

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ESTIMACIÓN DEL STOCK DE CARBONO EN LAS ESPECIES: *Retrophyllum rospigliosii* Y *Prumnopitys harmsiana*, EN EL BOSQUE DE HUAMANTANGA, JAÉN - 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Lucero Micaela García Mego

Asesor:

Dra. Irma Geralda Horna Hernández

Cajamarca - Perú

2019



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Leonila Mego Pérez y mis hermanos Mayra y Jhony, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mis profesores quienes se han tomado el arduo trabajo de trasmitirme sus conocimientos, especialmente de los temas que corresponden a mi profesión y forjar en mí, un profesional competitivo y de bien.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y por haberme concedido la gracia de terminar este trabajo de investigación.

A mi madre Leonila Mego Pérez por su incondicional apoyo, por sus consejos y por ser el motivo para superarme y seguir adelante.

A la Dra. Irma GERALDA Horna Hernández , asesora de esta investigación quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo.

A los pobladores y autoridades de los caseríos de la provincia de Jaén: San Luis del Nuevo Retiro, La Rinconada Lajeña, Nuevo Jerusalén y La Virginia, por el apoyo brindado en el recorrido del Bosque de Huamantanga y por acogerme en cada uno de sus hogares.

A la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental de la Municipalidad Provincial de Jaén, por el apoyo y autorización para el desarrollo de la investigación en el Área de Conservación Municipal Bosque de Huamantanga (ACMBH).

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
TABLA DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Hipótesis	18
1.4.1. Hipótesis general	18
1.4.2. Hipótesis específicas.....	18
1.5. Área de estudio	19
1.5.1. Ubicación geográfica	19
1.5.2. Características edafoclimáticas de la zona de estudio.....	19
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	30
2.1. Tipo de investigación.....	30
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	30
2.2.1. Población	30

2.2.2.	Muestra	30
2.2.3.	Materiales	32
2.2.4.	Instrumentos	32
2.2.5.	Métodos	33
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	33
2.3.1.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
2.3.2.	Técnicas e instrumentos de análisis de datos	40
2.4.	Procedimiento	40
CAPÍTULO III. RESULTADOS		42
3.1.	Estimación de parámetros	42
3.1.1.	Abundancia relativa y frecuencia relativa	42
3.1.2.	Distribución diamétrica	43
3.1.3.	Stock de Carbono por intervalos de DAP y especie.....	44
3.1.5.	Contraste de hipótesis.....	45
3.1.6.	Estimación de Stock de Carbono para todo el bosque	52
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		53
4.1.	Discusiones	53
4.2.	Conclusiones.....	59
REFERENCIAS		60
ANEXOS		67
Anexo 1. Ficha de registro para la determinación de biomasa del fuste.		67
Anexo 2. Fotografías de <i>Prumnopitys harmsiana</i> , para el reconocimiento en el campo, según Quispe y Tello (2001)		68
Anexo 3. Fotografías de <i>Retrophyllum rospigliosii</i> , para el reconocimiento en el campo, según Quispe y Tello, (2001)		69

Anexo 4. Mapa de ubicación en el Bosque de Huamantanga.....	70
Anexo 5. Mapa de ubicación de parcelas de muestreo en el Bosque de Huamantanga ...	71
Anexo 6. Georreferenciación de los puntos de muestreo	72
Anexo 7. Tabla de registros en campo.....	73
Anexo 8. Mapa de pisos altitudinales en el Bosque de Huamantanga	76
Anexo 9. Mapa de clima en el Bosque de Huamantanga	77
Anexo 10. Mapa de cobertura vegetal en el Bosque de Huamantanga	78
Anexo 11. Mapa de evaporación en el Bosque de Huamantanga.....	79
Anexo 12. Mapa de suelos en el Bosque de Huamantanga	80
Anexo 13. Mapa de pendientes en el Bosque de Huamantanga	81
Anexo 14. Mapa de estimación de Stock de Carbono en el Bosque de Huamantanga	82
Anexo 15. Índice de abreviaturas	83
Anexo 15. Fotografías	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Densidad poblacional y frecuencia relativa.....	42
Tabla 2. Stock de carbono de <i>Retrophyllum rospigliosii</i> en el intervalo de DAP de {0,10 m;0,50 m>	44
Tabla 3. Stock de carbono de <i>Retrophyllum rospigliosii</i> en el intervalo de DAP de {0,50 m; 1,00 m>	44
Tabla 4. Stock de carbono en la especie <i>Retrophyllum rospigliosii</i> en el DAP de {1,00 m; 1,50 m>	44
Tabla 5. Stock de carbono de <i>Prumnopitys harmsiana</i> en el intervalo de DAP de {0,10 m; 0,50 m>	44
Tabla 6. Stock de carbono de <i>Prumnopitys harmsiana</i> en el intervalo de DAP de {0,50 m; 1,00 m>	45
Tabla 7. Stock de carbono de <i>Prumnopitys harmsiana</i> en el intervalo de DAP de {1,00 m; 1,50 m>	45
Tabla 8. Análisis de varianza para respuesta transformada de la especie <i>Retrophyllum rospigliosii</i>	46
Tabla 9. Análisis de varianza para respuesta transformada de la especie <i>Prumnopitys harmsiana</i>	48
Tabla 10. Análisis de varianza para comparación de Stock de Carbono en ambas especies	50
Tabla 11. Promedio de Stock de Carbono por parcela de muestreo.....	52
Tabla 12. Estimación de carbono y CO ₂ e para todo el Bosque de Huamantanga	52

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de la parcela de muestreo	31
Figura 2. Medición correcta del diámetro. En las situaciones 4,7 y 8 la posición (b) es considerada correcta para medir el diámetro. Fuente: Schlegel et al.2001.....	35
Figura 3. Gráfico de distribución diamétrica.....	43
Figura 4. Gráfica de intervalos de stock de carbono para la especie <i>Retrophyllum rospigliosii</i>	47
Figura 5. Gráfico de intervalos de Stock de Carbono para la especie <i>Prumnopitys harmsiana</i>	49
Figura 6. Gráfico de la distribución normal para el contenido de carbono	51
Figura 7. Gráfico de diferencia no significativa del contenido de carbono para las dos especies	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tamaño de muestra.....	30
Ecuación 2. Diámetro de fuste.....	34
Ecuación 3. Abundancia relativa.....	35
Ecuación 4. Frecuencia.....	36
Ecuación 5. Área basal	37
Ecuación 6. Volumen maderable.....	37
Ecuación 7. Biomasa aérea arbórea.....	37
Ecuación 8. Stock de Carbono.....	39

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Área de Conservación Municipal Bosque de Huamantanga, ubicado en la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca – 2018. El objetivo fue estimar y comparar el stock de carbono capturado por las especies *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana*. Para lo cual, se utilizó el método analítico y análisis descriptivo, con un muestreo aleatorio simple y de acuerdo a lo estipulado en la Guía de Inventario de Flora y Vegetación y la Guía de Evaluación de la Flora Silvestre del Ministerio del Ambiente. Se establecieron 18 parcelas de muestreo de 0,5 ha, donde se obtuvo una densidad poblacional de 103 individuos. El análisis se realizó en tres intervalos de diámetro a la altura del pecho (DAP) {0,10 m ; 0,50 m}, {0,50 m ; 1,0 m} y {1,00 m ; 1,50 m}, tanto en el fuste, copa y raíz de cada una de las especies, obteniendo como resultado que no hay diferencia significativa en el contenido de carbono de las dos especies, sólo se distingue diferencia del contenido de carbono en los intervalos de DAP, sin importar la especie. Finalmente, se hizo una estimación para todo el Bosque de Huamantanga obteniendo como promedio 10,44 t C/ha y 71 764,76 t CO₂ e para la especie *Retrophyllum rospigliosii* y 15,91 t C/ha con 109 365,65 t CO₂ e para la especie *Prumnopitys harmsiana*.

Palabras clave: Diámetro a la altura del pecho (DAP), Stock de carbono (C), stock de carbono equivalente (CO₂ e), *Retrophyllum rospigliosii*, *Prumnopitys harmsiana*, Área de Conservación Municipal Bosque de Huamantanga (ACMBH).

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El carbono es el elemento químico fundamental de los compuestos orgánicos, que circula por los océanos, la atmósfera, el suelo y subsuelo. También considerados depósitos de carbono. Este pasa de un depósito a otro por medio de procesos químicos, físicos y biológicos (Quispe, Quispe y Yaranga, 2015). A nivel global, el carbono ingresa en el sistema (atmósfera – suelo) a través de la fotosíntesis y sale del mismo por la respiración vegetal y microbiana. Una vez asimilado el CO₂, el carbono se almacena tanto en la biomasa viva, la madera en pie, las ramas, el follaje y las raíces como en la biomasa muerta, la hojarasca, los restos de madera, la materia orgánica del suelo y los productos forestales. Así, este contenido de carbono puede variar según el tipo de cobertura, fisiología vegetal y está influenciado por factores físicos (como precipitación, temperatura, topografía y otros); biológicos (composición de la vegetación, edad del bosque, etc.) así como, por factores antropogénicos, como el grado de intervención del bosque (Ministerio del Ambiente, 2014) . Es por ello, que cualquier actividad que afecte al volumen de la biomasa en la vegetación y en el suelo provoca cambios en la capacidad para retener o liberar carbono de la atmósfera o hacia la atmósfera, lo que influencia directamente en la dinámica del clima de la tierra (García, Pérez y Pérez, 2013).

Según el boletín sobre los niveles de gases de efecto invernadero, emitido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2018), las concentraciones promedio mundiales de dióxido de carbono (CO₂) alcanzaron 405,5 ppm en 2017. El CO₂ atmosférico alcanzó el 146 % del nivel preindustrial en 2017 donde la deforestación y otros cambios en el uso de la tierra corresponden a (1,3 ± 0,7) Pg C. Por otro lado, según el Ministerio del Ambiente (2012), la segunda fuente con mayores emisiones reportadas es

“Pérdidas (tala, leña e incendios en bosques primarios)”, con 18 700,49 Gg CO₂e (21,56 % del sector de Uso de suelos, cambio de uso de suelos y silvicultura – USCUS). Es por ello, que la tala selectiva y no controlada genera que los bosques liberen CO₂ a la atmósfera, en lugar de captarlo y con ello agravando el problema del calentamiento global.

Ante esta problemática, desde el 16 de febrero de 2005 que entró en vigencia el Protocolo de Kioto, se introdujo tres mecanismos internacionales que son la Transacción de Emisiones (TE), la Implementación Conjunta (IC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Los MDL son proyectos en los cuales los países industrializados pueden financiar proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo y recibir créditos por ello (Certified Emission Reduction, CERs) para alcanzar los objetivos de reducción y limitación de emisiones (Programa REDD/CCAD-GIZ, 2014). Además, se ha planteado la posibilidad de incluir los proyectos de cambio de uso del suelo y manejo forestal (LUCF) como una opción para mitigar las emisiones de GEI, a través de la absorción de CO₂; entre los proyectos forestales se incluyen (1) Proyectos de Conservación de Carbono, (2) Proyectos de Captura de Carbono y (3) Proyectos de Sustitución de Carbono (Gayoso y Schlegel , 2001).

El Perú es uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático y presenta siete de las nueve características de vulnerabilidad reconocidas por la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Estimaciones señalan que, de no implementar medidas adecuadas para la mitigación y adaptación al cambio climático (CC), las pérdidas económicas, sociales y ambientales superarían el 20 % del PBI potencial al año 2050. (Rosell, 2009). Ante esta problemática, el estado peruano en el año 2018, elabora la Ley Marco sobre Cambio Climático N° 30754; la cual, en su artículo 16, respecto a las medidas de mitigación señala que el estado diseña e implementa

programas orientados a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, captura de carbono y el incremento de sumideros; de manera que se priorice la protección, conservación y manejo sostenible de los bosques (Ley Marco sobre Cambio Climático N° 30754, 2018). Esto concede a los bosques un rol muy importante en el secuestro de carbono, disminuyendo los efectos del cambio climático.

Existen diversas investigaciones previas a la presente, que abordan el tema de estimación del stock de carbono almacenado por especies forestales, la mayoría de ellas motivadas por la gran importancia que representan los bosques como sumideros de CO₂. Por lo general, estas investigaciones tratan sobre la determinación de las cantidades de carbono que un bosque puede captar y/o liberar a la atmósfera. De la misma manera, que puede ser conservado y/o fijado de acuerdo a la fisiología vegetal de cada especie. Dichas investigaciones se centran en conocer, en términos aproximados, las cantidades de carbono almacenado en la biomasa aérea o en el fuste de determinados tipos de bosques y/o especies forestales específicas. Para el desarrollo de estos estudios, se adquieren variables de campo tales como el diámetro a la altura del pecho, altura total, factor de forma de la especie y densidad de la madera. Partiendo de una muestra representativa y las variables antes mencionadas, se puede estimar con gran precisión la cantidad de carbono almacenado mediante ecuaciones alométricas y modelos matemáticos ya establecidos por autores e instituciones experimentados en este rubro.

La primera investigación enfocada en la estimación de carbono en nuestro país, fue realizada por el Ministerio del Ambiente en el año 2014, denominada “Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques del Perú”, esta investigación se desarrolló escala nacional y fue desarrollada a partir de datos en campo e información local y oficial. Se fundamentó en la necesidad de contar con información más ajustada con la

realidad nacional que pueda ser insumo para REDD+ (Reducción Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación de los bosques) y los Inventarios Nacionales de GEI (Gases de Efecto Invernadero). Para ello, identificó ecozonas y mediante el software ArcGIS v.10.1 hizo un procesamiento espacial para observar la distribución de las parcelas. Posteriormente, se procesaron los datos con la Herramienta de Cálculo de Parcelas y la Herramienta de Cálculo de Carbono, ambas en formato Excel desarrolladas por Carbon Decisions International. El resultado total de carbono estimado fue de 835,32 t C/ha en las diferentes ecozonas identificadas.

Gamarra (2001) investigó la cantidad de carbono almacenado y capturado en un bosque de *Eucalytus globulus* Labill de la comunidad campesina de Hualhuas en Junín, Perú. Para ello, realizó un inventario de diámetros y alturas de árboles en parcelas de medición, con medidas adicionales de maleza, hojarasca y suelo. Para obtener los valores de biomasa se utilizaron ecuaciones de biomasa generales (no específicas para el país). Tomando en cuenta el área de las parcelas establecidas en el inventario se pudo obtener valores de carbono por hectárea. El total de carbono estimado para dicho bosque fue de 137 t C/ha con un rango de variabilidad de ± 15 t C/ha.

En un estudio realizado en el departamento de San Martín centro poblado de Alianza – Loreto, se determinó el potencial de captura de carbono en cinco especies forestales de dos años y 8 meses de edad, Cedro Nativo, Caoba, Bolaina, Teca y Capirona. La metodología utilizada consistió en tomar 5 parcelas con las especies en mención, de 4x25m como recomienda el Centro de Investigación en Agroforestería (ICRAF). Se consideró la parte más homogénea, registrándose como unidades muestrales 20 plantas por tratamiento y 2 repeticiones; se tomaron medidas de diámetro a la altura del pecho (DAP) y biomasa.

Los resultados obtenidos fueron: Bolaina 2.42 t C/ha, Tecna 2.14 t C/ha, Cedro Nativo 1.03 t C/ha, Capirona 0.91 t C/ha y Caoba 0.68 t C/ha (Quitoran, 2010).

El Perú, con algo más de 72 millones de hectáreas de bosques de gran biodiversidad, es el segundo país en extensión forestal en América Latina, el cuarto con mayor área de bosques tropicales y está entre los 10 países del planeta con mayor extensión de masas arboladas (FAO, 2016).

Muchos de nuestros bosques ya se encuentran en áreas de conservación, pues se está por cubrir un 20 % de nuestro territorio; sin embargo, existen aún muchos problemas en su gestión. Es por ello que, se debe centrar los esfuerzos en conservarlos y sobre todo en asegurar su calidad. Es poca la información sobre parámetros importantes como la biodiversidad, la distribución de especies, la calidad de madera y la absorción de carbono que se tiene de los bosques (Borkowski, 2017).

En la zona norte de Cajamarca se encuentra el bosque de Podocarpus más importante del Perú. También conocido como bosque montano o de neblinas, está conformado por las únicas especies de coníferas en el Perú. Este bosque está distribuido entre los 1800 y 3000 m.s.n.m., en la selva alta. La fisonomía de la vegetación es extraordinaria, ya que el predominio de las podocarpáceas se da en un terreno rocoso de topografía accidentada y buen drenaje. Sin embargo, el futuro de estos bosques es incierto, pues siguen soportando la fuerte presión de la agricultura migratoria y la extracción clandestina. En el bosque primario, *Nageia rospigliosii* Pilg. de Laub., es la especie más importante, ya que posee la mayor cantidad de individuos y área basal; mientras que en el bosque intervenido *Cestrum* sp., *Prumnopitys harmsiana*, *Cecropia* sp., *Hieronyma* sp. y *Ficus* sp., son más abundantes y de mayor área basal. En ambos bosques existen especies endémicas y en peligro de extinción como *Nageia rospigliosii* (Pilg.) de Laub., y *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de

Laub. que justifican su protección y conservación (Cruz, Durt, Llerena, Marcelo, Martínez y Ocaña, 2010).

Dentro de estos bosques, se encuentra el Área de Conservación Municipal Bosque de Huamantanga, que no es ajeno a esta problemática. A pesar de estar conservado, existe deficiencias en la conservación de los recursos forestales, debido a su extracción ilegal. Según Suclupe (2007), las especies romerillo blanco y rojo, cedro, roble, cascarilla y saucecillo, son mayormente extraíbles en los sectores Nuevo Jerusalén, Rinconada Lajeña y La Virginia, y que de seguir así condenan al bosque a una pronta desaparición; esto, a pesar de estar ya conservadas (Cruz et al., 2010). A nivel internacional, según Gardner y Thomas (2013), *Retrophyllum rospigliosii* se encuentra en la categoría “Vulnerable (VU)” y *Prumnopitys harmsiana* “Casi amenazado (NT)”. Asimismo, cabe resaltar que, a nivel nacional, *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana*, según el D.S 043-2006-AG, se encuentran en las categorías Casi Amenazado – NT y Peligro Crítico - CR, respectivamente.

Uno de los grandes problemas de los recursos forestales es que están sometidos a una constante presión y depredación como consecuencia de malas prácticas agropecuarias y de la venta ilegal de madera. Estas formas no sostenibles de aprovechamiento son realizadas por campesinos que, urgidos por la pobreza, arremeten contra los bosques en búsqueda de nuevas áreas de cultivo o comerciantes que hacen caso omiso a las leyes que prohíben el tráfico de madera (Soluciones Prácticas, 2009). No obstante, los bosques también producen servicios ambientales como el mantenimiento de las fuentes de agua, diversidad biológica, regulación del clima, captura de carbono (Infobosques, 2016). Los servicios ecosistémicos como el almacenamiento del carbono, son elementos inherentes a los títulos sobre los recursos naturales forestales y, por lo tanto, el derecho para aprovechar

el bosque lleva aparejado el derecho para “usar” sus servicios ecosistémicos a través de un esquema de RSE (Retribución por Servicios Ecosistémicos) (Peña, 2014). Alrededor del 80 % del carbono almacenado en la superficie de la tierra se encuentra en los bosques tropicales (Yepes et al., 2011).

Bajo los argumentos señalados, y la escasez de estudios en estimación de stock de carbono en las especies *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana* nace la necesidad de investigación en el Bosque de Huamantanga, estableciendo 18 parcelas aleatorias de 0,5 ha y determinando el stock de carbono. Con ello se pretende que los resultados sirvan para darle un mejor aprovechamiento sostenible a este recurso forestal mediante la implementación de mercado de bonos de carbono y otros proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), así como se fortalezca el sistema de conservación del Bosque de Huamantanga.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la estimación de stock de carbono capturado por las especies: *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana*, en el Bosque de Huamantanga, Jaén – 2018?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuánto es el stock de carbono capturado en el fuste, copa y raíz de la especie *Retrophyllum rospigliosii*, en el Bosque de Huamantanga, Jaén - 2018?
- ¿Cuánto es el stock de carbono capturado en el fuste, copa y raíz de la especie *Prumnopitys harmsiana*, en el Bosque de Huamantanga, Jaén - 2018?

- ¿Existe diferencia entre el stock de carbono capturado por las especies *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana*, en el Bosque de Huamantanga, Jaén - 2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Estimar y comparar el stock de carbono capturado por las especies *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana*, en el Bosque de Huamantanga, Jaén – 2018.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el stock de carbono capturado en el fuste, copa y raíz de la especie *Retrophyllum rospigliosii*, en el Bosque de Huamantanga, Jaén – 2018.
- Determinar el stock de carbono capturado en el fuste, copa y raíz de la especie *Prumnopitys harmsiana*, en el Bosque de Huamantanga, Jaén – 2018.
- Comparar el stock de carbono capturado por las especies *Prumnopitys harmsiana* y *Retrophyllum rospigliosii*, en el Bosque de Huamantanga, Jaén – 2018

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El stock de carbono capturado por las especies *Prumnopitys harmsiana* y *Retrophyllum rospigliosii*, es diferente en las distintas clasificaciones de DAP.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La mayor cantidad de stock de carbono capturado por la especie *Retrophyllum rospigliosii*, es en el fuste y la captura se incrementa a mayor DAP.

- La mayor cantidad de stock de carbono capturado por la especie *Prumnopitys harmsiana*, es en el fuste y la captura se incrementa a mayor DAP.
- Existe diferencia significativa en la captura de contenido de carbono entre la especie *Prumnopitys harmsiana* y *Retrophyllum rospigliosii*.

1.5. Área de estudio

1.5.1. Ubicación geográfica

El Bosque de Huamantanga se encuentra ubicada entre las coordenadas: Zona: 17M Datum: WGS-84, Este 731 160, Norte 9 365 934 y Este 728 224, Norte 9 377 650. Asimismo, abarca una superficie de 3 840,72 ha, extendiéndose entre los límites de los distritos de Jaén, Huabal, Chontalí y Colasay. Limita al norte con el distrito de Huabal, por el este con el distrito de Jaén, por el sur con el distrito de Colasay y por el Oeste con el distrito de Chontalí (Municipalidad Provincial de Jaén, 2013). Por otro lado, este escenario natural está distribuido entre los sectores La Virginia, San José de la Alianza, Nuevo Jerusalén, Rinconada Lajeña y San Luis del Nuevo Retiro. Por último, está a una altura que oscila entre 1900 y 3200 m.s.n.m., en un ramal interno de la cordillera occidental de los Andes (Suclupe, 2007).

1.5.2. Características edafoclimáticas de la zona de estudio

a. Pisos altitudinales

Existen dos pisos altitudinales en el Bosque de Huamantanga: Yunga Fluvial con un rango de 1000 – 2300 m.s.n.m. y una superficie de 1 349,82 ha y el piso Quechua con un rango de 2300 – 3500 m.s.n.m. con una superficie de 2 265,11 ha (Gobierno Regional de Cajamarca, 2012).

b. Clima

Esta área cuenta con dos tipos de clima, el primero B(i) B'2 H3 se caracteriza por ser lluvioso, templado y húmedo con deficiencia de lluvias en invierno, con una superficie de 594,08 ha y el segundo C(o,i,p)A'H3 se caracteriza por ser semiseco, cálido y húmedo; deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con una superficie de 3 020,86 ha (Gobierno Regional de Cajamarca, 2012).

c. Cobertura Vegetal

El área boscosa, según el mapa nacional de cobertura vegetal del Ministerio del Ambiente (2015), comprende dos tipos de cobertura vegetal:

- Bosque de montaña basimontano (Bm-ba): Ocupa la porción inferior de la Yunga, desde aproximadamente los 800 m.s.n.m. (pie de monte) hasta los 2 000 m.s.n.m. Este bosque ocupa laderas cubiertas de material coluvial, con pendiente desde 25 % hasta más de 50 %. En determinadas zonas de este bosque y sobre los 1500 m.s.n.m., se desarrolla el llamado “bosque de neblina” o “bosque nublado”, caracterizada por la presencia de una cubierta casi permanente de nubes, que provoca una frecuente garúa o llovizna. En el Bosque de Huamantanga ocupa una superficie de 30,40 ha.
- Bosque de montaña montano (Bm-mo): Comprende la Yunga, se extiende a continuación del bosque de montaña basimontano, es decir, aproximadamente entre 2 000 y 3 000 m.s.n.m. La presencia de epífitas, principalmente de las familias Bromeliaceae y Orchidaceae, se hace notable sobre el tronco y copa de los árboles. En este bosque también se hace presente el llamado “bosque de neblina” o “bosque nublado”, ubicado

aproximadamente entre los 2000 m y 2500 - 2800 m de altitud, caracterizado por la presencia de una cubierta casi permanente de nubes, que provoca una frecuente garúa o llovizna. En el Bosque de Huamantanga ocupa una superficie de 3 201,79 ha.

El resto del área pertenece a Área de no bosque amazónico (ANO-BA) que es una unidad antrópica de cobertura vegetal y que comprende las áreas que fueron desboscadas y hoy convertidas en áreas agropecuarias, es decir, actualmente con cultivos agrícolas y pastos cultivados.

d. Evaporación

Esta área está constituida por dos rangos de evaporación, la primera que va desde una evaporación mínima de 0 mm y una evaporación máxima de 500 mm, y que además abarca una superficie de 3 444 ha y la segunda con un rango de evaporación mínima y máxima de 500 – 1 000 mm, y con un área de 170,51 ha (Gobierno Regional de Cajamarca, 2012).

e. Suelos

Según la Zonificación Ecológica y Económica del Gobierno Regional de Cajamarca del 2012, se presenta la siguiente clasificación:

El suelo tiene diferentes clasificaciones, las de mayor superficie son Andosol (T) y Cambisol – Leptosol (B-L); sin embargo, cuenta con otros tipos de suelo, en menor porcentaje, como Leptosol – Regosol (L-R), Cambisol – Regosol (B-R) y Andosol – Regosol (T-R) y Cambisol (B).

Andosol (T), representa aproximadamente el 45 % del Bosque de Huamantanga, distribuido en un área de 1635,77 ha, su origen montañas

extrusivas formadas sobre una secuencia gruesa de derrames y piroclásticos andesíticos. Un nivel de fertilidad media, un pH moderadamente ácido y ligeramente pedregoso con horizontes AB, AC.

Cambisol - Leptosol (B - L), representa aproximadamente el 48,7 % del bosque, con una superficie de 1 760,93 ha, de origen montañas intrusivas formadas sobre plagioclasas, cuarzo, ortoclasa y biotita en placas distribuidas irregularmente. Un nivel de fertilidad media, un pH moderadamente ácido y ligeramente pedregoso con horizonte AB.

f. Pendientes

Existen 4 tipos de pendientes: baja ($0^\circ - 10^\circ$) con una superficie de 298,77 ha, media ($10^\circ - 20^\circ$) con una superficie de 1 117,23 ha, alta ($20^\circ - 30^\circ$) con una superficie de 1 652,12 ha, y muy alta ($30^\circ - 50^\circ$) con una superficie de 514,59 ha (Gobierno Regional de Cajamarca, 2012).

g. Hidrografía

Este bosque tiene la capacidad de capturar el vapor de agua atmosférico a través de los musgos colgantes que cubren los árboles y conducirla en forma de agua hacia manantiales y quebradas como La Rinconada, San José de la Alianza, La Cascarilla y El Coto. Estos dan origen al río Amojú, con un caudal promedio de $2 \text{ m}^3/\text{s}$, que tiene un recorrido de 30 km hasta desembocar en el río Marañón, en el distrito de Bellavista (Gobierno Regional de Cajamarca, 2012).

h. Radiación

El componente de la radiación solar para el proceso de fotosíntesis se encuentra entre los 400 y 700 nm y se le denomina radiación fotosintética activa (PAR), por sus siglas en inglés (photoynthetically active radiation). El PAR es

aproximadamente el 50 % de la radiación global incidente en el suelo. La eficiencia de la asimilación del PAR depende de las características ópticas de las hojas, la inclinación del sol, la nubosidad en el lugar y la capacidad de absorción (Cortés, 1994). Para el Bosque de Huamantanga el valor promedio anual de radiación solar global, para el año 2017, es de 1 496 kWh/m^2 , la radiación difusa horizontal 914 kWh/m^2 y la radiación directa 844 kWh/m^2 , según el software SOLARGIS (2018).

i. Características botánicas de las especies en estudio

La familia Podocarpaceae es una de las coníferas más diversas. Presenta 18 géneros y cerca de 173 especies. Se distribuye en tres áreas geográficas del mundo: la primera es Japón (zona sur); la segunda en el sur de África y Madagascar y la tercera en centro y Sudamérica. En este último es donde se presenta menos dispersión con cinco géneros: Podocarpus con 27 especies, Prumnopitys con 5 especies, Retrophyllum con 2 especies y Lepidothamnus con una especie y Saxegothea con una especie (Cueva, Vélez, Barrios y Nieto, 2013).

Según Gardner y Thomas (2013) estas dos especies presentan la siguiente clasificación taxonómica.

Reino : Plantae
Filo : Tracheophyta
Clase : Pinopsida
Orden : Pinales
Familia : Podocarpaceae

- **Especie *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page.**

Sinónimos: *Podocarpus rospigliosii* Pilger 1923; *Decussocarpus rospigliosii* (Pilger) de Laubenfels 1969 y *Nageia rospigliosii* (Pilger) de Laubenfels 1987 (Pino romerón, 2013).

Nombres vernáculos: En la investigación Cueva et al., (2013), se menciona los siguientes nombres en Bolivia: ulcumano o pino de monte (Zenteno-Ruiz). Perú: romerillo macho (Zeballos, 1988). IUCN: pino hayuelo, pino romero, diablo fuerte, pino real, pino de monte, romerillo fino, romerillo rojo, saucecillo (Gardner y Thomas, 2013).

Distribución geográfica: Reynel, Pennington, Marcelo y Darza (2006) sostiene que el *Retrophyllum rospigliosii* es una especie presente en el bosque maduro y se distribuye en la ecorregión de Ceja de Selva, en bosques montanos nublados o húmedos, entre 1500 - 4000 m.s.n.m.; se le reporta en los departamentos de Cajamarca, Pasco y Junín.

Amaya (como se citó en Chumbimune Vivanco, 2017) señala que el área de distribución natural de las podocarpáceas es bastante extensa y crece en los bosques húmedos de los Andes, en una faja longitudinal comprendido entre 1700 y 2600 m.s.n.m., con temperaturas anuales de 10° C a 13° C y una precipitación de 2 000 mm al año. Por otro lado, según la investigación en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe, describen que esta es una especie de bosque maduro que habita en la Ceja de Selva, en bosques montanos nublados o húmedos, de 2000 a 3500 m.s.n.m. (World Wildlife Fund, 2010).

Características: Es un árbol perennifolio que puede alcanzar 45 m de altura y 1 a 2 metros de diámetro. Posee un tronco liso, recto y cilíndrico, sin ramificaciones ni nudo; presenta una copa aparasolada bien ramificada y extendida, con follaje verde lustroso (Cueva et al., 2013). Su corteza externa es lisa en árboles jóvenes, ásperos con ritidoma quebradizo en la etapa de adulto desprendiéndose en placas largas, de color castaño (Quispe y Tello, 2001).

Hojas: Simples sub-opuestas, dispuestas en dos series en uno o dos planos, de consistencia coriácea. Las hojas de ramas inferiores son sublineal, lanceoladas (10 – 12 mm de largo; 3 – 4 mm de ancho). Mientras que, las hojas de ramas superiores son lineales lanceoladas (7 – 10 mm de largo) (Quispe y Tello, 2001). Sus hojas aplanadas y anchas les otorga mayor eficiencia en la captación de la luz y también puede desarrollarse en condiciones de sombra ya que pueden crecer eficientemente en condiciones de poca luz. Una característica que representa una ventaja evolutiva es que las láminas foliares sufren torsión, fenómeno conocido como resupinación que expone el envés ontogénico a la luz y el haz a la sombra; esto le permite un uso eficiente del agua, debido a que la transpiración disminuye en el haz ontogénico por su menor exposición a la radiación solar y el viento (Cueva et al., 2013).

Flores: Es una especie Dioica por lo que se encuentra árboles individuales con flores masculinas y árboles individuales con flores femeninas, sin embargo, bajo ciertas circunstancias y en especial ante la ausencia de individuos cercanos para su polinización la especie puede pasar a ser Dioica facultativa, (Cueva, 2016), vale decir que puede desarrollar en el mismo árbol flores masculinas en mayor cantidad y femeninas en menos cantidad como una respuesta de

supervivencia. El inicio de floración masculina es desde los 6 años y la floración femenina desde los 8 años. (Cueva y Trujillo, 2016).

Tiene flores masculinas y femeninas, las primeras se encuentran agrupadas en el ápice de las ramitas, la base está rodeada por escamas. Las segundas, son solitarias ubicadas en las ramitas cortas que salen de las axilas de las hojas, miden de 10 – 15 mm de largo. (Cueva et al., 2013).

Fruto: El fruto es de 25 a 30 mm de longitud y de 12 a 20 mm de ancho, carnoso por fuera y dura por dentro, con un espesor de 10 mm, de color variable, de azul oscuro a rojo oscuro cuando está maduro y amarillo verdoso en estado inmaduro. La semilla es ovoide de 20 a 30 mm de longitud y de 12 a 18 mm de ancho, con base obtusa, micrópilo agudo y cresta. La producción de semillas es cercana a 200 frutos y 230 semillas/kg. También son utilizados en conservación de suelos, control de erosión y protección de márgenes hídricas (Cueva et al., 2013).

Raíz: El sistema radicular es moderado, con raíces gruesas y presencia de pelos radicales; los diámetros de las raíces sugieren una alta dependencia micorrízica. Se caracterizan por la presencia de abundantes nódulos, protuberancias esféricas espaciadas en múltiples filas a lo largo de las raíces finas; no obstante, los niveles de fijación de nitrógeno son muy bajos. Parece ser que estos nódulos aumentan el volumen de la raíz para mejorar la interacción simbiótica con hongos micorrízicos, maximizando la eficiencia en la adquisición de nutrientes minerales (Dick y Holdaway, 2011, en Cueva et al., 2013).

Requerimientos edafoclimáticos: Cueva et al., (2013), señalan que, *Retrophyllum rospigliosii* crece en suelos fértiles a pobres, de profundidad media a alta, arcillosos o arcillosos-arenoso, con buen drenaje, con pH de 4 a 5 y alta humedad edáfica (Veillon, 1962; Mozo, 1972; Coomes y Bellingham, 2011). Así mismo, se desarrolla mejor en terrenos con pendientes suaves, vegas de ríos, mesetas y depresiones pequeñas con humedad constante y nubosidad. Crece en áreas con temperaturas medias anuales que oscilan entre 10°C a 19°C, con una precipitación media anual de 2000 mm y una humedad relativa alta; esta especie es típica de bosque muy húmedo montano bajo (Mozo, 1792).

Regeneración natural: Pertenece al grupo ecológico de las heliófitas durables de crecimiento regular, presenta alta regeneración natural de brinzales y latizales, se encuentra hasta 26 individuos/ha, y representa el 38,5 % del peso ecológico de un bosque, esto según Tello (2003), citado por Quispe y Tello (2001).

Usos: Aróstegui y Sato (1970), mencionan que la madera de esta especie es muy apreciada para construcciones, carpintería en general, mueblería, entre otros. Además, la madera es utilizada para pulpa y papel, muebles, revestimientos, chapas decorativas, ebanistería y construcción (JUNAC, 1981). Su madera es de color marrón amarillento, tiene un buen acabado, por ello es utilizado en construcciones estructurales, obras de carpintería, entre otras. Es fácil de aserrar y labrar con herramientas de carpintería; se puede realizar sin dificultad labores de torneado, taladrado, lijado, cepillado y machihembrado, además es fácil de clavar, con buena retención de clavos y tornillos. Las vetas de esta madera presentan diferentes figuras tanto en cortes radiales como

tangenciales, lo que permite usos decorativos en torneado y tallado. Con respecto al uso medicinal, es una especie que presenta metabolitos secundarios de interés industrial y farmacológico extraídos de la corteza y semillas, de los cuales se han aislado sustancias fotoquímicas como diterpenos fenólicos. Por otra parte, los frutos contienen un aceite esencial con propiedades antibacterianas y compuestos como el limoneno y el pineno presentan la mayor eficacia antibacterial (Cueva et al., 2013).

- *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de Laub.

Según Quispe y Tello (2001), esta especie presenta las siguientes características botánicas.

Nombres vernáculos: Romerillo hembra (Jaén, San Ignacio), diablo fuerte (Pasco)

Distribución: Entre los 1000 y 3275 m.s.n.m., en los departamentos de Cajamarca, Piura, San Martín, Pasco, Ayacucho, Apurímac, Cusco y Junín (Zevallos, 1998). Por otro lado, World Wildlife Fund (2010), indica una distribución de 1500 a 3500 m.s.n.m.

Características: Fuste cónico, que alcanza entre 30 - 40 m de altura total y 60 – 120 cm de DAP, tiene copa globosa e irregular. Su corteza externa está formada por ritidoma que se desprenden en placas irregulares, de consistencia leñosa y color ladrillo a cenizo.

Hojas: Son simples de consistencia coriácea, sub - opuestas, enteras, ápice obtuso, base falcada, lineal lanceolada, semi - sésil con nervio central

conspicuo, verde oscuro brillante en el haz, su tamaño varía de 2 – 5 mm de ancho y 8 – 12 mm de largo.

Flores: Son masculinas en amentos pequeños de 8 -10 mm de largo y 2 - 5 mm de ancho, se desarrollan en axilas de las hojas, están dispuestas en ramas cortas de 3 - 5 mm de longitud.

Fruto: Drupáceo y redondo de 4 - 8 mm de diámetro, un apículo conspicuo y obtuso, cada fruto contiene una semilla de color naranja a oscuro.

Regeneración natural: Pertenece al grupo ecológico de las esciófitas, se establece y desarrolla bajo dosel y representan el 46 % del peso ecológico de un bosque.

Usos: Su madera tiene alto valor comercial, por lo que, es utilizado en obras estructurales, obras de carpintería, entre otros.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación corresponde a cuantitativo, no experimental con alcance descriptivo comparativo.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

La población tomada para esta investigación es todo el Bosque de Huamantanga con una superficie total de 3 840,72 ha, donde se encuentran distribuidas las especies *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana*.

2.2.2. Muestra

El criterio tomado para determinar el área necesaria de muestreo fue la fórmula recomendada por el Ministerio del Ambiente (2015), en la que señala que esta ecuación es una versión modificada de la ecuación propuesta en los “Lineamientos para el Plan General de Manejo Forestal” para concesiones forestales con fines maderables, aprobado por Resolución Jefatural N°109-2003-INRENA.

Ecuación 1. Tamaño de muestra

$$N = a + b(S)$$

Donde:

N : Superficie total de la muestra (ha)

S : Superficie total a evaluar del área del proyecto (ha)

a : 5 / b : 0,001

Sabiendo que la superficie a evaluar del proyecto es de 3 840,72 ha, aplicando la fórmula el tamaño mínimo de la muestra sería 9 ha. De la misma manera, para el

tamaño de la unidad muestral de este tipo de formaciones vegetales, según el mapa nacional de cobertura vegetal es de 0,50 ha, para “Bosques de la Yunga (selva alta): piedemonte, basimontano y montano (Ministerio del Ambiente , 2015). Por lo que, serían 18 parcelas de 0,50 ha, distribuidas aleatoriamente en todo el Bosque de Huamantanga, las cuales se establecerán de acuerdo al diseño de la muestra.

a. Diseño de la muestra

El diseño muestral o unidades de muestreo está constituido por 18 parcelas de 0,5 ha, (250 x 20 m) cada una, de acuerdo a lo recomendado por el Ministerio del Ambiente (2015). En cuanto a la codificación, se realizará de la siguiente manera: Cada parcela tendrá una letra “P” seguido de un número arábigo. Asimismo, para el inventario de las especies se codificará la parcela más un guion (-) seguido de un número arábigo.

La selección y ubicación de parcelas en el Bosque de Huamantanga se realizó mediante muestreo aleatorio simple, es decir, cada parcela tuvo la misma probabilidad de ser seleccionada; para ello se utilizó el programa ArcGis, creando en un primer momento una grilla con medidas de acuerdo al diseño de cada parcela, luego se utilizó el comando Sampling Tools para obtener las 18 parcelas de muestreo, finalmente se realizó la georreferenciación de cada parcela.

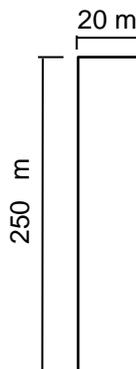


Figura 1. Diseño de la parcela de muestreo

2.2.3. Materiales

- Libreta de campo
- Mapa de ubicación del área
- Portablock
- Lapiceros
- Rafia
- Estacas o jalones
- Papel periódico
- Cinta adhesiva
- Binoculares
- Machetes
- Cámara fotográfica
- Equipo para lluvia (botas jebe, impermeable, etc.)
- Software Arc Gis 10.3

2.2.4. Instrumentos

- Ficha de registro para la determinación de la biomasa del fuste
- Vara graduada de 5m
- GPS Map 60csx
- Brújula Brunton
- Wincha 50m

2.2.5. Métodos

Se empleó el método analítico, ya que se determinará el stock de carbono capturado por las especies *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana*, mediante modelos matemáticos y ecuaciones alométricas de acuerdo a la bibliografía científica revisada y variables dasométricas recogidas en campo.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos, como primer paso, se realizó una línea de base con información primaria proporcionada por entidades públicas como el Gobierno Regional de Cajamarca y la Municipalidad Provincial de Jaén. Donde se establece la ubicación geográfica, las características edafoclimáticas de la zona y características botánicas de las especies en estudio. Asimismo, el registro de variables dasométricas mediante la recolección directa de información (medición de la altura del fuste y diámetro a la altura del pecho - DAP) utilizando la “Ficha de registro para la determinación de la biomasa del fuste” (tomada y modificada de la Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales, 2009).

a. Métodos para el registro de variables

- Altura del fuste

Esta variable se mide con instrumentos de medición como el hipsómetro Blume – Leiss, nivel de Abney y el clinómetro Suunto. Cuando no se cuenta con los aparatos antes mencionados, se puede utilizar para medir, una vara de 5 m de longitud y graduada cada metro para medir la primera porción del tallo, es decir, a partir del suelo, y las siguientes porciones pueden ser estimadas visualmente al proyectar la vara graduada, previa práctica (Ministerio del

Ambiente , 2015). Para este trabajo de investigación se utilizará la vara graduada, ya que para la medición con el clinómetro Suunto que es el más disponible económicamente, se tendría que distanciar dos veces la altura del individuo a medir y tomar una medición en la base y copa del árbol; esto resulta dificultoso de medir y aplicar ya que, las condiciones naturales del bosque como pendiente, densidad, presencia de epífitas y otras especies, no permiten visualizar con facilidad la copa de los árboles. De la misma manera, Rüginitz et al. (2009), indican que existen ecuaciones alométricas solo en función del DAP, ya que en bosques cerrados es complicado visualizar la copa de los árboles.

- **Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

Según la Guía de Inventario de Flora y Vegetación (2015) consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca toda la circunferencia circunscrita al hacer un corte horizontal en el troco. La medición del DAP permite estimar el volumen maderable y por ende la biomasa, así como el crecimiento periódico de los árboles. El diámetro a la altura del pecho (DAP), se medirá a 1,3 m del suelo. Cuando no se mide el DAP, sino el perímetro de la sección del tronco a 1,30 m del suelo, la medición puede ser realizada con cinta diamétrica usada para medir la circunferencia, proporcionando el resultado directamente en unidades de diámetro en centímetros y se aplicará la fórmula de la longitud de circunferencia (LC) para obtener el valor del diámetro (D).

Ecuación 2. Diámetro de fuste

$$D = \frac{LC}{3,1416}$$

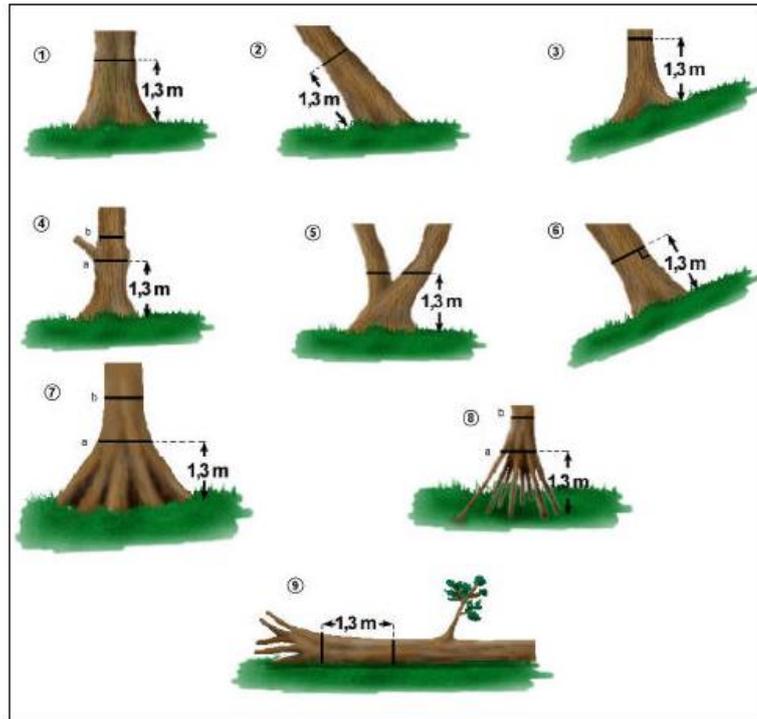


Figura 2. Medición correcta del diámetro.
 En las situaciones 4,7 y 8 la posición (b) es
 considerada correcta para medir el diámetro.
 Fuente: Schlegel et al.2001

b. Métodos para la estimación de parámetros

- Abundancia relativa

La abundancia relativa se refiere al número de individuos de cada especie (n) en relación a la cantidad total de individuos de todas las especies (N), expresado en porcentaje ($n / N \times 100$) (Ministerio del Ambiente , 2015).

Ecuación 3. Abundancia relativa

$$Abundancia\ Relativa = \frac{n}{N} \times 100$$

- Frecuencia relativa

Según Ministerio del Ambiente (2015), la frecuencia (F_i) de un atributo es la probabilidad de encontrarlo en una unidad muestral. Se expresa como

porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece (m_i) en relación con el número total de unidades muestrales (M):

Ecuación 4. Frecuencia

$$F_i = \left(\frac{m_i}{M}\right) \times 100$$

- **Distribución diamétrica**

Según Ministerio del Ambiente (2015), este parámetro permite conocer la estructura poblacional de las comunidades arbóreas del bosque a través del análisis de la distribución de las clases de diámetros de las especies inventariadas. Cada clase diamétrica constituye una medida del crecimiento o edad de los árboles. Se pueden determinar clases diamétricas de 10 cm para los bosques de la selva alta y selva baja, y de 5 cm para los bosques de la costa y sierra. Con esto se conoce la población de cada especie en sus diversas etapas de crecimiento y constituye una información valiosa para conocer si una especie de interés cuenta con una determinada población juvenil que asegure el futuro de la especie. Si tiene una población mayormente adulta, la especie podría desaparecer ante una intervención o aprovechamiento que implique la tala del árbol. Es una información muy importante que debe ser base para los planes de manejo forestal (Ministerio del Ambiente, 2010).

- **Área basal**

Según Ministerio del Ambiente (2015), el área basal (AB) es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del árbol, palmera y demás formas vegetales de porte arborescente, a determinada altura del suelo. Cuando se mide la longitud de la circunferencia (LC) en vez del DAP, se aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 5. Área basal

$$AB = 3,1416 \left(\frac{DAP}{2} \right)^2$$

- **Volumen maderable**

El volumen de la madera en pie se calcula mediante la aplicación de la fórmula:

Ecuación 6. Volumen maderable

$$V = AB \times A \times Fm$$

Donde:

V: Volumen del árbol en pie en m^3

AB: Área basal a la altura del pecho en m^2

A: Altura total del tallo (m)

Fm: Factor de forma.

- **Factor de forma**

Debido a que existen pocos estudios del factor de forma o factor mórfico para ciertas especies forestales. En general, para las especies arbóreas de los bosques húmedos tropicales que no tienen definido su factor de forma, se puede aplicar el valor de 0,70 (Malleux, 1982, en Ministerio del Ambiente, 2015).

- **Biomasa**

La biomasa arbórea es la cantidad de materia seca producida por las plantas, expresada en términos de peso y referida a una determinada superficie (t/ha) (Ministerio del Ambiente , 2015).

Ecuación 7. Biomasa aérea arbórea

$$P = D \times V$$

Donde:

P: Peso seco del material vivo en toneladas (t)

D: Densidad básica de la madera en (g/cm^3) o (t/m^3)

V: Volumen maderable del árbol en pie en m^3

En cuanto a la densidad de la madera, Aróstegui y Sato, 1970; Vásquez, 2010, indican y concuerdan que la densidad básica de la madera para la especie *Retrophyllum rospigliosii* es de $0,41 g/cm^3$ y para *Prumnopitys harmsiana* es de $0,53 g/cm^3$. Cabe resaltar que, para esta investigación se trabajará en unidades del Sistema Internacional (SI), kg/m^3 .

Por otro lado, según la Fundación Brasileña para el Desarrollo Sostenible FBDS (2002), citado por Ministerio del Ambiente (2010), indica que para obtener valores referenciales de la biomasa de la copa (ramas y hojas) de los árboles de los bosques tropicales, se puede asumir como un porcentaje promedio de la biomasa del fuste, equivalente a un 25 %, que incluye los árboles del nivel emergente, del nivel medio y del nivel inferior de los bosques naturales en general.

En cuanto a valores referenciales para la biomasa del sistema radicular de los bosques naturales, Cairns M.A., Brown S., Helmer E.H. y Baumgardner G.A. (1997) citado por Sechlegel, Gayoso y Guerra (2001) y la Guía de evaluación de la flora silvestre del Ministerio del Ambiente, afirman que este porcentaje puede ser fijado en 15 % sin precisar de qué tipo de ecosistema se trata.

c. Métodos para el cálculo del stock de carbono

Una vez realizada las mediciones en campo y calculada la biomasa aérea, se utilizará un factor de conversión para la estimación de carbono capturado por las especies en estudio y posteriormente el carbono capturado por hectárea. De acuerdo a Rüginitz et al. (2009), el factor de conversión es el siguiente:

Ecuación 8. Stock de Carbono

$$\Delta C_{BA} = (B_A \times CF)$$

ΔC_{BA} : Cantidad de carbono en la biomasa sobre el suelo (t C/ha)

B_A : Biomasa arbórea sobre el suelo (t MS/ha)

CF : Fracción de carbono (t C/t MS). El valor estándar del IPCC para $CF = 0,5$

MS: Materia seca

d. Métodos para el cálculo del stock de carbono equivalente ($CO_2 e$)

Una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de $CO_2 e$ (obtenido en razón de los pesos moleculares 44/12). Para saber la cantidad de $CO_2 e$ emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito se debe multiplicar esta por 3,67 (Rüginitz et al., 2009).

e. Métodos para la estimación del stock de carbono en todo el Bosque de Huamantanga

Para la estimación del stock de carbono en todo el bosque se ha tenido en cuenta:

- El promedio de carbono capturado en todas las parcelas de muestreo.
- El mapa de bosque no bosque 2017 del SERFOR.
- Distribución altitudinal de estas especies en estudio.

Con esta información se ha procedido a hacer un mapa y calcular el área de bosque que pertenece al hábitat de crecimiento natural de las especies en estudio, luego se ha multiplicado por el promedio de stock de carbono por hectárea para así estimar el stock de carbono en todo el Bosque de Huamantanga.

2.3.2. Técnicas e instrumentos de análisis de datos

El análisis es de tipo descriptivo y comparativo. El análisis de resultados se realizó determinando los promedios de stock de carbono para cada tipo de especie en estudio y en cada depósito de carbono (Fuste, Copa y Raíz), según clasificación diamétrica en tres intervalos de diámetro a la altura del pecho (DAP) los cuales son: {0,10 m; 0,50 m}, {0,50 m; 1,00 m} y {1,00 m; 1,50 m}. Por otro lado, se utilizó el método de análisis de varianza con dos factores (ANOVA) y el programa Minitab 18 para estimar el modelo y contrastar hipótesis.

2.4. Procedimiento

En primer lugar, se utilizó la cartografía para definir la zona de estudio en base a shapefiles proporcionados por instituciones públicas como Gobierno Regional de Cajamarca y Municipalidad Provincial de Jaén. Esto se hizo utilizando el programa Arcgis 10.3, tal como se indica en los apartados anteriores. Asimismo, se determinó la población y muestra a estudiar utilizando la Guía de Inventario de Flora y Vegetación, aprobada por el Ministerio del Ambiente del año 2015, en donde se especifican las fórmulas para el tamaño y diseño de parcelas de acuerdo al tipo de ecosistema.

En segundo lugar, se realizó la revisión bibliográfica para la elaboración de una línea base de la zona de estudio, la descripción de características botánicas, así como la metodología para la estimación del stock de carbono capturado por estas especies forestales. A partir de

esta información se elaboró la ficha de registro para la determinación de biomasa del fuste, aplicada en la recolección de datos de campo.

En tercer lugar, se procedió a la recolección de los datos en campo en cada una de las parcelas de muestreo, donde se hizo la medición de la altura del fuste y la longitud de circunferencia con vara graduada y cinta métrica, respectivamente.

Finalmente, los datos obtenidos en campo se procesaron en hoja de trabajo de Microsoft Excel y programa Minitab 18, con los que se obtuvieron los resultados, y posteriormente se plantearon las conclusiones de la presente investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Estimación de parámetros

El número total de árboles registrados en las 18 parcelas de 0,5 ha cada una fue de 103, de los cuales 70 pertenecen a la especie *Retrophyllum Rospigliosii* y 33 a *Prumnopitys harmsiana*. Por otro lado, en las parcelas P1, P5, P13, P15, P16, P17 y P18 no se encontraron las especies en estudio.

3.1.1. Abundancia relativa y frecuencia relativa

Tabla 1.
Densidad poblacional y frecuencia relativa

Espece	Abundancia relativa (%)	N° de ocurrencia	Frecuencia Relativa (%)
<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	68	10	56
<i>Prumnopitys harmsiana</i>	32	8	44

3.1.2. Distribución diamétrica

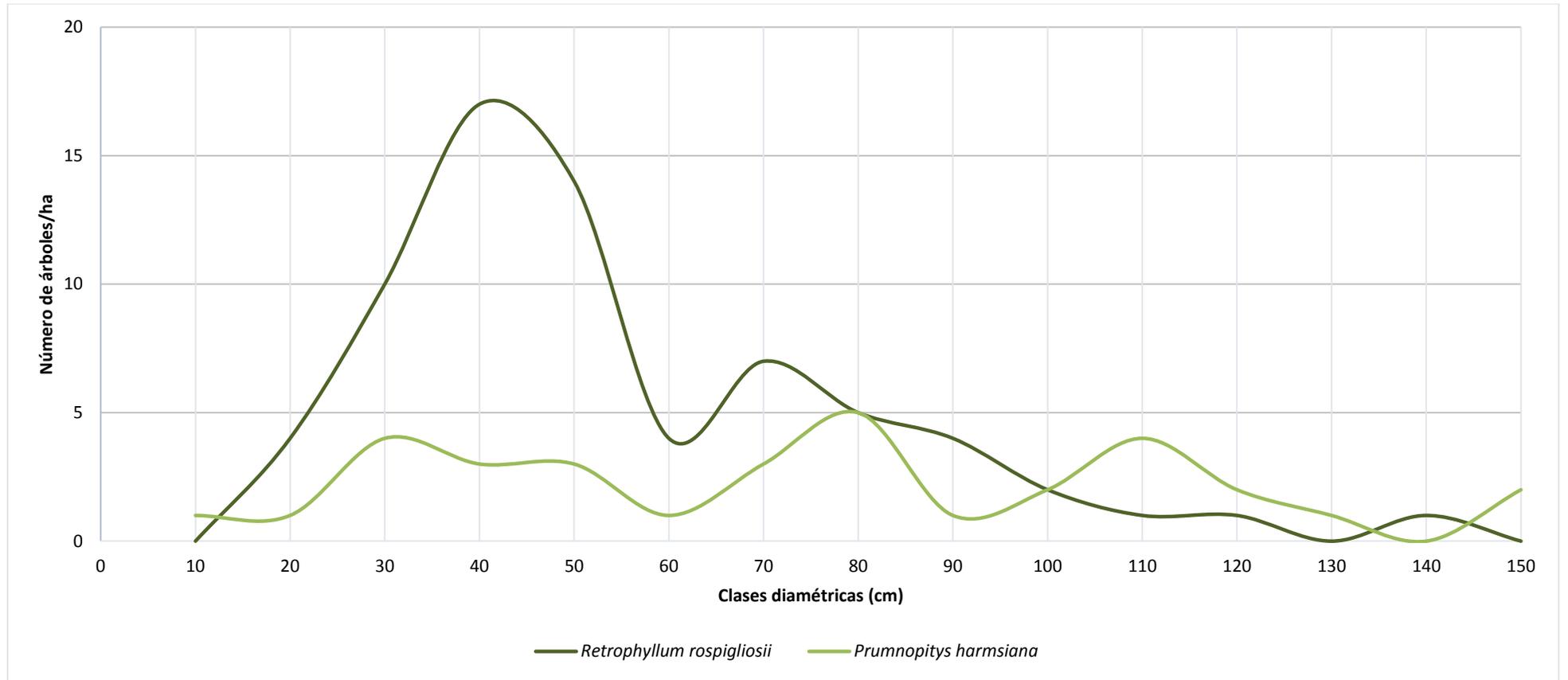


Figura 3. Gráfico de distribución diamétrica

3.1.3. Stock de Carbono por intervalos de DAP y especie

Tabla 2.

Stock de carbono de Retrophyllum rospigliosii en el intervalo de DAP de {0,10 m; 0,50 m}

Variable	Especie_bloque	Media	Desv.Est.	CoefVar
Stock de Carbono Fuste	Retrop{0,10 m; 0,50 m}	2,356	1,233	52,32
Stock de Carbono Copa	Retrop{0,10 m; 0,50 m}	0,595	0,3329	55,95
Stock de Carbono Raíz	Retrop{0,10 m; 0,50 m}	0,343	0,2027	59,18
Stock de Carbono Total	Retrop{0,10 m; 0,50 m}	3,294	1,741	52,84

Tabla 3.

Stock de carbono de Retrophyllum rospigliosii en el intervalo de DAP de {0,50 m; 1,00 m}

Variable	Especie_bloque	Media	Desv.Est.	CoefVar
Stock de Carbono Fuste	Retrop{0,50 m; 1,00 m}	5,272	1,458	27,65
Stock de Carbono Copa	Retrop{0,50 m; 1,00 m}	1,284	0,401	31,25
Stock de Carbono Raíz	Retrop{0,50 m; 1,00 m}	0,759	0,233	30,75
Stock de Carbono Total	Retrop{0,50 m; 1,00 m}	7,314	2,028	27,73

Tabla 4.

Stock de carbono en la especie Retrophyllum rospigliosii en el DAP de {1,00 m; 1,50 m}

Variable	Especie_bloque	Media	Desv.Est.	CoefVar
Stock de Carbono Fuste	Retrop{1,00 m; 1,50 m}	13,224	1,18	8,92
Stock de Carbono Copa	Retrop{1,00 m; 1,50 m}	2,769	0,316	11,41
Stock de Carbono Raíz	Retrop{1,00 m; 1,50 m}	1,661	0,19	11,41
Stock de Carbono Total	Retrop{1,00 m; 1,50 m}	17,654	0,675	3,82

Tabla 5.

Stock de carbono de Prumnopitys harmsiana en el intervalo de DAP de {0,10 m; 0,50 m}

Variable	Especie_bloque	Media	Desv.Est.	CoefVar
Stock de Carbono Fuste	Prumn{0,10 m; 0,50 m}	2,4900	1,131	45,42
Stock de Carbono Copa	Prumn{0,10 m; 0,50 m}	0,5809	0,284	48,92
Stock de Carbono Raíz	Prumn{0,10 m; 0,50 m}	0,3654	0,198	54,10
Stock de Carbono Total	Prumn{0,10 m; 0,50 m}	3,4360	1,597	46,46

Tabla 6.

Stock de carbono de Prumnopitys harmsiana en el intervalo de DAP de {0,50 m; 1,00 m}

Variable	Especie_bloque	Media	Desv.Est.	CoefVar
Stock de Carbono Fuste	Prumn{0,50 m; 1,00 m}	6,1620	1,3100	21,25
Stock de Carbono Copa	Prumn{0,50 m; 1,00 m}	1,5258	0,3430	22,48
Stock de Carbono Raíz	Prumn{0,50 m; 1,00 m}	0,9012	0,1934	21,46
Stock de Carbono Total	Prumn{0,50 m; 1,00 m}	8,5890	1,7460	20,33

Tabla 7.

Stock de carbono de Prumnopitys harmsiana en el intervalo de DAP de {1,00 m; 1,50 m}

Variable	Especie_bloque	Media	Desv.Est.	CoefVar
Stock de Carbono Fuste	Prumn{1,00 m; 1,50 m}	13,905	0,975	7,01
Stock de Carbono Copa	Prumn{1,00 m; 1,50 m}	2,808	0,572	20,36
Stock de Carbono Raíz	Prumn{1,00 m; 1,50 m}	1,707	0,354	20,72
Stock de Carbono Total	Prumn{1,00 m; 1,50 m}	18,421	1,268	6,89

3.1.5. Contraste de hipótesis

Mediante el análisis de varianza con dos factores (ANOVA) y modelo lineal general, se realizó el contraste de hipótesis para evaluar el efecto individual de captura de carbono de cada especie, así como la diferencia de captura en los depósitos de fuste, copa, raíz y la captura en los tres intervalos de DAP y la interacción entre estos factores.

Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

Se ha trabajado con un 95 % de confianza y una tolerancia de 5 % de error. El Valor P es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula. Las

probabilidades más bajas proporcionan una evidencia más fuerte en contra de la hipótesis nula. Un Valor F suficientemente grande indica significancia estadística, es decir, si:

Valor $P < 0,05$: sí existe diferencia estadística significativa.

Valor $P > 0,05$: no existe diferencia estadística significativa, tenemos mayor error.

Hipótesis específica: La mayor cantidad de stock de carbono capturado por la especie *Retrophyllum rospigliosii*, es en el fuste y la captura se incrementa a mayor DAP.

H_{01} : La cantidad de carbono capturado por el sector *Retrophyllum rospigliosii* en el fuste, copa y raíz es la misma.

H_1 : La cantidad de carbono capturado por sector *Retrophyllum rospigliosii* en el fuste, copa y raíz no es la misma.

H_{02} : La cantidad de carbono es la misma cuando se incrementa DAP.

H_2 : La captura de carbono se incrementa a medida que sube el DAP.

Tabla 8.

*Análisis de varianza para respuesta transformada de la especie *Retrophyllum rospigliosii**

Fuente	GL *	SC Ajust. **	MC Ajust. ***	Valor F ****	Valor P *****
Sector	2	430,8	215,417	139,98	0,000
Especie bloque	2	242,4	121,183	78,75	0,000
Falta de ajuste	4	189,7	47,426	75,80	0,000
Error puro	201	125,8	0,626		
Total	209	988,7			

Nota: *Grados de libertad; **Suma de cuadrados ajustado; ***Cuadrado medio ajustado; **** Estadístico de prueba; ***** Es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula.

S= 1,24051

R-cuadr= 68,09 %

La tabla de análisis de varianza permite rechazar H_{01} con $P= 0,000$; por lo tanto, se acepta la H_1 , afirmando que la cantidad de carbono capturado en el fuste, copa y raíz no es la misma.

Así mismo, se rechazar H_{02} con $P= 0,000$; es decir la captura de carbono se incrementa a medida que aumenta el DAP.

El modelo lineal general con dos factores (especies) y DAP explica el contenido de carbono en un 68,09 % y una desviación estándar de 1,24051.

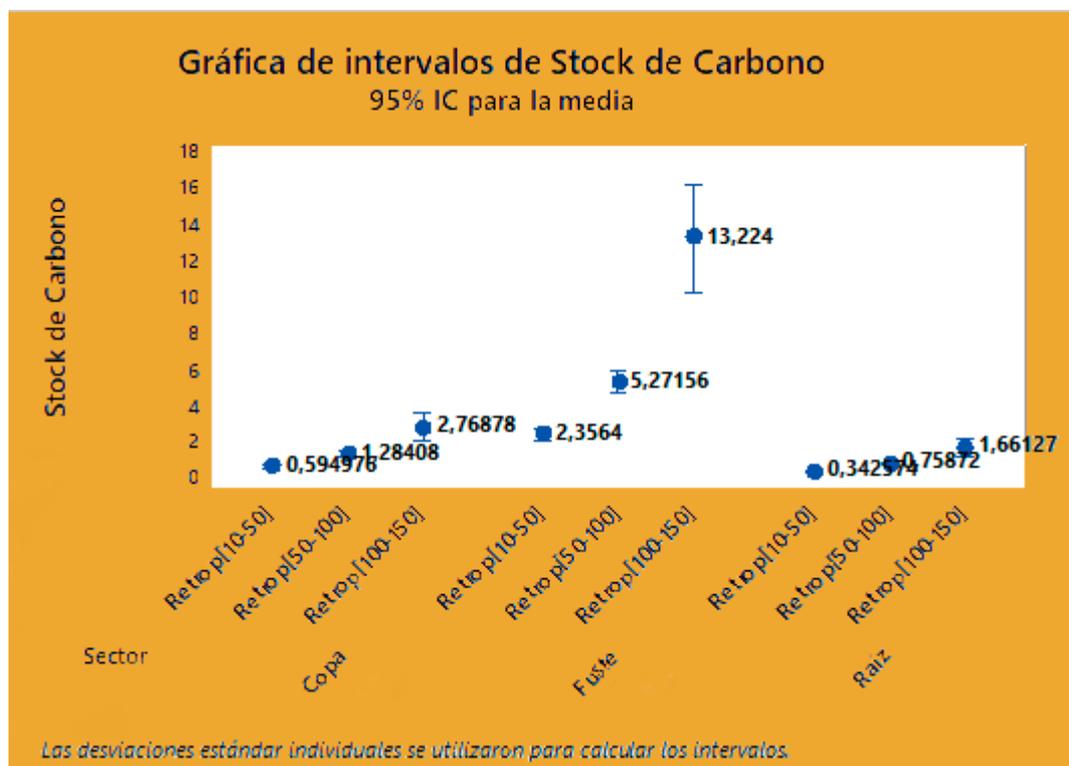


Figura 4. Gráfica de intervalos de stock de carbono para la especie *Retrophyllum rospigliosii*

La gráfica de intervalos de stock de carbono indica que en fuste se almacena la mayor cantidad de carbono y a medida que se incrementa el DAP sube el almacenamiento de carbono, la combinación más alta es Fuste con DAP de {1,00 m; 1,50 m}, con un promedio de 13,224 t C para la especie *Retrophyllum rospigliosii*.

Hipótesis específica: La mayor cantidad de stock de carbono capturado por la especie *Prumnopitys harmsiana*, es en el fuste y la captura se incrementa a mayor DAP.

H_{01} : La cantidad de carbono capturado por la especie *Prumnopitys harmsiana*, en el fuste, copa y raíz es la misma.

H_1 : La cantidad de carbono capturado por la especie *Prumnopitys harmsiana*, en el fuste, copa y raíz no es la misma.

H_{02} : La cantidad de carbono de *Prumnopitys harmsiana* es la misma cuando se incrementa DAP.

H_2 : La captura de carbono de *Prumnopitys harmsiana* se incrementa a medida que sube el DAP.

Tabla 9.

*Análisis de varianza para respuesta transformada de la especie *Prumnopitys harmsiana**

Fuente	GL *	SC Ajust. **	MC Ajust. ***	Valor F ****	Valor P *****
Sector	2	3,8434	1,92169	268,33	0,000
Especie bloque	2	2,3636	1,18179	165,01	0,000
Falta de ajuste	4	0,1055	0,02638	4,18	0,004
Error puro	90	0,5677	0,00631		
Total	98	6,8802			

Nota: *Grados de libertad; **Suma de cuadrados ajustado; ***Cuadrado medio ajustado; **** Estadístico de prueba; ***** Es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula.

S=0,0846272

R-cuadr=90,22 %

La tabla de análisis de varianza permite rechazar H_{01} con P= 0,000; afirmando que la cantidad de carbono capturado en el fuste, copa y raíz no es la misma.

Así mismo, permite rechazar H_0 con $P= 0,000$; es decir la captura de carbono se incrementa a medida que sube el DAP en la especie *Prumnopitys harmsiana*.

El modelo lineal general con dos factores (especies) y DAP explica el contenido de carbono en un 90,22 % y una desviación estándar de 0,0846.

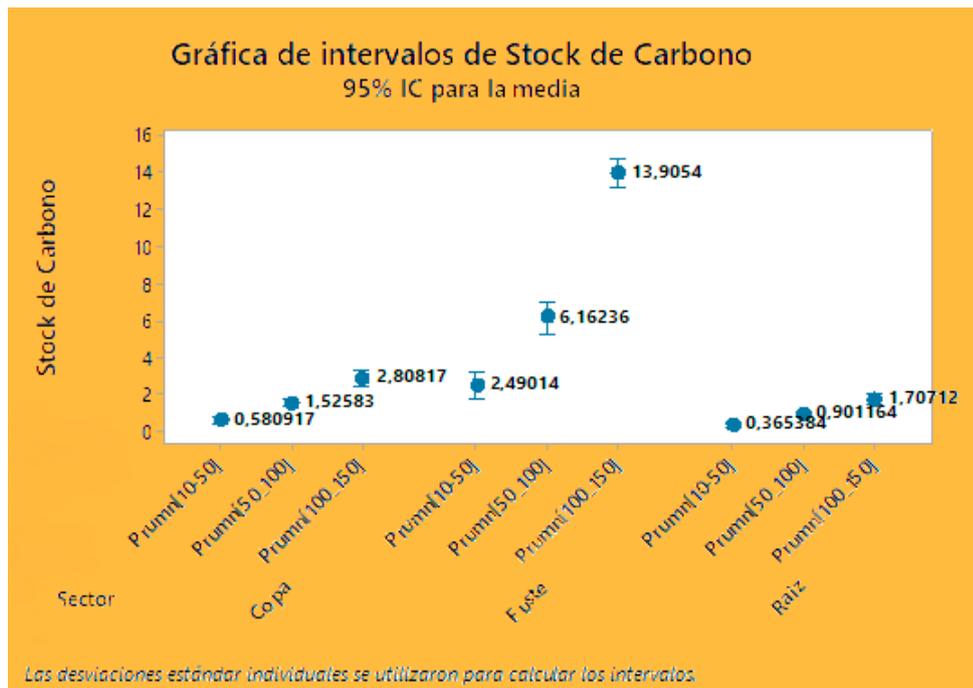


Figura 5. Gráfico de intervalos de Stock de Carbono para la especie *Prumnopitys harmsiana*

La gráfica de intervalos de stock de carbono indica que en el fuste se almacena la mayor cantidad de carbono y a medida que se incrementa el DAP sube el almacenamiento de carbono, la combinación más alta es fuste con DAP de {1,00 m ; 1,50 m}, con un promedio de 13,9054 t C para la especie *Prumnopitys harmsiana*.

Hipótesis Específica: Existe diferencia significativa en la captura de contenido de carbono entre la especie *Prumnopitys harmsiana* y *Retrophyllum rospigliosii*.

H_0 : Los promedios de contenido de carbono para las dos especies son iguales.

H_1 : Los promedios de contenido de carbono para las dos especies son diferentes.

Tabla 10.

Análisis de varianza para comparación de Stock de Carbono en ambas especies

Fuente	GL *	SC Ajust. **	MC Ajust. ***	Valor F ****	Valor P *****
Especie	1	8,64	8,638	2,85	0,095
Intervalo	2	1 888,61	944,304	311,06	0,000
Falta de ajuste	2	5,50	2,749	0,90	0,408
Error puro	97	295,04	3,042		
Total	102	2 589,28			

Nota: *Grados de libertad; **Suma de cuadrados ajustado; ***Cuadrado medio ajustado; **** Estadístico de prueba; ***** Es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula.

$$S=1,74235$$

$$R\text{-cuadr}=88,39\%$$

La tabla de análisis de varianza permite aceptar la H_0 con $P= 0,095$; por lo tanto, no se puede afirmar que existe diferencias significativas en el contenido de carbono de las dos especies.

Sin embargo, como es de esperar si existe diferencias por tamaño de intervalos de DAP.

El modelo lineal general con dos factores especie explica el contenido de carbono en un 88,39 % y una desviación estándar de 1,74235.

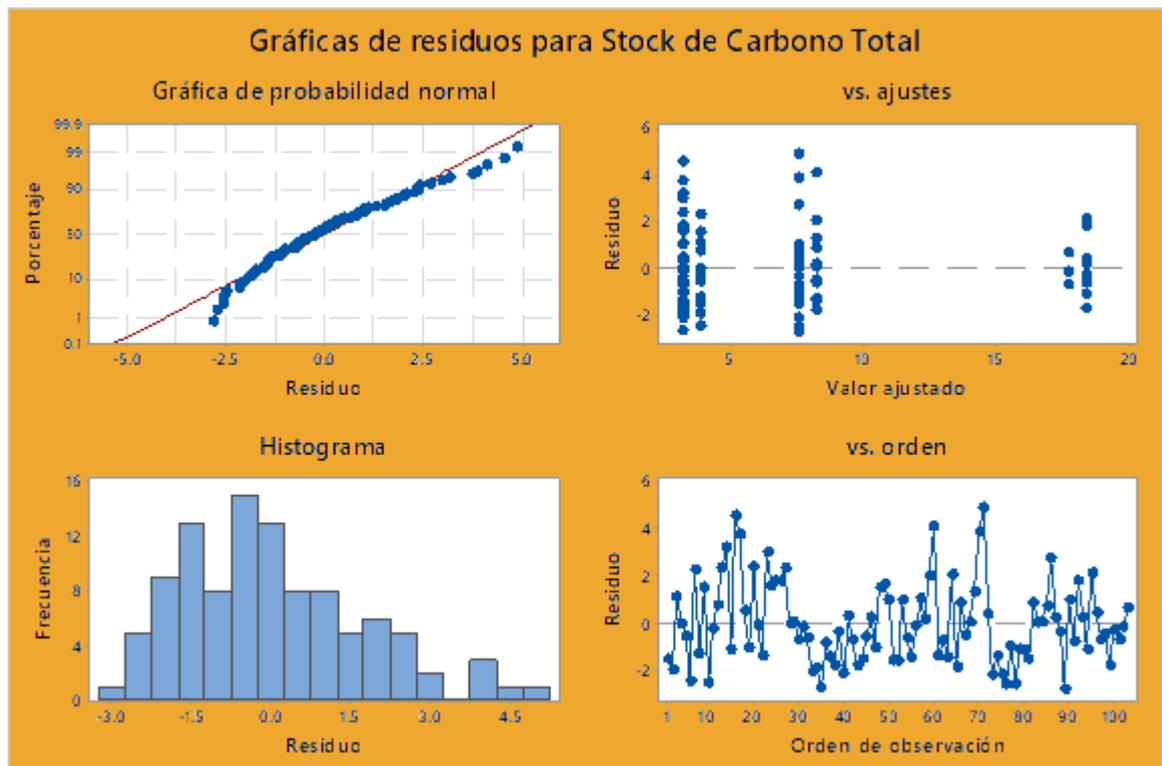


Figura 6. Gráfico de la distribución normal para el contenido de carbono

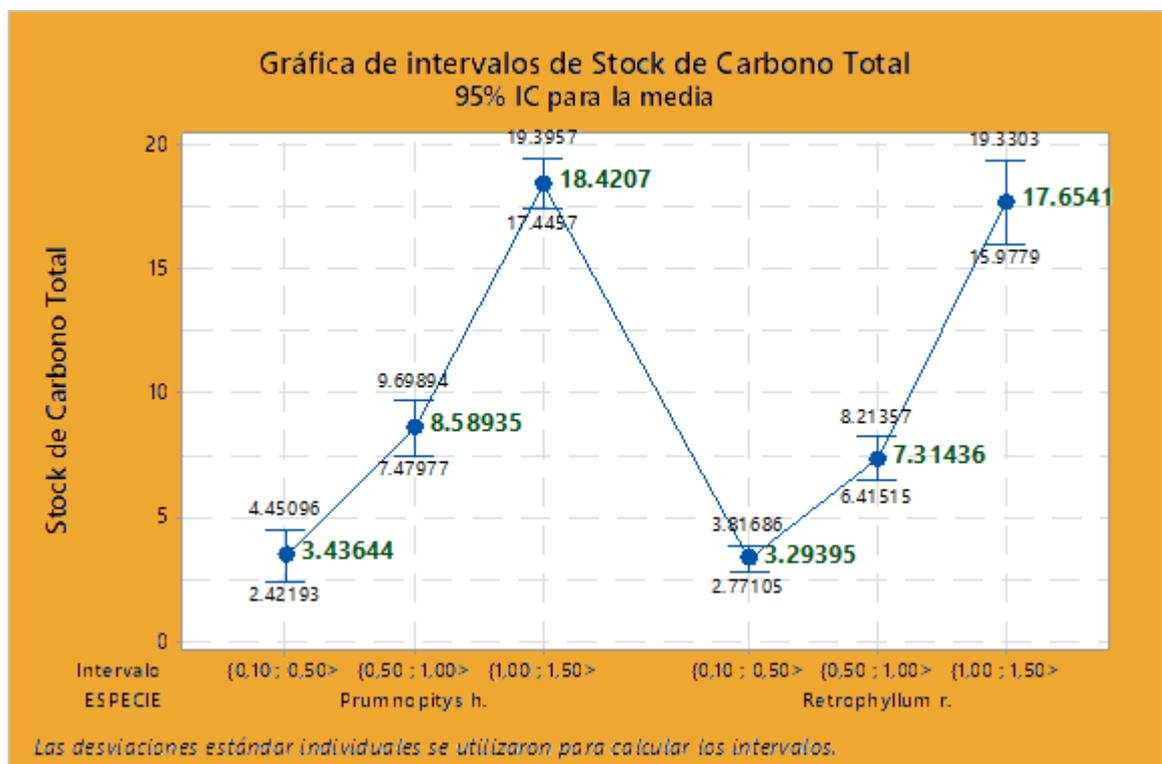


Figura 7. Gráfico de diferencia no significativa del contenido de carbono para las dos especies

3.1.6. Estimación de Stock de Carbono para todo el bosque

Tabla 11.

Promedio de Stock de Carbono por parcela de muestreo

Parcela	<i>Retrophyllum rospigliosii</i> (t C/ha)	<i>Prumnopitys harmsiana</i> (t C/ha)
P2	0,00	14,96
P3	9,59	0,00
P4	9,42	7,72
P6	24,38	0,00
P7	7,76	28,48
P8	5,22	28,48
P9	13,05	29,04
P10	19,63	25,54
P11	9,47	21,72
P12	5,04	0,00
P14	11,32	19,01
PROMEDIO	10,44	15,91

Tabla 12.

Estimación de carbono y CO₂e para todo el Bosque de Huamantanga

Especie	Stock Prom (t C/ha)	Área de bosque (1900-2500m.s.n.m.) (ha)	CO ₂ e = 1 CERs
<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	10,44	1 873,03	71 764,76
<i>Prumnopitys harmsiana</i>	15,91	1 873,03	109 365,65

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusiones

La mayor cantidad de árboles encontrados se registraron en las parcelas P7 y P8 con 20 y 19 árboles, respectivamente. Con esto, se ha podido comprobar que la distribución geográfica de las especies en estudio en el Bosque de Huamantanga, se da en un rango altitudinal de aproximadamente 1000 a 2300 m.s.n.m., perteneciente al piso Yunga Fluvial. Esto concuerda con el estudio de Peña (2014) en el que se indica que el 9,74 % de las especies estudiadas en un área de 1ha, pertenecen a la familia Podocarpacea, a una altitud de 2150 m.s.n.m. Asimismo, en el recorrido que se hizo para los puntos P1, P5, P15 y P13 se pudo corroborar la ausencia de las especies en estudio, es decir, en altitudes mayores a 2300 m.s.n.m. Esta afirmación también es confirmada por Zenteno Ruíz (2007), quién realizó una investigación en el país vecino de Bolivia en el que indica que la especie *Retrophyllum rospigliosii* en Bolivia restringe a la parte Noroeste y este del bosque montano de Yungas entre 1100 a 2000 m.s.n.m., en áreas con elevada precipitación pluvial en el norte del departamento de La Paz, Bolivia. Por otro lado, el estudio realizado por Pérez (2011), sobre composición y diversidad de flora arbórea en el Bosque de Huamantanga, señala que de las dos parcelas ubicadas a 2168 y 2543 m.s.n.m., no se registraron especies forestales de la familia Podocarpacea. De la misma forma, según la investigación Los bosques y el cambio climático en el Perú (2016) quién cita a Fernández (2012), en sus proyecciones realizadas al 2030, presenta variaciones de temperatura respecto a la máxima con incrementos entre 1,2 °C – 1,6 °C respecto al valor actual, principalmente hacia el Sur Este de la vertiente oriental. Se prevé que el incremento de la temperatura máxima al 2030 ocasionaría irregularidades en la disponibilidad del recurso hídrico, así como en el desplazamiento altitudinal de la vegetación. Esto podría explicar el rango altitudinal en el que encontramos a estas

especies es variable y lo seguirá siendo dependiendo de las características edafoclimáticas del lugar.

Según la Guía de inventario de flora y vegetación del Ministerio del Ambiente (2015), cada clase diamétrica constituye una medida del crecimiento o edad de los árboles. En tal sentido, en la *figura 3* se puede señalar que existe mayor cantidad de árboles para la especie *Retrophyllum rospigliosii*, con diámetros de 10 a 50 cm que asociamos a una población juvenil. Esto se puede explicar que la tala selectiva afecta mucho a esta especie ya que entre más diámetro tenga es más preferida por los comerciantes de madera. A comparación de la especie *Prumnopitys harmsiana*, que la mayor cantidad de individuos tiene diámetros de 100 a 150 cm, que pertenece a una población madura. Esto debido a que, la madera es más dura por la densidad que posee, por ende, genera dificultades al momento de la tala y la hace menos extraíble. No obstante, esta especie estaría en peligro si se sigue extrayendo, puesto que la población madura desaparecería y con ello la capacidad para su regeneración natural (Ministerio del Ambiente, 2015). Por otro lado, según Vaca (2003), en su investigación realizada en el Bosques de Podocarpus de San Ignacio – Chirinos, concluye que, la distribución diamétrica de *Prumnopitys harmsiana*, tiende a formar una curva de forma de campana en el bosque intervenido, lo cual indicaría que la especie requiere luz en ciertas etapas de su crecimiento y desarrollo; esto concuerda la parcela P2 donde esta especie es abundante y se encuentran diámetros hasta de 1,05 m. Cabe resaltar que en esta parcela se observó la ausencia de especies con fustes y copas predominantes que pudieran impedir su crecimiento, por lo que la asociamos a una parcela intervenida. De la misma manera, lo confirma Jerez et al. (2015), en su estudio, en el que señala que las especies arbóreas crecen rápidamente si los niveles de luz permanecen altos. Muy por el contrario, las especies tolerantes a la sombra son

relativamente abundantes en la fase juvenil porque son persistentes, sobreviven y crecen lentamente bajo la sombra. Esto explicaría la existencia de mayor población joven de *Retrophyllum rospigliosii*. Estos resultados son importantes para la comprensión de las limitaciones y la determinación de estrategias para preservar y restaurar la diversidad arbórea en estos ecosistemas.

GOFC-GOLD (2013) citado por Ministerio del Ambiente (2014), considera que el contenido de carbono terrestre puede variar según el tipo de cobertura y puede estar influenciado por factores físicos (como precipitación, temperatura, topografía y otros); biológicos (composición de la vegetación, edad del bosque, etc.) así como, por factores antropogénicos, como el grado de intervención del bosque.

Se observa que tanto para la especie *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana*, el mayor stock de carbono se presenta en el fuste en los tres intervalos de análisis, con un contenido de entre 71,52 % a 75,48 % del carbono total. Esto concuerda con lo menciona por Gayoso y Guerra (2011), en su estudio de 16 especies en el bosque nativo de Chile, donde el contenido de carbono total para la madera de fustes varía entre $53,01 \pm 1,05$ % para las coníferas nativas y $49,52 \pm 0,91$ % para las restantes 14 especies estudiadas. Por otra parte, si se acepta que el fuste representa el 71,35 % de la biomasa del árbol, y se consideran todas las especies estudiadas como un conjunto, el contenido de carbono total de la biomasa aérea (hojas, ramas, corteza y fuste) alcanza un valor promedio de $49,64 \pm 0,93$ %. Yerena et al. (2012), estimó la concentración de carbono en el fuste de 21 especies de coníferas que crecen en la región noreste de México, obteniendo un intervalo de 45,67 % (*Pinus remota*) a 51,18 % (*Juniperus flaccida*), con una media de 48.39 %, con diferencias significativas entre las especies. Así mismo, según Yepes et al. (2011), mencionan en el estudio realizado en los boques tropicales de

Antioquia, que el aporte de los árboles grandes ($D \geq 10$ cm) a la biomasa aérea, fue alto ($> 70\%$). En particular, los árboles con $D \geq 70$ cm aportaron el 53 % de la biomasa aérea. Sin embargo, la presencia o ausencia de árboles de gran tamaño en cada uno de los sitios, también determinó la distribución de la biomasa aérea para cada uno de ellos, lo cual se refleja en los altos coeficientes de variación obtenidos para esta variable.

Por otro lado, se observa un incremento de carbono a medida que el DAP aumenta. Cabe recalcar que la especie con mayores DAP encontradas en la zona de estudio fue *Prumnopitys harmsiana*, la cual tiene una media de captura de 3,436 t C en intervalo de {0,10 m; 0,50 m}; 8,589 t C para intervalos de {0,50 m; 1,00 m} y 18,421 t C para intervalos de {1,00 m; 1,50 m}. La especie *Retrophyllum rospigliosii* tiene una media de captura de carbono de 3,294 t C en intervalo de {0,10m; 0,50m}; 7,314 t C para intervalos de {0,50 m; 1,00 m} y 17,654 t C para intervalos de {1,00 m; 1,50 m}.

En la tabla de datos de stock de carbono por intervalos, se puede observar que la media total de stock de carbono capturado por la especie *Prumnopitys harmsiana* es mayor a la captura realizada por la especie *Retrophyllum rospigliosii* con diferencia no significativa según el método lineal general, sin embargo, como es de esperar si existe diferencia con el método de tamaño de bloque donde hay diferencia de un intervalo de DAP a otro en cada especie.

En ambas especies se observa que el coeficiente de variación en los DAP de {0,10 m; 0,50 m} excede a la tolerancia de 33 %, es decir, existe mucha dispersión relativa, indicando que la captura en estos DAP es inestable o variada. Se consideran árboles jóvenes en crecimiento y que necesitan de ciertas condiciones para su desarrollo como la humedad, la pendiente, radiación y la asociación de especies; adicional a esto las

características fenológicas y características del ambiente influyen en la dispersión y propagación de la especie, permitiéndoles ser más competitivas (Vargas, 2013).

En el desarrollo de la investigación se pudo observar que la especie más predominante es *Retrophyllum rospigliosii*, es el caso de la parcela P7 donde se identificaron diecisiete árboles los cuales estaban ubicados en una zona con alta humedad por la presencia de quebradas. Esto coincide con el estudio de Cueva et al. (2013) en el que señala que la especie *Retrophyllum rospigliosii* favorece su crecimiento en las riberas de los ríos y en pendientes planas, onduladas y escarpadas, pero que se limita en pendientes fuertes. Por otro lado, en cuanto a *Prumnopitys harmsiana* se desarrolla donde la humedad es menor y donde la asociación de especies no sea de porte arbóreo; Gardner y Thomas (2013) señala que debido a asociaciones con especies como *Oreopanax floribundum*, *Clusia alata*, *Toxicodendron striatum* y *Tibouchinia sp* no se ve limitada en crecimiento.

Se observa también que el coeficiente de variación tiene una menor dispersión a medida que crecen los árboles, es por ello que en los DAP de {1,00 m; 1,50 m}, se muestra mayor estabilidad de captura de carbono.

Con respecto al stock de carbono por parcela de muestreo, se registra en el Bosque de Huamantanga un promedio de 10,44 t C/ha para la especie *Retrophyllum rospigliosii* y 15,91 t C/ha para la especie *Prumnopitys harmsiana*.

Finalmente, se hizo la estimación de carbono equivalente en todo el Bosque de Huamantanga para cada una de las especies, teniendo en cuenta la distribución geográfica y lo que se evidenció en la fase de campo (1900 – 2500 m.s.n.m.), sabiendo además que, una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO₂ e, y que un CRE corresponde a una tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente (CO₂ e),

calculada en base al potencial de calentamiento global de este gas (Rügnitz et al., 2009). Por lo tanto, para la especie *Retrophyllum rospigliosii* se estimó 71 764,76 CER y 109 365,65 CER para la especie *Prumnopitys harmsiana* en el Bosque de Huamantanga.

En definitiva, como limitación de este estudio, se resalta la escasez de investigaciones en estimación de stock de carbono de estas especies y sobre todo en el Bosque de Huamantanga ya que la mayoría de estudios se limita a abordar temas de diversidad y estructura del bosque.

Finalmente, con esta investigación de estimación de Stock de carbono y CO₂ e se logra darle un valor agregado a estas especies, como un servicio ecosistémico que nos brinda en el Bosque de Huamantanga. En tal sentido, según la Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, los bosques son susceptibles de ser aprovechados “por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades” en tanto su uso, a través de mantener el carbono fijado en el bosque, provee el beneficio de mitigar el cambio climático. Para lo cual, ya existen mercados presentes y basados en carbono forestal, lo que les da un valor económico (Peña, 2014). Se espera que esta investigación contribuya a fortalecer la gestión de los recursos naturales dentro del Bosque de Huamantanga y se busquen alternativas de aprovechamiento sostenible.

4.2. Conclusiones

- En conclusión, se estimó y comparó el stock de carbono capturado por las especies *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana*, en el Bosque de Huamantanga, obteniendo un promedio por parcela de muestreo de 10,44 t C/ha y 15,91 t C/ha, respectivamente; y una estimación en todo el Bosque de Huamantanga de 71 764,76 t CO₂ e con la especie *Retrophyllum rospigliosii* y 109 365,65 t CO₂ e con *Prumnopitys harmsiana*. Además, se concluye que el Stock de carbono es distinto en las tres clasificaciones de DAP.
- Se determinó el stock de carbono capturado en el fuste, copa y raíz de la especie *Retrophyllum rospigliosii*, obteniendo como resultado que el mayor contenido de carbono se encuentra en el fuste, y que la captura se incrementa a medida que se incrementa el DAP y por ende se tiene una captura de 2,356 t C/ha en diámetros de {0,10 m ; 0,50 m}, 5,272 t C/ha en diámetros de {0,50 m; 1,00 m} y 13,224 t C/ha en diámetros de {0,50m; 1,00 m}.
- Se determinó el stock de carbono capturado en el fuste, copa y raíz de la especie *Prumnopitys harmsiana*, obteniendo como resultado que el mayor contenido de carbono se encuentra en el fuste, y que la captura se incrementa a medida que se incrementa el DAP y por ende se tiene una captura de 2,49 t C/ha en diámetros de {0,10 m ; 0,50 m}, 6,162 t C/ha en diámetros de {0,50 m; 1,00 m} y 13,905 t C/ha en diámetros de {0,50 m ; 1,00 m}.
- Se comparó el stock de carbono (t C/ha) capturado por las especies *Prumnopitys harmsiana* y *Retrophyllum rospigliosii*, obteniendo como resultado que no hay diferencia significativa (alpha 5%) en el contenido de carbono de las dos especies, sólo se distingue diferencia del contenido de carbono en los intervalos de DAP, sin importar la especie.

REFERENCIAS

- A.Aróstegui, & A.Sato. (1970). Propiedades Físico Mecánicas y Usos de Dos Especies de Podocarpus (*P.rospigliosi* Pilger; *P.montanus* var *Meridensis* Bucholz y Gray). *Revista Forestal del Perú*. doi:10.21704/rfp.v4i1-2.1081
- Borkowski, A. S. (Ed.). (2017). *Bosques y cambio climático en el Perú*. (Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables (INTE-PUCP)) Obtenido de http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/134554/Nro_7_Sabogal_Bosques%20y%20cambio%20climatico.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chumbimune Vivanco, S. Y. (2017). *Caracterización Anatómica y propiedades físicas de la madera de Ulcumano (*Retrophyllum Rospigliosii*) de una plantación de 32 años asociada con café en Villa Rica, Perú*. Tesis de pregrado. Obtenido de http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/733/1/Chumbimune-Tesis-Caracterizacion_anatomica...madera_Ulcumano.pdf
- Cortés Enríquez, G. (1994). *Atlas agropecuario de Costa Rica*. Costa Rica.
- Cruz-Burga, Z., Durt, É., Llerena, C., Marcelo-Peña, J., Martínez, K., & Ocaña, J. (2010). *Gestión ambiental de un ecosistema frágil*. Lima, Jaén - San Ignacio, Perú: ©Soluciones Prácticas. Obtenido de <https://solucionespracticas.org.pe/gestion-ambiental-de-un-ecosistema-fragil-los-bosques-nublados-de-san-ignacio-cajamarca-cuenca-del-rio-chinchipe>
- Cueva Márquez, N., & Trujillo Navarrete, E. (2016). *Biología reproductiva del Pino Romeron*. Obtenido de https://issuu.com/nixoncuevamarquez/docs/biologia_reproductiva_del_pino_rome

- Cueva Márquez, N., Vélez Sánchez, D., Barrios Trilleras, A., & Nieto Rodríguez, V. M. (2013). *Pino romerón [Retrophyllum rospigliosii (Pilger) C.N. Page]*. Bogotá, Colombia: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal.
- FAO. (2016). *Los bosques y el cambio climático en el Perú*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i5184s.pdf>
- Gamarra Ramos, J. (2001). Estimación del contenido de carbono en plantaciones de *Eucalyptus Globulus Labill*, en Junin, Perú. Obtenido de https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/35_Gamarra.PDF
- García Laureano, R., Pérez Fernández, M. A., & Pérez Ledesma, J. R. (2013). *Inventario de sumideros de carbono de Extremadura*. Extremadura, España: INDUGRAFIC, artes gráficas, S.L.
- Gardner, M., & Thomas, P. (2013). *The IUCN Red List*. Obtenido de IUCN: <http://www.iucnredlist.org/details/34110/0>
- Gayoso , J., & Schlegel , B. (2001). *Guía para la formulación de proyectos forestales de carbono*. Universidad Austral de Chile, Chile. Obtenido de <http://www.uach.cl/proforma/carbono/guiproca.pdf>
- Gayoso A., J., & Guerra C., J. (2005). Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Scielo*. doi:10.4067
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2012). *Zonificación ecológica y económica*. Cajamarca, Cajamarca, Perú.

- Infobosques. (19 de Enero de 2016). *Clasificación de los bosques*. Recuperado el 2019 de Febrero de 2019, de <http://infobosques.com/portal/noticias-y-eventos/peru-clasificacion-de-los-bosques/>
- Jerez Rico, M., García Núñez, C., Quevedo Rojas, A., & Schwarzkopf Kratzer, T. (2015). Distribution of juveniles of tree species along a canopy closure gradient in a tropical cloud forest of the Venezuelan Andes. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 7.
- JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena). (1981). Descripción general y anatómicas de 105 maderas del grupo andino. 441.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2006). *Decreto Supremo N° 043-2006-AG*. Lima.
- Ministerio del Ambiente . (2015). *Guía de Inventario de Flora y Vegetación*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (1997). *Ley N° 26821*. (M. d. Ambiente, Ed.) Obtenido de Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.: <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/ley-n-26821/>
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Guía de evaluación de flora silvestre*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2011). *El Perú de los Bosques*. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2014). Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques del Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Estrategia Nacional ante el Cambio Climático* (Ministerio del Ambiente. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos. ed.). Lima.

- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- Ministerio del Ambiente. (2018). *Ley Marco sobre Cambio Climático N° 30754*. Obtenido de SINIA: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-marco-cambio-climatico>
- Municipalidad Provincial de Jaén. (2013). *Plan Maestro del Área de Conservación Municipal del Bosque de Huamantanga*. Jaén.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) . (2018). *WMO Greenhouse Gas Bulletin* . doi:ISSN 2078-0796
- Peña Alegría, P. (2014). El marco legal para implementar REDD+. *Primera edición* , 36. Lima, Perú: © Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. Obtenido de <https://spda.org.pe/wpfb-file/el-marco-legal-peruano-para-implementar-redd-pdf/>
- Perez Hurtado, G. (2011). *Universidad la Molina*. Obtenido de Avances científicos: http://www.lamolina.edu.pe/Gaceta/Avances_Cientificos/edicion2012/notas/nota002_a.htm
- Programa REDD/CCAD-GIZ. (2014). *Desarrollo de Proyectos Piloto de Captura de Carbono en el Sector Forestal de Centroamérica*. El Salvador. Obtenido de http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc_745792763.pdf
- Quispe Navarro, C. M., Quispe Contreras, F., & Yaranga Cano, R. M. (2015). Almacenamiento de carbono en pastos naturales de la subcuenca del Canipaco, Huancayo. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*. doi:10.18259
- Quispe Santos, A., & Tello Llantoy , J. (2001). *Especies forestales de uso múltiple de los bosques de neblina en el nor oriente del Perú*. Lima: Imprenta Miraflores E.I.R.L.

- Quitoran Dávila, G. F. (2010). Determinación del potencial de captura de carbono en cinco especies forestales de dos años de edad, cedro nativo, (*Cederla Odorata*) Caoba, (*Swietenia Macrophylla*) Bolaina, (*Guazuma Crinita*) Teca, (*Tectona Grandis*) y Capirona, (*Calycophyllum Sprucearum*) en. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/1085>
- Reynel , C., Pennington, R., Marcelo, J., & Daza, A. (2006). *Árboles Útiles del Ande Peruano*.
- Rondón Mestanza , M. A. (2015). *Huella de Carbono*. Obtenido de MINAM : <http://www.minam.gob.pe/semanaclimatica/wp-content/uploads/sites/104/2015/06/1La-Huella-de-Carbono-y-Neutralizaci%C3%B3n-como-instrumentos-de-sostenibilidad.pdf>
- Rosell, M. (2009). Si la temperatura aumenta en 2°C, el Perú perdería 20% del PBI al 2050. *Clima de cambios PUCP*. Recuperado el 2019, de *Clima de Cambios*: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/si-la-temperatura-aumenta-en-2c-el-peru-perderia-20-del-pbi-al-2050/>
- Rügnitz Tito, M., Chacón León, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. Lima: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA).
- Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2001). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA INVENTARIOS DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES*. Valdivia, Chile.
- SOLARGIS. (Enero de 2018). Radación global. Eslovaquia, Bratislava , Europa.
- Soluciones Prácticas. (2009). *Conservación y desarrollo sostenible en el corredor Abiseo-Cóndor-Kutukú*. (J. Elliot, Ed.) Obtenido de

<https://solucionespracticas.org.pe/gestion-ambiental-de-un-ecosistema-fragil-los-bosques-nublados-de-san-ignacio-cajamarca-cuenca-del-rio-chinchipe>

Suclupe , E. (2007). El Bosque de Huamantanga (Jaén). Una experiencia de gestión compartida de áreas de conservación municipal. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/318513329/Bosque-de-Jaen-Huamantanga>

Vaca Marquina , S. (2003). Impacto de la Tala Selectiva en los Bosques de Podocarpus de San Ignacio – Cajamarca - Perú. doi:143-156

Vargas Cubas , O. P. (2013). *Composición, diversidad florística y factores antrópicos de la degradación del bosque montado de Chadín, Chota*. Tesis de pregrado , Cajamarca.

Vásquez Correa , Á. M. (2010). Anatomía de la madera de las podocarpáceas colombianas. (*Tesis doctoral*) . Universidad de Córdoba, España. Obtenido de <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/3902/9788469389393.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

World Wildlife Fund. (2010). *Conociendo el santuario nacional Tabaconas Namballe*. (J. L. Mena Álvarez, & G. Valdivia Gozalo , Edits.) Obtenido de <http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/librosntn.pdf>

Yepes Quintero, A., Duque Montoya, Á. J., Navarrete Encinales, D., Phillips Bernal, J., Cabrera Montenegro, E., Corrales Osorio, A., . . . Galindo García, G. (2011). *Estimación de Las Reservas y Pérdidas de Carbono Por Deforestación En los Bosques Del Departamento De Antioquia, Colombia*. Obtenido de Actualidades biológicas : <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/actbio/article/view/14306/12585>

Yerena Yamallel, J. I., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., & Alanís Rodríguez, E. (2012). Concentración de carbono en el fuste de 21 especies de coníferas del noreste de México. *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322012000500005

Zenteno Ruíz, F. S. (2007). RETROPHYLLUM ROSPIGLIOSII, A NEW RECORD OF MOUNTAIN PINE FOR NORTHWEST. *Kempffiana*, 3.

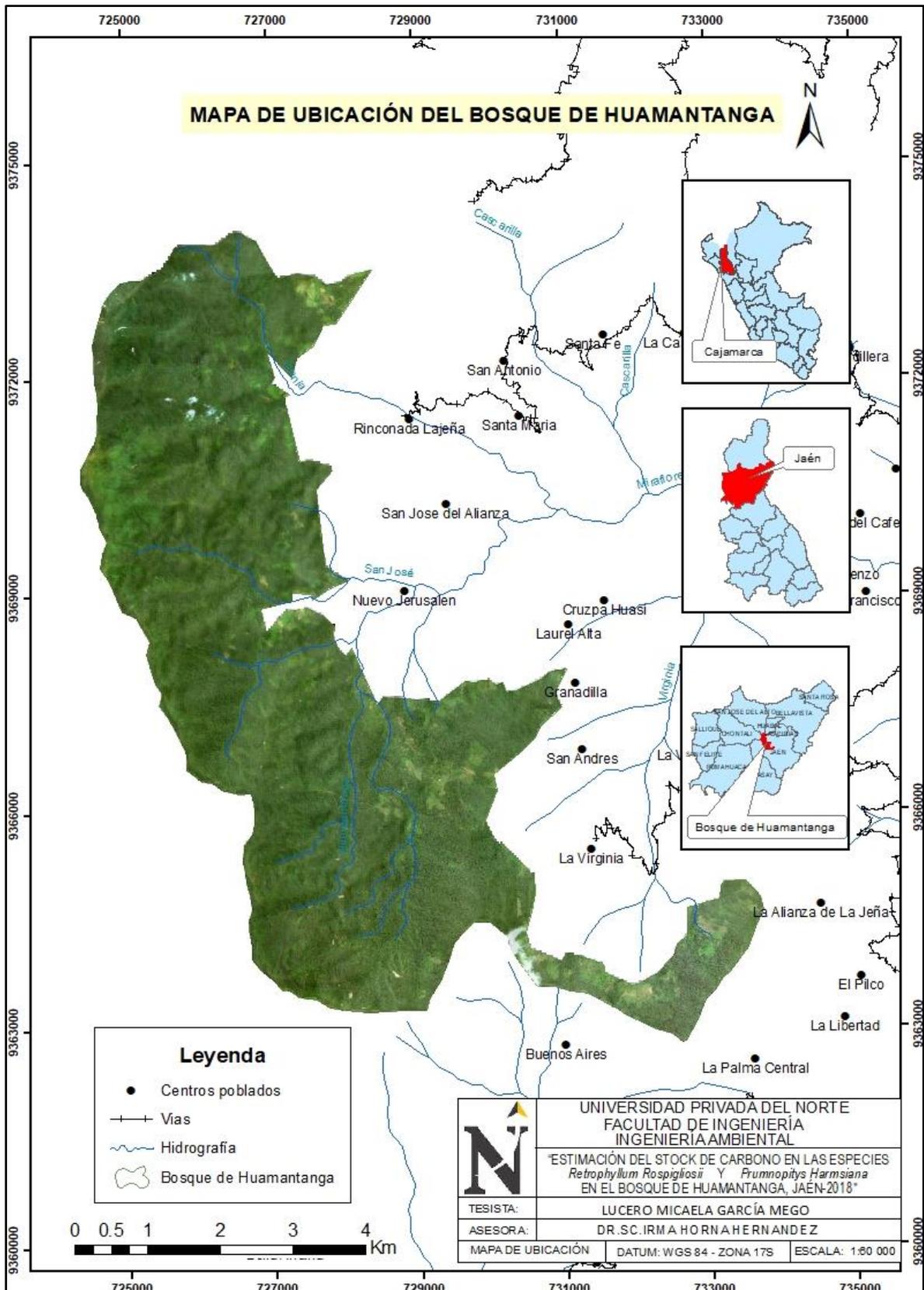
**Anexo 2. Fotografías de *Prumnopitys harmsiana*, para el reconocimiento en el campo,
según Quispe y Tello (2001)**



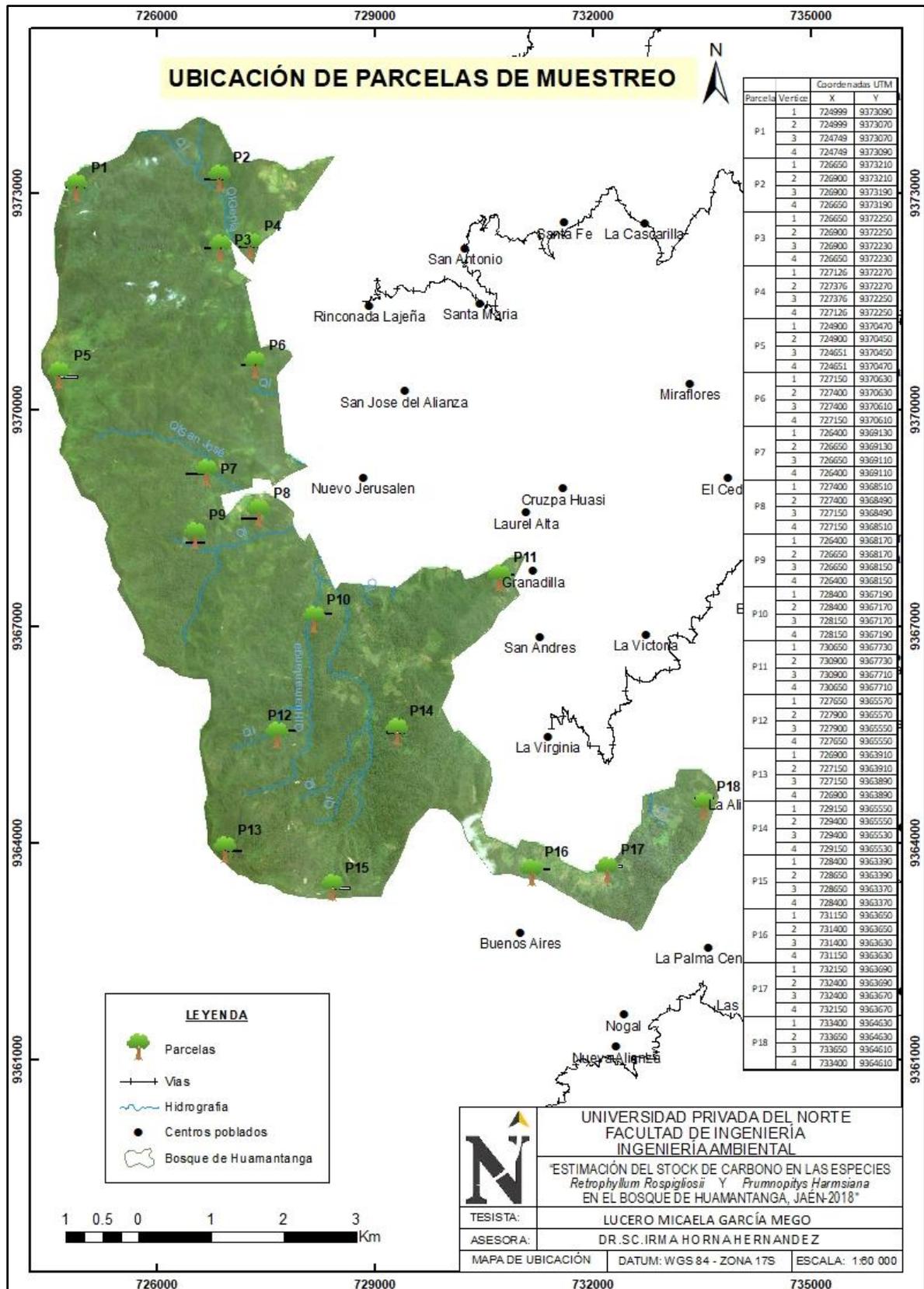
**Anexo 3. Fotografías de *Retrophyllum rospigliosii*, para el reconocimiento en el campo,
según Quispe y Tello, (2001)**



Anexo 4. Mapa de ubicación en el Bosque de Huamantanga



Anexo 5. Mapa de ubicación de parcelas de muestreo en el Bosque de Huamantanga



Anexo 6. Georreferenciación de los puntos de muestreo

++++Parcela	Vértice	Coordenadas UTM	
		X	Y
P1	1	724999	9373090
	2	724999	9373070
	3	724749	9373070
	4	724749	9373090
P2	1	726650	9373210
	2	726900	9373210
	3	726900	9373190
	4	726650	9373190
P3	1	726650	9372250
	2	726900	9372250
	3	726900	9372230
	4	726650	9372230
P4	1	727126	9372270
	2	727376	9372270
	3	727376	9372250
	4	727126	9372250
P5	1	724900	9370470
	2	724900	9370450
	3	724651	9370450
	4	724651	9370470
P6	1	727150	9370630
	2	727400	9370630
	3	727400	9370610
	4	727150	9370610
P7	1	726400	9369130
	2	726650	9369130
	3	726650	9369110
	4	726400	9369110
P8	1	727400	9368510
	2	727400	9368490
	3	727150	9368490
	4	727150	9368510

P9	1	726400	9368170
	2	726650	9368170
	3	726650	9368150
	4	726400	9368150
P10	1	728400	9367190
	2	728400	9367170
	3	728150	9367170
	4	728150	9367190
P11	1	730650	9367730
	2	730900	9367730
	3	730900	9367710
	4	730650	9367710
P12	1	727650	9365570
	2	727900	9365570
	3	727900	9365550
	4	727650	9365550
P13	1	726900	9363910
	2	727150	9363910
	3	727150	9363890
	4	726900	9363890
P14	1	729150	9365550
	2	729400	9365550
	3	729400	9365530
	4	729150	9365530
P15	1	728400	9363390
	2	728650	9363390
	3	728650	9363370
	4	728400	9363370
P16	1	731150	9363650
	2	731400	9363650
	3	731400	9363630
	4	731150	9363630
P17	1	732150	9363690
	2	732400	9363690
	3	732400	9363670
	4	732150	9363670
P18	1	733400	9364630
	2	733650	9364630
	3	733650	9364610
	4	733400	9364610

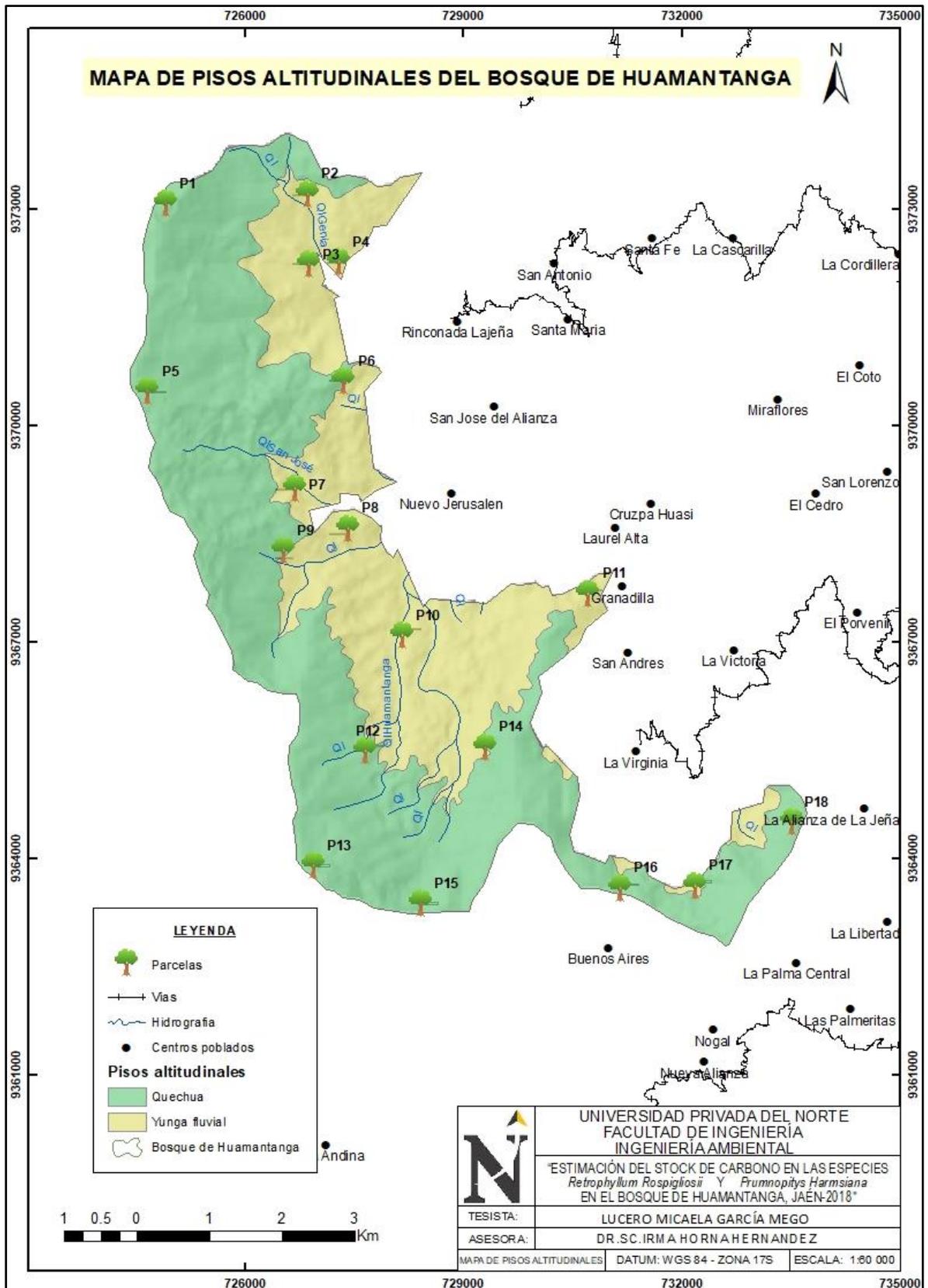
Anexo 7. Tabla de registros en campo

PARCELA	FECHA	HORA	CÓD. ÁRBOL	ESPECIE	LC (m)	ALTURA TOTAL (m)	OBSERVACIONES
P1	15/01/2018	09:00 a.m.	-	-	-	-	-
P2	16/01/2018	10:00 a.m.	P2-1	<i>Prumnopitys h.</i>	0,76	15	Musgos, epifitas pequeñas
			P2-2	<i>Prumnopitys h.</i>	0,37	25	Musgos
			P2-3	<i>Prumnopitys h.</i>	2,05	20	Achupallas
			P2-4	<i>Prumnopitys h.</i>	2	25	Achupallas
			P2-5	<i>Prumnopitys h.</i>	1,21	20	Achupallas
			P2-6	<i>Prumnopitys h.</i>	1,87	32	
			P2-7	<i>Prumnopitys h.</i>	0,94	20	
			P2-8	<i>Prumnopitys h.</i>	1,07	15	
			P2-9	<i>Prumnopitys h.</i>	3,3	30	
P3	16/01/2018	03:00 p.m.	P3-1	<i>Retrophyllum r.</i>	1,17	30	Musgo, 4 achupallas
			P3-2	<i>Retrophyllum r.</i>	1,15	35	Epifita enorme
			P3-3	<i>Retrophyllum r.</i>	0,66	20	3 achupallas
			P3-4	<i>Retrophyllum r.</i>	1,36	36,1	Achupallas
			P3-5	<i>Retrophyllum r.</i>	1,1	40	
			P3-6	<i>Retrophyllum r.</i>	0,93	25	
			P3-7	<i>Retrophyllum r.</i>	0,9	15	
			P3-8	<i>Retrophyllum r.</i>	1,18	30	
			P3-9	<i>Retrophyllum r.</i>	0,98	20	
P4	17/01/2018	07:00 a.m.	P4-1	<i>Retrophyllum r.</i>	0,76	15	
			P4-2	<i>Retrophyllum r.</i>	1,3	30	
			P4-3	<i>Retrophyllum r.</i>	1,21	25	
			P4-4	<i>Retrophyllum r.</i>	1,17	27	
			P4-5	<i>Prumnopitys h.</i>	0,67	10	
			P4-6	<i>Retrophyllum r.</i>	1,17	30	
			P4-7	<i>Prumnopitys h.</i>	1,20	25	
			P4-8	<i>Prumnopitys h.</i>	0,84	15	
			P4-9	<i>Retrophyllum r.</i>	1,17	30	
			P4-10	<i>Prumnopitys h.</i>	1,32	20	
P5	18/01/2018	7:00 a.m.	-	-	-	-	-
P6	20/01/2018	11:00 a.m.	P6-1	<i>Retrophyllum r.</i>	2,12	34	Achupallas, musgos, bejucos
			P6-2	<i>Retrophyllum r.</i>	3,6	30	Lianas, musgos, achupallas
			P6-3	<i>Retrophyllum r.</i>	2,25	35	Musgos, bromelias en la parte del fuste
			P6-4	<i>Retrophyllum r.</i>	2	25	

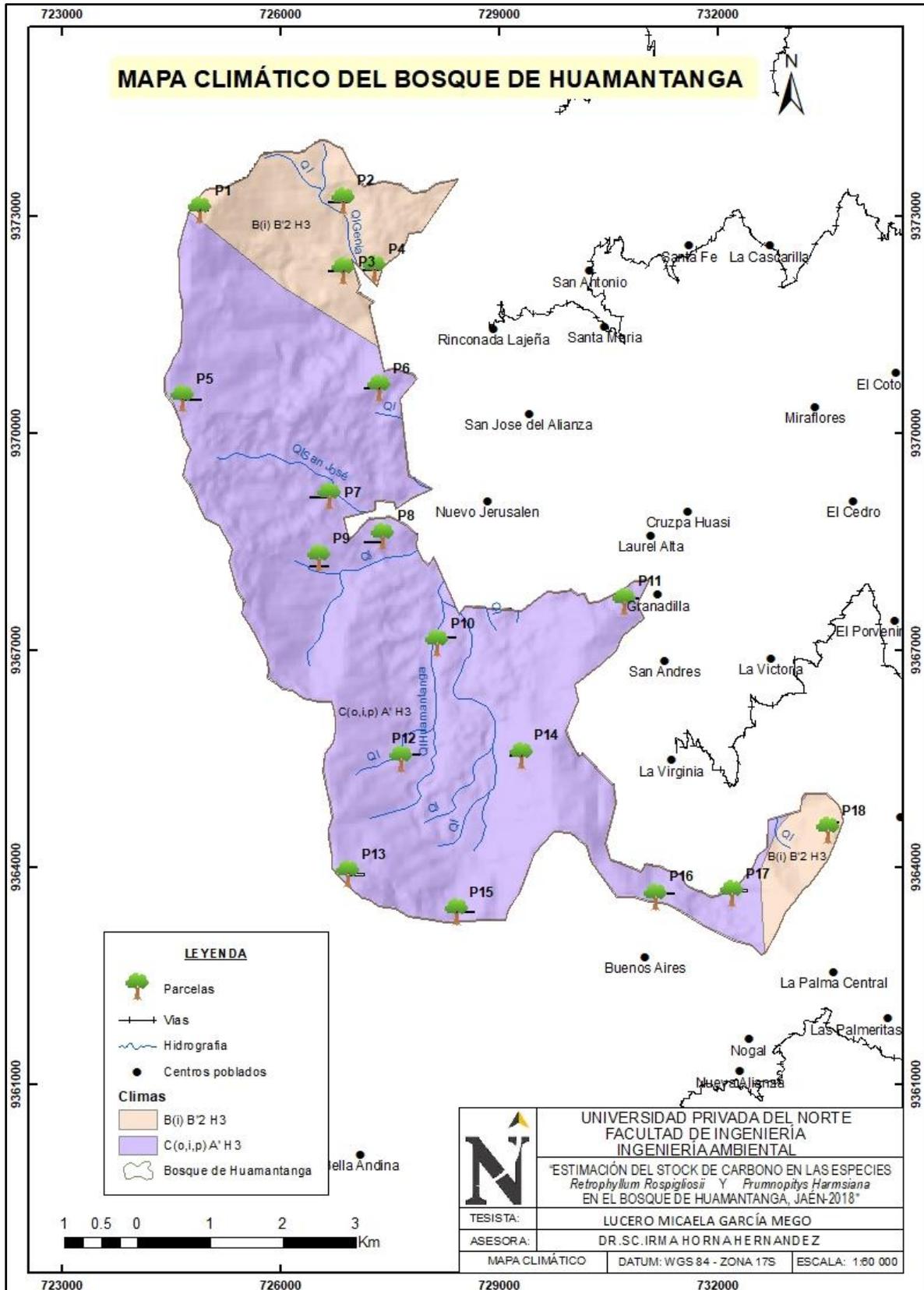
PARCELA	FECHA	HORA	CÓD. ÁRBOL	ESPECIE	LC (m)	ALTURA TOTAL (m)	OBSERVACIONES
P7	22/01/2018	07:00 a.m.	P7-1	<i>Retrophyllum r.</i>	1,33	15	Musgo, bejucos pequeños
			P7-2	<i>Retrophyllum r.</i>	1,03	20	
			P7-3	<i>Retrophyllum r.</i>	1,84	15	Musgos, epifitas pequeñas
			P7-4	<i>Retrophyllum r.</i>	1,06	15	Cerca de un ojo de agua
			P7-5	<i>Retrophyllum r.</i>	1,28	15	
			P7-6	<i>Retrophyllum r.</i>	2,6	15	
			P7-7	<i>Retrophyllum r.</i>	1,62	21	
			P7-8	<i>Retrophyllum r.</i>	2,1	15	
			P7-9	<i>Retrophyllum r.</i>	2,3	18	
			P7-10	<i>Prumnopitys h.</i>	2,1	16	
			P7-11	<i>Retrophyllum r.</i>	1,66	19	
			P7-12	<i>Prumnopitys h.</i>	4,56	20	
			P7-13	<i>Retrophyllum r.</i>	2,04	20	
			P7-14	<i>Retrophyllum r.</i>	1,25	13	
			P7-15	<i>Retrophyllum r.</i>	1,62	25	
			P7-16	<i>Retrophyllum r.</i>	0,72	10	Regeneración
			P7-17	<i>Retrophyllum r.</i>	0,82	10	Regeneración
			P7-18	<i>Prumnopitys h.</i>	3,38	25	
			P7-19	<i>Retrophyllum r.</i>	0,37	8	
			P7-20	<i>Retrophyllum r.</i>	1	15	
P8	23/01/2018	8:00am	P8-1	<i>Prumnopitys h.</i>	0,54	12	
			P8-2	<i>Retrophyllum r.</i>	0,7	16	
			P8-3	<i>Retrophyllum r.</i>	0,6	15	
			P8-4	<i>Retrophyllum r.</i>	0,6	30	
			P8-5	<i>Prumnopitys h.</i>	3,07	12	
			P8-6	<i>Retrophyllum r.</i>	0,61	11	
			P8-7	<i>Retrophyllum r.</i>	1,1	20	
			P8-8	<i>Retrophyllum r.</i>	1,05	15	
			P8-9	<i>Prumnopitys h.</i>	1,36	13	
			P8-10	<i>Retrophyllum r.</i>	0,73	12	
			P8-11	<i>Prumnopitys h.</i>	2,21	15	
			P8-12	<i>Retrophyllum r.</i>	0,9	12	
			P8-13	<i>Retrophyllum r.</i>	1,1	15	
			P8-14	<i>Retrophyllum r.</i>	1,46	15	
			P8-15	<i>Retrophyllum r.</i>	0,98	14	
			P8-16	<i>Retrophyllum r.</i>	1,49	20	
			P8-17	<i>Prumnopitys h.</i>	1,13	20	
			P8-18	<i>Retrophyllum r.</i>	1,54	20	
			P8-19	<i>Prumnopitys h.</i>	3,86	26	

PARCELA	FECHA	HORA	CÓD. ÁRBOL	ESPECIE	LC (m)	ALTURA TOTAL (m)	OBSERVACIONES
P9	24/01/2018	11:00 a.m.	P9-1	<i>Retrophyllum r.</i>	1,9	20	Epifitas, musgo en todo el fuste
			P9-2	<i>Retrophyllum r.</i>	1,32	20	
			P9-3	<i>Prumnopitys h.</i>	2,64	19	
			P9-4	<i>Retrophyllum r.</i>	2,65	20	Poco musgo
			P9-5	<i>Prumnopitys h.</i>	3,17	29	
			P9-6	<i>Retrophyllum r.</i>	2,4	20	
P10	25/01/2018	02:00 p.m.	P10-1	<i>Retrophyllum r.</i>	2,4	20	Musgo en la parte baja del fuste
			P10-2	<i>Retrophyllum r.</i>	3,37	33	Higuerón junto con achupallas
			P10-3	<i>Prumnopitys h.</i>	1,73	18	Fuste torcido
			P10-4	<i>Prumnopitys h.</i>	2,22	20	Bejucos
			P10-5	<i>Retrophyllum r.</i>	2,62	20	
			P10-6	<i>Retrophyllum r.</i>	2,4	27	
			P10-7	<i>Retrophyllum r.</i>	2,47	20	
			P10-8	<i>Retrophyllum r.</i>	1,00	10	
			P10-9	<i>Prumnopitys h.</i>	3,62	24	
			P10-10	<i>Retrophyllum r.</i>	3,03	15	
			P10-11	<i>Retrophyllum r.</i>	3,64	32	Lianas en todo el fuste
			P10-12	<i>Prumnopitys h.</i>	4,4	20	
P11	26/01/2018	07:00 a.m.	P11-1	<i>Prumnopitys h.</i>	2,51	15	Lianas, bejucos
			P11-2	<i>Prumnopitys h.</i>	3,71	22	Achupallas
			P11-3	<i>Retrophyllum r.</i>	2	15	
			P11-4	<i>Prumnopitys h.</i>	2,7	15	Ramas caídas, fuste torcido
P12	28/01/2018	09:00 a.m.	P12-1	<i>Retrophyllum r.</i>	1	10	
			P12-2	<i>Retrophyllum r.</i>	1,32	20	
			P12-3	<i>Retrophyllum r.</i>	1,25	13	
			P12-4	<i>Retrophyllum r.</i>	0,7	16	
P13	30/01/2018	11:00 a.m.	-	-	-	-	-
P14	29/01/2018	07:00 a.m.	P14-1	<i>Prumnopitys h.</i>	3,41	26	Clima lluvioso, cerca de una quebrada
			P14-2	<i>Retrophyllum r.</i>	1,3	15	Achupallas, bejucos
			P14-3	<i>Retrophyllum r.</i>	2,7	20	
			P14-4	<i>Prumnopitys h.</i>	2,33	20	
			P14-5	<i>Retrophyllum r.</i>	2,15	20	
			P14-6	<i>Retrophyllum r.</i>	1,35	20	Musgo en la parte baja del fuste
P15	30/01/2018	3:00 p.m.	-	-	-	-	-
P16	01/02/2018	07:00 a.m.	-	-	-	-	-
P17	02/02/2018	07:00 a.m.	-	-	-	-	-
P18	03/02/2018	07:00 a.m.	-	-	-	-	-

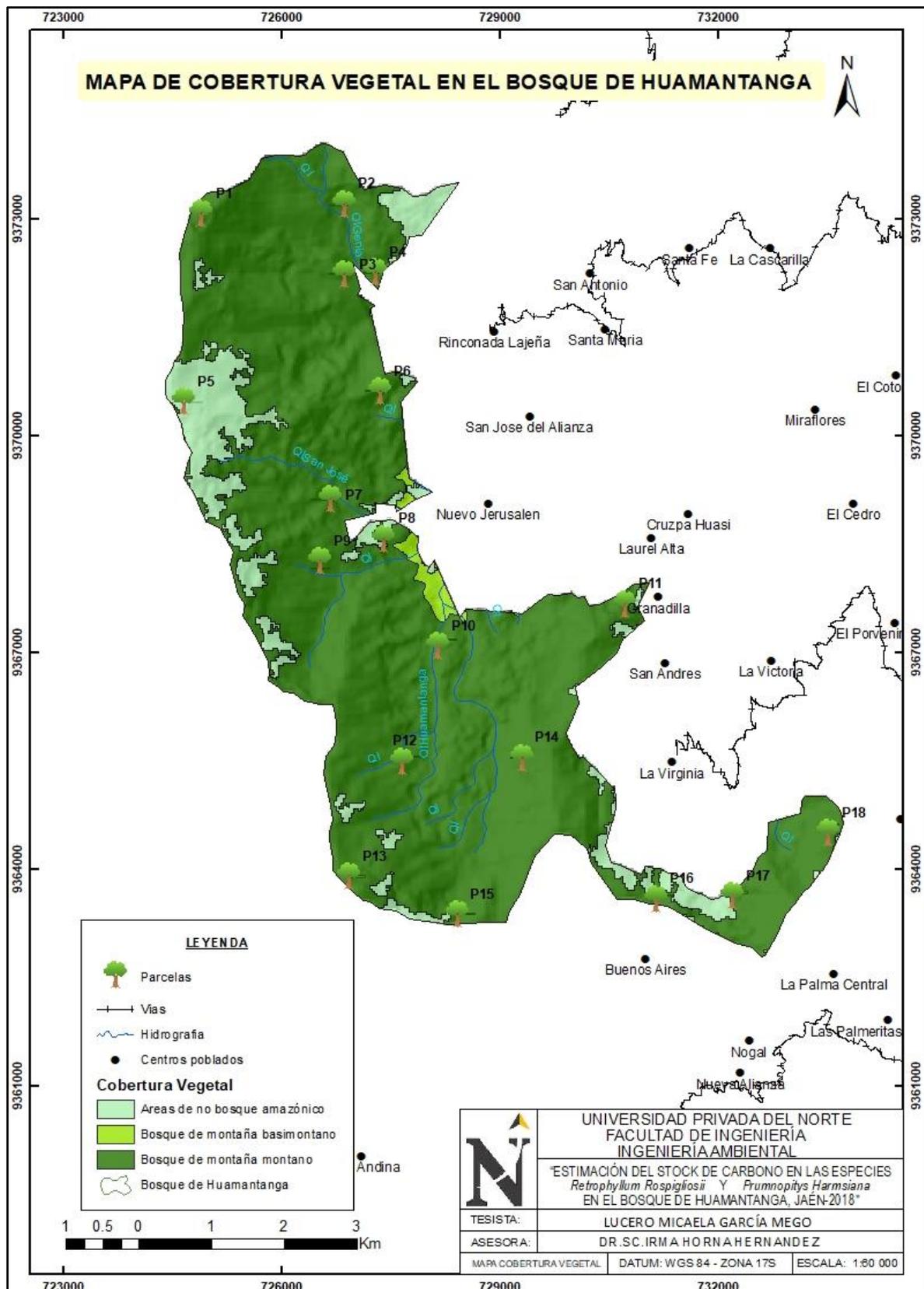
Anexo 8. Mapa de pisos altitudinales en el Bosque de Huamantanga



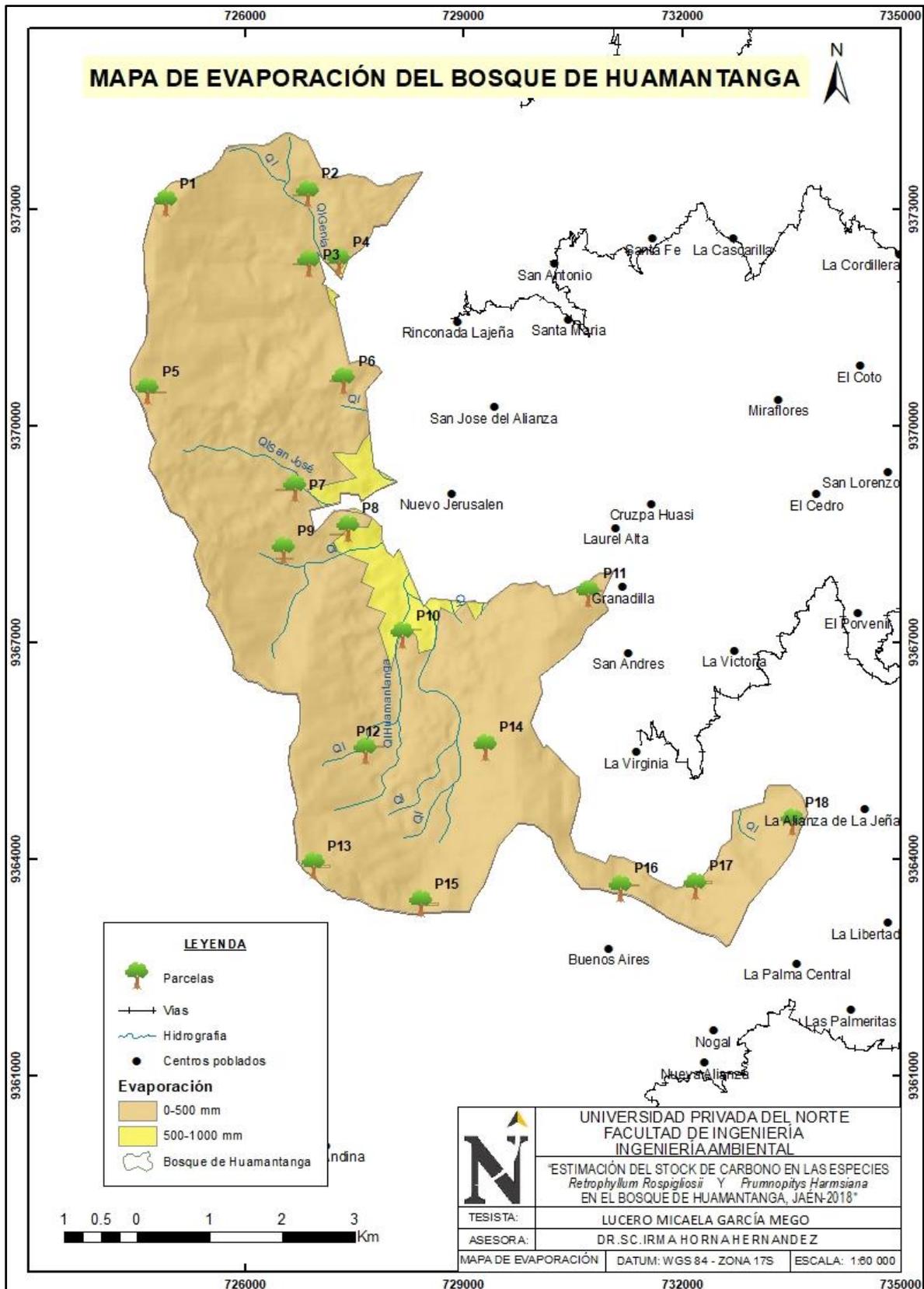
Anexo 9. Mapa de clima en el Bosque de Huamantanga



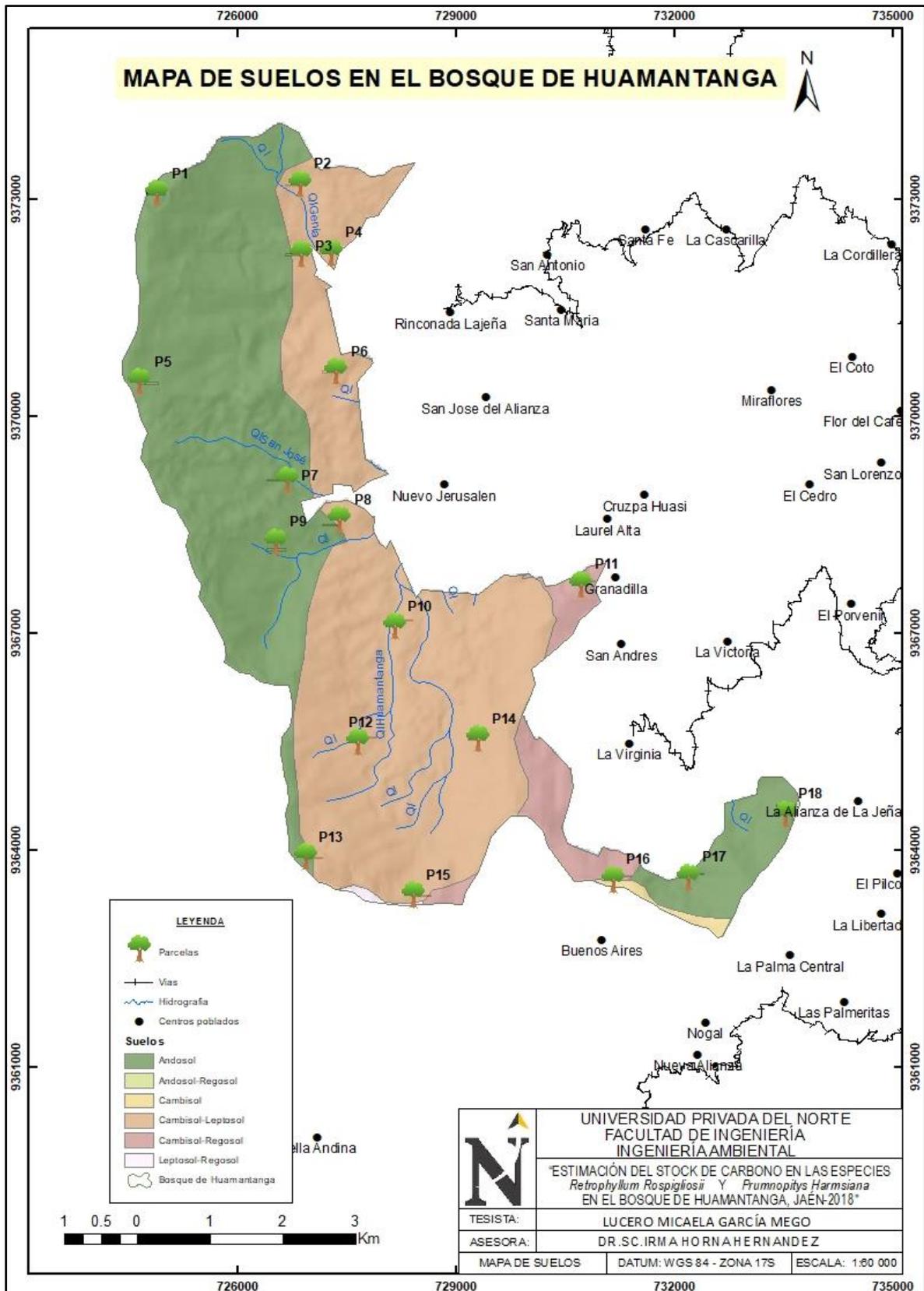
Anexo 10. Mapa de cobertura vegetal en el Bosque de Huamantanga



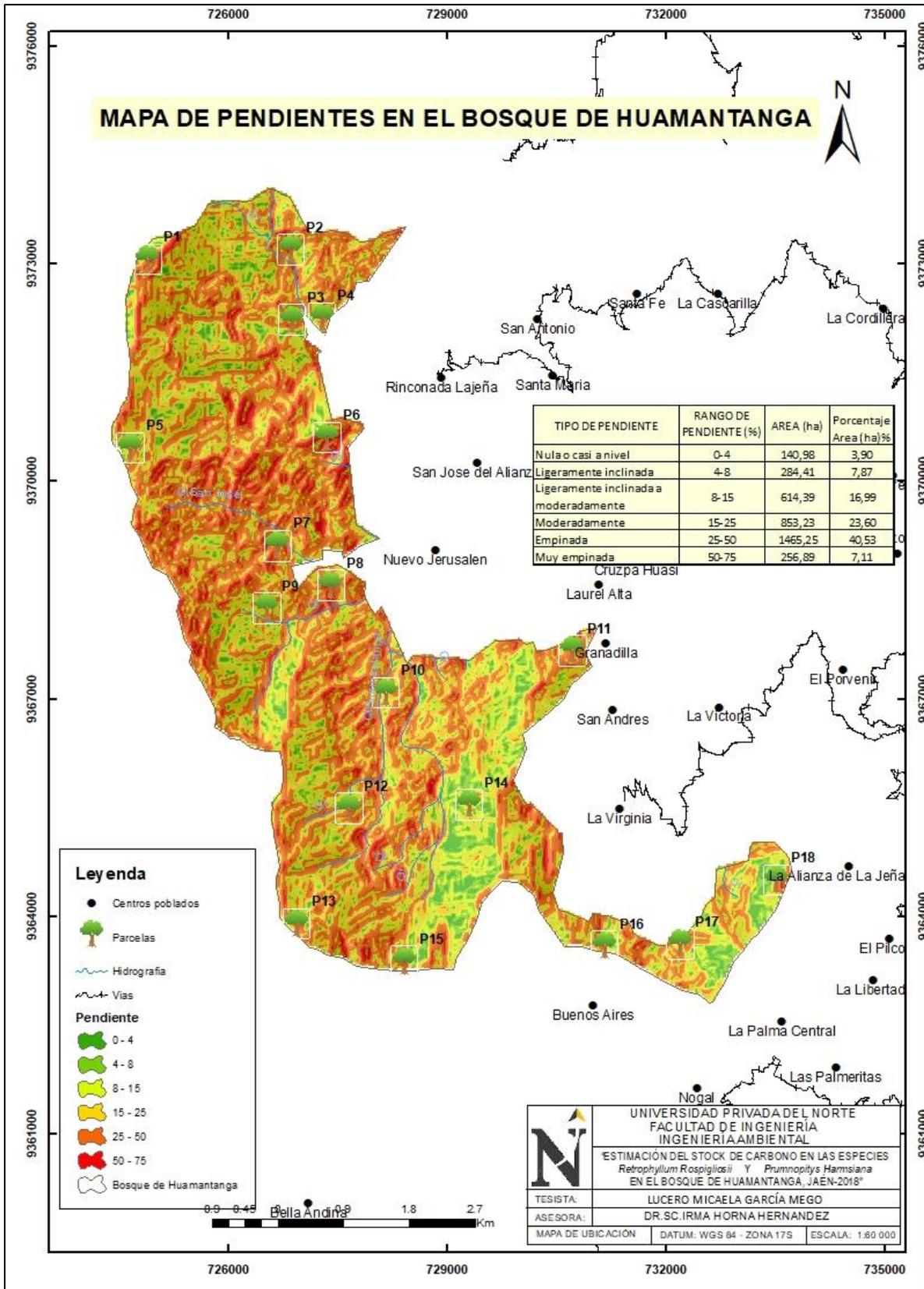
Anexo 11. Mapa de evaporación en el Bosque de Huamantanga



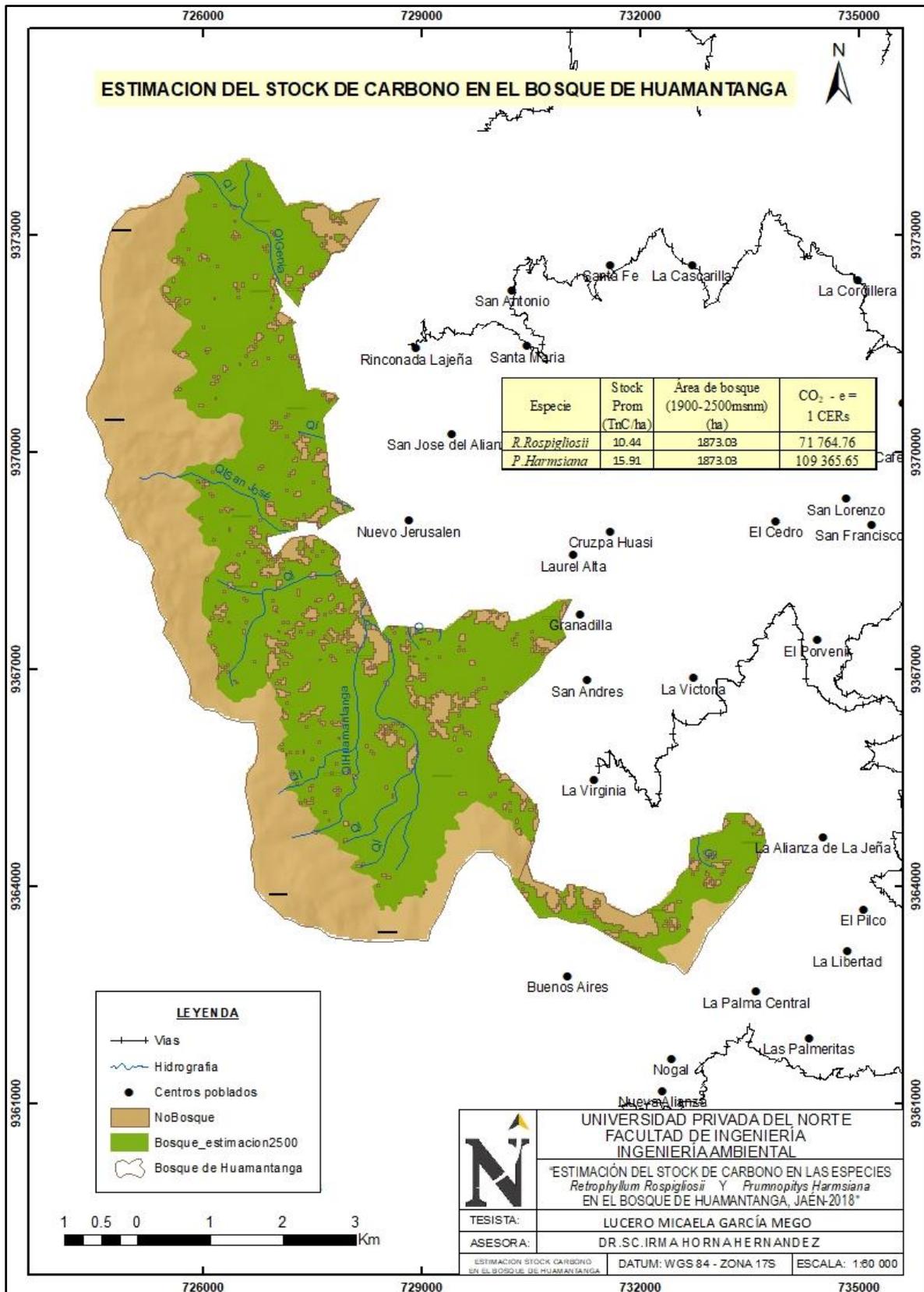
Anexo 12. Mapa de suelos en el Bosque de Huamantanga



Anexo 13. Mapa de pendientes en el Bosque de Huamantanga



Anexo 14. Mapa de estimación de Stock de Carbono en el Bosque de Huamantanga



Anexo 15. Índice de abreviaturas

GEI	:	Gases de Efecto Invernadero
CC	:	Cambio Climático
REDD+	:	Reducción Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación de los bosques
ICRAF	:	Centro Mundial Agroforestal
USCUSS	:	Sector de Uso de Suelos, Cambio de Uso de Suelos y Silvicultura
OMM	:	Organización Meteorológica Mundial
PBI	:	Producto Bruto Interno
TE	:	Transacción de Emisiones
IC	:	Implementación Conjunta
MDL	:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
CERs	:	Certificado de Reducción de Emisiones
CMNUCC	:	Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
FBDS	:	Fundación Brasileña para el Desarrollo Sostenible

Anexo 15. Fotografías

Fotografía 1. Demarcación de las parcelas de muestreo, mediante GPS y Brújula



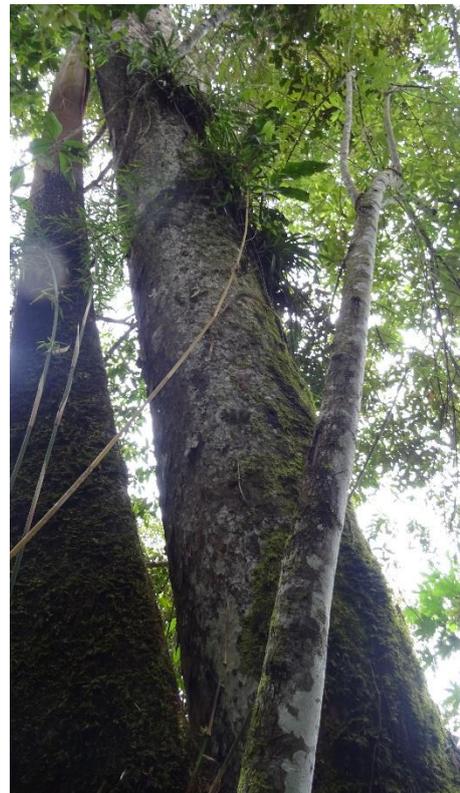
Fotografía 2. Medición del DAP (izquierda) y altura de las especies en estudio con wincha y vara graduada de 5m, respectivamente.



Fotografía 3. Registro de datos en campo



Fotografía 4. Fuste de *Retrophyllum rospigliosii* (izquierda), fuste de *Prumnopitys harmsiana* (derecha)



Fotografía 5. Hojas de *Prumnopitys harmsiana*



Fotografía 6. Hojas de *Retrophyllum rospigliosii*



Fotografía 7. Frutos de *Retrophyllum rospigliosii*



Fotografía 8. *Prumnopitys harmsiana*, con asociación de especies



Fotografía 9. Extracción de madera y deforestación en el Bosque de Huamantanga



Fotografía 10. Reforestación con *Retrophyllum rospigliosii* en el centro poblado San Luis del Nuevo Retiro



Fotografía 11. Vista del Bosque de Huamantanga (izquierda) e hito de delimitación (derecha)

