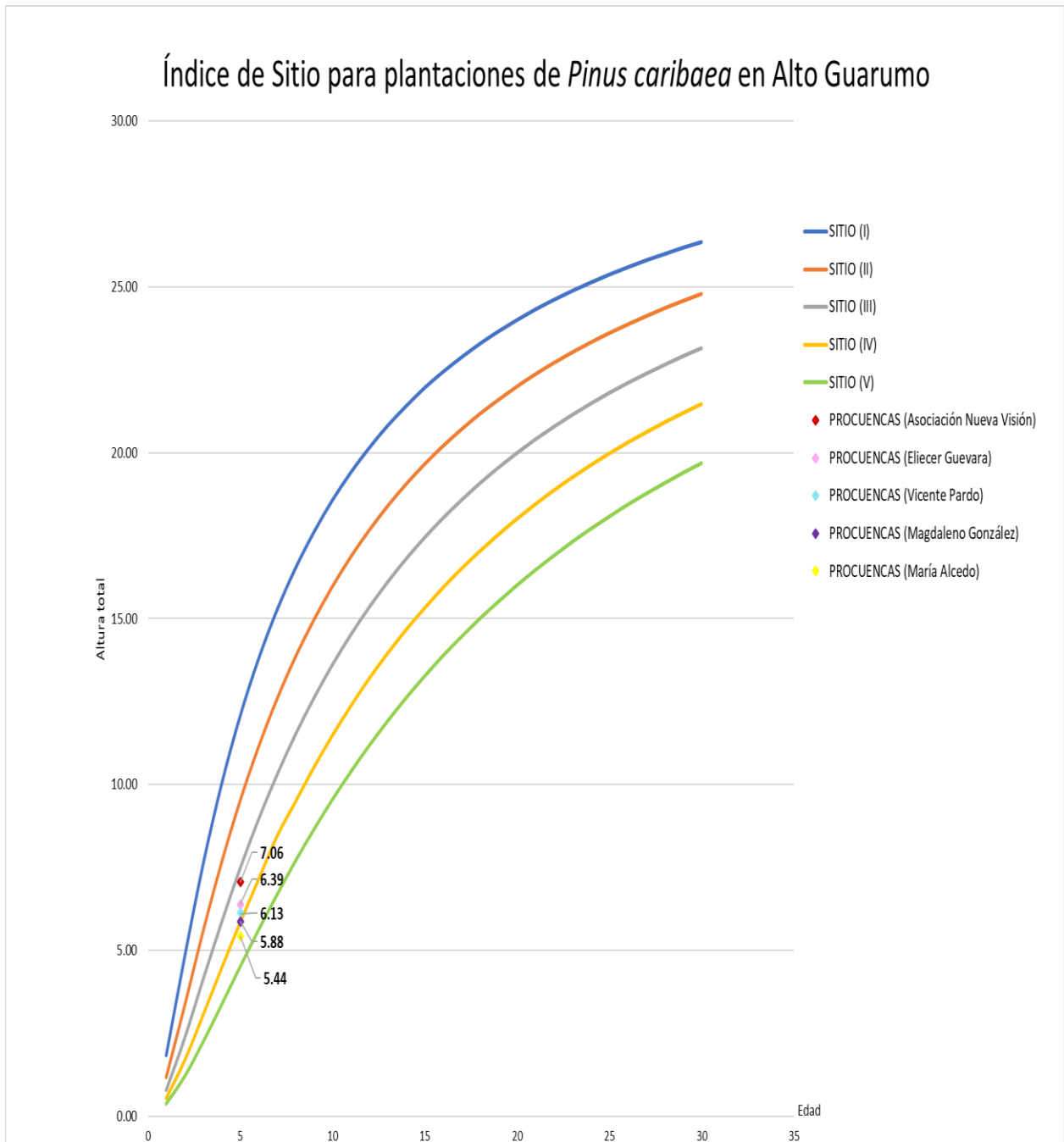
Socio	Diámetro Promedio	Distrito
Vicente Pardo	0.1276	Santa Fe
Asociación Nueva Visión	0.1346	Santa Fe
Víctor Urriola	0.0575	Santa Fe
Eliecer Guevara	0.1278	Santa Fe
Elidio Aguilar	0.0686	Santa Fe
Pacifico Hernández	0.0605	Santa Fe
Gerasimo Solís	0.0516	Santa Fe
Juan Solís	0.0670	Santa Fe
Cándido Montero	0.0692	Santa Fe
Domingo Solís	0.0531	Santa Fe
Santiago Urriola	0.0254	Santa Fe
Nicolas Sánchez	0.0529	Santa Fe
Beato Solís	0.0511	Santa Fe
María Alcedo	0.1421	San Francisco
Salomón Rodríguez	0.1015	San Francisco
Noriel Zambrano	0.0864	San Francisco
Leonidas Gonzáles	0.0133	San Francisco
Asunción Concepción	0.0317	San Francisco
Elías Rodríguez	0.0645	San Francisco
Luis Petrochelli	0.0718	San Francisco
Agustín Aizprua	0.0265	San Francisco
Rafael Robinson	0.0636	Calobre
Luis H Pitti	0.0850	Calobre
Luciano Ruiz	0.0449	Cañazas
Magdaleno González	0.1496	Cañazas
Candelario Gonzáles	0.0446	Cañazas
Astrid A. Rodríguez	0.0502	Cañazas
José María Moreno	0.0860	Cañazas
Jorge Rodríguez	0.0231	Cañazas
William Jiménez	0.0063	Cañazas
Genaro Jiménez	0.0183	Cañazas
Martin Martínez	0.0517	Cañazas
Enrique, Segundo, Ernesto	0.0173	Cañazas
Venancio Bordonas	0.0183	Cañazas

ANEXO 8. ÁREA BASAL Y VOLUMEN/ HA PARA CADA SOCIO EN LOS 4 DISTRITOS ESTUDIADOS.

Socio	Área Basal/ ha	Volumen /ha	Distrito
Vicente Pardo	0.67	1.95	Santa Fe
Asociación Nueva Visión	0.76	2.53	Santa Fe
Víctor Urriola	0.15	0.23	Santa Fe
Eliecer Guevara	0.66	1.97	Santa Fe
Elidio Aguilar	0.22	0.41	Santa Fe
Pacífico Hernández	0.16	0.28	Santa Fe
Gerasimo Solís	0.13	0.21	Santa Fe
Juan Solís	0.22	0.40	Santa Fe
Cándido Montero	0.21	0.35	Santa Fe
Domingo Solís	0.13	0.18	Santa Fe
Santiago Urriola	0.04	0.05	Santa Fe
Nicolas Sánchez	0.12	0.19	Santa Fe
Beato Solís	0.11	0.18	Santa Fe
María Alcedo			San Francisco
Salomón Rodríguez	0.43	1.12	San Francisco
Noriel Zambrano	0.33	0.82	San Francisco
Leonidas Gonzáles	0.01	0.01	San Francisco
Asunción Concepción	0.07	0.13	San Francisco
Elías Rodríguez	0.19	0.33	San Francisco
Luis Petrochelli	0.09	0.22	San Francisco
Agustín Aizprua	0.05	0.09	San Francisco
Rafael Robinson	0.07	0.13	Calobre
Luis H Pitti	0.32	0.79	Calobre
Luciano Ruiz	0.05	0.10	Cañazas
Magdaleno González	0.95	2.75	Cañazas
Candelario Gonzáles	0.13	0.23	Cañazas
Astrid A. Rodríguez			Cañazas
José María Moreno	0.13	0.26	Cañazas
Jorge Rodríguez			Cañazas
William Jiménez	0.01	0.00	Cañazas
Genaro Jiménez	0.02	0.03	Cañazas
Martin Martínez			Cañazas
Enrique Santander			Cañazas
Segundo González			Cañazas
Ernesto Urriola			Cañazas
Venancio Bordones	0.02	0.04	Cañazas

*En los socios de las casillas en blanco no se establecieron parcelas. Se muestreo toda la población existente ya que tenían pocos plantones. No Se consideraron en el análisis de volumen y área basal.

ANEXO 9. ÍNDICE DE SITIO PARA PLANTACIONES DE *PINUS CARIBAEA* EN ALTO GUARUMO, COMPARANDO LOS 5 SOCIOS CON LOS MAYORES CRECIMIENTOS PROMEDIOS EN ALTURA.



ANEXO 10. IMÁGENES DE LA VISITA A CAMPO PARA UBICAR LAS FINCAS DE CADA SOCIO.



ANEXO 11. IMÁGENES DE LA METODOLOGÍA QUE SE EMPLEÓ PARA MEDIR LAS PARCELAS DE 200 M².





ANEXO 12. IMÁGENES DE LA MEDICIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO.



ANEXO 13. IMÁGENES DE LA MEDICIÓN DE LA ALTURA TOTAL.

ANEXO 14. IMAGEN DEL SUELO PEDREGOSO CARACTERÍSTICO DE ESTAS ZONAS.



ANEXO 15. IMAGEN DE LA PENDIENTE QUE PRESENTAN MUCHOS DE ESTOS TERRENOS.



ANEXO 16. IMAGEN DE COMO EL EFECTO DEL VIENTO IMPACTA EN CIERTAS PLANTACIONES.



ANEXO 17. IMAGEN DE UNA PLANTACIÓN DE PINO EN EL DISTRITO DE CALOBRE.



ANEXO 18. IMAGEN DE UNA PLANTACIÓN DE PINO EN EL DISTRITO DE SANTA FE.



ANEXO 19. IMAGEN DE UNA PLANTACIÓN DE PINO EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO.



ANEXO 20. IMAGEN DE UNA PLANTACIÓN DE PINO EN EL DISTRITO DE CAÑAZAS.

