

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



CRECIMIENTO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE
***Colubrina glandulosa* Perkins EN DOS ALTITUDES DIFERENTES, SAN**
IGNACIO 2023

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

SANTIAGO APOLITANO PRETELL

ASESORES

Ing. M. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán

Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo

JAÉN – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador:
Santiago Apolitano Pretell
DNI: 26712223
Escuela Profesional/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
- Asesores:
Ing. M. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán
Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
Facultad/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
- Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:
"CRECIMIENTO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Colubrina glandulosa* Perkins EN DOS ALTITUDES DIFERENTES, SAN IGNACIO 2023"
- Fecha de evaluación: 20/01/2025
- Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud: 8 %
- Código Documento: oid: 3117:422248142
- Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 20/01/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>	
 _____ Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo DNI: 27727452	 _____ Ing. M. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán DNI: 26615206



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

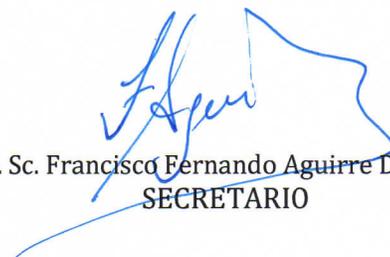
En la ciudad de Jaén, a los **diecinueve** días del mes de **diciembre** del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **Ambiente del auditorium principal de la Universidad Nacional de Cajamarca- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N°537 - 2024-FCA-UNC, de fecha 16 de octubre 2024, con el objeto, de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**CRECIMIENTO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Colubrina glandulosa* Perkins EN DOS ALTITUDES DIFERENTES, SAN IGNACIO 2023**", ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don SANTIAGO APOLITANO PRETELL**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

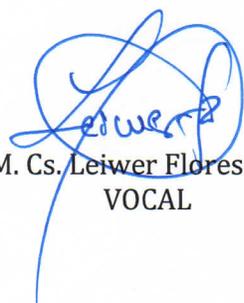
A las **quince** horas y **cero** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido 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, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

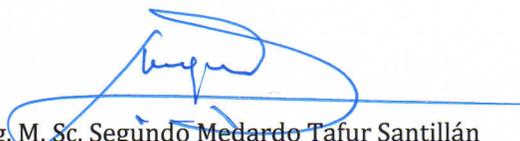
A las **quince** horas y **cincuenta** minutos del mismo día, el presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 19 de diciembre de 2024


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Francisco Fernando Aguirre De Los Ríos
SECRETARIO


Ing. M. Cs. Leiver Flores Flores
VOCAL


Ing. M. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán
ASESOR


Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos padres por su apoyo, cariño, comprensión y amor sin medir condiciones a lo largo de mi vida.

Santiago

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza suficiente para ver cumplido mis aspiraciones profesionales y personales.

A mis asesores los ingenieros M. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán y M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo, por su apoyo como guías en la ejecución de la presente tesis.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, a través de su Escuela Profesional de Ingeniería Forestal Filial Jaén, por facilitarme los laboratorios y ambientes para el análisis de las muestras, proceso indispensable para la culminación de la tesis.

Santiago

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Antecedentes de la investigación	13
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1. Descripción de la especie <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	15
2.2.2. Crecimiento del árbol.....	17
2.2.3. Propiedades físicas de la madera.....	21
2.2.4. Relación entre el crecimiento y las propiedades físicas de la madera.....	24
2.2.5. Crecimiento y propiedades físicas de la especie <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	25
2.3. Definición de términos básicos	26
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	29
3.1. Localización de la investigación	29
3.2. Tipo y diseño de la investigación.....	29
3.2.1. Matriz de operacionalización de variables	30
3.2.2. Unidad de análisis – población y muestra	30
3.2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.2.4. Validación y prueba de confiabilidad de los instrumentos.....	33
3.2.5. Técnica del procesamiento y análisis de datos	33
3.2.6. Aspectos éticos por considerar.....	33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Resultados	34
4.2. Discusión.....	57
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1. Conclusiones	61
5.2. Recomendaciones.....	62
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
CAPÍTULO VII. ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	30
Tabla 2. Dimensión y número de probetas para ensayos según norma técnica.....	31
Tabla 3. Clasificación por clase diamétrica de <i>Colubrina glandulosa</i> del sector Huaranguillo.....	34
Tabla 4. Clasificación por clase diamétrica de <i>Colubrina glandulosa</i> del sector Triunfo ..	35
Tabla 5. Altitud de los sectores evaluados	37
Tabla 6. Curvas de crecimiento promedio de árboles de <i>Colubrina glandulosa</i>	37
Tabla 7. Crecimiento diamétrico promedio de árboles de <i>Columbrina glandulosa</i>	38
Tabla 8. Curvas de crecimiento promedio de árboles de <i>Columbrina glandulosa</i>	39
Tabla 9. Curvas de crecimiento promedio de árboles de <i>Columbrina glandulosa</i>	40
Tabla 10. Comparación de curvas de crecimiento de <i>Columbrina glandulosa</i> para ambos sectores	41
Tabla 11. Ecuaciones de volumen para ambos sectores.....	43
Tabla 12. Estimación de volumen de parcelas agroforestales usando la ecuación de volumen.....	44
Tabla 13. Propiedades físicas de la madera de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins del sector Huaranguillo.....	46
Tabla 14. Propiedades físicas de la madera de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins del sector El Triunfo	47
Tabla 15. Propiedades físicas de la madera de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins de ambos sectores	48
Tabla 16. Comparación de la fertilidad de macronutrientes del suelo con crecimiento (IMA Densidad básica).....	50
Tabla 17. Clasificación de las especies, según la densidad básica de la madera.....	52
Tabla 18. Clasificación de las especies, según la relación de contracciones de la madera .	53
Tabla 19. Usos posibles de la madera de acuerdo a la densidad básica	53
Tabla 20. Grupos según densidad básica para maderas latifoliadas.....	54
Tabla 21. Usos estructurales de la madera de acuerdo a sus propiedades físicas y otras propiedades.....	55
Tabla 22. Propiedades físicas importantes de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva sigmoide de crecimiento.....	18
Figura 2. Curva sigmoide de crecimiento acumulado	19
Figura 3. Curva sigmoide de IMA e ICA	19
Figura 4. Mapa de ubicación de la investigación	29
Figura 5. Distribución por clase diamétrica del número de árboles de <i>Colubrina glandulosa</i> del sector Huaranguillo	34
Figura 6. Distribución por clase diamétrica del volumen de árboles de <i>Colubrina glandulosa</i> del sector Huaranguillo.....	35
Figura 7. Distribución por clase diamétrica del número de árboles de <i>Colubrina glandulosa</i> del sector El Triunfo.....	36
Figura 8. Distribución por clase diamétrica del volumen de árboles de <i>Colubrina glandulosa</i> del sector El Triunfo	36
Figura 9. Curvas de crecimiento promedio de árboles de <i>Colubrina glandulosa</i>	38
Figura 10. Crecimiento diamétrico promedio de árboles de <i>Colubrina glandulosa</i>	39
Figura 11. Curvas de crecimiento promedio de árboles de <i>Colubrina glandulosa</i>	40
Figura 12. Curvas de crecimiento promedio de árboles de <i>Colubrina glandulosa</i>	41
Figura 13. Comparación de curvas de crecimiento ICA de <i>Colubrina glandulosa</i> para ambos sectores.....	42
Figura 14. Comparación de curvas de crecimiento IMA de <i>Colubrina glandulosa</i> para ambos sectores.....	42
Figura 15. Ecuación de volumen de los árboles de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins de Huaranguillo.....	43
Figura 16. Ecuación de volumen de los árboles de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins de El Triunfo.....	44
Figura 17. Proyección de volumen por árbol de <i>Colubrina glandulosa</i> usando la ecuación de volumen	45
Figura 18. Proyección de volumen por hectárea de <i>Colubrina glandulosa</i> usando la ecuación de volumen.....	45
Figura 19. Densidad básica de la madera de la madera <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins para ambos sectores.....	48
Figura 20. Contracción volumétrica de la madera de la madera <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins para ambos sectores.....	49
Figura 21. Humedad de la madera de la madera <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins para ambos sectores	49
Figura 22. Comparación de nitrógeno del suelo con IMA del árbol y DB de la madera	50
Figura 23. Comparación de fosforo del suelo con IMA del árbol y DB de la madera.....	51
Figura 24. Comparación de potasio del suelo con IMA del árbol y DB de la madera.....	51
Figura 24. Comparación de materia orgánico del suelo con IMA del árbol y DB de la madera	52

RESUMEN

La presente investigación se realizó en Jaén, y tuvo como propósito determinar el crecimiento y las propiedades físicas de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins en dos altitudes diferentes, para esto se obtuvo muestras de la especie de lugares con altitud de 1370 m s.n.m. y 900 m s.n.m., se siguió lo establecido en las NTP correspondientes. La investigación fue descriptiva, aplicada y tecnológica. El crecimiento diamétrico fue de 2,52 cmDAP/año para la altitud de 900 m s.n.m., y de 2,86cm DAP/año para los árboles que crecieron a una altitud de 1370 m s.n.m.; se elaboraron tablas de volumen del tipo potencial $Vol = 0,00200(DAP)^{2,276342}$ y polinómica de segundo grado $Vol = 0,0012(DAP)^2 - 0,0355(DAP) + 0,3289$, se proyectó un volumen por hectárea de 36,86 m³/ha para la altitud de 900 m s.n.m. y 40,73 m³/ha para la altitud de 1370 m s.n.m. La densidad básica, contenido de humedad máxima y relación de CT/CR para las altitudes de 1 300 m s.n.m. y 900 m s.n.m., siendo de 0,58 g/cm³ y 0,54 g/cm³; 56,44 % y 58,05 %; y 2,42 y 2,34 respectivamente. En cuanto al uso y calidad de la madera, se destaca su uso estructural, construcciones en general, postes, soportes y durmientes de mina; sin embargo, debido a su coeficiente de anisotropía alto, la madera tiene limitaciones en secado en cámara y por consiguiente en carpintería, ebanistería y carpintería industrial. Como conclusión, la especie es de rápido crecimiento y tiene buenas propiedades físicas para su uso estructural.

Palabras clave: Crecimiento, diámetro, madera, densidad básica, coeficiente de anisotropía.

ABSTRACT

The present research was carried out in Jaén, and its purpose was to determine the growth and physical properties of *Colubrina glandulosa* Perkins wood at two different altitudes. Samples of the species were obtained from places with altitudes of 1370 meters above sea level and 900 meters above sea level, following the corresponding NTPs. The research was descriptive, applied and technological. Diametric growth was 2,52 cmDAP/year for the altitude of 900 masl and 2,86cm DAP/year for the altitude of 1 370 masl, and 2,86cm DBH/year for the trees that grew at an altitude of 1370 meters above sea level; volume tables of the potential type $Vol = 0,00200(DBH)^2$ and polynomial tables of the potential type $Vol = 0,00200(DBH)^2$ were elaborated. 276342 and second degree polynomial $Vol = 0,0012(DBH)^2 - 0,0355(DBH) + 0,3289$, a volume per hectare of 36,86 m³/ha was projected for the altitude of 900 meters above sea level and 40.73 m³/ha for the altitude of 1370 meters above sea level. The basic density, maximum moisture content and CT/CR ratio for the altitudes of 1300 masl and 900 masl were 0,58 g/cm³ and 0,54 g/cm³; 56,44 % and 58,05 %; and 2,42 and 2,34 respectively. Regarding the use and quality of the wood, its structural use, construction in general, posts, supports and mine sleepers are highlighted; however, due to its high anisotropy coefficient, the wood has limitations in kiln-drying and therefore in carpentry, joinery and industrial carpentry. In conclusion, the species is fast growing and has good physical properties for structural use.

Keywords: Growth, diameter, wood, basic density, anisotropy coefficient.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la problemática del acelerado aumento poblacional y la necesidad de incrementar la reducida cantidad de especies forestales actualmente comercializadas, incitan el interés por desarrollar investigaciones tecnológicas de maderas poco conocidas, con el propósito de introducir nuevas especies al mercado forestal (Ruíz, 2019). Según Garzón (2022) los países primermundistas en su mayoría, exigen como requisito indispensable la clasificación de las maderas según sus propiedades tecnológicas para poder ser utilizadas adecuadamente.

De acuerdo con Pucha et al. (2020), el acelerado aprovechamiento de los recursos naturales unido a las variaciones climáticas, en los últimos años a causa del incremento de la presión en las poblaciones de especies forestales de alto valor ecológico y comercial, dejando de lado especies que tienen propiedades similares o superiores; es por ello, que actualmente los programas de conservación y restauración forestal, requieren mayor conocimiento sobre los factores que afectan el desarrollo y la dinámica de crecimiento de cada especie forestal, así como de sus propiedades tecnológicas. Sin embargo, dicho conocimiento en la mayoría de especies es muy escaso. Así mismo, conocer el grado en que los factores climáticos afectan el crecimiento y desarrollo de las especies forestales ayudaría inmensamente a su manejo y sostenibilidad.

Según Valverde et al. (2021), el crecimiento y las propiedades de la madera están influenciados por factores climáticos como la altitud, por lo que es fundamental realizar investigaciones en estos temas ya que, la información existente es escasa.

En Perú se tiene aproximadamente 2500 especies forestales de bosques tropicales; sin embargo, se desconoce su crecimiento y propiedades de la madera de la mayoría de estas especies, lo que genera un aprovechamiento selectivo poniendo en peligro la permanencia de especies valiosas (Campos, 2021). Debido a la escasa información y conocimientos sobre especies forestales que alberga nuestro país, el sector forestal presenta un valor económico bajo, ya que los recursos forestales son exportados sin darles valor agregado, esto a pesar que somos el noveno país en el mundo y el segundo en América del sur con mayor potencial de bosques (Ordoñez y Lugo, 2016).

En la provincia de Jaén específicamente en su ámbito rural se cuenta con la especie forestal *Colubrina glandulosa* Perkins, que actualmente es utilizada localmente de forma empírica en techos de viviendas, postes entre otros; además, está siendo considerada en proyectos de forestación y reforestación. Sin embargo, a pesar del uso que se le está dando, carece de información técnica relacionada a su crecimiento y propiedades físicas que permitan su aprovechamiento, conservación y manejo sostenible. En este contexto se plantea el presente proyecto de investigación en el que se determinará el crecimiento y propiedades físicas de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins en dos altitudes diferentes, contribuyendo de esta manera con nuevos conocimientos que permitan su siembra en altitudes idóneas garantizando un buen crecimiento y rendimiento de la especie, así como mejores propiedades de la especie estudiada lo que servirá como base tecnológica para la planificación de posteriores instalaciones de plantaciones, así mismo, la información generada en este proyecto será un aporte significativo en la programación del aprovechamiento de *Colubrina glandulosa* Perkins asegurando su conservación y manejo sostenible. Además, la determinación de sus propiedades físicas permitirá garantizar el uso adecuado de la especie y optimizar su rendimiento, así como también para la utilización adecuada de su madera en la industria forestal.

Por ende, se plantea como interrogativa de investigación la siguiente: ¿Cómo es el crecimiento y las propiedades físicas de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins en dos altitudes diferentes, San Ignacio 2023?

Como objetivo general se propone Determinar el crecimiento y las propiedades físicas de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins en dos altitudes diferentes, San Ignacio 2023. Así mismo los objetivos específicos son: Establecer el crecimiento diamétrico y volumétrico de los árboles de *Colubrina glandulosa* Perkins usando técnicas dendrocronológicas y tablas de volumen en las dos altitudes evaluadas. Determinar las propiedades físicas de densidad, contenido de humedad y contracción de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins en las dos altitudes evaluadas. Determinar la calidad de la madera en función a sus propiedades físicas y posibles usos.

Además, se formuló la siguiente hipótesis: El crecimiento y las propiedades físicas de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins es modificado por la altitud.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Valverde et al. (2021) estudió el efecto de la variación climática en el crecimiento diamétrico (Cd) de ocho especies arbóreas de un bosque seco tropical en Costa Rica, para ello se usaron 12 árboles por especie, el Cd fue medido entre el 2015 y 2018, así mismo se realizó mediciones de temperatura, precipitación, humedad relativa y horas luz. Los resultados indicaron que el Cd anual fue de 3,04 mm, 2,83 mm, 2,07 mm, 1,92 mm, 0,68 mm; 3,82 mm, 1,63 mm y 0,30 mm para las especies *Albizia niopoides*, *Bursera simaruba*, *Cordia alliodora*, *Cordia panamensis*, *Hymenaea courbaril*, *Luehea speciosa*, *Machaerium biovulatum* y *Handroanthus impetiginosus* respectivamente. Con la correlación significativa de Cd con precipitación y temperatura media anual se determinó una relación positiva entre cd y precipitación y negativa entre Cd y temperatura promedio.

Humano (2020) realizó el modelado del crecimiento de especies nativas forestales de la Selva Pedemontana de Yungas, Argentina, los datos necesarios para la investigación fueron obtenidos de 8 parcelas ubicadas en un rango altitudinal de 400 a 800 m s.n.m. Los resultados indicaron que las especies con mayor incremento diamétrico fueron *Cedrela balansae* y *Anadenanthera colubrina* con 5,77 mm/año y 4,77 mm/año respectivamente, el resto de especies estudiadas obtuvieron incrementos diamétricos menores a 3 mm/año. A partir del modelo de crecimiento se estimó que los turnos de corta de las especies maderables varían entre 30 a 135 años.

Ruíz (2020) desarrolló una investigación en Ibarra, Ecuador, en la cual estudió las propiedades físicas de la especie *Fraxinus americana* L., luego de realizar los ensayos correspondientes obtuvo como resultados un contenido de humedad de 65,38 %, densidad básica de 0.51 g/cm³ y la contracción volumétrica total fue 11,62 %. Se llegó a la conclusión que la madera de *Fraxinus americana* L. es de tipo “C” y se puede usar en la elaboración de ventanas, puertas, utensilios y herramientas.

Bustos (2020) desarrolló una investigación en Ibarra, Ecuador, en la cual estudió las propiedades físicas de la especie *Eucalyptus grandis*, luego de realizar los ensayos correspondientes, obtuvo como resultados un contenido de humedad de 92,75 %, la densidad

básica fue $0,53 \text{ g/cm}^3$ y la contracción volumétrica total fue de 19,95 %. Se concluyó que la madera de *Eucalyptus grandis* puede ser usada en la fabricación de muebles.

Céspedes y Gaitán (2020) desarrolló una investigación en Colombia en la cual determinó las propiedades físicas y mecánicas de la madera pino caribe, acacia y eucalipto, luego de realizar los ensayos correspondientes se logró tener como resultados que la densidad de la madera seca al horno fue $0,45 \text{ g/cm}^3$, $0,72 \text{ g/cm}^3$ y $0,97 \text{ g/cm}^3$ para pino caribe, acacia y eucalipto respectivamente, el contenido de humedad seca al horno fue 21,47 %, 17,24 % y 16,38 % para eucalipto, acacia y pino caribe respectivamente, siendo el eucalipto con mayor contenido de humedad; la contracción del eucalipto fue 6,7 % y 14,2 % para radial y tangencial respectivamente, la acacia tuvo una contracción radial de 3,4 % y tangencial de 8,5 % mientras que el pino caribe presentó una contracción radial de 2,97 % y tangencial 0,47 %.

Guerra (2023) modeló el crecimiento diamétrico de *Pinus radiata* D. Don y *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., las muestras se extrajeron de cuatro plantaciones ubicadas en altitudes diferentes (4016 T, 4025 A, 3546 I y 3559 C m. s.n.m), se pudo determinar la variabilidad del crecimiento entre especies y sitios mediante datos obtenidos de la medición del ancho de anillos y el modelo de Von-Bertalanffy. Los resultados indicaron que para las dos especies estudiadas el ICA e IMA se maximizan a edades cortas, *Pinus radiata* necesita entre 7 y 10 años para alcanzar su máximo IMA con 1,63 y 1,76 cm/año para altitudes de 4025 y 4016 m s.n.m respectivamente, para estas mismas altitudes la especie necesita 4-5 años para su ICA máximo con tasa de 1,76 y 1,89 cm/año respectivamente; con respecto a *Pinus oocarpa* alcanza el IMA máximo a los 8 años con tasas de 6,93 y 6,35 cm/año al altitudes de 3546 y 3559 m. s.n.m respectivamente, para estas mismas altitudes el ICA máximo ocurre a los 4 - 5 años con 9,19 y 8,54 cm/año respectivamente. Se concluye que esta información contribuye a la sostenibilidad del manejo forestal del Pinus en la región Junín.

Salazar (2020) determinó el efecto de la fertilización en el crecimiento de la *Colubrina glandulosa* Perkins plantada en suelo degradado, con este fin se planteó un diseño experimental en el cual se aplicó fertilización de Dolomita, Compost y el fertilizante sintético 20-20-20. Luego de 5 meses se evaluó los parámetros necesarios y los resultados

obtenidos demostraron que la fertilización tuvo efectos positivos en el crecimiento de diámetro y altura ya que las plantas fertilizadas obtuvieron los valores más altos.

Panaifo (2019) determinó el crecimiento diamétrico, área basal y volumen del bosque del arboreto “El Huayo” del centro de investigación y enseñanza forestal (CIEFOR), Iquitos, Perú, luego de ejecutar la metodología correspondiente se obtuvo como resultados que el incremento medio anual (IMA) fue 0,337 cm/año, 0,343 cm/año, 0,378 cm/año, 0,521 cm/año y 0,566 cm/año para maderas de densidad básica muy alta, alta, media, baja y muy baja respectivamente; respecto al IMA del área basal se tuvo $0.117 \pm 0,03 \text{ m}^2/\text{año}$, $0.050 \pm 0.03 \text{ m}^2/\text{año}$ y $0,198 \pm 0,03 \text{ m}^2/\text{año}$ para las especies heliófilas durables, heliófilas efímeras y esciófitas respectivamente; así mismo, el IMA del volumen en las especies esciófitas fue de $4,281 \pm 0,547 \text{ m}^3/\text{año}$, en las heliófilas durables fue $2,442 \pm 0,547 \text{ m}^3/\text{año}$, en las heliófitas efímeras fue $1,242 \pm 0,547 \text{ m}^3/\text{año}$.

Lara y Salvador (2019) realizó una investigación en Huancayo en la cual se determinó las propiedades físicas de *Kageneckia lanceolata* y *Buddleja incana*, se tuvo en cuenta las normas NTP: 251.008, 251.009, 251.010, 251.011, 251.012, luego de realizar los ensayos correspondientes se tuvo como resultados que la especie *Kageneckia lanceolata* consiguió un 49,61 % y $0,87 \text{ g/cm}^3$ de contenido de humedad y densidad básica respectivamente, así mismo la especie *Buddleja incana* tuvo 69,87 % de contenido de humedad y 0.67 gr/cm^3 de densidad básica.

Delgado y Correa (2019) investigaron la dendrocronología *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken bajo sistemas agroforestales, para lo cual se consideró 15 muestras; los resultados de esta investigación arrojaron un IMA promedio de 19.139 mm/año, así mismo, se logró establecer dos turnos óptimos técnicos de corta siendo con datos discretos de 16 años y con datos continuos de 15 años.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Descripción de la especie *Colubrina glandulosa* Perkins

Taxonomía. Considerando el sistema de clasificación taxonómica de Cronquist (1981), el autor Salar (2020) indica que la clasificación taxonómica de la especie *Colubrina glandulosa* Perkins es la siguiente:

División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida (Dicotiledoneae)
Subclase:	Rosidae
Orden:	Rhamnales
Familia:	Rhamnaceae
Género:	Colubrina
Especie:	<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins.
Nombre común:	Shaina

Descripción botánica. La *Colubrina glandulosa* es una especie que puede llegar a tener una altura de 10 a 25 m y de 10 cm a 50 cm de diámetro, esto puede variar dependiendo de las condiciones de crecimientos, en general presenta un tronco recto de forma cilíndrica, la corteza fisurada de color grisáceo o marrón; sus hojas simples, opuestas o sub opuestas, con ápice acuminado o redondeado, bordes enteros ligeramente ondulados y base cardada, pecíolos de 1 a 4 cm de largo, sus flores son de color amarillento y sus frutos tipo cápsulas triloculares de 0,6 a 0,8 cm de largo, verdes, tornándose marrón oscuro y dehiscentes al madura (Salazar, 2020).

Distribución. Internacionalmente se encuentra en países como Brasil, Colombia, Bolivia, Paraguay, Honduras, Venezuela y Panamá. En Perú se puede encontrar en las regiones de Cajamarca, Huánuco, San Martín, Cuzco, Madre de Dios, Loreto, Pasco y Ucayali, entre los 150 y 750 m s.n.m. (Salazar, 2020).

Ecología. Es una especie perteneciente al grupo ecológico de las heliófilas durables, su crecimiento se da en elevaciones medianas y bajas, en bosques secundarios o áreas abiertas donde el clima sea húmedo o muy húmedo (Salazar, 2020).

Uso. La especie es valorada por la calidad de su madera la cual generalmente se usa en el ámbito de la construcción como vigas, viguetas y caibros; además es una especie usada en cercas de protección y palos de escoba, otro uso potencial de la shaina puede ser como postes de electricidad (Salazar, 2020).

2.2.2. Crecimiento del árbol

El crecimiento de los árboles es el aumento gradual del diámetro, altura, área basal y como consecuencia aumenta el volumen y la masa, esto se da gracias a la actividad de los meristemas primarios y secundarios dando lugar al crecimiento longitudinal y al crecimiento en diámetro respectivamente. Existen diferentes factores que ejercen una influencia en el crecimiento de los árboles estos pueden ser factores climáticos, factores edafológicos, topográficos, factores genéticos de la especie, factores sanitarios y la competencia existente entre árboles (Lozano y Bonilla, 2012).

De acuerdo con Pucha et al. (2020) existe una relación estrecha entre el crecimiento y las condiciones de sitio, especialmente con variaciones climáticas de precipitación y temperatura, la adaptación también está relacionada con estos factores. Por su parte, Ramírez et al. (2009) indica que el estudio del crecimiento de los árboles tiene una gran importancia ecológica y económica, conocer el crecimiento de las especies forestales permite la estimación del rendimiento forestal, a pesar de ello aún existe un gran vacío en cuanto a investigaciones sobre este tema, en especial sobre la variación de las tasas de crecimiento de árboles mediante gradientes ambientales, variación que podría ser crítica para la distribución y abundancia de la especie.

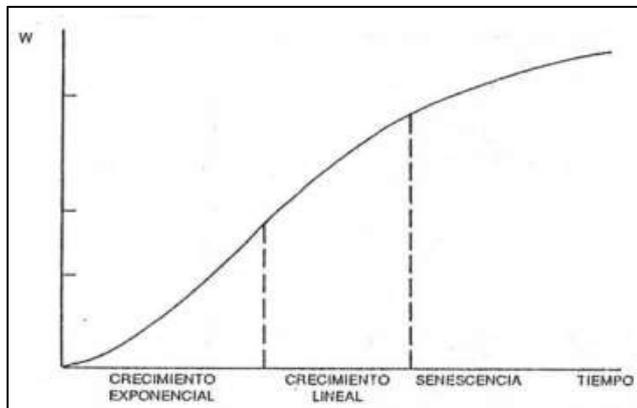
Una de los indicadores más considerados para evaluar el crecimiento de los árboles es el diámetro. El crecimiento diamétrico se da debido a la actividad del meristemo lateral llamado cámbium, con esta actividad se genera anillos de crecimiento dentro del meristemo, causando que esta capa se aleja del núcleo, dando como resultado el desarrollo en grosor de las plantas (Guerra, 2023). Este tipo de crecimiento es influenciado por factores edafoclimáticos, topográficos, sanitarios, genéticos y competencia entre árboles (Mendoza, 2015). Así mismo, el crecimiento diamétrico es una variable fundamental que permite conocer la dinámica sucesional, producción de plantaciones, establecer turnos de corta maderable entre otros aspectos, además permite la elección de especies para reforestar en plantaciones, proyectos de restauración ecológica y sembrarse en jardines (Guerra, 2023). Por otro lado, el crecimiento volumétrico es la combinación del crecimiento diametral y longitudinal.

Curvas de crecimiento. El crecimiento de especies forestales se grafica en una curva llamada sigmoide, la Figura 1 tiene dos características fundamentales: tiene un punto de

inflexión y una asíntota horizontal. En esta curva se pueden diferenciar tres fases del crecimiento de los árboles: la fase exponencial la cual se da en las primeras etapas de crecimiento, siendo un poco lento al comienzo y va aumentando de forma exponencial; la fase lineal en la cual el aumento del crecimiento es igual en periodos de tiempos iguales y finalmente esta la fase senescencia en la cual el crecimiento es desacelerado y en su transcurso el sistema se vuelve cada vez menos efectivo hasta que cesa totalmente (Universidad Nacional del Nordeste, s.f).

Figura 1

Curva sigmoide de crecimiento

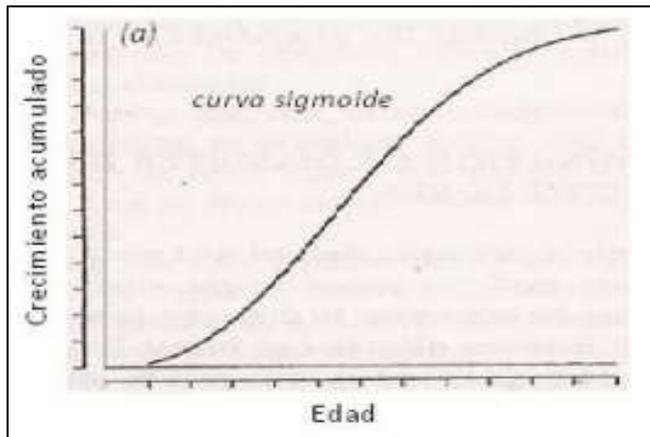


Fuente. Extraído de un documento publicado por la Universidad Nacional del Nordeste (s.f)

Cuando se grafica la evolución en el tiempo del crecimiento acumulado de cualquier variable (diámetro, altura, área basal, volumen, biomasa, etc.) de un árbol o rodal se obtiene una curva de forma sigmoide. Figura 2 curva de característica muestra el crecimiento acumulado a cualquier edad y la forma de la misma es estable, independientemente de la especie o de los cambios o fluctuaciones del entorno en que se desarrolle (Universidad Nacional de la Plata, 2013).

Figura 2

Curva sigmoide de crecimiento acumulado

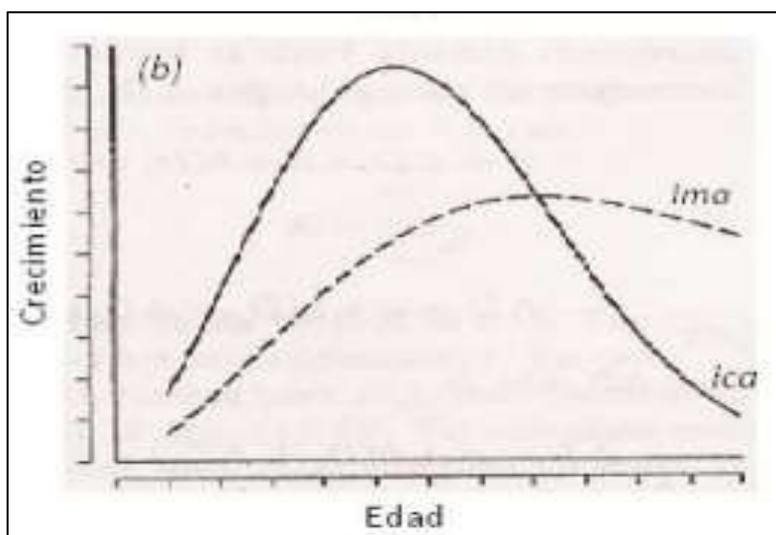


Fuente. Extraído de un documento publicado por la Universidad Nacional de la Plata (2013).

En la curva de incremento corriente anual (ICA) se grafica el crecimiento que experimenta una especie durante un año, en términos matemáticos esta curva es derivada de la curva de crecimiento acumulado. Figura 3, por el contrario, en la curva de incremento medio anual (IMA) se grafica al crecimiento promedio anual que una especie forestal experimenta desde su instalación hasta cualquier edad, esta curva muestra un desarrollo típico y alcanza su valor máximo en la intersección con la curva de incremento corriente anual. Desde este punto la curva de incremento promedio anual decae en forma más suave que la curva de incremento corriente anual (Universidad Nacional de la Plata, 2013).

Figura 3

Curva sigmoide de IMA e ICA



Fuente. Extraído de un documento publicado por la Universidad Nacional de la Plata (2013).

Factores que influyen en el crecimiento del árbol. el crecimiento de los árboles está influenciado por diferentes factores entre los cuales se tiene los siguiente:

Factores climáticos. Están relacionados directamente con el crecimiento de los árboles, estos afectan según su intensidad y de manera directa o indirecta en la fisiología de los árboles, entre estos factores se encuentra la precipitación y la temperatura, estas variables influyen sobre el balance entre la fotosíntesis y la respiración, en la velocidad de la transpiración y de las reacciones enzimáticas. La ocurrencia cíclica estacional de los fenómenos climáticos determina los periodos de mayor o menor crecimiento en los árboles. En diferentes estudios se ha reportado que la precipitación está directamente relacionada con el crecimiento de los árboles, encontrando un mayor incremento diamétrico en temporada de lluvias y el menor incremento diamétrico de la temporada seca; en tanto que la temperatura en pocas ocasiones ha mostrado relaciones estadísticas significativas, probablemente se deba a la escasez de investigaciones sobre influencia de la temperatura en condiciones notablemente contrastantes, como lo sería por ejemplo un análisis comparativo del efecto de la temperatura sobre el crecimiento de las especies en sus límites extremos de distribución altitudinal (Mendoza, 2015).

Factores edáficos. Los suelos tienen una fuerte influencia en el crecimiento de los árboles, estos ofrecen el soporte mecánico, retienen y transmiten el agua y los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Diferentes estudios han demostrado que las características físicas, químicas y biológicas tienen influencia en las variables dasométricas de los árboles, especialmente en el incremento de la altura y diámetro. Generalmente los árboles tendrán una mayor capacidad para crecer en diámetro y altura si el suelo donde se encuentran cuenta con una profundidad adecuada para el desarrollo óptimo del sistema radicular, una porosidad adecuada que permita la existencia de una cantidad de aire idónea para la respiración de las raíces, una textura equilibrada que permitirá la retención y disponibilidad de humedad, elementos minerales necesarios para el crecimiento de las plantas (Mendoza, 2015).

Factores bióticos. Existen factores bióticos que influyen negativamente sobre sobre la tasa de crecimiento de los árboles por ejemplo insectos, hongos y bacterias que causan plagas y enfermedades en los árboles; no obstante, también puede haber influencia positiva como las asociaciones micorrícicas. Por otro lado, la competencia inter-arbórea es un factor

biótico de gran relevancia por su alta correlación con la tasa de crecimiento de los árboles, por sus implicaciones en la productividad y el manejo silvícola (Mendoza, 2015).

Factores fisiográficos. La fisiografía de un terreno forestal se encuentra estrechamente relacionada con el microclima y las características físicas del suelo, por ende, tiene influencia en el crecimiento de los árboles. Según varios estudios, las variables fisiográficas de mayor influencia sobre la capacidad productiva de una masa forestal son: Altitud sobre el nivel del mar, pendiente y posición topográfica (Mendoza, 2015).

Influencia de la altitud en las condiciones edafoclimáticas. Según Murga et al. (2021) la altitud tiene una gran influencia en las condiciones climáticas, en las propiedades y biología del suelo, en la estructura poblacional y la fisiología de las especies. Dicho autor indica que la altitud influye en elementos climáticos como la temperatura y precipitación, así como también en las propiedades físicas, químicas y biológicas, como el pH, los nutrientes, el contenido de carbono y los microorganismos del suelo.

Por su parte el Ministerio de Educación Pública (2022) del gobierno de Costa Rica indica que la altitud es un factor climático que está estrechamente relacionado con la presión atmosférica y la temperatura, por lo que a medida que aumenta la altitud, generalmente disminuye la temperatura. Esto se debe a que, a mayor altitud, la presión atmosférica disminuye, lo que a su vez provoca una menor retención de calor. Así mismo, menciona que también tiene influencia en la precipitación y la humedad ya que, a mayor altitud, se experimentan condiciones más frescas y húmedas debido a la mayor condensación del vapor de agua en altitudes más elevadas.

Así mismo, Romahn et al. (2020) indica que la altitud influye en la temperatura y humedad del ambiente y del suelo. Por lo tanto, si los cambios de altitud son extremos puede producirse una reducción en el crecimiento anual típico de las especies forestales, disminuir la supervivencia de la regeneración, afectar la viabilidad de las semillas y el vigor de la vegetación.

2.2.3. Propiedades físicas de la madera

Las propiedades físicas de la madera son atributos o cualidades cuantitativas de la madera y su reacción a influencias externas. Estas propiedades son fundamentales para

determinar la calidad y el uso adecuado de la madera ya que influyen en su desempeño. Además, pueden variar según la especie de madera, su edad, el lugar de crecimiento y otros factores (Winandy, 1994, como se citó en Campos, 2015). Entre estas propiedades están las siguientes:

Contenido de humedad. Es una propiedad que expresa la cantidad de agua presente en la estructura de la madera gracias a la capacidad que esta tiene para absorber dicho elemento, el contenido de humedad de la madera puede variar mucho dependiendo de factores como el clima, las condiciones de almacenamiento y el uso previsto de la madera. Es fundamental conocer dicha propiedad ya que afecta la estabilidad dimensional, la resistencia y otras propiedades de la madera, así mismo, permite determinar los diferentes usos de la madera especialmente al exterior (Ruíz, 2020). Para determinar el contenido de humedad se aplica la metodología especificada en la norma NTP 251.010 – 2014 y se calcula con la siguiente fórmula:

$$CH \% = \frac{m1-m2}{m2} * 100$$

Donde:

m1= masa de la probeta antes de ser secada (g).

m2 = masa de la probeta después de ser secada en la estufa (g).

Densidad básica. Es una medida obtenida de la relación entre el peso de la probeta anhidra y su volumen en estado saturado. Esta propiedad varía según la especie, la edad del árbol, las condiciones de crecimiento y otros factores, así mismo, puede variar en diferentes partes de un árbol, siendo la madera del duramen (parte central) generalmente más densa que la madera de albura (parte externa). Esta propiedad es fundamental para realizar la clasificación técnica de la madera ya que se encuentra estrechamente relacionada con su resistencia, dureza, durabilidad y usos potenciales. En términos prácticos, una mayor densidad básica de la madera se asocia con una mayor resistencia y durabilidad, lo que la hace adecuada para aplicaciones estructurales, como vigas o postes. Por otro lado, una menor densidad básica se relaciona con una madera más liviana y menos resistente, lo que puede ser más apropiado para aplicaciones como paneles de madera contrachapada o molduras (Suasnabar y Monge, 2019).

$$\text{Densidad básica (g/cm}^3\text{)} = \frac{Psh}{Vs}$$

Donde:

Psh: Peso de la probeta seca al horno (g).

Vs: Volumen de la probeta en estado saturado (cm³).

Contracción de la madera. Es el cambio de dimensiones y volumen que experimenta la madera cuando pierde el agua higroscópica y se da de forma proporcional a la humedad perdida por debajo del punto de saturación de las fibras (< 30% CH). La contracción se da en dirección radial (perpendicular a los anillos de crecimiento), tangencial (paralelo a los anillos de crecimiento) y longitudinal (paralelos a las fibras de la madera). Es fundamental tener en cuenta esta propiedad ya que está relacionada con defectos de la madera originados durante el secado los cuales generalmente aparecen después de que la madera pierde su agua libre y empieza a perder agua fija. Por ende, conocer la contracción de la madera permite aplicar técnicas adecuadas de secado. La contracción de la madera puede tener implicaciones significativas en aplicaciones donde se requiere una estabilidad dimensional, como en la construcción y la fabricación de muebles (Aguirre, 2014). Según la NTP 251.012 (2016) para calcular las contracciones en diferentes direcciones se utiliza las siguientes fórmulas:

$$\text{Contracción radial} = \frac{Drv - Drsh}{Drv} \times 100$$

$$\text{Contracción tangencial} = \frac{Dtv - Dtsh}{Dtv} \times 100$$

$$\text{Contracción longitudinal} = \frac{Dlv - Dlsh}{Dlv} \times 100$$

$$\text{Contracción volumétrica} = \frac{Vv - Vsh}{Vv} \times 100$$

Donde:

Drv = Dimensión radial madera verde (cm)

Drsh = Dimensión radial seca al horno (cm)

D_{tv} = Dimensión tangencial madera verde (cm)

D_{tsh} = Dimensión tangencial seca al horno (cm)

D_{lv} = Dimensión longitudinal saturada (cm)

D_{lsh} = Dimensión longitudinal seca al horno (cm)

V_{sh} = Volumen de la madera seca al horno (cm³)

V_v = Volumen de la madera verde (cm³)

2.2.4. Relación entre el crecimiento y las propiedades físicas de la madera

El crecimiento de los árboles está estrechamente relacionado con las propiedades físicas de su madera. A medida que un árbol crece, se forman anillos anuales de crecimiento en su tronco. Estos anillos están compuestos por células de madera que presentan características distintas según la etapa de crecimiento en la que se formaron. Los anillos de crecimiento más estrechos suelen indicar un crecimiento más lento, lo que resulta en una madera más densa y de mayor calidad, por el contrario, la madera que crece rápidamente suele tener anillos de crecimiento más amplios, lo que puede resultar en una madera menos densa y más ligera. Por otra parte, a medida que los árboles crecen, la madera va acumulando y perdiendo humedad en función de diversos factores. Durante el crecimiento activo de los árboles, la madera contiene una mayor proporción de agua esto se debe a que el agua es esencial para el transporte de nutrientes y la fotosíntesis en las células vivas de los árboles. En esta etapa, la madera recién formada tiene un alto contenido de humedad, sin embargo, una vez que los árboles maduran y se talan, la madera se somete a procesos de secado natural o artificial. Durante este proceso, la humedad de la madera se reduce para estabilizarla y evitar deformaciones o daños. La edad y ritmo de crecimiento, el tamaño celular, disponibilidad de nutrientes y genética del árbol son factores que influyen en las propiedades físicas y mecánicas de la madera. La madera temprana, que se forma al comienzo de la estación de crecimiento, tiene fibras más rectas y es más resistente a la tracción, mientras que la madera tardía, formada al final de la estación de crecimiento, tiene fibras más entrelazadas y es más resistente a la compresión (Ross, 2021).

El autor Valverde (2021) indica que varios estudios han demostrado que conforme la tasa de crecimiento es mayor, la densidad de la madera disminuye, aspecto que muestra por el desarrollo de múltiples canales de parénquima, vasos de gran tamaño y anillos de crecimiento de poca claridad.

2.2.5. Crecimiento y propiedades físicas de la especie *Colubrina glandulosa* Perkins

La información acerca del crecimiento de la especie *Colubrina glandulosa* es sumamente escasa, especialmente de individuos adultos. No obstante, algunos investigadores han estudiado el crecimiento inicial de dicha especie, tal es el caso de Huamán (2016) quien investigó el crecimiento inicial de 6 especies forestales entre ellas la *Colubrina glandulosa* Perkins observando que el crecimiento en altura fue de 70,2 cm y 108,8 cm para las edades de 30 días y 60 días respectivamente, del mismo modo se observó que el mayor crecimiento en diámetro al nivel del suelo fue 13,10 mm a los 60 días de edad. El autor indica que esta especie crece muy bien en áreas con mayor insolación, bosques abiertos y secundarios.

En la región San Martín, Perú, se realizó una investigación en la cual se evaluó el crecimiento de la *Shaina* durante los meses de enero a diciembre del 2009 obteniendo como resultado que la especie *Colubrina glandulosa* tuvo un incremento de DAP de 1,04 cm y altura de 0,62 m (Sánchez, 2010).

Así mismo, Huamán (2021) realizó un artículo científico sobre el crecimiento inicial de 6 especies forestales nativas del departamento del Cusco, entre ellas la *Colubrina glandulosa* Perkins, los resultados encontrados indicaron a los 36 meses de edad tuvo 8,76 m de altura y 8,99 cm de diámetro, así mismo el IMA de altura fue 2,93 m y el IMA del diámetro a nivel del suelo fue 3,0 cm.

Por otra parte, respecto a las características físicas de la madera de la *Colubrina glandulosa* Perkins, hasta la fecha no se tiene investigaciones específicas que nos brinden información sobre dicho tema, sin embargo, algunos autores han investigado las propiedades físicas de especies pertenecientes a la misma familia (Rhamnaceae) tal es el caso de Torres (2014) quien estudió las propiedades físicas de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. obteniendo que el contenido máximo de humedad fue de 50,7 %, mientras que el CH en equilibrio al

interior de un ambiente fue de 10,11 %, la densidad básica fue 0,79 g/cm³, el valor promedio de la contracción tangencial, longitudinal y radial fue de 7,71 %, 0,29 % y 4,85 % respectivamente y el valor promedio del coeficiente de contracción volumétrica de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. fue de 0,45 %.

Hasta la actualidad existe un gran vacío de información con respecto al crecimiento y las propiedades físicas de la *Colubrina glandulosa* Perkins, por lo que se recomienda realizar más investigaciones sobre este tema.

Definición de términos básicos

Crecimiento

El crecimiento de los árboles se da gracias a la actividad de los meristemos primarios (crecimiento longitudinal) y secundarios (crecimiento en diámetro). El crecimiento se debe principalmente a dos procesos que son la fotosíntesis y la división celular, además está influenciado por factores edafoclimáticos (Ramírez, 2018, p. 19).

Incremento medio anual

Se refiere al crecimiento promedio anual que una especie forestal experimenta desde su instalación hasta cualquier edad. Se obtiene dividiendo el crecimiento acumulado hasta un determinado momento entre la edad del árbol (Ramírez, 2018, p. 24).

Incremento corriente anual

Se define como el crecimiento específico que una especie forestal experimenta durante un año. El ICA se calcula midiendo las variables de crecimiento relevantes al final del año y restando los valores iniciales al comienzo del año (Ramírez, 2018, p. 24).

Densidad básica de la madera

Según Rubio (2021 p. 34) la densidad básica de la madera se define como la relación entre el peso anhidro de un espécimen de madera y su volumen saturado. Esta es una de las propiedades físicas más importantes de la madera ya que hace que esta sea única, además, permite clasificarla según los grupos determinados por la norma E.010 madera del Reglamento Nacional de Edificaciones,

Contenido de humedad de la madera

De acuerdo con Cajo (2022, p.7) el contenido de humedad de la madera hace referencia a la cantidad de agua almacenada en la estructura de la madera, dicha agua se encuentra en tres formas: agua libre, agua higroscópica y agua de constitución. Esta propiedad es expresada en porcentaje (%) de su peso en estado anhidro de la madera.

Contracción de la madera

Es una propiedad física de la madera que expresa la variación de sus dimensiones la cual ocurre debido al cambio de humedad bajo el PSF, como consecuencia de ello se produce una disminución del volumen de la madera. Al determinarse esta propiedad se expresa en porcentaje (Fasanando, 2023, p. 1).

Condiciones edafoclimáticas

Esta terminología combina dos términos “edáfico”, relacionado con el suelo, y “climático”, relacionada con el clima. Por lo tanto, las condiciones edafoclimáticas se refieren a las características del clima y del suelo en una determinada zona geográfica. Estas condiciones influyen en el desarrollo y crecimiento de las plantas. El estudio de las condiciones edafoclimáticas es fundamental para la silvicultura, ecología, agricultura y otras disciplinas relacionadas a la gestión de los recursos naturales (Global Hazelnuts, 2021, p. 1).

Calidad de sitio del suelo

Se refiere a la capacidad del suelo para proporcionar un entorno favorable para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es una medida integrada de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que aumentan la productividad de un determinado sitio (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018, p. 9).

Calidad de la madera

Se define como un conjunto de atributos que hacen que la madera sea idónea para determinados usos. Las propiedades físicas y mecánicas determinan la calidad de la madera, sin embargo, también es influenciada por las condiciones de crecimiento del árbol (Pereyra, 2017, p. 3).

Uso potencial de la madera

Se define como las diversas aplicaciones y aprovechamientos que se le puede dar a la madera como recurso natural renovable, las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la madera le brindan la capacidad para ser trabajada, transformada y usada por diferentes industrias. Así mismo, el uso potencial de la madera va de la mano con la sostenibilidad y la gestión adecuada de los bosques (Hoadley, 2017, p. 23).

CAPÍTULO III

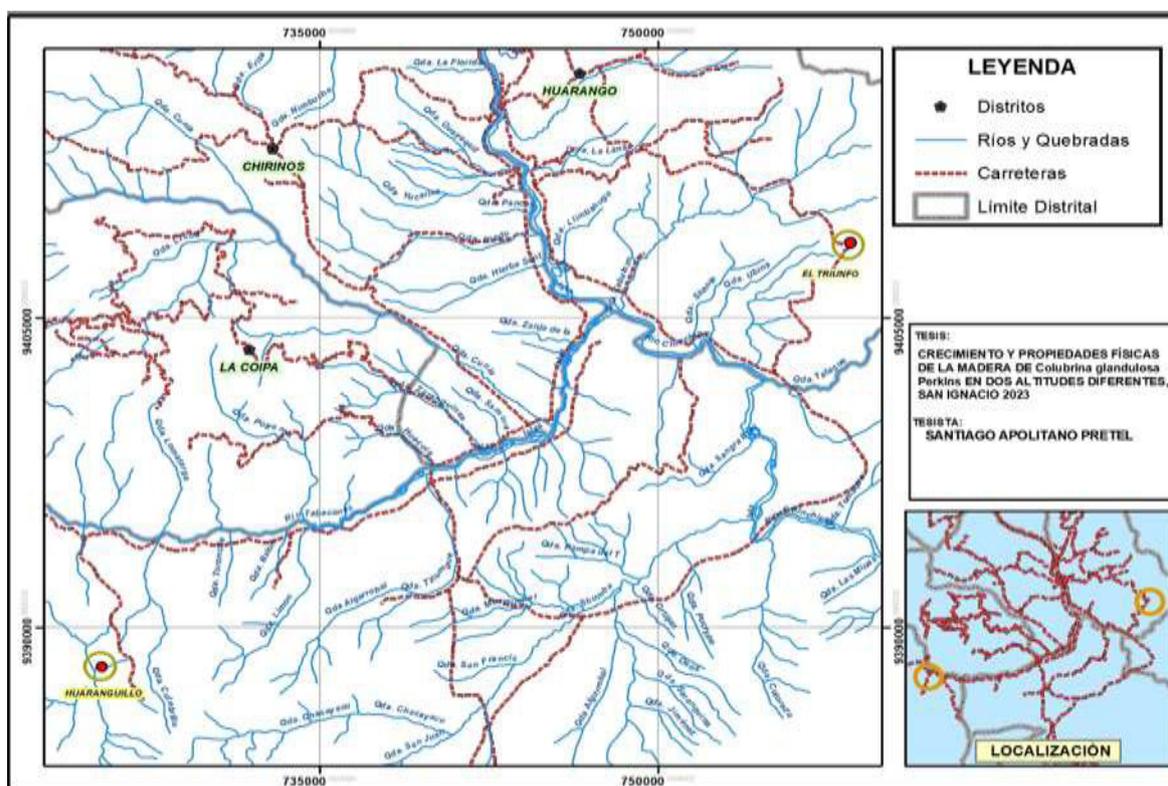
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización de la investigación

La obtención de las muestras para el estudio del crecimiento y propiedades físicas se realizó en dos plantaciones ubicadas en el distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, ubicadas con una diferencia de 470 m de altitud entre ellos, (Figura 4) los estudios dendrocronológicos y de las propiedades físicas, se realizaron en el laboratorio de anatomía y tecnología de la madera de la Universidad Nacional de Cajamarca Filial Jaén.

Figura 4

Mapa de ubicación de la investigación



Nota: Elaboración propia

3.2. Tipo y diseño de la investigación

La investigación es aplicada por el propósito o fin. Se trata de una investigación no experimental, correlativa de acuerdo al diseño. Y de acuerdo al nivel es explicativa correlacional.

3.2.1. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Índice
Variable independiente: Altitud	La altitud es la distancia vertical de un punto de la superficie terrestres respecto al nivel del mar. El descubrimiento de las curvas de nivel permitió introducir la altitud en la cartografía (Instituto Geográfico Nacional, s.f.).	Altura	m.s.n.m.	Registro de datos de campo y fuentes secundarias.
Variables dependientes:				
Crecimiento	El crecimiento de los árboles se da gracias a la actividad de los meristemos primarios y secundarios que dan lugar al crecimiento longitudinal y al crecimiento en diámetro respectivamente (Lozano, 2012).	Crecimiento diamétrico	cm/año DAP	Registro de datos de laboratorio en formatos
Propiedades físicas de la madera	Las propiedades físicas de la madera permiten la evaluación y determinación del comportamiento de los factores ambientales en la estructura de la madera sin modificarla químicamente (Freire, 2020, citado en Nugshi, 2021).	Densidad básica Contenido de humedad Contracción	g/cm ³ % %	

3.2.2. Unidad de análisis – población y muestra

Población. Lo constituyeron los árboles de *Colubrina glandulosa* presentes en las plantaciones agroforestales y forestales del distrito de Huarango de la provincia de San Ignacio. La población se considera infinita al no conocerse el número total de árboles de la especie en estudio presentes en las parcelas agroforestales y forestales, ya que todas las plantaciones no se encuentran registradas en las instituciones promotoras de la reforestación. Los árboles seleccionados tuvieron un diámetro a la altura del pecho DAP, mayor a 30 cm,

para garantizar que sean fustales adultos, y que localmente su madera viene siendo utilizada en estructuras y construcción.

Muestra. La muestra estuvo constituida por los árboles que se seleccionaron para realizar el estudio de crecimiento y propiedades físicas de la madera. El muestreo fue no probabilístico, por conveniencia y se basó en lo establecido en la norma NTP 251.008:1980 (revisada el 2012), “MADERAS. Selección y colección de muestras”, de acuerdo a esto, para un estudio exploratorio inicial de propiedades de la madera, se consideró un muestreo de cinco árboles; considerando que se tomó en cuenta la diferencia altitudinal de dos lugares, entonces se tomó como muestra cinco árboles por sector. De los cuales se obtuvieron las rodajas para el estudio dendrocronológico y las probetas estándar para el estudio de las propiedades físicas.

Tabla 2

Dimensión y número de probetas para ensayos según norma técnica

Propiedad de la madera	Dimensiones (cm)	N° probetas/ árbol	Norma Técnica referencia
Densidad	3 x 3 x 10	10	NTP 251.011:2014
Contenido de humedad	3 x 3 x 10	10	NTP 251.010:2014
Contracción	3 x 3 x 10	10	NTP 251.012:2015
Dendrocronología	Rodaja (DB)	5	NTP 251.008:1980

Unidad de análisis. La unidad muestral lo constituyeron las probetas que se utilizaron para el estudio dendrocronológico, las mismas que fueron rodajas obtenidas de la parte basal del fuste. En cuanto a las probetas para el estudio de propiedades físicas, fueron probetas estándar de dimensiones de 3 cm x 3 cm x 10 cm, tal como lo establecen las normas técnicas correspondientes.

3.2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fuentes. Las fuentes fueron primarias, los datos que se obtuvieron directamente de la evaluación de las muestras obtenidas en campo a través de los ensayos realizados. Los datos de altitud, también fueron obtenidos localmente utilizando un navegador GPS.

Técnicas. La principal técnica que se aplicó fue la observación, la cual fue de manera directa con presencia del investigador. La observación se realizó durante todo el proceso de investigación, tanto en las actividades de campo como de laboratorio.

Instrumentos. Lo constituyen las fichas de recolección de datos en campo y laboratorio. Estas fichas son formatos, los mismos que están al amparo de lo establecido en las normas técnicas utilizadas para la determinación de las propiedades físicas de la madera. Las normas técnicas que establecen los instrumentos de recolección de datos se mencionan a continuación:

NTP 251.011:2014 (revisada el 2019), “MADERA. Método para determinar la densidad”.

NTP 251.010:2014, “MADERA. Métodos para determinar el contenido de humedad”.

NTP 251.012:2015, “MADERA. Método de determinación de la contracción. 3ª Edición”.

Para las mediciones dendrocronológicas se tomaron en cuenta lo establecido por la metodología establecida por Becerra y Zevallos (2014), la misma que contempla las siguientes actividades:

Se obtuvo rodajas de cada árbol evaluados según el muestreo descrito, con un espesor aproximado de 10 cm.

Las rodajas obtenidas fueron puestas a secar bajo sombra en el laboratorio de anatomía y tecnología de la madera, se presionó en todo su contorno con un alambre galvanizado, para evitar que la rodaja se raje. El secado fue indispensable para alcanzar un óptimo lijado y pulido.

Luego del secado, se procedió a lijar la cara más uniforme de la rodaja, inicialmente con lija de grano 80, luego con lija de grano 200 y finalmente con lija de grano 400. El producto final fue una cara de la rodaja completamente pulida, que permitió identificar y medir los anillos de crecimiento

En la cara pulida de la rodaja, se trazó cuatro radios, partiendo de la médula hacia la corteza. En estos radios se midió el ancho de los anillos de crecimiento previamente identificados. La medición de los anillos de crecimiento se realizó a través de un

estereoscopio de brazo con cámara incorporada, que permitió obtener imágenes muy detalladas de los límites del anillo, y permitieron medir con bastante precisión la amplitud del anillo en unidades de milímetros o micrómetros. Estos datos se registraron en los formatos elaborados para tal fin.

3.2.4. Validación y prueba de confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos utilizados cuentan con la validación de las normas técnicas en las que se sustentan. Las normas técnicas mencionadas en el ítem anterior, son de observación obligatoria para la determinación de las propiedades físicas de la madera, por lo que los instrumentos sugeridos son confiables. Considerando que los instrumentos utilizados no son estructurados como una encuesta, no es necesario aplicar pruebas estadísticas de confiabilidad; sin embargo, los datos obtenidos son confiables en función a la preparación profesional del personal que realizaron las mediciones en laboratorio, así como la calidad de los equipos con los que cuenta el laboratorio de anatomía y tecnología de la madera.

3.2.5. Técnica del procesamiento y análisis de datos

La información obtenida en los instrumentos de recolección de datos, fueron digitalizados en una hoja de cálculo para su tabulación y procesamiento. Se aplicó la estadística descriptiva para determinar los estadísticos de tendencia central y de dispersión, con la elaboración de tablas y gráficos estadísticos para lograr una presentación más didáctica de los resultados. Se calculó la relación que existe entre las variables en estudio a través de una prueba de correlación. Para el procesamiento de los datos se utilizó los softwares MS. Excel y el software estadístico InfoStat V2020L.

3.2.6. Aspectos éticos por considerar

Durante toda la investigación se tomó en cuenta principios éticos como son el respeto a la propiedad intelectual de otros investigadores, el respeto al medio ambiente, a la propiedad privada. Se tuvo en cuenta el respeto a las autoridades locales, costumbres y tradiciones; así mismo se tuvo en cuenta la veracidad de la información, siendo los datos obtenidos inéditos y veraces, esto es respaldado por el software antiplagio TURNITIN. Los principios éticos de la investigación considerados son los que establece la UNESCO, SERFOR, CONCYTEC entre otros.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Crecimiento de los árboles de *Colubrina glandulosa* Perkins

a. Existencias y descripción de los lugares de estudio

- Clasificación por clase diamétrica para ambos sectores

Tabla 3

*Clasificación por clase diamétrica de *Colubrina glandulosa* del sector Huaranguillo*

Tesis: Crecimiento y propiedades físicas de la madera de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins en dos altitudes diferentes, San Ignacio 2023								Área (ha)	0,36
Tipo De Bosque / Plantación Huaranguillo									
Especie	Variable	DAP (cm)						Total, en plantación	Total, ha
		10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40		
	N.º	5	10	12	1	1	0	29	80,00
Shania	AB m ²	0,077	0,251	0,479	0,064	0,078	0,000	0,949	2,62
	Vol. m ³	0,386	1,53	2,966	0,419	0,355	0,00	5,66	15,61

Figura 5

*Distribución por clase diamétrica del número de árboles de *Colubrina glandulosa* del sector Huaranguillo*

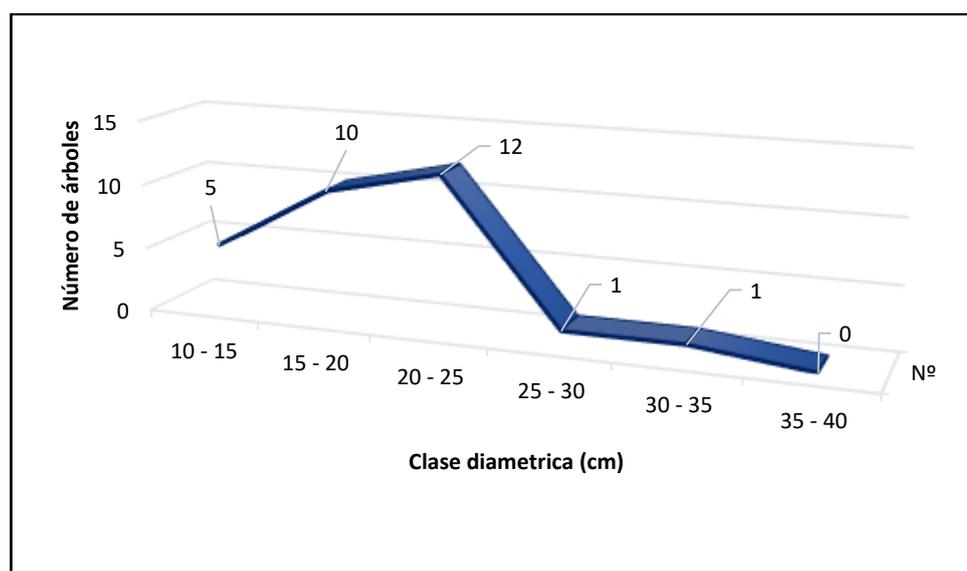
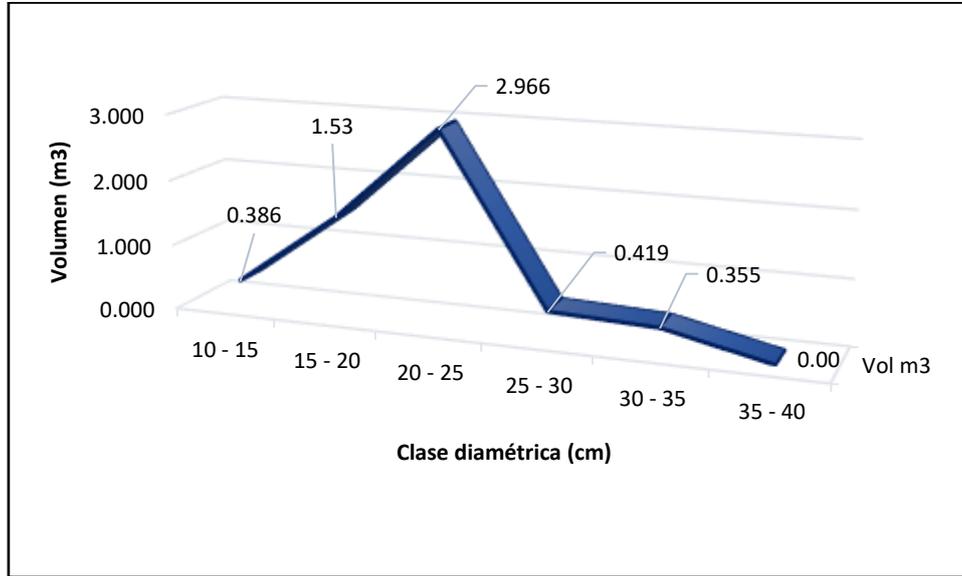


Figura 6

Distribución por clase diamétrica del volumen de árboles de Colubrina glandulosa del sector Huaranguillo



En la tabla 3 y figuras 5; se visualiza la clase diamétricas donde la mayor cantidad de árboles se encuentran entre las clases diamétricas 20 a 25; los árboles de mayor diámetro se encuentran en baja cantidad en los inventarios, se encontró 1 árbol dentro de la clase diamétrica de 30 a 35 cm, en el sector de Huaranguillo.

En la figura 6, se visualiza la clase diamétrica del volumen de los árboles, el mayor volumen se encuentra de la clase diamétrica de 20 – 25 siendo este del 2,966 m³. Mientras que en menor volumen se encuentra en la clase diamétrica de 30 – 35 siendo de 0,355 m³ en los inventarios del sector de Huaranguillo.

Tabla 4

Clasificación por clase diamétrica de Colubrina glandulosa del sector Triunfo

Tesis Crecimiento y propiedades físicas de la madera de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins en dos altitudes diferentes, San Ignacio 2023									
Especie	Variable	Tipo De Bosque / Plantación El Triunfo						Área (ha)	0,25
		DAP (cm)						Total, en plantación	Total, ha
		10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40		
	Nº	0	2	9	5	3	1	20	80,00
Shania	AB m ²	0,000	0,054	0,374	0,294	0,249	0,096	1,067	4,27
	Vol. m ³	0,00	0,14	1,274	1,227	1,305	0,50	4,45	17,78

Figura 7

Distribución por clase diamétrica del número de árboles de Colubrina glandulosa del sector El Triunfo

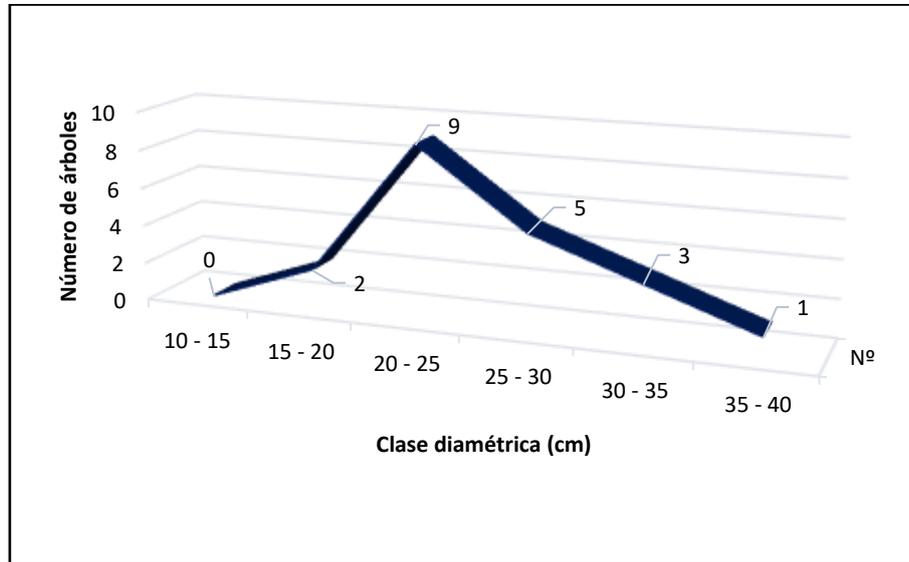
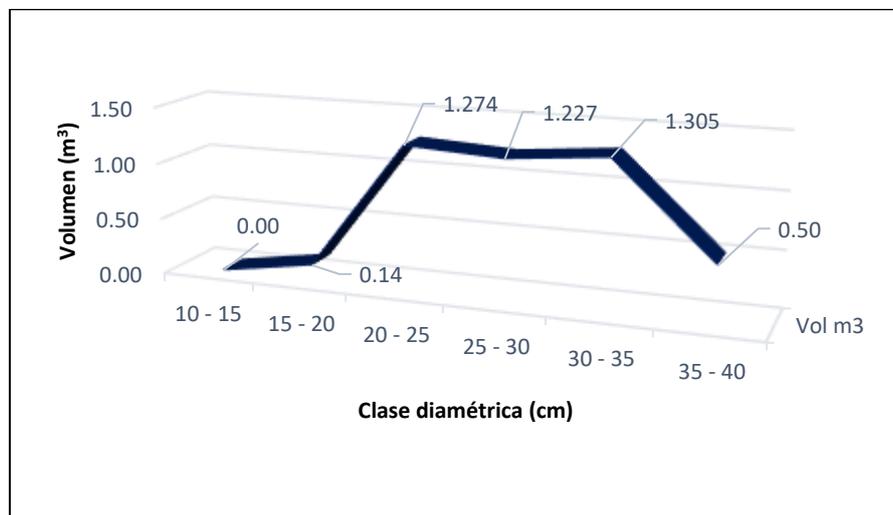


Figura 8

Distribución por clase diamétrica del volumen de árboles de Colubrina glandulosa del sector El Triunfo



En la tabla 4 y figuras 7, se visualiza la clase diamétrica donde la mayor cantidad de árboles se encuentran entre las clases diamétricas 20 a 25 cm; los árboles de mayor diámetro se encuentran en baja cantidad en los inventarios se encontró 1 árbol dentro de la clase diamétrica 35 a 40 cm, en el sector de El Triunfo.

En la figura 8, se visualiza la clase diamétrica del volumen de los, el mayor volumen se encuentra de la clase diamétrica de 30 – 35 cm, siendo este del 1,305 m³. Mientras que en

menor volumen se encuentra en la clase diamétrica de 35 – 40 cm, siendo de 0,500 m³ en los inventarios del sector de Triunfo.

- **Descripción de las áreas evaluadas**

Tabla 5

Altitud de los sectores evaluados

Sector	Área evaluada	Altitud (ms.n.m)
Huaranguillo	0,36	1 370
El Triunfo	0,25	900

En la tabla 5, se puede observar las altitudes de los sectores evaluados, siendo el más alto Huaranguillo con una altitud de 1 300 m s.n.m con un área evaluada de 0,36 hectáreas. Así mismo el sector el triunfo con una altitud más baja de 900 m s.n.m con un área evaluadas de 0,25 hectáreas.

b. Curvas de crecimiento de los árboles de *Colubrina glandulosa* Perkins

- **Árboles procedentes de Huaranguillo**

La determinación de las curvas de crecimiento se realizó a través de la dendrocronología de acuerdo a la metodología y muestreo propuesto. Los resultados de las mediciones realizadas se muestran a continuación.

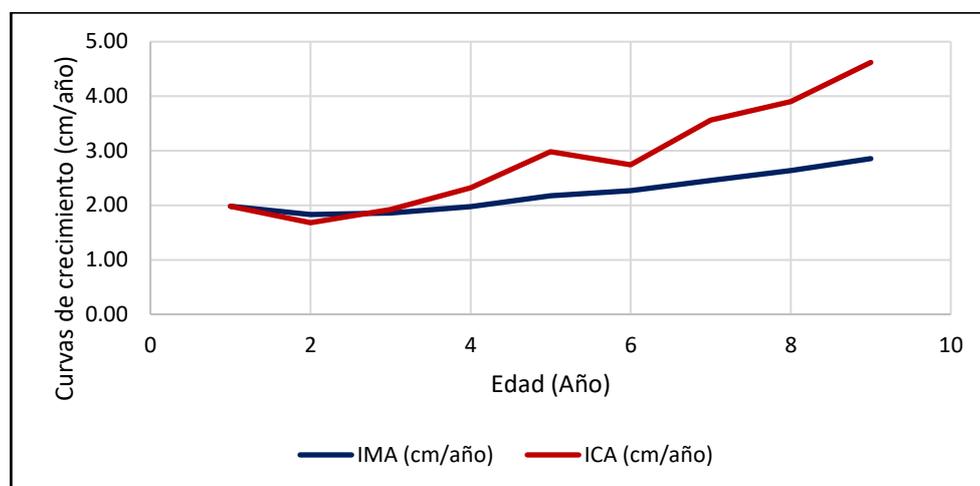
Tabla 6

*Curvas de crecimiento promedio de árboles de *Colubrina glandulosa**

Edad	AÑO	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
1	2015	1,98	1,98
2	2016	1,83	1,68
3	2017	1,86	1,92
4	2018	1,98	2,32
5	2019	2,18	2,98
6	2020	2,27	2,74
7	2021	2,45	3,56
8	2022	2,64	3,90
9	2023	2,86	4,62
Total			2,86

Figura 9

Curvas de crecimiento promedio de árboles de Columbrina glandulosa



En la tabla 6 y figura 9, se puede visualizar que las curvas de crecimiento van en incremento, lo cual quiere decir que el árbol todavía está en su fase de crecimiento rápido, no alcanzado su fase de adultez por eso es que las curvas se ven en crecimiento permanente en el sector de Huaranguillo.

Tabla 7

Crecimiento diamétrico promedio de árboles de Columbrina glandulosa

Edad	Año	Crecimiento diamétrico promedio (cm)
1	2015	1,98
2	2016	3,66
3	2017	5,58
4	2018	7,90
5	2019	10,88
6	2020	13,62
7	2021	17,18
8	2022	21,08
9	2023	25,70

Figura 10

Crecimiento diamétrico promedio de árboles de Columbrina glandulosa

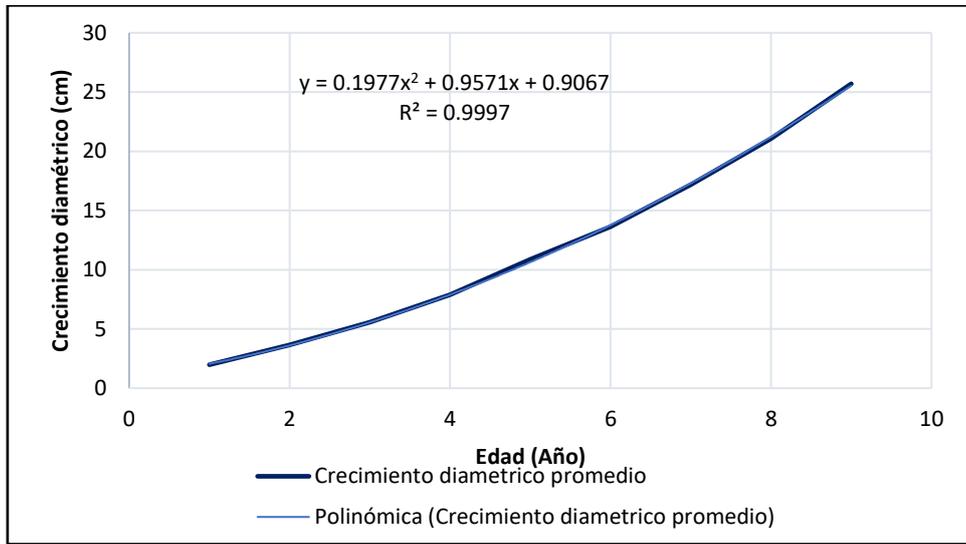


Tabla 7, figura 10, se puede visualizar el crecimiento total del árbol por año, este se encuentra en la fase de crecimiento rápido por ser un árbol de corta edad. El crecimiento se ajusta a una ecuación polinómica de segundo grado, mostrando un valor de, R^2 de 0,9997 en el sector de Huaranguillo.

- **Árboles procedentes de El Triunfo**

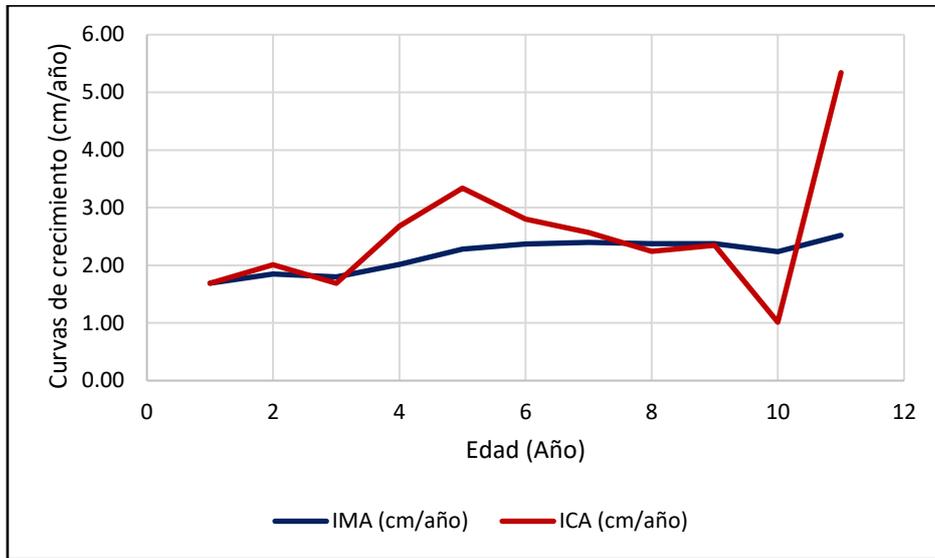
Tabla 8

Curvas de crecimiento promedio de árboles de Columbrina glandulosa

Edad	AÑO	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
1	2013	1,69	1,69
2	2014	1,85	2,01
3	2015	1,80	1,69
4	2016	2,02	2,68
5	2017	2,28	3,34
6	2018	2,37	2,80
7	2019	2,40	2,57
8	2020	2,38	2,24
9	2021	2,37	2,35
10	2022	2,24	1,01
11	2023	2,52	5,34
TOTAL			2,24

Figura 11

Curvas de crecimiento promedio de árboles de Columbrina glandulosa



En la tabla 8 y figura 11, se puede visualizar que las curvas de crecimiento van en incremento, lo cual quiere decir que el árbol todavía está creciendo en su fase de crecimiento rápido, no alcanzado su fase de adultez por eso es que las curvas se ven en crecimiento permanente en el sector de Triunfo.

Tabla 9

Curvas de crecimiento promedio de árboles de Columbrina glandulosa

Edad	AÑO	Crecimiento diámetro promedio (cm)
1	2013	1,69
2	2014	3,7
3	2015	5,39
4	2016	8,07
5	2017	11,41
6	2018	14,21
7	2019	16,78
8	2020	19,02
9	2021	21,37
10	2022	22,38
11	2023	27,73

Figura 12

Curvas de crecimiento promedio de árboles de Columbrina glandulosa

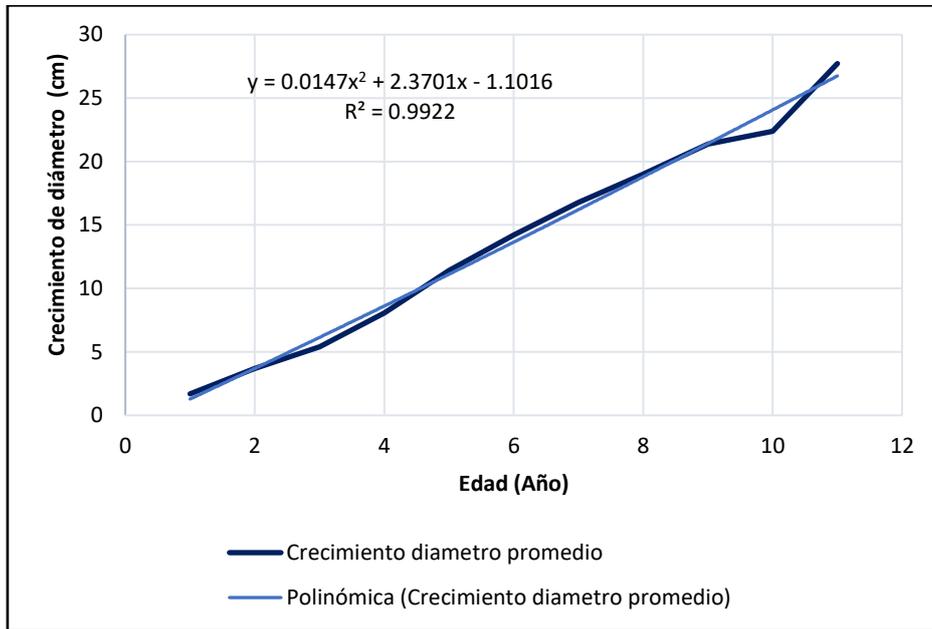


Tabla 9 figura 12, se puede visualizar el crecimiento total del árbol por año, este se encuentra en la fase de crecimiento rápido por ser un árbol de corta edad. El crecimiento se ajusta a una ecuación polinómica de grado dos con un valor R^2 de 0,9922 en el sector El Triunfo.

- **Comparación de resultados**

Tabla 10

Comparación de curvas de crecimiento de Columbrina glandulosa para ambos sectores

Sector	Curvas de crecimiento	
	ICA (cm DAP/año)	IMA (cm DAP/año)
El Triunfo	2,24	2,52
Huaranguillo	2,86	2,86

Figura 13

Comparación de curvas de crecimiento ICA de Colubrina glandulosa para ambos sectores



En la tabla 10 figura 13, se puede visualizar la tendencia de crecimiento para la especie en las dos altitudes para su ICA, se observa que el Sector de Huaranguillo tiene un ICA de 2,86 cmDAP/año, mientras que es Sector El Triunfo tiene un ICA de 2,24 cmDAP/año.

Figura 14

Comparación de curvas de crecimiento IMA de Colubrina glandulosa para ambos sectores



En la tabla 10 figura 14, se puede visualizar la tendencia de crecimiento para la especie en las dos altitudes para su IMA, se observa que el Sector de Huaranguillo tiene un IMA de 2,86 cmDAP/año, mientras que es Sector El Triunfo tiene un IMA de 2,52 cmDAP/año.

c. Ecuación de volumen de los árboles de *Colubrina glandulosa* Perkins

Tabla 11

Ecuaciones de volumen para ambos sectores

Sector	Modelo	Ecuación	R ²
Huaranguillo	Potencial	Vol. = 0,000200(DAP) ^{2,276342}	R ² = 0,91199
Triunfo	Polinómica 2 grado	Vol. = 0.0012(DAP) ² -0,0355(DAP)+0,3289	R ² = 0,9076

Figura 15

*Ecuación de volumen de los árboles de *Colubrina glandulosa* Perkins de Huaranguillo*

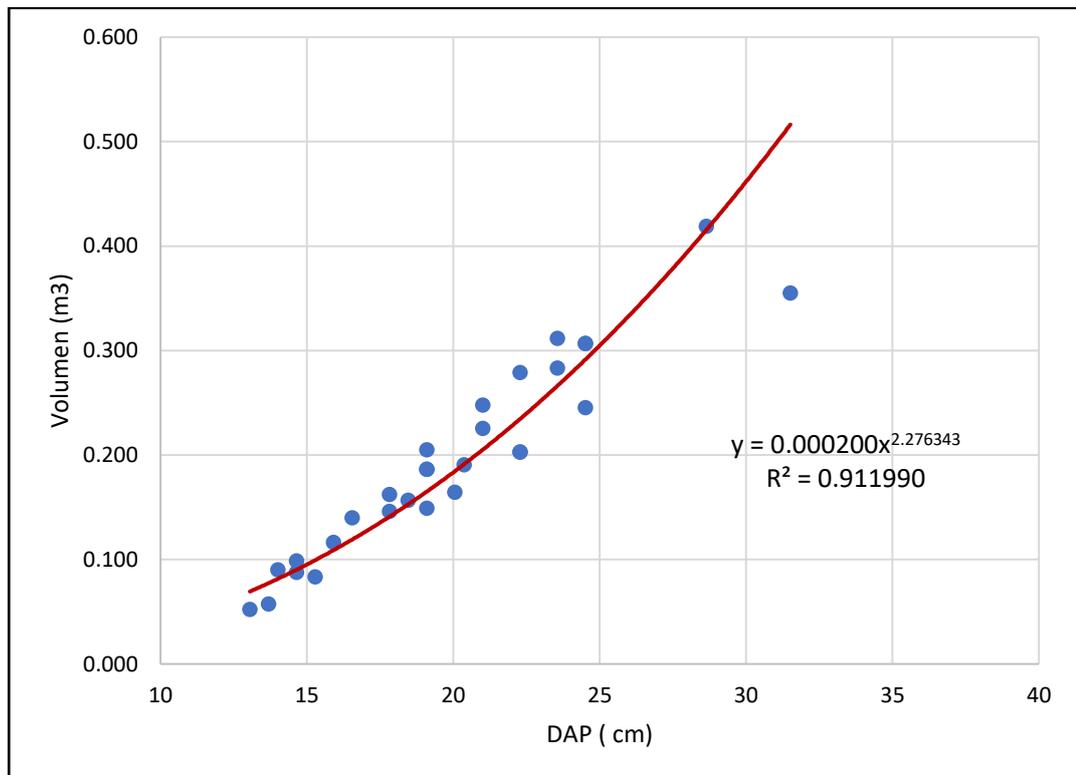
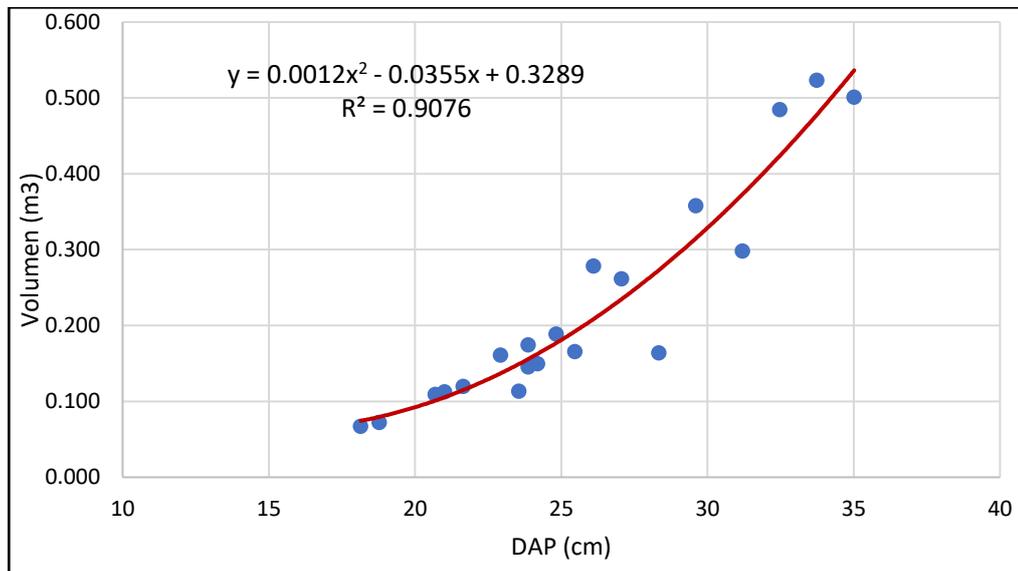


Figura 16

Ecuación de volumen de los árboles de Colubrina glandulosa Perkins de El Triunfo



En la tabla 11, se puede ver las curvas de volumen elaboradas que mejor ajuste tienen, siendo ligeramente superior el modelo potencial; sin embargo, el modelo polinómico de segundo también presenta un alto coeficiente de determinación. Ambos modelos cumplieron el requerimiento estadístico de ajuste para su uso en la proyección del volumen de los árboles *Colubrina glandulosa* Perkins. Si bien se obtuvieron dos modelos de volumen uno para cada sector, donde se ajustaban mejor; el modelo potencial es el que tiene mejor ajuste y por lo tanto puede ser considerado para estimaciones de volumen de la especie.

En la figura 15, se visualiza la regresión utilizada para obtener el modelo potencial, lo mismo que en la figura 16 se visualiza la regresión de la que se obtuvo el modelo polinómico de segundo grado.

- **Proyección de volumen por hectárea usando las ecuaciones de volumen**

Tabla 12

Estimación de volumen de parcelas agroforestales usando la ecuación de volumen

Sector	IMA (DAP/año)	N.º árbol/ha	Turno (año)	Vol./árbol (m³)	Vol./ha (m³)
El Triunfo	2,52	80	12	0,461	36,86
Huaranguillo	2,86	80	12	0,509	40,73

Figura 17

Proyección de volumen por árbol de Columbrina glandulosa usando la ecuación de volumen



Figura 18

Proyección de volumen por hectárea de Columbrina glandulosa usando la ecuación de volumen



En tabla 12 y las figuras 17 y 18, se muestran los volúmenes proyectados por árbol y por hectárea considerando una densidad de 80 árboles por hectárea al ser una plantación agroforestal, se usó la ecuación con mejor ajuste para cada sector, obteniéndose que para el Sector Huaranguillo el volumen que se estima es mayor al Sector El Triunfo. El turno de

corta de 12 años, se determinó dividiendo el diámetro recomendado para aprovechamiento de la especie que es 30 cm entre el IMA promedio, dando el valor de 11 a 16 años.

En la figura 17, se visualiza la proyección de volumen por árbol donde en el Sector de Huaranguillo los árboles alcanzan mayor volumen al tener un IMA superior. Y en la figura 18 se muestra el mismo resultado, pero expresado en volumen por hectárea.

4.1.2. *Propiedades físicas de la madera de Colubrina glandulosa Perkins*

a. **Propiedades físicas sector Huaranguillo**

Tabla 13

Propiedades físicas de la madera de Colubrina glandulosa Perkins del sector Huaranguillo

N.º	Propiedad física	Item	Valor	Norma de referencia
1	Densidad básica	X (g.cm ⁻³)	0,58	NTP 251.011:2014
		C.V. (%)	5,85	(Revisada el 2019)
2	Densidad anhidra	X (g.cm ⁻³)	0,68	NTP 251.011:2014
		C.V. (%)	8,80	(Revisada el 2019)
3	Densidad Verde	X (g.cm ⁻³)	0,91	NTP 251.011:2014
		C.V. (%)	4,85	(Revisada el 2019)
4	Contracción tangencial	X (%)	8,96	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	30,31	
5	Contracción Radial	X (%)	5,00	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	51,14	
6	Contracción Volumétrica	X (%)	13,77	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	28,26	
7	Relación CT/CR	Relación	2,42	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	57,84	
8	Humedad	X (%)	56,44	NTP 251.010:2014
		C.V. (%)	15,34	

En la tabla 13, se visualizan las propiedades físicas de la madera proveniente del sector Huaranguillo, y las normas técnicas que se siguieron para su determinación. Se ve las principales propiedades básicas como la densidad básica con un valor de 0,58 g.cm⁻³, la cual es una densidad media y hay que indicar que esta densidad los obtuvo el árbol estando aun en su fase de crecimiento acelerado (muy joven) por lo que se espera de que este valor mejore

cuando el árbol logre su total desarrollo. Otra propiedad a resaltar es la relación CT/CR que obtuvo un valor de 2,42, este valor indica que la madera es muy inestable y puede generar problemas al momento del secado como alabeos, grietas y rajaduras.

b. Propiedades físicas sector El Triunfo

Tabla 14

Propiedades físicas de la madera de Colubrina glandulosa Perkins del sector El Triunfo

N.º	Propiedad física	Ítem	Valor	Norma de referencia
1	Densidad básica	X (g.cm ⁻³)	0,54	NTP 251.011:2014
		C.V. (%)	6,13	(Revisada el 2019)
2	Densidad anhidra	X (g.cm ⁻³)	0,63	NTP 251.011:2014
		C.V. (%)	8,98	(Revisada el 2019)
3	Densidad Verde	X (g.cm ⁻³)	0,84	NTP 251.011:2014
		C.V. (%)	5,05	(Revisada el 2019)
4	Contracción tangencial	X (%)	9,26	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	28,83	
5	Contracción Radial	X (%)	5,11	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	49,32	
6	Contracción Volumétrica	X (%)	14,18	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	26,97	
7	Relación CT/CR	Relación	2,34	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	52,94	
8	Humedad	X (%)	58,05	NTP 251.010:2014
		C.V. (%)	15,94	

En la tabla 14, se visualizan las propiedades físicas de la madera proveniente del sector El Triunfo, y las normas técnicas que se siguieron para su determinación. Se ve las principales propiedades básicas como la densidad básica con un valor de 0,54 g.cm⁻³ que es ligeramente menor que la que se obtuvo en el sector de Huaranguillo, la cual es una densidad media y hay que indicar que esta densidad la obtuvo el árbol estando aun en su fase de crecimiento acelerado (muy joven) por lo que se espera de que este valor mejore cuando el árbol logre su total desarrollo. Otra propiedad a resaltar es la relación CT/CR que obtuvo un valor de 2,32 que es ligeramente menor a la que se obtuvo en el sector de Huaranguillo, este

valor indica que la madera es muy inestable y puede generar problemas al momento del secado como alabeos, grietas y rajaduras.

c. Comparación de las propiedades físicas

Tabla 15

Propiedades físicas de la madera de Colubrina glandulosa Perkins de ambos sectores

Sector	Propiedades físicas		
	Densidad básica (g/cm ³)	Contracción volumétrica (%)	Humedad (%)
El Triunfo	0,54	14,18	58,05
Huaranguillo	0,58	13,77	56,44

Figura 19

Densidad básica de la madera de la madera Colubrina glandulosa Perkins para ambos sectores

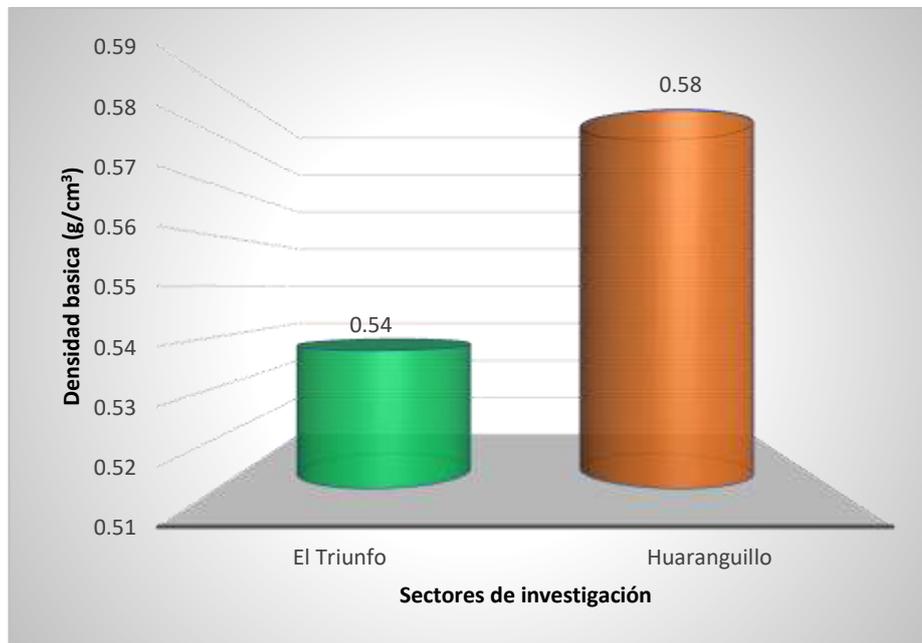


Figura 20

Contracción volumétrica de la madera de la madera Colubrina glandulosa Perkins para ambos sectores



Figura 21

Humedad de la madera de la madera Colubrina glandulosa Perkins para ambos sectores



En la tabla 15 figuras 19, 20 y 21, se visualiza la comparación de las propiedades físicas de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins, donde puede verse que la madera proveniente del sector Huaranguillo presenta valores ligeramente superiores de densidad básica. En cuanto a la concentración volumétrica se visualiza que en el sector El Triunfo presentan valores ligeramente más altos; así mismo en la humedad se visualiza que el sector El Triunfo presenta valores ligeramente más altos.

d. Fertilidad del suelo con crecimiento con densidad básica

Tabla 16

Comparación de la fertilidad de macronutrientes del suelo con crecimiento (IMA Densidad básica)

Sector	N ppm	P ppm	K ppm	MO ppm	IMA	DB
El Triunfo	17	1,5	59	0,7	2,52	0,54
Huaranguillo	31,5	75	25	2,5	2,86	0,58

Nota. Datos tomados de los análisis de suelos OIKOSLAB 2023

Figura 22

Comparación de nitrógeno del suelo con IMA del árbol y DB de la madera

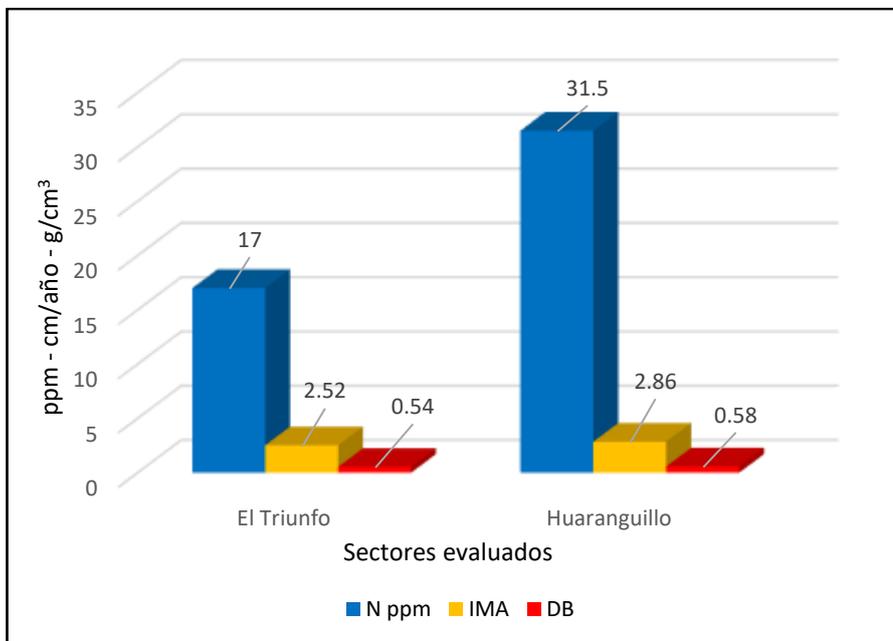


Figura 23

Comparación de fósforo del suelo con IMA del árbol y DB de la madera

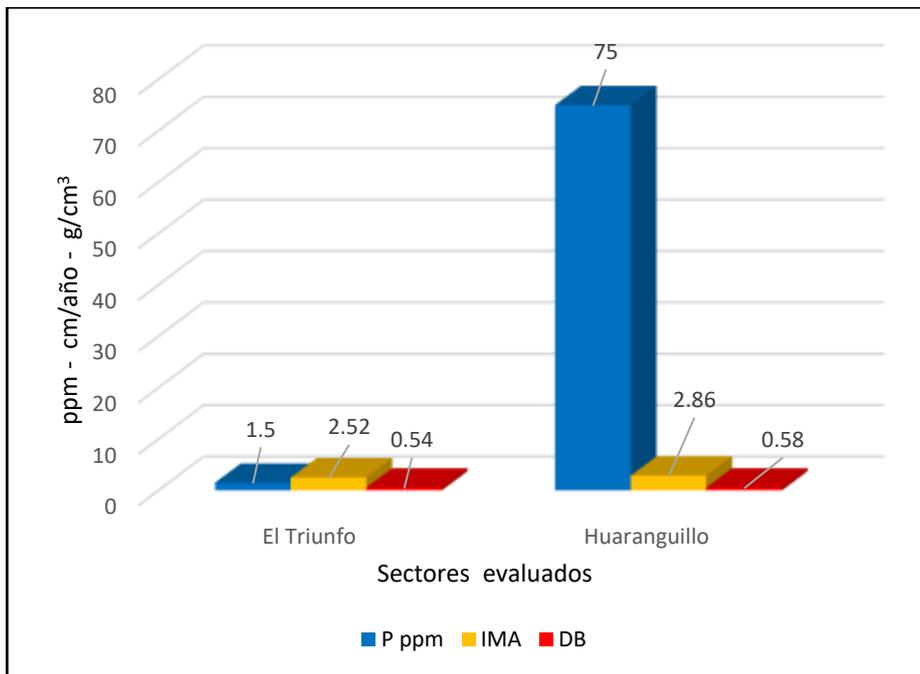


Figura 24

Comparación de potasio del suelo con IMA del árbol y DB de la madera

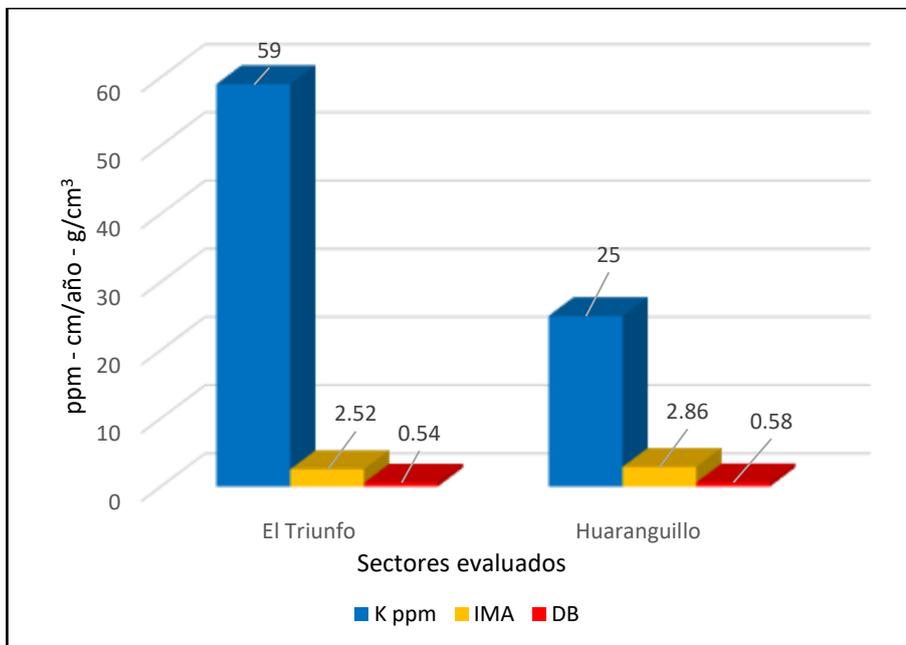
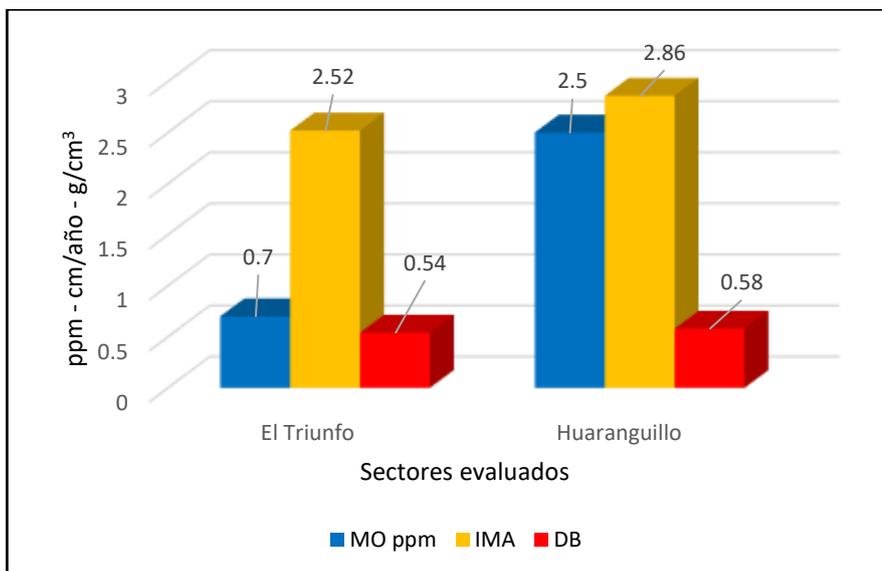


Figura 25

Comparación de materia orgánico del suelo con IMA del árbol y DB de la madera



En la tabla 16 y figuras 22, 23, 24 y 25, se puede visualizar los nutrientes que están presentes en el suelo de los dos sectores evaluados, mostrándose que para los nutrientes NPK son mayores para el sector de Huaranguillo, esto tienen una relación directa con el crecimiento expresado en el IMA y los valores de la densidad básica

4.1.3. Calidad de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins y usos posibles

Para determinar la calidad de la madera y sus usos posibles, se comparó los resultados de las propiedades físicas con tablas de clasificación reconocidas y validadas como las que se muestran a continuación.

Tabla 17

Clasificación de las especies, según la densidad básica de la madera

Grupo	Densidad básica (g/cm ³)	Clase
I	Menor a 0,30	Muy baja (MB)
II	0,30 – 0,40	Baja (B)
III	0,41 – 0,60	Media (ME)
IV	0,61 – 0,75	Alta (AL)
V	Mayor a 0,75	Muy alta (MA)

Nota. Clasificación promedio para las especies tropicales de los países del Grupo Andino. Tomado de JUNAC (1984)

En la tabla 17, se muestra la clasificación de las maderas según la densidad básica, esta clasificación la realizó la Junta del Acuerdo de Cartagena para las maderas tropicales de los países del Grupo Andino. Por lo que esta clasificación es la más apropiada para considerar en maderas provenientes de bosques tropicales.

Tabla 18

Clasificación de las especies, según la relación de contracciones de la madera

Valor de coeficiente de anisotropía	Aplicación de la madera
1, ideal NO EXISTE	Alteración idéntica de las dimensiones Rd y Tg
1,2 – 1,5	Excelentes. Aplicaciones sin alabeos
1,6 – 1,9	Normal
> 2	Restringe varias aplicaciones

Nota. Clasificación de las maderas según su coeficiente de anisotropía. Tomado de Martínez y Vignote (2005).

En la tabla 18, se muestra la clasificación de las maderas de acuerdo al coeficiente de anisotropía o relación entre la contracción tangencial y contracción radial. Esta relación es una propiedad muy importante porque nos indica el comportamiento que tiene la madera durante el proceso de secado e inclusive durante el trabajo industrial.

Tabla 19

Usos posibles de la madera de acuerdo a la densidad básica

Usos	Densidad básica g/cm ³	0,32 – 0,50 g/cm ³	0,33 – 0,64 g/cm ³	0,38 – 0,73 g/cm ³
Construcción en general		X	X	
Muebles, caballetes, encofrados				X
Cajas, cajones, techos		X		
Aglomerados, pulpas		X	X	
Postes telefonía, cercas, energía eléctrica		X	X	X
Biombos, abanicos, puertas			X	
Estructuras, quioscos, parques		X		
Papel Kraft		X	X	
Tableros, madera-cemento- fibrocemento		X		X
Mango de herramientas				X
Juguetería, vigas				X
Carpintería, ebanistería, pisos			X	X
Artesanías		X	X	X

Nota. Se muestran intervalos de densidad básica para los usos. Tomado de Chicaiza Aucancela (2022, p. 46).

En la tabla 19, se puede ver el uso propuesto de la madera de acuerdo a los intervalos de la densidad básica de las maderas, puede visualizarse tres intervalos de densidades, maderas de densidad baja, maderas de densidad media y un tercer intervalo para maderas de densidad alta, considerando la alta variabilidad de las propiedades físicas de las maderas de especies tropicales. Cabe resaltar que los usos pueden utilizar maderas de más de un intervalo, siendo muy pocos usos que toman en cuenta de manera exclusiva un solo intervalo. Los usos, pueden ser diversos aún estén en una misma categoría, y eso explica, porque un tipo de uso puede tener más de un intervalo de densidad básica; por ejemplo, en el uso construcciones, la madera puede ser usada como estructural en la construcción, en ese caso se necesita el intervalo de densidad más alto; sin embargo, también puede ser usada como cerramientos, en paredes o divisiones, en cuyo caso se necesita una madera más liviana para no generar mucha carga a la estructura; por lo que en una misma construcción puede haber maderas de diferentes densidades y por ende diferentes especies.

Tabla 20

Grupos según densidad básica para maderas latifoliadas

Grupo	Densidad Básica (g/cm³)
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55
D	0,36 a 0,39

Nota. Los grupos son para uso estructural. Tomado de RNE - E.010 Madera (Misterio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021)

En la tabla 20, se visualiza la clasificación de la madera para uso estructural de acuerdo a su densidad básica. Los valores más altos indican que son especies con maderas más óptimas para uso estructural. La norma mencionada, establece una clasificación de las especies de acuerdo su uso como madera estructural, generando cuatro grupos, los cuales seleccionan las maderas para un uso u otro dentro de una construcción con madera, como pueden ser vigas, columnas, paneles, cerramientos, recubrimientos entre otros.

Tabla 21

Usos estructurales de la madera de acuerdo a sus propiedades físicas y otras propiedades

Usos	Propiedades de la madera
Soporte de Minas	<ul style="list-style-type: none"> • Peso específico medio. • Madera semi dura
Obras de Interiores	<ul style="list-style-type: none"> • Contracción volumétrica 12% • Relación T/R 1.7
Maderas de Construcción Estructuras	<ul style="list-style-type: none"> • Peso específico 0.59 • Contracción volumétrica 12% • Buen comportamiento al trabajo
Carpintería de obras	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad dimensional • Liviana moderadamente pesada
Durmientes	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad media a alta • Estabilidad dimensional
Mangos de Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> • Peso específico 0.59 • Fácil de trabajar
Carrocerías	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad dimensional • Peso específico 0.59 • Peso específico medio
Postes	<ul style="list-style-type: none"> • Árboles de conformación cilíndrica, de fustes largos y rectos.

Nota. Los usos son estructurales. Tomado de Mendoza Tovar, (2008, p. 61)

En la tabla 21, se muestran usos estructurales de la madera de acuerdo a las propiedades físicas y otras propiedades, como puede verse la densidad que se requiere es media o alta y muy alta, por lo que se puede considerar el posible uso de la especie evaluada como estructural.

Tomando en cuenta la información mostrada en las tablas 17 a 21, se analizará de acuerdo a las propiedades físicas más importantes, los posibles usos y calidad de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins, para eso a continuación se muestran los valores de las propiedades físicas de densidad básica y coeficiente de anisotropía.

Tabla 22

Propiedades físicas importantes de Colubrina glandulosa Perkins

Sector	Propiedades físicas	
	Densidad básica (g/cm ³)	Relación CT/CR
El Triunfo	0,54	2,34
Huaranguillo	0,58	2,42
Promedio	0,56	2,38

En la tabla 22, se ven dos propiedades físicas de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins, la densidad básica y la relación contracción tangencial – contracción radial, se ha tomado estas dos propiedades físicas por ser las más importantes para determinar los usos potenciales de la madera, así como su calidad, al menos a nivel de secado y trabajo industrial.

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 22, y en virtud a las tablas 17 a 21, se detalla a continuación algunos usos posibles de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins y calidad.

- Considerando la tabla 17, 19 al 21, la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins, tiene una densidad básica media, perteneciente al grupo III, según la JUNAC, mientras que según la norma E-010 del RNE, se trata de una madera del grupo B, esto le da un potencial uso como madera estructural, y según lo mostrado en la tabla 19, se encontraría en el tercer grupo o intervalo, siendo posible usarlo en construcciones en general, carpintería, postes, pisos, mangos de herramientas entre otros.
- De acuerdo a la tabla 21, y tomando en cuenta las propiedades físicas de *Colubrina glandulosa* Perkins, los usos estructurales van a estar restringidos, debido a su poca estabilidad que tendría la madera, de acuerdo a esto, los usos probables serían soporte de minas, maderas de construcción de estructuras, mangos de herramientas y postes.
- La tabla 18, que establece la clasificación de la madera de acuerdo al coeficiente de anisotropía, ubicaría a la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins en un uso restringido para varias aplicaciones. Como el valor es mayor a 2 del coeficiente de anisotropía, la madera de esta especie es inestable, lo que se manifestará en defectos al momento del secado o maquinado, defectos como alabeos y grietas o rajaduras, son de esperarse. Este comportamiento le quita calidad a la madera de la especie evaluada, siendo difícil su secado y maquinado, al mismo tiempo que limita sus usos
- De acuerdo a lo descrito en el ítem anterior, la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins se ve limitada para su uso en carpintería, ebanistería, carpintería de interiores, carrocerías, durmientes; ya que estas aplicaciones, exigen estabilidad dimensional de la madera, y la especie no va a tenerlo.
- Otro problema que acarrea el coeficiente de anisotropía superior a 2, es el proceso de secado en cámara, para esto se necesita seguir un protocolo de secado muy exigente, lo que elevaría los costos de la madera. El secado en cámara es obligatorio para el uso como parquet o similares, carpintería industrial, carpintería de interiores entre otros, por lo que

quedaría restringida de esos usos. Sin embargo, puede realizarse el secado natural de piezas de madera de mayor dimensión para su uso en carpintería de obra o estructuras en construcción, minería, postes; en estos usos, los defectos generados por el secado no restringen su uso.

4.2. Discusión

Luego de concluida la implementación de la investigación, y obtenido los resultados, se logró responder a la pregunta de investigación planteada, se determinó como es el crecimiento y las propiedades físicas de la madera de la especie *Colubrina glandulosa* Perkins en dos altitudes diferentes, así mismo se logró cumplir con los objetivos específicos planteados. De manera general, se obtuvo que el crecimiento de la especie estudiada fue mejor a mayor altitud, de la misma manera las propiedades físicas expresadas en la densidad básica fueron más alta en la mayor altitud. Durante la ejecución de la investigación, se logró superar todos los inconvenientes y limitaciones que se presentaron y se identificaron en la formulación del proyecto de investigación; sin embargo, esto trajo una extensión del cronograma de actividades propuesto. Los resultados obtenidos y alineados de acuerdo a los objetivos específicos planteados, son discutidos a continuación tomando en cuenta otros investigadores que previamente estudiaron la realidad problemática de la presente investigación.

En cuanto a lo planteado en el primer objetivo, se obtuvieron crecimientos diamétricos de 2,86 cm DAP/año, para la especie, a una altitud de 1370 m s.n.m., y de 2,52 cmDAP/año para la especie instalada a una altitud de 900 ms.n.m. estos crecimientos están expresados en términos del IMA diamétrico; sin embargo, se obtuvieron crecimientos corrientes máximos de 4,62 para la altitud de 1370 m s.n.m. y de 5,34 cm DAP/año para la altitud de 900 m s.n.m., estos crecimientos nos indican que a mayor altitud, la especie ha logrado un crecimiento promedio más alto, mientras que a altitudes más bajas, tiene crecimientos anuales que alcanzan valores más bajos. Por su parte Humano (2020), encontró que a menor altura, los árboles crecen más lento, ya que para similares especies encontró crecimientos de 0,58 cm DAP/año, pero a altitudes de 400 m s.n.m. esta disminución del crecimiento promedio anual, se debe entre otras cosas a una disminución de la humedad ambiental en términos de precipitación; el autor también relaciona el crecimiento con el turno de corta, y establece valores de 30 a 135 años; mientras que si tomamos como diámetro de corta para la especie de 40 cm, se tendría que para la investigación realizada en el presente

trabajo de investigación, el turno sería de 14 años aproximadamente. Por su parte Sánchez (2010), encontró un crecimiento diamétrico de 1,04 cm DAP/año para la especie *Columbina glandulosa*, esta evaluación se realizó en árboles provenientes de una plantación a 400 m s.n.m., este valor es más cercano al obtenido en la presente investigación, y la diferencia en el crecimiento se debe a que las parcelas evaluadas en la presente investigación son parcelas agroforestales con café, las mismas que reciben abonamientos, mientras que las que evaluó el investigador, son plantaciones puras para recuperar suelos degradados, los mismos como es de esperarse son pobres en nutrientes; sin embargo muy a pesar de esto la especie logra un crecimiento diamétrico bueno aún en este tipo de suelos. De igual manera Machado De Moraiz et al. (2019), en la investigación realizada, encontraron que la especie en estudio alcanzó un crecimiento diamétrico de 2,73 cm DAP/año, ligeramente superior a lo encontrado, esta investigación se llevó a cabo a una altitud aproximada de 700 m s.n.m., en una zona húmeda del bosque tropical en Brasil.

Para determinar el crecimiento volumétrico, se elaboraron ecuaciones volumétricas o modelos volumétricos, obteniéndose un modelo polinómico de segundo grado con un valor de $R^2 = 0,908$ y un modelo potencial con un valor de $R^2 = 0,912$; ambas ecuaciones tienen valores de ajuste altos y pueden ser utilizadas indistintamente; sin embargo se utilizó el mejor ajuste es decir el modelo potencial, para estimar el crecimiento volumétrico del árbol y por hectárea, encontrándose que para el sector ubicado a 1370 m s.n.m., se alcanza un volumen de $0,509 \text{ m}^3$, mientras que para el sector ubicado a 900 m s.n.m., se alcanza un volumen de $0,961 \text{ m}^3$ por árbol, cuanto al volumen por hectárea, se estima para el sector de mayor altitud un volumen de $40,73 \text{ m}^3/\text{ha}$, y para el sector de menor altitud se estima un volumen de $36,86 \text{ m}^3/\text{ha}$, para esto se consideró un turno de 12 años en función al IMA diamétrico obtenido, y de acuerdo a los modelos agroforestales de café un promedio de 80 árboles por hectárea. Machado De Morais et al., (2019), encontraron un crecimiento volumétrico de $0,0261 \text{ m}^3/\text{año}$ para árboles de la especie evaluada, lo que a un turno de 12 años y con una densidad similar a la propuesta en el presente estudio alcanzaría un volumen por hectárea de $25,056 \text{ m}^3$, los volúmenes estimados son similares a los obtenidos en la presente investigación, sin embargo, al tratarse de una plantación pura, no logra un crecimiento mayor como si se logra en un sistema agroforestal. Por su parte Del Castillo (2003) en una evaluación de bosque secundario, encontró una abundancia promedio de 1012 árboles a nivel de latizal por hectáreas, con un volumen promedio de $35,50 \text{ m}^3/\text{ha}$, este

volumen a pesar de ser parecido al encontrado en la presente investigación, se debe sobre todo al elevado número de árboles por hectárea, porque el volumen individual es muy pequeño por ser latizales.

En cuanto al segundo objetivo de determinar las propiedades físicas de la madera de *Colubrina glandulosa*, se determinó que la densidad básica de la madera es de 0,58 g/cm³ para los árboles provenientes de 1 370 m s.n.m. y de 0,54 m s.n.m. para los árboles provenientes de 900 m s.n.m.; mientras que la contracción volumétrica fue de 13,77 % para los árboles provenientes de mayor altura y de 14,18 % para los árboles provenientes de menor altura. Puede verse que la densidad es mayor ligeramente en los árboles que provienen de mayor altura, mientras que, por el contrario, estos árboles tienen menor contracción volumétrica, aunque esta diferencia es mínima. Una propiedad física muy importante para el uso de la madera es el coeficiente de anisotropía o también llamado relación entre la contracción tangencial y contracción radial, en este caso la madera proveniente de mayor altitud tiene un coeficiente de 2,42 y la proveniente de menor altitud tiene un coeficiente de 2,34, en principio, ambos coeficientes indican que la madera es inestable y por lo tanto puede ser difícil de trabajar o maquinarse en la industria, en especial durante el secado en cámara; sin embargo, la madera que proviene de mayor altitud es al mismo tiempo más inestable. Esto se debe a su crecimiento más rápido (IMA), lo que le ha permitido formar mayor proporción de madera juvenil. Del Castillo (2003), encontró en su investigación una densidad básica de 0,37±0,06 g/cm³, estos árboles fueron evaluados de un bosque secundario, donde la edad promedio era de 6,5 años, esto justifica que la densidad sea menor a la encontrada en la presente investigación.

Finalmente se realizó una comparación entre los nutrientes encontrados en el suelo obtenido de las plantaciones y el crecimiento y densidad básica de la madera; en cuanto al crecimiento, se encontró que la relación es directa a la concentración de nitrógeno, fósforo y materia orgánica mientras que es inversa para la concentración de potasio, como es de esperarse, al ser el suelo más rico en nutrientes, en especial de nitrógeno, promueve un mayor crecimiento vegetativo del árbol. Por su parte Quinto-Mosquera & Moreno-Hurtado (2022), encontraron que, al relacionar el crecimiento diamétrico de los árboles en una masa forestal, estos mantenían una relación directa con la materia orgánica y nitrógeno del suelo, sin embargo, la relación era inversa con fósforo, e indiferente con potasio, los investigadores también encontraron que no solo la ausencia de algunos nutrientes es limitante para el

crecimiento del árbol, sino también la abundancia de algunos de ellos. En cuanto a la relación de densidad básica y nutrientes del suelo, se encontró que esta tiene una relación directa también con los nutrientes nitrógeno, fósforo y materia orgánica, mientras que es inversa para el caso del potasio. De igual manera Quinto-Mosquera & Moreno-Hurtado (2022), en su investigación sostienen que las especies de densidad baja de su madera son más dependientes de suelos ricos en materia orgánica y nitrógeno, mientras que las especies de madera de densidad media, son más dependientes de suelos ricos en materia orgánica, nitrógeno y magnesio.

En cuanto al tercer objetivo, se relacionó las clasificaciones de las maderas según las propiedades físicas más importantes como son la densidad básica y el coeficiente de anisotropía, con los resultados obtenidos en la investigación para establecer los posibles usos y la calidad de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkin; de acuerdo a esto se estableció que la madera de esta especie es principalmente para uso estructural en construcciones en general, carpintería de obra, pisos. Otros usos recomendados son soportes y durmientes en minas, postes y mangos de herramientas. En cuanto a su calidad, debido a tener un coeficiente de anisotropía alto, mayor a 2, la madera de la especie investigada tiene limitaciones en su uso, debido a inestabilidad dimensional, lo que se puede acentuar al secar en cámara la madera; de acuerdo a esto la madera se ve limitado para uso como carpintería, carpintería industrial, ebanistería, carrocerías, entre otras aplicaciones que exigen una alta estabilidad dimensional. Investigadores como Lava et al. (2019), establecen que especies forestales de las mismas propiedades físicas tienen usos similares como por ejemplo la copaiba *Copaifera officinalis*, que tiene una densidad básica de $0,61 \text{ g/cm}^3$, y un coeficiente de anisotropía de 2,3, recomiendan el uso de la madera para construcción de viviendas, muebles de interiores y carpintería (principalmente gabinetes), embalajes, durmientes y molduras, localmente se emplea para artesanías; los autores también manifiestan que la madera tiene un secado natural moderadamente lento debido al coeficiente de anisotropía alto; así mismo, los investigadores mencionan a la especie *Quararibea cordata*, conocido en la selva peruana como Zapote, esta especie si bien tiene una densidad básica menor, tiene un coeficiente de anisotropía de 2,35, muy similar al de la especie estudiada en la presente investigación, para este caso, los autores recomiendan un uso en carpintería de obra, encofrados, cajonería y mueblería; además mencionan que para secar en horno a la madera de esta especie se debe utilizar un programa moderado a pesar de su densidad media.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se estableció el crecimiento diamétrico y volumétrico de los árboles de *Colubrina glandulosa* Perkins; encontrándose que el incremento corriente anual fue de 2,24 cmDAP/año para el sector ubicado a 900 m s.n.m y de 2,86 cm DAP/año en el sector ubicado a 1 370 m s.n.m; así mismo el incremento medio anual fue de 2,52 cmDAP/año para el sector ubicado a 900 m s.n.m y de 2,86 cm DAP/año, para el sector ubicado a 1 370 m s.n.m; de la misma manera el volumen establecido con el modelo potencial fue de 0,461 m³ por árbol y 36,86 m³ por hectárea en el sector del Triunfo y en Huaranguillo fue de 0,509 m³ por árbol y 40,73 m³ por hectárea.

Se determinó las propiedades físicas de densidad básica con un valor de 0,58 g/cm³ a una altitud de 1 370 m s.n.m y 0,54 g/cm³ a una altitud de 900 m s.n.m; así mismo el contenido de humedad obtuvo valores de 56,44 % a 1 370 m. s.n.m y 58,05 % a 900 ms.n.m y el coeficiente de anisotropía fue de 2,42 a 1 370 m s.n.m y 2,34 a una altitud de 900 ms.n.m de la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins.

Se determinó la calidad de la madera en función a sus propiedades físicas y posibles usos, estableciéndose que, por su densidad, la madera de *Colubrina glandulosa* Perkins puede utilizarse como estructural, en construcciones en general, postes, soporte y durmientes de mina, carpintería de obra; debido al alto coeficiente de anisotropía, la madera tiene limitaciones en secado, uso en ebanistería, carpintería y carpintería industrial.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a los programas de reforestación, empresas reforestadoras, instituciones públicas y privadas que se dedican a la actividad de reforestación, considerar la especie *Colubrina glandulosa* Perkins por tener un crecimiento y propiedades físicas adecuadas para diversos usos como estructural, construcción, pisos, postes, soportes y durmientes de minas y carpintería de obra.

Se recomienda a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, promover la investigación en especies introducidas por los programas de reforestación para establecer a nivel local sus propiedades dendrométricos, silviculturales, tecnológicas y generar recomendaciones de uso.

A los estudiantes egresados de la Escuela de Ingeniería Forestal realizar sus investigaciones de tesis en *Colubrina glandulosa* Perkins para complementar los conocimientos sobre silvicultura, ecología, regeneración, industrialización entre otros con el fin de generar conocimiento aplicado que sea de utilidad para las instituciones que se dedican a la reforestación.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Ruiz, Y. (2014). *Determinación de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de Senefeldera inclinata. Mart (Huangana caspi) procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú: Repositorio Institucional UNAS.
<https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/604/T.FRS-206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bustos Bolaños, J. J. (2020). *Propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden procedente de la estación experimental La Favorita, Santo Domingo de los Tsachilas*. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador: Repositorio Digital UTN.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10120/2/03%20FOR%20293%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Cajo López, J. A. (2022). *Determinación de densidad básica de tres especies forestales maderables del área de conservación municipal "Bosque Huamantanga" utilizando método indirecto, Jaén - Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias . Jaén, Perú: Repositorio Institucional UNC.
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5252>
- Campos Barreton, M. F. (2021). *Anatomía y propiedades físico mecánicas de Polylepsis sp. En plantaciones de ladera – Colpar, Quilcas, Huancayo*. Tesis para obtener Título de Ingeniero Ambiental y Forestal, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Huancayo, Perú.
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6920/T010_46769113_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Campos Wellmann, A. C. (2015). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Pinus maximinoi H. E. Moore; Cobán, Alta Verapaz*. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala: Repositorio Institucional URL.
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/22/Campos-Christian.pdf>

- Céspedes Medina, J. A., & Gaitán Rivera, J. N. (2020). *Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de las especies de madera de acacia, eucalipto y pino caribe*. Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil . Villavicencio, Colombia: Repositorio Institucional. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21701/2020jeniffercespedes?sequence=4&isAllowed=y>
- Chicaiza Aucancela, M. R. (2022). *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas entre las especies arbóreas estudiadas: Platanero, Pino caribe y Pino patula*. Riobamba : Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8879/1/1.%20Tesis%20Final.pdf>
- Del Castillo Ugarte, R. C. (2003). *"Cuantificación de biomasa aérea en plantaciones forestales de shaina Colubrina glandulosa Perkins en la región San Martín - Perú*. Tarapoto: Universidad Nacional De San Martín . https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/790/1/TP-K10_C29.pdf
- Delgado Cerquera, O. R., & Correa Milián, C. N. (2019). *Dendrocronología En Árboles De Laurel (Cordia alliodora (Ruiz & Pavón.) Oken) Bajo Sistemas Agroforestales En San Ignacio – Cajamarca*. Universidad Nacional de Jaén, Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental. Jaén, Perú: Repositorio Institucional Unj. Obtenido de http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/146/1/Delgado_CORP_Correa_MCN.pdf
- Fasanando Gonzales, K. V. (2023). *Influencia de los niveles del fuste en las propiedades físicas de la madera de marupa (Simarouba amara Aubl.) de una plantación de 11 años de edad en Pucallpa*. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales . Pucallpa, Perú: Repositorio Institucional UNU. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6055/B3_2023_UNU_FORESTAL_2023_T_KORI-FASANANDO_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Garzón Flores, B. H. (2022). *Determinación de las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad de Chrysophyllum Argenteum Jacq., parroquia Santa Rita, provincia de Esmeraldas*. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales . Ibarra, Ecuador: Repositorio Digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12773/2/03%20FOR%20348%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

- Gerra Guerra, B. A. (2023). *Modelación del crecimiento diamétrico de Pinus radiata D. Don y Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl. en el Departamento de Junín, a través de técnicas Dendrocronológicas*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UNCP.
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8931/T010_72451488_T%20%20%20%20%20Brayan%20Guerra_compressed.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Global Hazelnuts. (2021). *Condiciones edafoclimáticas y post cosecha*. Grupo Avexa: <https://globalhazelnuts.cl/condiciones-edafoclimaticas-y-post-cosecha/#:~:text=Las%20condiciones%20edafoclim%C3%A1ticas%20se%20refieren,presentan%20en%20diversas%20zonas%20geogr%C3%A1ficas>.
- Hoadley, R. B. (2017). *Wood: Types, Properties, and Uses* (tercera ed.). Storey Publishing.
- Huamán Yaurivilca, 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*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Perú: Repositorio Institucional INIA.
<https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/367/1/Huam%c3%a1n-%20comportamiento%20inicial.pdf>
- Huamán Yaurivilca, H. (2021). Crecimiento inicial de seis especies forestales nativas en el departamento de Cusco, Perú. *Quebracho*, 29(2), 102-110. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/481/48172242003/html/>
- Humano, C. A. (2020). Modelado del crecimiento de especies nativas forestales de la Selva Pedemontana de Yungas, Argentina. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 28(1), 5 - 19. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262020000100005
- JNAC. (1984). *Manual de diseño para maderas del grupo Andino* (Junta del Acierdo de Cartagena ed.). Lima, Perú.
- Lara Quispe, M., & Salvador Matos, C. (2019). *Anatomía, propiedades físicas y poder calorífico de Kageneckia lanceolata Ruiz & Pav y Buddleja incana Ruiz & Pav. Distrito de Colca - Junín*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional

- UNCP.
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5965/T010_48284137_T_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lava, E., Pacheco, C., Rivero, M., Trujillo, G., & Senosaín, Y. (2 de septiembre de 2019). *PROMPERÚ*. boletines.exportemos.pe:
<https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/CATALOGO%20DE%20MADERAS%20-%20espa%C3%B1ol.pdf>
- Lozano, L. A., Franco O., N., & Bonilla V., J. L. (2012). Estimación del crecimiento diamétrico de *Anacardium excelsum* (Kunth) Skeels, por medio de modelos no lineales, en bosque naturales del departamento de Tolima. *Boletín Científico*, 16(1), 19 - 32. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n1/v16n1a02.pdf>
- Machado de Morais, V. T., Goncalves Jacovine, L. A., Moreira Miquelino, C., Boaventura Bernardes, E., Nogueira de Paiva, H., Alcántara de la Cruz, R., & Cola Zanuncio, J. (diciembre de 7 de 2019). Evaluación temprana de especies de árboles con potencial para plantaciones de compensación de carbono en áreas degradadas del sudeste de Brasil. *ELSERVIER*, 98, 854 - 860.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X18309373>
- Martínez Rojas, Isaac y Vignote Peña, Santiago (2005), Tecnología de la madera. Tercera edición. Mundo Prensa Libros. ISBN 84-8476-263-7. España. 678 pág.
- Mendoza Hernández, M. (2015). *Incremento diamétrico de cinco especies arbóreas con potencial maderable del bosque mesófilo de Montaña en el centro de Veracruz*. Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones Forestales, Veracruz, México.
<https://www.uv.mx/mcef/files/2018/04/Tesis.pdf>
- Mendoza Tovar, Y. G. (2008). *"Anatomía y propiedades físico-mecánicas del Eucalyptus torreliana. Muell"*. Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú.
- Ministerio de Educación Pública. (2022). *Elementos y Factores del Clima*. Gobierno de Costa Rica.
https://www.mep.go.cr/sites/default/files/recursos/recursos-interactivos/clima_tiempo/pdf/elementos_y_factores_del_clima.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Norma Técnica E. 010 Madera del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2079964/NORMA%20T%C3%89CNICA%20E.010%20MADERA%20DEL%20REGLAMENTO%20NACIONAL%20DE%20EDIFICACIONES.pdf>

- Murga-Orrillo, H., Coronado Jorge, M. F., Abanto-Rodríguez, C., & De Almeida Lobo, F. (2021). Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales. *Madera y bosques*, 27(3). <https://www.redalyc.org/journal/617/61770807018/html/>
- Ordoñez García, P. K., & Lugo Chávez, Y. K. (2016). *Estructuras de madera aplicada al sector de la construcción en Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima, Perú: Repositorio Institucional PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6834/ORDO%20C3%91EZ_PATRICIA_LUGO_YESSENIA_ESTRUCTURAS_MADERA_APLICADAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia. <https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>
- Panaifo Soto, M. N. (2019). *Crecimiento diamétrico, área basal y volumen del bosque del Arboreto "El Huayo" del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR), Iquitos, Perú. Período 2002-2018*. Universidad Nacional De La Amazonía Peruana, Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos, Perú: Repositorio Institucional Digital UNAP. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6592/Mario_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pereyra Valenzuela, C. (2017). *Capítulo 8: Calidad de la madera y silvicultura*. Docplayer: <https://docplayer.es/23420102-Capitulo-8-calidad-de-la-madera-y-silvicultura.html>
- Pucha-Cofrep, D., Jumbo, N., Moncada, V., Burneo, M., Narvaez, L., Feijó, C., . . . Bräuning, A. (2020). Impacto de las condiciones climáticas en el crecimiento diamétrico de especies forestales de alto valor comercial. En H. Benavides-Muñoz, & P.-C. Franz, *Memorias del Congreso Internacional de Cambio Climático* (págs. 20-22). Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja. https://www.researchgate.net/profile/Holger-M-Benavides-Munoz/publication/349609027_Aumento_del_consumo_de_agua_domiciliaria_como_efecto_de_los_fenomenos_mundiales_Posibles_escenarios/links/60382776a6fdcc37a8516155/Aumento-del-consumo-de-agua-domiciliaria

- Ramírez Angulo, H., Acevedo, M., Ataroff, M., & Torres Lezama, A. (2009). Crecimiento diamétrico de especies arbóreas en un bosque estacional de los llanos occidentales de Venezuela. *Ecotrópicos*, 22(2), 46-63. http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/Ram%C3%ADrez-et-al_-Crecimiento.pdf
- Ramirez Ramirez, K. M. (2018). *Etapas de crecimiento, incremento corriente anual e incremento medio anual de Prunus serotina Mcvaugh mediante dendrocronología, en los Distritos de Pilcomayo y Huamancaca Chico*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UNCP. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5282/T010_43727719_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Romahn-Hernández, L. F., Rodríguez-Trejo, D. A., Villanueva-Morales, A., Monterroso-Riva, A. I., & Pérez-Hernández, M. d. (2020). Rango altitudinal: factor de vigor forestal y determinante en la regeneración natural del oyamel. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 8(22). <https://www.redalyc.org/journal/4576/457662386014/html/>
- Ross, R. J. (2021). *Wood handbook : wood as an engineering material. General Technical Report. FPL-GTR-282*. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Department of Agriculture.
- Rubio Esteban, Y. A. (2021). *Análisis de densidad básica de la madera de Pona (Socratea Exorrhiza) y su categorización dentro de los grupos de la madera de acuerdo a la norma E.010, en el Valle del Monzón, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco - 2019*. Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería. Huánuco: Repositorio Institucional UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3118>
- Ruíz Castillo, J. P. (2020). *Propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad de fresno (Fraxinus americana L.) proveniente de la estación experimental "La Favorita", Santo Domingo de los Tsáchilas*. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador: Repositorio Institucional UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10121/2/03%20FOR%20294%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

- Ruiz Sepúlveda, J. (2019). *Estudio de las características dendrológicas - anatómicas y propiedades físicas de dos especies forestales Bolaina negra (Guazuma ulmifolia Lam) y Auca atadijo (Croton matourensis Aubl) en la Región San Martín*. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Agroindustrial . Tarapoto, Perú: Repositorio Institucional UNSM. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3492/4/FIAI%20-%20Jorge%20Ru%c3%adz%20Sep%c3%balveda.pdf>
- Salazar Polonio, K. L. (2020). *Efecto de la fertilización en el crecimiento de Colubrina glandulosa Perkins (shaina) establecido en suelo degradado en el centro poblado de Naranjillo*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables. Tingo Marí, Perú: Repositorio Institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1772/TS_SPKL_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sánchez Angulo, J. I. (2010). " *evaluación del crecimiento de especies forestales en plantaciones para recuperación de área degradadas en la región Dan Martín 2009*". Moyobamba : Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/180/1/6051709.pdf>
- Sánchez Angulo, J. I. (2010). *Evaluación del crecimiento de especies forestales en plantaciones para recuperación de áreas degradadas en la región San Martín, 2009*. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ecología . Moyobamba, Perú: Repositorio Institucional UNSM. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/180/1/6051709.pdf>
- Suasnabar Berrospi, C., & Monge Davila, W. K. (2019). *Características anatómicas y propiedades físico - mecánicas de tres especies forestales, iscozacín, Oxapampa – Pasco*. Universidad Nacional del Centro del Perú , Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UNCP. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5192/T010_N%c2%b072551964_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Universidad Nacional de la Plata. (2013). *Guía de Crecimiento*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Argentina. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/80009/mod_resource/content/2/Gu%C3%ADa%20de%20crecimiento.pdf

Universidad Nacional del Nordeste. (s.f.). *Crecimiento*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Argentina.
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Crecimiento.pdf>

Valverde, J. C., Arias, D., Castillo, M., & Torres, D. (2021). Relación de la variabilidad climática con el crecimiento diamétrico de ocho especies arbóreas de bosque seco en Costa Rica. *Ecosistemas*, 30(1).
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2092>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

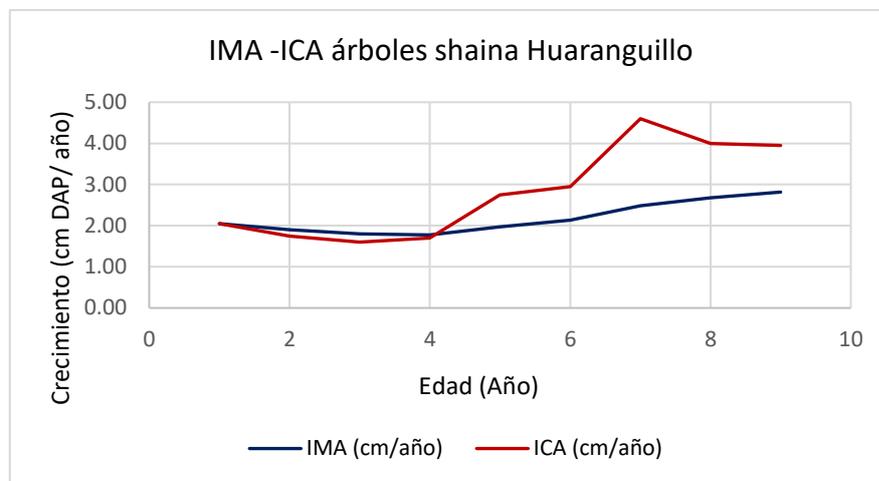
Anexo 01. Matriz de consistencia de la investigación

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General: ¿Cómo es el crecimiento y las propiedades físicas de la madera de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins en dos altitudes diferentes, San Ignacio 2023?</p>	<p>General: Determinar el crecimiento y las propiedades físicas de la madera de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins en dos altitudes diferentes, San Ignacio 2023.</p> <p>Específicos: Establecer el crecimiento diamétrico y volumétrico de los árboles de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins usando técnicas dendrocronológicas y tablas de volumen en las dos altitudes evaluadas.</p> <p>Determinar las propiedades físicas de densidad, contenido de humedad y contracción de la madera de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins en las dos altitudes evaluadas.</p> <p>Determinar la calidad de la madera en función a sus propiedades físicas y posibles usos</p>	<p>General: El crecimiento y las propiedades físicas de la madera de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins es modificado por la altitud.</p>	<p>Independiente Altitud.</p> <p>Dependientes Crecimiento Propiedades físicas</p>	<p>Tipo de investigación Aplicada, descriptiva correlativa.</p> <p>Población Árboles de <i>Colubrina glandulosa</i> en plantaciones forestales de Huarango.</p> <p>Muestra Número de árboles según NTP 251.008</p> <p>Técnica Observación directa</p> <p>Instrumentos Fichas guía de recolección de datos según NTP.</p>

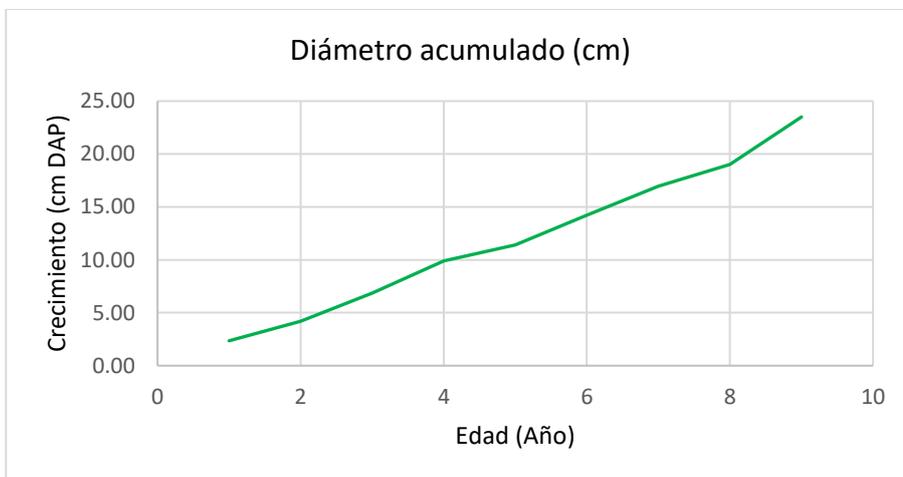
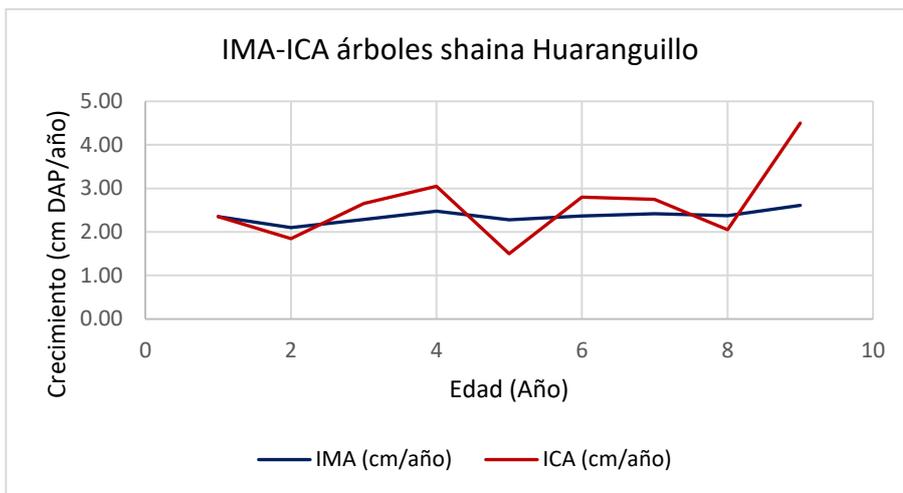
Anexo 2. Resultado del procesamiento dendrocronológicos.

Anexo 2.1. Resultado de muestras obtenidas en el sector de Huaranguillo

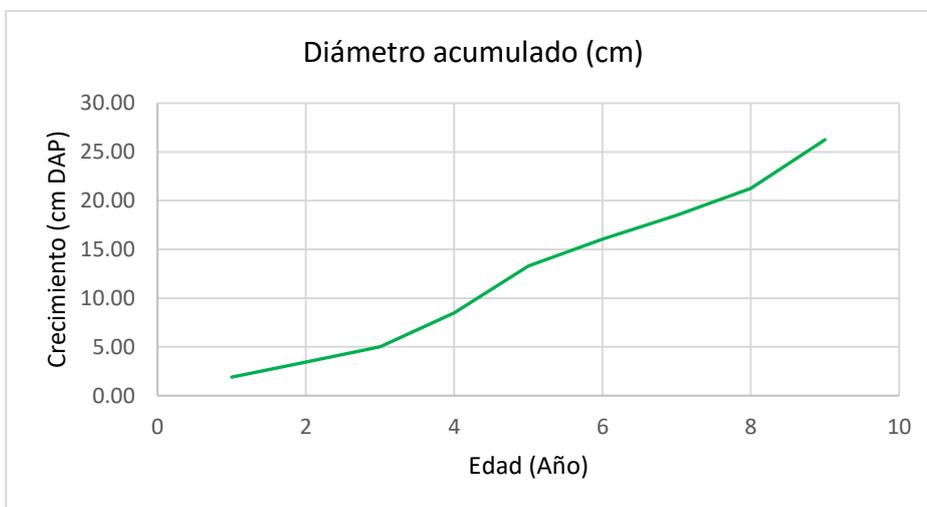
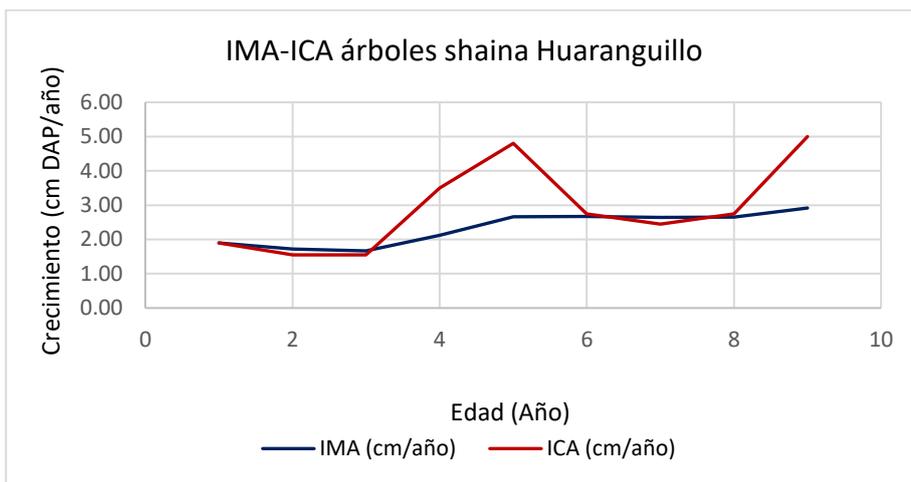
Edad	AÑO	RADIOS					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2015	10	12	10	9	10,25	2,05	2,05	2,05	2,05
2	2016	10	12	5	8	8,75	1,75	3,80	1,90	1,75
3	2017	5	5	13	9	8	1,60	5,40	1,80	1,60
4	2018	13	7	6	8	8,5	1,70	7,10	1,78	1,70
5	2019	10	18	19	8	13,75	2,75	9,85	1,97	2,75
6	2020	16	15	17	11	14,75	2,95	12,80	2,13	2,95
7	2021	27	26	17	22	23	4,60	17,40	2,49	4,60
8	2022	20	30	17	13	20	4,00	21,40	2,68	4,00
9	2023	16	30	21	12	19,75	3,95	25,35	2,82	3,95
Total		127	155	125	100	126,75				



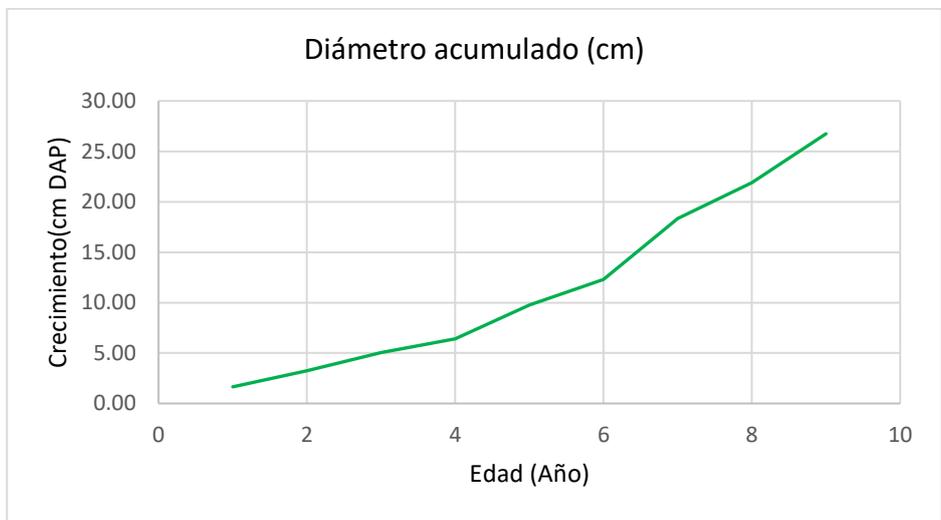
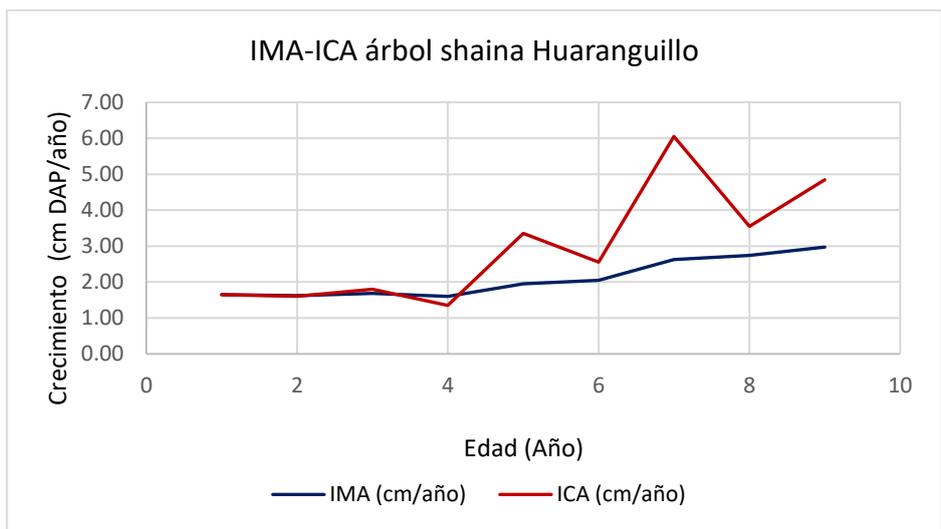
		Radios					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
Edad	Año	R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2015	11	10	11	15	11,75	2,35	2,35	2,35	2,35
2	2016	12	8	9	8	9,25	1,85	4,20	2,10	1,85
3	2017	11	10	20	12	13,25	2,65	6,85	2,28	2,65
4	2018	11	22	18	10	15,25	3,05	9,90	2,48	3,05
5	2019	6	10	9	5	7,5	1,50	11,40	2,28	1,50
6	2020	19	18	13	6	14	2,80	14,20	2,37	2,80
7	2021	11	11	24	9	13,75	2,75	16,95	2,42	2,75
8	2022	8	12	12	9	10,25	2,05	19,00	2,38	2,05
9	2023	23	32	28	7	22,5	4,50	23,50	2,61	4,50
Total		112	133	144	81					



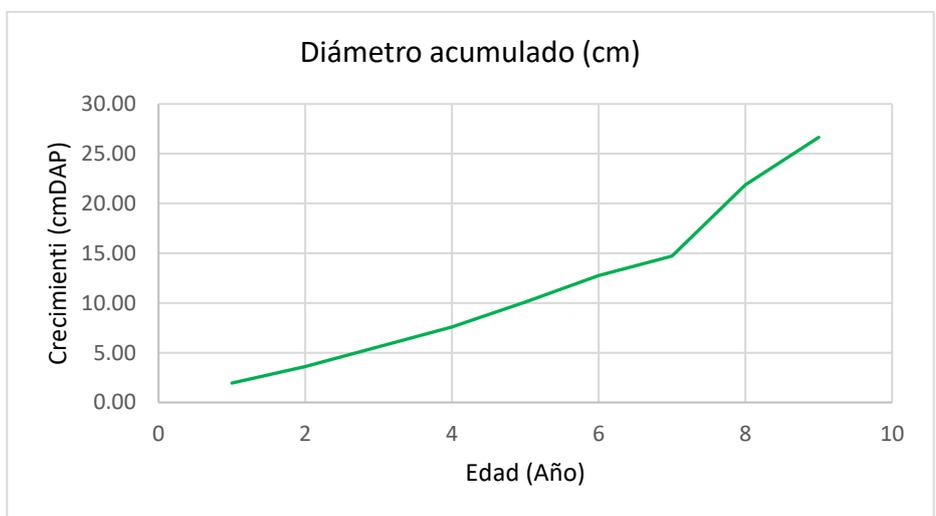
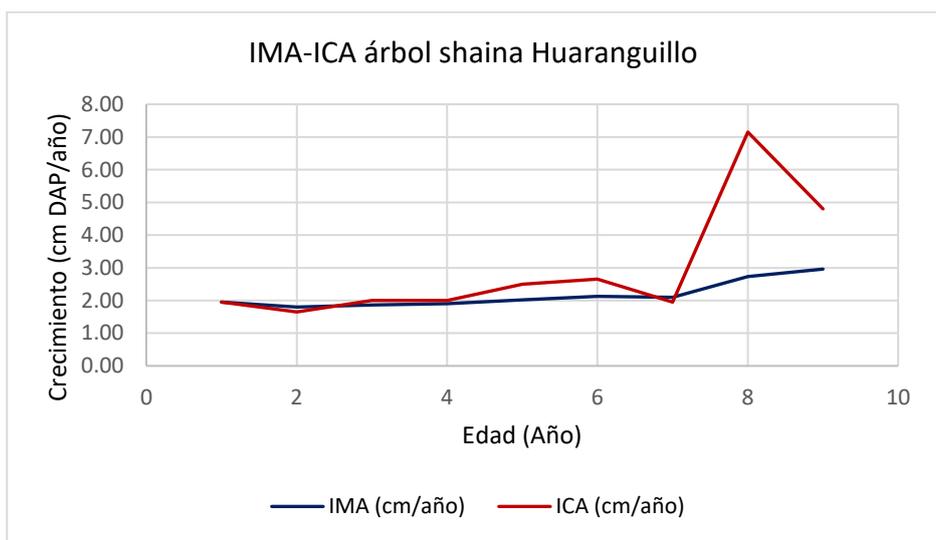
Edad	Año	Radios					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2015	10	9	9	10	9,5	1,90	1,90	1,90	1,90
2	2016	8	10	7	6	7,75	1,55	3,45	1,73	1,55
3	2017	7	6	8	10	7,75	1,55	5,00	1,67	1,55
4	2018	12	7	12	39	17,5	3,50	8,50	2,13	3,50
5	2019	25	14	33	24	24	4,80	13,30	2,66	4,80
6	2020	18	11	14	12	13,75	2,75	16,05	2,68	2,75
7	2021	8	16	10	15	12,25	2,45	18,50	2,64	2,45
8	2022	18	8	8	21	13,75	2,75	21,25	2,66	2,75
9	2023	34	14	25	27	25	5,00	26,25	2,92	5,00
Total		140	95	126	164	131,25				



Edad	Año	Radios					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2015	9	9	8	7	8,25	1,65	1,65	1,65	1,65
2	2016	9	8	7	8	8	1,60	3,25	1,63	1,60
3	2017	11	9	4	12	9	1,80	5,05	1,68	1,80
4	2018	8	7	6	6	6,75	1,35	6,40	1,60	1,35
5	2019	19	14	17	17	16,75	3,35	9,75	1,95	3,35
6	2020	19	10	12	10	12,75	2,55	12,30	2,05	2,55
7	2021	58	11	12	40	30,25	6,05	18,35	2,62	6,05
8	2022	21	5	11	34	17,75	3,55	21,90	2,74	3,55
9	2023	32	11	19	35	24,25	4,85	26,75	2,97	4,85
Total		186	84	96	169	133,75				



Edad	Año	Radios					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2015	9	9	11	10	9,75	1,95	1,95	1,95	1,95
2	2016	9	8	6	10	8,25	1,65	3,60	1,80	1,65
3	2017	14	6	9	11	10	2,00	5,60	1,87	2,00
4	2018	11	9	10	10	10	2,00	7,60	1,90	2,00
5	2019	11	11	17	11	12,5	2,50	10,10	2,02	2,50
6	2020	15	13	9	16	13,25	2,65	12,75	2,13	2,65
7	2021	11	8	11	9	9,75	1,95	14,70	2,10	1,95
8	2022	21	12	52	58	35,75	7,15	21,85	2,73	7,15
9	2023	20	9	21	46	24	4,80	26,65	2,96	4,80
Total		121	85	146	181	133,25				

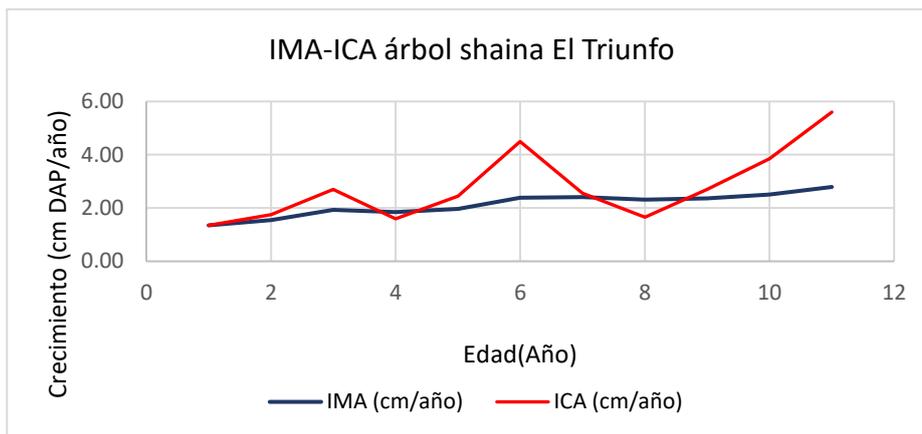


Consolidado de los datos del sector Huaranguillo.

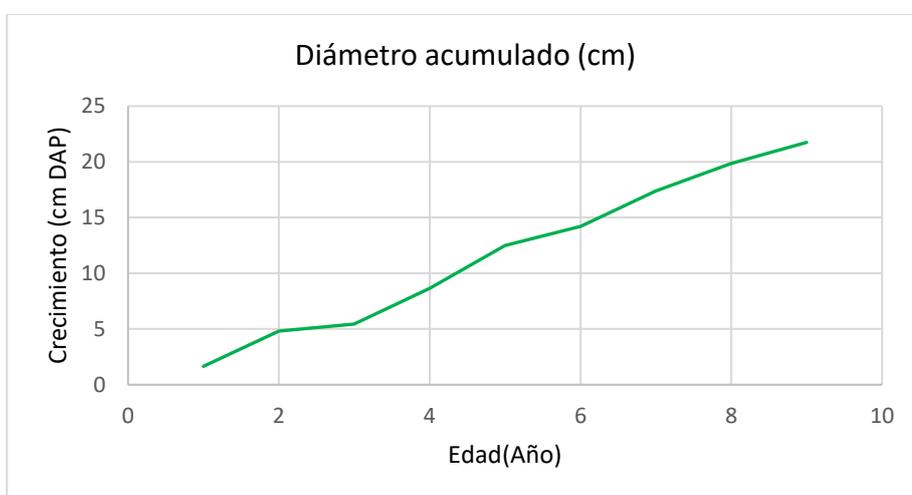
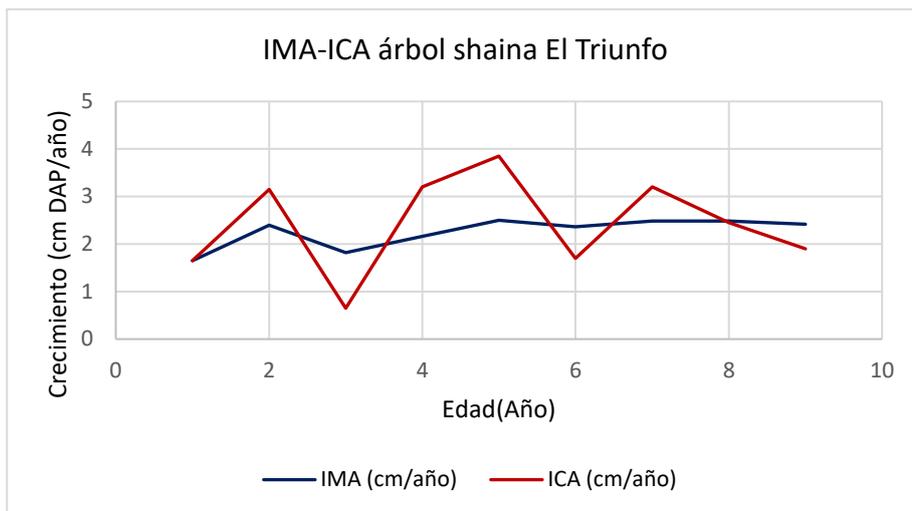
Edad	Año	Diámetro promedio de arboles					Dx	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		S1	S2	S3	S4	S5				
1	2015	1,65	1,90	2,35	2,05	1,95	1,98	1,98	1,98	1,98
2	2016	3,25	3,45	4,20	3,80	3,60	3,66	3,66	1,83	1,68
3	2017	5,05	5,00	6,85	5,40	5,60	5,58	5,58	1,86	1,92
4	2018	6,40	8,50	9,90	7,10	7,60	7,90	7,90	1,98	2,32
5	2019	9,75	13,30	11,40	9,85	10,10	10,88	10,88	2,18	2,98
6	2020	12,30	16,05	14,20	12,80	12,75	13,62	13,62	2,27	2,74
7	2021	18,35	18,50	16,95	17,40	14,70	17,18	17,18	2,45	3,56
8	2022	21,90	21,25	19,00	21,40	21,85	21,08	21,08	2,64	3,90
9	2023	26,75	26,25	23,50	25,35	26,65	25,70	25,70	2,86	4,62
Total										2,86

Anexo 2.2. Resultado de muestras obtenidas en el sector El Triunfo

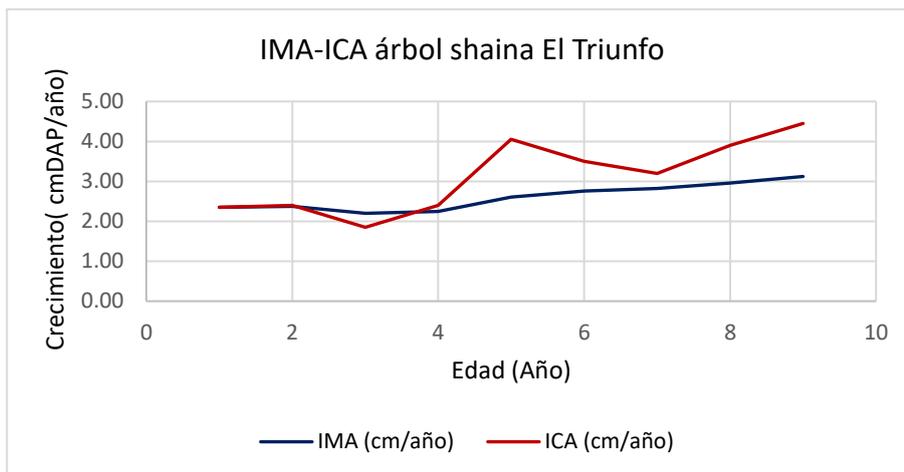
Edad	Año	Radios					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2013	9	8	5	5	6,75	1,35	1,35	1,35	1,35
2	2014	8	9	9	9	8,75	1,75	3,10	1,55	1,75
3	2015	11	12	16	15	13,50	2,70	5,80	1,93	2,70
4	2016	7	10	8	7	8,00	1,60	7,40	1,85	1,60
5	2017	13	11	13	12	12,25	2,45	9,85	1,97	2,45
6	2018	29	23	21	17	22,50	4,50	14,35	2,39	4,50
7	2019	11	13	17	10	12,75	2,55	16,90	2,41	2,55
8	2020	10	10	9	4	8,25	1,65	18,55	2,32	1,65
9	2021	19	14	11	10	13,50	2,70	21,25	2,36	2,70
10	2022	40	19	11	7	19,25	3,85	25,10	2,51	3,85
11	2023	45	13	34	20	28,00	5,60	30,70	2,79	5,60
TOTAL		202	142	154	116	153,5				



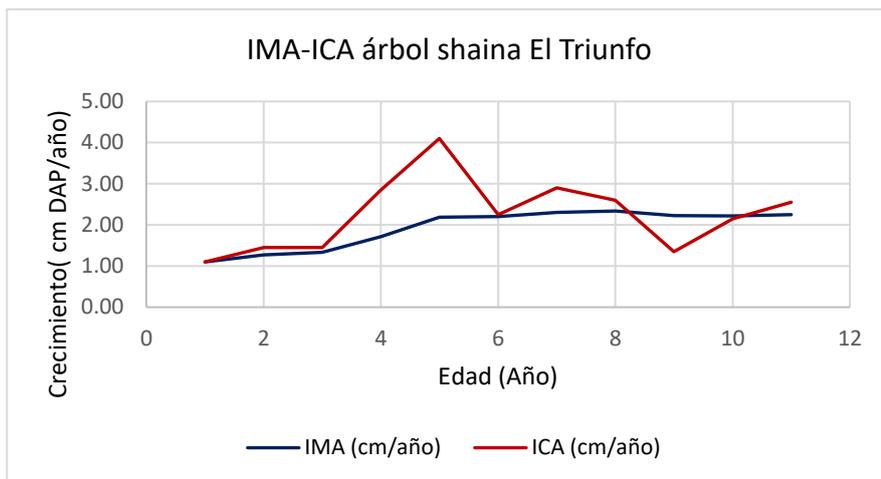
Edad	Año	Radios					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2015	8	7	10	8	8,25	1,65	1,65	1,65	1,65
2	2016	17	18	12	16	15,75	3,15	4,8	2,40	3,15
3	2017	4	4	3	2	3,25	0,65	5,45	1,82	0,65
4	2018	18	14	15	17	16	3,20	8,65	2,16	3,20
5	2019	17	19	21	20	19,25	3,85	12,5	2,50	3,85
6	2020	10	7	10	7	8,5	1,70	14,2	2,37	1,70
7	2021	17	14	17	16	16	3,20	17,4	2,49	3,20
8	2022	15	8	13	13	12,25	2,45	19,85	2,48	2,45
9	2023	17	6	8	7	9,5	1,90	21,75	2,42	1,90
TOTAL		123	97	109	106	108,75				



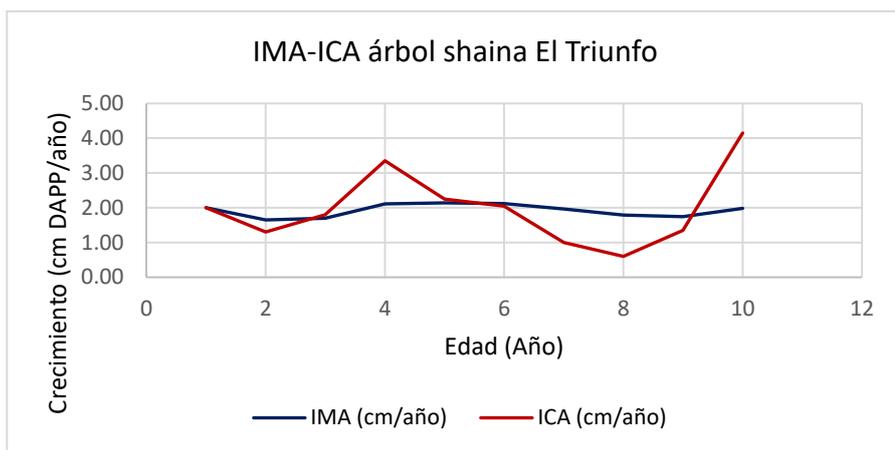
Edad	Año	Radios					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2014	11	12	11	13	11,75	2,35	2,35	2,35	2,35
2	2015	12	11	11	14	12	2,40	4,75	2,38	2,40
3	2016	6	10	11	10	9,25	1,85	6,60	2,20	1,85
4	2017	14	9	10	15	12	2,40	9,00	2,25	2,40
5	2018	17	21	18	25	20,25	4,05	13,05	2,61	4,05
6	2019	10	19	21	20	17,5	3,50	16,55	2,76	3,50
7	2020	17	16	16	15	16	3,20	19,75	2,82	3,20
8	2021	18	24	15	21	19,5	3,90	23,65	2,96	3,90
9	2022	22	21	21	25	22,25	4,45	28,10	3,12	4,45
Total	2023	127	143	134	158	140,5				



Edad	Año	Radios					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2013	6	5	5	6	5,5	1,10	1,10	1,10	1,10
2	2014	6	6	7	10	7,25	1,45	2,55	1,28	1,45
3	2015	4	6	5	14	7,25	1,45	4,00	1,33	1,45
4	2016	16	9	9	23	14,25	2,85	6,85	1,71	2,85
5	2017	37	21	10	14	20,5	4,10	10,95	2,19	4,10
6	2018	5	15	15	10	11,25	2,25	13,20	2,20	2,25
7	2019	19	12	14	13	14,5	2,90	16,10	2,30	2,90
8	2020	16	8	19	9	13	2,60	18,70	2,34	2,60
9	2021	9	8	6	4	6,75	1,35	20,05	2,23	1,35
10	2022	11	10	13	9	10,75	2,15	22,20	2,22	2,15
11	2023	15	8	6	22	12,75	2,55	24,75	2,25	2,55



Edad	Año	Radios					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		R1	R2	R3	R4	Rx				
1	2014	10	10	10	10	10	2,00	2,00	2,00	2,00
2	2015	5	7	7	7	6,5	1,30	3,30	1,65	1,30
3	2016	10	11	7	8	9	1,80	5,10	1,70	1,80
4	2017	17	16	13	21	16,75	3,35	8,45	2,11	3,35
5	2018	10	13	6	16	11,25	2,25	10,70	2,14	2,25
6	2019	10	9	4	18	10,25	2,05	12,75	2,13	2,05
7	2020	8	5	2	5	5	1,00	13,75	1,96	1,00
8	2021	1	1	2	8	3	0,60	14,35	1,79	0,60
9	2022	6	5	3	13	6,75	1,35	15,70	1,74	1,35
10	2023	20	10	11	42	20,75	4,15	19,85	1,99	4,15
Total		97	87	65	148	99,25				



Consolidado de los datos del sector El Triunfo.

Edad	Año	Diámetro promedio de arboles					Dx	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cm/año)	ICA (cm/año)
		S1	S2	S3	S4	S5				
1	2013	1,35	2,00	1,10	2,35	1,65	1,69	1,69	1,69	1,69
2	2014	3,10	3,30	2,55	4,75	4,80	3,70	3,70	1,85	2,01
3	2015	5,80	5,10	4,00	6,60	5,45	5,39	5,39	1,80	1,69
4	2016	7,40	8,45	6,85	9,00	8,65	8,07	8,07	2,02	2,68
5	2017	9,85	10,70	10,95	13,05	12,50	11,41	11,41	2,28	3,34
6	2018	14,35	12,75	13,20	16,55	14,20	14,21	14,21	2,37	2,80
7	2019	16,90	13,75	16,10	19,75	17,40	16,78	16,78	2,40	2,57
8	2020	18,55	14,35	18,70	23,65	19,85	19,02	19,02	2,38	2,24
9	2021	21,25	15,70	20,05	28,10	21,75	21,37	21,37	2,37	2,35
10	2022	25,10	19,85	22,20			22,38	22,38	2,24	1,01
11	2023	30,70		24,75			27,73	27,73	2,52	5,34
TOTAL										2,24

Anexo 3. Datos obtenidos de las probetas para la determinación de las propiedades físicas del sector Huaranguillo

Anexo 3.1. Datos obtenidos de los árboles muestreados en el sector Huaranguillo

N°	Código	Peso húmedo	Peso seco	DLH	DLS	DTH	DTS	DRH	DRS	V.H.	V.S.	DB	DA	DV	CHbs	CHbh	CL	CT	CR	CV	CT/CR
1	S1-1	80,72	51,93	99,63	99,59	30,74	29,45	29,75	29,03	91,12	85,13	0,57	0,61	0,89	55,44	35,67	0,04	4,22	2,42	6,57	1,74
2	S1-2	75,37	48,22	100,09	99,91	30,62	27,95	29,19	28,80	89,46	80,43	0,54	0,60	0,84	56,30	36,02	0,18	8,71	1,34	10,09	6,52
3	S1-3	78,69	56,71	99,76	99,72	29,95	28,40	30,34	28,49	90,63	80,70	0,63	0,70	0,87	38,76	27,93	0,04	5,15	6,08	10,95	0,85
4	S1-4	78,63	48,34	99,68	99,65	30,12	27,75	30,30	28,75	90,97	79,48	0,53	0,61	0,86	62,66	38,52	0,03	7,88	5,13	12,63	1,54
5	S1-5	84,84	49,85	99,70	99,63	28,97	25,59	30,44	28,68	87,93	73,10	0,57	0,68	0,96	70,19	41,24	0,07	11,69	5,79	16,86	2,02
6	S1-6	86,02	60,44	100,03	99,92	30,30	27,38	30,84	27,83	93,49	76,14	0,65	0,79	0,92	42,32	29,74	0,11	9,65	9,77	18,56	0,99
7	S1-7	76,74	47,75	99,90	99,75	29,79	27,81	30,01	28,65	89,32	79,48	0,53	0,60	0,86	60,71	37,78	0,15	6,67	4,52	11,02	1,48
8	S1-8	84,40	52,49	99,70	99,57	29,91	27,60	30,30	29,43	90,38	80,90	0,58	0,65	0,93	60,79	37,81	0,13	7,72	2,87	10,49	2,69
9	S1-9	82,68	52,37	100,15	99,43	29,71	27,35	30,28	27,31	90,11	74,29	0,58	0,70	0,92	57,88	36,66	0,72	7,94	9,80	17,56	0,81
10	S1-10	80,61	48,80	99,70	99,65	29,95	27,87	30,51	28,93	91,10	80,35	0,54	0,61	0,88	65,18	39,46	0,05	6,95	5,18	11,81	1,34
	Promedio	80,87	51,69	99,83	99,68	30,01	27,71	30,20	28,59	90,45	79,00	0,57	0,66	0,89	57,02	36,08	0,15	7,66	5,29	12,65	2,00
	D.S.	3,578	4,129	0,192	0,151	0,498	0,963	0,456	0,607	1,460	3,553	0,040	0,064	0,039	9,736	4,177	0,206	2,135	2,821	3,818	1,688
	C.V. (%)	4,42	7,99	0,19	0,15	1,66	3,47	1,51	2,12	1,61	4,50	6,92	9,82	4,32	17,07	11,58	135,43	27,89	53,33	30,17	84,54
11	S2-1	84,90	57,61	100,00	99,40	33,42	29,91	30,15	27,21	100,78	80,90	0,57	0,71	0,84	47,37	32,14	0,60	10,52	9,75	19,73	1,08
12	S2-2	86,97	61,22	99,99	99,88	32,65	26,31	28,53	27,57	93,14	72,43	0,66	0,85	0,93	42,06	29,61	0,11	19,44	3,37	22,23	5,78
13	S2-3	80,65	63,82	100,69	99,60	31,67	29,63	30,63	29,07	97,67	85,79	0,65	0,74	0,83	26,37	20,87	1,08	6,44	5,09	12,17	1,26
14	S2-4	80,99	60,12	99,01	98,99	30,52	25,86	27,28	23,34	82,42	59,76	0,73	1,01	0,98	34,71	25,77	0,02	15,26	14,42	27,49	1,06
15	S2-5	84,06	66,22	99,11	98,75	33,62	26,08	30,09	28,07	100,26	72,29	0,66	0,92	0,84	26,94	21,22	0,36	22,42	6,72	27,90	3,33
16	S2-6	80,93	64,71	100,50	99,15	32,76	29,29	29,52	28,55	97,20	82,92	0,67	0,78	0,83	25,07	20,04	1,34	10,59	3,29	14,69	3,22
17	S2-7	88,98	60,61	99,52	99,48	32,56	29,78	29,61	28,29	95,94	83,80	0,63	0,72	0,93	46,81	31,88	0,04	8,54	4,46	12,65	1,92
18	S2-8	90,95	62,65	99,78	99,65	32,28	29,02	29,46	28,18	94,89	81,51	0,66	0,77	0,96	45,17	31,12	0,13	10,09	4,33	14,10	2,33

19	S2-9	83,33	63,85	100,16	98,90	32,52	30,28	29,67	28,58	96,64	85,59	0,66	0,75	0,86	30,51	23,38	1,26	6,88	3,68	11,44	1,87
20	S2-10	97,44	65,84	100,28	99,35	32,88	29,30	30,31	29,41	99,94	85,61	0,66	0,77	0,98	48,00	32,43	0,93	10,90	2,96	14,34	3,68
	Promedio	85,92	62,67	99,90	99,32	32,49	28,55	29,52	27,83	95,89	79,06	0,65	0,80	0,90	37,30	26,85	0,59	12,11	5,81	17,67	2,55
	D.S.	5,340	2,748	0,557	0,361	0,882	1,739	0,979	1,702	5,321	8,431	0,038	0,094	0,064	9,546	5,135	0,526	5,297	3,652	6,265	1,480
	C.V. (%)	6,22	4,39	0,56	0,36	2,71	6,09	3,32	6,12	5,55	10,66	5,86	11,76	7,08	25,59	19,13	89,53	43,75	62,88	35,45	57,98
21	S3-1	75,77	48,38	99,83	99,69	29,80	28,64	29,70	29,56	88,35	84,40	0,55	0,57	0,86	56,61	36,15	0,14	3,88	0,47	4,47	8,23
22	S3-2	74,90	45,90	99,72	99,70	30,30	27,75	30,18	29,39	91,19	81,30	0,50	0,56	0,82	63,18	38,72	0,02	6,89	2,63	10,84	2,62
23	S3-3	81,12	49,11	99,83	99,66	29,91	27,86	29,68	28,74	88,62	79,81	0,55	0,62	0,92	65,18	39,46	0,17	6,84	3,17	9,95	2,16
24	S3-4	82,33	47,25	99,73	99,61	30,81	28,44	28,39	24,47	87,23	69,32	0,54	0,68	0,94	74,24	42,61	0,12	7,69	13,81	20,53	0,56
25	S3-5	77,53	48,84	99,87	99,57	30,20	28,44	30,37	29,38	91,58	83,18	0,53	0,59	0,85	58,74	37,01	0,30	5,83	3,26	9,17	1,79
26	S3-6	75,50	45,50	99,84	99,65	30,23	25,95	30,07	29,04	90,74	75,10	0,50	0,61	0,83	65,93	39,74	0,19	14,14	3,41	17,23	4,14
27	S3-7	72,79	45,38	100,06	99,64	30,12	28,41	29,86	29,08	89,99	82,31	0,50	0,55	0,81	60,40	37,66	0,42	5,68	2,62	8,54	2,16
28	S3-8	76,22	47,94	100,02	99,94	30,36	28,27	30,07	29,24	91,31	82,59	0,53	0,58	0,83	58,99	37,10	0,08	6,88	2,78	9,55	2,47
29	S3-9	75,10	45,26	99,93	99,84	30,23	27,76	30,09	28,93	90,90	80,19	0,50	0,56	0,83	65,93	39,73	0,09	8,15	3,87	11,78	2,11
30	S3-10	72,80	46,11	99,86	99,33	30,64	28,25	28,59	28,43	87,49	79,79	0,53	0,58	0,83	57,88	36,66	0,53	7,79	0,57	8,80	13,64
	Promedio	76,41	46,97	99,87	99,66	30,26	27,98	29,70	28,63	89,74	79,80	0,52	0,59	0,85	62,71	38,48	0,21	7,38	3,66	11,09	3,99
	D.S.	3,160	1,512	0,110	0,161	0,302	0,776	0,673	1,497	1,663	4,483	0,021	0,037	0,044	5,328	1,964	0,162	2,684	3,743	4,599	3,974
	C.V. (%)	4,14	3,22	0,11	0,16	1,00	2,77	2,27	5,23	1,85	5,62	3,96	6,34	5,11	8,50	5,10	78,72	36,38	102,30	41,48	99,62
31	S4-1	88,82	45,34	99,70	99,63	29,56	27,95	30,50	29,15	89,89	81,17	0,50	0,56	0,99	95,90	48,95	0,07	5,45	4,43	9,70	1,23
32	S4-2	85,64	52,87	99,92	99,63	29,78	26,96	30,18	28,65	89,79	76,95	0,59	0,69	0,95	61,98	38,26	0,29	9,48	5,05	14,30	1,88
33	S4-3	80,75	53,05	100,15	100,09	28,92	26,74	29,61	28,34	85,76	75,85	0,62	0,70	0,94	52,21	34,30	0,06	7,55	4,28	11,56	1,76
34	S4-4	87,42	52,34	100,22	99,95	29,92	27,05	30,56	29,09	91,63	78,65	0,57	0,67	0,95	67,02	40,13	0,27	9,58	4,81	14,16	1,99
35	S4-5	87,07	44,87	100,09	99,68	29,36	27,66	30,22	29,30	88,81	80,78	0,51	0,56	0,98	94,05	48,47	0,41	5,78	3,07	9,04	1,88
36	S4-6	83,62	50,83	99,79	99,59	29,83	27,16	29,24	27,87	87,03	75,38	0,58	0,67	0,96	64,51	39,21	0,20	8,94	4,70	13,39	1,90
37	S4-7	86,21	52,50	100,28	99,76	30,48	28,06	29,81	28,50	91,10	79,76	0,58	0,66	0,95	64,21	39,10	0,52	7,94	4,39	12,44	1,81
38	S4-8	79,23	49,28	99,80	99,79	29,00	25,79	29,17	27,92	84,40	71,85	0,58	0,69	0,94	60,78	37,80	0,01	11,06	4,29	14,88	2,58
39	S4-9	86,35	52,23	100,08	100,00	29,95	27,44	30,02	28,74	89,99	78,86	0,58	0,66	0,96	65,33	39,51	0,08	8,38	4,27	12,37	1,96

40	S4-10	76,27	46,69	100,19	99,60	28,79	26,41	29,11	28,21	83,99	74,20	0,56	0,63	0,91	63,35	38,78	0,59	8,28	3,10	11,65	2,67
	Promedio	84,14	50,00	100,02	99,77	29,56	27,12	29,84	28,58	88,24	77,34	0,57	0,65	0,95	68,93	40,45	0,25	8,24	4,24	12,35	1,97
	D.S.	4,089	3,239	0,204	0,182	0,537	0,700	0,542	0,503	2,760	3,030	0,036	0,051	0,022	14,306	4,634	0,203	1,707	0,660	1,935	0,408
	C.V. (%)	4,86	6,48	0,20	0,18	1,82	2,58	1,82	1,76	3,13	3,92	6,40	7,94	2,34	20,75	11,45	81,40	20,71	15,57	15,67	20,72
41	S5-1	89,38	56,84	99,99	99,81	30,71	27,98	31,26	29,34	95,99	81,92	0,59	0,69	0,93	57,25	36,41	0,18	8,89	6,16	14,66	1,44
42	S5-2	100,16	66,22	100,31	99,50	31,57	28,82	30,29	28,56	95,92	81,90	0,69	0,81	1,04	51,25	33,89	0,81	8,71	5,71	14,62	1,52
43	S5-3	85,81	55,25	99,62	99,50	31,29	28,97	30,46	28,79	94,95	82,99	0,58	0,67	0,90	55,31	35,61	0,12	7,40	5,49	12,60	1,35
44	S5-4	95,40	61,76	100,04	99,80	31,25	27,19	30,38	27,88	94,98	75,66	0,65	0,82	1,00	54,47	35,26	0,24	13,00	8,21	20,33	1,58
45	S5-5	91,01	57,08	99,92	99,56	31,45	28,51	30,38	28,50	95,47	80,91	0,60	0,71	0,95	59,44	37,28	0,36	9,35	6,18	15,25	1,51
46	S5-6	92,20	58,44	100,15	100,07	31,23	28,18	30,23	27,75	94,54	78,25	0,62	0,75	0,98	57,77	36,62	0,08	9,77	8,19	17,23	1,19
47	S5-7	87,07	55,93	99,99	99,94	31,19	29,49	30,60	29,25	95,42	86,20	0,59	0,65	0,91	55,68	35,76	0,05	5,44	4,42	9,67	1,23
48	S5-8	85,54	54,77	99,89	99,63	30,69	27,88	31,34	29,56	96,09	82,09	0,57	0,67	0,89	56,18	35,97	0,26	9,17	5,70	14,57	1,61
49	S5-9	88,84	55,31	99,86	99,46	30,08	26,44	30,34	28,95	91,13	76,13	0,61	0,73	0,97	60,62	37,74	0,40	12,11	4,57	16,46	2,65
50	S5-10	81,44	52,70	100,67	99,83	30,27	27,19	29,82	28,22	90,87	76,60	0,58	0,69	0,90	54,54	35,29	0,83	10,18	5,35	15,70	1,90
	Promedio	89,69	57,43	100,04	99,71	30,97	28,06	30,51	28,68	94,54	80,26	0,61	0,72	0,95	56,25	35,98	0,33	9,40	6,00	15,11	1,60
	D.S.	5,357	3,922	0,285	0,209	0,507	0,935	0,465	0,611	1,928	3,456	0,037	0,058	0,051	2,685	1,103	0,281	2,148	1,296	2,802	0,421
	C.V. (%)	5,97	6,83	0,29	0,21	1,64	3,33	1,52	2,13	2,04	4,31	6,11	8,12	5,38	4,77	3,06	84,18	22,85	21,60	18,54	26,35

DLH: dimensión longitudinal humedad en mm.

DLS: dimensión longitudinal seca en mm

DB: densidad básica g/cm³.

DTH: dimensión tangencial húmeda en mm.

DTS: dimensión tangencial seca en mm.

DA: densidad anhidra g/cm³.

DRH: dimensión radial humedad en mm.

V.H: volumen húmedo en cm³.

DV: densidad verde g/cm³.

DRS: dimensión radial seca en mm.

V.S: volumen seco en cm³.

CR: contracción radial %.

CHbs: contenido humedad base seca.

CL: contracción longitudinal %.

CV: contracción verde %.

CHbh: contenido humedad base humedad.

CT: contracción tangencial %.

CT/CR: relación de contracciones

Consolidado de las propiedades físicas de los 5 arboles muestreados de *Colubrina glandulosa* Perkins del sector de Huaranguillo.

Muestra	Estadístico	Densidad básica	Densidad anhidra	Densidad verde	Contracción tangencial	Contracción radial	Contracción volumétrica	Relación ct/cr	Max. Contenido de humedad
M1	X	0,57	0,66	0,89	7,66	5,29	12,65	2,00	57,02
	C.V.	6,92	9,82	4,32	27,89	53,33	30,17	84,54	17,07
M2	X	0,65	0,80	0,90	12,11	5,81	17,67	2,55	37,30
	C.V.	5,86	11,76	7,08	43,75	62,88	35,45	57,98	25,59
M3	X	0,52	0,59	0,85	7,38	3,66	11,09	3,99	62,71
	C.V.	3,96	6,34	5,11	36,38	102,30	41,48	99,62	8,50
M4	X	0,57	0,65	0,95	8,24	4,24	12,35	1,97	68,93
	C.V.	6,40	7,94	2,34	20,71	15,57	15,67	20,72	20,75
M5	X	0,61	0,72	0,95	9,40	6,00	15,11	1,60	56,25
	C.V.	6,11	8,12	5,38	22,85	21,60	18,54	26,35	4,77
Promedio	X	0,58	0,68	0,91	8,96	5,00	13,77	2,42	56,44
	C.V.	5,85	8,80	4,85	30,31	51,14	28,26	57,84	15,34

Anexo 3.2. Datos obtenidos de las probetas para la determinación de las propiedades físicas del sector El Triunfo.

N°	Código	Peso húmedo	Peso seco	DLH	DLS	DTH	DTS	DRH	DRS	V.H.	V.S.	DB	DA	DV	CHbs	CHbh	CL	CT	CR	CV	CT/CR
1	S1-1	76,87	48,98	99,68	99,62	31,27	29,84	30,06	29,29	93,71	87,06	0,52	0,56	0,82	56,94	36,28	0,06	4,59	2,56	7,09	1,79
2	S1-2	71,52	45,27	100,14	99,94	31,15	28,34	29,50	29,06	92,02	82,32	0,49	0,55	0,78	57,99	36,70	0,20	9,01	1,49	10,55	6,04
3	S1-3	74,84	53,76	99,81	99,75	30,48	28,79	30,65	28,75	93,22	82,58	0,58	0,65	0,80	39,21	28,17	0,06	5,52	6,18	11,41	0,89
4	S1-4	74,78	45,39	99,73	99,68	30,65	28,14	30,61	29,01	93,57	81,35	0,49	0,56	0,80	64,75	39,30	0,05	8,20	5,24	13,05	1,57
5	S1-5	80,99	46,90	99,75	99,66	29,50	25,98	30,75	28,94	90,50	74,91	0,52	0,63	0,89	72,69	42,09	0,09	11,95	5,90	17,22	2,03
6	S1-6	82,17	57,49	100,08	99,95	30,83	27,77	31,15	28,09	96,13	77,97	0,60	0,74	0,85	42,93	30,04	0,13	9,94	9,83	18,90	1,01
7	S1-7	72,89	44,80	99,95	99,78	30,32	28,20	30,32	28,91	91,89	81,35	0,49	0,55	0,79	62,70	38,54	0,17	7,01	4,64	11,48	1,51
8	S1-8	80,55	49,54	99,75	99,60	30,44	27,99	30,61	29,69	92,96	82,79	0,53	0,60	0,87	62,60	38,50	0,15	8,05	3,01	10,95	2,68
9	S1-9	78,83	49,42	100,20	99,46	30,24	27,74	30,59	27,57	92,70	76,08	0,53	0,65	0,85	59,51	37,31	0,74	8,27	9,86	17,92	0,84
10	S1-10	76,76	45,85	99,75	99,68	30,48	28,26	30,82	29,19	93,70	82,23	0,49	0,56	0,82	67,42	40,27	0,07	7,28	5,29	12,25	1,38
	Promedio	77,02	48,74	99,88	99,71	30,54	28,10	30,51	28,85	93,04	80,86	0,52	0,60	0,83	58,67	36,72	0,17	7,98	5,40	13,08	1,97
	D.S.	3,578	4,129	0,192	0,151	0,498	0,963	0,456	0,607	1,480	3,592	0,039	0,062	0,037	10,393	4,384	0,206	2,101	2,791	3,761	1,534
	C.V. (%)	4,64	8,47	0,19	0,15	1,63	3,43	1,50	2,11	1,59	4,44	7,40	10,22	4,51	17,71	11,94	119,64	26,32	51,69	28,75	77,75
11	S2-1	81,05	54,66	100,05	99,43	33,95	30,30	30,46	27,47	103,48	82,76	0,53	0,66	0,78	48,28	32,56	0,62	10,77	9,82	20,03	1,10
12	S2-2	83,12	58,27	100,04	99,91	33,18	26,70	28,84	27,83	95,73	74,22	0,61	0,79	0,87	42,65	29,90	0,13	19,55	3,50	22,47	5,58
13	S2-3	76,80	60,87	100,74	99,63	32,20	30,02	30,94	29,33	100,36	87,72	0,61	0,69	0,77	26,17	20,74	1,10	6,77	5,20	12,60	1,30
14	S2-4	77,14	57,17	99,06	99,02	31,05	26,25	27,59	23,60	84,85	61,36	0,67	0,93	0,91	34,93	25,89	0,04	15,45	14,44	27,69	1,07
15	S2-5	80,21	63,27	99,16	98,78	34,15	26,47	30,40	28,33	102,95	74,07	0,61	0,85	0,78	26,77	21,12	0,38	22,48	6,82	28,04	3,30
16	S2-6	77,08	61,76	100,55	99,18	33,29	29,68	29,83	28,81	99,86	84,82	0,62	0,73	0,77	24,81	19,88	1,36	10,84	3,42	15,07	3,17
17	S2-7	85,13	57,66	99,57	99,51	33,09	30,17	29,92	28,55	98,57	85,70	0,58	0,67	0,86	47,64	32,27	0,06	8,82	4,58	13,05	1,93
18	S2-8	87,10	59,70	99,83	99,68	32,81	29,41	29,77	28,44	97,51	83,39	0,61	0,72	0,89	45,90	31,46	0,15	10,35	4,46	14,48	2,32
19	S2-9	79,48	60,90	100,21	98,93	33,05	30,67	29,98	28,84	99,29	87,51	0,61	0,70	0,80	30,51	23,38	1,28	7,19	3,81	11,87	1,89
20	S2-10	93,59	62,89	100,33	99,38	33,41	29,69	30,62	29,67	102,64	87,54	0,61	0,72	0,91	48,82	32,80	0,95	11,14	3,09	14,71	3,60

	Promedio	82,07	59,72	99,95	99,35	33,02	28,94	29,83	28,09	98,52	80,91	0,61	0,75	0,83	37,65	27,00	0,61	12,34	5,91	18,00	2,53
	D.S.	5,340	2,748	0,557	0,361	0,882	1,739	0,979	1,702	5,402	8,534	0,036	0,087	0,060	10,022	5,369	0,526	5,212	3,614	6,164	1,413
	C.V. (%)	6,51	4,60	0,56	0,36	2,67	6,01	3,28	6,06	5,48	10,55	5,87	11,62	7,21	26,62	19,89	86,57	42,24	61,11	34,24	55,96
21	S3-1	71,92	45,43	99,88	99,72	30,33	29,03	30,01	29,82	90,90	86,33	0,50	0,53	0,79	58,31	36,83	0,16	4,28	0,63	5,03	6,75
22	S3-2	71,05	42,95	99,77	99,73	30,83	28,14	30,49	29,65	93,78	83,20	0,46	0,52	0,76	65,42	39,55	0,04	7,23	2,77	11,29	2,61
23	S3-3	77,27	46,16	99,88	99,69	30,44	28,25	29,99	29,00	91,18	81,68	0,51	0,57	0,85	67,40	40,26	0,19	7,18	3,30	10,42	2,18
24	S3-4	78,48	44,30	99,78	99,64	31,34	28,83	28,70	24,73	89,75	71,04	0,49	0,62	0,87	77,16	43,55	0,14	8,01	13,83	20,85	0,58
25	S3-5	73,68	45,89	99,92	99,60	30,73	28,83	30,68	29,64	94,18	85,09	0,49	0,54	0,78	60,56	37,72	0,32	6,18	3,39	9,65	1,82
26	S3-6	71,65	42,55	99,89	99,68	30,76	26,34	30,38	29,30	93,33	76,94	0,46	0,55	0,77	68,39	40,61	0,21	14,35	3,54	17,56	4,05
27	S3-7	68,94	42,43	100,11	99,67	30,65	28,80	30,17	29,34	92,57	84,21	0,46	0,50	0,74	62,48	38,45	0,44	6,04	2,76	9,03	2,19
28	S3-8	72,37	44,99	100,07	99,97	30,89	28,66	30,38	29,50	93,91	84,50	0,48	0,53	0,77	60,86	37,83	0,10	7,22	2,92	10,02	2,47
29	S3-9	71,25	42,31	99,98	99,87	30,76	28,15	30,40	29,19	93,49	82,07	0,45	0,52	0,76	68,40	40,62	0,11	8,46	3,99	12,21	2,12
30	S3-10	68,95	43,16	99,91	99,36	31,17	28,64	28,90	28,69	90,01	81,65	0,48	0,53	0,77	59,75	37,40	0,55	8,11	0,74	9,29	10,98
	Promedio	72,56	44,02	99,92	99,69	30,79	28,37	30,01	28,89	92,31	81,67	0,48	0,54	0,79	64,87	39,28	0,23	7,71	3,79	11,53	3,58
	D.S.	3,160	1,512	0,110	0,161	0,302	0,776	0,673	1,497	1,695	4,543	0,020	0,034	0,042	5,697	2,044	0,162	2,637	3,704	4,523	3,080
	C.V. (%)	4,36	3,44	0,11	0,16	0,98	2,74	2,24	5,18	1,84	5,56	4,14	6,36	5,31	8,78	5,20	71,74	34,22	97,80	39,22	86,13
31	S4-1	84,97	42,39	99,75	99,66	30,09	28,34	30,81	29,41	92,48	83,06	0,46	0,51	0,92	100,45	50,11	0,09	5,82	4,54	10,18	1,28
32	S4-2	81,79	49,92	99,97	99,66	30,31	27,35	30,49	28,91	92,38	78,80	0,54	0,63	0,89	63,84	38,97	0,31	9,78	5,16	14,70	1,89
33	S4-3	76,90	50,10	100,20	100,12	29,45	27,13	29,92	28,60	88,29	77,68	0,57	0,64	0,87	53,49	34,85	0,08	7,89	4,40	12,01	1,79
34	S4-4	83,57	49,39	100,27	99,98	30,45	27,44	30,87	29,35	94,24	80,52	0,52	0,61	0,89	69,20	40,90	0,29	9,88	4,92	14,56	2,01
35	S4-5	83,22	41,92	100,14	99,71	29,89	28,05	30,53	29,56	91,38	82,67	0,46	0,51	0,91	98,52	49,63	0,43	6,15	3,20	9,54	1,92
36	S4-6	79,77	47,88	99,84	99,62	30,36	27,55	29,55	28,13	89,56	77,19	0,53	0,62	0,89	66,60	39,98	0,22	9,25	4,82	13,81	1,92
37	S4-7	82,36	49,55	100,33	99,79	31,01	28,45	30,12	28,76	93,69	81,63	0,53	0,61	0,88	66,22	39,84	0,54	8,26	4,52	12,87	1,83
38	S4-8	75,38	46,33	99,85	99,82	29,53	26,18	29,48	28,18	86,90	73,63	0,53	0,63	0,87	62,70	38,54	0,03	11,33	4,41	15,27	2,57
39	S4-9	82,50	49,28	100,13	100,03	30,48	27,83	30,33	29,00	92,58	80,73	0,53	0,61	0,89	67,41	40,27	0,10	8,69	4,40	12,79	1,98
40	S4-10	72,42	43,74	100,24	99,63	29,32	26,80	29,42	28,47	86,49	76,02	0,51	0,58	0,84	65,57	39,60	0,61	8,61	3,24	12,10	2,66
	Promedio	80,29	47,05	100,07	99,80	30,09	27,51	30,15	28,84	90,80	79,19	0,52	0,60	0,88	71,40	41,27	0,27	8,56	4,36	12,78	1,98

	D.S.	4,089	3,239	0,204	0,182	0,537	0,700	0,542	0,503	2,801	3,065	0,035	0,049	0,023	15,411	4,827	0,203	1,677	0,653	1,899	0,390
	C.V. (%)	5,09	6,88	0,20	0,18	1,78	2,55	1,80	1,74	3,08	3,87	6,75	8,27	2,58	21,58	11,70	75,36	19,58	14,97	14,85	19,65
41	S5-1	85,53	53,89	100,04	99,84	31,24	28,37	31,57	29,60	98,66	83,82	0,55	0,64	0,87	58,71	36,99	0,20	9,19	6,26	15,04	1,47
42	S5-2	96,31	63,27	100,36	99,53	32,10	29,21	30,60	28,82	98,58	83,79	0,64	0,76	0,98	52,22	34,31	0,83	9,00	5,82	15,00	1,55
43	S5-3	81,96	52,30	99,67	99,53	31,82	29,36	30,77	29,05	97,59	84,89	0,54	0,62	0,84	56,71	36,19	0,14	7,72	5,60	13,01	1,38
44	S5-4	91,55	58,81	100,09	99,83	31,78	27,58	30,69	28,14	97,62	77,49	0,60	0,76	0,94	55,67	35,76	0,26	13,22	8,29	20,62	1,60
45	S5-5	87,16	54,13	99,97	99,59	31,98	28,90	30,69	28,76	98,12	82,79	0,55	0,65	0,89	61,02	37,90	0,38	9,63	6,28	15,63	1,53
46	S5-6	88,35	55,49	100,20	100,10	31,76	28,57	30,54	28,01	97,18	80,10	0,57	0,69	0,91	59,22	37,19	0,10	10,05	8,27	17,57	1,21
47	S5-7	83,22	52,98	100,04	99,97	31,72	29,88	30,91	29,51	98,08	88,14	0,54	0,60	0,85	57,08	36,34	0,07	5,79	4,54	10,13	1,28
48	S5-8	81,69	51,82	99,94	99,66	31,22	28,27	31,65	29,82	98,76	84,00	0,52	0,62	0,83	57,64	36,57	0,28	9,46	5,80	14,95	1,63
49	S5-9	84,99	52,36	99,91	99,49	30,61	26,83	30,65	29,21	93,74	77,97	0,56	0,67	0,91	62,32	38,39	0,42	12,36	4,69	16,82	2,64
50	S5-10	77,59	49,75	100,72	99,86	30,80	27,58	30,13	28,48	93,47	78,44	0,53	0,63	0,83	55,96	35,88	0,85	10,46	5,47	16,08	1,91
	Promedio	85,84	54,48	100,09	99,74	31,50	28,45	30,82	28,94	97,18	82,14	0,56	0,66	0,88	57,66	36,55	0,35	9,69	6,10	15,49	1,62
	D.S.	5,357	3,922	0,285	0,209	0,507	0,935	0,465	0,611	1,954	3,493	0,036	0,056	0,050	2,871	1,159	0,280	2,114	1,283	2,757	0,408
	C.V. (%)	6,24	7,20	0,29	0,21	1,61	3,28	1,51	2,11	2,01	4,25	6,48	8,41	5,64	4,98	3,17	79,40	21,82	21,03	17,80	25,20

DLH: dimensión longitudinal humedad en mm.

DTH: dimensión tangencial húmeda en mm.

DRH: dimensión radial humedad en mm.

DRS: dimensión radial seca en mm.

CHbs: contenido humedad base seca.

CHbh: contenido humedad base humedad.

DLS: dimensión longitudinal seca en mm

DTS: dimensión tangencial seca en mm.

V.H: volumen húmedo en cm³.

V.S: volumen seco en cm³.

CL: contracción longitudinal %.

CT: contracción tangencial %.

DB: densidad básica g/cm³.

DA: densidad anhidra g/cm³.

DV: densidad verde g/cm³.

CR: contracción radial %.

CV: contracción verde %.

CT/CR: relación de contracciones

Consolidado de las propiedades físicas de los 5 árboles muestreados de Colubrina glandulosa Perkins del sector El Triunfo.

Muestra	Estadístico	Densidad básica	Densidad anhidra	Densidad verde	Contracción tangencial	Contracción radial	Contracción volumétrica	Relación ct/cr	Max. Contenido de humedad
M1	X	0,52	0,60	0,83	7,98	5,40	13,08	1,97	58,67
	C.V.	7,40	10,22	4,51	26,32	51,69	28,75	77,75	17,71
M2	X	0,61	0,75	0,83	12,34	5,91	18,00	2,53	37,65
	C.V.	5,87	11,62	7,21	42,24	61,11	34,24	55,96	26,62
M3	X	0,48	0,54	0,79	7,71	3,79	11,53	3,58	64,87
	C.V.	4,14	6,36	5,31	34,22	97,80	39,22	86,13	8,78
M4	X	0,52	0,60	0,88	8,56	4,36	12,78	1,98	71,40
	C.V.	6,75	8,27	2,58	19,58	14,97	14,85	19,65	21,58
M5	X	0,56	0,66	0,88	9,69	6,10	15,49	1,62	57,66
	C.V.	6,48	8,41	5,64	21,82	21,03	17,80	25,20	4,98
Promedio	X	0,54	0,63	0,84	9,26	5,11	14,18	2,34	58,05
	C.V.	6,13	8,98	5,05	28,83	49,32	26,97	52,94	15,94

Anexo 4. Resultados de los análisis de suelo de los sectores evaluados.



**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
DE SUELOS Y AGUAS**

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS – CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : SANTIAGO APOLITANO PRETEL
 PROCEDENCIA : MUESTRA N° 02 – EL MILAGRO – SAN JOSÉ DE LOURDES
 CULTIVO : SHAINA + CAFÉ
 ALTITUD : 1400
 CARACTERIZACIÓN ANTERIOR: No existe información

FECHA DE MUESTREO: 14/07/2023
 FECHA DE RECEP. LAB: 28/07/2023
 FECHA DE REPORTE : 22/08/2023

Número de la muestra	pH	N	K	P	Mg	Ca	SO ₄	Al	Mn	Cl ⁻	M.O	Análisis granulométrico			Clase textural
		ppm										%	Arena %	Limo %	
Muestra 2	5.9	31.5	25	75	20	2000	2000	5	NA	500	2.5	34	32	34	Fra - Arc

Métodos:
 Textura: Hidrómetro de Bouyoucos
 pH: pH-metro
Métodos homologados de:
 Fósforo disponible: Olsen
 Potasio intercambiable: Colorimétrico
 Materia orgánica: Walkley - Black
 Nitrógeno: Kjendahl

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

Jaén, 22 de agosto del 2023


 Jorge Vergado Soto
 Ing. RESPONSABLE
 CIP. 65757



Pasaje San Pedro N° 113 - Morro Solar
 Jaén - Cajamarca
 Cel. 970911920 - RPM: #897500 / #975609564

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS – CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : SANTIAGO APOLITANO PRETEL
 PROCEDENCIA : MUESTRA N° 01- EL TRIUNFO - HUARANGO
 CULTIVO : SHAINA + CAFÉ
 ALTITUD : 985 msnm
 CARACTERIZACIÓN ANTERIOR: No existe información

FECHA DE MUESTREO: 14/07/2023
 FECHA DE RECEP. LAB: 28/07/2023
 FECHA DE REPORTE : 22/08/2023

Número de la muestra	pH	N	K	P	Mg	Ca	SO ₄	Al	Mn	M.O.	Análisis granulométrico			Clase textural
		ppm									%	Arena %	Limo %	
Muestra 1	7.8	17	59	1.5	25	2500	2000	80	3	0.7	10	41	49	Arc - Lim

Métodos:

Textura: Hidrómetro de Bouyoucos
 pH: pH-metro
 Métodos homologados de:
 Fósforo disponible: Olsen
 Potasio intercambiable: Colorimétrico
 Materia orgánica: Walkley - Black
 Nitrógeno: Kjendahl

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

Jaén, 22 de agosto del 2023


 Jorge A. Delgado Soto
 ING. RESPONSABLE
 CIP. 58757



Pasaje San Pedro N° 113 - Morro Solar
 Jaén - Cajamarca
 Cel. 970911920 RPM: #897500 / #975609564

Anexos 5. Ficha de identificación botánica de la especie *Colubrina glandulosa* Perkins.

LEIWER FLORES FLORES
ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA
C.I.P. N° 56894
Cel. 918217105
Email: lflores@unc.edu.pe

LEIWER FLORES FLORES, CON REGISTRO C.I.P. N° 56894 - ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA.

CERTIFICA:

La identificación de la muestra de un árbol con fines de investigación de tesis titulado: **"CRECIMIENTO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Colubrina glandulosa* Perkins EN DOS ALTITUDES DIFERENTES, SAN IGNACIO 2023"**, proveniente de plantaciones agroforestales del distrito del Centro Poblado El Triunfo y caserío Huaranguillo, distrito de Huarango, provincia San Ignacio, solicitada por el Bach. **SANTIAGO APOLITANO PRETEL**, Código de Estudios 0095000074, exalumno de la Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca. La muestra es conocida en la zona de estudio como **"shaina"**, la cual fue estudiada, identificada y ordenada para grupos taxonómicos de Gimnospermae y Angiospermae, de acuerdo al Sistema de Clasificación APG IV - 2016, se presenta a continuación:

Categorías -Clados	Sistema APG IV - 2016
Reino	Plantae
División	Angiospermae L.
Clase	Equisetosida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden	Rosanae Takht.
Orden	Rosales Bercht. y J. Presl
Familia	Rhamnaceae Juss.
Género	<i>Colubrina</i> Rich. ex Brongn.
Especie	<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins

Jaén, 20 de agosto del 2024.

Ing. M. Cs. Leiver Flores Flores
Especialista en Dendrología
C.I.P. N° 56894

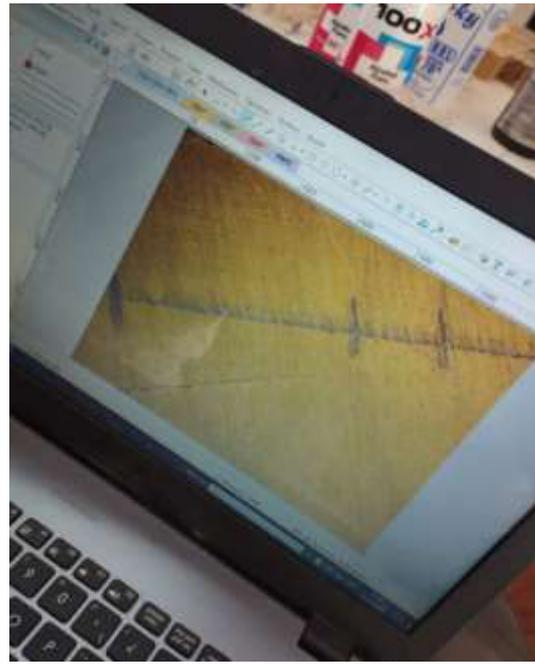
Anexo 6. Panel fotográfico de la investigación



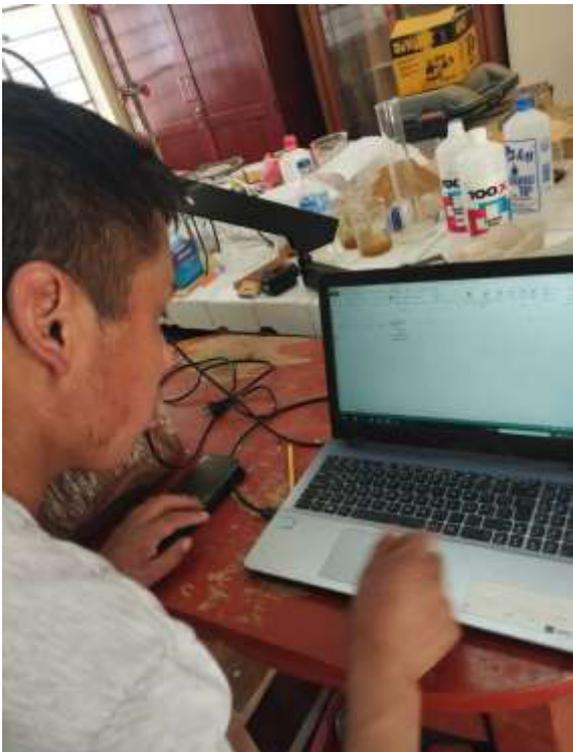
Foto 1. Descripción del procedimiento a seguir para la ejecución de la tesis



Foto 2 y 3. Obtención de rodajas y secado en el laboratorio de anatomía.



Fotos 4 y 5. Medición dendrocronológica con estereoscopio de brazo con cámara incorporada.



Fotos 6 y 7. Registro de datos en formatos elaborados.



Fotos 8 y 9. Medición de las propiedades físicas en húmedo.



Fotos 10 y 11. Peso y secado de la muestra de las propiedades físicas en húmedo.



Fotos 12 y 13. Medición de las propiedades físicas en seco.



Fotos 14 y 15. Peso de las muestras de las propiedades físicas en seco.

Anexo 7. Ficha silvicultural de la especie

Colubrina glandulosa Perkins.

Familia: RHAMNACEAE

Nombres comunes: “Shaina”

Sinónimos botánicos: *Colubrina glandulosa* subsp. *reitzii* (M.C. Johnst.) Borhid, *Colubrina rufa* (Vell.) Reissek, *Colubrina rufa* var. *reitzii* M.C. Johnst.

Descripción

Árbol de 10 a 25 m de altura y de 10 a 50 cm de diámetro. Tronco recto y cilíndrico, a veces un poco irregular. Corteza exterior marrón o gris, fisurada. Plantas juveniles con ramas muy largas y delgadas. Hojas simples, opuestas o sub opuestas y con un par de glándulas en la base de 5 a 20 cm de largo y de 3 a 1 cm de ancho, ovado-elípticas, con ápice acuminado o redondeado, bordes enteros y base cordada. Las plantas juveniles, presentan hojas de mayor tamaño en comparación con los adultos. Pecíolos de 1-4 cm de largo ligeramente acanalados en la parte superior, flores amarillentas, con frutos tipo cápsulas triloculares de 0,6 a 0,8 cm de largo, verdes, tornándose marrón oscuro y dehiscentes al madurar (Flores, 2002).

Observaciones para el reconocimiento de la especie

Se reconoce por su rápido crecimiento y la capacidad de alcanzar alturas significativas en un corto período de tiempo, lo que la hace especialmente útil para la producción de madera en techos y cercas. Además, su corteza rugosa y su capacidad de adaptarse a áreas tropicales y subtropicales como la región del Bajo Mayo la distinguen de otras especies arbóreas.

Distribución y hábitat

La especie crece a bajas y medianas elevaciones, en climas húmedos o muy húmedos. Común en bosques secundarios y áreas abiertas. Deja caer sus hojas durante la estación seca, pero las repone a inicios de la estación lluviosa. Florece y fructifica de diciembre a mayo (Ugarte, 1997).

Fenología

Florece y fructifica de diciembre a mayo, con flores visitadas por insectos. Las semillas se dispersan por explosión de frutos y aves pequeñas.

Usos

Según Alegre et al. (2000), es una especie no leguminosa de rápido crecimiento utilizada como madera de diámetros menores, adecuada para techos y cercas. Además, Ríos y Domínguez (2007) estudiaron plantaciones de shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) en la zona del Bajo Mayo, que incluye las provincias de Lamas y San Martín. En el sector Chirapa, destacaron plantas con alturas de hasta 11,20 m a una edad de 3.08 años desde su establecimiento.

Ficha silvicultural

Colubrina glandulosa Perkins “shaina”.

Particularidades de frutos y semillas

Florece y fructifica entre diciembre y mayo, lo que coincide con la temporada de lluvias, Durante la estación seca, el árbol deja caer sus hojas. Las flores de la shaina son visitadas por insectos, lo que sugiere un mecanismo de polinización entomófila.

Peso promedio de semillas: Cada kilo de semillas contiene entre 400,000 y 750,000 unidades. La germinación inicia entre 6 y 8 días.

Propagación por semilla

Los frutos de *Colubrina glandulosa* se abren en el árbol al madurar, liberando las semillas, que se recolectan cortando las ramas antes de su apertura. Las semillas, de color negruzco, pueden secarse al sol durante 20-30 horas para facilitar su apertura, pero es crucial no exceder este tiempo para evitar la pérdida de viabilidad.

Tratamientos pregerminativos

Las semillas, pueden secarse al sol durante 20-30 horas para facilitar su apertura, pero es crucial no exceder este tiempo para evitar la pérdida de viabilidad. Almacenadas a 5 °C, herméticamente selladas y con baja humedad.

Poder germinativo

Las semillas pueden mantener una germinación del 90% después de 4 años (CATIE, 2000).

Manejo de la especie en vivero

La shaina se propaga recolectando frutos negruzcos justo antes de que se abran, ya que se encuentran adheridos de manera axilar. Los frutos verdes pueden secarse al sol por 20-30 horas para facilitar su apertura. Para el almacenamiento, las semillas pueden mantenerse viables por años si se conservan a 5 °C, herméticamente selladas y con bajo contenido de humedad, logrando una germinación del 90 % después de 4 años (Herrera, 2002). La germinación no requiere tratamiento pregerminativo, pero se logra una germinación más uniforme sumergiendo las semillas en agua por 48 horas antes de la siembra. Se siembran aproximadamente 40,000 semillas (50 g) por m² a una profundidad de 0.5-1.5 cm. La germinación comienza entre los 6-8 días y finaliza a los 15 días. Las plántulas se repican a bolsas cuando alcanzan 2-3 cm de altura y aparecen las primeras hojas verdaderas.

Almacenamiento de las semillas

Las semillas de *Colubrina glandulosa* Perkins pueden almacenarse por años a una temperatura de 5 °C, herméticamente selladas y con bajo contenido de humedad, logrando una germinación del 90 % después de 4 años. Cada kilogramo contiene entre 400,000 y 750,000 semillas (Herrera, 2002).

Plantación, crecimiento y cuidado

La plantación de *Colubrina glandulosa* Perkins requiere una preparación adecuada del suelo, especialmente en zonas áridas y semiáridas, usando un subsolador para suelos compactos o realizando hoyaduras en terrenos pedregosos. Las semillas de rápido crecimiento como *Eucalyptus camaldulensis* deben sembrarse a fines de primavera, favoreciendo el poder germinativo a temperaturas de aproximadamente 20 °C, con la siembra recomendada entre octubre y noviembre en zonas semiáridas. En vivero, los frutos deben recolectarse antes de abrirse y pueden secarse al sol para facilitar la apertura. Las semillas se almacenan a 5 °C, logrando una germinación del 90 % después de 4 años. La germinación se inicia entre 6-8 días y termina a los 15 días, repicándose las plántulas cuando alcanzan 2-3 cm de altura. Durante el crecimiento, es crucial mantener un control adecuado de la competencia y proporcionar cuidados esenciales como riego y protección contra enfermedades y plagas, ya que la shaina pierde sus hojas en la estación seca y las recupera al inicio de la estación lluviosa, floreciendo y fructificando de diciembre a mayo.



Tronco de *Colubrina glandulosa*



Hojas de *Colubrina glandulosa*

Referencias bibliográficas

- Alegre, J; Arévalo, L; Guzmán, W; Rao, M. (2000). Barbechos mejorados para intensificar el uso de la tierra en los trópicos húmedos de Perú. *Agroforestería de las Américas*. 7(27). pp. 7-12.
- CATIE. (2000). Manejo Silvicultural de la especie de Shaina. *Colubrina glandulosa* Perkins., en la Amazonía peruana. Pucallpa, Perú. 63 p.
- Flores, Y. (2002). Crecimiento y productividad de seis especies forestales nativas de 20 años de edad en el Bosque Alexander Van Humboldt, Amazonia Peruana. CATIE. Perú-Costa Rica. 137 p.
- Herrera, Y. (2002). Estudio de la especie forestal de shaina. *C. glandulosa* Perkins. Afiche en *Revista Forestal Centroamericana* Oct-Dic 1997, N° 21. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 134 p.
- Ugarte, W. (1997). Manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para la amazonia peruana. Manual técnico. Perú. 56 p.