

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

FILIAL JAÉN



Prendimiento en la plantación forestal del proyecto “Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas de Chirinos - San Ignacio - Cajamarca”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR LA BACHILLER

ARACELY JACKELINE GONZALES GONZALES

ASESOR

Dr. Ing. SEGUNDO PRIMITIVO VACA MARQUINA

JAÉN – PERÚ

2020




ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

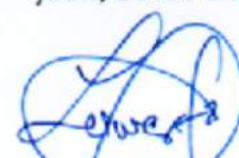
En la ciudad de Jaén, a los 29 días del mes de octubre del año dos mil veinte, se reunieron en el **Ambiente virtual a través de la herramienta del Google meet**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 605- 2019-FCA-UNC, de fecha 18 de diciembre del 2019, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **PRENDIMIENTO EN LA EVALUACIÓN FORESTAL DEL PROYECTO "FORTALECIMIENTO PARA LA FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN CON ESPECIES NATIVAS Y EXÓTICAS DE CHIRINOS - SAN IGNACIO - CAJAMARCA"**, ejecutado(a) por la Bachiller en Ciencias Forestales, **Doña ARACELY JACKELINE GONZALES GONZALES**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.


A las **quince** horas y **cero** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando a la sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **aprobación** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **Quince (15)**; por tanto, la Bachiller queda expedito para que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

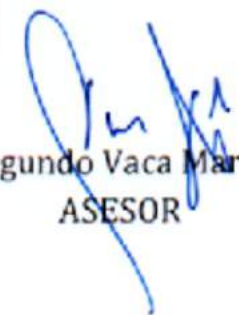
A las **dieciséis** horas y **treinta** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 29 de octubre de 2020


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
PRESIDENTE


Ing. Leiver Flores Flores
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Francisco F. Aguirre de los Ríos
VOCAL


Dr. Segundo Vaca Marquina
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Martha Gonzales Delgado, con mucho cariño por haberme dado la vida, por ser incondicional, formarme con principios morales e ideales y apoyarme en todo momento.

A todas las personas, que me apoyaron en los trabajos de campo y a los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca – Filial Jaén, quienes compartieron sus conocimientos y me brindaron su apoyo para mi formación profesional.

Jackeline

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por la vida, salud, entendimiento y fortaleza; a mi asesor de tesis el Dr. Segundo Primitivo Vaca Marquina; al M. Sc. Duberli Elera Gonzáles por su aporte en el levantamiento y procesamiento de información, al Ing. James Rivera Gonzáles por compartir sus conocimientos pertinentes a proyectos; al equipo de campo: Gonzales Charles Morfy, Ramirez Vallejos César Hugo, Olivera Zurita Gianela por su trabajo comprometido y responsable. Gracias a este valioso equipo se consiguió esta información, que presento en esta tesis.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Antecedentes de la investigación	13
2.2. Bases teóricas	18
2.2.1. Metodología para la evaluación de plantaciones recién establecidas	18
2.2.2. Sistema de muestreo	18
2.2.3. Generalidades de la especie	19
2.2.4. Plantaciones forestales y plantaciones forestales en tierras comunales	20
2.2.5. Tierras para la forestación y reforestación	21
2.3. Términos básicos	21
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	24
3.1. Ubicación de la investigación	24
3.1.1. Relieve de la zona	25
3.1.2. Clima	26
3.1.3. Agricultura	26
3.1.4. Zonas de vida	26
3.2. Caracterización de la plantación	27
3.3. Materiales y equipos	27
3.4. Metodología	28
3.4.1. Trabajo de campo	28
a) Diseño de la investigación	28
b) Variables	28
c) Población	29
d) Muestra	29

e) Unidad muestral	29
f) Descripción de la evaluación en campo	29
g) Reconocimiento de áreas plantadas	29
h) Delimitación de parcelas de muestreo	29
i) Determinación de la pendiente	30
j) Georreferenciación	30
k) Circunferencia a la altura del pecho (CAP)	31
l) Altura	31
m) Muestreo del suelo	32
3.4.2. Trabajo de gabinete	33
a) Procesamiento de datos	33
b) Procesamiento y análisis en Microsoft Excel	33
c) Análisis de correlación	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Resultados	38
4.1.1. Supervivencia	38
4.1.2. Supervivencia por sector	39
4.1.3. Supervivencia por sector según edad	40
4.1.4. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> por sector según pendiente	41
4.1.5. IMA por sector	42
4.1.6. Reporte de volumen por sector	43
4.1.7. Análisis de regresión	45
4.2. Discusión	50
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1. Conclusiones	51
5.2. Recomendaciones	52
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
CAPÍTULO VII: ANEXO	57
Anexo 1. Distribución de parcelas por sector y campañas de plantación (edad)	57
Anexo 2. Ubicación geográfica de las parcelas de evaluación	57
Anexo 3. Formato de evaluación de parcelas	58
Anexo 4. Descripción del perfil de cada calicata	59
Anexo 5. Análisis de caracterización de suelos	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> por parcela	38
Tabla 2. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> por sector	39
Tabla 3. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> por sector según edad	40
Tabla 4. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> por sector según pendiente	41
Tabla 5. IMA de <i>Pinus tecunumanii</i> por sector	42
Tabla 6. Resultados del volumen (m ³) por sector para <i>Pinus tecunumanii</i>	43
Tabla 7. Variables dasométricas general	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Plano de localización del estudio	24
Figura 2. Distribución de las parcelas en el área de estudio	25
Figura 3. Orientación de parcelas con la (brújula)	30
Figura 4. Medición de lados de la parcela (cuerda)	30
Figura 5. Medición de la pendiente con el Hipsómetro Blume Leiss	30
Figura 6. Registro de puntos de ubicación con GPS en la parcela	31
Figura 7. Medición de la circunferencia a la altura del pecho (CAP)	31
Figura 8. Medición de la circunferencia de la base de la planta	31
Figura 9. Medición de la altura de plantas menores de dos metros	32
Figura 10. Medición de la altura de plantas mayores de dos metros	32
Figura 11. Elaboración de la calicata en cada parcela	33
Figura 12. Medición de la profundidad efectiva	33
Figura 13. Muestras de suelo etiquetadas	33
Figura 14. Descripción física del perfil del suelo	33
Figura 15. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> por parcela	38
Figura 16. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> por sector	39
Figura 17. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> por edad	40
Figura 18. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> por pendiente	41
Figura 19. Supervivencia de <i>Pinus tecunumanii</i> y pendiente según edad	42
Figura 20. Incremento medio anual de <i>Pinus tecunumanii</i> por sector	43
Figura 21. Volumen por sector	44
Figura 22. Supervivencia estimada y observada	45
Figura 23. DAP estimado y observado	46
Figura 24. Altura total (H) estimada y observada	47
Figura 25. Área basal estimada y observada	48
Figura 26. Volumen estimado y observado	49
Figura 27. Foto panorámica de la plantación en el sector el Higuerón	63
Figura 28. Equipo de trabajo	63

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la plantación de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry ubicada en el distrito Chirinos, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. El objetivo del estudio fue determinar el porcentaje de prendimiento en la plantación forestal del proyecto “Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas de Chirinos - San Ignacio – Cajamarca”. La metodología de muestreo fue la observación y mediciones directas; el número de unidades muestrales (parcelas) del estudio se estableció a través de un diseño estratificado, teniendo en cuenta como criterio de diferenciación la edad de los individuos. Las parcelas se establecieron en cinco sectores. La sobrevivencia de *Pinus tecunumanii* se cuantificó contando el número de plantas en las 10 parcelas de 400 m² c/u (20 m x 20 m); la altura de las plantas se midió con el Hipsómetro Blume Leiss y el diámetro de las plantas se midió con cinta métrica. El porcentaje general promedio de sobrevivencia fue de 83 %. El análisis de regresión lineal se aplicó para determinar las variables más correlacionadas con las variables que consideramos de interés forestal, considerando como variables dependiente las variables de interés forestal y las variables independientes las tres variables más correlacionadas. Las variables de interés forestal (DAP, altura total, área basal y volumen por hectárea) están altamente correlacionadas con las variables independientes como la pendiente, porcentaje de limo y potasio.

Palabras claves: Plantación forestal, sobrevivencia, variables dasométricas, *Pinus tecunumanii*.

ABSTRACT

The present study was carried out in the *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry plantation located in the Chirinos district, San Ignacio province, Cajamarca department. The objective of the study was to determine the percentage of survival in the forest plantation of the project "Strengthening for afforestation and reforestation with native and exotic species in Chirinos - San Ignacio - Cajamarca". The sampling methodology was observation and direct measurements; the number of sample units (plots) of the study was established through a stratified design, taking into account the age of the individuals as a criterion for differentiation. The plots were established in five sectors. The survival of *Pinus tecunumanii* was quantified by counting the number of plants in the 10 plots of 400 m² each (20 m x 20 m); the height of the plants was measured with the Blume Leiss Hypsometer and the diameter of the plants was measured with a tape measure. The overall average survival percentage was 83%. Linear regression analysis was applied to determine the variables most correlated with the variables that we consider to be of forest interest, considering as dependent variables the variables of forest interest and the independent variables the three most correlated variables. The variables of forest interest (DBH, total height, basal area and volume per hectare) are highly correlated with the independent variables such as slope, percentage of silt and potassium.

Key words: Forest plantation, survival, dasometric variables, *Pinus tecunumanii*.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los terrenos que se disponen para plantaciones forestales han estado expuestos a agricultura intensiva, caracterizados por cosechas repetidas y excesivas en la producción de café y cacao, así como sometidas a ganadería extensiva y quemas anuales. La tala de bosques con fines agrícolas, aprovechamiento forestal intensivo, quema de rastrojos y pajonales, escasa cobertura arbórea y arbustiva, escaso conocimiento en manejo de bosques, insuficientes plantaciones forestales comerciales, disminución de cobertura vegetal natural, deficiente control forestal (Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763), deficiente ordenación forestal, ineficaces programas de conservación de los recursos forestales y de plantaciones con fines de protección; ha traído como consecuencia la erosión, la desertificación, la contaminación, la compactación y la pérdida de la fertilidad de los suelos, cuya importancia es vital para el prendimiento, crecimiento y desarrollo de las especies nativas o exóticas en plantaciones forestales. El control de malezas, la calidad de la planta establecida en el terreno definitivo, la época de plantación y las características biofísicas y ambientales de cada sitio forestal, tienen influencia en el prendimiento o supervivencia inicial de las plantaciones forestales.

Los resultados de esta investigación serán una herramienta útil para la toma de decisiones en actividades con relación al manejo y tratamientos silviculturales posteriores a la instalación de las plantaciones forestales. Dada la importancia y la necesidad de conocer el porcentaje de prendimiento de las plantaciones forestales establecidas por proyectos de inversión pública, se realizó esta investigación con el objetivo de determinar el porcentaje de prendimiento en la plantación forestal del proyecto “Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas de Chirinos - San Ignacio – Cajamarca”. Los objetivos específicos fueron:

Cuantificar la sobrevivencia de plantas de cada sector en la plantación forestal del proyecto “Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas de Chirinos - San Ignacio – Cajamarca” según edades. Cuantificar la sobrevivencia de plantas de cada sector en la plantación forestal del proyecto “Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas de Chirinos - San Ignacio – Cajamarca” según rangos de pendiente.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Villacorta (2015), en su investigación sobre el efecto del Silicato de Calcio Especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$) en la germinación y crecimiento del pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*) en suelos degradados de Tingo María en el Fundo San Carlos, dentro de la microcuenca del río Supte, en el centro poblado menor de Supte Chico, al noreste de la ciudad de Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco; dentro de las coordenadas: latitud $09^{\circ}17'45''$ sur, longitud $75^{\circ}57'45''$ oeste y altitud 715 m s. n. m. El experimento comprende un ensayo, que busca conocer el efecto de diferentes niveles de silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), en el porcentaje de germinación, crecimiento de altura total, diámetro basal y número de ramas en la plantación de pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*); y encontrar el nivel recomendable de silicato de calcio especial, para obtener un crecimiento inicial óptimo y económico. Para ello se empleó una especie forestal denominado pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*), y niveles de silicato de calcio especial de 0.0, 0.25, 0.50, 0.75 y 1.00 kg por hoyo respectivamente; el diseño experimental utilizado fue el de bloques completo al azar con tres repeticiones. Los resultados encontrados en el experimento nos muestran el efecto que tiene el silicato de calcio especial, para el crecimiento de altura total, diámetro basal y número de ramas son notorios debido a que los plantones de pino chuncho pueden asimilar en forma directa cationes nutritivos y aprovechar el efecto benéfico que posee este producto. Por otro lado, se ha encontrado que el mejor nivel de aplicación del silicato de calcio especial es el de 1.0 kg por hoyo, contribuyendo a alcanzar en el crecimiento en altura total 64.40 cm, diámetro basal 1.40 cm y 6 ramas; ubicándose en segundo lugar el nivel de 0.75 kg con crecimiento en altura total de 48.94 cm, diámetro basal 0.75 cm y 5 hojas en la planta de pino chuncho.

Trigozo (2018), en su investigación sobre el comportamiento al trasplante en terreno definitivo de la regeneración natural de quillobordón, cumala y réquia en un bosque secundario del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) Puerto Almendras de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la

Amazonía Peruana, Loreto, Perú. El objetivo fue determinar el crecimiento inicial en diámetro y altura, la sobrevivencia y mortandad y el estado fitosanitario de las plántulas de regeneración natural de especies *Aspidosperma spruceanum* quillobordón, *Guarea glabra* “réquia” e *Iryanthera lancifolia* “cumala colorada” trasplantadas en campo definitivo bajo dosel con pan de tierra y a raíz desnuda. Después de siete semanas de evaluación la especie que mejor se comporta al trasplante en campo definitivo bajo dosel fue *Guarea glabra* comparado a *Aspidosperm. spruceanum* e *Iryanthera lancifolia*. Las especies en estudio se comportaron mejor al trasplante a raíz desnuda obteniendo mayor incremento en diámetro y altura al final del periodo de evaluación. Todas las plántulas trasplantadas a raíz desnuda sobrevivieron (100 %), mientras en el trasplante con pan de tierra, todas menos el 9,53 % de plántulas de *Iryanthera lancifolia* sobrevivieron al trasplante. La mayor cantidad de plántulas fueron atacadas por enfermedades o bien se marchitaron las hojas (B), 53 plántulas (63,51 %) trasplantadas con pan de tierra y 61 plántulas (72,08 %) trasplantadas a raíz desnuda; mientras que una plántula de *Iryanthera lancifolia* (5,26 %) presentó defoliación o rebrotes muy defectuosos (C) en la siembra con pan de tierra.

Huamán (2016), en su investigación sobre el comportamiento inicial de seis especies forestales *Colubrina glandulosa*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Schizolobium amazonicum*, *Copaifera officinalis*, *Parkia* sp, *Swietenia macrophylla*, en la localidad de Samaniato, distrito Kimbiri – VRAEM; se utilizó un diseño experimental de Bloques Completo al Azar con seis tratamientos (especies) y tres repeticiones, las unidades de muestreo estuvo conformada por 15 plantas, 45 por especie con un total de 270. Los resultados demostraron diferencias significativas en altura y diámetro entre los tratamientos; las especies *Colubrina glandulosa*, *Acrocarpus fraxinifolius* y *Schizolobium amazonicum* fueron las más sobresalientes con 108.8, 93.1 y 79 cm de altura y 13.1, 11.1 y 12.0 mm de diámetro al ras del suelo (DARs) respectivamente. El crecimiento de la *Colubrina glandulosa* fue superior a las demás especies debido a que se desarrolla mejor en áreas con mayor insolación, tal como reporta Lorenzi (1998) que la *Colubrina glandulosa* es una especie que presenta un mayor crecimiento y desarrollo en ecosistemas secundarios, asimismo tiene mayor preferencia a bosques más abiertos. El mayor porcentaje de sobrevivencia fueron para *Acrocarpus fraxinifolius* y *Copaifera officinalis* (87 % cada uno), el menor porcentaje fueron para

Colubrina glandulosa y *Swietenia macrophylla* (63 y 64 % respectivamente). La deficiencia de nutrientes, pH y condiciones edáficas tienen una influencia en la sobrevivencia de estas dos últimas especies. Potash and Phosphate institute (1988) señala que la productividad en los suelos se encuentra asociado a los nutrientes junto con otros factores (temperatura, luz, soporte mecánico y agua) controlan el crecimiento de las plantas. Las especies *Colubrina glandulosa* y *Schizolobium amazonicum* presenta un mejor comportamiento inicial en altura y diámetro, los cuales pueden ser considerados como especies potenciales y alternativas para el desarrollo de plantaciones forestales a campo abierto en áreas degradadas y sistemas agroforestales en el VRAEM.

Angulo et al. (2016), en su estudio sobre el crecimiento y productividad de plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke, establecida en la Amazonía peruana; la evaluación de las plantaciones se realizó en base al programa MIRASILV (Ugalde, 2003) el cual permitió realizar un control de las parcelas en estudio, y brinda un resumen dasométrico por parcela permanente de control indicando la fecha de medición. El procesador brinda datos resumidos y el análisis de modelos de crecimiento. En cada plantación se establecieron sistemáticamente tres parcelas de medición, cada una compuesta de 15 árboles, evaluándose altura total, altura comercial, DAP y estado fitosanitario, asimismo se evaluó las propiedades químicas del suelo en las parcelas de estudio a una profundidad de 30 cm. En Yurimaguas - Loreto, a los 30 años, distanciamiento 5 x 10 m, la plantación de tornillo presenta un DAP promedio de 69.9 cm, IMADAP promedio de 2.4 cm/año, volumen total promedio de 1246 m³/ha, volumen comercial promedio de 848 m³/ha y un IMAVOL promedio 33 m³ /ha/año. En la región (El Dorado), a los 15 años, distanciamiento 5 x 5 m, la plantación de tornillo presenta un DAP promedio de 30.6 cm, IMADAP promedio de 2.1 cm/año, volumen total promedio de 212 m³/ha, volumen comercial promedio de 148 m³/ha y un IMAVOL promedio de 20 m³/ha/año. En Alexander Von Humboldt (Ucayali) esta especie, a los 30 años, en faja de 5 m, distanciamiento 5 x 5 m, presenta un DAP promedio de 44.4 cm, IMADAP promedio de 2.0 cm/año, volumen total promedio de 390 m³/ha, volumen comercial promedio de 233 m³/ha y un IMAVOL promedio de 27 m³ /ha/año. En la misma zona, a campo abierto, a la misma edad, distanciamiento 3 x 3 m, presenta un DAP promedio de 45 cm, IMADAP promedio de 2.2 cm/año, volumen comercial promedio de 493 m³ /ha y un IMAVOL promedio de 39 m³/ha/año.

En faja de 5 m, suelo inceptisol, fisiografía ondulada, Artículo presentado, aprobado y expuesto en el XII Congreso Nacional Forestal CONAFOR (2016) Lima – Perú, distanciamiento de 5 x 5 m, 17 años, presenta un DAP promedio de 22.6 cm, IMADAP promedio de 1.03 cm/año, volumen comercial promedio de 141 m³/ha e IMAVOL promedio de 7.40 m³/ha/año. En la región Huánuco (Tingo María), Campo Experimental de la UNAS a los 65 años, presenta un DAP promedio de 79.8 cm, IMADAP promedio de 1.1 cm/año, volumen total promedio de 1555 m³/ha y un IMAVOL promedio de 44 m³/ha/año. De las especies, el tornillo se desarrolla mejor en suelos ultisoles, por lo que podría ser utilizado para trabajos de reforestación en la Amazonía, de otro lado el suelo inceptisol influye negativamente en la altura total del árbol, un análisis de regresión del pH corrobora los resultados obtenidos en la presente investigación.

Macedo (2015), en su investigación sobre el crecimiento y productividad de tres especies del género *Handroantus* (*Handroantus ochraceus*, *Handroantus capitatus* y *Handroantus serratifolius*) en plantaciones a campo abierto en la estación experimental del bosque nacional Alexander Von Humboldt, Ucayali – Perú. Se evaluó una faja de enriquecimiento con dos parcelas rectangulares como repeticiones por especie, teniendo en consideración las mismas condiciones de sitio. Los resultados muestran el potencial a futuro de las especies, con mejores resultados en crecimiento en diámetro de 9.6 cm para *Handroantus ochraeceus* y *Handroantus capitatus* y crecimiento en altura de 8.63 m para *Handroantus capitatus*. La mayor área basal de 0.16 m² y el mayor volumen de 0.917 m³ se obtuvo en *Handroantus capitatus*. Existe una alta supervivencia del 100 % en las tres especies con un valor mínimo observado de 79 % de supervivencia en *Handroantus ochraeceus*.

Laura (2018), en su investigación sobre la evaluación dasométrica de plantaciones de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) de cinco años, pertenecientes a la empresa Reforestadora Amazónica SA en la provincia Puerto Inca (Huánuco). El objetivo general fue contribuir al conocimiento del crecimiento de plantaciones comerciales de bolaina blanca en Selva Central, mediante la estimación del incremento medio anual (IMA) en DAP y altura total, así como comparar su crecimiento según la cobertura inicial. Se clasificaron las parcelas en tres tratamientos (pastos, purma y bosque secundario joven) según la cobertura inicial y se seleccionaron 10 parcelas por

tratamiento, de las cuales se determinó el área basal por hectárea y los promedios en DAP y altura total. Luego se calculó el IMA en DAP y en altura total por parcela. A fin de determinar diferencias entre tratamientos se comparó las variables dasométricas con el análisis de varianza y la prueba Tukey. También se comparó la tendencia de crecimiento mediante la prueba Chi-cuadrado. A los cinco años las plantaciones alcanzaron en promedio 15,1 cm de DAP, 17,2 m de altura total y 15,2 m²/ha de área basal. El IMA logrado en DAP fue de 3 cm/año y en altura total de 3,4 m/año. Las pruebas estadísticas manifestaron que no existen diferencias en el crecimiento a lo largo de los cinco años, a excepción del primer año donde se encontraron algunas diferencias entre las zonas de pasto y bosque secundario joven. Los resultados de la prueba Chi-cuadrado manifestaron que no existen diferencias en el crecimiento de los tratamientos comparados en el transcurso de los cinco años. Por lo tanto, la cobertura inicial no influyó en el crecimiento de las plantaciones de bolaina blanca durante los cinco años.

López (2015), en su estudio sobre la evaluación de la sobrevivencia e incremento de seis especies forestales: caoba del pacífico (*Swietenia humilis* Zucc.), pochote (*Pachira quinata* (Jacq.) Alverson), roble (*Tabebuia rosea* (Bertol) DC.), teca (*Tectona grandis* L.F.), caoba africana (*Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss) y ñambar (*Dalbergia retusa* Hemsl); en plantaciones de la finca Eco forestal, San Juan del Sur, Rivas. Se inventariaron 62 parcelas de 20 m x 20 m (400 m²), estas parcelas tienen un área útil de 225 m², las plantas están establecidas con un distanciamiento de 2.5 m x 2.5 m entre planta, cada parcela contiene 64 árboles y la parcela útil contiene 36 árboles, el inventario se aplicó a la parcela útil. Las variables evaluadas fueron diámetro, altura total y sobrevivencia. La sobrevivencia general de la plantación fue 76 % (entre las edades de 5 a 11 años). La especie que presentó mayor porcentaje de sobrevivencia fue caoba africana (*Khaya senegalensis* (Desr) con 87 % y la especie que presentó menor porcentaje de sobrevivencia fue el pochote (*Pachira quinata* Jacq.) con 66.59 %. El mayor incremento medio anual en diámetro lo obtuvo la especie caoba africana (*Khaya senegalensis* (Desr)) con 1.6 cm/año, mientras que el ñambar (*Dalbergia retusa* Hemsl.) presentó el menor incremento medio anual en diámetro con 0.82 cm/año. Los valores en incremento medio en altura total por especie la teca (*Tectona grandis* L.F.) presentó el mayor valor con 1.11 m/año, debido a que es una especie de rápido crecimiento y el espaciamiento fue ideal para dicho incremento,

mientras que el ñambar (*Dalbergia retusa* Hemsl.) presentó el menor incremento medio anual en altura con 0.64 m/año.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Metodología para la evaluación de plantaciones recién establecidas

Como primer paso se debe revisar la necesidad de estratificar la plantación en unidades más homogéneas de acuerdo con alguno de los siguientes criterios: diferencia en edad, en especies, en condiciones topográficas (sitios planos, laderas, cóncavos, etc.), en procedencia del material (vivero o procedencia geográfica), en categorías de pendiente, en el espaciamiento inicial, en el sistema de producción (bolsa, raíz desnuda, etc.), u otros criterios. Una adecuada estratificación permite obtener subdivisiones de una plantación en compartimentos más homogéneos, que permiten reducir la variabilidad total existente en la plantación y, por tanto, permiten obtener mejores estimados con errores de muestreo más bajos. (Kramer y Akça 1995, citados por Murillo y Camacho 1997).

2.2.2. Sistema de muestreo

El sistema de muestreo es del tipo sistemático utilizando parcelas circulares de tamaño fijo, ubicadas a lo largo de fajas de muestreo. Con el fin de evitar el clásico problema de los diseños de muestreo sistemáticos, al no ser estos realmente aleatorios en la ubicación de sus unidades de muestreo, se inicia el trabajo de campo con la asignación de la primera parcela, en la primera faja, bajo algún método aleatorio. A partir entonces de esta primera parcela ubicada en forma aleatoria, se continúa con el resto del muestreo en forma sistemática (Kramer y Akça 1995, citado por Murillo y Camacho 1997).

Una vez definida la estratificación de la plantación, según sea requerido, se procede a determinar la ubicación de las parcelas y la intensidad de muestreo. Las parcelas circulares han demostrado su eficiencia (menor efecto de borde), facilidad de instalación y costos con respecto a otros tipos de parcelas (Spitler 1996, citados por Murillo y Camacho 1997).

2.2.3. Generalidades de la especie

Descripción botánica

Nombre científico: *Pinus tecunumanii* Eguluz & Perry

Sinónimos: *Pinus patula* Schiede & Deppe ssp. *tecunumanii* (Eguluz & Perry), *Pinus oocarpa* var. *tecunumanii bahamensis* (Schwerdtfger)

Nombres comunes: Pino ocote (México y Guatemala), pinabete (Honduras)

Árbol con alturas de 40 a 55 m y diámetros de 50 a 120 cm; fuste recto libre de ramas hasta un 40 a 60 % de su altura; ramas verticiladas, normalmente delgadas, cortas, extendidas y con escamas decurrentes de color café canela a verdosas; copa piramidal y rala. La corteza es color café rojiza en la base, con placas pequeñas separadas por fisuras poco profundas, de 2 a 5 cm de espesor a la altura del pecho, tornándose lisa, decidua y de tonalidad rojo naranja después de los 3 a 4 m de la base. Las hojas son aciculares de color verde brillante, a veces amarillo-verdosas en fascículos de cuatro acículas, algunas veces 4 o 5, de 14 a 21 cm de largo y de 0.5 a 0.8 mm de grueso, flexible, triangulares, con vaina persistente de 12 a 23 mm de largo, con estomas en las tres caras. Canales resiníferos de dos a tres, usualmente medios. La madera es de color castaño amarillento pálido, textura fina, grano recto, brillo bajo, olor característico resinoso fragante, sabor no característico. Su peso específico varía de 0.51 a 0.56, moderadamente pesada, es fácil de preservar, moderadamente fácil de trabajar y moderadamente resistente al ataque de hongos y pudrición (Salazar 2011).

Usos de la madera

Es utilizada en postes para transmisiones eléctricas, muebles, ventanas, puertas, artesanías, contrachapados y artículos torneados (Salazar 2011).

Distribución y hábitat

Pinus tecunumanii, se distribuye naturalmente en áreas montañosas en los estados de Oaxaca y Chiapas, en el sur de México, en las montañas centrales de Guatemala, norte de El Salvador, sudeste de Honduras y al noroeste de Nicaragua. Crece en rodales puros, pero más a menudo asociado con *Pinus oocarpa* var. *ochoterenai*, *Pinus*

maximinoi, *Pinus oaxacana*, *Pinus nubacula*, *Pinus ayacahuite*. Su distribución altitudinal varía de 1500 a 2600 m s. n. m., con precipitaciones de 1800 a 2400 mm, temperaturas de 12 a 22 ° C y una humedad relativa aproximada de un 80 %, donde usualmente se forma una neblina densa. Habita en gran variedad de suelos, desde rojos arcillosos hasta profundos de origen volcánico, ligeramente ácidos con pH entre 4.5 y 5.5. Los mejores rodales han sido encontrados en suelos fértiles y bien drenados; aunque algunos fenotipos de calidad crecen en suelos arcillosos u pobres en materia orgánica (Salazar 2011).

Manejo de la especie en vivero y problemas fitosanitarios

La producción de plántulas se realiza directamente en bolsas, con dos a tres semillas por bolsa o en cajas germinadoras. En los germinadores una vez que las plántulas alcancen de 2.5 a 3 cm de altura y tengan de dos a tres hojas cotiledóneas son trasplantadas a bolsas. Para el mejor desarrollo de la especie requiere sustratos ligeramente ácidos pH de 5.5 a 6 conteniendo micorrizas. Las plantas están listas para ser plantadas en el sitio definitivo una vez que alcanzan de 25 cm de altura, lo que tarda de cinco a seis meses.

Algunos insectos se alimentan de las plántulas, tal es el caso de la mariposa (*Rhyacionia* spp.), que causa daño a las yemas terminales (Salazar 2011).

Requerimiento de nutrientes

La máxima acumulación de Mg y P se produce al año 11, mientras que el N, K y Ca continúan acumulándose hasta el año 16 (Waterloo 1994).

Datos de Suriman, para la misma especie indican que la cosecha de 200 T ha⁻¹ de madera para pulpa de papel pueden remover 576,36,506,1218 y 99 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente (Graff 1982; citado por Alvarado et al. 2006).

2.2.4. Plantaciones forestales y plantaciones forestales en tierras comunales

Son ecosistemas forestales constituidos a partir de la intervención humana mediante la instalación de una o más especies forestales, nativas o introducidas, con fines de producción de madera o productos forestales diferentes a la madera, de protección, de restauración ecológica, de recreación, de provisión de servicios ambientales o

cualquier combinación de los anteriores. No son plantaciones forestales los cultivos agroindustriales ni los cultivos agroenergéticos.

Son las plantaciones forestales establecidas en tierras de comunidades campesinas y comunidades nativas. Estas plantaciones y sus productos se consideran recursos forestales, no son parte del Patrimonio; por lo tanto, no requieren autorización de la ARFFS para su aprovechamiento, ni la presentación del plan de manejo para su establecimiento. Sus frutos, productos o subproductos, sean madera u otros, son de propiedad de los titulares de dichas plantaciones y no están sujetos a pago por derecho de aprovechamiento. En tierras con aptitud forestal y de protección está prohibido deforestar para instalar plantaciones. Se prioriza el cultivo de las especies nativas y la utilización de tecnologías que recojan los conocimientos tradicionales y tecnologías, que no afecten negativamente el medio ambiente (LFFS N° 29763-2015).

2.2.5. Tierras para la forestación o reforestación

Son aquellas que carecen de cobertura forestal o cuya cobertura forestal arbórea original ha sido eliminada en más del setenta por ciento y que por sus características edáficas, fisiográficas e interés social son susceptibles de forestación o reforestación con fines de producción o protección (LFFS N° 29763-2015).

2.3. Términos básicos

Árbol. Vegetal leñoso, por lo menos de 5 m. de altura, con el tallo simple (denominado tronco) hasta la llamada cruz, en que se ramifica y forma la copa, de considerable crecimiento en espesor. Se diferencia del arbusto en que crece más alto y no se ramifica hasta cierta altura (Marena e Inafor 2002).

Conífera y especies exóticas. Clase de las Gimnospermas, caracterizada por tener las flores masculinas con estambres escamiformes (en forma de escama) o peltados. Son plantas leñosas de tronco ramificado, sin vasos leñosos en la xilema secundaria, con las hojas pequeñas, escamiformes, lineales, lanceoladas o con frecuencia aciculares. Comprende siete familias: *Araucariaceae*, *Cephalotaxaceae*, *Cupressaceae*, *Pinaceae*, *Podocarpaceae*, *Taxaceae* y *Taxodiaceae*. Son aquellas especies de plantas y animales que, siendo originarias de otros lugares o países del mundo, se han llevado a un país determinado con fines experimentales o industriales (Marena e Inafor 2002).

Forestación. Establecimiento de plantaciones, en superficies donde no existía cobertura arbórea (LFFS N° 29763-2015).

Crecimiento e incremento medio anual. Es el cambio en las dimensiones de los parámetros: altura, diámetro a la altura del pecho, diámetro basal, área basal, etc. durante un período determinado de tiempo. También es denominado incremento. Es el crecimiento promedio anual de los árboles en base a un período de tiempo. El incremento es referido para volumen: m³/ha/año o cm./ha/año; altura: m/año; diámetro: cm./año (Marena e Inafor 2002).

Fuste. Es la parte aérea de las plantas, generalmente cilíndrica y de naturaleza xilemática o leñosa que sostiene a las ramas, hojas, flores y frutos (parte comercialmente aprovechable del eje principal del árbol) (Marena e Inafor 2002).

Índice de sitio. Es la medida de la calidad de un sitio basada en las alturas de la masa arbórea dominante a una edad elegida (Marena e Inafor 2002).

Manejo forestal. El manejo forestal se compone de tratamientos o intervenciones silvícolas que se aplican a una plantación o bosque establecido al objeto de mejorar su estado, con fines ambientales o para obtener productos comerciales en el mediano y largo plazo además de aumentar su valor, mediante la ejecución de podas y raleos (Martínez 2013).

Silvicultura y plan de manejo. Se encarga de la creación, mantenimiento y tratamiento de los bosques, a fin de que se permita un aprovechamiento racional de éstos, asegurando su permanencia por mucho tiempo. Es una herramienta o guía que sirve al propietario para aprovechar de forma sostenida su bosque. Tiene como finalidad o propósito alcanzar un objetivo determinado previamente por el dueño del bosque a través de la ejecución de actividades o tratamientos silviculturales propuestos en el tiempo y aplicados bajo principios ecológicos y económicos (Marena e Inafor 2002).

Prendimiento. Capacidad que tiene una planta para establecerse en el medio y superar las condiciones del sitio (Resolución N° 165-2015).

Sobrevivencia. Es la estimación del número de árboles vivos por hectárea expresada en porcentaje durante un tiempo determinado. La mortalidad se puede determinar en cuatro etapas: 1) durante el establecimiento de la plantación; 2) por la competencia entre árboles; 3) por intervenciones silvícolas y 4) por ataque de plagas y enfermedades (Marena e Inafor 2002).

Tresbolillo. Arreglo de plantación en líneas paralelas, en el cual las plantas de líneas vecinas se disponen cruzadas (Marena e Inafor 2002).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

El estudio se realizó en la plantación forestal de *Pinus tecunumanii* establecida los años 2015, 2016 y 2017, ubicada en el distrito Chirinos, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. Chirinos se encuentra entre las coordenadas UTM 732754 m Este, 9413197 m Norte, zona 17 S Datum WGS84; altitud de 1823 m s. n. m. (Figura 1). Chirinos tiene una extensión territorial de 342.38 km² y una población de 15 316 habitantes (INEI 2018).

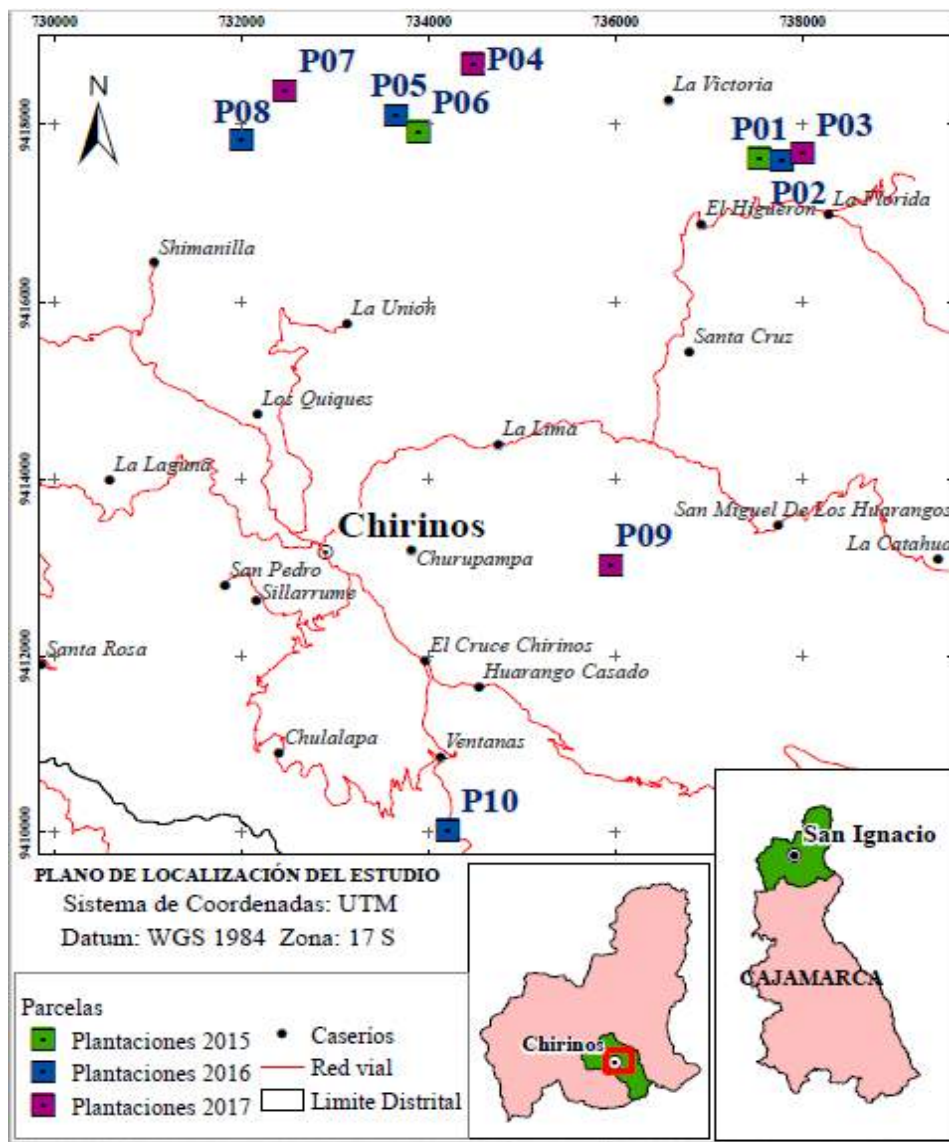


Figura 1. Plano de localización del estudio

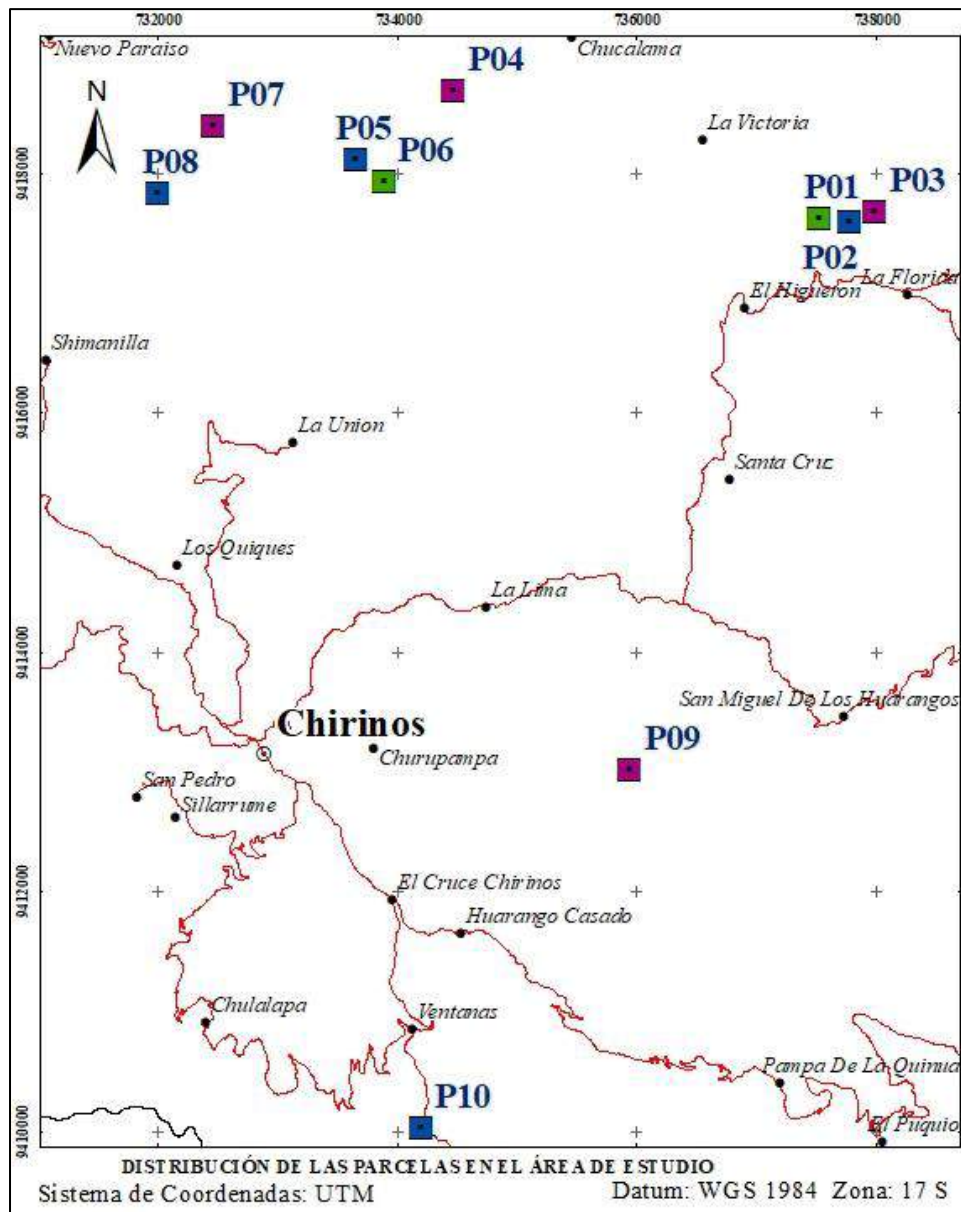


Figura 2. Distribución de las parcelas en el área de estudio

3.1.1. Relieve de la zona

El relieve se constituye en profundas quebradas y grandes hondonadas; siempre cubiertas de vegetación arbórea, arbustiva y herbácea que se combinan con las parcelas de cultivo de café, yucas, menestras y algunas especies frutales. El perfil fisiográfico a lo largo del distrito Chirinos presenta tierras para cultivos anuales, permanentes y pastos, y recursos hídricos que representan una capacidad actual y potencial para el cultivo del café, la fruticultura, los cítricos, la actividad ganadera y la actividad forestal (Oliva 2015).

3.1.2. Clima

El distrito presenta climas cálidos en los valles bajos, las temperaturas llegan hasta los 30 ° C; mientras que en las zonas altas el clima es templado o frío. Las épocas de lluvias son de enero a abril (Oliva 2015).

3.1.3. Agricultura

Las principales actividades económicas que se desarrollan en el distrito son la agricultura y ganadería, que llegan a ocupar más del 80 % de la PEA distrital. Los terrenos agrícolas son principalmente privadas y familiares en un 70 %, el 30 % restante corresponde a las tierras de las comunidades campesinas San Juan de Chirinos y San Pedro de Perico (Oliva 2015).

3.1.4. Zonas de vida

Bosque húmedo Pre montano Tropical (bh-PT)

Esta zona de vida se ubica entre 500 y 2 000 m s. n. m. En esta zona húmeda los valores de precipitación anual varían entre una y dos veces la evapotranspiración potencial total, ofreciendo condiciones muy favorables para las actividades agropecuarias. La vegetación clímax de esta zona es un bosque siempre verde, alto y tupido, con volúmenes apreciables de madera. Sin embargo, ha sido intensamente deforestada, de manera más crítica en territorio peruano, para la ampliación de la frontera agrícola, instalándose principalmente plantaciones de café (*Coffea arabica*). Por sus condiciones, es una zona en la cual se podrían introducir sistemas agroforestales con especies nativas o exóticas (pinos y eucaliptos) en gran escala. En los bosques primarios, gracias a la inaccesibilidad del terreno, han perdurado especies de la familia Lauraceae, así como *Miconia* spp., *Myrsine* spp., *Ilex* spp., *Gaultheria* spp., *Psammisia* spp., *Bejaria aestuans*, *Tibouchina laxa*, *Myrica pubescens*, *Schefflera* spp., *Gynopxys* spp. (Llerena et al. 2010).

Bosque húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT)

Se extiende entre 1 800 y 3 000 m s. n. m. Al igual que en la zona bh-PT, la precipitación anual equivale de una a dos veces la magnitud de la evapotranspiración potencial total. Las condiciones bioclimáticas de esta zona son favorables para las actividades agropecuarias, aunque su relieve es predominantemente inclinado. El distrito Chirinos presenta una gran intervención antrópica. A partir de este piso (montano bajo tropical) se observan especies de la familia de las Podocarpaceas: romerillo macho (*Nageia rospigliosii*), romerillo hembra (*Prumnopitys harmsiana*) y saucecillo (*Podocarpus oleifolius*), así como especies de la familia Lauraceae, *Weinmannia* spp., *Hedyosmum* spp., *Clusia* spp., *Oreapanax* spp., *Clethra* sp. (Llerena et al. 2010).

Bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical (bmh-MBT)

Altitudinalmente se distribuye entre 1 900 y 3 000 m s. n. m. Se estima que su evapotranspiración potencial total anual varía entre la cuarta parte y la mitad del promedio de precipitación anual. El relieve es bastante accidentado y los suelos son poco profundos. La zona no tiene mayor potencial agrícola ni forestal, pero sí tiene una gran importancia en el mantenimiento y regulación del régimen hídrico de la cuenca, por lo que su protección y conservación son indispensables. Las especies típicas de esta zona, al igual que en la zona anterior, son miembros de la familia de las Podocarpaceae (Llerena et al. 2010).

3.2. Caracterización de la plantación

La plantación en la que se desarrolló el estudio presenta edades entre 1 y 3 años. El espaciamiento es de 3 x 3 metros entre plantas e hileras (sistema de plantación tresbolillo), con densidad aproximada de 1283 plantas/hectárea.

3.3. Materiales y equipos

Material biológico. Plantas de la especie forestal *Pinus tecunumanii*.

Material de campo. Ficha de evaluación de plantaciones, libreta de campo, lapicero, etiquetas para identificación de muestras de suelo, bolsas plásticas, costales de polietileno, machete, pala, zapapico, barreta, agua limpia, cinta métrica 1.5 m, wincha de 30 m, wincha de 3 m, cuerda (20 m), linterna.

Equipo de campo. Cámara fotográfica, GPS, brújula, hipsómetro Blume Leiss.

Material de gabinete. Libreta de campo, formato de evaluación de parcelas (recopilada en campo), material de escritorio (lápiz, lapicero, papel bond A4).

Equipo de gabinete. Laptop Lenovo, impresora.

3.4. Metodología

3.4.1. Trabajo de campo

La metodología de muestreo utilizada fue observación y medición directa, el número de parcelas del estudio se estableció a través de un diseño estratificado tomando como criterio la edad de los individuos para lo cual se consideró cinco sectores bajo el sistema de plantación en macizos.

Instituciones como la Consultoría Forestal y Ambiental “JRG”, Municipalidad Distrital de Chirinos, Casa Comunal del distrito Chirinos, y la página web de Invierte.pe. proyecto N° 146709, fueron consultadas para obtener información del número de plántones establecidos en sistema de macizos forestales por el proyecto “Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas de Chirinos - San Ignacio – Cajamarca”, teniendo acceso a informes técnicos, expedientes y mapas de esta forma se determinó los cinco sectores beneficiarios que fueron muestreados.

a) Diseño de la investigación

La presente es una investigación no experimental de tipo transaccional descriptivo mediante el inventario de parcelas determinadas y análisis estadístico descriptivo (porcentaje prendimiento) de la especie *Pinus tecunumanii* Euglis & J.P. Perry, en los cinco sectores beneficiarios del proyecto “Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas de Chirinos - San Ignacio – Cajamarca”.

b) Variables

Las variables fueron: sobrevivencia (total de árboles vivos por parcela), diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (H), pendiente, georreferenciación y se recogieron muestras de suelo.

c) Población

Según la información del proyecto “Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas de Chirinos - San Ignacio – Cajamarca”, la población total es de 923 hectáreas plantadas en sistema de macizos, distribuidos en cinco sectores.

d) Muestra

Está compuesta por 10 parcelas distribuidas en los cinco sectores: 3 parcelas en el sector El Higuero, 1 parcela en el sector Churupampa, 1 parcela en el sector Naranjos (Cerro Ventanas), 2 parcelas en el sector Shimanilla y 3 parcelas en el sector Chucalama (La Unión) (Anexo 1).

e) Unidad muestral

Cada parcela de muestreo tuvo un área de 400 m² (20 m x 20 m).

f) Descripción de la evaluación en campo

Se levantó la información y datos requeridos de acuerdo con el formato de evaluación de parcelas (Anexo 3), siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

g) Reconocimiento de áreas plantadas

Se realizó las visitas de reconocimiento de las áreas plantadas en cada uno de los sectores del proyecto: sectores El Higuero, Churupampa, Naranjos (Cerro Ventanas), Shimanilla y Chucalama (La Unión).

h) Delimitación de parcelas de muestreo

Cada parcela se delimitó utilizando la brújula y la cuerda calibrada (20 m) simultáneamente; fueron medidos los lados de 20 x 20 m y señalizados los vértices para facilitar la identificación de los árboles que serían contabilizados y medidos posteriormente. (Figuras 3 y 4).



Figuras 3 y 4. Orientación de parcelas con la brújula y medición de lados de la parcela (cuerda)

i) Determinación de la pendiente

La pendiente de cada unidad de muestreo fue medida en grados decimales con el hipsómetro Blume Leiss, el procedimiento consiste en registrar el ángulo de inclinación del terreno teniendo como referencia la altura del operario. (Figuras 5).



Figura 5. Medición de la pendiente con el Hipsómetro Blume Leiss

j) Georreferenciación

En el punto central de la parcela, las coordenadas Norte y Sur fueron registradas con un equipo GPS (Global Positioning System) Garmin GPSMAP 64s (Figura 6, Anexo 2).



Figura 6. Registro de punto de ubicación con GPS en la parcela

k) Circunferencia a la altura del pecho (CAP)

Después de instalado la parcela se procedió a medir las variables forestales. La circunferencia a la altura del pecho (CAP) de cada uno de los árboles dentro de la parcela fue medida haciendo uso de la cinta métrica. La altura de medición fue determinada mediante el uso de un bastón de madera de 1.30 m de altura. En árboles cuya altura total no superaban los 1.5 m, fue registrada la circunferencia de la base de la planta a 0.10 m sobre el nivel del suelo (Figuras 7 y 8).



Figura 7 y 8. Medición de la circunferencia a la altura del pecho (CAP) y base de la planta

l) Altura

Los árboles con altura superior a dos metros, se midió en forma directa con el hipsómetro de Blume Leiss, siguiendo el procedimiento que a continuación se describe: 1) Selección y medición de una distancia de 10 m a la base del árbol, desde un punto donde podía observarse claramente la base y el ápice de cada árbol; 2) Aflojar

el indicador presionando el botón lateral del instrumento; 3) Observación del punto requerido en el ápice del árbol, esperando que la aguja se estabilice para disparar el obturador; 4) Registro de la lectura en el ápice del árbol, indicando el signo (+ o -) del valor medido; 5) Observación del punto de medición requerido en la base del árbol repitiendo los pasos 2, 3 y 4; finalmente 6) Combinación de las lecturas de los pasos 4 y 5 para determinar la altura del árbol. Medición de altura con la cinta métrica a plantas menores de dos metros (Figura 9 y 10).

En las parcelas con alta presencia de malezas (plantaciones de tres años principalmente) y con árboles ubicados en zonas donde no era posible observar libremente su base principalmente por las condiciones topográficas de la zona, la altura fue medida a partir de una altura conocida del árbol, utilizando como punto de referencia la altura de medición del diámetro o una altura superior medida con wincha desde el nivel del suelo; calculando posteriormente la altura total mediante la sumatoria de ambos registros.



Figuras 9 y 10. Medición de la altura de plantas menores y mayores a dos metros

m) Muestreo del suelo

En el punto central de cada parcela se realizó una calicata de 60 cm de profundidad y 30 cm de ancho, las muestras fueron tomadas a 3 secciones diferentes (0 – 20 cm, 20 – 40 cm y 40 – 60 cm). De cada profundidad se tomó una muestra de aproximadamente 500 g de suelo, empezando de abajo hacia arriba para no contaminar la muestra de la profundidad inferior. Cada muestra fue colocada en una bolsa plástica con su etiqueta respectiva que identificaba la edad de la plantación, el número de parcela y la profundidad. Se realizó la descripción física del perfil del suelo con la finalidad de tener referencia para validar con los análisis químicos (Anexo 4). Las herramientas

empleadas fueron lavadas para evitar que las muestras de la siguiente calicata sean contaminadas (Figuras 11,12,13 y 14).



Figuras 11 y 12. Elaboración de la calicata y medición de la profundidad efectiva



Figuras 13 y 14. Muestras de suelo etiquetadas y descripción física del perfil del suelo

3.4.2. Trabajo de gabinete

a) Procesamiento de datos

Los datos de las mediciones realizadas en campo fueron digitalizados en hojas de cálculo de Microsoft® Excel, a partir del cual el procesamiento y análisis de datos fue realizado. Los análisis complementarios se hicieron con el software R.

b) Procesamiento y análisis en Microsoft Excel

Sobrevivencia

La sobrevivencia por parcela fue determinada comparando el número de plantas muertas registradas en la evaluación con respecto al número de plantas originalmente

establecidas. El cálculo se realizó de acuerdo con la fórmula sugerida por (Linares, citado por López 2015).

$$\% \text{ sobrevivencia} = \frac{Pv}{(Pv + Pm)} \times 100$$

Donde:

Pv: Plantas vivas

Pm: Plantas muertas

Diámetro

Los datos obtenidos mediante las mediciones de la circunferencia del árbol a la altura de 1.3 m del suelo fueron utilizados para determinar el diámetro. El cálculo se realizó de acuerdo con la fórmula (Prodan et al. 1997).

$$DAP = \frac{c}{\pi}$$

Donde:

DAP: diámetro a la altura de pecho (m)

c: Circunferencia

Altura total

Los datos obtenidos a partir de las lecturas realizadas con el Hipsómetro Blume Leiss considerando las situaciones (si las lecturas al ápice y a la base son de igual signo se resta al valor absoluto mayor, el menor; si las lecturas al ápice y a la base son de distintos signos se suman, los valores absolutos de las lecturas obtenidas, independientemente de su signo) fueron utilizados para determinar la altura individual de los árboles de cada parcela. Aplicando la siguiente fórmula (Prodan et al. 1997).

$$h = (l_1 \pm l_2) * fc$$

Donde:

h = altura del árbol (m)

l_1 y l_2 = lectura superior(ápice) e inferior (base)

fc = factor de corrección dependiente de la distancia según escalas del Blume Leiss
($fc = 0.66$ para 10 m)

Cálculo del área basal

Se refine como el área de una sección transversal del fuste a 1.30 m de altura sobre el suelo (Prodan et al. 1997).

$$g = \frac{\pi}{4} \times DAP^2$$

Donde:

DAP = diámetro a la altura de pecho (m)

g = área basal (m²)

Volumen

Las mediciones utilizadas para determinar el volumen por medio del método directo son el área basal (g), la altura (h) y el coeficiente o factor de forma (Ff) (Prodan et al. 1997).

$$V = g \times H \times F(f)$$

Donde:

V = Volumen del árbol en m³

g = Área basal (m²)

H = Altura total (m)

$F(f)$ = Factor de forma (0.5 para coníferas) (Uranga-Valencia et al 2015).

Incremento del volumen

El incremento medio anual del volumen se determinó en base al crecimiento total y la edad de los árboles en años, aplicando la formula según (Prodan et al. 1997).

$$\text{IMA} = V_{m3} / \text{Edad}$$

Donde:

IMA= Incremento Medio Anual ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)

V_{m3} = Volumen por hectárea (m^3)

Edad= Edad en años

Edad de la plantación

La edad de los árboles, se calcularon restando la fecha de medición con la fecha de establecimiento de la plantación, estableciendo valores anuales.

Análisis de suelo

El análisis de caracterización química de las muestras de suelo se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Anexo 5).

c) Análisis de correlación

Variables de interés forestal: DAP, altura total (H), volumen, área basal (g), árboles muertos, árboles vivos, edad, sobrevivencia (%), en promedio por parcela y por hectárea. Variables del terreno: pendiente (%).

Variables químicas del suelo: potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (C.E.), carbonato de calcio (CaCO_3), materia orgánica (MO), fosforo (P), potasio (K), capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), potasio (K^+), sodio (Na^+), acidez intercambiable ($\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$), suma de cationes, suma de bases, saturación de bases (%). Variables físicas del suelo: arena (%), limo (%), arcilla (%).

Fue determinada la correlación de cada una de las variables dependientes con todas las variables independientes, a través del coeficiente de correlación de Pearson.

$$r = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2] [N \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Donde:

r = Coeficiente de correlación de Pearson.

$\sum xy$ = Sumatoria de los productos de ambas variables.

$\sum x$ = Sumatoria de los valores de la variable independientes.

$\sum y$ = Sumatoria de los valores de la variable dependiente.

$\sum x^2$ = Sumatoria de los valores al cuadrado de la variable independiente

$\sum y^2$ = Sumatoria de los valores al cuadrado de la variable dependiente

N = Tamaño de la muestra.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Supervivencia

Tabla 1. Supervivencia de *Pinus tecunumanii* por parcela

Sector	Parcela	Árboles			Sobrevivencia	Mortalidad
		Muertos	Vivos	Total	%	
El Higuero	P1-2015	0	43	43	100	0
	P2-2016	1	45	46	98	2
	P3-2017	7	36	43	84	16
Chucalama (La Unión)	P4-2017	17	29	46	63	37
	P5-2016	3	41	44	93	7
	P6-2015	0	45	45	100	0
Shimanilla	P7-2017	3	51	54	94	6
	P8-2016	3	49	52	94	6
Churupampa	P9-2017	20	23	43	53	47
Naranjos (Cerro Ventanas)	P10-2016	25	24	49	49	51
Total		79	386	465	829	171
Promedio					83	17

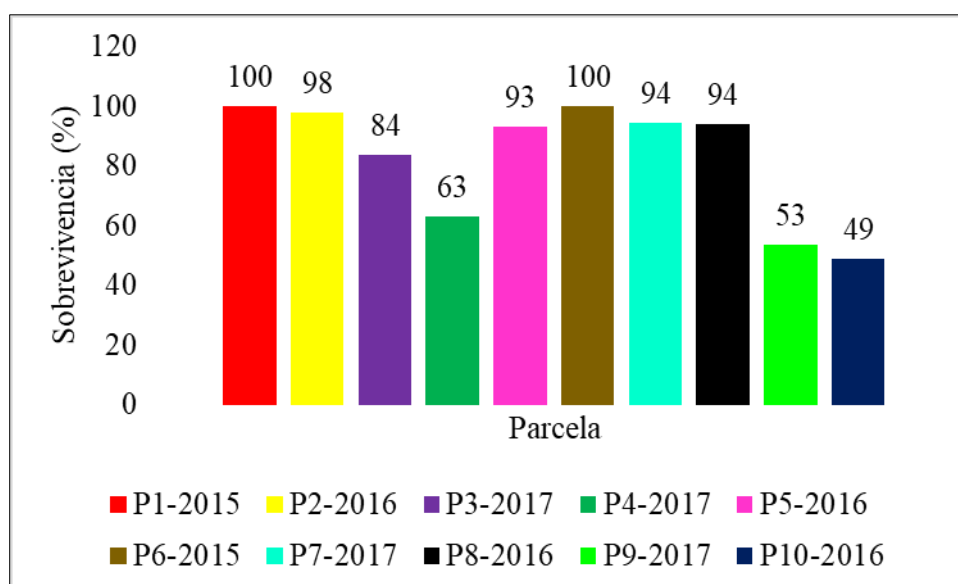


Figura 15. Supervivencia de *Pinus tecunumanii* por parcela

La Tabla 1 y Figura 15, muestran el total de individuos encontrados vivos, dando como resultado un porcentaje general de sobrevivencia de la plantación de *Pinus tecunumanii* que fue de 83 %. Las parcelas P1 y P6 de 3 años (establecida en el año 2015) registraron un 100 % de sobrevivencia; por otro lado, en la parcela P10 de 2 años (establecida en el año 2016) registro un 49 % de sobrevivencia.

4.1.2. Sobrevivencia por sector

Tabla 2. Sobrevivencia de *Pinus tecunumanii* por sector

Sector	Árboles			Sobrevivencia	Mortalidad
	Muertos	Vivos	Total	%	
El Higuерón	8	124	132	94	6
Chucalama (La Unión)	20	115	135	85	15
Shimanilla	6	100	106	94	6
Churupampa	20	23	43	53	47
Naranjos (Cerro Ventanas)	25	24	49	49	51
Total	79	386	465		
Promedio				75	25

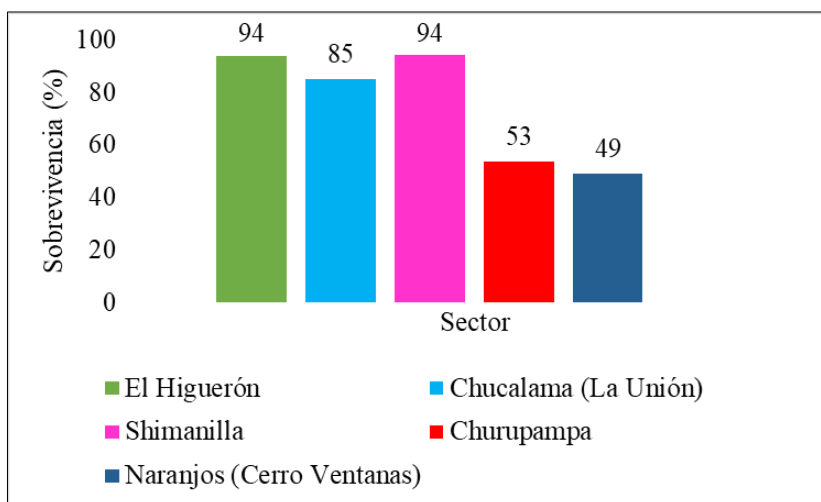


Figura 16. Sobrevivencia de *Pinus tecunumanii* por sector

La Tabla 2 y Figura 16, muestran mayor sobrevivencia en los sectores El Higuерón y Shimanilla con 94 %, con diferencias significativas sobre el sector Naranjos (Cerro Ventanas) con un 49 %.

4.1.3. Supervivencia por sector segun edad

Tabla 3. Supervivencia *Pinus tecunumanii* por sector segun edad

Sector	Parcela	Edad (años)	Árboles			% Supervivencia por edad	
			Vivos	Muertos	Total		
El Higuero	P1-2015	3	43	0	43	100.0	100.0
Chucalama (La Unio	P6-2015		45	0	45	100.0	
El Higuero	P2-2016	2	45	1	46	97.8	83.6
Chucalama (La Unio	P5-2016		41	3	44	93.2	
Naranjos (Cerro Ventanas)	P10-2016		24	25	49	49.0	
Shimanilla	P8-2016		49	3	52	94.2	
El Higuero	P3-2017	1	36	7	43	83.7	73.7
Shimanilla	P7-2017		51	3	54	94.4	
Chucalama (La Unio	P4-2017		29	17	46	63.0	
Churupampa	P9-2017		23	20	43	53.5	

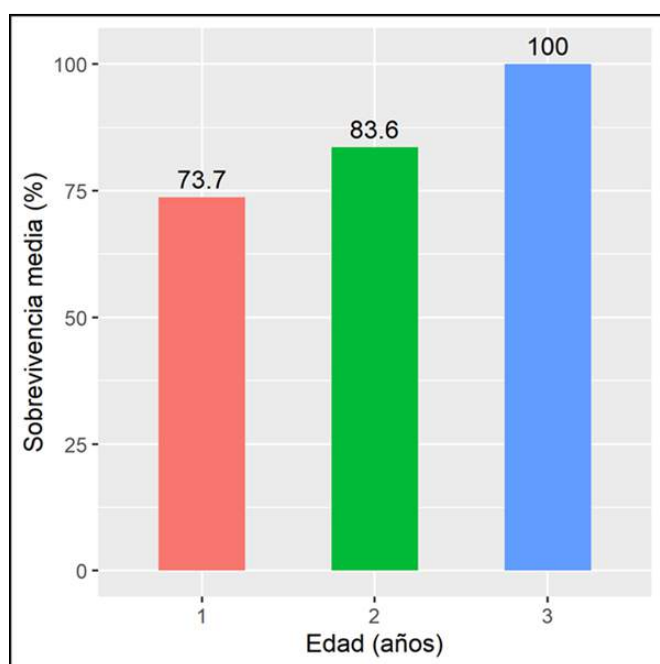


Figura 17. Supervivencia de *Pinus tecunumanii* por edad

La Tabla 3 y Figura 17, muestran que, la supervivencia por edad presenta valores de 100 % en parcelas de 3 años, estas plantaciones fueron instaladas en los primeros años de la ejecucio

4.1.4. Supervivencia de *Pinus tecunumanii* por sector segun pendiente

Tabla 4. Supervivencia de *Pinus tecunumanii* por sector segun pendiente

Sector	Parcela	Pendiente	Arboles			% Supervivencia por pendiente	% pendiente promedio
		(°)	Vivos	Muertos	Total		
Chucalama (La Union)	P6-2015	3	45	0	45	100.00	100.00
Chucalama (La Union)	P5-2016	15	41	3	44	93.18	93.81
Shimanilla	P7-2017		51	3	54	94.44	
El Higueron	P1-2015	17	43	0	43	100.00	97.12
Shimanilla	P8-2016		49	3	52	94.23	
El Higueron	P2-2016	20	45	1	46	97.83	97.83
Churupampa	P9-2017	25	23	20	43	53.49	53.49
Chucalama (La Union)	P4-2017	26	29	17	46	63.04	63.04
El Higueron	P3-2017	27	36	7	43	83.72	83.72
Naranjos (Cerro Ventanas)	P10-2016	45	24	25	49	48.98	48.98



Figura 18. Supervivencia de *Pinus tecunumanii* por pendiente

La Tabla 4 y Figura 18, muestran que, en parcelas con pendientes de 3° a 20° podemos observar una supervivencia desde 93 % hasta 100 %. Por otro lado, en parcelas con pendientes de 25° a 45° podemos observar supervivencia desde 48 % hasta 83 %. Presentando diferencia significativa favoreciendo de manera opuesta la pendiente a la supervivencia.

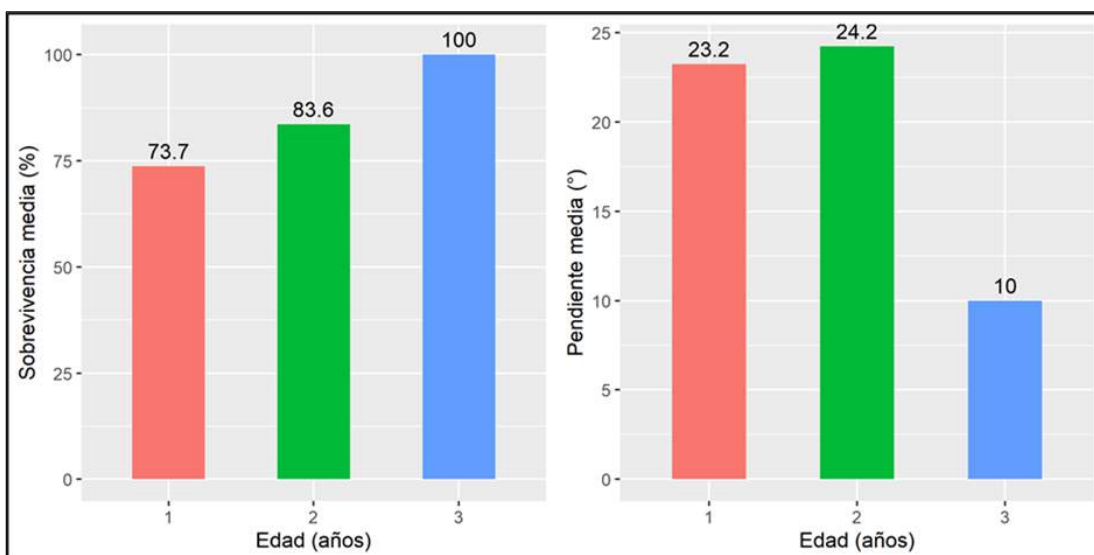


Figura 19. Supervivencia de *Pinus tecunumanii* y pendiente según edad

La Figura 19, muestra que la supervivencia promedio, en árboles de un año es 73 %; en árboles de dos años es 83 % y árboles de tres años es 100 %; por otro lado, la pendiente media en árboles de un año es 23° de inclinación, árboles de dos años es 24° de inclinación y árboles de tres años es 10° de inclinación. Los árboles de mayor edad presentan mayor supervivencia y los árboles de dos años son los que presentan mayor pendiente.

4.1.5. IMA por sector

Tabla 5. IMA de *Pinus tecunumanii* por sector

Sector	Volumen promedio (m ³ /ha)	Edad promedio (años)	IMA (m ³ /ha)
El Higuerrón	7.86	2	3.931
Chucalama (La Unión)	3.73	2	1.866
Shimanilla	2.10	2	1.401
Churupampa	0.11	1	0.106
Naranjos (Cerro Ventanas)	0.54	2	0.271
Promedio	2.869	2	1.515

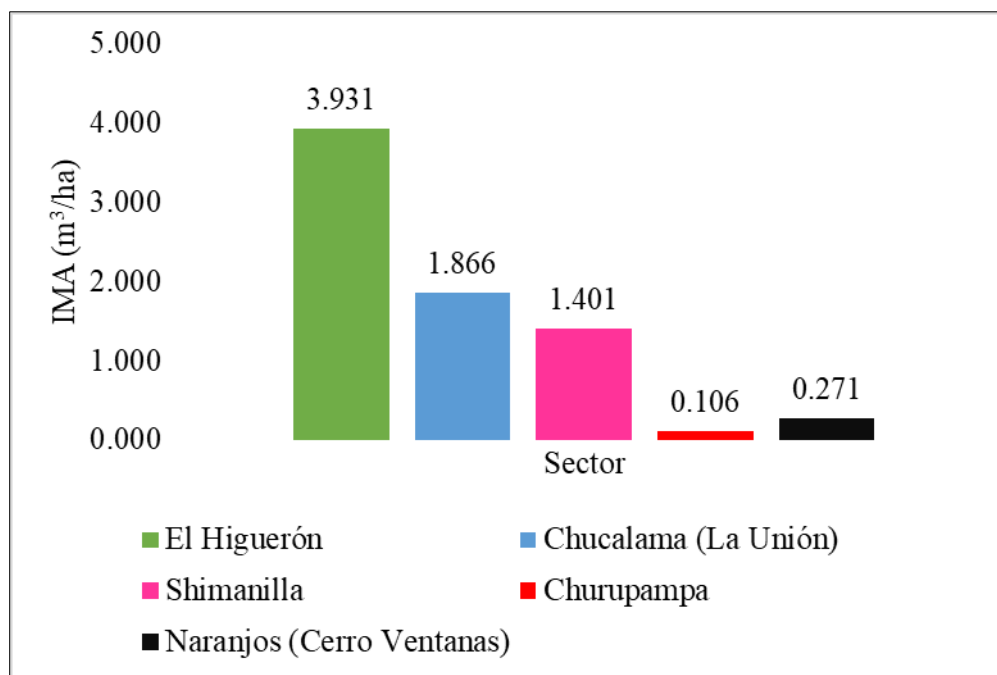


Figura 20. Incremento medio anual de *Pinus tecunumanii* por sector

La Tabla 5 y Figura 20, muestran que, el IMA promedio es 1.515 m³/ha. El mayor IMA es 3.931 m³/ha en el sector El Higuerón, este sector tiene una altitud promedio de 1460 m s. n. m., pendiente promedio de 21°; el sector Churupampa presenta el menor IMA con 0.106 m³/ha, tiene una altitud de 1418 m s. n. m., y pendiente de 25°.

4.1.6. Reporte de volumen por parcela

Tabla 6. Resultados del volumen (m³) por sector para *Pinus tecunumanii*

Sector	Parcela	Volumen por parcela (m ³)	Volumen por sector (m ³)
El Higuerón	P1-2015	0.8826	0.9434
	P2-2016	0.0590	
	P3-2017	0.0019	
Chucalama (La Unión)	P4-2017	0.0116	0.4478
	P5-2016	0.1011	
	P6-2015	0.3352	
Shimanilla	P7-2017	0.0579	0.1681
	P8-2016	0.1102	
Churupampa	P9-2017	0.0042	0.0042
Naranjos (Cerro Ventanas)	P10-2016	0.0217	0.0217
Promedio		0.1585	0.1585

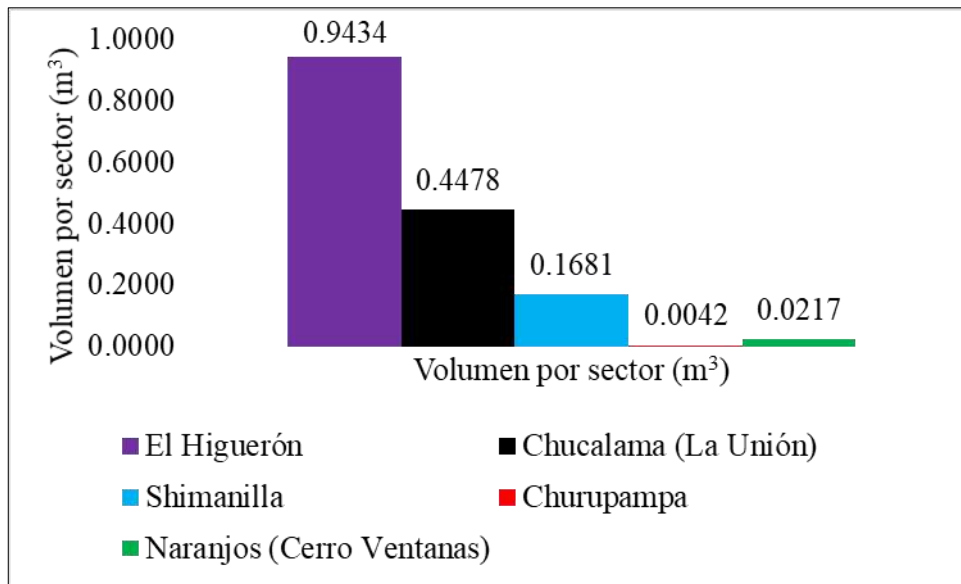


Figura 21. Volumen por sector

La Tabla 6 y Figura 21, muestran que, de los cinco sectores que forman parte del estudio, al realizar el análisis respectivo de volumen por parcela y por sector, se obtuvo el mayor volumen en el sector El Higuerón con 0.9434 m^3 .

Tabla 7. Variables dasométricas general

Sector	Parcela	Edad	dap	Altura	g	VOL	AB (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)
El Higuerón	P1-2015	3	8.0851	6.1698	0.2357	0.8826	5.8934	22.0646
	P2-2016	2	3.3889	1.4740	0.0464	0.0590	1.1609	1.4746
	P3-2017	1	1.0637	0.5742	0.0034	0.0019	0.0862	0.0465
Chucalama (La Unión)	P4-2017	1	1.8365	1.2217	0.0099	0.0116	0.2479	0.2896
	P5-2016	2	4.3655	1.9332	0.0685	0.1011	1.7125	2.5268
	P6-2015	3	5.5810	3.5749	0.1294	0.3352	3.2359	8.3797
Shimanilla	P7-2017	1	3.4502	1.3957	0.0521	0.0579	1.3029	1.4470
	P8-2016	2	3.6658	2.6412	0.0581	0.1102	1.4516	2.7561
Churupampa	P9-2017	1	1.7009	0.6361	0.0064	0.0042	0.1590	0.1058
Naranjos (Cerro Ventanas)	P10-2016	2	2.9404	1.4104	0.0185	0.0217	0.4634	0.5418

4.1.7. Análisis de regresión

$$Y = a + b * X$$

$$Y = f(X_1, X_2, X_3)$$

Sobrevivencia

$$\text{Sobreviv} = f(\text{pendiente}, \text{Ca}_2, \text{Sat_Bas})$$

$$\text{Sobreviv} = 130.86776 - 1.57801 * \text{Pendiente} - 1.39645 * \text{Ca}_2 - 0.09829 * \text{Sat_Bas}$$

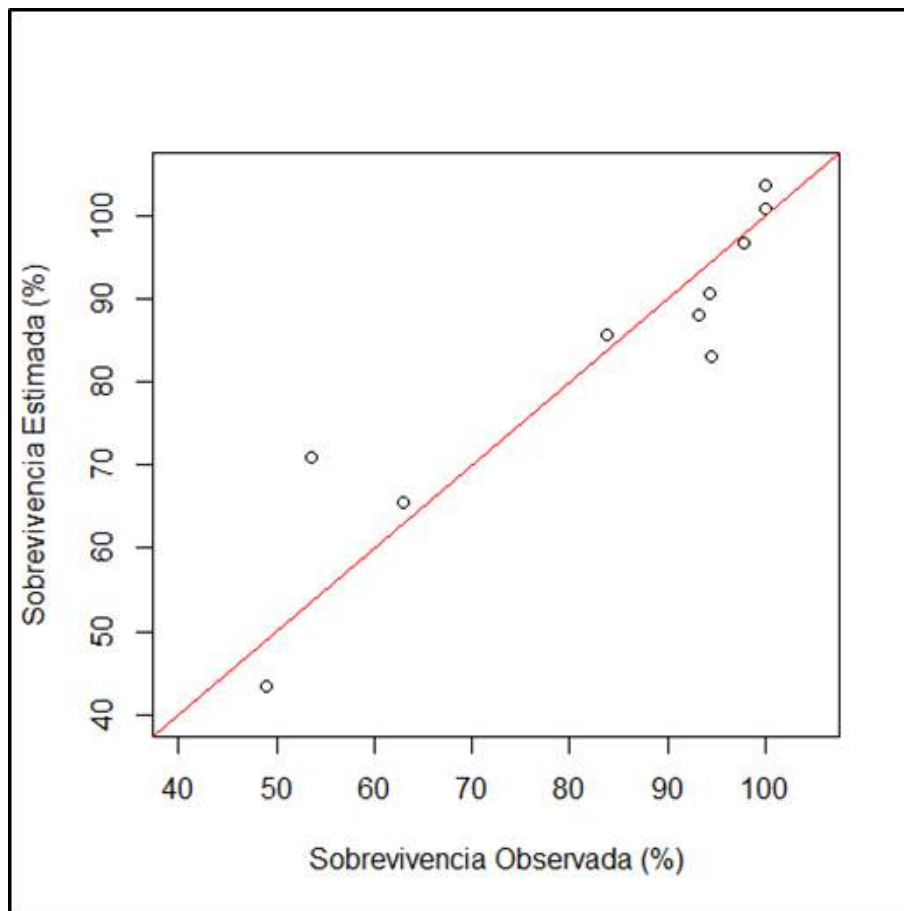


Figura 22. Sobrevivencia estimada y observada

La Figura 22, muestra las variables independientes más correlacionadas con la variable de interés forestal (sobrevivencia), son la pendiente negativa en cuanto mayor pendiente menor porcentaje de sobrevivencia, calcio negativo en cuanto mayor calcio menor porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de saturación de bases negativo en cuanto mayor saturación de bases menor porcentaje de sobrevivencia.

Diámetro a la altura del pecho (DAP)

DAP = f(K2, limo, Pendiente)

$$\text{DAP} = 10.64414 - 16.91154 * K2 + 0.02742 * \text{Limo} - 0.09285 * \text{Pendiente}$$

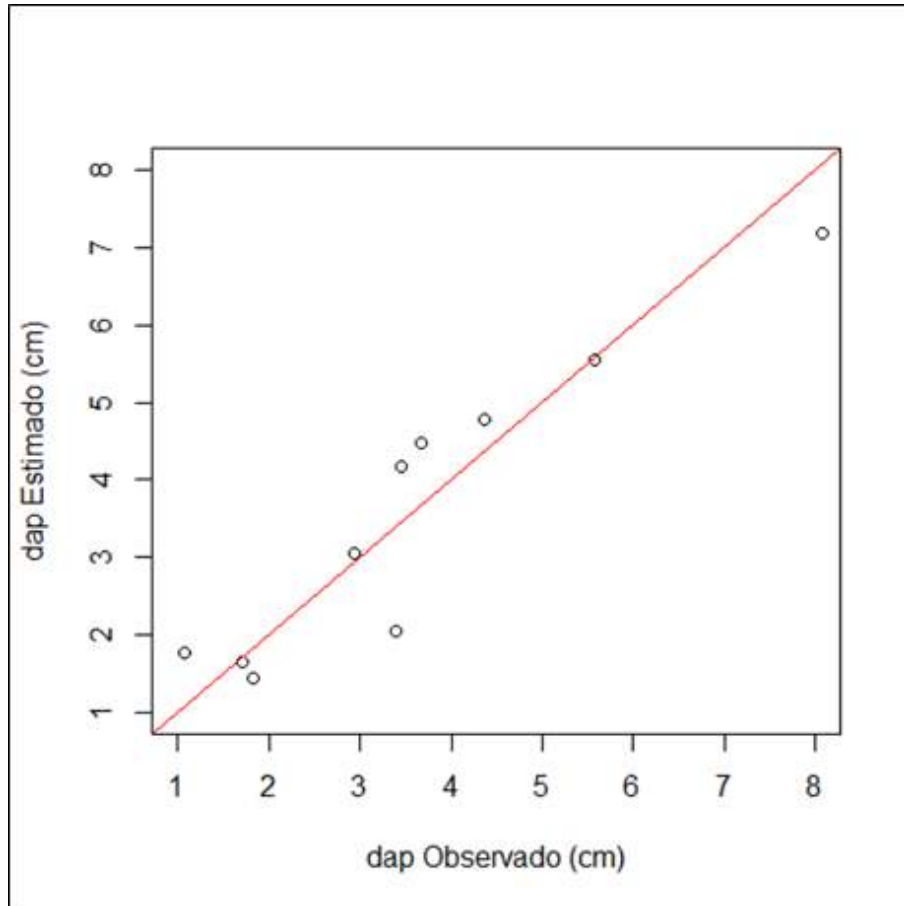


Figura 23. DAP estimado y observado

La figura 23, muestra que las variables independientes más correlacionadas con la variable de interés forestal (diámetro) son el potasio negativo en cuanto mayor sea el potasio menor será el diámetro se *Pinus tecunumanii*, porcentaje de limo positivo en cuanto mayor sea el porcentaje de limo mayor será el diámetro, pendiente negativa indica que a mayor pendiente menor será el diámetro de la planta.

Altura total (H)

Altura total (H) = $f(\text{Pendiente, Limo, K2})$

$$\text{Altura total (H)} = 6.99902 - 0.06524 * \text{Pendiente} + 0.11525 * \text{Limo} - 16.39999 * \text{K2}$$

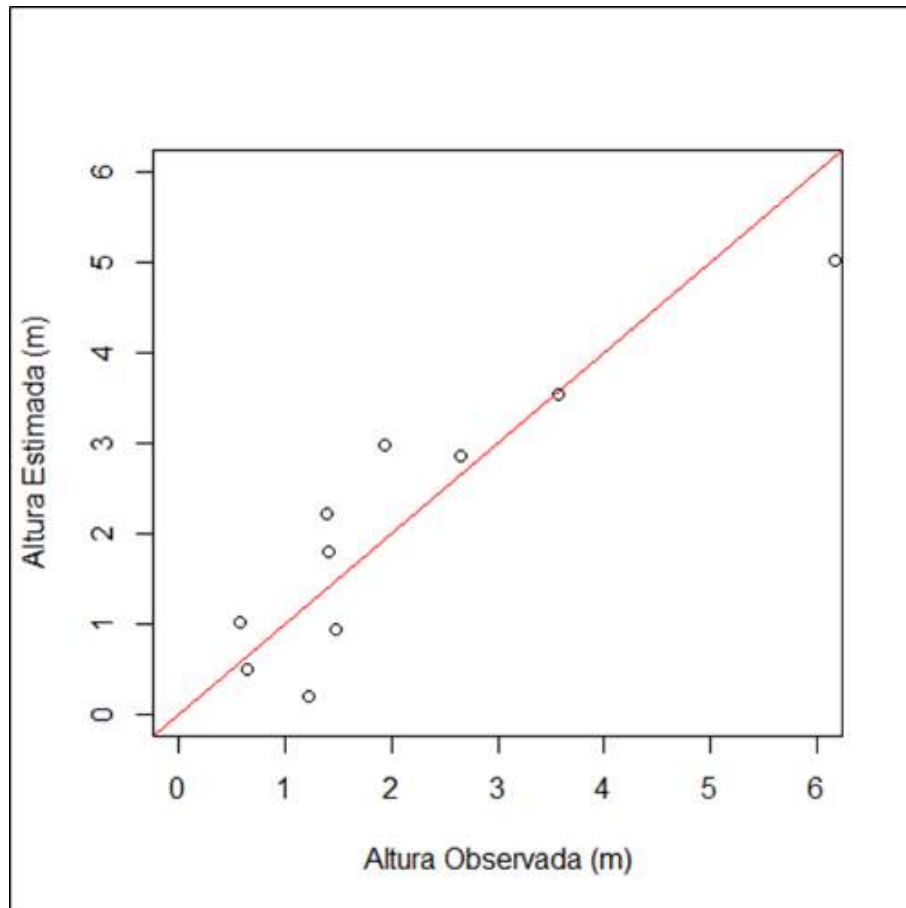


Figura 24. Altura total (H) estimada y observada

En la Figura 24, muestra que, las variables independientes más correlacionadas con la variable de interés forestal (altura) son la pendiente negativa en cuanto mayor sea la pendiente menor será la altura de las plantas de *Pinus tecunumanii*, porcentaje de limo positivo en cuanto mayor porcentaje de limo mayor será la altura de las plantas, potasio negativo en cuanto mayor sea el potasio menor será la altura de las plantas de *Pinus tecunumanii*.

Área basal por hectárea

$$g = f(\text{Limo}, K2, \text{Pendiente})$$

$$g = 0.276918 + 0.004289 * \text{Limo} - 0.652653 * K2 - 0.003287 * \text{Pendiente}$$

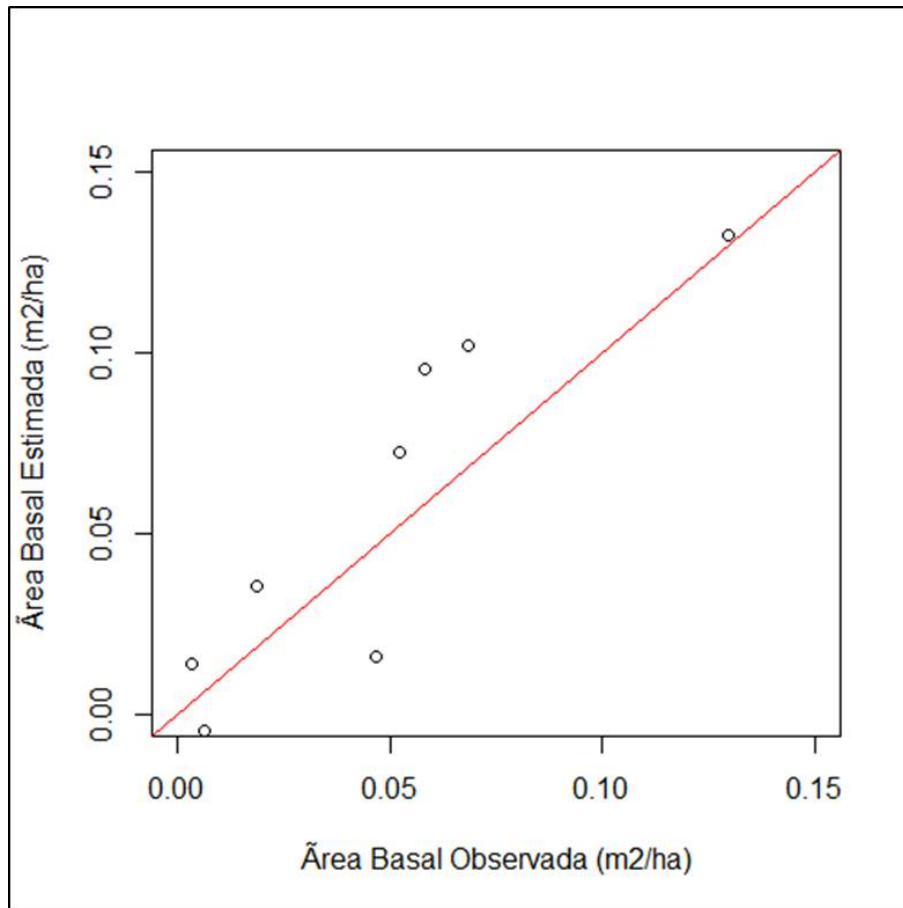


Figura 25. Área basal estimada y observada

En la Figura 25, muestra que las variables independientes más correlacionadas con la variable de interés forestal (área basal) son el porcentaje de limo positivo en cuanto mayor sea el porcentaje de limo mayor será el área basal de *Pinus tecunumanii*, potasio negativo en cuanto mayor sea el potasio menor el será el área basal, pendiente negativa en cuanto mayor sea la pendiente menor será el área basal de la planta.

Volumen por hectárea

$$V = f(\text{Pendiente, Limo, K2})$$

$$V = 0.850858 - 0.008930 * \text{Pendiente} + 0.023191 * \text{Limo} - 2.673133 * \text{K2}$$

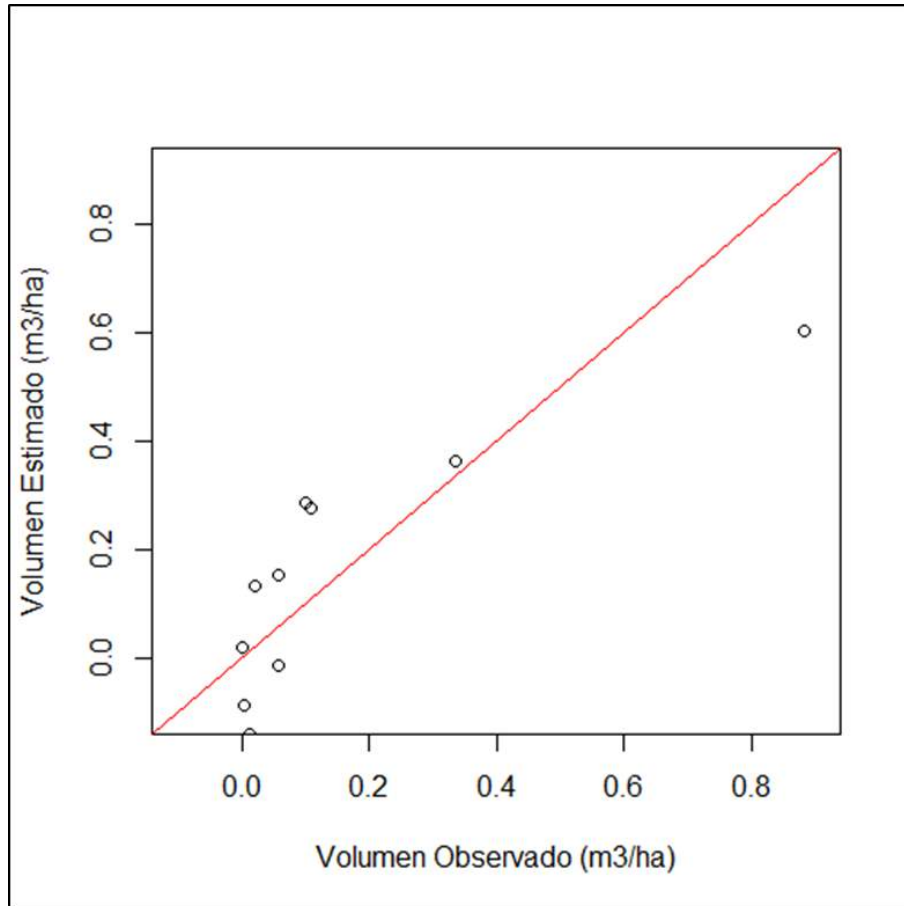


Figura 26. Volumen estimado y observado

En la Figura 26, muestra que las variables independientes más correlacionadas con la variable de interés forestal (volumen) son la pendiente negativa en cuanto mayor sea la pendiente menor será el volumen de *Pinus tecunumanii*, porcentaje de limo positivo en cuanto mayor sea el porcentaje de limo mayor será el volumen, potasio negativo en cuanto mayor sea el potasio menor será el volumen de la planta.

4.2. Discusión

Gómez-Romero et al. (2012), en su estudio de especies de pino para restauración de sitios degradado, obtuvo el 81 % de supervivencia para *Pinus cembroides*, *Pinus pseudostrabus* mostró menor supervivencia 38 % y *Pinus devoniana* supervivencia de 80 %.

Sigala et al. (2015), en su estudio de análisis de supervivencia para una reforestación con *Pinus pseudostrabus* Lindl. en el sur de Nuevo León obtuvo una supervivencia general de 52.9 %.

Llanos (2006), en su estudio en Oxapampa a una altitud 2075 m s. n. m.; obtuvo el 100 % de sobrevivencia de *Pinus tecunumanii* (Schw) en el establecimiento y a los seis meses.

En la plantación de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry en Chirinos, el porcentaje promedio de sobrevivencia fue de 83 %. Las parcelas evaluadas se encuentran a una altitud de 1374 a 1739 m s. n. m., con pH de 4.19 a 6.06, la textura del suelo es franco arenoso a franco arcillo arenoso y profundidad efectiva de 40 a 60 cm.

El análisis de correlación permitió determinar que la sobrevivencia, el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total (H), el área basal (g), y el volumen (V) están altamente correlacionados con la pendiente, el calcio, el porcentaje de saturación de bases, el potasio y % de limo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las plantaciones evaluadas fueron de 3, 2 y 1 años; el porcentaje promedio de sobrevivencia de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry fue de 83 %. En base al número total de árboles (1,184,209 unidades) plantados, se estima la sobrevivencia de 982, 893 árboles y una mortalidad de 201, 316 árboles, durante el periodo del año 2015 al año 2019 (año de la evaluación).

La sobrevivencia promedio según edad de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry muestra valores desde 83.6 % hasta 100 % en plantaciones de 2 y 3 años respectivamente, 73.3 % en plantaciones de 1 año; por lo tanto, fueron superiores los valores de sobrevivencia en plantaciones con mayor edad y menores en plantaciones con menor edad.

La sobrevivencia promedio según pendiente de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry muestra valores de 93% hasta 100 % en pendientes desde 3° a 20°, en parcelas con pendientes de 25° a 45° podemos observar sobrevivencia desde 48 % hasta 83 %. Presentando diferencia significativa favoreciendo de manera opuesta la pendiente a la sobrevivencia.

Mayor sobrevivencia se obtuvo a mayor edad y menor pendiente; por tanto, menor sobrevivencia se obtuvo a menor edad y mayor pendiente.

Las variables de interés forestal (DAP, altura total, área basal y volumen por hectárea) están altamente correlacionadas con las variables independientes como la pendiente, porcentaje de limo y potasio. Obteniendo valores menores a mayor pendiente; valores mayores a mayor porcentaje de limo, valores menores a mayor potasio. La variable de interés forestal (sobrevivencia) está altamente correlacionada con la pendiente, Ca, porcentaje de saturación de bases; obteniendo valores menores a mayor pendiente, valores menores a mayor calcio, valores menores a mayor porcentaje de saturación de bases.

5.2. Recomendaciones

La instalación de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry en campo definitivo, se tiene que realizar con una adecuada selección de plántones en vivero y estudios de microzonificación para evaluar la calidad de sitio; teniendo en cuenta que a mayor pendiente menor sobrevivencia.

Realizar investigaciones sobre requerimientos mínimos de nutrientes para la especie *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry en la zona de estudio.

Ejecutar constante monitoreo y mantenimiento de las plantaciones durante los 3 primeros años y posteriormente la evaluación deberá realizarse en forma anual. Para obtener mejores valores en el porcentaje de sobrevivencia en plantaciones de *Pinus tecunumanii*; debe acompañarse con un programa de manejo de las plantaciones forestales.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, A; Raigosa, J; Oviedo, J. 2006. Nutrición y fertilización del pino caribeño (*Pinus caribaea*). Revista Informaciones Agronómicas, Instituto de la Potasa y el Fósforo (62), 8-12. Consultado 20 mar. 2019.

Angulo Ruíz, W; Fasabi Pashanasi, H; Ruíz Castro, G. 2016. Crecimiento y productividad de plantación de tornillo *Cedrelinga Cateniformis* Ducke, establecida en la Amazonía peruana. Trabajo presentado en el XII Congreso Nacional Forestal CONAFOR, Lima, Perú, Consultado 18 mar. 2019. Disponible en <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/379>

Detlefsen, G; Somarriba, E (eds.). 2012. Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, 244p. Consultado 14 nov. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Arlene_Lopez_Sampson/publication/281235377_Agroforesteria_y_la_produccion_de_madera/links/55dc2d5708aec156b9b006b7/Agroforesteria-y-la-produccion-de-madera.pdf#page=28

Gómez-Romero, M; Soto-Correa, JC; Blanco-García, JA; Sáenz-Romero, C; Villegas, J; Lindig-Cisneros, R. 2012. Estudio de especies de pino para restauración de sitios degradados. México, Consultado 10 nov. 2019. Disponible en <https://cutt.ly/zeIOdPA>

Huamán, H. 2016. Comportamiento inicial de seis especies forestales *Colubrina glandulosa*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Schizolobium amazonicum*, *Copaifera officinalis*, *Parkia sp*, *Swietenia macrophylla*, en la localidad de Samaniato, distrito Kimbiri – VRAEM. Trabajo presentado en el XII Congreso Nacional Forestal CONAFOR, Lima – Perú. Consultado 18 mar. 2019. Disponible en <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/367>

Imaña E, J; Encinas B, O. 2008. Epidometría Forestal. Brasilia, Brasil, Consultado 2 ago. 2019. Disponible en <https://cutt.ly/HeIOzOb>

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE.). 2018. Perú: Crecimiento y distribución de la población total, 2017. Lima, Perú, Consultado 5 ago. 2019. Disponible en <https://www.inei.gob.pe/>

Laura Schmidt, AC. 2018. Evaluación dasométrica de plantaciones de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) en la provincia de Puerto Inca, Huánuco. Consultado 12 abr. 2019. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3342>

Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763. Reglamento para la gestión forestal. Lima, Perú, dic. 2015. Consultado 20 may. 2019. Disponible en <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/LFFS-Y-SUS-REGLAMENTOS.pdf>

López Barreto, CA. 2015. Evaluación de sobrevivencia e incremento de seis especies forestales maderables en plantaciones de la finca Eco forestal, San Juan del Sur, Rivas. 2010. Tesis Ing. Managua, Nicaragua, UNA. Consultado 11 set. 2019. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/3240/1/tnk101864v.pdf>

Llanos Condezo, US. 2006. Efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enraizadores en el establecimiento de *Pinus tecunumanii* (Schw) en Oxapampa. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. Consultado 14 set. 2019. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1676/F04.L66-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Llerena, C; Cruz-Burga, Z; Durt, É; Marcelo-Peña, J; Martínez, K; Ocaña, J. 2010. Gestión ambiental de un ecosistema frágil. Los bosques nublados de San Ignacio, Cajamarca, cuenca del río Chinchipe. Lima, Consultado 12 set. 2019. Disponible en <http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2017/09/Gesti%C3%B3n-ambiental-de-un-ecosistema-fr%C3%A1gil.pdf>

Macedo Flores, JJ. 2015. Crecimiento y productividad de tres especies del género *Handroantus* sp. en plantaciones a campo abierto en la estación experimental Alexander Von Humboldt, Ucayali - Perú. 2014. Tesis Ing. Iquitos, Perú, UNAP. Consultado 29 may. 2019. Disponible en <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4292>

MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NI); INAFOR (Instituto Nacional Forestal, Nicaragua). 2002. Guía de Especies Forestales de Nicaragua. 1 ed. Managua, Nicaragua, 304 p. Consultado 25 jun. 2019. Disponible en <http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2017/02/Gu%C3%ADa-de-Especies-Forestales.pdf>

Martínez Aguilera, B (ed.). 2013. Guía básica de buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios. Santiago de Chile, Chile, Consultado 3 agos. 2019. Disponible en https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1386687876guiabuensaspracticass_ppf.pdf

Murillo, O; Camacho, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense*, 21(2), 189-206. Consultado 20 may. 2019. Disponible en https://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n02_189.pdf

Oliva Mera, CA. 2015. Estudio definitivo del camino vecinal caserío Tablón – C. P. San Pedro de Perico, distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, región Cajamarca. tesis Ing. Lambayeque, Perú, UNPRG. Consultado 18 nov. 2019. Disponible en <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/341>

Prodan, M; Peters, R; Cox, F; Real, P. 1997. Mensura forestal. San José, Costa Rica, 586 p. Consultado 29 jul. 2019. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B4179e/B4179e.pdf>

Resolución de Dirección Ejecutiva N°-165, 2015. Lineamientos para la inscripción de plantaciones en el registro nacional de plantaciones forestales. Perú. 4 dic. Consultado 10 mar. 2019. Disponible en <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/RDE-N%C2%BA-165-2015-SERFOR-DE.pdf>

Salazar, R (coord.). 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Unidad de Producción de Medios, CATIE. v. 1, 204 p. Consultado 5 abr. 2019. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2959/Manejo_de_semillas_de_100_especies.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sigala Rodríguez, JÁ; González Tagle, MA; Jiménez Pérez, J. 2015. Análisis de supervivencia para una reforestación con *Pinus pseudostrobus* Lindl. en el sur de Nuevo León. Ciencia UANL, 18(75), 61-66. Consultado 16 nov. 2019. Disponible en: <https://cutt.ly/5eIOgeZ>

Trigozo Barbarán, TJ. 2018. Comportamiento al trasplante en terreno definitivo de la regeneración natural de quillobordon, cumala y réquia en un bosque secundario del Ciefor Puerto Almendras. tesis Ing. Iquitos, Perú, UNAP. Consultado 14 mar. 2019. Disponible en <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/5540>

Uranga-Valencia, LP; De los Santos-Posadas, HM; Valdez-Lazalde, JR; López-Upton, J; Navarro-Garza, H. 2015. Volumen total y ahusamiento para *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. en tres condiciones de bosque. Agrociencia, 49(7), 787-801. Consultado 16 ene. 2018. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000700007&lng=es&tlng=es.

Villacorta Bardales, RO. 2015. Efecto del Silicato de Calcio Especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$) en la germinación y crecimiento del pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*) en suelos degradados de Tingo María. tesis ing. Tingo María, Perú, UNAS. Consultado 22 jun. 2019. Disponible en <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/396>

Waterloo, MJ. 1994. Evaporación de plantaciones de *Pinus caribaea* en suelos de antiguos pastizales en condiciones marítimas tropicales. p.462 Consultado 2 jun. 2019. Disponible en https://www.hydrology.nl/images/docs/dutch/1994_Waterloo.pdf

CAPÍTULO VII

ANEXO

Anexo 1. Distribución de parcelas por sector y campañas de plantación (edad)

Sectores/Caseríos	Campaña de plantación			N° de parcelas por sector
	2015	2016	2017	
El Higuieron	x	x	x	3
Churupampa			x	1
Naranjos (Cerro Ventanas)		x		1
Shimanilla		x	x	2
Chucalama (La Unión)	x	x	x	3
N° de parcelas evaluadas				10

Anexo 2. Ubicación geográfica de las parcelas de evaluación

Sector	Parcela	Coordenadas		Altitud (m s.n.m.)
		Este (X)	Norte (Y)	
El Higuieron	P1-2015	737534	9417623	1454
El Higuieron	P2-2016	737779	9417591	1447
El Higuieron	P3-2017	737995	9417669	1479
Chucalama (La Unión)	P4-2017	734469	9418687	1374
Chucalama (La Unión)	P5-2016	733651	9418105	1567
Chucalama (La Unión)	P6-2015	733890	9417922	1739
Shimanilla	P7-2017	732460	9418386	1399
Shimanilla	P8-2016	731997	9417828	1621
Churupampa	P9-2017	735947	9413018	1418
Naranjos (Cerro Ventanas)	P10-2016	734200	94110024	1601

Anexo 3. Formato de evaluación de parcelas

Prendimiento en la plantación forestal del proyecto "Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas de Chirinos - San Ignacio - Cajamarca"					
Fecha de evaluación			Campaña de plantación:		
<input style="width: 100%;" type="text"/>			<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Sector/Caserío:		Distrito:		Provincia:	
<input style="width: 100%;" type="text"/>		<input style="width: 100%;" type="text"/>		<input style="width: 100%;" type="text"/>	
Parcela		Coordenadas UTM			
<input style="width: 100%;" type="text"/>		Este <input style="width: 100%;" type="text"/>			
		Norte <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Delegado de la comunidad					
<input style="width: 100%;" type="text"/>					
DNI:					
<input style="width: 100%;" type="text"/>					
Sistema de plantación			Distanciamiento:		
<input style="width: 100%;" type="text"/>			<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Número de plantas a evaluar			Número de plantas vivas		
<input style="width: 100%;" type="text"/>			<input style="width: 100%;" type="text"/>		
N° pta.	Especie	Diám.(cm)	Alt.(m)	Pta. exist.	Pta. Ausen.
1					
.					
.					
.					
Nombre del evaluador :					
<input style="width: 100%;" type="text"/>					
DNI: <input style="width: 100%;" type="text"/>		Firma: <input style="width: 100%;" type="text"/>			

Anexo 4. Descripción del perfil de cada calicata

Muestra	Calicata	Descripción	Sector	
P1 – 2015- p1	1	Suelo arenoso, ca.pa mulch 1 cm, HO 8 cm, raíces hasta 60 cm	El Higuierón	
P1 – 2015- p2				
P1 – 2015- p3				
P2 – 2016- p1	2	Suelo arcilloso, pedregoso color amarillo oscuro, HO 4 cm, HA 13 cm, presencia de raíces hasta los 35 cm, mayor a 40 cm HC material parental		
P2 – 2016- p2				
P3 – 2017- p1	3	Suelo arcilloso, HO 3 cm, color naranja hasta los 40 cm, mayor a 40 cm color naranja claro con manchas blancas, profundidad mayor a 60 cm		
P3 – 2017- p2				
P3 – 2017- p3				
P4 – 2017- p1	4	Suelo franco, mulch 5 cm, HO 6 cm, HA 14 cm, suelo color negro hasta los 30 cm, mayor a los 30 cm presencia de roca arenosa, suelo mayor a 30 cm color gris, raíces hasta los 60 cm		Chucalama (La Unión)
P4 – 2017- p2				
P4 – 2017- p3				
P5 – 2016- p1	5	Mulch 4 cm, HO 4 cm, HA 13 cm, menor a 17 cm suelo color negro, mayor a 17 cm suelo arcilloso color amarillo oscuro saturado de humedad, raíces hasta los 50 cm, mayor a 50 cm arcilla azulada		
P5 – 2016- p2				
P5 – 2016- p3				
P6 – 2015- p1	6	Franco arcilloso, MO 5 cm, HA 20 cm color negro, HAB 22 cm color gris, HB mayor a 47 cm color amarillo oscuro, presencia de raíces hasta los 50 cm, profundidad efectiva mayor a 60 cm		
P6 – 2015- p2				
P6 – 2015- p3				
P7 – 2017- p1	7	Franco arenoso hasta los 20 cm color negro, mayor a 20 cm arenoso color amarillo oscuro, mulch 3 cm, MO 5 cm, HA 7 cm, HAB 14 cm, HB a partir de los 30 cm, raíces hasta los 40 cm	Shimanilla	
P7 – 2017- p2				
P7 – 2017- p3				
P8 – 2016- p1	8	Arenoso, mulch 3 cm, MO 4 cm, HA franco 12 cm, HAB franco arenoso 26 cm, HB mayor a 45 cm, raíces hasta los 50 cm, mayor a 50 cm color amarillo oscuro		
P8 – 2016- p2				
P8 – 2016- p3				
P9 – 2017- p1	9	Mulch 1 cm, MO 2 cm, HA 6 cm, hasta los 9 cm suelo franco, desde los 8 cm presencia de rocas arenosas, mayor a 9 cm suelo arenoso, transición de A a B de 40 cm, presencia de raíces hasta los 42 cm, profundidad efectiva hasta los 60 cm		Churupampa
P9 – 2017- p2				
P9 – 2017- p3				
P10 – 2016- p1	10	Mulch 2 cm, MO 3 cm, HA 7 cm color negro franco, HAB 18 cm color gris con manchas amarillas oscuras franco, H B mayor a 30 cm arenoso amarillo oscuro, presencia de raíces hasta los 51 cm, profundidad efectiva mayor a 60 cm	Naranjos (Cerro Ventanas)	
P10 – 2016- p2				
P10 – 2016- p3				

Anexo 5. Análisis de caracterización de suelos

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : ARACELY JACKELINE GONZALES GONZALES

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SAN IGNACIO

Distrito : CHIRINOS

Predio :

Referencia : H.R. 66722-005C-19

Fact.: 4313

Fecha : 18/01/19

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
116	P1-2015-p1	4.65	0.13	0.00	3.14	3.5	108	74	12	14	Fr.A.	8.00	0.81	0.23	0.17	0.11	1.00	2.33	1.33	17
117	P1-2015-p2	5.00	0.02	0.00	0.72	1.8	75	74	12	14	Fr.A.	6.08	0.52	0.18	0.12	0.11	0.60	1.53	0.93	15
118	P1-2015-p3	4.91	0.01	0.00	0.37	2.6	78	80	8	12	Fr.A.	4.16	0.62	0.18	0.09	0.10	0.35	1.34	0.99	24
119	P2-2016-p1	4.43	0.02	0.00	3.48	2.3	123	50	18	32	Fr.Ar.A.	10.72	0.64	0.20	0.29	0.09	1.20	2.41	1.21	11
120	P2-2016-p2	4.47	0.01	0.00	0.94	0.9	105	46	22	32	Fr.Ar.A.	12.80	0.62	0.18	0.57	0.10	1.70	3.17	1.47	12
121	P3-2017-p1	4.21	0.02	0.00	1.99	1.1	77	36	28	36	Fr.Ar.	10.88	0.66	0.20	0.41	0.08	1.50	2.85	1.35	12
122	P3-2017-p2	4.16	0.02	0.00	0.33	0.8	60	32	24	44	Ar.	10.56	0.59	0.18	0.60	0.08	1.85	3.30	1.45	14
123	P3-2017-p3	4.20	0.02	0.00	0.10	1.0	58	50	14	36	Ar.A.	8.00	0.65	0.18	0.23	0.09	1.50	2.65	1.15	14
124	P4-2017-p1	5.66	0.21	0.00	4.73	6.3	252	58	20	22	Fr.Ar.A.	20.16	10.70	5.00	0.78	0.15	0.15	16.78	16.63	82
125	P4-2017-p2	5.44	0.14	0.00	4.28	2.0	102	54	18	28	Fr.Ar.A.	20.80	10.90	3.60	0.26	0.23	0.10	15.09	14.99	72
126	P4-2017-p3	5.71	0.08	0.00	2.48	1.6	91	62	12	26	Fr.Ar.A.	19.52	9.83	3.02	0.25	0.26	0.15	13.51	13.36	68

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Dr. Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : ARACELY JACKELINE GONZALES GONZALES

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SAN IGNACIO

Distrito : CHIRINOS

Predio :

Referencia : H.R. 66722-005C-19

Fact.: 4313

Fecha : 18/01/19

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limó %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
127	P5-2016-p1	4.91	0.11	0.00	4.23	5.3	114	58	18	24	Fr.Ar.A.	16.64	5.95	3.32	0.31	0.15	0.10	9.83	9.73	58
128	P5-2016-p2	5.18	0.15	0.00	1.54	1.2	124	40	14	46	Ar.	21.28	3.26	17.33	0.34	0.19	0.15	21.28	21.13	99
129	P5-2016-p3	5.40	0.06	0.00	0.66	1.7	108	48	12	40	Ar.A.	19.84	7.72	9.45	0.21	0.17	0.15	17.70	17.55	88
130	P6-2015-p1	5.05	0.08	0.00	8.47	10.3	149	70	14	16	Fr.A.	24.00	10.40	3.72	0.39	0.17	0.15	14.84	14.69	61
131	P6-2015-p2	5.80	0.08	0.00	3.74	4.8	110	44	20	36	Fr.Ar.	22.40	8.31	13.40	0.30	0.30	0.10	22.40	22.30	100
132	P6-2015-p3	7.34	0.21	0.00	1.54	8.1	94	48	14	38	Ar.A.	20.80	5.36	14.82	0.24	0.38	0.00	20.80	20.80	100
133	P7-2017-p1	5.04	0.16	0.00	6.30	7.4	206	68	18	14	Fr.A.	20.32	8.86	2.20	0.61	0.15	0.10	11.92	11.82	58
134	P7-2017-p2	5.90	0.04	0.00	0.74	1.9	84	70	12	18	Fr.A.	14.40	10.96	2.80	0.23	0.26	0.15	14.40	14.25	99
135	P7-2017-p3	6.37	0.06	0.00	0.22	2.3	64	76	8	16	Fr.A.	12.80	9.38	2.92	0.13	0.37	0.00	12.80	12.80	100
136	P8-2016-p1	4.87	0.06	0.00	5.86	6.9	177	78	14	8	Fr.A.	14.08	4.35	1.55	0.47	0.12	0.10	6.59	6.49	46
137	P8-2016-p2	5.57	0.03	0.00	1.58	2.4	87	66	16	18	Fr.A.	9.92	3.01	0.67	0.24	0.18	0.15	4.25	4.10	41

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Dr. Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : ARACELY JACKELINE GONZALES GONZALES

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SAN IGNACIO

Distrito : CHIRINOS

Predio :

Referencia : H.R. 66722-005C-19

Fact.: 4313

Fecha : 18/01/19

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
138	P8-2016-p3	6.02	0.02	0.00	0.25	1.3	68	72	18	10	Fr.A.	8.80	5.67	1.75	0.18	0.22	0.00	7.82	7.82	89
139	P9-2017-p1	4.83	0.14	0.00	5.74	10.2	206	64	18	18	Fr.A.	20.16	7.85	3.37	0.63	0.14	0.15	12.14	11.99	59
140	P9-2017-p2	5.40	0.04	0.00	1.74	1.2	103	54	18	28	Fr.Ar.A.	19.84	9.81	5.98	0.32	0.36	0.10	16.57	16.47	83
141	P9-2017-p3	6.41	0.06	0.00	0.50	1.2	110	58	18	24	Fr.Ar.A.	16.00	4.32	10.90	0.32	0.45	0.00	16.00	16.00	100
142	P10-2016-p1	5.09	0.07	0.00	3.62	8.3	137	76	14	10	Fr.A.	14.72	5.35	1.35	0.36	0.10	0.10	7.26	7.16	49
143	P10-2016-p2	5.49	0.03	0.00	0.86	2.8	62	74	14	12	Fr.A.	11.20	6.48	1.28	0.18	0.14	0.10	8.19	8.09	72
144	P10-2016-p3	5.84	0.02	0.00	0.13	4.5	45	84	8	8	A.Fr.	6.72	4.86	1.38	0.12	0.16	0.20	6.72	6.52	97

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Dr. Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio

Anexo 6. Panel fotográfico

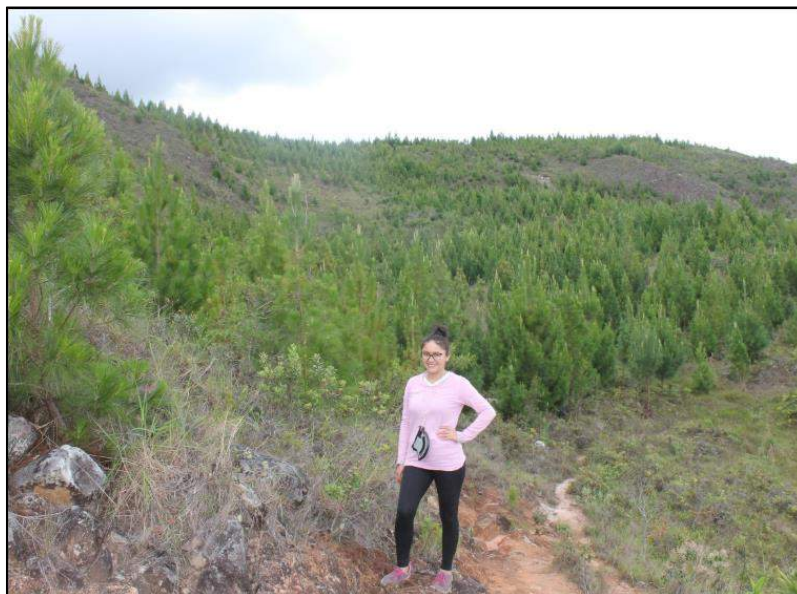


Figura 27. Foto panorámica de la plantación en el sector el Higuero



Figura 28. Equipo de trabajo