

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



“DETERMINACIÓN DE DENSIDAD BÁSICA DE TRES ESPECIES FORESTALES MADERABLES DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN MUNICIPAL “BOSQUE HUAMANTANGA” UTILIZANDO MÉTODO INDIRECTO, JAÉN- CAJAMARCA”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JOSÉ AURELIO CAJO LÓPEZ

ASESOR:

ING. M. Sc. GERMÁN PÉREZ HURTADO

JAÉN -PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962
"Norte de la Universidad Peruana"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
FILIAL JAÉN
Bolívar N° 1342 - Plaza de Armas - Telfs. 431907 - 431080
JAÉN - PERÚ



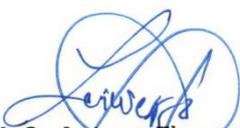
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los **dieciocho** días del mes de **octubre** del año dos mil veintidós, se reunieron en el **ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal-Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N°053-2022-FCA-UNC, de fecha 02 de marzo del 2022, con el objetivo de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulada: **"DETERMINACIÓN DE DENSIDAD BÁSICA DE TRES ESPECIES FORESTALES MADERABLES DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN MUNICIPAL "BOSQUE HUAMANTANGA" UTILIZANDO MÉTODO INDIRECTO, JAÉN - CAJAMARCA"**, ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don JOSÉ AURELIO CAJO LÓPEZ**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **once** horas y **treinta** 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 que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

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

Jaén, 18 de octubre de 2022.


Ing. M. Cs. Lerwer Flores Flores
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Vito J. Becerra Montalvo
SECRETARIO


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


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
ASESOR

DEDICATORIA

A dios por brindarme la salud y las fuerzas a cada día y cuidarme para continuar.

A mis familiares en especial para mis padres Faustina Eleuteria López Roque y José Blas Cajo Martínez quienes a lo largo de la vida han velado por mi bienestar y superación, siendo mi apoyo a cada momento depositando su confianza en cada momento difícil de la vida sin dudar en ningún momento de mi inteligencia y capacidad.

José Aurelio

AGADECIMIENTO

A dios, ser supremo por guiarme en el sendero de la vida y brindarme la oportunidad de culminar mi tesis.

A mis padres por su apoyo incondicional en todo el proceso educativo, a mis hermanos por el apoyo brindado y motivación para seguir adelante.

A mi asesor el Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado, docente de la escuela académica Profesional de la universidad Nacional de Cajamarca Sede Jaén, por su confianza depositada en mi persona y su apoyo incondicional en este trabajo.

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|------|
| ACTA DE SUSTENTACIÓN | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| ÍNDICE | v |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 11 |
| CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación | 15 |
| 2.2. Bases teóricas | 18 |
| 2.2.1. Densidad de la madera | 18 |
| 2.2.2. Tipos de densidad en la madera | 19 |
| 2.2.3. Importancia de la densidad básica de la madera | 20 |
| 2.2.4. Propiedades físico mecánicas de la madera | 21 |
| 2.2.5. Barreno de Pressler | 23 |
| 2.2.6. <i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo – Peña | 24 |
| 2.2.7. <i>Podocarpus oleifolius</i> D.Don | 26 |
| 2.2.8. <i>Hieronyma duquei</i> Cuatrec | 27 |
| 2.3. Definición de términos básicos | 28 |
| CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO | 30 |
| 3.1. Localización de la investigación | 30 |
| 3.2. Materiales, equipos y herramientas | 38 |
| 3.3. Metodología | 39 |
| 3.3.1. Tipo y diseño de investigación | 39 |
| 3.3.2. Matriz de operacionalización de variables | 39 |
| 3.3.3. Población, muestra y unidad de análisis | 39 |
| 3.3.4. Fuentes técnicas e instrumentos de recolección de datos | 40 |
| 3.3.5. Validación por expertos y prueba de confiabilidad | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 41 |
| 3.3.7. Aspectos éticos | 41 |
| 3.3.8. Etapa inicial de gabinete | 42 |
| 3.3.9. Etapa de campo | 42 |
| 3.3.10. Etapa final de gabinete | 43 |
| 3.3.11. Presentación de la información | 45 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 46 |
| 4.1. Selección y ubicación de los árboles muestreados de las tres especies | 46 |
| 4.2. Determinación de la densidad básica por métodos alternativos no destructivos | 48 |
| 4.2.1. Determinación de la densidad básica por el método empírico | 48 |
| 4.2.2. Determinación de la densidad básica por el método del máximo contenido de humedad | 49 |
| 4.2.3. Determinación de la densidad básica por el método de saturación | 51 |
| 4.2.4. Comparación de los tres métodos de determinación | 52 |
| 4.3. Análisis estadístico de los resultados de densidad básica | 54 |
| 4.4. Discusión | 56 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 58 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 58 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 59 |
| CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 60 |
| CAPÍTULO VII. ANEXO | 67 |
| Anexo 1. Panel fotográfico | 67 |
| Anexo 2. Formato de recolección de información en campo | 73 |
| Anexo 3. Formato de recolección de información en laboratorio | 76 |
| Anexo 4. Validación por expertos y prueba de confiabilidad de los Instrumentos | 79 |
| Anexo 5. Matriz de consistencia | 80 |
| Anexo 6. Certificados de identificación botánica | 81 |
| Anexo 7. Cálculo de la densidad | 84 |

INDICE DE TABLAS

| | | Pág. |
|---------|---|------|
| Tabla 1 | Matriz de operacionalización de variables | 39 |
| Tabla 2 | Densidad básica de las especies determinado con el método empírico | 48 |
| Tabla 3 | Densidad básica de las especies determinado con el método de máximo contenido de humedad | 49 |
| Tabla 4 | Densidad básica de las especies determinado con el método de saturación | 51 |
| Tabla 5 | Densidad básica de las especies según las tres metodologías empleadas | 52 |
| Tabla 6 | Coefficiente de variabilidad de las metodologías empleadas para la determinación de la densidad básica de las tres especies | 55 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | Mapa de ubicación Área de Conservación Municipal Bosque de Huamantanga | 31 |
| Figura 2 | Formaciones geológicas del ACM “Bosque de Huamantanga” | 34 |
| Figura 3 | Mapa de zonas de vida natural del ACM “Bosque de Huamantanga” | 37 |
| Figura 4 | Dispersión de las especies maderables evaluadas en el área de estudio | 47 |
| Figura 5 | Densidad básica de las especies determinado con el método empírico | 48 |
| Figura 6 | Densidad básica de las especies determinado con el método de máximo contenido de humedad | 50 |
| Figura 7 | Densidad básica de las especies determinado con el método de saturación | 51 |
| Figura 8 | Densidad básica de <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don determinado con los tres métodos en estudio | 52 |
| Figura 9 | Densidad básica de <i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo-Peña determinado con los tres métodos en Estudio | 53 |
| Figura 10 | Densidad básica de <i>Hieronyma duquei</i> Cuatrec determinado con los tres métodos en Estudio | 54 |

RESUMEN

La densidad básica de la madera es de suma importancia porque permite dar un uso adecuado a la madera. La presente investigación tuvo como objetivo determinar la densidad básica de tres especies forestales maderables del área de conservación municipal “Bosque Huamantanga” utilizando métodos no destructivos en Jaén-Cajamarca; las especies fueron *Hieronyma duquei* Cuatrec, *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña y *Podocarpus oleifolius* D. Don, la investigación se desarrolló en tres etapas, en la primera fue de gabinete y se determinó las especies y lugares donde se extrajeron las muestras, la segunda fue la fase de campo para obtención de muestras de madera usando el barreno de Pressler, la tercera se desarrolló en el laboratorio de Anatomía de la madera de la Universidad Nacional de Cajamarca – Sede Jaén donde se determinó la densidad básica de cada especie aplicando el Método Empírico, el Método de Máximo contenido de humedad y el Método de saturación. Los resultados determinaron que la densidad básica obtenida con el método Empírico presenta los valores más altos, mientras que la obtenida por el método de saturación y de máximo contenido de humedad presentan valores menores pero similares. Se concluye que la densidad de *Podocarpus oleifolius* D. Don es de 0.47 g/cm^3 , *Hieronyma duquei* Cuatrec es de 0.51 g/cm^3 y para *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña es de 0.49 g/cm^3 .

Palabras clave: Densidad básica, métodos no destructivos, madera.

ABSTRACT

The basic density of the wood is of the utmost importance because it allows for proper use of the wood. The objective of this research was to determine the basic density of three timber forest species in the municipal conservation area "Bosque Huamantanga" using non-destructive methods in Jaén-Cajamarca; the species were Hieronyma duquei Cuatrec, Magnolia jaenensis Marcelo-Peña and Podocarpus oleifolius D. Don, the investigation was developed in three stages, in the first one it was of cabinet and the species and places where the samples were extracted were determined, the second was the field phase to obtain wood samples using the Pressler auger, the third was developed in the Wood Anatomy Laboratory of the National University of Cajamarca - Jaén Branch where the basic density of each species was determined by applying the Empirical Method, the Maximum Moisture Content Method and the Saturation Method. The results determined that the basic density obtained with the Empirical method presents the highest values, while that obtained by the saturation and maximum moisture content methods present lower but similar values. It is concluded that the density of Podocarpus oleifolius D. Don is 0.47 g/cm^3 , Hieronyma duquei Cuatrec is 0.51 g/cm^3 and for Magnolia jaenensis Marcelo-Peña it is 0.49 g/cm^3 .

Key words: Basic density, non-destructive methods, Wood.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales y sub tropicales en el Perú contienen una amplia diversidad de flora oriunda, sin embargo, los recursos maderables con los que cuenta nuestro país son aún desconocidos, puesto que no existen normativas nacionales y regionales que induzcan a investigar, promocionar y difundir nuestros recursos naturales. Centeno (2018) menciona que, el Perú, cuenta con un aproximado de 4000 especies forestales de las cuales alrededor de 350 especies cuentan con información tecnológica completa, y de las que solo 40 son las más aprovechadas por la industria forestal, lo cual demuestra que existe la necesidad de conocer lo que nuestros bosques nos proveen.

En los últimos años la demanda de madera de bosque natural ha tenido un notable incremento a nivel mundial siendo así que algunas de las especies se llegaron a poner en peligro de extinción y algunas otras se extinguieron de forma natural. La gran demanda de este recurso natural se debe a que la madera es una sustancia orgánica más o menos dura, compacta y fibrosa que se extrae de los árboles y con la cual el hombre elabora un sin número de objetos para su vivienda y en la construcción (Galante, 1953). Sin embargo, no todas las especies maderables presentan condiciones óptimas que permitan al hombre su trabajabilidad y que aseguren su durabilidad; por esto algunos autores mencionan que el índice que se relaciona a la calidad de la madera es la densidad; puesto que, es una de las propiedades físicas más importantes de dicho material, ya que se encuentra muy relacionada con las propiedades mecánicas, la dureza y el rendimiento en producción de tableros, madera sólida y pulpa celulósica (Vignote et al., 2013).

Dentro del grupo de propiedades físicas de la madera, la densidad es una de las más significativas, ya que esta determina el valor y su utilidad, además está altamente

correlacionada con propiedades como la rigidez, conductividad térmica, resistencia mecánica, y el calor específico (Tuset y Duran, 1974), de la misma forma Arechaga (2009), menciona que la densidad de la madera es una propiedad física que está estrechamente relacionada con el valor de uso de la madera y que esta propiedad se encuentra relacionada a factores externos, como la ubicación geográfica, calidad de sitio y propios de cada especie; la importancia de conocer la densidad de la madera es relevante ya que de esta depende distintas propiedades y procesos de conversión como el secado, aserrío, encolado y también en los rendimientos alcanzados en la fabricación de pulpa y papel en general (Bahamonte, 2012).

La importancia de la densidad básica de la madera radica en que esta es una variable intrínseca de la madera que se emplea para estimar la biomasa de árboles y rodales forestales, además de ser una importancia económica ya que determina en gran medida la calidad del producto final que se obtenga de árboles (Silva y Návar, 2012). la importancia de conocer la densidad de la madera es relevante ya que de esta depende muchas propiedades y procesos de conversión como el aserrío, secado, encolado y en los rendimientos obtenidos en la producción de pulpa y papel en general (Bahamonte, 2012).

Para conocer la densidad de la madera existen métodos destructivos y no destructivos, donde el último método mencionado es uno de los más usados ya que no ocasiona alteraciones en los ecosistemas evaluados, para la ejecución de este método resalta el uso del barrenador de Pressler como instrumento principal para realizar el muestreo de la madera a evaluar (Pereira y Gelid, 2003).

En la provincia de Jaén se encuentra ubicado el Área de Conservación Municipal “Bosque de Huamantanga” en el cual existen muchas especies forestales maderables cuyo uso es delegado tradicionalmente sin conocer sus propiedades físico-mecánicas y según lo mencionado anteriormente es prioritario conocer la densidad básica para un uso adecuado de las especies en la zona de amortiguamiento al Área de Conservación Municipal “Bosque

Huamantanga”, para lo cual se plantea el presente trabajo de investigación a fin de determinar la densidad básica de tres especies forestales maderables usando el barreno de Pressler.

Como problemática se tuvo que en el Bosque Huamantanga existen especies forestales maderables cuyo uso es delegado tradicionalmente sin conocer su densidad básica, por lo tanto es prioritario conocer la densidad básica para un uso adecuado de las especies en la zona de amortiguamiento al área de conservación municipal “Bosque Huamantanga”, esto se realizará sin ocasionar daño alguno a las especies a evaluar, por ello se hará uso del barreno de Pressler que permita obtener pequeñas porciones de madera y con ello obtener información sobre la densidad básica de las especies de *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb, *Magnolia jaenensis* Marcelo - Peña, *Hieronyma Duquei* Cuatrec, permitiendo que estas especies continúen realizando su función ecológica dentro del ecosistema bosque de neblina.

Como hipótesis se planteó lo siguiente:

Si es posible determinar la densidad básica de especies forestales maderables del Área de Conservación Municipal “Bosque Huamantanga” utilizando el método indirecto a través del barreno de Pressler, Jaén-Cajamarca.

La presente investigación tomó como objetivo general: determinar la densidad básica de tres especies forestales maderables del área de conservación municipal “Bosque Huamantanga” utilizando métodos no destructivos, Jaén-Cajamarca.

Y como objetivos específicos:

- ✓ Determinar la densidad básica de *Podocarpus oleifolius* D. Don, *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña y *Hieronyma duquei* Cuatrec. procedentes del área de conservación municipal “Bosque Huamantanga” empleando el método de saturación, método empírico y método de máximo contenido de humedad;

- ✓ Emplear métodos no destructivos usando el Barreno de Pressler para la obtención de muestras de madera de las especies *Podocarpus oleifolius* D.Don, *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña y *Hieronyma duquei* Cuatrec; y
- ✓ Analizar estadísticamente los resultados obtenidos por medio de la estadística descriptiva.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Rojas y Villers (2005), realizaron una investigación con el objetivo de estimar la densidad básica de la madera de *Pinus hartwegii* del volcán La Manliche, para lo cual utilizaron dos métodos: el tradicional de máximo contenido de humedad (Smith, 1954) y el método empírico (Valencia y Vargas, 1997); para esto se extrajeron 22 especímenes pequeños de madera con un barreno de Pressler a los cuales se le aplicaron los dos métodos anteriormente mencionados. Se encontró que los valores promedio. De desviación estándar, mínimo y máximo de densidad de la madera fueron muy parecidos. Se determinó la densidad básica de la madera en 0.496 g/cm^3 . Se demostró con una correlación simple que los resultados de ambos métodos fueron cercana a la unidad. La madera de *Pinus hartwegii* se clasifica como moderadamente pesada.

Dorado et al. (2005), evaluaron la calidad de la madera de tres especies de pinos en base a sus densidades básicas, anhidras y saturadas. Las especies estudiadas fueron *Pinus taeda*, *P. elliottii* y *P. pinaster*, a partir de muestras provenientes de la zona de Río de los Sauces (Córdoba, Argentina). Se extrajeron muestras de madera con el barreno de Pressler y para determinar la densidad de cada especie se utilizó el método de inmersión de acuerdo al principio de Arquímedes. Los resultados mostraron que *P. taeda* tuvo el menor valor de densidad básica, mientras que *P. elliottii* y *P. pinaster* no difirieron significativamente.

Sangume et al. (2019), determinaron la densidad básica, la edad y las características anatómicas de las maderas de nueve especies del bosque del Maiombe, provincia de Cabinda, Angola. Para lo cual se extrajeron muestras de madera de los árboles a ser estudiados con un barreno de Pressler. Las muestras de madera fueron extraídas del tercio medio de los árboles.

La densidad de la madera fue determinada dividiendo la masa por el volumen. El volumen fue obtenido por el principio de Arquímedes y la masa por pesaje de los cubos después de secos. Las características anatómicas se determinaron por medio de la microscopía óptica a los cortes microtómicos efectuados en cada uno de los pedazos de madera. Las características anatómicas determinadas fueron las siguientes: diámetro de los vasos, espesor de la pared celular, diámetro de las fibras, área de los vasos. Los resultados del presente estudio fueron: la densidad básica de las maderas se situó entre 896 y 1 149 kg/m³. Las edades se situaron entre los 39 y 43 años de edad. La microscopía óptica mostró una diferencia significativa entre algunas características anatómicas como el diámetro de los vasos, el diámetro de la fibra y el área de los vasos, con excepción del espesor de la pared celular que no fue diferente entre las especies.

Alarcón et al. (2019), realizaron una investigación con los objetivos de comparar las determinaciones de densidad básica de la madera obtenidas por los métodos empírico, de máximo contenido de humedad y de balanza hidrostática en *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus gandis* y *Eucalyptus viminalis*, y de esta forma evaluar si los diferentes métodos de estimación de densidad básica arrojan diferentes estimaciones de parámetros genéticos. Los resultados obtenidos indican valores de densidad promedio entre 0,32-0,70 g/cm³, siendo el método empírico el que estimó los mayores valores promedios para las 3 especies, mostrando una tendencia a sobreestimar los valores de densidad. Las estimaciones de heredabilidades en sentido estricto para *E. globulus* manifestaron diferencias entre los distintos métodos, siendo moderadas las diferencias para *E. viminalis* y *E. gandis*. Dadas las altas correlaciones fenotípicas estimadas entre los métodos de balanza hidrostática y de máximo contenido de humedad (R entre 0,85 y 0,99) y las complejidades inherentes a sus metodologías, el método de máximo contenido de humedad resultaría ser el más apropiado para las especies evaluadas de Eucaliptus dada su simplicidad respecto al método de balanza hidrostática.

Vásquez et al. (2015), en su investigación analizaron la densidad básica de la madera de dos pinos y su relación con propiedades edáficas, para esto seleccionaron dos rodales naturales en el centro de México donde se desarrollan las especies de *Pinus patula* y *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*. Para determinar la densidad básica de la madera se obtuvo una muestra de 78 árboles. Se tomaron muestras de suelo al pie de cada árbol muestreado para evaluar el pH, textura y densidad aparente del suelo, porcentaje de materia orgánica, porosidad, carbono total, así como fracciones húmica y no húmica. Como resultado se obtuvo que no se detectaron diferencias entre sitios por especie para densidad básica de la madera. El análisis de suelo demostró diferencias significativas para la mayoría de las propiedades entre sitios y mayor variación dentro de Ejido Ingenio del Rosario Xico, Veracruz, México; solo se verificó correlación negativa entre la densidad básica de la madera de *Pinus patula* y la densidad aparente del suelo del rodal de Ejido Ingenio del Rosario, Xico, Ver; por lo anteriormente expuesto, se concluye que estas especies pueden establecerse y desarrollarse en sitios con características edáficas distintas sin presentar cambios importantes en la calidad de su madera.

Cercado (2019), en su investigación realizada en el cantón Tena provincia del Napo, tuvo como objetivo tomar muestras en parcelas permanentes ya establecidas para lo cual necesitamos de la ayuda de dos instrumentos, el Pilodyn y Barreno Pressler; por medio del Pilodyn se evaluó la dureza de la madera de cada especie ya que este instrumento lanza una aguja metálica que indica una lectura en g/cc, cuanto más ingrese la aguja menor será la dureza o densidad del mismo y entre menor sea la lectura mayor la dureza del árbol, las lecturas se hicieron a 1.10, 4 y 7 metros del ras del suelo, con el Barreno de Pressler se obtuvieron muestras de madera o probetas con la cual se evaluó la densidad, la longitud de esta probeta es medida en campo con la ayuda de un calibrador y luego son empaquetadas para posteriormente trasladarlas a laboratorio y ser llevadas a la estufa, donde las muestras

permanecerán durante 24 horas a 105 °C, luego se las pesa y mediante la fórmula de densidad básica se obtuvo la densidad de cada una de las especies estudiadas, luego se realizó una regresión lineal se obtuvo el tipo de relación que hay entre las dos variables cuantitativas y utilizando la ecuación de la recta se obtuvieron los datos de las densidades de 4 y 7 metros, concluyendo que La especie que presenta mayor densidad en la Reserva Ecológica Colonso Chalupas fue *Micropholis venulosa* con 0,668381, mientras que en el bosque protector Shitig la que presento una mayor densidad fue *Eschweilera coriácea* con 1,0062, demostrando así que la densidades más altas se ven el Bosque Protector Shitig perteneciente a la zona de vida Bosque siempre verde premontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Densidad básica de la madera

Downes y Raymond (1997), definieron la densidad básica como la cantidad de material de la pared celular dentro de un volumen determinado.

La densidad básica en una especie forestal depende de varios factores, propios de la especie y otros relacionados con el medio ambiente, algunos de estos son los tipos de fibra, sus diámetros, el espesor de pared y frecuencia, como también la química de la madera, todos estos a su vez influidos fuertemente por la edad de los árboles y su interacción con el medio (Prado y Barros, 1989).

La densidad básica de la madera es la fracción entre el peso anhidro de una muestra de madera y el volumen verde o saturado y éste índice depende de diversos factores de los cuales, muchos son propios de cada especie y otros se relacionan con el medio ambiente (Lizana, 2006).

La densidad básica relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30 %. La densidad de un cuerpo es el coeficiente formado por masa y

volumen. La masa y el volumen de la madera varían con el contenido de humedad debido a que esta es higroscópica; por lo que es importante enunciar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. La densidad básica de la madera es una de las características físicas más importantes, pues está directamente relacionada con la durabilidad y sus propiedades mecánicas. La densidad varía ampliamente entre diferentes especies y tipos de madera (CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA, 2003, citado en Arechaga, 2009).

Cereceda (2013), menciona que existen varios tipos de densidades las cuales se basan en la propiedad higroscópica de la madera, siendo así, se puede encontrar en distintos estados desde completamente saturado o verde hasta el completamente seco o anhidro, lo cual hace cambiar su peso y volumen. Dentro de los diversos tipos de densidades, la más utilizada por su facilidad y simpleza en su determinación, es la densidad básica, ésta se establece midiendo el peso de la madera en estado anhidro por unidad de volumen medida en estado saturado o verde.

Algunos de los factores que definen la densidad básica son: la edad, el sitio, la proporción de madera temprana y tardía, las condiciones ambientales como la altitud, latitud y suelo, además de la heredabilidad, haciendo esta propiedad altamente variable (Consuegra, 1994).

2.2.2. Tipos de densidad básica en la madera

Bahamonde (2012), si se considera la madera en su estado natural, se obtiene el peso específico aparente, también llamado densidad, ésta se obtiene después que la madera se encuentra suficientemente estacionada y con un 15 % de humedad y es la relación que existe entre el peso y el volumen (Galante, 1953), es decir, la densidad aparente de la madera es la correlación entre el peso y el volumen de la muestra de madera sin restar espacios huecos.

Otro tipo de densidad es aquella que corresponde al peso del material leñoso, llamada densidad real, cuando se descuentan en la variación del volumen todos los espacios huecos

interiores incluido los capilares, generalmente es de 1,5 g/cm³ (Pereyra y Gelid, 2002). En cambio, la densidad básica considera masa anhidra y volumen de madera saturada de agua, lo que se expresa como:

$$S_{0g} = P_0/V_g$$

S_{0g} = densidad básica (g/cm³)

P_0 = masa anhidra (g)

V_g = volumen de madera saturada de agua (cm³)

Esta densidad se obtiene saturando con agua una muestra de madera, luego medir el volumen por inmersión o por medición directa y posteriormente secar en estufa a 103 ± 2 °C por 24 horas (Mansilla, 2004).

2.2.3. Importancia de la densidad básica de la madera

Bahamonde (2012) menciona que, la densidad es usada para la clasificación de las maderas, además se usa normalmente como criterio de evaluación, con lo que es posible predecir las posibilidades de uso, la calidad de los productos que serán obtenidos a partir de su transformación, el rendimiento de la materia prima y los requerimientos técnicos en la producción (Delmastro et al., 1980), también es considerada como uno de los índices de mayor utilidad que caracterizan a las maderas desde el punto de vista tecnológico, debido a la alta correlación que tiene la producción de pulpa y las propiedades mecánicas de la madera aserrada (Mansilla, 2004). La densidad de la madera es relevante en muchas propiedades y procesos de transformación, incluyendo el aserrío, secado, encolado y en los rendimientos obtenidos en la producción de pulpa y papel en general, por lo que existe una relación directamente proporcional entre la densidad de la madera y el precio de ésta (Saavedra, 2004). Pereyra y Gelid (2002), mencionan este indicador es muy importante ya que permite dar conclusiones sobre la adaptación que tiene la madera como material de construcción, debido a que presenta una buena relación de resistencia/masa.

La importancia de la densidad básica radica en que este factor ya que aporta abundante información tecnológica de este producto y su rápida determinación la sitúa como una de las propiedades susceptibles de ser mejoradas genéticamente con propósitos productivos. Además, es un parámetro que caracteriza tecnológicamente la madera, presentando una acentuada correlación con la mayoría de las características físicas y mecánica (Jesús et al., 2018).

Para Ordoñez (2015) la densidad básica es una propiedad de mucha importancia ya que influye y tiene relación directa con cada una de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de esta.

2.2.4. Propiedades físico mecánicas de la madera

2.2.4.1. Propiedades físicas

Huamán (2020), menciona que, dentro de las diversas propiedades de la madera, la densidad es la más utilizada por su facilidad de ser determinada y porque se correlaciona directamente con las propiedades físico-mecánicas de la madera y la composición celular (Batista et al., 2010), esta propiedad es determinada como peso por unidad de volumen. Al ser el indicador más importante de la resistencia de la madera, puede predecir características tales como: dureza, facilidad de procesamiento y resistencia al clavado. Por ejemplo, las maderas densas generalmente se contraen e hinchan más y usualmente presentan mayores problemas en el secado (Bruce, 2000).

Paguay (2013) menciona que, según Karsulovic (1982) las propiedades físicas de la madera están determinadas por los factores inherentes a su organización estructural. Es decir, son aquellas propiedades que determinan su comportamiento ante los distintos factores que intervienen en el medio ambiente normal, sin producir ninguna modificación química en su estructura.

Aróstegui (1982) al referirse a la densidad básica la considera como una de las características más importantes de la madera y la define como la relación entre el peso seco al horno y el volumen saturado; además menciona que la densidad de la madera tiene una gran influencia en las propiedades mecánicas principales como, la resistencia a la flexión, dureza y otros (Pantigoso, 2009).

Arroyo (1983) señala que, ha quedado demostrado que el comportamiento físico de la madera está muy ligado a las características anatómicas, la composición química de las paredes celulares y la naturaleza y cantidad de extractivos que contiene. Además, menciona que todas las propiedades físicas de la madera dependen de los factores que determinan su organización estructural. Estos factores pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Cantidad de sustancia de la pared celular presente en una muestra cualquiera.
2. Cantidad de agua presente en la pared celular.
3. Proporción de los componentes primarios en la pared celular y la cantidad y naturaleza de las sustancias extrañas.
4. Arreglo y orientación de los materiales en los diferentes tejidos.
5. Tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que forman el tejido maderable.

2.2.4.2. Propiedades mecánicas

Spavento et al. (2008) menciona que, las propiedades mecánicas de la madera son aquellas que definen la aptitud y capacidad para resistir cargas externas, excluyendo los esfuerzos debidos a las tensiones internas producto de los cambios de humedad. Las propiedades mecánicas se agrupan de acuerdo al comportamiento de la madera ante la acción de una carga y al plano de corte en que se aplique la misma; como así también, de acuerdo a las modalidades de las cargas sobre las muestras, si éstas son estáticas o dinámicas, y de su tiempo de aplicación. De este modo, podemos dividir a las mismas en: resistencia estática, dinámica y de dureza / desgaste.

Las propiedades mecánicas son los comportamientos y las resistencias que ofrece la madera al ser sometida por fuerzas exteriores, miden la aptitud y la capacidad para resistir cargas externas, presenta diferentes propiedades en las distintas direcciones, de este tipo de características se desprenden los diferentes grados de resistencia (Suirezs y Berger, 2009).

2.2.5. Barreno de Pressler

Es un instrumento que se utiliza para obtener muestras de árboles en pie, para estudios de dendrocronología (evolución y desarrollo del árbol), plagas, control de la densidad y calidad de madera, entre otros. Permite obtener muestras de forma cilíndrica de madera, frecuentemente de 5 milímetros de diámetro y más de 10 cm de largo, que se saca perpendicularmente al tronco (generalmente desde la corteza del árbol hasta la médula). Consta de tres partes principales: extractor de muestra, barreno de acero, y mango. Requiere de un mantenimiento y cuidado especial. Cuando esté almacenado, el barreno y el extractor deben estar sin ningún residuo de madera ni resinas o látex, y lubricados por dentro y fuera con un aceite protector como WD-40 (Cuellar et al., 2018).

2.2.5.1. Barrenado del árbol

La altura de barrenado de un árbol típicamente es llevada a cabo a la altura del pecho (1.30 m). El inicio del barrenado comienza con la introducción de la punta del taladro en la corteza del árbol. Para que penetre la punta del taladro, se tiene que hacer presión sobre el barreno y al mismo tiempo girarlo en sentido horario. En todo momento se tiene que mantener la dirección de entrada de barreno lo más recto posible, tratando de formar un ángulo de 90 grados entre el barreno y el tronco (Jozsa, 1988; Gissino - Mayer, 2003; Speer 2010 citados por Arriaga, 2019).

2.2.6. *Magnolia jaenensis* Marcelo – Peña

Nombre común: Militar

Descripción botánica: Árbol de 10–20 m de altura y 50–70 cm de diámetro, usualmente ramificado a partir de 12 m de alto, copa irregularmente globosa, con presencia de pequeñas raíces tablares de hasta 60 cm de alto; corteza externa color gris claro, en individuos juveniles lenticelada y en individuos adultos levemente fisurada, de 1.5–2 cm de espesor; corteza interna granular, cremosa, con olor agradable; ramitas terminales cilíndricas, de 8–10 mm de diámetro, tomentosas cuando juveniles y glabras en ramas adultas, con lenticelas elípticas; entrenudos de 1.1–1.5 (–2.6). Hojas verde oliva, las hojas juveniles y los nervios secundarios, verde amarillo, con olor agradable, de 15.5–19.5 (–29.5)×10.5–14 (–19.5) cm, anchamente elípticas, coriáceas, el ápice obtusamente cuspidado, la base obtusa, el borde levemente ondulado y anchamente revoluto, el nervio medio canaliculado por la haz, prominente en el envés, la venación boquidódroma, con 14–17 pares de nervios secundarios, la venación terciaria finamente reticulada, la haz glabra brillante, envés densamente pubescente, con pelos largos, blanco-pálido, hasta amarillento; pecíolos abaxialmente convexo y adaxialmente aplanado, carentes de cicatriz adaxial, de 1.3– 2.5 cm de longitud, glabros en la base y distalmente pubescentes en hojas adultas a densamente pubescentes en hojas juveniles; prófilos amplexantes, de hasta 10×1 cm, oblongo a lanceolado-oblongo, cartáceos, cubierto de pelos largos, blanco-crema. Flores solitarias, terminales, botones florales ovados, de 4.2 cm de longitud, 2.1 cm de diámetro, con un hipsófilo vaginal, verde-amarillento, con indumento esparcido; pedúnculo verde-amarillo, de 1.3–1.7 cm de longitud, 6–9 mm de diámetro, con densa pubescencia, color blanco crema; sépalos 3, naviculares, oblongo-elípticos, de 3.2–3.6(–4)×2–2.5 cm, verde-blanquecino, cara externa con pelos adpresos, dorados, base truncada, ápice obtuso a redondo, cartáceos; pétalos 9, cocleariformes, naviculares, con olor agradable, 3–3.5×1.7–2 cm, alternos, los 3 pétalos más externos, blanco-

crema, obovados y los 6 pétalos internos, más cortos y oblanceolados, el ápice obtuso a redondo, la base truncada, carnosos, coriáceos; estambres 164–171, cremas, espiral mente insertos en 5 series, levemente falcados, 9–11×1–1.5 mm, con apículo filiforme de 6–11 mm de longitud; tecas 2, de 8–10 mm de longitud, introrsas con dehiscencia longitudinal; gineceo estrobiliforme, elipsoide, crema, 1.5–2 de longitud., 1– 1.3 cm de diámetro, en la antesis; carpelos 20– 24, decurrentes, los basales de 13–15×4–5 mm, con 3–4 costillas, los apicales agudos, con surcos en forma reticulada, estilo gradualmente atenuado, libre, péndulo, de 2 mm de longitud, con densa pubescencia en la cara externa, estigma de 1 mm de longitud, negro. Fruto verde-blanquecino, oblongoide, glabro, de 5.5–6 cm de longitud., 3–3.5 cm de diámetro, los folículos basales con 4–5 costillas longitudinales, los apicales con surcos más o menos reticulados, en la cara externa, con dehiscencia circuncísil. Semillas 2, escasamente una por carpelo, angular-obovoides, 8–9 mm de longitud., 4–5 cm de espesor (lado más ancho); sarcotesta anaranjado claro, con leve olor agradable (Marcelo-Peña y Arroyo, 2013).

Distribución, hábitad y etimología: Esta especie ha sido localizada entre los 2000 y 2500 ms.n.m, en bosques montanos húmedos. Crece en pendientes empinadas con especies de *Clusia*, *Cyathea delgadii* Sternb., *Drimys ganadensis* L.f., *Hedyosmum* sp., *Hieronyma* spp., *Ilex laurina* Kunth, *Miconia* spp., *Piper* sp. *Podocarpus oleifolius* D.Don, *Schefflera* sp., *Weinmannia* sp., y especies de Lauraceae. En una parcela de 100×100 m, ubicada a 2400 m, fueron registrados 91 individuos con diámetro a la altura de pecho ≥ 10 cm (publ. en prep.). Su hábitad está seriamente amenazado por actividades agropecuarias. La madera de la especie tiene una excelente demanda para la carpintería local. Por lo tanto, se sugiere que se encuentra en peligro de extinción (EN). Registros de floración en agosto y enero y, fructificación en noviembre y enero.

El nombre jaenensis, hace mención a la provincia de Jaén y pone en relieve la alta diversidad de especies endémicas restringidas en las diferentes formaciones vegetales de la

provincia (bosques estacionalmente secos, bosques premontanos, montanos húmedos y páramos). Localmente es llamado “militar”, debido a que cuando se talan los árboles al oxidarse la madera toma una coloración verdosa, análoga al color de la vestimenta de los militares (D. Yrigoin, com. pers.) (Marcelo-Peña y Arroyo, 2013).

2.2.7. *Podocarpus oleifolius* D.Don

Nombre común: Saucecillo

Descripción botánica

Árboles dioicos que alcanzan los 40 m de altura y 1 m de diámetro. Tronco asimétrico, a menudo con brotes provenientes de yemas preventivas o durmientes. Corteza pardoamarillenta, agrietada longitudinalmente. Copa grande irregular. Hojas densas. Yemas vegetativas globosas o ampliamente ovoides, 3 a 9 mm, escamas exteriores envuelven las más internas, en general con ápice agudo o ligeramente agudo, con menor frecuencia obtusas. Hojas simples de distribución espiralada, coriáceas o subcoriáceas, elípticas, oblongolanceoladas, hasta lanceoladas agudas, gradualmente estrechas hacia el ápice, atenuadas y subsésiles hacia la base, de 2,2 a 14 cm de longitud por 6 a 16 mm de ancho, con un canal bien marcado y angosto por encima de la vena media, ancho, pero no muy prominente: en la cara inferior, margen ligeramente revuelto. Conos masculinos solitarios, axilares, de 8,2 a 13 mm de longitud por 5 a 9 mm de diámetro, subsésiles con pedúnculos de 4 a 5 mm de longitud en la base con escamas imbricadas, redondeadas, carnosas y espesas, esporófilos de distribución espiralada, puntiagudos, cuneiformes, cada saco de polen contiene entre 29 y 30 gamos de polen. Cono femenino solitario, axilar, con pedúnculo de 4 a 12 mm de longitud por 1 a 2 mm de diámetro, receptáculo de 6 a 9 mm de longitud, con 2 o 3 escamas desiguales, carnosas, soldadas pero libres en la región distal, monospermas; el receptáculo maduro se torna de un color purpúreo o rojizo. El fruto es una drupa; su semilla es globosa o ligeramente ovoide, de 6 a 10 mm de longitud por 4 a 6 mm de ancho, con diminuta cresta

lisa. En esta especie es frecuente que el estróbilo masculino no tenga pedúnculo o que el estróbilo femenino sea sésil, característica que es utilizada para la diferenciación con la variedad en (Marín, 1998).

Distribución

Las podocarpáceas son especies con distribución natural preferentemente en el hemisferio austral. En cuanto a la especie *Podocarpus oleifolius*, esta se extiende desde el sur de México (Chiapas y Oaxaca), hasta el norte de Perú y Bolivia, a alturas que van desde los 1500 a los 2800 m.s.n.m (CAR, 2018).

En Colombia se encuentra entre 1900 y 3700 m s.n.m; en los herbarios nacionales se han depositado muestras botánicas procedentes de los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cauca, Cesar, Cundinamarca, Chocó, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Tolima y Valle (Torres, 1998). Para el *Podocarpus oleifolius* var. *macrostachyus* éste se presenta en solo en Colombia y Venezuela generalmente entre 1850 y 3050 m s.n.m. (Marín, 1998).

2.2.8. *Hieronyma duquei* Cuatrec.

Nombre común: Chupica

Descripción botánica: Árbol de 6 m de altura y 10 cm de DAP. Presenta hojas simples, asimétricas y coriáceas punteado-glandulares, de envés tomentoso-blanquecino, Ramitas jóvenes pulberulentas. La corteza del árbol es de color rojiza de tipo coriáceo. Presenta frutos rojizos (Bernal et al. 2015; Govaerts et al. 2000)

Distribución y hábitad: esta especie se distribuye en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela entre los 1000 y 2600 m s.n.m. Su hábitad natural son los bosques húmedos tropicales y subtropicales, Prefiere suelos con texturas franco arenosas a arcillosas, aunque soporta suelos ácidos y puede desarrollarse hasta en suelos mal drenados, con inundaciones periódicas, pedregosos y de baja fertilidad. Se le encuentra en terrenos planos hasta fuertemente ondulados, con pendientes menores de 60 % (Idárraga-Piedrahita, 2011).

2.3. Definición de términos básicos

Bosque

Tierra con una cubierta de copa (o su gado equivalente de espesura) de más del 10 por ciento del área y una superficie superior a 0,5 ha. Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 5 m a su madurez in situ. Puede consistir ya sea en formaciones forestales cerradas, donde árboles de diversos tamaños y sotobosque cubren gran parte del terreno; o formaciones forestales abiertas, con una cubierta de vegetación continua donde la cubierta de copa sobrepasa el 10 por ciento (Kleinn, 2000).

Árbol

Planta leñosa perenne con un solo tronco principal o, en el caso del monte bajo, con varios tallos, que tenga una copa más o menos definida. Incluye: bambúes, palmeras y otras plantas leñosas que cumplan con los criterios señalados (Kleinn, 2000).

Madera

La madera es la materia prima de origen vegetal que se extrae de los árboles leñosos, es fibrosa, compacta y más o menos dura debido a los tejidos vegetales que la conforman, éstos tejidos se componen de pequeñísimos elementos de diferente tipo llamados células, tan diminutos que el ojo humano es incapaz de distinguirlos (Arango, 1990).

Densidad

Es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, y puede utilizarse en términos absolutos o relativos (Legáz, 2010).

Densidad básica

Es el cociente entre el peso de la probeta anhidra y el volumen en estado saturado correspondiente y se expresa en g/cm^3 (NTP 251.011).

Densidad absoluta

También llamada densidad real, expresa la masa por unidad de volumen. Cuando no se hace ninguna aclaración al respecto, el término «densidad» suele entenderse en el sentido de densidad absoluta (Legáz, 2010).

Contenido de humedad

Arriaga (2019) citado por Olay (2011) define el contenido de humedad como la cantidad de agua que contiene una madera, expresada en porcentaje (%) de su peso en estado anhidro, el agua en una madera húmeda se encuentra en dos formas: una llamada agua libre es la que llena los vasos de la madera; fibras, meatos, etc. Su presencia generalmente no influye en las propiedades de la madera.

Madera saturada

Se considera como madera saturada aquella que haya alcanzado el máximo contenido de humedad al haber sido previamente sumergida en agua (NTP, 2004).

Madera anhidra

Es aquella madera donde se ha eliminado todo su contenido de humedad (Segura, 2012).

CAPÍTULO III

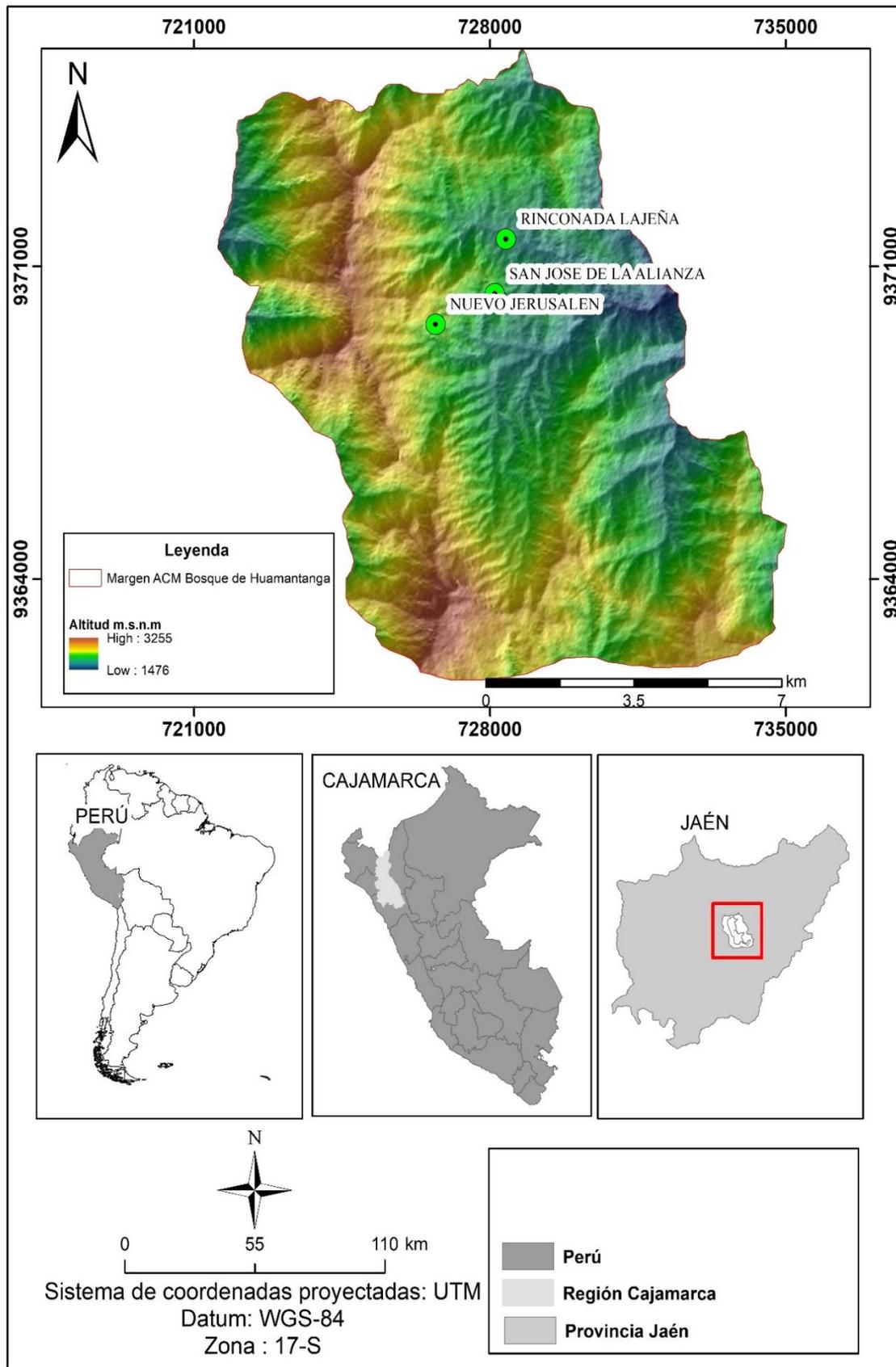
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización de la investigación

La investigación se desarrolló en los caseríos La Rinconada, San José el Alianza y Nuevo Jerusalén, los cuales se encuentran en territorio el Área de Conservación Municipal “Bosque Huamantanga” de la provincia de Jaén, éste área de conservación tiene una extensión territorial que asciende las 3 860 hectáreas, según la clasificación de Holdrige presenta dos zonas de vida: el Bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical, tiene temperaturas que varían de 12 °C a 17 °C, y el Bosque húmedo Premontano Tropical con temperaturas que varían de 18 °C a 25 °C (Municipalidad Provincial de Jaén 2010). Para acceder al Área de Conservación Municipal «Bosque de Huamantanga», se puede acceder por dos vías: la primera es a través de la carretera Jaén – San José de la Alianza en un recorrido de 30 km del caserío de San José de la Alianza en un tiempo de 45 minutos y la segunda vía es a través de la carretera Jaén – La Victoria a través de una trocha carrozable que se puede llegar al C.P.M. La Virginia y luego se sigue por camino de Herradura todo este trayecto conlleva un tiempo 2.00 horas para al fin llegar al bosque por el lado sur (Red Marañón).

Figura 1

Mapa de ubicación Área de Conservación Municipal Bosque de Huamantanga



3.1.1. Características de la zona de estudio

Geología

Según el INGEMMET (2016) en el mapa geológico de la región Cajamarca se puede evidenciar que la cuenca del río Amojú presenta las siguientes formaciones geológicas:

Formación Chulec. - Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Generalmente los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris parduzcos algo azulados. En la cuenca del río Amojú esta formación abarca un área total de 1547.0021.

Formación Oyotun. Esta unidad constituye una secuencia gruesa de derrames y piroclásticos andesíticos, intercalados con areniscas, limonitas y estratos gruesos de tobas brechoides. Sus niveles inferiores están constituidos por lavas de estructura fluidal, predominantemente integrada por andesitas, dioritas y metandesitas microporfíricas, en estratos medianos que, por alteración hidrotermal, limonitización y propilitización, han adquirido matices gris verdosos o gris violáceo, así mismo por cloritización presentan coloraciones gris verdosas. La secuencia piroclástica con intercalaciones sedimentarias está mejor desarrollada al noroeste de Jaén. En la cuenca del río Amojú esta formación abarca un área total de - 9693.5049 ha.

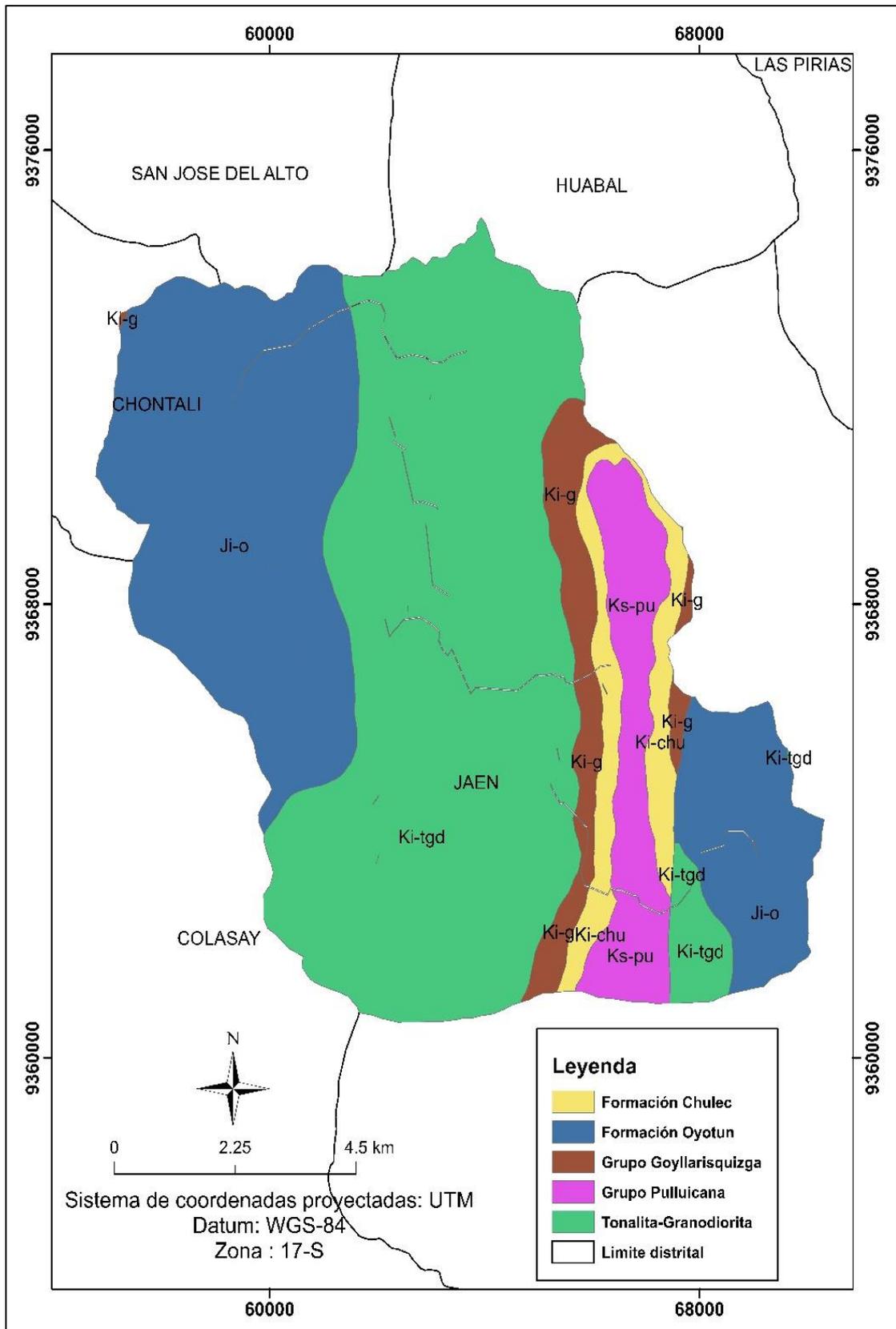
Gupo Goyllarisquiza. - De grosor de areniscas cuarzosas bien clasificadas de grano medio a grueso, algunas capas son conglomerados con guijarros pequeños de cuarzo. Presentan una coloración gris clara a blanca ligeramente amarillenta que por meteorización toman colores amarillentos, rojizos debidos al material ferruginoso que contiene. En la cuenca del río Amojú esta formación abarca un área total de 3449.6086 ha.

Gupo Pulluicana. - La litología predominante es una caliza arcillosa, grisácea, que intemperiza a crema o marrón claro y que se presenta incapaces medianas, nodulares e irregularmente estratificadas. Intercaladas con las calizas, hay capas de margas marrones y lutitas grisáceas o verdosas, así como algunas capas de limonitas y areniscas. En la cuenca del río Amojú esta formación abarca un área total de 1227.5562 ha.

Tonalita – Ganodiorita. - La tonalita exhibe en sus bordes mezcla de esquistos y gneises. Sus minerales componentes son plagioclasas, cuarzo, ortoclasa y biotita en placas distribuidas irregularmente, además tiene hornblenda conformando una roca holocristalina, isotrópica, inequigular; la alteración es evidente en los feldspatos. En la cuenca del río Amojú esta formación abarca un área total de 5500.4889 ha.

Figura 2

Formaciones geológicas del ACM Bosque de Huamantanga



Zonas de vida natural

Las zonas de vida que se encuentran en el Área de conservación municipal Bosque de Huamantanga fueron definidas mediante análisis cartográfico del Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1995), con lo cual se determinó que las zonas de vida que se encuentran presentes en la cuenca del río Amojú son:

Bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical

Se encuentra distribuido en la región sierra, entre los 2 500 y 3 000 m s.n.m. cuando está sobre el bosque húmedo-Montano Bajo Tropical; y entre los 2 000 y 2 900 m.s.n.m., cuando está sobre el bosque muy húmedo-Premontano Tropical; comprende una extensión superficial de 185 423.44 ha, equivalente al 5,63 % del área departamental. Posee un clima húmedo - Templado Cálido, con temperatura media anual entre 17 °C y 12 °C; y precipitación pluvial variable entre 1 900 y 3 800 milímetros. La cubierta vegetal es densa, siempre verde y de porte alto. El epifitismo es predominante con especies como Bromeliáceas, Orquídeas, helechos, musgos y líquenes que tapizan los tallos de las plantas.

Bosque seco Premontano Tropical

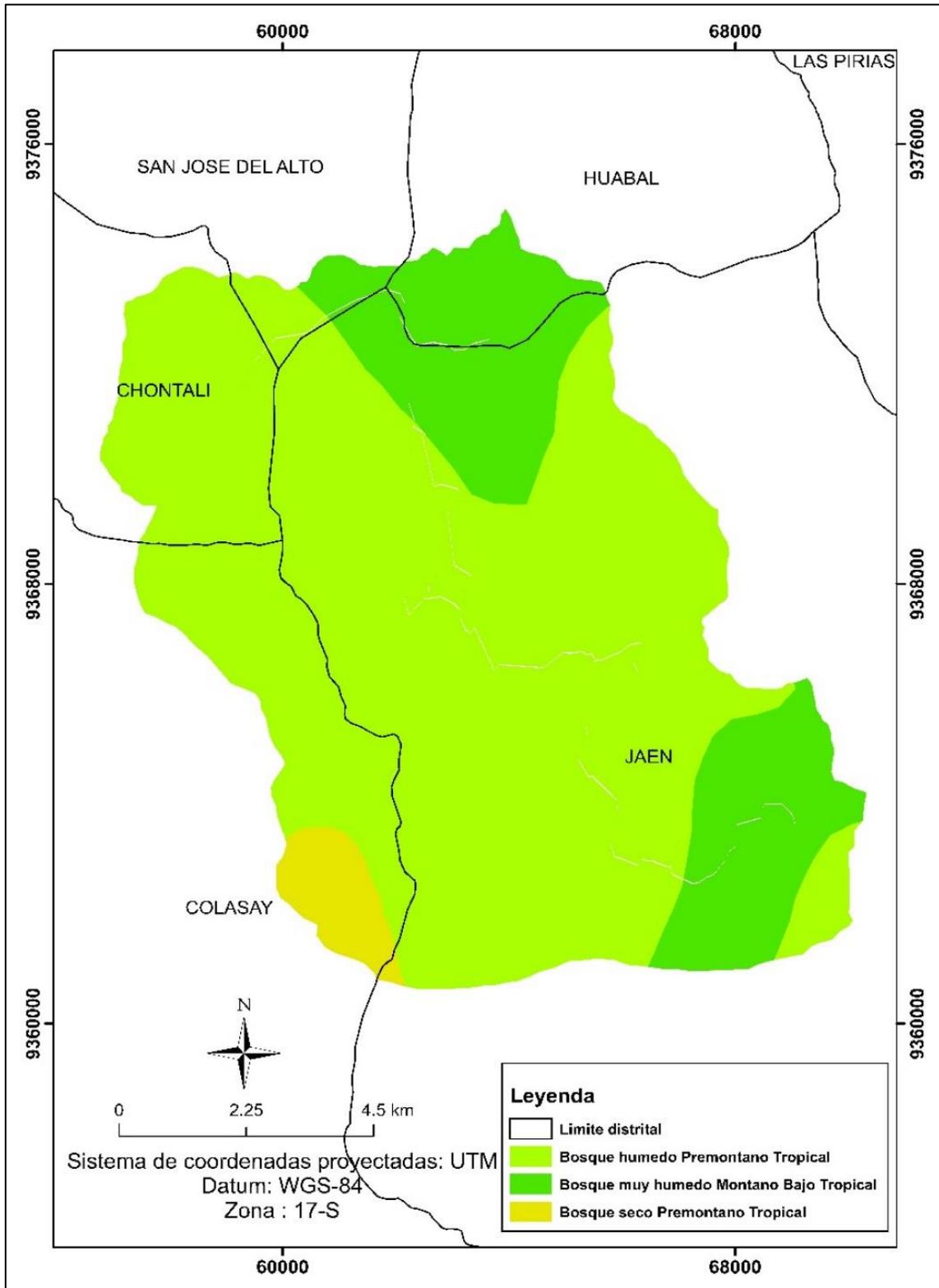
Esta zona de vida se encuentra determinada por los 1500 y 2000 m.s.n.m. se ubica en la porción inferior de la cordillera de los andes. Presenta un terreno accidentado, con predominio de laderas montañosas con fuertes pendientes. El clima que predomina en este tipo de zona se encuentra determinado por los largos periodos de sequía. La temperatura media anual varía de 19 °C y 21 °C y la precipitación total anual se encuentra entre los 500 y 550 mm la cobertura vegetal está representada por bosques pluvifolios, donde la mayoría de sus individuos arbóreos de carácter caducifolio con alturas que oscilan y superan los 25 m, donde las especies que tienen mayor predominio debido a la abundancia son: “hualtaco” *Loxopterigium huasango*, “palo santo” *Bursera gaveolens*, “pasallo” *Eriotheca ruizii*, “polo polo” *Cochlospermum vitifolium* y “ceibo” *Ceiba* sp.

Bosque húmedo Premontano Tropical

Se encuentra en la región latitudinal tropical de la selva peruana amazónica, se entiende entre 1.000-1.800 m s.n.m. Esta zona de vida se caracteriza por presentar una biotemperatura media anual entre 21,13 a 24,00 °C, con una precipitación acumulada anual que fluctúa entre los 1527 a 2000 milímetros y la relación de la evapotranspiración potencial varía entre 0,50 a 1,00.

Figura 3

Mapa de zonas de vida natural del ACM Bosque de Huamantanga



3.2. Materiales, equipos y herramientas

3.2.1. Material biológico

Árboles forestales mayores a 30 cm de DAP y 15 m de altura, de las especies *Podocarpus oleifolius* D. Don, *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña y *Hieronyma duquei* Cuatrec.

3.2.2. Material de campo

Machete, jalones de madera, paja rafia, libreta de apuntes, pintura en spray, cinta métrica, wincha de 50 m, parafina, encendedor.

3.2.3. Material de gabinete

Base de datos ZEE Cajamarca, Carta nacional Escala 1:100 000, Papel bond A4 de 80 gamos, lapiceros.

3.2.4. Equipos de campo

GPS Garmin 64s, brújula, cámara fotográfica, barreno de pressler.

3.2.5. Equipos de laboratorio

Estufa, balanza analítica, vernier, vaso precipitado de 250 ml, probeta de vidrio de 250 ml.

3.2.6. Equipos de gabinete

Computadora, impresora, scanner, calculadora.

3.2.7. Software

Microsoft Office 16, Microsoft Excel, ArcGis 10.5

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación desarrollada tiene un diseño no experimental, transeccionales o transversales de tipo descriptivo con características de recolección de datos en un único momento.

3.3.2. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicador | Escala de medición |
|-------------------------------------|---|---|---|---|------------------------|
| Densidad básica de la madera | Es el cociente entre el peso de la probeta anhidra y el volumen en estado saturado correspondiente y se expresa en g/cm^3 (NTP 251.011-2019) | Determinación de la densidad básica utilizando métodos no destructivos alternativos propuestos por: Vásquez et al (2015), Valencia y Vargas (1997) y Smith (1954) | Método de saturación propuesto por Vásquez et al (2015). Método empírico propuesto por (Valencia y Vargas 1997). Método máximo contenido de humedad propuesto por Smith (1954). | Densidad básica de la madera en (g/cm^3) | Cuantitativa, de razón |

3.3.3. Población, muestra y unidad de análisis

Población: la población lo constituyen todos los árboles adultos (fustales) de las especies *Podocarpus oleifolius* D. Don, *Hieronyma duquei* Cuatrec y *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña presentes en el área de conservación municipal “Bosque Huamantanga”, y que pueden ser seleccionados para el estudio. La población se considera infinita, debido a la extensión del área de estudio y el esperado número de individuos de las tres especies forestales.

Muestra: está constituida por los árboles seleccionados al azar para extraer las probetas con el barreno de Pressler, para el número de muestra se siguió la metodología

propuesta por Rojas 2004 citado por Rojas y Villers (2005), quien indica que se extraerá una muestra por cada árbol encontrado que presenten un DAP mayor a 0.30 m y altura mayor a 15 m en el ámbito de estudio, el tarugo será extraído del fuste de los árboles a una distancia de 1.30 del suelo, recomendando obtener un total de 22 muestras por especie.

Unidad de análisis: la unidad de análisis lo constituyen cada una de las probetas de madera de forma cilíndrica obtenidas con el barreno de Pressler, estas probetas tienen 5 mm de diámetro y largo variable de acuerdo al diámetro del árbol muestreado.

3.3.4. Fuentes técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fuente de los datos:

Los datos fueron obtenidos principalmente de fuentes primarias porque se registraron en los instrumentos de recolección de las mediciones realizadas en campo y laboratorio por parte del tesista.

Técnicas de recolección de datos:

La técnica de recolección de datos fue la observación, debido a que los datos fueron obtenidos durante la ejecución de la tesis con observación directa con presencia del investigador.

Instrumentos de recolección de datos:

Para la presente investigación se utilizó como instrumento los formatos guía para el registro de datos en campo y en laboratorio, los cuales fueron elaborados de acuerdo a la metodología propuesta por Vásquez et al. (2015), Valencia y Vargas (1997) y por Smith (1954), para la determinación de la densidad básica por métodos no destructivos. Los formatos se muestran en los Anexo 1 y 2.

3.3.5. Validación por expertos y prueba de confiabilidad de los instrumentos

Si bien los instrumentos de recolección de datos, se encuentran fundamentados en las metodologías señaladas, los mismos fueron validados por un experto, que es el docente de Anatomía y Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Cajamarca, Sede Jaén. La ficha de validación de los instrumentos se muestra en el Anexo 3. Los instrumentos de recolección de datos no necesitan una prueba de confiabilidad, por ser los datos cuantitativos y de razón y la técnica la observación; la confiabilidad de los resultados se encuentra sustentada en la aplicación correcta de la metodología, la experiencia del personal de laboratorio y la calidad de los equipos de laboratorio utilizados.

3.3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en la investigación fueron procesados y analizados en una hoja de cálculo del software Excel para realizar el análisis estadístico por medio de una estadística descriptiva, donde se calcularon promedios, se elaboraron tablas y gráficos estadísticos para una mejor comprensión de los resultados.

3.3.7. Aspectos éticos

Los aspectos éticos considerados en esta investigación fueron los que se plantea en la metodología de la investigación científica como el respeto irrestricto a las normas legales y técnicas del Estado, el respeto a la propiedad intelectual, la transparencia y veracidad de los datos obtenidos, el trato igualitario a los investigadores involucrados y su reconocimiento correspondiente, el respeto por las personas y el medio ambiente, en especial durante los trabajos de campo para minimizar los impactos durante la extracción de las muestras. Así mismo se tomará en cuenta el no plagio y reconocimiento a los derechos de autor de los investigadores consultados tomando en cuenta las normas APA séptima edición, para una correcta cita de las referencias bibliográficas, así como la garantía de autenticidad de la investigación respaldado por el reporte anti plagio del software Ouriginal V2022.

3.3.8. Etapa inicial de gabinete

a. Determinación de las especies a ser estudiadas

Para determinar las especies que fueron estudiadas en el presente trabajo de investigación se realizó una revisión sistemática documental a fin de lograr identificar las especies que son de mayor importancia en el área de estudio.

b. Selección de los lugares de extracción de las muestras de madera

Se realizó una visita a campo para verificar en que sectores del Área de conservación municipal Bosque de Huamantanga se encuentran las especies seleccionadas para la investigación.

3.3.9. Etapa de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo en el área boscosa de los centros poblados: Nuevo Jerusalén, San José del Alianza y La Rinconada Lajeña, que se encuentran ubicados en la zona de amortiguamiento del Área de Conservación Municipal “Bosque de Huamantanga” y se procedió de la siguiente manera:

a. Reconocimiento del ámbito de estudio

Se realizó un recorrido exploratorio en el bosque de la zona de amortiguamiento del área de conservación municipal Bosque Huamantanga para lograr ubicar las especies que se evaluaron en la presente investigación.

b. Selección de los árboles a muestrear y número de muestra

La selección de árboles a muestrear y el número de muestra se determinó según la metodología propuesta por Rojas y Villers (2005) la cual consistió en seleccionar 22 árboles de cada especie a evaluar de las cuales se extrajo una muestra de madera (tarugo) por cada árbol seleccionado con el barreno de Pressler, los árboles debieron de contar con ciertos parámetros dasométricos como: tener $DAP \geq 0.3$ m y una altura mayor a 15 m, ya que según

Rojas (2004) citado en Rojas y Villers (2005) estos árboles presentan una edad mayor a 75 años, además se buscará que sean árboles sanos.

c. Extracción de muestras con barreno de Pressler

La muestra fue extraída del fuste de los árboles a una altura de 1.3 m desde la base del árbol, los cuerpos de prueba o muestras fueron guardadas en sorbetes de plástico debidamente esterilizados y codificados, para su posterior análisis. El orificio generado por el barreno de Pressler fue cubierto con parafina para evitar la infección por insectos y generación de enfermedades patológicas (Gutiérrez y Ricker, 2014).

3.3.10. Etapa final de gabinete

La etapa final de gabinete se procedió a procesar las muestras de madera extraídas durante la etapa de campo y se procedió a determinar la densidad básica con cada método determinado:

Método de saturación

Este método fue el determinado por Vásquez et al. (2015) se desarrolló de la siguiente manera: las muestras de madera se sumergieron en agua durante 20 días (sustituyendo el agua a diario) con el fin de evitar contagios por hongos. al cabo de este periodo las muestras fueron pesadas en una balanza analítica, posteriormente se deshidrataron las muestras en una estufa por un período de 5 días a una temperatura constante de $103 \pm ^\circ\text{C}$ para obtener el peso anhidro de la madera, con los valores resultantes de la medición del peso anhidro y peso saturado, se calculó la densidad básica de la madera empleando la fórmula propuesta por Smith (1954):

$$Dm = \frac{1}{\frac{Ps - Pa}{Pa} + \frac{1}{1.53}}$$

Donde:

Dm = densidad básica de la madera (g/cm^{-3})

Os = peso saturado (g)

Pa = peso anhidro (g)

1.53 = constante de la densidad (peso específico) de la madera.

Método empírico (ME)

Este método se desarrolló con ayuda de una regla graduada en milímetros con la cual se midió la longitud de la muestra, el diámetro de la muestra fue determinado por el diámetro del barreno de Pressler empleado ya que las muestras extraídas con este instrumento fueron consideradas como un cilindro perfecto tal como lo refiere Valencia y Vargas (1997), con estos valores se procedió a calcular el volumen verde empleando la siguiente fórmula:

$$V_v = \frac{\pi * D^2 * L}{4}$$

Donde:

$$\Pi = 3,1416,$$

D = diámetro interior del cilindro del taladro Pressler (0,5 cm)

L = longitud de la muestra (cm)

El peso anhidro (Po) de las muestras se obtuvo pesando estas en una balanza analítica después de haber permanecido en estufa a una temperatura de 105-110 °C durante 24 horas.

Con los datos de Po y Vv se calculó el valor de la densidad básica “Db” (g/cm³), aplicando la siguiente expresión algebraica:

$$Db = \frac{Po}{Vv}$$

Donde:

Po = peso anhidro

Vv = volumen verde

Método de máximo contenido de humedad (MMCH)

Este método fue el propuesto por Smith (1954) adaptado posteriormente por Foelkel et al. (1971; 1983) para muestras pequeñas e irregulares de madera. En este caso, tanto el peso

a saturación (Pt) como el Peso anhidro (Pa) de las muestras se obtuvieron aplicando el método basado en el principio de Arquímedes y la fórmula utilizada para obtener la Db (g/cm³) fue según lo propuesto por Alarcón et al. (2019):

$$Db = \frac{1}{\left[\left(\frac{Pt}{Pa}\right) - 0.346\right]}$$

Donde:

Db =Densidad básica;

Pt = peso saturado;

Pa: peso anhidro

3.3.11. Presentación de la información

La información generada en la presente investigación, será presentada en tablas y figuras estadísticas que brinden un buen resumen de los resultados obtenidos, los mismos que se analizaran e interpretaran para contrastar la hipótesis planteada. Estos resultados fueron analizados y comparados con resultados obtenidos en otras investigaciones realizadas por otros autores a través de discusiones fundamentadas y debidamente citadas.

CAPÍTULO IV

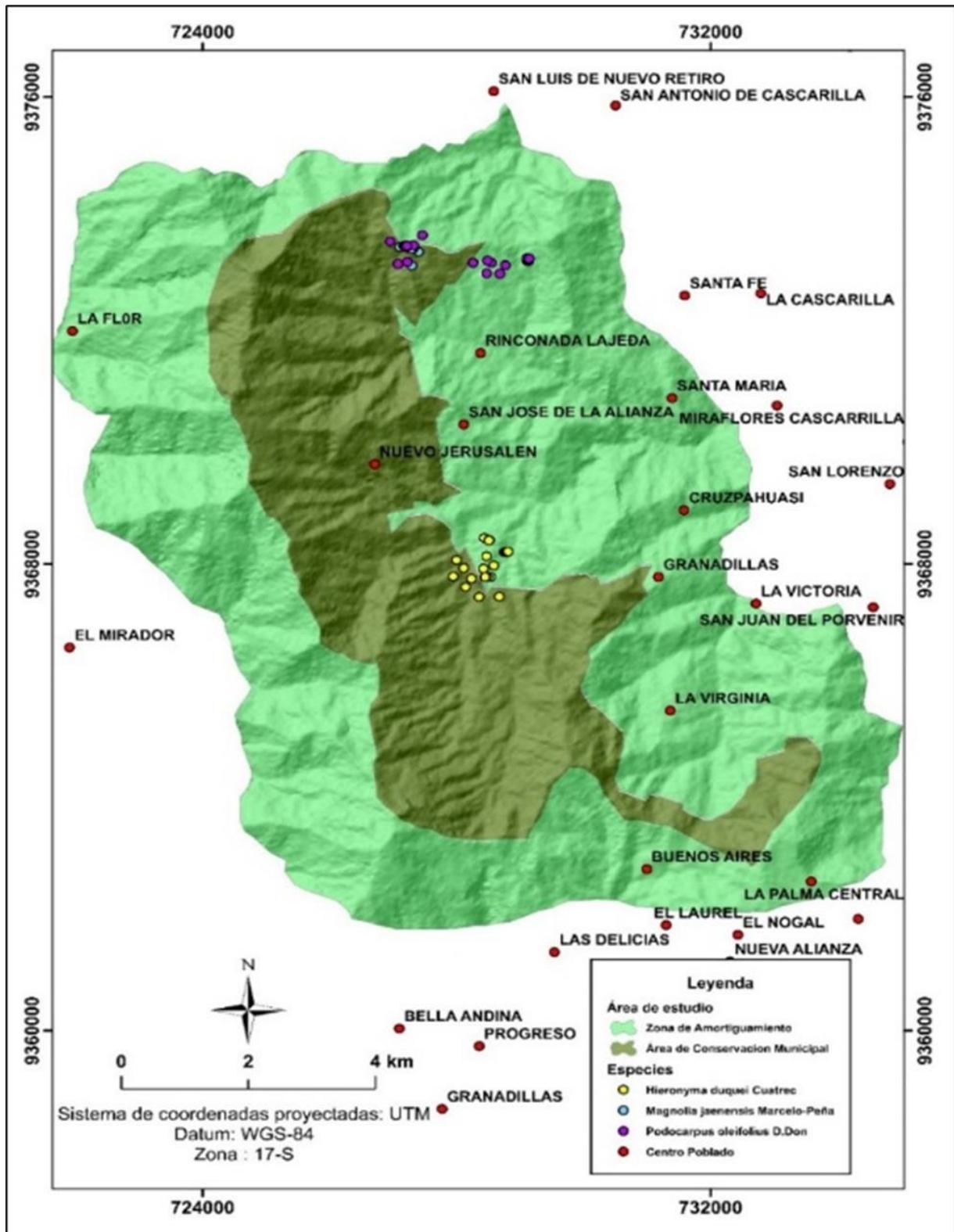
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Selección y ubicación de los árboles muestreados de las tres especies

Las especies maderables estudiadas se seleccionaron a través de una revisión sistemática de los estudios con base científica de todos los estudios que englobaban las especies forestales maderables del Área de conservación municipal Bosque de Huamantanga de mayor importancia, destacando por su importancia las especies *Podocarpus oleifolius* D. Don, *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña, *Hieronyma duquei* Cuatrec. La ubicación de los árboles seleccionados para el muestreo se muestra en la (Figura 4).

Figura 4

Dispersión de las especies maderables evaluadas en el área de estudio



4.2. Determinación de la densidad básica por métodos alternativos no destructivos

La densidad básica de las especies *Podocarpus oleifolius* D. Don, *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña, *Hieronyma duquei* Cuatrec fue determinada empleando cada uno de los métodos no destructivos alternativos planteados para la presente investigación, para lo cual se procesaron un total de 66 muestras de madera extraídas con barreno de Pressler, los resultados del análisis se presentan a continuación en la tabla 2 y figura 5.

4.2.1. Determinación de la densidad básica por el método empírico

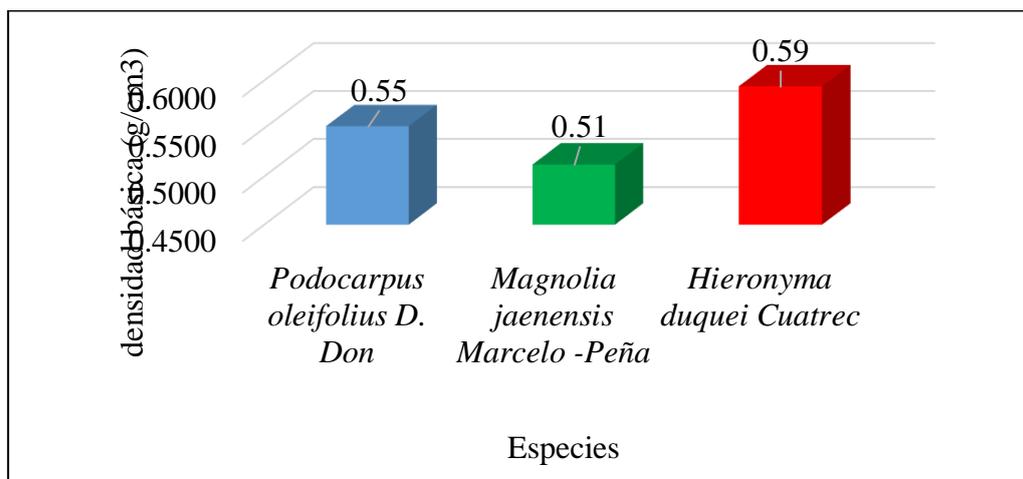
Tabla 2

Densidad básica de las especies determinado con el método empírico

| Método | Especie / Densidad (g/cm ³) | | |
|----------|---|---|------------------------------------|
| | <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don | <i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo-Peña | <i>Hieronyma duquei</i> Cuatrec |
| Empírico | 0.5522 | 0.5122 | 0.5939 |

Figura 5

Densidad básica de las especies determinado con el método empírico



En la tabla 2 se presenta los resultados obtenidos de la determinación de la densidad básica con el método empírico en el cual se relaciona el peso anhidro y el volumen verde de las muestras de madera, se puede evidenciar que la densidad básica para la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don es igual a 0.5522 g/cm³, para la especie *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña es igual a 0.5122 g/cm³ y para la especie *Hieronyma duquei* Cuatrec es igual a 0.5939 g/cm³. En la figura 5 se presentan los resultados de la densidad básica de cada especie estudiada con el método empírico, donde se observa que la densidad de las tres especies varía en un rango de 0. 51 – 0.59 g/cm³, donde la especie que tiene la densidad básica más alta es *Hieronyma duquei* Cuatrec.

4.2.2. Determinación de la densidad básica por el método del máximo contenido de humedad

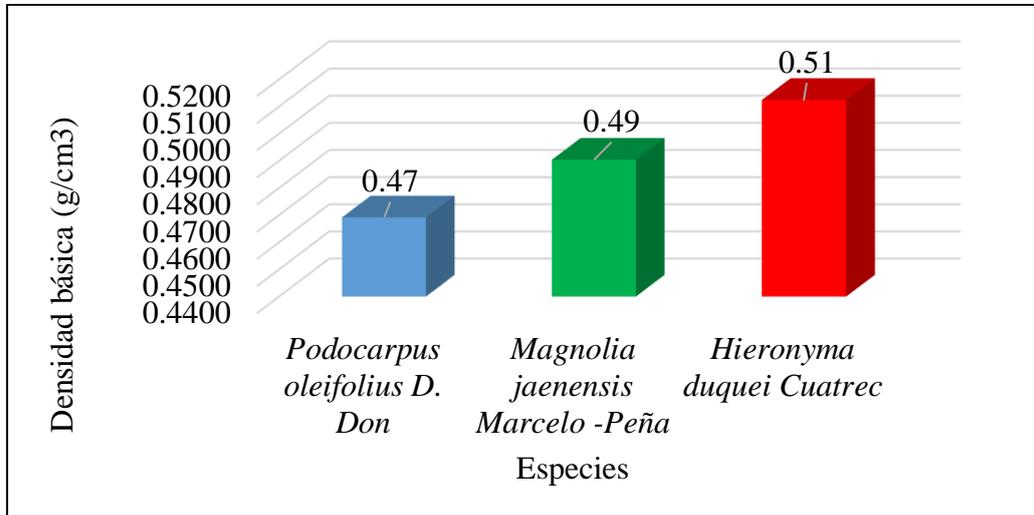
Tabla 3

Densidad básica de las especies determinado con el método de máximo contenido de humedad

| Método | Especie / Densidad (g/cm ³) | | |
|--------|---|---|------------------------------------|
| | <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don | <i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo-Peña | <i>Hieronyma duquei</i> Cuatrec |
| MCH | 0.4692 | 0.4904 | 0.5124 |

Figura 6

Densidad básica de las especies determinado con el método de máximo contenido de humedad



En la tabla 3, se presenta los resultados obtenidos de la determinación de la densidad básica con el método de máximo contenido de humedad donde se relacionó el peso saturado y el peso anhidro, se puede evidenciar que la densidad básica para la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don es igual a 0.4692 g/cm^3 , para la especie *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña es igual a 0.4904 g/cm^3 y para la especie *Hieronyma duquei* Cuatrec es igual a 0.5124 g/cm^3 . En la Figura 6 se aprecia un gráfico de barras donde se presentan los resultados de la densidad básica de cada especie estudiada con el método de Máximo contenido de humedad, donde se observa que la densidad de las tres especies varía en un rango de $0.47 - 0.51 \text{ g/cm}^3$, donde la especie que tiene la densidad básica más alta es *Hieronyma duquei* Cuatrec.

4.2.3. Determinación de la densidad básica por el método de saturación

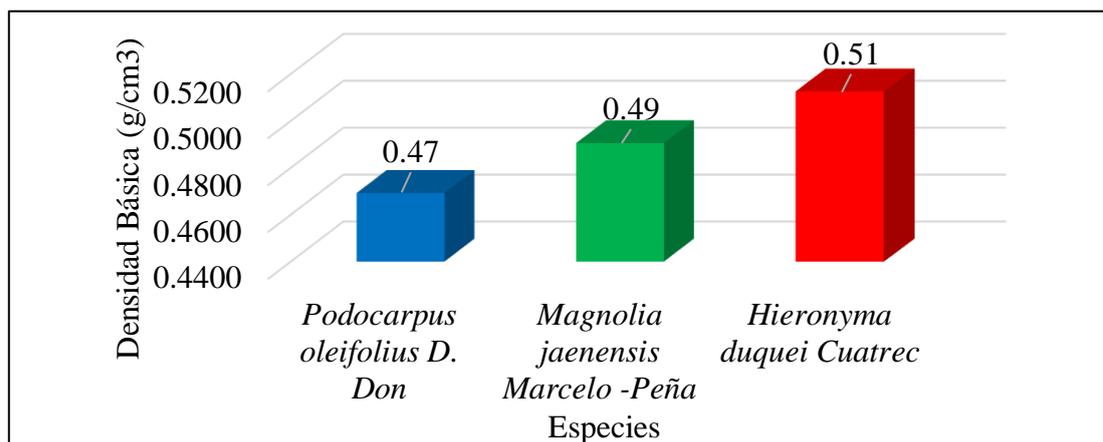
Tabla 4

Densidad básica de las especies determinado con el método de saturación

| Método | Especie / Densidad (g/cm ³) | | |
|------------|---|--|---------------------------------|
| | <i>Podocarpus oleifolius D. Don</i> | <i>Magnolia jaenensis Marcelo-Peña</i> | <i>Hieronyma duquei Cuatrec</i> |
| Saturación | 0.4693 | 0.4905 | 0.5125 |

Figura 7

Densidad básica de las especies determinado con el método de saturación



En la tabla 5, se presenta los resultados obtenidos de la determinación de la densidad básica con el método de saturación, donde se relacionó el peso saturado y el peso anhidro, en los resultados se puede evidenciar que la densidad básica para la especie *Podocarpus oleifolius D. Don* es igual a 0.4693 g/cm³, para la especie *Magnolia jaenensis Marcelo-Peña* es igual a 0.4905 g/cm³ y para la especie *Hieronyma duquei Cuatrec* es igual a 0.5125 g/cm³. En la Figura 7, se aprecia un gráfico de barras donde se presentan los resultados de la densidad básica de cada especie estudiada con el método de Saturación, donde se observa que la densidad de las tres especies varía en un rango de 0. 47 – 0.51 g/cm³, donde la especie que presenta la densidad más alta es *Hieronyma duquei Cuatrec*.

4.2.4. Comparación de los tres métodos de determinación

Tabla 5

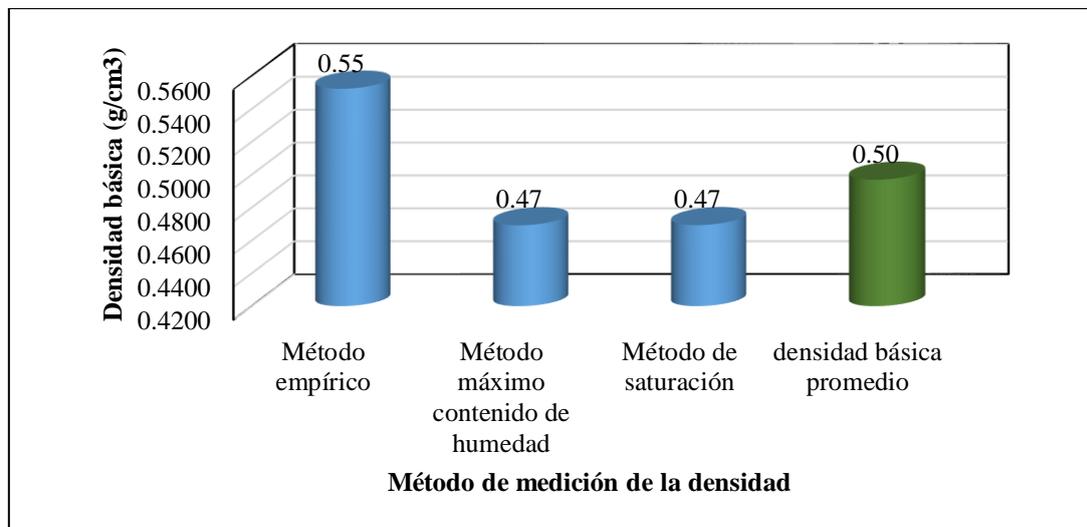
Densidad básica de las especies según las tres metodologías empleadas

| Especies | Densidad básica obtenida en (g/cm ³) mediante los métodos no destructivos alternativos | | |
|--|--|---------------------------------------|----------------------|
| | Método empírico | Método de máximo contenido de humedad | Método de saturación |
| <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don | 0.5522 | 0.4692 | 0.4693 |
| <i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo - Peña | 0.5122 | 0.4904 | 0.4905 |
| <i>Hieronyma duquei</i> Cuatrec | 0.5939 | 0.5124 | 0.5125 |

En la tabla 5, se puede apreciar que los métodos utilizados para medir la densidad básica de las especies forestales arrojan valores muy diferentes, para todas las especies el método empírico arroja un valor superior de la densidad básica, mientras que el método de máxima contenido de humedad y método de saturación arrojan valores muy similares e inclusive iguales.

Figura 8

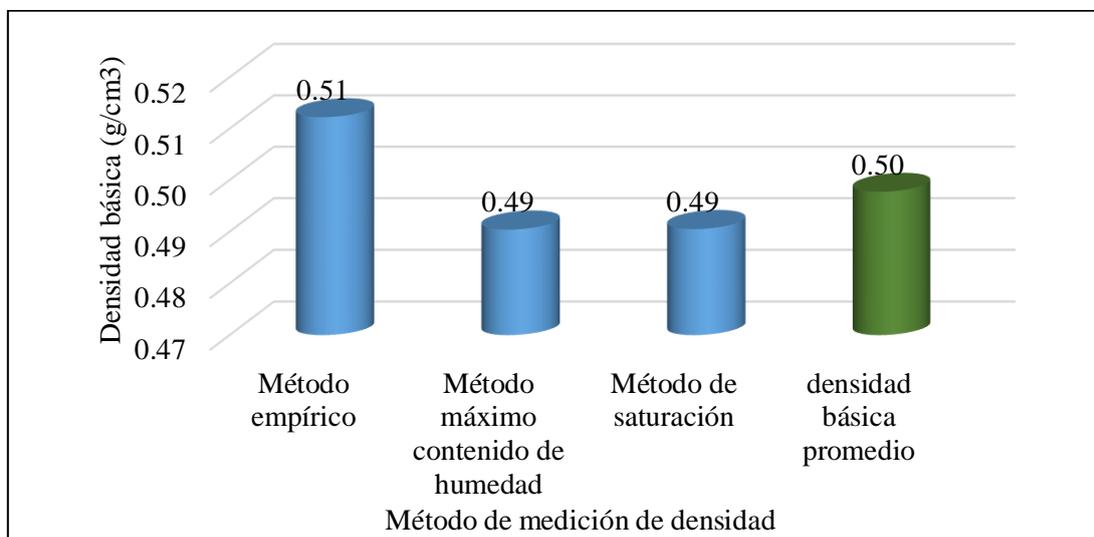
Densidad básica de Podocarpus oleifolius determinado con los tres métodos en estudio



En la figura 8, puede verse que para el caso de *Podocarpus oleifolius*, el método de máximo contenido de humedad y el método de saturación generaron los valores más bajos y muy similares de 0.47 g/cm^3 , mientras que el método empírico generó el mayor valor de la densidad básica con 0.55 g/cm^3 . Promediando los tres valores obtenidos se tiene una densidad básica para la especie de 0.50 g/cm^3 .

Figura 9

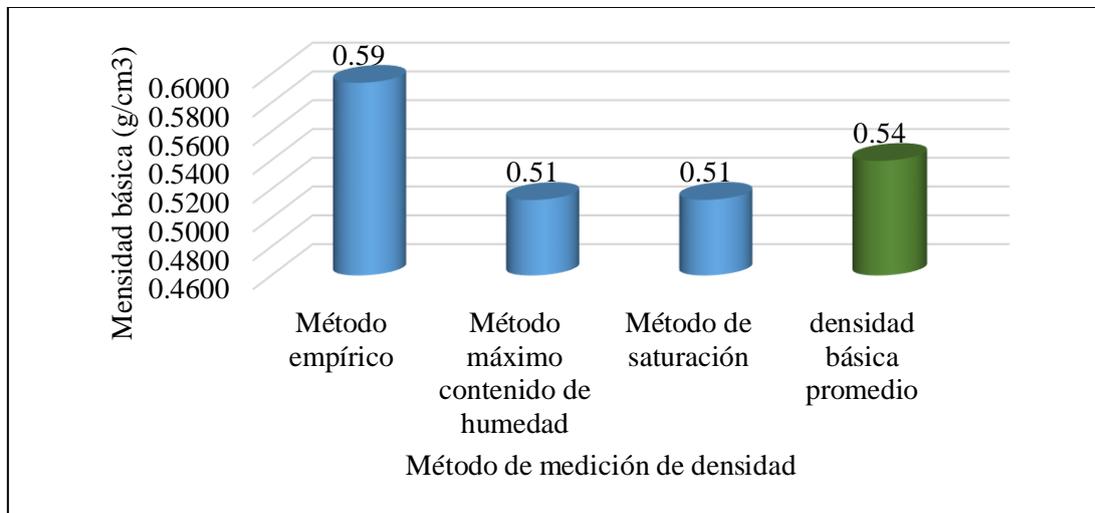
Densidad básica de Magnolia jaenensis determinado con los tres métodos en estudio.



En la figura 9, se puede apreciar que el método de máximo contenido de humedad y el método de saturación generaron los mismos valores de densidad básica en promedio de 0.49 g/cm^3 , mientras que el método empírico generó un valor superior de 0.51 g/cm^3 . El valor promedio de los tres métodos para la densidad básica de la especie es de 0.50 g/cm^3 .

Figura 10

Densidad básica de Hieronyma duquei determinado con los tres métodos en estudio



En la figura 10, se puede ver que el método máximo contenido de humedad y método de saturación generaron los menores valores de densidad básica, pero valores muy similares para la especie de 0.51 g/cm^3 , mientras que el método empírico generó el valor más alto de la densidad básica con 0.59 g/cm^3 . El valor promedio de los tres métodos para la densidad básica de la especie fue de 0.54 g/cm^3 .

4.3. Análisis estadístico de los resultados de densidad básica

Al tratarse de una tesis descriptiva, se realiza el análisis con estadística descriptiva y siguiendo las recomendaciones realizadas por la norma Técnica Peruana NTP 251.012, “determinación de la densidad básica de la madera”, se determinará el coeficiente de variabilidad para determinar si los resultados obtenidos son válidos para tomar en cuenta como propiedad física de la madera.

Tabla 6

Coeficiente de variabilidad de las metodologías empleadas para la determinación de la densidad básica de las tres especies

| Especies | Indicador estadístico | Métodos de medición de densidad básica | | |
|--|-------------------------------|--|--------------|-----------------------------|
| | | Saturación | Empírico | Máximo contenido de humedad |
| <i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo -Peña | Promedio (g/cm ³) | 0.4905 | 0.5122 | 0.4904 |
| | C.V. (%) | 6.01 | 6.29 | 6.01 |
| <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don | Promedio (g/cm ³) | 0.4693 | 0.5522 | 0.4692 |
| | C.V. (%) | 14.28 | 10.06 | 14.28 |
| <i>Hieronima duquei</i> Cuatrec | Promedio (g/cm ³) | 0.5125 | 0.5939 | 0.5124 |
| | C.V. (%) | 16.77 | 18.97 | 16.77 |
| C.V. del método de medición de densidad (%) | | 12.36 | 11.77 | 12.35 |

Como puede verse en la tabla 6, los tres métodos cumplen con tener un coeficiente de variabilidad menor a 10 %, que es el recomendado, pero solo para la determinación de la densidad básica de la especie *Magnolia jaenensis*; luego, para la especie *Podocarpus oleifolius*, solo cumple la condición de tener un coeficiente de variabilidad igual o menor a 10 % el método empírico, mientras que los otros dos métodos tienen un coeficiente de variabilidad mayor, de 14.28 % para ambos métodos; finalmente, para el caso de la especie *Hieronima duquei*, los tres métodos tienen coeficientes de variabilidad superiores al 10 %, lo que pone en duda la validez de los resultados.

Tomando en cuenta los valores promedios de cada método, se tiene que el método empírico tiene el valor de coeficiente de variabilidad más bajo, de 11.77 %, siendo el más confiable; mientras que los métodos de saturación y máximo contenido de humedad tienen

valores mayores de coeficiente de variabilidad, siendo menos confiables para la determinación de la densidad básica de la madera.

4.4. Discusión

En esta investigación se determinó la densidad básica de *Hieronyma duquei* Cuatrec, *Mangnolia jaenensis* Marcelo-Peña y *Podocarpus oleifolius* D. Don para lo cual se empleó el barrenado de Pressler como instrumento principal de métodos no destructivos y tres métodos de estimación de densidad básica, los métodos empleados fueron el método empírico (Valencia y Vargas, 1997), además el método de Saturación (Vásquez et al., 2015) y el método de Máximo contenido de humedad (Foelkel et al., 1971).

Se determinó que para la especie *Magnolia jaenensis* la densidad básica con el método de máximo contenido de humedad es de 0.4903 g/cm^3 , con el método empírico es de 0.5122 g/cm^3 y con el método de saturación es de 0.4904 g/cm^3 , por su parte en el documento publicado por FAO (2010) menciona que según Reyes et al., (1992) la densidad básica del género *Magnolia* sp., es de 0.52 lo cual concuerda con el resultado obtenido con el método empírico; así mismo, se determinó la densidad básica de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don para lo cual el resultado obtenido con el método Máximo contenido de humedad fue de 0.4691 g/cm^3 , con el método empírico fue 0.5222 g/cm^3 y con el método de saturación fue de 0.5386 g/cm^3 , de estas tres densidades básicas obtenidas se puede indicar que el método más apropiado para esta especie es el método de saturación ya que el resultado del análisis concuerda con los resultados de la densidad básica para esta especie determinada por CITEMADERA (2008), Rosales (2015) y Rosales y Zuluaga (2019) que indica que, la densidad básica con el método tradicional es de 0.53 g/cm^3 ; por otro lado, la densidad básica de la especie *Hieronyma duquei* Cuatrec con el método Empírico es de 0.6107 g/cm^3 , con el método Máximo contenido de humedad es de 0.5385 y con el método de saturación es 0.4693 g/cm^3 .

Si bien es sabido que de las tres especies forestales maderables las especies *Hieronyma duquei* Cuatrec y *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña son especies endémicas de la zona de estudio, de las cuales no se tiene registros de las propiedades físicas y/o mecánicas de estas maderas; por lo tanto, para determinar o definir la densidad básica se empleó como guía los resultados obtenidos por otros autores para los géneros a los que pertenecen estas especies, con lo cual se determina que la especie *Hieronyma duquei* Cuatrec su densidad básica es de 0.6107 g/cm^3 reforzado por lo que indica CATIE (1997) que determina una densidad básica para el género *Hieronyma* de 0.61 g/cm^3 ; de la misma forma, se determina que la densidad básica para la especie *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña es de 0.5213 g/cm^3 ya que FAO (2010) menciona que según Reyes et al. (1992) la densidad básica del género *Magnolia* sp. es de 0.52 g/cm^3 ; sin embargo, a pesar de que se puede determinar la densidad básica teniendo en cuenta algunas referencias de éste índice para el género de cada especie también se debe tener en cuenta que la densidad básica puede variar según criterios adicionales que son ajenos a las propiedades naturales de la madera como es en el caso de la altitud puesto que se puede determinar que la densidad básica es inversamente proporcional con la altitud esto es corroborado por Chave et al. (2006) quienes indican que la densidad básica de la madera es menor cuando los árboles se encuentran a mayor altitud, a esto se suma que las condiciones ambientales y edáficas, como el tipo de suelo, la humedad ambiental, entre otros (Bermeo, 2010).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó la densidad de las especies forestales maderables *Podocarpus oleifolius*, D. Don *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña y *Hieronyma duquei* Cuatrec procedentes del Área de Conservación Municipal “Bosque Huamantanga” empleando el método de saturación, método empírico y método de máximo contenido de humedad, estas especies presentan índices de densidad aparente similares entre sí.

Con el método de Máximo contenido de humedad la densidad aparente de la especie *Podocarpus oleifolius*, D. Don fue 0.4692 g/cm^3 , para la especie *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña fue 0.4904 g/cm^3 y para *Hieronyma duquei* Cuatrec fue 0.5124 g/cm^3 .

Con el método Empírico la densidad aparente de la especie *Podocarpus oleifolius*, D. Don fue 0.5522 g/cm^3 para la especie *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña fue 0.5122 g/cm^3 para *Hieronyma duquei* Cuatrec fue 0.5939 g/cm^3 .

Con el método de saturación, la densidad de la especie *Podocarpus oleifolius*, D. Don fue 0.4693 g/cm^3 , la especie *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña fue 0.4905 g/cm^3 y para *Hieronyma duquei* Cuatrec fue 0.5125 g/cm^3 .

Las especies forestales maderables seleccionadas para la presente investigación fueron *Podocarpus oleifolius*, D. Don, *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña y *Hieronyma duquei* Cuatrec las cuales tienen su importancia ya que son usadas por los habitantes de la zona de amortiguamiento del ACM “Bosque de Huamantanga” para fines domésticos como la construcción de casas y muebles.

5.2. Recomendaciones

Debido a que las especies *Hieronyma duquei* Cuatrec y *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña son endémicas del ámbito de estudio, se recomienda que los resultados plasmados en este informe de investigación sirvan de referencia para la toma de decisiones y futuras investigaciones científicas.

Se recomienda que se realicen pruebas de anatomía a la madera de las especies analizadas en esta investigación, ya que en el ámbito de estudio estas especies vienen siendo aprovechadas según conocimientos empíricos de los pobladores.

Se recomienda que para determinar la densidad básica de la madera se empleen técnicas no destructivas más actualizadas como lo es el uso del Penetrometro Pilodyn.

Se recomienda que se realicen estudios de densidad básicas en bosques secos para así conocer y clasificar los usos de las especies de esta formación boscosa a fin de que se les dé un aprovechamiento adecuado.

Se recomienda que se realicen análisis de anatomía de la madera y descripción botánica de las especies *Hieronyma duquei* Cuatrec y *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña ya que la información de estas especies es escasa y no se cuenta con investigaciones de dicha índole.

A los pobladores y personal técnico del ámbito de estudio, se recomienda que se emplee los resultados obtenidos en esta investigación para dar un uso adecuado a las especies estudiadas según su densidad básica.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, P. C., Fernández, M. E., Pathauer, P., Harrand, L., Oberschelp, J., Monteoliva, S. y Martínez-Meier, A. (2019). *Comparación de metodologías para la estimación de la densidad de la madera y sus implicancias en la estimación de parámetros genéticos en tres especies del género Eucalyptus*. Revista de la Facultad de Agonomía, La Plata, 117(2), 175-183.
- Arango J, A. (1990). *Secado de la madera*.
- Arechaga Tangoa, H. (2009). *Determinación de las propiedades físicas en el fuste y ramas de la especie carahuasca (Guatteria hyposericea Diels) en Tingo María*.
- Arriaga, L. M. K. (2019). *Comparación de la densidad básica vertical en fustes a tres diferentes alturas en especies forestales entre los tipos de bosque siempre verde de tierras bajas del Napo-Curay y en el bosque pie montano del norte de la cordillera Oriental de los Andes, cantón Tena, provincia de Napo, año 2019* (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Arroyo, J. (1983). *Propiedades físico mecánicas de la madera*. Texto para estudiantes de Ingeniería Forestal. Universidad de los Andes, FCF. Mérida, VE. 186 p.
- Bahamonde, M. D. C. B. (2012). *Análisis del comportamiento de la densidad básica de la madera de Pinus radiata D. Don en rodales de distinta productividad* (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).
- Barnett, R. A. (1996). *Enciclopedia Temática Ilustrada, cuarta edición, Estocolmo, Suecia*. Editorial LA Karton AB.
- Barrichelo, L.E. y Brito, J. O. (1984). *Variabilidade longitudinal e radial da madeira de Eucalyptus grandis*. En: XVII Congreso anual de celulose e papel. Sao Paulo 403- 409.

- Batista, D.C., Klitzke, R.J. y Taborda Santos, C.V. (2010). *Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de Eucalyptus*. *Ciência Florestal*, 20(4): 665-674.
- Bermeo, D. (2010). *Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 114 p.
- Bernal, R., Gadstein, S. R. y Celis, M. (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Bruce, R. (2000). *Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology* (2ª ed.). Connecticut, United States: Taunton Press.
- CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca). (2018). *Plan de conservación y manejo del Podocarpus oleifolius D. Don ex Lamb (pino colombiano) en la Jurisdicción CAR*. 101 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (1997). Genízaro, Samanea Saman. Costa Rica, *Revista forestal Centroamericana* N° 18. 4 p.
- Cercado, G. G. A. (2019). *Comparación de la densidad básica vertical en fustes a tres diferentes alturas en especies forestales de la Amazonía ecuatoriana entre las zonas de vida: bosque siempre verde montano bajo y bosque siempre verde pie montano del norte de la cordillera oriental de los Andes, Cantón Tena, Provincia de Napo, año 2019*. Proyecto de Investigación: Previo a la obtención del título Ingeniero Forestal. Universidad Técnica estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.
- Cereceda, J. A. S. (2013). *Densidad básica en madera pulpable de Eucalyptus globulus Labill*.
- Centeno, C. J. D. (2018). *Propiedades físicas de la especie Cariniana decandra Ducke en dos tipos de bosque provenientes de los distritos de Tambopata y las piedras de la*

- provincia de Tambopata - región Madre de Dios. Tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Forestal y Medio Ambiente. Madre de Dios, Perú.*
- CITEMADERA, centro de innovación tecnológica de la madera. (2008). *Compendio de información técnica de 32 especies forestales*. Tomo I. Lima. 74 p.
- Consuega, R. (1994). *Caracterización del Eucalyptus globulus (Labill) como materia prima pulpable*. Memoria Ing. For. Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 93 p.
- Cordero, J. (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Bib. Orton IICA/CATIE.
- Cuellar, B. J. E., Acevedo, M. M. P., Yoza, Y. L. S., Chumbimune, V. S. Y., García, M. H. A., Ramos, L. H. M. y Cruz Hilacondo, W. E. (2018). *Estimación indirecta de la densidad básica mediante el uso del Pilodyn en la especie Tornillo Cedrelinga cateniformis procedente de plantaciones de diferentes edades en Loreto*.
- Chave, J., Muller-Landau, H. C., Baker, T. R., Easdale, T. S., Ter Steege, H. y Webb, CO. (2006). *Regional and phylogenetic variation of wood density across 2,456 neotropical tree species*. Ecological Applications 16(6):2356–2367.
- Delmastro, R. J. E. y Diaz-vaz; J. Schlatter. (1980). *Características tecnológicas de la madera. Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del Pinus radiata (D. DON)*. Santiago (Chile). 154 p.
- Dorado, M., Astini, E., Tablada, M., Bolatti, M. (1995). *Densidad de la madera de tres especies de pinos en la zona de Río de los Sauces (Córdoba, Argentina)*. Forest Systems, 4(2), 263-274.
- Downes, G. y Raymond, C. (1997). *Variation in wood density in plantation eucalypts*. CSIRO Publishing Australia. 88-98 p.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales*. Directrices para la elaboración de informes nacionales destinados a FRA 2010.
- Galante, J. (1953). *Tecnología de las maderas; Estudio teórico práctico de la Elaboración manual y mecánica y su adaptación en la industria*. Segunda ed. Estados Unidos, Nigar, S.R.L. 479 p.
- Ganzhi T.J. (2006). *Estudio anatómico de las especies arbóreas del Bosque Nublado de la Estación Científica San Francisco*. Tesis de pregrado-Universidad Nacional de Loja Ecuador. 202 p.
- Govaerts, R., Frodin, D. G. y Radcliffe-Smith, A. (2000). *Lista de verificación mundial y bibliografía de Euphorbiaceae (y Pandaceae) 1-4: 1-1622*. El Patronato de los Royal Botanic Gardens, Kew.
- Huamán, L. T. V. (2020). *Caracterización físico-mecánica de la madera de raleo de Guazuma crinita Martius proveniente de plantaciones de tres años, Huánuco-Perú*.
- Idárraga-Piedrahita, A., Ortiz, R. D. C., Callejas, P. R. y Merello, M. (2011). *Flora de Antioquia: Catálogo de las Plantas Vasculares 2: 1-939*. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Kleinn, C. (2000). *Inventario y evaluación de árboles fuera del bosque en grandes espacios*. Unasyva, 200(51), 3.
- Ladrach, W. E. (1984). *Calidad de madera de Pinus patula Schl. et Cham*. Informe de Investigación N°. 92. Smurfit Cartón de Colombia Invest. Forestal. Cali, Colombia. 23 p.
- Lizana, A. E. (2006). *Densidad básica de la madera de Eucalyptus globulus en dos sitios en Chile*. Cybertesis. Uach. Cl.

- Legáz B. R. (2010). *Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- López, A., Genes, P. y López, J. (2010). *Evaluación No-destructiva de la densidad de la madera de árboles vivos en pie de Eucalyptus grandis utilizando Resistógrafo*. XXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos.
- Mansilla, R. (2004). *Densidad básica y cambio dimensional de madera de Alnus cordata y Agnus subcordata*. Tesis Ing. en maderas. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 29 p.
- Marcelo-Peña, J. L. y Arroyo, F. (2013). *Magnolia jaenensis y M. manguillo, nuevas especies de Magnoliaceae del norte de Perú*. Brittonia, 65(1), 106-112.
- Municipalidad Provincial de Jaén (MPJ). (2010). *Plan de desarrollo concertado*. www.munijaen.gob.pe.
- Marín, A. (1998). *Ecología y silvicultura de las Podocarpaceas Andinas de Colombia*. Departamento de Investigación Forestal. Smurfit Cartón De Colombia. 143 p.
- Ordóñez, D. J. A. B., Galicia, N. A., Venegas, M. N. J., Hernández, T. T., Ordóñez, D. M. D. J., & Dávalos-Sotelo, R. (2015). *Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación*. Madera y bosques, 21(SPE), 77-216.
- Paguay, P. I. P. (2013). *Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de tres Especies Forestales Andinas: Platuqueo (Styloceras sp), Yagual (Polylepis racemosa), Nogal (Juglans neotropica)* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Pacheco, L. E. (2010). *Determinación de las densidades de líquidos y sólidos y estimación de la incertidumbre asociada* (Doctoral dissertation).

- Panebra, S. P. I. (2019). *Evaluación no destructiva de la densidad en madera de plantaciones de dos especies forestales.*
- Pantigoso, J. (2009). *Propiedades físicas y mecánicas de la capirona (Calycophyllum spruceanum (Benth) hook ex Schumann) procedente de una plantación experimental en San Alejandro Ucayali-Perú* (Doctoral dissertation, Tesis para Optar el Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 100 p.
- Pereyra, O. y Gelid, M. (2003). *Estudio de la variabilidad de la densidad básica de la madera de Pinus taeda para plantaciones de Misiones y norte de Corrientes.* Floresta, 33(1).
- Prado, J.; S. Barros. (1989). *Eucalyptus principios de silvicultura y manejo.* INFOR/CORFO. Santiago, Chile. 199 p.
- Reyes, G., Brown, S., Chapman, J. y Lugo, E. (1992). *Densidades de madera de especies de árboles tropicales (Vol. 88).* Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Estación Experimental Forestal del Sur.
- Rojas, G. F. y Villers, R. L. (2005). *Comparación de dos métodos para estimar la densidad de la madera de Pinus hartwegii Lindl. Del Volcán La Malinche.* Madera y bosques, 11(1), 63-71 p.
- Rosales, S. E. R. y Zuluaga, L. E. (2019). *Resistividad eléctrica de 105 especies forestales peruanas en función del contenido de humedad equilibrio de la madera para promover su uso sostenible, Madre de Dios-Perú.*
- Rosales E. (2018). *Física de la madera. Niveles de humedad en función densidad básica para su uso sostenible.* Lima.
- Ross, R. E. S., & Saúl, P. C. (2018). *Densidad básica de la madera de Pinus ayacahite var. Veitchii Shaw en Chiapas, México.* Avances en Investigación Agropecuaria, 22(3), 7-16.

- Saavedra, C. (2004). *Determinación de peso específico y de algunas propiedades biométricas en Eucalyptus globulus (Labill) como materia prima pulpable*. Memoria Ing. de la Madera. Santiago, Univ. de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 85 p.
- Sangumbe, L. M. V., Pires, L. M. E. y de Ascensão, J. A. (2019). *Densidad básica y características anatómicas de la madera de nueve especies del bosque del Maiombe, provincia de Cabinda, Angola*. Ojeando la Agenda, (57), 3.
- Spavento, E., María, E., Keil, F. M. S. y Darío, G. (2008). *Propiedades mecánicas de la madera. Curso de Xilotecnología*. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- Segura, G. R. (2012). *Evaluación comparativa de las densidades entre árboles y niveles del fuste de bolaina (Guazuma crinita C. Martius) en la zona de Tingo María-Perú*.
- Silva, A. F. M. y Návar, Ch. J. D. (2012). *Estimación de la densidad de madera en árboles de comunidades forestales templadas del norte del estado de Durango, México*. Madera y bosques, 18(1), 77-88.
- Suirezs, T. M. y Berger, G. (2009). *Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Cuaderno de cátedra. Editorial universitaria de misiones*. Argentina.
- Tuset, R. y Duran, F. (1974). *Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Aserrado, secado, preservación, descortezado, partículas*. Editorial hemisferio sur. Montevideo, Uruguay, 1974, 688 p.
- Vázquez, C. O. G., Zamora, E. M., García, G. E. y Ramírez, J. A. (2015). *Densidad básica de la madera de dos pinos y su relación con propiedades edáficas*. Madera y bosques, 21(1), 129-138.
- Vignote, S., Martínez-Rojas, I., Villasante, A. (2013). *Silvicultura y calidad de madera*. Conference Paper.

CAPÍTULO VII

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico

Foto 1. *Extracción de muestras de madera con barreno de Pressler*



Foto 2. *Guardado y preservado de muestras de madera*



Foto 3. Recubrimiento de orificio con parafina



Colecta de muestras botánicas para identificación de las especies: Con la finalidad de realizar una identificación taxonómica de las especies en evaluación se realizó la colecta de las muestras botánicas para lo cual se empleó la metodología del SERFOR, por lo tanto, las muestras fueron codificadas, prensadas, guardadas en bolsas de polietileno y posteriormente enviadas a un laboratorio dendrológico especializado para su identificación.

Foto 4. Muestra botánica de *Podocarpus oleifolius* D. Don



Foto 5. Prensado de muestra botánica de *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña





Foto 6. Medición de dap de los árboles a muestrear



Foto 7. Muestra botánica para identificación taxonomica



Foto 8. Extracción de muestra de madera con barreno de Pressler



Foto 9. Peso de muestras de madera



Foto 10. Secado de muestras de madera en estufa

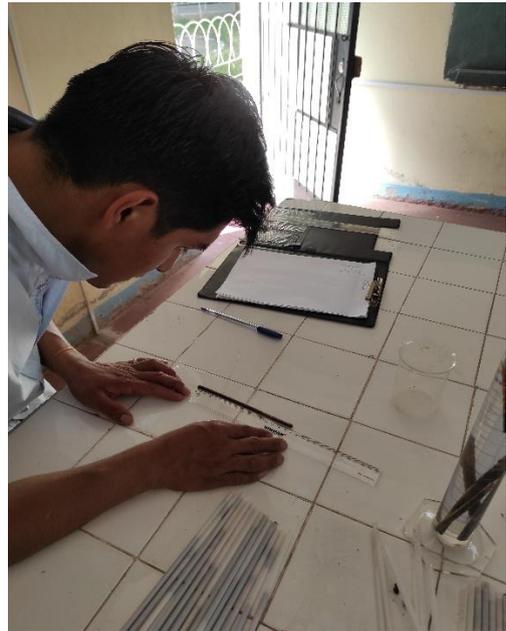


Foto 11. Medición de la longitud de las muestras de madera

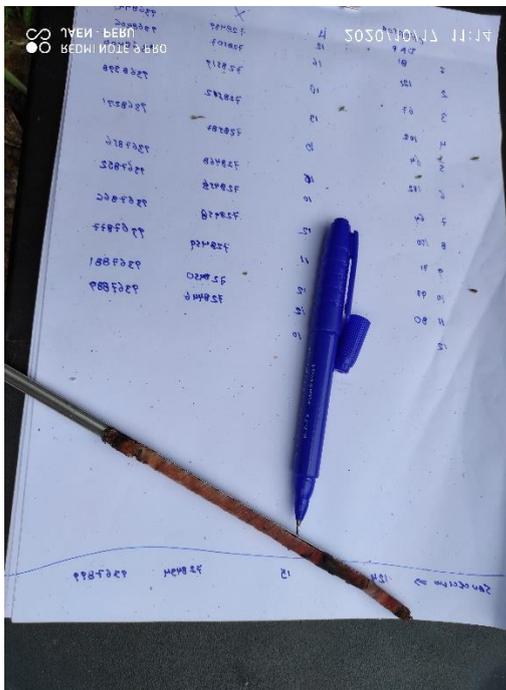


Foto 12. Muestra de madera



Foto 13. Muestras de madera en agua



Foto 14. Muestra botánica de *Hieronyma duquei* Cuatrec



Foto 15. Muestra botánica de *Podocarpus oleifolius* D. Don



Foto 16. Muestra botánica de *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña

Anexo 2. Formato de recolección de información en campo



Determinación de densidad básica de tres especies forestales maderables del Área De Conservación Municipal "Bosque Huamantanga" utilizando método indirecto, Jaén- Cajamarca.



FORMATO N° 1

| N° Árbol | Nombre común | Altura (m) | DAP (m) | Coordenadas | |
|----------|--------------|------------|---------|-------------|---------|
| | | | | Este | Norte |
| 1 | Militar | 18 | 0.62 | 727330 | 9373468 |
| 2 | Militar | 22 | 0.50 | 727327 | 9373429 |
| 3 | Militar | 24 | 0.42 | 727296 | 9373428 |
| 4 | Militar | 21 | 0.56 | 727313 | 9373428 |
| 5 | Militar | 20 | 0.60 | 727311 | 9373424 |
| 6 | Militar | 30 | 0.72 | 727326 | 9373412 |
| 7 | Militar | 23 | 0.70 | 727317 | 9373398 |
| 8 | Militar | 25 | 0.59 | 727314 | 9373409 |
| 9 | Militar | 28 | 0.79 | 727290 | 9373400 |
| 10 | Militar | 18 | 0.39 | 727227 | 9373426 |
| 11 | Militar | 22 | 0.47 | 727207 | 9373428 |
| 12 | Militar | 22 | 0.53 | 727215 | 9373430 |
| 13 | Militar | 15 | 0.34 | 727206 | 9373449 |
| 14 | Militar | 18 | 0.39 | 727203 | 9373456 |
| 15 | Militar | 25 | 0.54 | 727193 | 9373450 |
| 16 | Militar | 19 | 0.31 | 727196 | 9373456 |
| 17 | Militar | 26 | 0.54 | 727196 | 9373454 |
| 18 | Militar | 15 | 0.35 | 727168 | 9373445 |
| 19 | Militar | 17 | 0.39 | 727182 | 9373435 |
| 20 | Militar | 16 | 0.35 | 727178 | 9373435 |
| 21 | Militar | 19 | 0.38 | 727200 | 9373437 |
| 22 | Militar | 30 | 0.54 | 727194 | 9373436 |



Determinación de densidad básica de tres especies forestales maderables del Área De Conservación Municipal "Bosque Huamantanga" utilizando método indirecto, Jaén- Cajamarca.



FORMATO N° 1

| N° Árbol | Nombre común | Altura (m) | DAP (m) | Coordenadas | |
|----------|--------------|------------|---------|-------------|---------|
| | | | | Este | Norte |
| 1 | Saucecillo | 16 | 0.45 | 727324 | 9373458 |
| 2 | Saucecillo | 18 | 0.46 | 727221 | 9373448 |
| 3 | Saucecillo | 13 | 0.35 | 727315 | 9373505 |
| 4 | Saucecillo | 16 | 0.56 | 727301 | 9373547 |
| 5 | Saucecillo | 15 | 0.36 | 727301 | 9373533 |
| 6 | Saucecillo | 12 | 0.24 | 727301 | 9373540 |
| 7 | Saucecillo | 18 | 0.35 | 728260 | 9373157 |
| 8 | Saucecillo | 16 | 0.41 | 728259 | 9373158 |
| 9 | Saucecillo | 20 | 0.41 | 729127 | 9373166 |
| 10 | Saucecillo | 22 | 0.37 | 729119 | 9373174 |
| 11 | Saucecillo | 18 | 0.41 | 729120 | 9373183 |
| 12 | Saucecillo | 15 | 0.46 | 729112 | 9373189 |
| 13 | Saucecillo | 16 | 0.29 | 729124 | 9373183 |
| 14 | Saucecillo | 12 | 0.37 | 729128 | 9373184 |
| 15 | Saucecillo | 13 | 0.29 | 729136 | 9373188 |
| 16 | Saucecillo | 18 | 0.34 | 729137 | 9373198 |
| 17 | Saucecillo | 12 | 0.41 | 729144 | 9373213 |
| 18 | Saucecillo | 12 | 0.25 | 729132 | 9373218 |
| 19 | Saucecillo | 15 | 0.27 | 729132 | 9373219 |
| 20 | Saucecillo | 19 | 0.51 | 729109 | 9373231 |
| 21 | Saucecillo | 17 | 0.43 | 729143 | 9373186 |
| 22 | Saucecillo | 12 | 0.45 | 729145 | 9373229 |



Determinación de densidad básica de tres especies forestales maderables del Área De Conservación Municipal "Bosque Huamantanga" utilizando método indirecto, Jaén- Cajamarca.



FORMATO N° 1

| N °Árbol | Nombre común | Altura (m) | DAP (m) | Coordenadas | |
|----------|--------------|------------|---------|-------------|---------|
| | | | | Este | Norte |
| 1 | chupica | 12 | 0.26 | 728439 | 9368441 |
| 2 | chupica | 16 | 0.39 | 728507 | 9368406 |
| 3 | chupica | 10 | 0.21 | 728519 | 9368400 |
| 4 | chupica | 13 | 0.32 | 728512 | 9368398 |
| 5 | chupica | 10 | 0.20 | 728587 | 9368291 |
| 6 | chupica | 16 | 0.58 | 728468 | 9367856 |
| 7 | chupica | 10 | 0.20 | 728453 | 9367852 |
| 8 | chupica | 12 | 0.32 | 728458 | 9367866 |
| 9 | chupica | 11 | 0.23 | 728459 | 9367877 |
| 10 | chupica | 12 | 0.31 | 728450 | 9367881 |
| 11 | chupica | 12 | 0.25 | 728446 | 9367889 |
| 12 | chupica | 10 | 0.23 | 728425 | 9367914 |
| 13 | chupica | 11 | 0.32 | 728490 | 9367749 |
| 14 | chupica | 12 | 0.39 | 728538 | 9367772 |
| 15 | chupica | 20 | 0.45 | 728769 | 9368200 |
| 16 | chupica | 14 | 0.24 | 728752 | 9368198 |
| 17 | chupica | 15 | 0.33 | 728775 | 9368196 |
| 18 | chupica | 11 | 0.27 | 728788 | 9368202 |
| 19 | chupica | 23 | 0.40 | 728795 | 9368209 |
| 20 | chupica | 24 | 0.38 | 728812 | 9368207 |
| 21 | chupica | 23 | 0.38 | 728794 | 9368210 |
| 22 | chupica | 18 | 0.38 | 728814 | 9368209 |

Anexo 3. Formato de recolección de información en laboratorio



Determinación de densidad básica de tres especies forestales maderables del Área De Conservación Municipal "Bosque Huamantanga" utilizando método indirecto, Jaén- Cajamarca.



FORMATO N° 2

| Especie | N° de muestra | N° de árbol | Largo (cm) | Diámetro (cm) | Peso húmedo (g) | Peso saturado (g) | Peso seco (g) |
|---------------------------|---------------|-------------|------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------|
| <i>Magnolia jaenensis</i> | 01 | 1 | 7.9 | 0.50 | 1.63 | 1.85 | 0.70 |
| | 02 | 2 | 18.9 | 0.50 | 3.97 | 4.49 | 1.7 |
| | 03 | 3 | 13.7 | 0.50 | 3.14 | 3.26 | 1.45 |
| | 04 | 4 | 13.9 | 0.50 | 3.15 | 3.34 | 1.36 |
| | 05 | 5 | 15.3 | 0.50 | 3.88 | 3.70 | 1.52 |
| | 06 | 6 | 15.3 | 0.50 | 2.94 | 3.23 | 1.38 |
| | 07 | 7 | 14.4 | 0.50 | 3.38 | 3.70 | 1.46 |
| | 08 | 8 | 16.9 | 0.50 | 4.02 | 4.04 | 1.72 |
| | 09 | 9 | 15.6 | 0.50 | 3.81 | 3.79 | 1.72 |
| | 10 | 10 | 12.9 | 0.50 | 2.96 | 3.03 | 1.25 |
| | 11 | 11 | 15.7 | 0.50 | 3.59 | 3.77 | 1.60 |
| | 12 | 12 | 10.8 | 0.50 | 2.34 | 2.64 | 1.15 |
| | 13 | 13 | 16.1 | 0.50 | 3.76 | 3.92 | 1.66 |
| | 14 | 14 | 14.3 | 0.50 | 3.15 | 3.45 | 1.35 |
| | 15 | 15 | 23.4 | 0.50 | 5.71 | 5.65 | 2.40 |
| | 16 | 16 | 11.5 | 0.50 | 2.69 | 2.78 | 1.25 |
| | 17 | 17 | 20.9 | 0.50 | 5.03 | 4.96 | 2.08 |
| | 18 | 18 | 14.2 | 0.50 | 3.32 | 3.42 | 1.49 |
| | 19 | 19 | 15.2 | 0.50 | 3.69 | 3.59 | 1.48 |
| | 20 | 20 | 12.7 | 0.50 | 3.08 | 3.12 | 1.40 |
| | 21 | 21 | 9.3 | 0.50 | 1.93 | 2.30 | 0.97 |
| | 22 | 22 | 16.8 | 0.50 | 4.35 | 4.11 | 1.64 |



Determinación de densidad básica de tres especies forestales maderables del Área De Conservación Municipal "Bosque Huamantanga" utilizando método indirecto, Jaén- Cajamarca.



FORMATO N° 2

| Especie | N° de muestra | N° de árbol | Largo (cm) | Diámetro (cm) | Peso húmedo (g) | Peso saturado (g) | Peso seco (g) |
|--------------------------------|---------------|-------------|------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------|
| <i>Podocarpus oleifolius</i> D | 01 | 1 | 16.2 | 0.50 | 3.05 | 4.12 | 1.83 |
| | 02 | 2 | 22.2 | 0.50 | 4.01 | 5.36 | 2.87 |
| | 03 | 3 | 20.5 | 0.50 | 3.47 | 5.20 | 2.13 |
| | 04 | 4 | 15.2 | 0.50 | 2.56 | 4.35 | 1.65 |
| | 05 | 5 | 14.4 | 0.50 | 2.69 | 3.85 | 1.42 |
| | 06 | 6 | 15.2 | 0.50 | 2.26 | 4.20 | 1.74 |
| | 07 | 7 | 12.1 | 0.50 | 2.34 | 3.42 | 1.38 |
| | 08 | 8 | 15.1 | 0.50 | 2.21 | 3.84 | 1.50 |
| | 09 | 9 | 20.8 | 0.50 | 3.68 | 5.45 | 2.05 |
| | 10 | 10 | 13.2 | 0.50 | 1.76 | 3.74 | 1.5 |
| | 11 | 11 | 11.5 | 0.50 | 1.89 | 2.94 | 1.11 |
| | 12 | 12 | 17 | 0.50 | 2.69 | 4.48 | 1.72 |
| | 13 | 13 | 11.8 | 0.50 | 1.93 | 4.012 | 1.2 |
| | 14 | 14 | 17.5 | 0.50 | 3.49 | 4.55 | 1.81 |
| | 15 | 15 | 17 | 0.50 | 2.43 | 4.37 | 1.65 |
| | 16 | 16 | 12.3 | 0.50 | 2.15 | 3.15 | 1.14 |
| | 17 | 17 | 19.1 | 0.50 | 3.45 | 3.99 | 1.88 |
| | 18 | 18 | 7.8 | 0.50 | 1.47 | 2.13 | 0.96 |
| | 19 | 19 | 13.7 | 0.50 | 2.71 | 4.62 | 1.73 |
| | 20 | 20 | 20.1 | 0.50 | 3.09 | 5.20 | 2.45 |
| | 21 | 21 | 14.3 | 0.50 | 2.92 | 4.80 | 1.75 |
| | 22 | 22 | 17.4 | 0.50 | 4.71 | 4.60 | 1.87 |



Determinación de densidad básica de tres especies forestales maderables del Área De Conservación Municipal "Bosque Huamantanga" utilizando método indirecto, Jaén- Cajamarca.

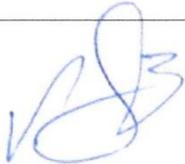


FORMATO N° 2

| Especie | N° de muestra | N° de árbol | Largo (cm) | Diámetro (cm) | Peso húmedo (g) | Peso saturado (g) | Peso seco (g) |
|----------------------------------|---------------|-------------|------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------|
| <i>Hieronyma duguei</i> Coatrec. | 01 | 1 | 7.7 | 0.50 | 1.71 | 2.04 | 0.93 |
| | 02 | 2 | 13.8 | 0.50 | 3.44 | 1.85 | 0.9 |
| | 03 | 3 | 11.5 | 0.50 | 2.68 | 3.11 | 1.37 |
| | 04 | 4 | 11 | 0.50 | 2.67 | 2.98 | 1.35 |
| | 05 | 5 | 15 | 0.50 | 2.05 | 2.43 | 1.03 |
| | 06 | 6 | 9 | 0.50 | 3.52 | 4.17 | 1.09 |
| | 07 | 7 | 8.2 | 0.50 | 3.49 | 4.29 | 1.09 |
| | 08 | 8 | 13.7 | 0.50 | 3.18 | 3.86 | 1.78 |
| | 09 | 9 | 10.8 | 0.50 | 2.55 | 3.21 | 1.44 |
| | 10 | 10 | 14 | 0.50 | 3.26 | 2.79 | 1.32 |
| | 11 | 11 | 10.2 | 0.50 | 2.52 | 2.75 | 1.3 |
| | 12 | 12 | 13.1 | 0.50 | 3.3 | 3.67 | 1.78 |
| | 13 | 13 | 11.7 | 0.50 | 2.91 | 3.22 | 1.07 |
| | 14 | 14 | 14.7 | 0.50 | 3.51 | 4.07 | 1.9 |
| | 15 | 15 | 10 | 0.50 | 2.41 | 2.84 | 1.28 |
| | 16 | 16 | 7 | 0.50 | 1.68 | 1.94 | 0.87 |
| | 17 | 17 | 13.5 | 0.50 | 3.3 | 3.78 | 1.73 |
| | 18 | 18 | 14.5 | 0.50 | 3.56 | 4.12 | 1.92 |
| | 19 | 19 | 15.5 | 0.50 | 3.87 | 4.3 | 2.02 |
| | 20 | 20 | 18.2 | 0.50 | 4.58 | 5.09 | 2.43 |
| | 21 | 21 | 9.5 | 0.50 | 2.39 | 2.67 | 1.15 |
| | 22 | 22 | 18.8 | 0.50 | 2.68 | 3.34 | 1.42 |

Anexo 4. Validación por expertos y prueba de confiabilidad de los instrumentos

instrumentos

| MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS | | | | |
|---|---|---------|----|---------------|
| Título de la investigación: | Determinación de densidad básica de tres especies forestales maderables del área de conservación municipal “bosque Huamantanga” utilizando métodos no destructivos, jaén- Cajamarca. | | | |
| Línea de investigación: | Tecnología de la madera | | | |
| Apellidos y nombres del experto: | Becerra Montalvo, Vitoly | | | |
| El instrumento de medición pertenece a la variable: | Única | | | |
| Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una “x” en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio. | | | | |
| Ítems | Preguntas | Aprecia | | Observaciones |
| | | SÍ | NO | |
| 1 | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado? | x | | |
| 2 | ¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación? | x | | |
| 3 | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación? | x | | |
| 4 | ¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación? | x | | |
| 5 | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio? | x | | |
| 6 | ¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? | | | No aplica |
| 7 | ¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos? | x | | |
| 8 | ¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio? | x | | |
| 9 | ¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos? | x | | |
| Sugerencias: Alinear el instrumento de recolección de datos de los métodos propuestos con la Norma Técnica Peruana NTP 251.012. | | | | |
| Firma del experto: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  M.Sc. Vitoly Becerra Montalvo </div> | | | | |

Anexo 5. Matriz de consistencia.

| Problema de investigación | Objetivos | Variables | Indicadores | HIPÓTESIS | TIPO Y DISEÑO |
|---|-------------------------------------|---|---|--|--|
| <p>¿Cuál es la densidad básica de las especies forestales a determinar en el área de conservación municipal “¿Bosque Huamantanga” utilizando barreno de Pressler, Jaén-Cajamarca?</p> | <p>Objetivo general:</p> | <p>Determinar la densidad básica de tres especies forestales del Área de conservación municipal “Bosque Huamantanga” utilizando barreno de pressler, Jaén-Cajamarca.</p> | <p>Densidad básica de madera de <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don, <i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo-Peña, <i>Hieronyma duquei</i> Cuatrec.</p> | <p>Si es posible determinar la densidad básica de especies forestales maderables del área de conservación municipal “Bosque Huamantanga” utilizando barreno de pressler, Jaén-Cajamarca.</p> | <p>Tipo: Descriptiva Diseño: No Experimental. Muestra: tarugos de madera de 5 mm de diámetro colectados con un barreno de pressler de cada árbol encontrado que presenten un DAP mayor a 0.30 m y altura mayor a 15 m en el ámbito de estudio Población: especies forestales del área de conservación municipal “Bosque Huamantanga”.</p> |
| | <p>Objetivos específicos</p> | <p>Determinar la densidad básica de <i>Podocarpus oleifolius</i>, <i>Magnolia jaenensis</i>, <i>Hieronyma duquei</i> Cuatrec. procedentes del área de conservación municipal “Bosque Huamantanga” empleando el método de saturación, método empírico y método de máximo contenido de humedad.</p> | <p>Densidad básica de la madera (g/cm³)</p> | <p>utilizando barreno de pressler, Jaén-Cajamarca.</p> | <p>especies forestales del área de conservación municipal “Bosque Huamantanga”.</p> |

Anexo 6. Certificados de identificación botánica

Certificado de *Magnolia jaenensis* Marcelo-peña

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ
CONSULTOR BOTÁNICO
C. B. P. N° 3796
Tel: 0168852 RPM 963689079
Email: jocamde@gmail.com



CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO- N° 3796 – INSCRITO CON EL N° 36 EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA - RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

CERTIFICA:

Que, **JOSÉ AURELIO CAJO LÓPEZ**, con grado académico de Bachiller, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal, de la Universidad Nacional de Cajamarca, para desarrollar la tesis titulada: DETERMINACION DE DENSIDAD BASICA DE TRES ESPECIES FORESTALES MADERABLES DEL AREA DE CONSERVACION MUNICIPAL “BOSQUE HUAMANTANGA” UTILIZANDO METODO INDIRECTO, JAEN-CAJAMARCA. Ha solicitado la identificación y certificación botánica de una planta proveniente del caserío San Luis del Nuevo Retiro, distrito de Huabal, distrito de Jaén, provincia Jaén, departamento Cajamarca, donde es conocida con el nombre vulgar de “**militar**”, la muestra ha sido identificada como *Magnolia jaenensis* Marcelo-Peña. Según la base de Tropicos considera a todas las plantas verdes en la Clase Equisetopsida (Chasse, MW y JL. REAVEL.2009) y sigue la clasificación de las angiospermas publicado en 1998 por el Grupo para la Filogenia de las Angiospermas, revisado por APG II (2003), APG III (2009) y APG IV (2016), comparado con el Sistema de Clasificación de las Angiospermas de Arthur Cronquist. (1981), ocupa las siguientes categorías taxonómicas.

| Categorías | Sistema APG IV-2016 | Sistema de Cronquist 1981 |
|------------|--|--|
| Dominio | Eukariota | Eukariota |
| Reino | Plantae | Plantae |
| División | Angiospermae | Magnoliophyta |
| Clase | Equisetopsida | Magnoliopsida |
| Subclase | Magnoliidae | Magnoliidae |
| Superorden | Magnoliales | |
| Orden | Magnoliales | Magnoliales |
| Familia | Magnoliaceae | Magnoliaceae |
| Genero | <i>Magnolia</i> | <i>Magnolia</i> |
| Especie | <i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo-Peña | <i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo-Peña |

Nombre vulgar: “**militar**”

Se expide la presente certificación para los fines que se estime conveniente.

Lima, 30 de octubre del 2020



José Ricardo Campos de La Cruz
José R. Campos De La Cruz
BIOLOGO
C.B.P. 3796

Jirón Sánchez Silva N° 156 -2D0 Piso – Urb. Santa Luzmila – Lima 07 – Email- jocamde@gmail.com

Certificado de *Hieronima duquei* Cuatrec

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ
CONSULTOR BOTÁNICO
C. B. P. N° 3796
Tel: 0168852 RPM 963689079
Email: jocamde@gmail.com



CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO- N° 3796 – INSCRITO CON EL N° 36 EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA - RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0311-2013- MÍNAGRI-DGFFS-DGEFFS.

CERTIFICA:

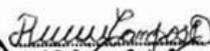
Que, **JOSÉ AURELIO CAJO LÓPEZ**, con grado académico de Bachiller, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal, de la Universidad Nacional de Cajamarca, para desarrollar la tesis titulada: DETERMINACIÓN DE DENSIDAD BÁSICA DE TRES ESPECIES FORESTALES MADERABLES DEL AREA DE CONSERVACION MUNICIPAL "BOSQUE HUAMANTANGA" UTILIZANDO MÉTODO INDIRECTO, JAEN-CAJAMARCA. Ha solicitado la identificación y certificación botánica de una planta proveniente del caserío Nuevo Jerusalén, distrito de Jaén, provincia Jaén, departamento Cajamarca, donde es conocida con el nombre vulgar de "chupica", la muestra ha sido identificada como *Hieronima duquei* Cuatrec. Según la base de Tropicans considera a todas las plantas verdes en la Clase Equisetopsida (Chasse, MW y JL. REAVEL.2009) y sigue la clasificación de las angiospermas publicado en 1998 por el Grupo para la Filogenia de las Angiospermas, revisado por APG II (2003), APG III (2009) y APG IV (2016), comparado con el Sistema de Clasificación de las Angiospermas de Arthur Cronquist. (1981), ocupa las siguientes categorías taxonómicas.

| Categorías | Sistema APG IV-2016 | Sistema de Cronquist 1981 |
|------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Dominio | Eukariota | Eukariota |
| Reino | Plantae | Plantae |
| División | Angiospermae | Magnoliophyta |
| Clase | Equisetopsida | Magnoliopsida |
| Subclase | Magnoliidae | Rosidae |
| Superorden | Rosanae | |
| Orden | Malpighiales | Euphorbiales |
| Familia | Phyllanthaceae | Euphorbiaceae |
| Genero | <i>Hieronima</i> | <i>Hieronima</i> |
| Especie | <i>Hieronima duquei</i> Cuatrec. | <i>Hieronima duquei</i> Cuatrec. |

Nombre vulgar: "chupica"

Se expide la presente certificación para los fines que se estime conveniente.

Lima, 30 de octubre del 2020


José R. Campos De la Cruz
BIOLOGO
C.B.P. 3796



Jirón Sánchez Silva N° 156 -2D0 Piso – Urb. Santa Luzmila – Lima 07 – Email- jocamde@gmail.com

Certificado de *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb.

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ
CONSULTOR BOTÁNICO
C. B. P. N° 3796
Tel: 0168852 RPM 963689079
Email: jocamde@gmail.com



CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO- N° 3796 – INSCRITO CON EL N° 36 EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA - RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

CERTIFICA:

Que, **JOSÉ AURELIO CAJO LÓPEZ**, con grado académico de Bachiller, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal, de la Universidad Nacional de Cajamarca, para desarrollar la tesis titulada: DETERMINACION DE DENSIDAD BASICA DE TRES ESPECIES FORESTALES MADERABLES DEL AREA DE CONSERVACION MUNICIPAL "BOSQUE HUAMANTANGA" UTILIZANDO METODO INDIRECTO, JAEN-CAJAMARCA. Ha solicitado la identificación y certificación botánica de una planta proveniente del caserío San Luis del Nuevo Retiro, distrito de Huabal, provincia Jaén, departamento Cajamarca, donde es conocida con el nombre vulgar de "saueccillo", la muestra ha sido identificada como *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb. Según la base de Tropicos considera a todas las plantas verdes en la Clase Equisetopsida (Chasse, MW y JL. REAVEL, 2009) y comparado con el sistema de clasificación de las Gimnospermas vivientes de Christenhusz *et al.*, 2011 ocupa las siguientes categorías taxonómicas.

| Categorías | Sistema APG IV-2016 | Sistema de Christenhusz <i>et al.</i> , 2011 |
|------------|--|--|
| Dominio | Eukariota | Eukariota |
| Reino | Plantae | Plantae |
| División | Gymnospermae | Gymnospermae |
| Clase | Equisetopsida | Equisetopsida |
| Subclase | Pinidae | Pinidae |
| Orden | Podocarpaceales | Araucariales |
| Familia | Podocarpaceae | Podocarpaceae |
| Genero | <i>Podocarpus</i> | <i>Podocarpus</i> |
| Especie | <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb. | <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb. |

Nombre vulgar: "saueccillo"

Se expide la presente certificación para los fines que se estime conveniente.

Lima, 30 de octubre del 2020



José Ricardo Campos de la Cruz
José R. Campos De La Cruz
BIÓLOGO
C.B.P. 3796

Jirón Sánchez Silva N° 156 -2D0 Piso – Urb. Santa Luzmila – Lima 07 – Email- jocamde@gmail.com

Anexo 7. Cálculo de la densidad

| Especie | Número muestra | W-Húmedo | W-Saturado | W-seco | Diámetro muestra (cm) | Diámetro muestra (cm) | Largo (cm) | Ps-Pa/pa | 1/1.53 | Pt/Pa | Saturación | Empírico | MMCH |
|---------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Magnolia jaenensis | 1 | 1.63 | 1.85 | 0.7 | 0.50 | 0.25 | 7.9 | 1.6429 | 0.6536 | 2.6429 | 0.4355 | 0.4513 | 0.4354 |
| | 2 | 3.97 | 4.49 | 1.7 | 0.50 | 0.25 | 18.9 | 1.6412 | 0.6536 | 2.6412 | 0.4358 | 0.4581 | 0.4357 |
| | 3 | 3.14 | 3.26 | 1.45 | 0.50 | 0.25 | 13.7 | 1.2483 | 0.6536 | 2.2483 | 0.5258 | 0.539 | 0.5257 |
| | 4 | 3.15 | 3.34 | 1.36 | 0.50 | 0.25 | 13.9 | 1.4559 | 0.6536 | 2.4559 | 0.4741 | 0.4983 | 0.474 |
| | 5 | 3.88 | 3.7 | 1.52 | 0.50 | 0.25 | 15.3 | 1.4342 | 0.6536 | 2.4342 | 0.479 | 0.506 | 0.4789 |
| | 6 | 2.94 | 3.23 | 1.38 | 0.50 | 0.25 | 13.5 | 1.3406 | 0.6536 | 2.3406 | 0.5015 | 0.5206 | 0.5014 |
| | 7 | 3.38 | 3.7 | 1.46 | 0.50 | 0.25 | 11.4 | 1.5342 | 0.6536 | 2.5342 | 0.4571 | 0.4523 | 0.457 |
| | 8 | 4.02 | 4.04 | 1.72 | 0.50 | 0.25 | 16.9 | 1.3488 | 0.6536 | 2.3488 | 0.4994 | 0.5183 | 0.4993 |
| | 9 | 3.81 | 3.79 | 1.72 | 0.50 | 0.25 | 15.6 | 1.2035 | 0.6536 | 2.2035 | 0.5385 | 0.5615 | 0.5384 |
| | 10 | 2.96 | 3.03 | 1.25 | 0.50 | 0.25 | 12.9 | 1.424 | 0.6536 | 2.424 | 0.4813 | 0.4935 | 0.4812 |
| | 11 | 3.59 | 3.77 | 1.6 | 0.50 | 0.25 | 15.7 | 1.3563 | 0.6536 | 2.3563 | 0.4976 | 0.519 | 0.4975 |
| | 12 | 2.34 | 2.64 | 1.15 | 0.50 | 0.25 | 10.8 | 1.2957 | 0.6536 | 2.2957 | 0.513 | 0.5423 | 0.5129 |
| | 13 | 3.76 | 3.92 | 1.66 | 0.50 | 0.25 | 16.1 | 1.3614 | 0.6536 | 2.3614 | 0.4963 | 0.5251 | 0.4962 |
| | 14 | 3.15 | 3.45 | 1.35 | 0.50 | 0.25 | 14.3 | 1.5556 | 0.6536 | 2.5556 | 0.4527 | 0.4808 | 0.4526 |
| | 15 | 5.71 | 5.65 | 2.4 | 0.50 | 0.25 | 23.4 | 1.3542 | 0.6536 | 2.3542 | 0.4981 | 0.5224 | 0.498 |
| | 16 | 2.69 | 2.78 | 1.25 | 0.50 | 0.25 | 11.5 | 1.224 | 0.6536 | 2.224 | 0.5326 | 0.5536 | 0.5325 |
| | 17 | 5.03 | 4.96 | 2.08 | 0.50 | 0.25 | 20.9 | 1.3846 | 0.6536 | 2.3846 | 0.4906 | 0.5069 | 0.4905 |
| | 18 | 3.32 | 3.42 | 1.49 | 0.50 | 0.25 | 14.2 | 1.2953 | 0.6536 | 2.2953 | 0.5131 | 0.5344 | 0.513 |
| | 19 | 3.69 | 3.59 | 1.48 | 0.50 | 0.25 | 15.2 | 1.4257 | 0.6536 | 2.4257 | 0.4809 | 0.4959 | 0.4808 |
| | 20 | 3.08 | 3.12 | 1.4 | 0.50 | 0.25 | 12.7 | 1.2286 | 0.6536 | 2.2286 | 0.5313 | 0.5614 | 0.5312 |
| | 21 | 1.93 | 2.3 | 0.97 | 0.50 | 0.25 | 9.3 | 1.3711 | 0.6536 | 2.3711 | 0.4939 | 0.5312 | 0.4938 |
| | 22 | 4.35 | 4.11 | 1.64 | 0.50 | 0.25 | 16.8 | 1.5061 | 0.6536 | 2.5061 | 0.463 | 0.4972 | 0.4629 |
| | Promedio | 3.4327 | 3.5518 | 1.4877 | 0.5000 | 0.2500 | 14.5864 | 1.3924 | 0.6536 | 2.3924 | 0.4905 | 0.5122 | 0.4904 |
| | D.S. | 0.9222 | 0.8370 | 0.3502 | 0.0000 | 0.0000 | 3.5696 | 0.1256 | 0.0000 | 0.1256 | 0.0295 | 0.0322 | 0.0295 |

| | C.V. | 26.86 | 23.56 | 23.54 | 0.00 | 0.00 | 24.47 | 9.02 | 0.00 | 5.25 | 6.01 | 6.29 | 6.01 |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Podocarpus oleifolius D | 1 | 3.05 | 4.12 | 1.83 | 0.50 | 0.25 | 16.2 | 1.2514 | 0.6536 | 2.2514 | 0.5249 | 0.5753 | 0.5248 |
| | 2 | 4.01 | 5.36 | 2.87 | 0.50 | 0.25 | 22.2 | 0.8676 | 0.6536 | 1.8676 | 0.6574 | 0.6584 | 0.6572 |
| | 3 | 3.47 | 5.2 | 2.13 | 0.50 | 0.25 | 20.5 | 1.4413 | 0.6536 | 2.4413 | 0.4773 | 0.5292 | 0.4773 |
| | 4 | 2.56 | 4.35 | 1.65 | 0.50 | 0.25 | 15.2 | 1.6364 | 0.6536 | 2.6364 | 0.4367 | 0.5529 | 0.4366 |
| | 5 | 2.69 | 3.85 | 1.42 | 0.50 | 0.25 | 14.4 | 1.7113 | 0.6536 | 2.7113 | 0.4229 | 0.5022 | 0.4228 |
| | 6 | 2.26 | 4.2 | 1.74 | 0.50 | 0.25 | 15.2 | 1.4138 | 0.6536 | 2.4138 | 0.4837 | 0.583 | 0.4836 |
| | 7 | 2.34 | 3.42 | 1.38 | 0.50 | 0.25 | 12.1 | 1.4783 | 0.6536 | 2.4783 | 0.4691 | 0.5808 | 0.469 |
| | 8 | 2.21 | 3.84 | 1.5 | 0.50 | 0.25 | 15.1 | 1.56 | 0.6536 | 2.56 | 0.4518 | 0.5059 | 0.4517 |
| | 9 | 3.68 | 5.45 | 2.05 | 0.50 | 0.25 | 20.8 | 1.6585 | 0.6536 | 2.6585 | 0.4325 | 0.5019 | 0.4324 |
| | 10 | 1.76 | 3.74 | 1.5 | 0.50 | 0.25 | 13.2 | 1.4933 | 0.6536 | 2.4933 | 0.4658 | 0.5787 | 0.4657 |
| | 11 | 1.89 | 2.94 | 1.11 | 0.50 | 0.25 | 11.5 | 1.6486 | 0.6536 | 2.6486 | 0.4344 | 0.4916 | 0.4343 |
| | 12 | 2.69 | 4.48 | 1.72 | 0.50 | 0.25 | 17 | 1.6047 | 0.6536 | 2.6047 | 0.4428 | 0.5153 | 0.4427 |
| | 13 | 1.93 | 4.012 | 1.2 | 0.50 | 0.25 | 11.8 | 2.3433 | 0.6536 | 3.3433 | 0.3337 | 0.5179 | 0.3336 |
| | 14 | 3.49 | 4.55 | 1.81 | 0.50 | 0.25 | 17.5 | 1.5138 | 0.6536 | 2.5138 | 0.4614 | 0.5268 | 0.4613 |
| | 15 | 2.43 | 4.37 | 1.65 | 0.50 | 0.25 | 17 | 1.6485 | 0.6536 | 2.6485 | 0.4344 | 0.4943 | 0.4343 |
| | 16 | 2.15 | 3.15 | 1.14 | 0.50 | 0.25 | 12.3 | 1.7632 | 0.6536 | 2.7632 | 0.4138 | 0.472 | 0.4137 |
| | 17 | 3.45 | 3.99 | 1.88 | 0.50 | 0.25 | 19.1 | 1.1223 | 0.6536 | 2.1223 | 0.5631 | 0.5013 | 0.563 |
| | 18 | 1.47 | 2.13 | 0.96 | 0.50 | 0.25 | 7.8 | 1.2188 | 0.6536 | 2.2188 | 0.5341 | 0.6268 | 0.534 |
| | 19 | 2.71 | 4.62 | 1.73 | 0.50 | 0.25 | 13.7 | 1.6705 | 0.6536 | 2.6705 | 0.4303 | 0.6431 | 0.4302 |
| | 20 | 3.09 | 5.2 | 2.45 | 0.50 | 0.25 | 20.1 | 1.1224 | 0.6536 | 2.1224 | 0.563 | 0.6208 | 0.5629 |
| | 21 | 2.92 | 4.8 | 1.75 | 0.50 | 0.25 | 14.3 | 1.7429 | 0.6536 | 2.7429 | 0.4173 | 0.6233 | 0.4172 |
| | 22 | 4.71 | 4.6 | 1.87 | 0.50 | 0.25 | 17.4 | 1.4599 | 0.6536 | 2.4599 | 0.4732 | 0.5473 | 0.4731 |
| | Promedio | 2.7709 | 4.1987 | 1.6973 | 0.5000 | 0.2500 | 15.6545 | 1.5169 | 0.6536 | 2.5169 | 0.4693 | 0.5522 | 0.4692 |
| | D.S. | 0.7962 | 0.8162 | 0.4397 | 0.0000 | 0.0000 | 3.5622 | 0.2967 | 0.0000 | 0.2967 | 0.0670 | 0.0556 | 0.0670 |
| | C.V. | 28.73 | 19.44 | 25.90 | 0.00 | 0.00 | 22.76 | 19.56 | 0.00 | 11.79 | 14.28 | 10.06 | 14.28 |
| Hieron yma duquei | 1 | 1.71 | 2.04 | 0.93 | 0.50 | 0.25 | 7.7 | 1.1935 | 0.6536 | 2.1935 | 0.5414 | 0.6151 | 0.5413 |
| | 2 | 3.44 | 1.85 | 0.9 | 0.50 | 0.25 | 13.8 | 1.0556 | 0.6536 | 2.0556 | 0.5851 | 0.3321 | 0.5849 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 3 | 2.68 | 3.11 | 1.37 | 0.50 | 0.25 | 11.5 | 1.2701 | 0.6536 | 2.2701 | 0.5198 | 0.6067 | 0.5197 |
| 4 | 2.67 | 2.98 | 1.35 | 0.50 | 0.25 | 11 | 1.2074 | 0.6536 | 2.2074 | 0.5373 | 0.625 | 0.5372 |
| 5 | 2.05 | 2.43 | 1.03 | 0.50 | 0.25 | 15 | 1.3592 | 0.6536 | 2.3592 | 0.4968 | 0.3497 | 0.4967 |
| 6 | 3.52 | 4.17 | 1.09 | 0.50 | 0.25 | 9 | 2.8257 | 0.6536 | 3.8257 | 0.2874 | 0.6168 | 0.2874 |
| 7 | 3.49 | 4.29 | 1.09 | 0.50 | 0.25 | 8.2 | 2.9358 | 0.6536 | 3.9358 | 0.2786 | 0.677 | 0.2786 |
| 8 | 3.18 | 3.86 | 1.78 | 0.50 | 0.25 | 13.7 | 1.1685 | 0.6536 | 2.1685 | 0.5488 | 0.6617 | 0.5487 |
| 9 | 2.55 | 3.21 | 1.44 | 0.50 | 0.25 | 10.8 | 1.2292 | 0.6536 | 2.2292 | 0.5311 | 0.6791 | 0.531 |
| 10 | 3.26 | 2.79 | 1.32 | 0.50 | 0.25 | 14 | 1.1136 | 0.6536 | 2.1136 | 0.5659 | 0.4802 | 0.5657 |
| 11 | 2.52 | 2.75 | 1.3 | 0.50 | 0.25 | 10.2 | 1.1154 | 0.6536 | 2.1154 | 0.5653 | 0.6491 | 0.5652 |
| 12 | 3.3 | 3.67 | 1.78 | 0.50 | 0.25 | 13.1 | 1.0618 | 0.6536 | 2.0618 | 0.583 | 0.692 | 0.5828 |
| 13 | 2.91 | 3.22 | 1.07 | 0.50 | 0.25 | 11.7 | 2.0093 | 0.6536 | 3.0093 | 0.3755 | 0.4658 | 0.3755 |
| 14 | 3.51 | 4.07 | 1.9 | 0.50 | 0.25 | 14.7 | 1.1421 | 0.6536 | 2.1421 | 0.5569 | 0.6583 | 0.5568 |
| 15 | 2.41 | 2.84 | 1.28 | 0.50 | 0.25 | 10 | 1.2188 | 0.6536 | 2.2188 | 0.5341 | 0.6519 | 0.534 |
| 16 | 1.68 | 1.94 | 0.87 | 0.50 | 0.25 | 7 | 1.2299 | 0.6536 | 2.2299 | 0.5309 | 0.633 | 0.5308 |
| 17 | 3.3 | 3.78 | 1.73 | 0.50 | 0.25 | 13.5 | 1.185 | 0.6536 | 2.185 | 0.5439 | 0.6527 | 0.5438 |
| 18 | 3.56 | 4.12 | 1.92 | 0.50 | 0.25 | 14.5 | 1.1458 | 0.6536 | 2.1458 | 0.5557 | 0.6744 | 0.5556 |
| 19 | 3.87 | 4.3 | 2.02 | 0.50 | 0.25 | 15.5 | 1.1287 | 0.6536 | 2.1287 | 0.5611 | 0.6637 | 0.5609 |
| 20 | 4.58 | 5.09 | 2.43 | 0.50 | 0.25 | 18.2 | 1.0947 | 0.6536 | 2.0947 | 0.572 | 0.68 | 0.5719 |
| 21 | 2.39 | 2.67 | 1.15 | 0.50 | 0.25 | 9.5 | 1.3217 | 0.6536 | 2.3217 | 0.5062 | 0.6165 | 0.5061 |
| 22 | 2.68 | 3.34 | 1.42 | 0.50 | 0.25 | 18.8 | 1.3521 | 0.6536 | 2.3521 | 0.4986 | 0.3847 | 0.4985 |
| Promedio | 2.9664 | 3.2964 | 1.4168 | 0.5000 | 0.2500 | 12.3364 | 1.3802 | 0.6536 | 2.3802 | 0.5125 | 0.5939 | 0.5124 |
| D.S. | 0.7095 | 0.8594 | 0.4167 | 0.0000 | 0.0000 | 3.1905 | 0.5231 | 0.0000 | 0.5231 | 0.0860 | 0.1127 | 0.0859 |
| C.V. | 23.92 | 26.07 | 29.41 | 0.00 | 0.00 | 25.86 | 37.90 | 0.00 | 21.98 | 16.77 | 18.97 | 16.77 |