



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**“ESTIMACIÓN DE CANTIDAD DE CARBONO FIJO
ALMACENADO EN LA MADERA DE DOS ESPECIES
FORESTALES COMERCIALES EN LA PROVINCIA DE NAPO Y
CHIMBORAZO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: GLADYS ALICIA CAISA AGUALONGO

DIRECTOR: Ing. EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA M.Sc.

Riobamba - Ecuador

2022

©2022, Gladys Alicia Caisa Agualongo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, GLADYS ALICIA CAISA AGUALONGO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de julio de 2022.

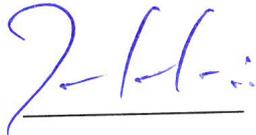
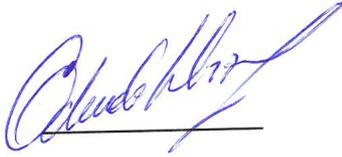


Gladys Alicia Caisa Agualongo

185062284-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **ESTIMACIÓN DE CANTIDAD DE CARBONO FIJO ALMACENADO EN LA MADERA DE DOS ESPECIES FORESTALES COMERCIALES EN LA PROVINCIA DE NAPO Y CHIMBORAZO**, realizado por la Señorita: **GLADYS ALICIA CAISA AGUALONGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos y legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Rolando Fabián Zabala Vizuet PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	<u>2022-07-13</u>
Ing. Eduardo Patricio Salazar C. M.Sc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	<u>2022-07-13</u>
Ing. Vilma Fernanda Noboa S. M. Sc. MIEMBRO DE TRIBUNAL	 _____	<u>2022-07-13</u>

DEDICATORIA

El presente trabajo de Integración Curricular está dedicada a mi familia, a mi padre Andrés Caisa y mi madre Juana Agualongo quienes me han brindado su apoyo emocional, física y económicamente puesto que a lo largo de mi carrera han sido el motor e inspiración fundamental para poder culminar mi tesis.

A mis hermanos quienes me han motivado a seguir a pesar de las dificultades de la vida, a tener confianza en mí mismo, a madurar y a aprovechar las oportunidades que se me presentan en la vida.

A mis abuelitos quienes me han dado sabios consejos y me alegran la vida con tan solo existir.

Gladys

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme a unos padres ejemplares, por guiar mi camino y no desampararme, por brindarme sabiduría, salud, fortaleza y por darme la oportunidad de culminar mi carrera.

Agradezco en especial a mis padres, hermanos y abuelos por brindarme su amor y apoyo en todo momento, por dedicarme tiempo para poder formarme y por depositar confianza en mí de poder culminar de carrera Universitaria.

Un agradecimiento especial al Ing. Eduardo Salazar, Ing. Vilma Noboa y al Ing. Olguer Casignia por brindarme su tiempo, paciencia, motivación, aporte de ideas y sugerencias en la elaboración y revisión del documento de titulación

Me gustaría agradecer a todos los docentes que formaron parte de mi carrera profesional los cuales aportaron con un granito de arena a mi formación como profesional y persona.

Gracias a todas las personas que me supieron brindar su apoyo de forma directa e indirectamente en el desarrollo de este trabajo de titulación, agradezco su amistad, confianza, consejos, ánimo, compañía, y crear recuerdos inolvidables gracias.

Gladys

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1.	Calentamiento global	4
1.1.1.	<i>Cambio Climático.....</i>	4
1.1.2.	<i>Efecto Invernadero</i>	5
1.1.3.	<i>Dióxido de Carbono (Co2).....</i>	5
1.1.4.	<i>Metano (CH4).....</i>	6
1.1.5.	<i>Óxido Nitroso (N2O).....</i>	6
1.1.6.	<i>Ozono (O3)</i>	6
1.1.7.	<i>Clorofluorocarbonados (CFCs).....</i>	7
1.1.8.	<i>Carbono en ecosistemas forestales</i>	7
1.2.	Plantaciones forestales	7
1.2.1.	<i>Plantación en lindero</i>	8
1.2.2.	<i>Plantaciones con fines de producción</i>	8
1.2.3.	<i>Plantaciones con fines de protección</i>	9
1.2.4.	<i>Plantaciones con fines de servicios ambientales</i>	9
1.2.5.	<i>Identificación de especies forestales.....</i>	9
1.2.6.	<i>Caracterización dendrológica.....</i>	9
1.2.7.	<i>Herbario</i>	10
1.2.8.	<i>Importancia de herbario</i>	10
1.2.9.	<i>Procesos operativos</i>	11
1.3.	Madera	12
1.3.1.	<i>Propiedades físicas de la madera.....</i>	13
1.4.	Carbón.....	14

1.4.1.	<i>Importancia del carbón</i>	14
1.4.2.	<i>Carbono</i>	15
1.4.3.	<i>El ciclo del carbono</i>	15
1.4.4.	<i>Sumidero de carbono</i>	15
1.4.5.	<i>Captura de Carbono en la biomasa arbórea</i>	16
1.5.	Propiedades Químicas de la madera	16
1.5.1.	<i>Materiales Volátiles</i>	16
1.5.2.	<i>Carbono fijo</i>	16
1.5.3.	<i>Contenido de Cenizas</i>	17
1.6.	Normativa técnica	17
1.6.1.	<i>¿Qué es una normativa técnica?</i>	17
1.7.	Determinación del contenido de Humedad	18
1.7.1.	<i>Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1160:1983</i>	18
1.7.2.	<i>Disposiciones Generales</i>	18
1.8.	Determinación de Carbono Fijo	19
1.9.	Determinación de Carbono Volátil	19
1.9.1.	<i>Normativa ASTM D-3175-89(02)</i>	19
1.10.	Determinación de Cenizas	20
1.10.1.	<i>Normativa ASTM D-3174-00</i>	20
1.11.	Determinación de Carbono fijo	21
1.11.1.	<i>Normativa ASTM D-3172</i>	21

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	22
2.1.	Caracterización del lugar	22
2.1.1.	<i>Localización del sitio para Piptocoma discolor (Kunth) Pruski</i>	22
2.1.2.	<i>Localización del sitio Eucalyptus globulus Labill</i>	23
2.2.	Materiales y equipos	24
2.2.1.	<i>Equipos de protección personal (EPP)</i>	24
2.2.2.	<i>Equipos de Campo</i>	24
2.2.3.	<i>Materiales de Campo</i>	24
2.2.4.	<i>Materiales de laboratorio</i>	24
2.2.5.	<i>Equipos de laboratorio</i>	25
2.2.6.	<i>Material biológico</i>	25
2.2.7.	<i>Material vegetativo</i>	25

2.2.8.	<i>Materiales de oficina</i>	25
2.2.9.	<i>Materiales Informáticos</i>	25
2.3.	Marco Metodológico	25
2.3.1.	<i>Obtención de muestras botánicas</i>	26
2.3.2.	<i>Contenido de humedad</i>	26
2.3.3.	<i>Carbono Fijo</i>	27
2.3.4.	<i>Material Volátil</i>	27
2.3.5.	<i>Ceniza</i>	27
3.3.6.	<i>Carbono fijo</i>	28
3.3.7.	<i>Diseño experimental</i>	28

CAPÍTULO III 31

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1.	Identificación dendrológica de las especies forestales	31
3.1.1.	<i>Piptocoma discolor (Kunth) Pruski (Pigue)</i>	31
3.1.2.	<i>(Eucalyptus globulus Labill) (Eucalipto)</i>	32
3.2.	Contenido de humedad	34
3.2.1.	<i>Determinación de humedad en la especie Piptocoma discolor (Kunth) Pruski</i>	34
3.2.2.	<i>Determinación de humedad en la especie Eucalyptus globulus Labill (Eucalipto)</i>	36
3.2.3.	<i>Comparación entre secciones de la especie de Piptocoma discolor (Kunth) Pruski y Eucalyptus globulus Labill para el contenido de humedad</i>	37
3.2.4.	<i>Comparación entre especies Piptocoma discolor (Kunth) Pruski y Eucalyptus globulus Labill de la variable contenido de humedad.</i>	38
3.3.	Determinación de carbono fijo en Piptocoma discolor (Kunth) Pruski	40
3.3.1.	<i>Prueba de normalidad Shapiro-Wilks (modificado)</i>	41
3.4.	Determinación de carbono fijo en la especie Eucalyptus globulus Labill (Eucalipto)	42
3.3.2.	<i>Prueba de normalidad Shapiro-Wilks (modificado)</i>	43
3.5.	Comparación entre secciones de la especie de Piptocoma discolor (Kunth) Pruski y Eucalyptus globulus Labill para la variable contenido de carbono fijo.	44
3.6.	Comparación entre especies Piptocoma discolor (Kunth) Pruski y Eucalyptus globulus Labill de la variable contenido de carbono fijo	45

CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES.....	49

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Coordenadas Geográficas UTM de la zona en estudio.....	22
Tabla 2-2:	Coordenadas Geográficas UTM de la zona en estudio.....	23
Tabla 3-2:	Especificaciones del campo experimental.....	28
Tabla 4-2:	Tratamientos en estudio.....	29
Tabla 5-2:	Repeticiones del estudio	29
Tabla 6-2:	Esquema del diseño experimental	29
Tabla 7-3:	Clasificación taxonómica de <i>Piptocoma discolor</i>	31
Tabla 8-3:	Clasificación taxonómica de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	32
Tabla 9-3:	Porcentaje de humedad en la especie <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski por secciones.....	34
Tabla 10-3:	Valor de la Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) en función del porcentaje de humedad	34
Tabla 11-3:	Análisis de la variable porcentaje de humedad.....	35
Tabla 12-3:	Análisis de la Varianza.....	35
Tabla 13-3:	Análisis de los tratamientos para la variable humedad de <i>Piptocoma discolor</i> . 35	
Tabla 14-3:	Porcentaje del contenido de humedad de la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill por secciones.	36
Tabla 15-3:	Valor de la Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) en función del porcentaje de humedad.	36
Tabla 16-3:	Análisis de la Varianza.....	37
Tabla 17-3:	Contenido de humedad (%) en las secciones de las dos especies forestales.	37
Tabla 18-3:	Porcentaje de contenido de humedad entre las dos especies forestales.....	38
Tabla 19-3:	Contenido de carbono fijo en la especie <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski... 40	
Tabla 20-3:	Valor de la Prueba de Shapiro-Wilks (modificado)	41
Tabla 21-3:	Análisis de la variable Carbono fijo	41
Tabla 22-3:	Análisis de la Varianza.....	41
Tabla 23-3:	Contenido de carbono fijo en <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	42
Tabla 24-3:	Valor de la Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) en la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	43
Tabla 25-3:	Análisis de la variable Carbono fijo en la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. 43	
Tabla 26-3:	Análisis de la Varianza para la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	43
Tabla 27-3:	Contenido de carbono fijo en las secciones de las dos especies forestales.....	44
Tabla 28-3:	Contenido de Carbono fijo existente en las dos especies.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Ubicación del área de estudio para la especie <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	22
Figura 2-2:	Ubicación del área de estudio para la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	23

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Contenido de humedad (%) entre las dos especies forestales.....	38
Gráfico 2-3:	Contenido de Humedad en la especie de <i>Eucalyptus globulus</i> y <i>Piptocoma discolor</i>	39
Gráfico 3-3:	Contenido de carbono fijo por secciones de dos especies forestales.....	45
Gráfico 4-3:	Contenido de carbono fijo existente en las dos especies forestales.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	LABORES REALIZADOS EN LA FASE DE CAMPO.	9
ANEXO B:	PROCESO PARA TARAR CRISOLES.	11
ANEXO C:	PROCESO PARA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.....	12
ANEXO D:	PROCESO PARA DETERMINAR MATERIAL VOLÁTIL.	13
ANEXO E:	PROCESO PARA DETERMINAR CENIZA.	14
ANEXO F:	RESULTADOS DE HUMEDAD, MATERIAL VOLÁTIL Y CENIZA....	15
ANEXO G:	CERTIFICADO OTORGADO POR EL HERBARIO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.	16
ANEXO H:	DATOS OBTENIDOS DE TARAR CRISOLES.	17
ANEXO I:	RESULTADOS DE HUMEDAD PARA <i>Piptocoma discolor (kunth) Pruski</i>	18
ANEXO J:	PORCENTAJE DE HUMEDAD OBTENIDO PARA <i>Piptocoma discolor</i> <i>(kunth) Pruski</i>	19
ANEXO K:	DATOS OBTENIDOS DE MATERIAL VOLÁTIL <i>Piptocoma discolor</i> <i>(kunth) Pruski</i>	20
ANEXO L:	DATOS OBTENIDOS PARA CENIZA Y CARBONO FIJO DE <i>Piptocoma</i> <i>discolor (kunth) Pruski</i>	21
ANEXO M:	DATOS OBTENIDOS DE TARAR CRISOLES.....	22
ANEXO N:	DATOS OBTENIDOS DE HUMEDAD DE <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. .	23
ANEXO O:	PORCENTAJE DE HUMEDAD OBTENIDO PARA <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	24
ANEXO P:	DATOS OBTENIDOS DE MATERIAL VOLÁTIL DE <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	25
ANEXO Q:	DATOS OBTENIDOS DE CENIZA Y CARBÓN FIJO DE <i>Eucalyptus</i> <i>globulus</i> Labill.....	26

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo estimar la cantidad de carbono fijo almacenado en la madera de dos especies forestales comerciales en la provincia de Napo y Chimborazo. Para determinar el contenido de carbono almacenado se tomaron 3 probetas de madera por sección (base, intermedia y cima del fuste) de 4 árboles por cada especie, teniendo un total de 9 probetas por árbol y 36 probetas por especie; también se recolectaron muestras botánicas, donde luego de ser sometidas a la técnica del prensado se procedió con la identificación dendrológica en el herbario de la ESPOCH “CHEP”. En cuanto a la determinación del porcentaje de humedad, contenido de carbono fijo y contenido de ceniza, se siguieron los protocolos establecidos por las normativas técnicas: INEN 1160, ASTM D3175 y ASTM D-3172-00, respectivamente. Los resultados fueron expresados en % y se llevaron a cabo en el laboratorio de Química de la Facultad de Recursos Naturales. Por otro lado, el análisis de varianza para las variables porcentaje de humedad y carbono fijo se efectuó bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), donde los datos estadísticos fueron procesados en Infostat y para el resto de las variables se empleó Excel. Los resultados mostraron que *Eucaliptus globulus* es la especie con mayor % de humedad en las secciones base y media con relación a *Piptocoma discolor* que se concentra en el ápice. Para la cantidad de carbono fijo, *Eucaliptus globulus*, fue el que presentó mayor % en todas las secciones; no obstante, las dos especies estudiadas mostraron % altos en la base. Finalmente se concluyó que la especie con mayor contenido de carbono fijo es *Eucaliptus globulus* con un 11,04%. Se recomienda investigar especies forestales comerciales y no comerciales para obtener información sobre la cantidad de carbono que estos contienen.

Palabras clave: <CARBONO FIJO>, <PIGÜE (*Piptocoma discolor*)>, <EUCALIPTO (*Eucaliptus globulus*)>, <NAPO (PROVINCIA)>, <CHIMBORAZO (PROVINCIA)>.


D.B.R.A.
Ing. Cristian Castillo

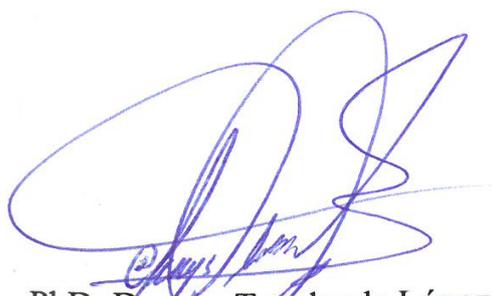


1759-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

This research aimed to estimate the amount of carbon stored in the wood of two commercial forest species in the provinces of Napo and Chimborazo. To determine the stored carbon content, 3 wooden specimens were taken per section (base, intermediate and top of the stem) from 4 trees for each species, having a total of 9 specimens per tree and 36 specimens per species. Botanical samples were collected, where after being used also in the pressing technique, dendrological identification was carried out in the ESPOCH "CHEP" herbarium. Regarding the determination of the moisture percentage, fixed carbon content and ash content, the protocols established by the technical regulations were followed: INEN 1160, ASTM D3175 and ASTM D-3172-00, respectively. The results were exciting in percentage and were carried out in the Chemistry laboratory of the Faculty of Natural Resources. On the other hand, the analysis of variance for the variables percentage of moisture and fixed carbon was carried out under a randomized complete block design (DBCA). The statistical data were processed in Infostat; Excel was used for the rest of the variables. The results showed that *Eucalyptus globulus* is the species with the highest percentage of humidity in the base and middle sections in relation to *Piptocoma discolor*, which is concentrated in the apex. For the amount of fixed carbon, *Eucalyptus globulus* was the one that presented the highest % in all sections. However, the two species studied showed high % in the base. Finally, it was concluded that the species with the highest fixed carbon content is *Eucalyptus globulus* with 11.04%. It is recommended to investigate commercial and non-commercial forest species to obtain information on the amount of carbon they contain.

Keywords: <FIXED CARBON>, <PIGÜE (*Piptocoma discolor*)>, <EUCALYPTUS (*Eucalyptus globulus*)>, <NAPO (PROVINCE)>, <CHIMBORAZO (PROVINCE)>.



Ph.D. Dennys Tenelanda López
ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más importantes que se presentan en la actualidad es el incremento del dióxido de carbono atmosférico debido a procesos naturales y por una significativa intervención humana, sumado a la tala de bosques y la quema de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, esto ocasiona un incremento en el efecto invernadero y contribuye al calentamiento global (Caballero et al., 2007, p. 11). Es imprescindible mencionar que los bosques almacenan una gran cantidad de carbono, tanto en la vegetación como en los suelos y tienen un papel muy activo en el intercambio de dióxido de carbono entre la biosfera y la atmósfera (Ajete et al., 2012, pp. 3-8).

Por otro lado, Avendaño et al., (2009, pp. 233-238), menciona que conocer la cantidad de carbono almacenado en especies arbóreas es necesario para la estimación de esta, puesto que este proceso representa actualmente un servicio ambiental y, por lo tanto, constituye una alternativa para el manejo de recursos naturales encaminada al desarrollo sustentable y también para la obtención de algún bien para los propietarios de tales recursos.

La madera, componente principal de la biomasa, se comporta como almacén temporal de carbono, pues esta retiene el carbono originariamente presente en la madera de los árboles, retardando su emisión a la atmósfera en función de la vida útil y del proceso de descomposición de esta. La carbonización de la madera consiste en su transformación bajo la influencia de la temperatura, siendo entonces una descomposición térmica en ausencia de aire también llamada pirólisis (Pacheco, 2005, pp. 1-59). “El carbón es un material inerte que tiene la propiedad de absorber y exhalar humedad de acuerdo con el medio donde se encuentre” (De Bedia, 2018, pp. 1-5).

El carbono fijo es una de las propiedades más importantes para definir el destino del carbón, ya que los carbones con mayor contenido de carbono fijo tienen más poder calórico y se emplean en la industria metalúrgica (De Bedia, 2018, pp. 1-5).

Problema

La ganadería y la deforestación en todo el planeta ha provocado que la función de absorber el dióxido de carbono se reduzca, haciendo que el dióxido de carbono almacenado en los árboles se libere a la atmósfera y aumente el efecto invernadero. En la actualidad, debido a que los combustibles fósiles se van agotando, la madera como biocombustible recobra importancia y se vislumbra como alternativa de uso energético. Este potencial de energía demanda el desarrollo de

estudios que permitan aprovechar la biomasa forestal maderable, sin dejar de lado el uso racional y sostenible de este recurso.

Ecuador cuenta con muy poca información sobre la cantidad de carbono almacenado en la madera de ciertas especies arbóreas, el estudio resulta de gran importancia para el sector forestal ya que se ofrecerá información para su comercialización o para pagos por servicios ambientales.

Justificación

Debido a la industrialización y la frecuente intervención humana que son responsables de la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en el mundo, es necesario tener información sobre la capacidad que tienen ciertas especies forestales de contener carbono almacenado, ya que los bosques fijan dióxido de carbono a través de la fotosíntesis y lo almacenan en su biomasa, por lo que al disminuir la superficie de bosques se pierde el dióxido de carbono retenido en los sumideros de carbono ya existente y además se restringe la capacidad de absorber más carbono (FAO, 2001, p. 1).

La madera es una de las fuentes de energía más importantes para el ser humano; sin embargo, en la actualidad existe la dificultad de encontrar información básica acerca de la forma de utilización de esta en el sector industrial como energía y la información disponible se encuentra en forma deficiente (Herrera & Vásquez, 2006 pp. 3557-3564).

Conocer el contenido de carbono fijo almacenado en ciertas especies forestales en el sector industrial resulta de importancia ya que es una de las propiedades más importantes para definir el destino del carbón. Con base a la problemática este estudio pretende determinar la cantidad de carbono fijo almacenado en la madera en dos especies forestales de diferentes provincias y a su vez comparar entre especies el contenido de carbono fijo almacenado en cada una de ellas.

Objetivos

Objetivo General

Estimar la cantidad de carbono fijo almacenado en la madera de dos especies forestales comerciales en la provincia de Napo y Chimborazo.

Objetivos Específicos

- Identificar dendrológicamente las especies forestales comerciales
- Determinar el porcentaje de contenido de humedad de las dos especies forestales comerciales.
- Estimar el carbono fijo almacenado en la madera de las dos especies forestales comerciales.

Hipótesis

Nula

No existe diferencias significativas en el contenido de carbono fijo almacenado entre ninguna de las dos especies forestales comerciales

Alternativa

Existe diferencias significativas en el contenido de carbono fijo en una de las especies forestales comerciales

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Calentamiento global

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos Gases de Efecto Invernadero (GEI) que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales. Una capa “más gruesa” de gases de efecto invernadero retiene más los rayos infrarrojos y hace elevar la temperatura (Benavides et al., 2007, pp. 1-99).

Es el fenómeno observado que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. También es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas. La opinión científica mayoritaria sobre el cambio del clima dice que “la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 100 años es atribuible a la actividad humana”. Las simulaciones parecen indicar que la principal causa del componente de calor inducido por los humanos se debería al aumento de dióxido de carbono. La temperatura del planeta ha venido elevándose desde finales del siglo XIX, cuando se puso fin a la etapa conocida como la pequeña edad de hielo (Benavides et al., 2007, pp. 1-99).

Sin embargo, Caballero et al., (2007, pp. 1-11), indica que los efectos del calentamiento global ya se han sentido en nuestro planeta, quizás uno de los más claros es que los glaciares se derriten, tanto los de las montañas como los que forman los casquetes polares (Ártico y Antártico). Una consecuencia directa de esto es que, al haber menos agua en forma de hielo en el planeta, la tendencia hacia un aumento en el nivel del mar es lenta pero segura, con lo que las ciudades costeras se encuentran en riesgo cada vez más a grandes inundaciones.

1.1.1. *Cambio Climático*

El clima no ha sido constante a lo largo de la historia. Los registros históricos y geológicos muestran claramente las variaciones del clima en una amplia gama en la escala temporal. En la escala pequeña, de unos cuantos meses, las variaciones están representadas por sucesiones de periodos secos y lluviosos a lo largo del año (Benavides et al., 2007 pp. 1-102).

El cambio climático hace referencia a una variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante períodos prolongados, generalmente décadas o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos, tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas y cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra (IPC, 2018 pp. 73-94).

1.1.2. *Efecto Invernadero*

Se refiere a un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la tierra se calienta. La atmósfera terrestre es una delgada capa de gases que rodea a nuestro planeta, este es muy importante dado que en ella residen los gases que son fundamentales para el desarrollo de la mayor parte de la vida en el planeta (Caballero et al., 2007, pp. 1- 11).

Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes, esta propiedad ocasiona el efecto invernadero (IPC, 2018 pp. 73-94).

El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Asimismo, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, el N₂O y el CH₄, el Protocolo de Kyoto contempla los gases de efecto invernadero: hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) (IPC, 2018 pp. 73-94).

1.1.3. *Dióxido de Carbono (Co2)*

Es uno de los gases traza más comunes e importantes en el sistema atmósfera-océano-Tierra, es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. Este gas tiene fuentes antropogénicas y naturales. Dentro del ciclo natural del carbono, el CO₂ juega un rol principal en un gran número de procesos biológicos. En relación con las actividades humanas el CO₂ se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados y gas natural) y leña para generar energía, por la tala y quema de bosques y por algunos procesos industriales como la fabricación del cemento (Benavides et al., 2007, pp. 1-99).

En escala global, según Benavides et al., (2007, pp. 1-99), observó que las mayores concentraciones de CO₂ se presentan en el hemisferio norte, donde se encuentra la totalidad de los países industrializados responsables exclusivos del aumento de la concentración de la mayoría de los gases de GEI que se han ido acumulando en la atmósfera desde la revolución industrial a mediados del siglo XIX.

1.1.4. Metano (CH₄)

Para Benavides et al., (2007, pp. 1-99), indican que el metano es un fuerte GEI y juega un papel importante en la determinación de la capacidad de oxidación de la troposfera. Mientras que la Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía, (2010, pp. 1-11), menciona que el metano se libera a la atmósfera cuando la materia orgánica se descompone en ambientes carentes de oxígeno. Las emisiones naturales proceden de humedales, termitas, y océanos. Las fuentes humanas incluyen la extracción y quema de combustibles fósiles, la cría de ganado, los arrozales y la descomposición de residuos en vertederos. Hay estudios que demuestran que el ganado puede eructar a un ritmo de dos veces por minuto, liberando una media de 908 gramos de metano por vaca, al día. Se ha demostrado que el metano es el gas invernadero que más está aumentando. Muchos científicos creen que la destrucción de las selvas tropicales puede ser una de las razones para el aumento de las concentraciones globales de metano. Se piensa que cuanto más se talan los bosques, más árboles muertos pueden ser atacados por termitas, aumentando así las concentraciones de metano (Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía, 2010, pp. 1-11).

1.1.5. Óxido Nitroso (N₂O)

El óxido nitroso, cuyas fuentes son de carácter natural y antropogénico, contribuye con cerca del 6% del forzamiento del efecto invernadero. Sus fuentes incluyen los océanos, la quema de combustibles fósiles y biomasa y la agricultura. La fuente más importante de óxido nitroso son las emisiones generadas por suelos agrícolas y en menor grado por el consumo de combustibles fósiles para generar energía y las emitidas por descomposición de proteínas de aguas residuales domésticas (Benavides et al., 2007, pp. 1-99).

1.1.6. Ozono (O₃)

Es un gas traza que existe de forma natural en la atmósfera. En la estratosfera, absorbe la mayoría de las radiaciones potencialmente dañinas de los rayos UV del sol que pueden causar cáncer de piel y daños en la vegetación entre otras cosas. El ozono de niveles más bajos se produce principalmente a partir de precursores (óxido nitroso, N₂O), en su mayoría procedentes del

tráfico. A nivel del suelo, el ozono es el principal constituyente del smog fotoquímico (Benavides et al., 2007, pp. 1-99).

1.1.7. Clorofluorocarbonados (CFCs)

Son compuestos artificiales que se utilizaron en primer lugar como refrigerantes en los años 30 y posteriormente se extendieron ampliamente como propelentes de aerosoles, como agentes espumantes en la industria del jabón, y en aparatos de aire acondicionado. Aunque su presencia en la atmósfera es muy baja, sus moléculas pueden absorber el calor miles de veces mejor que el dióxido de carbono (Benavides et al., 2007, pp. 1-99).

1.1.8. Carbono en ecosistemas forestales

Según Dauber et al., (2000, pp. 1-10), los bosques juegan un rol principal no solo como factor de desarrollo de un país y de sus modelos de sostenibilidad, sino que adquieren protagonismo mundial por su probable reconocimiento como sumideros en los sistemas contables de los ciclos de carbono.

Se estima que el 80% del carbono que vegetación y suelos intercambian con la atmosfera corresponde a los bosques. Estos, al incorporarse el carbono en el crecimiento de los árboles, actúan como sumidero (2,30 Gt C año⁻¹ en términos muy amplios) y juegan un papel importante en el balance de carbono, contribuyendo a reducir el contenido en la atmosfera del CO₂ procedente de las emisiones antropogénicas (Pardos, 2010, pp. 15-253).

1.2. Plantaciones forestales

Se definen como aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Estas pueden ser especies introducidas o indígenas que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10 por ciento de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m (FAO, 1997, p.1).

Actualmente las plantaciones forestales cien años después son de muy alta tecnología tanto en la producción y el mantenimiento de los rodales, como en su rendimiento y cosecha, llegando a desarrollarse variedades y clones de árboles de muy rápido crecimiento por técnicas de mejoramiento genético convencional, con mayor eficiencia en el uso del agua en términos de peso de biomasa producida por peso de agua consumida citado por (Llerena et al., 2007, pp. 79-110).

Según Prado (2019, pp. 10-167), la humanidad ha plantado árboles desde hace miles de años con diversos objetivos, entre ellos la producción de alimentos, madera, gomas, resinas, taninos, o simplemente con fines ornamentales.

1.2.1. *Plantación en lindero*

Para Somarriba (2019, pp. 55-58), es una plantación lineal con diferentes propietarios en sus dos colindancias; los linderos demarcan el perímetro de la finca.

1.2.1.1. *Ventajas*

Las ventajas que tiene las plantaciones forestales en linderos es mejorar el valor económico de la propiedad y el valor estético del paisaje, la plantación en linderos reduce el tiempo de cosecha porque cada árbol tiene menos competencia y la baja densidad de árboles y su distribución lineal entre áreas agropecuarias contribuyen a disminuir la propagación de plagas y enfermedades forestales (Beer, 2012, p. 199).

1.2.1.2. *Desventajas*

Las desventajas que presenta una plantación según Beer (2012, p. 199) son:

- La influencia de los árboles en linderos se extiende a las dos áreas que se pretende delimitar, por lo que eventualmente pudiera haber conflictos de intereses entre vecinos (reclamos por la sombra o por el aprovechamiento de productos maderables comerciales).
- Si los árboles se plantan en el límite de la propiedad y sirven de soporte para el alambre que divide los predios, esta práctica afectará negativamente la calidad de la madera por los clavos o grapas usados.
- El valor comercial de los productos maderables de los linderos puede disminuir por la forma más cónica o ramificada de los árboles al existir una menor competencia lateral que en plantaciones en bloque.

1.2.2. *Plantaciones con fines de producción*

Es el establecimiento de bosques, realizados con el propósito de obtener bienes tales como madera, leña, carbón, resinas, frutos, corteza, hojas, miel y otros en forma continua y sostenida. Se estima que este tipo de plantaciones, en especial las de “árboles de rápido crecimiento” para

la producción de papel y madera, se incrementan globalmente a un ritmo de 1 millón de hectáreas al año (Llerena et al., 2007 pp. 79-110).

1.2.3. *Plantaciones con fines de protección*

Es el establecimiento de árboles y bosques con el fin de mantener la estabilidad del medio (en laderas, valles o riberas), de acuerdo con la capacidad de uso mayor del terreno (“Protección”), con fines de rehabilitación de áreas degradadas y, combinadas con arbustos y otras plantas en fajas o barreras cortavientos, para la protección de cultivos y propiedades. Hay una variedad de situaciones que requieren de este tipo de plantación como taludes, cárcavas, áreas en proceso de erosión, etc. (Llerena et al., 2007 pp. 79-110).

1.2.4. *Plantaciones con fines de servicios ambientales*

Tales como captura de carbono, mejora de la calidad del agua y mantenimiento o incremento de la biodiversidad local natural (Llerena et al., 2007 pp. 79-110).

1.2.5. *Identificación de especies forestales*

La identificación de las especies está en torno a la dendrología, que es la rama de la botánica, se ocupa del estudio de las plantas leñosas, principalmente de árboles y arbustos, centrándose principalmente en las especies de importancia económica, examinándolas desde el punto de vista sistemático y fitogeográfico, pero también en los aspectos anatómicos y fisiológicos, en relación con el crecimiento del tronco, producción de madera y aspectos ecológicos de su crecimiento (Cueva, 2014, pp. 9-258).

Utilizando principalmente la descripción de las hojas, tallos, flores y frutos para identificar las distintas especies de árboles a través de claves dicotómicas que las van agrupando por sus características citado por (Cueva, 2014, pp. 9-258).

1.2.6. *Caracterización dendrológica*

La caracterización de las especies de basa en la morfología de los árboles enfatizando aspectos destacados de la morfología de los órganos vegetativos y reproductivos de las especies leñosas. Así tenemos: basada en la taxonomía, morfología floral, anatomía, fitoquímica, usando caracteres secundarios para su fácil reconocimiento. Ej. Porte, forma de copa y del tronco, estructura y aspecto de corteza y de las hojas; presencia de acúleos, espinas, látex, exudaciones, olores, etc. (Cueva, 2014, pp. 9-258).

1.2.7. Herbario

El herbario es un banco de datos sobre la flora de una localidad, región o país. En un herbario se archivan colecciones de ejemplares vegetales "secos" ordenados de acuerdo con un reconocido sistema taxonómico destinado a estudios científicos y comparativos de identificación sistemática (Caranqui, 2011, pp. 1-11).

Según Cerón (2012, pp. 9-21), el herbario es el lugar donde se depositan muestras representativas de las plantas, incluyendo la información geográfica, ecológica del lugar de colección y la historia filogenética de los vegetales de un determinado país, región o de todo el mundo. Los herbarios son herramientas de primordial importancia para la taxonomía vegetal, entre otras razones porque proveen el material comparativo que es fundamental para descubrir o confirmar la identidad de una especie, o determinar si la misma es nueva para la ciencia.

Adicionalmente, los herbarios son esenciales para estudios en áreas tales como: sistemática, ecología, evolución, morfología, anatomía, etnobotánica, conservación de recursos naturales, biogeografía, medicina, criminalística, paleobotánica, palinología, genética, fenología, jardinería y educación. Los herbarios son una fuente de información acerca de las plantas y del medio en que habitan y suponen en sí mismos un registro permanente de la biodiversidad (Moreno, 2007, pp. 415-427).

1.2.8. Importancia de herbario

Según Fernández (2015, pp. 1-36), la importancia de los herbarios se debe a que:

- Documentan y desarrollan una base científica sólida que ayuda a entender la diversidad florística nacional.
- Constituyen una referencia de la flora ecuatoriana.
- Fundamentan los estudios taxonómicos, sistemáticos, filogenéticos, fitogeográficos, ecológicos, etnobotánicos y de conservación.
- Registro histórico en tiempo y espacio de dónde se encuentra una planta.
- La información de los especímenes conservados en los herbarios son la materia prima que sirve para generar el conocimiento sobre las plantas.

1.2.9. *Procesos operativos*

Según Caranqui (2011 págs. 1-11), los procesos operativos para la identificación de especies forestales son:

- **Colecta de plantas.** Para tener una colección de calidad se debe tener muestras de calidad para lo cual, los especímenes se deben coleccionar fértiles, con la respectiva información de la localidad, características de la planta e información general.
- **Secado de plantas.** Se utilizará la secadora de plantas a gas del Herbario a una temperatura de 70 °C, con una duración de 8 horas; antes de esto se agrupa las plantas en prensas de hasta 40 cm de alto previa presión. Las muestras en la prensa están intercaladas con secantes y corrugados de aluminio.
- **Identificación.** Se procede a la identificación previa de las muestras por comparación de las muestras existentes en la colección del Herbario. De las muestras que no han sido identificadas, un duplicado se distribuirá a los Herbarios de amplia trayectoria como son: Nacional y católica en la ciudad de Quito y al especialista para su posterior identificación.
- **Elaboración de etiquetas.** Con base en la información levantada en la libreta de campo se procede a elaborar las etiquetas de acuerdo con formatos internacionales.
- **Montaje.** Quiere decir pegar una muestra botánica con goma blanca en una cartulina (29x41 cm), además deberán acompañar la etiqueta en el lado inferior derecho, el sello del Herbario en el lado superior derecho y un sobre pequeño en el lado superior izquierdo. Después se cocerá las partes más gruesas o leñosas para sujetar la muestra.
- **Catalogación (Archivo en la Colección).** Una vez montadas las muestras, se realizará el pre-archivo alfabético de las muestras por Familias, para luego ser depositados en sus respectivos casilleros de Familia, Género y especie según el caso.
- **Intercambio.** Aquellos duplicados sobrantes, se reparten a los distintos Herbarios del Ecuador, principalmente el Herbario Nacional del Ecuador (QCNE), Herbario Universidad Católica (QCA), Herbario Universidad Central, Escuela de Biología (QAP), y también para los especialistas de las distintas Familias de plantas que se encuentran en el exterior, por intermedio del Herbario Nacional.

- **Determinaciones.** Luego de un tiempo prudencial los Herbarios antes mencionados envían la identificación de las muestras de intercambio. Esta información es ubicada en etiquetas de determinación para posteriormente transcribir la identificación. En dicho formato además del nombre de la especie debe estar el nombre del Botánico que actualizó la información, institución a la que pertenece (acrónimo) y fecha. Esta información además debe constar en la libreta de campo del colector.
- **Base de Datos** A partir de la libreta de campo de los distintos colectores se procede a ingresar la información correspondiente. Toda la información de la base de datos nos sirve para sistematizar las muestras del Herbario y la información correspondiente a las especies que se desarrollan en un área dada, su distribución utilidades, estado de conservación, etc.

1.3. Madera

Según Villalba (2010, pp. 1-7), la madera es la parte sólida de los árboles que se encuentra debajo de la corteza. Así, madera es el conjunto de tejidos, de cierta dureza, que constituyen la mayor parte del tronco y las ramas del árbol. La madera es un material fibroso formado por:

- Celulosa (50%)
- Lignina, que es el elemento que mantiene unidas a las fibras (30%). Es como el “cemento” de la madera.
- Otros elementos: resina, agua, almidón, (20%)

Sin embargo, Aguilar et al., (2012 pp. 2-27), mencionan que la madera es un material biológico de origen vegetal. Forma parte del tronco de los árboles y su función es transportar agua y sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas, da soporte a las ramas que forman la copa y fija las sustancias de reserva almacenando los productos transformados en las hojas. Todas estas funciones determinan la naturaleza de la madera caracterizada por su porosidad y elevada resistencia en relación con su peso, propiedades éstas que la hacen, totalmente, diferente a otros materiales de construcción.

1.3.1. Propiedades físicas de la madera

1.3.1.1. Higroscopicidad

La higroscopicidad de la madera es la variación de la densidad de esta cuando su contenido de humedad varía en una unidad. Una madera colocada en un local, por ejemplo, al 40 % de humedad relativa y 20°C de temperatura, alcanzará una humedad de equilibrio del 8 %. Esto significa que será necesario secarla hasta ese valor y colocarla con ese contenido de humedad para que no sufra alteraciones de humedad y por consiguiente cambios dimensionales (Juela , 2015 pp, 1-68).

Aguilar et al., (2012, pp. 2-27), menciona que la madera es un material higroscópico y absorbe y elimina humedad de acuerdo con el ambiente en que se encuentra. Estas variaciones de contenido de agua llevan aparejadas la variación tanto en peso como en volumen de la madera. El hinchamiento se relaciona con la absorción de agua y la contracción o retractibilidad con la eliminación del líquido; es mayor en maderas blandas (álamos, pinos), y menor en maderas duras (lapacho, incienso).

1.3.1.2. Densidad

Según Juela (2015, pp. 1-68), menciona que la densidad de la madera es la relación entre la masa y el volumen. La densidad depende de la especie y es muy variable. Sin embargo, Aguilar et al., (2012 págs. 2-27) indican que la densidad de las maderas es una característica física importante, en la que se distingue la densidad absoluta que es constante por tratarse del peso sin las cavidades o poros de la celulosa y sus derivados, y la densidad aparente que tiene en cuenta los vasos y poros de la madera, por lo tanto, es muy variable dependiendo del grado de humedad que la misma posea. Esta característica es importante a la hora de pensar en el peso para su transporte. En cuanto a la homogeneidad podemos decir que, cuando la estructura y composición de las fibras es uniforme, en cada una de sus partes la madera es homogénea.

1.3.1.3. Contenido de humedad

La variación del contenido de humedad en la madera produce una variación de sus dimensiones; cuando aumenta dicho contenido se hincha, mientras que cuando disminuye se contrae a partir del punto de saturación de las fibras (Juela, 2015, pp. 1-68).

Por otro lado, Villalba (2010, pp. 1-7), menciona que la cantidad de agua que tiene la madera en su estructura. Está relacionada con su peso y afecta a otras propiedades físicas y mecánicas. Elemento que se debe reducir para obtener una madera útil, desde un punto de vista tecnológico. En un árbol recién cortado, su madera contiene una gran cantidad de agua que se localiza tanto en los vasos y lúmenes celulares como en la pared celular y en otros espacios que constituyen la misma. Las maderas livianas contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas por su constitución porosas. De igual manera, la albura por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un mayor contenido de humedad que el duramen. Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo citado por (Juella, 2015, pp. 1-68).

Así mismo Villalba (2010, pp. 1-7), indica que la madera según el contenido de humedad se clasifica en:

- **Maderas verdes:** Alto grado de humedad (30 -35%). Maderas recién cortadas que no deben usarse para trabajos, pues al secarse por la contracción se encogen y agrietan.
- **Maderas desecadas:** Se reduce el grado de humedad hasta el 10 – 12% por procesos naturales, apilándolas de manera adecuada y permitiendo que el aire circule entre las tablas para ir reduciendo el exceso de agua.
- **Maderas secas:** Se reduce la humedad hasta el 3% empleando procesos artificiales. Las maderas se secan de forma más rápida por métodos artificiales, en grandes hornos, consiguiendo la dureza y resistencia deseadas.

1.4. Carbón

Se puede definir como una roca sedimentaria, de naturaleza orgánica, combustible, formada a partir de la transformación de grandes cantidades de materia vegetal que se acumuló en cuencas originalmente poco profundas.

1.4.1. Importancia del carbón

El carbón constituyó la principal fuente de energía hasta hace pocos años, en que empezó a ser sustituido por el petróleo y en menor proporción por la energía nuclear. Tiene muchos usos importantes, aunque lo más significativos son la producción de electricidad, la fabricación de acero y cemento y otros procesos industriales de producción de calor. La ventaja del carbón está

en su precio, pero su inconveniente es que con las técnicas de uso tradicionales produce una alta contaminación (Romero , 2015, pp. 1-111).

1.4.2. Carbono

El carbono en la naturaleza se encuentra por doquier. En el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos (los carbonatos), y en el aire como dióxido de carbono. Todos los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono, que obtienen como resultado de sus procesos metabólicos realizados durante su crecimiento y desarrollo, y que son liberados cuando éstos mueren. Aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento, por lo que es uno de los más importantes de la vida (Maquera, 2017, pp. 11-92).

Tacarpo (2018 págs. 1-125), indica que el C es la unidad principal de la vida en este planeta y su ciclo es fundamental para el desarrollo de todos los organismos, es el elemento básico en la formación de las moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleídos, todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de C enlazadas entre sí.

1.4.3. El ciclo del carbono

Romero (2015, pp. 1-111), menciona en su cita que, este ciclo gira especialmente alrededor del bióxido de carbono, ya que constituye la especie química predominante en la atmósfera; Este ciclo funciona básicamente a través de la fotosíntesis, la respiración, las emisiones de gases por quema de combustibles fósiles y fenómenos naturales como las erupciones volcánicas, así mismo afirma que, el ciclo del carbono es el responsable de la cantidad de CO₂ contenido en la atmósfera, ya que es el mecanismo que equilibra las cantidades de carbono presentes en los diferentes reservorios o almacenes de carbono en el planeta. Como consecuencia se establece todo un balance de carbono a través de procesos fijadores o almacenadores de carbono y otros que a su vez lo emiten.

1.4.4. Sumidero de carbono

Los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo. Se conoce como sumidero todo sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena. Las formaciones vegetales actúan como sumideros por su función vital principal, la fotosíntesis. Mediante esta función los vegetales absorben CO₂ que compensa las pérdidas de este gas que

sufren por la respiración y lo que se emite en otros procesos naturales como la descomposición de materia orgánica (Ruano, 2019, pp. 3-60).

1.4.5. Captura de Carbono en la biomasa arbórea

El almacenamiento de carbono en árboles es un servicio ambiental que valoriza la incorporación de especies arbóreas en sistemas agroforestales, y se suma así a posibles beneficios para el productor que adopta estos sistemas alternativos, beneficios hídricos en relación con el incremento productivo de pastizal y bosque, y beneficios al nivel de fijación de carbono por medio de “bonos verdes” o “de carbono” o su equivalente en impuestos, etc. (Romero , 2015, pp. 1-111).

1.5. Propiedades Químicas de la madera

1.5.1. Materiales Volátiles

De Bedia (2018, pp. 1-5), indica que la materia volátil en el carbón vegetal comprende todos esos residuos líquidos y alquitranosos que no fueron eliminados completamente durante el proceso de carbonización o quemado. El carbón vegetal con mucha materia volátil se enciende fácilmente, al quemar produce mucho humo, es menos quebradizo, tiene más capacidad de absorber y exhalar la humedad. Un carbón con pocos volátiles tiene dificultades al encenderse, pero su combustión es muy limpia.

Mientras que Santurio (2002 págs. 2-226), menciona que la cantidad de material volátil puede darnos una idea del comportamiento del carbón frente a los procesos de combustión, licuefacción y coquización a que pudiera ser sometida. Los materiales volátiles del carbón se determinan por calentamiento de una muestra bajo unas estrictas condiciones de control.

1.5.2. Carbono fijo

Se denomina carbono fijo al residuo combustible que queda al eliminar la materia volátil en una muestra de carbón. El carbono fijo presenta la porción de combustible que debe quemar en estado sólido bien sea en el hecho de un hogar o como partículas pulverizadas en una caldera (Santurio, 2002, pp. 2-226).

El contenido de carbono fijo en el carbón varía desde un mínimo del 50% hasta uno muy elevado del 95%. Esta es una de las propiedades más importantes para definir el destino del carbón, ya

que los carbones con mayor contenido de carbono fijo tienen más poder calórico y se emplean en la industria metalúrgica (De Bedia, 2018, pp. 1-5).

El carbono fijo se determina a partir de la diferencia entre 100 y la suma de los porcentajes de humedad, materias volátiles y cenizas; precisamente por esta razón su determinación incorpora ciertos errores (Santurio, 2002, pp. 2-226).

1.5.3. Contenido de Cenizas

Las cenizas son el residuo no combustible que permanece después de la completa incineración del carbón. El peso de las cenizas suele ser ligeramente inferior que el de la materia mineral originariamente presente en el carbón, antes de la combustión (Santurio, 2002, pp. 2-226).

Santurio (2002, pp. 2-226), indica que ASTM define las cenizas del carbón como residuo inorgánico que permanece después de la incineración de la sustancia combustible, determinado mediante métodos previamente establecidos.

Por otro lado, De Bedia (2018, pp. 1-5), menciona que el contenido de cenizas en el carbón vegetal varía desde alrededor del 0,5% a más del 5%, dependiendo de la especie de madera, la cantidad de corteza incluida con la madera en el horno y la cantidad de contaminación con tierra y arena. Típicamente, un buen carbón vegetal tiene un contenido de cenizas de alrededor del 3%. Se trata de sustancias minerales que componen la madera empleada para hacer el carbón como la arcilla, sílice, óxidos de calcio y de magnesio, entre otras, pero también puede contener residuos recogidos del suelo, durante el proceso de carbonización, almacenamiento y transporte.

1.6. Normativa técnica

1.6.1. ¿Qué es una normativa técnica?

Según López (2020, pp. 321-322), una norma técnica es un documento que establece, por consenso, y con la aprobación de un organismo reconocido, las condiciones mínimas que debe reunir un producto, proceso o servicio, para que sirva al uso al que está destinado. Los productos elaborados conforme a normas son más aptos, más seguros, de buena calidad y poseen información para guiar al consumidor. Las normas de sistemas de gestión ayudan a encontrar oportunidades de mejora, son propicias para la reducción de los costos y resguardan el ambiente.

Por otro lado, Seguridad de productos (2017, p. 1), indica que es un documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, y cuya observancia no es obligatoria. También pueden incluir prescripciones en materia de terminología, símbolos, embalaje, marcado o etiquetado aplicables a un producto, proceso o método de producción.

1.7. Determinación del contenido de Humedad

1.7.1. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1160:1983

Esta norma establece los métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad en las maderas, base principal para analizar las propiedades tecnológicas (INEN, 2012, pp. 1-5).

1.7.2. Disposiciones Generales

1.7.2.1. Preparación de la Muestra.

- Las probetas que se tomen deben ser representativas del lote, en lo posible, de una sección transversal completa, uniforme, y no menores de 25 mm a lo largo del grano; en general, el volumen de la probeta debe ser mínimo de 33 cm³. Para el corte deben utilizarse herramientas que generen el menor calor posible.
- Las partículas adheridas a la probeta deben eliminarse antes de pesarla.
- Pesar las probetas inmediatamente o, en su defecto, colocarlas en recipientes herméticos hasta su pesaje.

1.7.2.2. Instrumental

Balanza, que permita determinar la masa con una exactitud hasta de 0,1 g.

Estufa eléctrica. Provista de termo-regulador, que permita operar a una temperatura de $103 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Desecador de laboratorio. Provisto de sustancia higroscópica adecuada.

1.7.2.3. Procedimiento

Pesar las muestras y colocarlas en la estufa, aplicar un calentamiento gradual hasta alcanzar los $103 \pm 3^\circ\text{C}$; las muestras a esta temperatura deben permanecer por lo menos 20 horas; luego de sacarlas de la estufa, enfriarlas en el desecador y pesarlas hasta obtener la constante de masa.

1.7.2.4. Cálculos

El contenido de humedad se obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$CH = \frac{P - Psh}{P} * 100$$

Donde:

CH = contenido de humedad, en porcentaje.

P = masa original de la muestra, en gramos.

Psh = masa de la muestra anhidra, en gramos.

1.8. Determinación de Carbono Fijo

Para poder determinar el carbono fijo existente en las especies primero se debe calcular lo siguiente:

1.9. Determinación de Carbono Volátil

1.9.1. Normativa ASTM D-3175-89(02)

Según Ramírez (1992, p. 202), los materiales volátiles son desprendimientos gaseosos de la materia orgánica e inorgánica durante el calentamiento.

En una muestra de masa conocida, la muestra es calentada a 900°C fuera del contacto con aire durante 7 minutos, a medida que la masa se calienta, se desprenden productos gaseosos y líquidos. Existen desprendimientos a bajas temperaturas, pero aumenta a partir de los 550°C , los constituyentes gaseosos son principalmente agua, hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano y otros. Generalmente un calentamiento rápido aumenta el porcentaje de material volátil, por este motivo el análisis de materias volátiles está normalizado.

$$\%MV = \left[C - \frac{D}{C} \times 100 \right] - \% \text{Humedad}$$

Dónde:

C= Peso inicial, gr muestras utilizado

D=Peso final, gr de muestra después del calentamiento

1.10. Determinación de Cenizas

1.10.1. Normativa ASTM D-3174-00

La ceniza se determina pesando el residuo restante después de quemar el carbón o coque en condiciones controladas rígidamente, por ejemplo, la temperatura, el tiempo, el ambiente, y las especificaciones del equipo (Barreto, 2021, pp. 1-7).

1.10.1.1. Instrumental

- Mufla eléctrica, Horno para Carbón o determinación de coque
- Cápsulas de porcelana
- Balanza
- Tapa del crisol

1.10.1.2. Procedimiento

- Colocar la cápsula que contiene la muestra en un horno frío y gradualmente ajuste calor a una velocidad tal que la temperatura alcanza de 450 a 500 ° C en 1h.
- Las muestras de carbón deben exponerse al calor de modo que la temperatura final sea de 700 a 750 ° C se alcanza al final de la segunda hora. Las muestras de coque deben exponerse al calor de modo que la temperatura final sea 950 ° C se alcanza por el final de la segunda hora. Continuar calentando a la temperatura final durante 2 h adicionales.
- Retire la cápsula de la mufla, coloque la tapa de la cápsula, mantenga bajo condiciones frías para minimizar la absorción de humedad, y pesar.
- NOTA 1. Si bien el intervalo de la incineración de 4 h descrito es suficiente con la mayoría de los carbones para llegar a un estado en el que se quema por completo, ciertos coques y carbones no reactivos pueden requerir tiempo adicional. Si se observan partículas de carbón sin quemar, o si los resultados son sospechosas, las muestras

deben ser devueltas al horno durante un tiempo suficiente para alcanzar un peso constante (± 0.001 g). El límite de tiempo de 4 h se puede reducir si la muestra alcanza un peso constante a 700 a 750 ° C en menos de 4 h.

1.10.1.3. Cálculo

Calcular el porcentaje de la ceniza en la muestra de análisis como se muestra:

$$\text{Ceniza}\% = \frac{A - B}{C} \times 100\%$$

Dónde:

A= Peso del crisol, tapa, y ceniza, en gramos

B= Peso del crisol vacía y tapa en gramos

C= Peso de la muestra para análisis, en gramos

1.11. Determinación de Carbono fijo

1.11.1. Normativa ASTM D-3172

Según Sierra & Builes (2006 pp. 3557-3564), indican que en la normativa ASTM 3172. El carbono fijo es la parte que no es volátil y quema en estado sólido. Es la diferencia entre la suma de la humedad residual, ceniza y material volátil y 100 así:

$$CF = 100 - (HuR + C + MV)$$

Donde:

HuR= Humedad relativa

C = Cenizas

MV= Material volátil

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Caracterización del lugar

2.1.1. Localización del sitio para *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski.

El estudio para la especie *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski, se efectuó en la provincia de Napo, cantón Tena, parroquia Ahuano, comunidad Kichwa Rio Blanco.



Figura 1-2. Ubicación del área de estudio para la especie *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

2.1.1.1. Ubicación geográfica

Tabla 1-2: Coordenadas Geográficas UTM de la zona en estudio

Región:	Oriente
Latitud (X):	882105
Longitud (Y):	9888401
Altitud:	600 y 1300 msnm
Fenología:	siempre verde

Fuente: INAMHI, 2020.

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

2.1.1.2. Clasificación ecológica

Según MAE (2013, pp. 6-232), Napo es un bosque siempreverde piemontano de Galeras, Bosques ubicados en la base de las estribaciones orientales de Galeras.

2.1.2. Localización del sitio *Eucalyptus globulus* Labill

El estudio para la especie *Eucalyptus globulus* Labill, se efectuó en la provincia de Chimborazo, cantón Guano, parroquia San Andrés.

Figura 2-2. Ubicación del área de estudio para la especie *Eucalyptus globulus* Labill



Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Tabla 2-2: Coordenadas Geográficas UTM de la zona en estudio

Región:	Sierra
Latitud (X):	756545
Longitud (Y):	9823197
Altitud:	
Fenología:	

Fuente: INAMHI, 2020.

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

2.1.2.1. Clasificación ecológica

Matorral seco montano y Espinar seco montano, sector valles interandinos, subregión norte y centro (MAE, 2013, pp. 6-232). Este ecosistema se registra aproximadamente entre 1200 y 2600 msnm; en áreas abiertas degradadas y con pendiente fuerte, tiene una fenología de semidecíduo.

2.2. Materiales y equipos

Durante la presente investigación se utilizarán los siguientes equipos y materiales:

2.2.1. Equipos de protección personal (EPP)

- Casco
- Calzado Adecuado
- Gafas
- Mandil

2.2.2. Equipos de Campo

- Cámara fotográfica
- GPS

2.2.3. Materiales de Campo

- Bolsas plásticas transparentes
- Esfero o lápiz
- Flexómetro
- Mochila
- Marcador
- Libreta de campo
- Papel periódico
- Tijeras de podar

2.2.4. Materiales de laboratorio

- Crisoles

- Pinza
- Recipiente

2.2.5. Equipos de laboratorio

- Balanza analítica
- Cronómetro
- Estufa
- Mufla

2.2.6. Material biológico

- Probetas de madera de estudio

2.2.7. Material vegetativo

- Muestras botánicas
- Probetas de madera

2.2.8. Materiales de oficina

- Hojas de papel bond, impresora, Computador, Perfil

2.2.9. Materiales Informáticos

- Microsoft Office, Microsoft Excel.

2.3. Marco Metodológico

En la presente investigación se realizó una identificación de familia, género y especie en el herbario de la ESPOCH “CHEP” y la estimación la cantidad de carbono fijo almacenado en la madera de dos especies forestales comerciales en la provincia de Napo y Chimborazo dando cumplimiento a todos los objetivos planteados en esta investigación. La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Química de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH.

2.3.1. Obtención de muestras botánicas

Según la metodología propuesta por Caranqui (2011, pp. 1-11), para la obtención de muestras botánicas en las provincias de Napo y Chimborazo se siguieron los siguientes pasos:

- Selección de especies más representativos
- Se colecto las muestras, las cuales consistían en hojas, flores, es decir, se recolectaron muestras fértiles, con la respectiva información de la localidad y características de la especie.
- Cada muestra fue ubicada en bolsas plásticas y dentro de ello se colocó un papel con su respectiva información.
- En el herbario de la ESPOCH se procedió a prensar las muestras con prensas de madera cubriendo las muestras con papel periódico con la finalidad de secarlos para su posterior identificación, así repitiendo el mismo proceso con la otra especie a identificar.
- Una vez secado las muestras se procedió al montaje en una hoja especial incluyendo la información registrada en mi libreta de campo.
- Finalmente, se realizó la identificación de las especies tanto de la provincia de Napo como de Chimborazo en el herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo “CHEP”.

2.3.2. Contenido de humedad

Según la normativa INEN 1160 señala que las probetas que se tomen deben ser representativas del lote, en lo posible, de una sección transversal completa, uniforme, y no menores de 25 mm. Esta normativa señala que:

- Para la determinación del contenido de humedad se realizó de la parte baja, media y alta del árbol de donde se obtuvo las probetas con dimensiones de 2.5 cm³ de largo, ancho y espesor respectivamente, de cada sección se obtuvo 3 probetas y el mismo procedimiento se realizaron con los 4 árboles de cada especie.
- Una vez obtenida las probetas de madera se procedió pesar las probetas de manera inmediata como indica la normativa INEN 1160 y colocarlo en un recipiente hermético hasta tarar los crisoles.

- Una vez tarado los crisoles, se colocó las muestras de madera en la estufa, se aplicó un calentamiento gradual hasta alcanzar los $103 \pm 3^{\circ}\text{C}$; las muestras a esta temperatura deben permanecer por lo menos 20 horas; luego se colocan en el desecador de 20 a 30 minutos hasta su enfriamiento total. Finalmente pesar en la balanza analítica.
- Una vez realizado este proceso, se procedió a repetir la misma acción dos veces más, ya que es necesario hasta obtener un peso constante en la muestra.
- Para calcular el contenido de humedad de la muestra se aplicó la fórmula estipulada por la Normativa INEN 1160 dando cumplimiento a mi primero objetivo.

2.3.3. Carbono Fijo

Para poder determinar el carbono fijo existente en las especies primero se tuvo que calcular lo siguiente:

2.3.4. Material Volátil

Según la normativa ASTM D-3174-00 se realizó lo siguiente:

- Una vez realizado determinado la humedad, se colocó la muestra en la Mufla durante siete minutos a una temperatura de 900°C , fuera del contacto con el aire.
- Una vez realizado ese proceso, se procedió y sacar las muestras para enfriarlos en el desecador de 20 a 30 minutos ya que al estar muy caliente requerían de más tiempo. Finalmente se pesó en la balanza analítica.

2.3.5. Ceniza

Para determinar el contenido de ceniza existente se utilizó la normativa ASTM D-3174-00, que se basa en:

- Se colocó el crisol con la muestra en la mufla fría y se fue calentando de manera gradual hasta alcanzar a una temperatura de 450°C en una hora. En la segunda hora se fue aumentando la temperatura de tal forma que en la segunda hora llegó a 750°C . Se continuo con la misma temperatura durante dos horas más ya que así lo indica la normativa.

- Las muestras se fueron observando ya que unas muestras alcanzaban a hacerse ceniza en un periodo de menor a 4 horas y otras se salieron del límite de tiempo establecido por la normativa.
- Una vez convertido en ceniza las muestras se procedió a sacar las muestras con las pinzas, para posteriormente colocar en el desecador con su respectiva tapa y se dejó enfriar durante 30 minutos.
- Se tomo el peso en la balanza analítica del laboratorio. Los cálculos se realizaron con lo estipulado en la normativa ASTM D-3174-00.

3.3.6. Carbono fijo

Según la Normativa D3172 indica que el carbono fijo es la diferencia del porcentaje de humedad, material volátil, ceniza y 100.

3.3.7. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DCA). Para el análisis de humedad y carbono fijo de las dos especies forestales se aplicaron las pruebas de normalidad Shapiro-Wilks (parámetros de 50 o más datos). Una vez aplicadas las pruebas de normalidad se determinó que los datos provienen de una distribución normal, por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza.

3.3.7.1. Especificaciones del campo experimental

Tabla 3-2: Especificaciones del campo experimental

Número de especies	2
Numero de tratamientos	4
Repeticiones	3
Número del total experimentos	12
Forma	Cuadrada
Largo	25 mm
Ancho	25mm
Espesor	25mm

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

3.3.7.2. Tratamiento del estudio

Tabla 4-2: Tratamientos en estudio

Tratamientos	Código	Descripción
1	T1	Árbol1
2	T2	Árbol2
3	T3	Árbol3
4	T4	Árbol4

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

3.3.7.3. Repeticiones del estudio

Tabla 5-2: Repeticiones del estudio

Bloque/repetición	Código	Descripción
1	R1	Base del fuste
2	R2	Medio del fuste
3	R3	Ápice del fuste

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

3.3.7.4. Esquema del diseño experimental

Tabla 6-2: Esquema del diseño experimental

Tratamiento	Bloque	Descripción
T1	R1	Base del fuste
T1	R2	Medio del fuste
T1	R3	Ápice del fuste
T2	R1	Base del fuste
T2	R2	Medio del fuste
T2	R3	Ápice del fuste
T3	R1	Base del fuste
T3	R2	Medio del fuste
T3	R3	Ápice del fuste
T4	R1	Base del fuste
T4	R2	Medio del fuste
T4	R3	Ápice del fuste

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

3.3.7.5. Variables de estudio

Las variables de estudio se constituyeron en determinar la humedad en cada una de las dos especies a estudiar y determinar el carbono fijo almacenado en cada una de estas.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación dendrológica de las especies forestales

3.1.1. *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski (Pigue)

3.1.1.1. Clasificación taxonómica de *Piptocoma discolor*

Tabla 7-3: Clasificación taxonómica de *Piptocoma discolor*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Género:	Piptocoma
Especie:	Discolor
Nombre científico:	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski
También citada como:	Pollalesta discolor, Pollalesta karstenii, Pollalesta klugii.
Nombres Comunes:	Piwi, shuywipi (kichwa), tunashiblanco (castellano-kichwa), tsampi'su ccasepa'cho (a'ingae), chilco.

Fuente: Torre et al., 2008, pp. 1-947.

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

3.1.1.2. Descripción Botánica

Según Merino (2010, pp. 1-67), *Piptocoma discolor* es una especie que presenta las siguientes características:

- **Árbol:** alcanza los 25 m de altura, 40 a 50 cm. de Dap, fuste recto bien formado, corteza fisurada escamosa y grisácea; corteza interna con savia acuosa que se vuelve negra después de pocos segundos de realizar un corte, ramitas jóvenes densamente mezclada con pelos estrellados.

- **Hojas:** presenta hojas helicoidales membranáceas, verdes por arriba y homogéneamente pardas por el envés, este aspecto del color da fe de su epíteto botánico.
- **Inflorescencia:** Una cima ancha compuesta de numerosos capítulos.
- **Flores:** son pequeñas, de 7-9 mm de longitud, hermafroditas, con cáliz y corola presentes, el cáliz de 1-2 mm de longitud, cupuliforme, 5-dentado, la corola de 5-6 mm de longitud, tubular, 5-dentada, los estambres 5, epipétalos cerca del ápice de la corola; gineceo con ovario ínfero, unilocular.
- **Frutos:** Pequeños aquenios de unos 2 mm de longitud, de color pajizo, rodeados por las escamas florales persistentes.

3.1.2. (*Eucalyptus globulus* Labill) (*Eucalipto*)

3.1.2.1. Clasificación taxonómica de *Eucalyptus globulus*

Tabla 8-3: Clasificación taxonómica de *Eucalyptus globulus* Labill

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta o Angiospermae
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Myrtales
Familia:	Myrtaceae
Género:	<i>Eucalyptus</i>
Especie:	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill
Nombre científico:	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill
También citada como:	
Nombres Comunes:	Eucalipto blanco, eucalipto azul, blue gum (en inglés)

Fuente: García, 2015, pp. 1-181.

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

3.1.2.2. Descripción Botánica

- **Árbol:** García (2015, pp. 1-181), menciona que en plantaciones es un árbol esbelto que puede alcanzar grandes dimensiones, mientras que Di Marco (2015, pp. 1-3), indica que son árboles perennifolios que con normalidad alcanzan los 30 – 50 metros de altura.
- **Fuste:** recto en árboles creciendo en plantaciones y helicoidal en árboles aislados. La corteza es de color gris, persistente en la base y se desprende en el resto del tronco en largas fajas longitudinales (Di Marco, 2015, pp. 1-3).
- **Corteza:** Su corteza es blanquecina, gris-azulada o verdosa y es muy característica su facilidad para desprenderse del tronco (García, 2015, pp. 1-181).
- **Hojas:** Las hojas juveniles son ovadas-lanceoladas, sésiles, de tonos verdes y glaucos; las adultas son lanceolado-falciformes, con largos peciolo y de color verde oscuro (García, 2015, pp. 1-181).
- **Flores:** bisexuales, blancas, generalmente solitarias, en las axilas de las ramas superiores, son grandes, tetrámeras, con cáliz y corola fusionados formando el opérculo. que se cae en la floración, dejando al descubierto un elevado número de estambres de color cremoso claro, muy vistosos (Di Marco, 2015, pp. 1-3).
- **Frutos:** García (2015, pp. 1-181), indica que sus frutos son cápsulas de cuatro caras, a modo de pirámide invertida, rematadas en la parte superior por un botón. Generalmente se presentan aislados y sin pedúnculo, y son más grandes que los de otras especies del género. Sin embargo, Di Marco (2015, pp. 1-3), señala que el fruto es una cápsula leñosa, dehiscente por cuatro o cinco valvas anchas y triangulares. Semillas negras, angulosas de 2-2,5 mm de diámetro.

3.2. Contenido de humedad

3.2.1. Determinación de humedad en la especie *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski

Tabla 9-3: Porcentaje de humedad en la especie *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski por secciones.

Sección	Humedad (%)	Promedio (%)
Base de árbol 1	35,56	37,15
Base de árbol 2	35,92	
Base de árbol 3	36,40	
Base de árbol 4	40,73	
Medio de árbol 1	39,53	42,38
Medio de árbol 2	42,97	
Medio de árbol 3	38,70	
Medio de árbol 4	48,34	
Ápice de árbol 1	45,10	48,42
Ápice de árbol 2	49,53	
Ápice de árbol 3	45,87	
Ápice de árbol 4	53,20	
Media		42,65

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Tabla 10-3: Valor de la Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) en función del porcentaje de humedad

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDUO humedad	12	0,00	1,04	0,90	0,2491
RDUO carbono fijo	12	0,00	0,36	0,95	0,7500

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks (modificado) ya que contamos con observaciones menores a 20 datos, aplicando la siguiente hipótesis para la prueba de normalidad. Al 5% de error y el 95% de confianza.

H₀=Proviene de una distribución normal

H₁=No proviene de una distribución normal

Se realizó el análisis de normalidad para las variables en estudio obteniendo que estas provienen de una distribución normal.

Tabla 11-3: Análisis de la variable porcentaje de humedad.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Humedad	12	0,97	0,94	3,29

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

En el programa Infostat se aplicó las pruebas estadísticas de diferencias significativas para el porcentaje de carbono fijo en la variable tratamientos.

Tabla 12-3: Análisis de la Varianza

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>Gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	359,31	5	71,86	36,48	0,0002
Tratamiento	104,74	3	34,91	17,72	0,0022
Repetición	254,57	2	127,29	64,62	0,0001
Error	11,82	6	1,97		
Total	371,13	11			

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Mediante al análisis de la varianza se observó que existen diferencias significativas tanto en los bloques como en los tratamientos con un p-valor de 0,0001 y de 0,0022 respectivamente, a un nivel de significancia del 95% y un error del 5%.

Tabla 13-3: Análisis de los tratamientos para la variable humedad de *Piptocoma discolor*

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
T4	47,42	3	0,81 A
T2	42,81	3	0,81 B
T3	40,32	3	0,81 B
T1	40,06	3	0,81 B

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se observan dos rangos. En el rango A el T4 con una media de 47,42. En el rango B encontramos el T2 con una media de 42,81, T3 con una media de 40,32 y T1 con una media de 40,06.

3.2.2. Determinación de humedad en la especie *Eucalyptus globulus* Labill (*Eucalipto*)

Tabla 14-3: Porcentaje del contenido de humedad de la especie *Eucalyptus globulus* Labill por secciones.

Sección	Humedad (%)	Promedio (%)
Base de árbol 1	45,30	45,77
Base de árbol 2	54,22	
Base de árbol 3	39,69	
Base de árbol 4	43,88	
Medio de árbol 1	44,75	46,32
Medio de árbol 2	46,50	
Medio de árbol 3	47,68	
Medio de árbol 4	46,35	
Ápice de árbol 1	46,36	38,19
Ápice de árbol 2	36,15	
Ápice de árbol 3	35,13	
Ápice de árbol 4	35,13	
Media		43,43

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Tabla 15-3: Valor de la Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) en función del porcentaje de humedad.

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p (Unilateral D)</u>
RDUO humedad	12	0,00	3,70	0,86	0,0752
RDUO carbono fijo	12	0,00	1,35	0,98	0,9864

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Se realizó el análisis de normalidad para las variables en estudio obteniendo que estas provienen de una distribución normal.

Tabla 16-3: Análisis de la Varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	220,33	5	44,07	1,75	0,2567
Tratamiento	55,25	3	18,42	0,73	0,5695
Repetición	165,08	2	82,54	3,28	0,1089
Error	150,9	6	25,15		
Total	371,23	11			

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

No se encontraron diferencias significativas entre los bloques y tratamientos en estudio, con un nivel de confianza del 95% y un error del 5%.

3.2.3. Comparación entre secciones de la especie de *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski y *Eucalyptus globulus* Labill para el contenido de humedad.

Tabla 17-3: Contenido de humedad (%) en las secciones de las dos especies forestales.

Sección	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	
	Humedad (%)	Promedio (%)	Humedad (%)	Promedio (%)
Base de árbol 1	35,56	37,15	45,30	45,77
Base de árbol 2	35,92		54,22	
Base de árbol 3	36,40		39,69	
Base de árbol 4	40,73		43,88	
Medio de árbol 1	39,53	42,38	44,75	46,32
Medio de árbol 2	42,97		46,50	
Medio de árbol 3	38,70		47,68	
Medio de árbol 4	48,34		46,35	
Ápice de árbol 1	45,10	48,42	46,36	38,19
Ápice de árbol 2	49,53		36,15	
Ápice de árbol 3	45,87		35,13	
Ápice de árbol 4	53,20		35,13	
Media		42,65		43,43

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

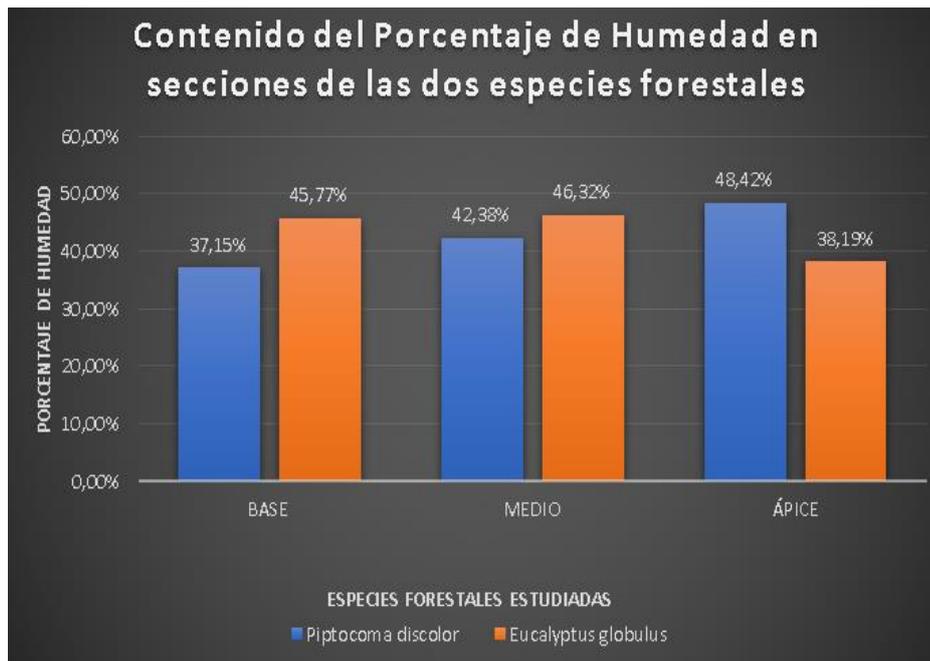


Gráfico 1-3. Contenido de humedad (%) entre las dos especies forestales.

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

De acuerdo con el Gráfico 1-3, se determinó que hay diferencias significativas en cuanto a la especie de *Piptocoma discolor*, se presentan valores de 48,42 % para la sección del ápice siendo este con mayor contenido de humedad, mientras que la base cuenta con el menor porcentaje. Sin embargo, la especie de *Eucalyptus globulus* no tiene diferencias significativas, es decir, son diferencias mínimas en donde la sección de la parte media posee mayor contenido de humedad con un 46,32%, mientras que el ápice posee 38,19 % del contenido de humedad siendo esta sección con menor porcentaje.

3.2.4. Comparación entre especies *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski y *Eucalyptus globulus* Labill de la variable contenido de humedad.

Tabla 18-3: Porcentaje de contenido de humedad entre las dos especies forestales.

%HUMEDAD			
Tratamiento	Repetición	Humedad (%) de <i>Piptocoma discolor</i>	Humedad (%) de <i>Eucalyptus globulus</i>
T1	R1	35,56	45,30
T1	R2	39,53	44,75
T1	R3	45,10	46,36
T2	R1	35,92	54,22

T2	R2	42,97	46,50
T2	R3	49,53	36,15
T3	R1	36,40	39,69
T3	R2	38,70	47,68
T3	R3	45,87	35,13
T4	R1	40,73	43,88
T4	R2	48,34	46,35
T4	R3	53,20	35,13
PROMEDIO		42,65	43,43

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

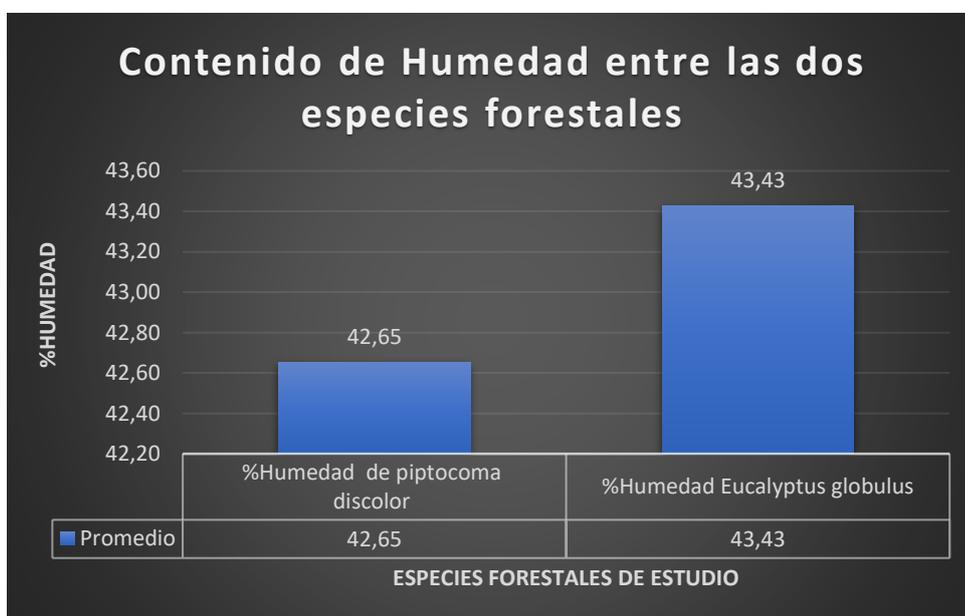


Gráfico 2-3. Contenido de Humedad en la especie de *Eucalyptus globulus* y *Piptocoma discolor*

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

En el Gráfico 2-3, se puede observar que la especie con mayor contenido de humedad es *Eucalyptus globulus* en el cual se obtuvo una media 43,43%, mientras que el contenido con menor contenido de humedad es la especie de *Piptocoma discolor* con un porcentaje de humedad en la madera de 42,65%. Villalba (2019, pp. 1-34), en su trabajo de titulación denominado determinación de la viabilidad técnica y económica de la combustión del Pigüe para su uso como combustible en la provincia de Pastaza, obtiene un media en porcentaje de la humedad de un 45%. Mientras que Morejon et al., (2018 pp. 295-310), en su investigación indica que el contenido de humedad en esta especie es de 60,16%.

Por otro lado, en la especie de *Eucalyptus globulus* Labill el autor Sanango (2017, pp. 1-101), obtuvo una media del 41,62% del contenido humedad en su trabajo de titulación denominado comparación del diseño y evaluación de miembros estructurales de madera laminada, encolada con uniones dentada. Mientras que Cabanillas (2019, pp. 2-272), en su estudio “Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del *Eucalyptus globulus* extraído de Huambocancha y el Triunfo” obtuvo un mayor contenido de humedad en el Triunfo con un 34%. Pérez (2001, p. 1), en su ponencia “Estudio tecnológico de la madera del eucalipto en Cajamarca con fines estructurales” presentada en el I Congreso Nacional del Eucalipto, concluye que las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto dependen de las condiciones de crecimiento y lugar del que provienen.

3.3. Determinación de carbono fijo en *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski

Tabla 19-3: Contenido de carbono fijo en la especie *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski

Sección	Carbono fijo (%)	Promedio (%)
Base de árbol 1	12,72	11,42
Base de árbol 2	11,37	
Base de árbol 3	11,11	
Base de árbol 4	10,46	
Medio de árbol 1	11,42	10,58
Medio de árbol 2	10,97	
Medio de árbol 3	10,23	
Medio de árbol 4	9,71	
Ápice de árbol 1	10,16	9,33
Ápice de árbol 2	9,73	
Ápice de árbol 3	8,08	
Ápice de árbol 4	9,34	
Media		10,44

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

3.3.1. Prueba de normalidad Shapiro-Wilks (modificado)

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks (modificado) ya que contamos con observaciones menores a 20 datos, aplicando la siguiente hipótesis para la prueba de normalidad. Al 5% de error y el 95% de confianza.

H₀=Proviene de una distribución normal

H₁=No proviene de una distribución normal

Tabla 20-3: Valor de la Prueba de Shapiro-Wilks (modificado)

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p (Unilateral D)</u>
RDUO carbono fijo	12	0,00	0,36	0,95	0,7500

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Se realizó el análisis de normalidad para las variables en estudio obteniendo que estas provienen de una distribución normal.

Tabla 21-3: Análisis de la variable Carbono fijo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Carbono fijo	12	0,91	0,83	4,65

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

En el programa Infostat se aplicó las pruebas estadísticas de diferencias significativas para el porcentaje de carbono fijo en la variable tratamientos.

Tabla 22-3: Análisis de la Varianza

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>GI</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	14,28	5	2,86	12,1	0,0043
Tratamiento	5,44	3	1,81	7,69	0,0177
Repetición	8,83	2	4,42	18,72	0,0026
Error	1,42	6	0,24		
Total	15,69	11			

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Se observó que se presentó diferencia significativa tanto en los bloques con p-valor 0,0026, mientras que entre los tratamientos también existieron diferencias significativas con un p-valor 0,0177, con un nivel de confianza del 95% y un error del 5%.

Tabla 3- 1: Análisis de tratamientos de carbono fijo en la especie *Piptocoma discolor* mediante la prueba de Tukey.

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T1	11,43	3	0,28	A	
T2	10,69	3	0,28	A	B
T4	9,84	3	0,28		B
T3	9,81	3	0,28		B

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se observan dos rangos. En el rango A el T1 con una media de 11,43%. En el rango B encontramos el T2% con una media de 10,69%, T4 con una media de 9,84% y T3 con una media de 9,81%. Para los tratamientos se observó que el mejor tratamiento es T1 con una media de 11,43%, y el peor tratamiento es T3 con una media de 9.81%.

3.4. Determinación de carbono fijo en la especie *Eucalyptus globulus* Labill (Eucalipto)

Tabla 23-3: Contenido de carbono fijo en *Eucalyptus globulus* Labill

Sección	Carbono fijo (%)	Promedio (%)
Base de árbol 1	12,07	12,30
Base de árbol 2	9,34	
Base de árbol 3	15,27	
Base de árbol 4	12,54	
Medio de árbol 1	11,33	11,78
Medio de árbol 2	12,81	
Medio de árbol 3	10,84	
Medio de árbol 4	12,13	
Ápice de árbol 1	9,92	9,04
Ápice de árbol 2	9,24	
Ápice de árbol 3	8,13	
Ápice de árbol 4	8,85	
Media		11,04

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

3.3.2. Prueba de normalidad Shapiro-Wilks (modificado)

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks (modificado) ya que contamos con observaciones menores a 20 datos, aplicando la siguiente hipótesis para la prueba de normalidad. Al 5% de error y el 95% de confianza.

H₀=Proviene de una distribución normal

H₁=No provienen de una distribución normal

Tabla 24-3: Valor de la Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) en la especie *Eucalyptus globulus* Labill

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p (Unilateral D)</u>
RDUO carbono fijo	12	0,00	1,35	0,98	0,9864

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

Se realizó el análisis de normalidad para las variables en estudio obteniendo que estas provienen de una distribución normal.

Tabla 25-3: Análisis de la variable Carbono fijo en la especie *Eucalyptus globulus* Labill

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Carbono fijo	12	0,56	0,20	16,60

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

En el programa Infostat se aplicó las pruebas estadísticas de diferencias significativas para el porcentaje de carbono fijo en la variable tratamientos

Tabla 26-3: Análisis de la Varianza para la especie *Eucalyptus globulus* Labill

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>GI</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	26,14	5	5,23	1,56	0,3011
Tratamiento	1,48	3	0,49	0,15	0,9279
Repetición	24,66	2	12,33	3,67	0,091
Error	20,16	6	3,36		
Total	46,3	11			

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

No se encontraron diferencias significativas entre los bloques y tratamientos en estudio, con un nivel de confianza del 95% y un error del 5%

3.5. Comparación entre secciones de la especie de *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski y *Eucalyptus globulus* Labill para la variable contenido de carbono fijo.

Tabla 27-3: Contenido de carbono fijo en las secciones de las dos especies forestales.

	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill		
Sección	Carbono fijo (%)	Promedio (%)	Carbono fijo (%)	Promedio (%)
Base de árbol 1	12,72	11,42	12,07	12,30
Base de árbol 2	11,37		9,34	
Base de árbol 3	11,11		15,27	
Base de árbol 4	10,46		12,54	
Medio de árbol 1	11,42	10,58	11,33	11,78
Medio de árbol 2	10,97		12,81	
Medio de árbol 3	10,23		10,84	
Medio de árbol 4	9,71		12,13	
Ápice de árbol 1	10,16	9,33	9,92	9,04
Ápice de árbol 2	9,73		9,24	
Ápice de árbol 3	8,08		8,13	
Ápice de árbol 4	9,34		8,85	
Media	10,44	11,04		

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

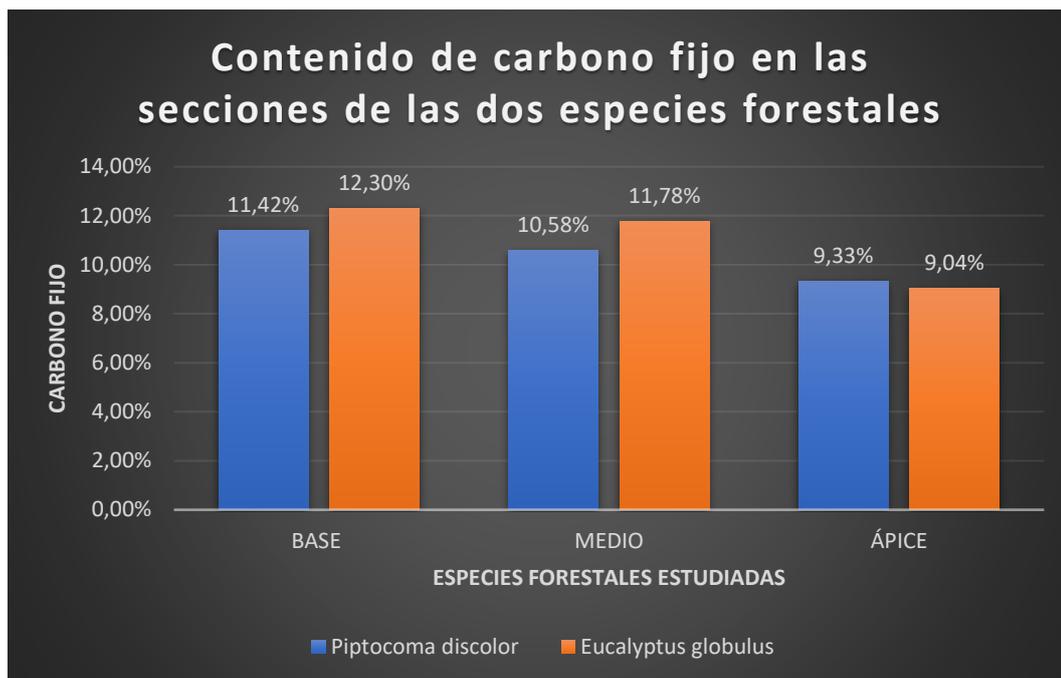


Gráfico 3-3. Contenido de carbono fijo por secciones de dos especies forestales.

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

De acuerdo con el Gráfico 3-3, se determinó que hay diferencias significativas en cuanto a la especie de *Piptocoma discolor*, ya que estas presentan valores de 11,42% para la sección del base siendo este con mayor contenido de humedad, mientras que el ápice cuenta con el menor porcentaje. Sin embargo, la especie de *Eucalyptus globulus* no tiene diferencias significativas, es decir, son diferencias mínimas en donde la sección base cuenta con mayor contenido de humedad con un 12,30%, mientras que el ápice posee 9,04 % del contenido de humedad siendo esta sección con menor porcentaje.

3.6. Comparación entre especies *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski y *Eucalyptus globulus* Labill de la variable contenido de carbono fijo.

Tabla 28-3: Contenido de Carbono fijo existente en las dos especies.

CONTENIDO DE CARBONO FIJO			
Tratamiento	Repetición	Carbono Fijo de <i>Piptocoma discolor</i>	Carbono Fijo De <i>Eucalyptus Globulus</i>
T1	R1	12,72	12,07
T1	R2	11,42	11,33
T1	R3	10,16	9,92
T2	R1	11,37	9,34

T2	R2	10,97	12,81
T2	R3	9,73	9,24
T3	R1	11,11	15,27
T3	R2	10,23	10,84
T3	R3	8,08	8,13
T4	R1	10,46	12,54
T4	R2	9,71	12,13
T4	R3	9,34	8,85
Media		10,44	11,04

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

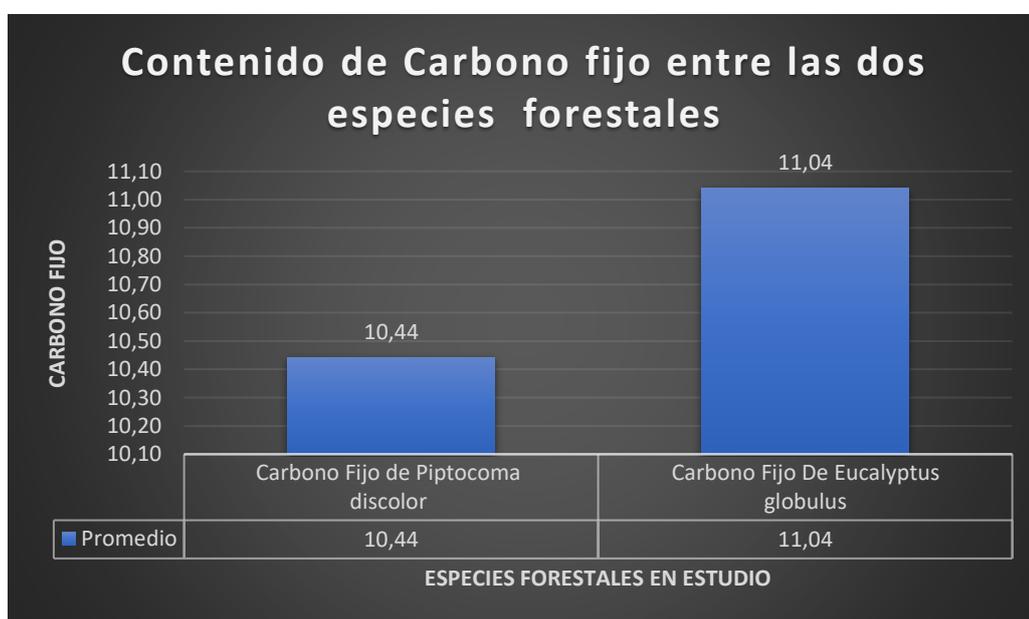


Gráfico 4-3. Contenido de carbono fijo existente en las dos especies forestales.

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

En el Gráfico 4-3, se observa que la especie con mayor contenido de carbono fijo es *Eucalyptus globulus* Labill con 11,04%, mientras que la especie con menor contenido de carbono fijo es *Piptocoma discolor* con 10,44%.

Villalba (2019, pp. 1-34), obtuvo un resultado de carbono fijo en *Piptocoma discolor* de 14,35% en su estudio denominado determinación de la viabilidad técnica y económica de la combustión del Pigüe para su uso como combustible en la provincia de Pastaza, sin embargo, González et al., (2019, pp. 78-97), en su estudio denominado “Determinación del potencial energético del pigüe (*Piptocoma Discolor*) en la amazonía ecuatoriana” obtiene un resultado de 14,46% .

Por otro lado, Márquez et al., (2001, pp. 83-89), obtuvo un resultado de carbono fijo para la especie *Eucalyptus citriodora* de 13,92% en su estudio denominado estudio del potencial energético de biomasa *Pinus caribaea* Morelet var. *Caribaea* (Pc) Y *Pinus tropicalis* Morelet (Pt); *Eucalyptus saligna* Smith (Es), *Eucalyptus citriodora* Hook (Ec) y *Eucalytus pellita* F. Muell (Ep); de la provincia de Pinar del Río.

CONCLUSIONES

Las muestras botánicas de las dos especies estudiadas fueron sometidas al proceso de identificación en el herbario CHEP de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo llegando a la conclusión que Eucalipto es *Eucalyptus globulus* Labill y Pigui o Pigue es *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski.

Se concluye que la especie con mayor cantidad de contenido de humedad es la especie de *Eucalyptus globulus*. La sección con mayor cantidad de humedad en la especie de *Piptocoma discolor* se encuentra en el ápice mientras que la mayor cantidad de humedad en *Eucalyptus globulus* es en la sección base y media.

La especie que contiene mayor cantidad de carbono fijo es la especie de *Eucalyptus globulus*, la sección que contiene mayor cantidad de carbono fijo en las dos especies es la base.

Se concluye que la especie con mayor contenido de carbono fijo es *Eucalyptus globulus* que contiene un 11,04%, que indica que la madera y carbón de esta especie es de muy buena calidad ya que a mayor proporción de carbono fijo mejora el rango de clasificación del combustible, por ende, cuanto más contenido de carbono tenga el carbón, el precio es mayor.

RECOMENDACIONES

Se recomienda verificar si la Institución cuenta con los equipos necesarios para poder realizar el proyecto de investigación, verificar el funcionamiento de los equipos antes de su utilización para evitar errores.

Para el pesaje o toma de datos de las muestras el ambiente debe estar sin ventilación ya que este afecta al momento de su pesaje en la balanza analítica.

Se recomienda seguir con la investigación en especies forestales comerciales y no comerciales de diferentes provincias para obtener más información de la cantidad de carbono que contiene nuestros bosques.

GLOSARIO

Análisis próximo: Corresponden a las determinaciones en porcentaje por peso de humedad, material volátil, cenizas y carbono fijo (Vásquez, et al., 2006 p. 3561)

Desecador: Es un instrumento de laboratorio que se utiliza para mantener limpia y deshidratada una sustancia por medio del vacío, construido con material resistente de vidrio, encierra un ambiente seco o con un mínimo de humedad. (Romero, 2009 pp. 9)

Tarar: Etimológicamente significa peso muerto o impedimento. Cuando pesas en una balanza, "Tarar" regularmente significa eliminar el peso del recipiente en el que está contenida la sustancia para que solo obtengas el peso de interés. (Alvarado, 2010 p. 3)

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Jorge & GUZOWSKI, Estela. *Madera*. [en línea], 2012, (Ecuador), 10, p.1. [Consulta: 17 enero 2021]. Disponible en: <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/madera.pdf>.

AJETE, Arlety; MERCADET, Alicia; ÁLVAREZ, Arnaldo; TOIRAC, Wilmer; CONDE, Francisco. Estimación del contenido de carbono en los bosques de la empresa forestal integral Guantánamo, 2,31 (2012), (Guantánamo) pp. 3-8.

ALVARADO, S. TARADO DE RECIPIENTES [En línea] (Trabajo de titulación) (Posgrado). Universidad Juárez del estado de Durango, México.2010. p.1. [Consulta: 13 de mayo 2021]. Disponible en: <https://www.buenastareas.com/ensayos/Tarado-De-Recipientes/1558931.html>

AVENDAÑO, Dulce. Estimación de biomasa y carbono en un bosque de Abies religiosa. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 3, 32 (2009), (México) pp.

BARRETO, Diego. Método de prueba estándar para ceniza en la muestra análisis de carbón y coque de carbón D-3174-00. [en línea], 2019, (Ecuador) (1), p.1. [Consulta: 17 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/norma-cenizas-d-3174-2-pdf-free.html>.

BEER, John. Producción de árboles maderables en linderos. Producción de madera. [en línea], 2012, (Ecuador) (1), p.1. [Consulta: 16 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/A9562e/A9562e.pdf#page=200>.

BENAVIDES, Oswaldo; LEÓN, Henry; ESPERANZA, Gloria. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. [en línea], 2007, (México) (2), pp.1-2. [Consulta: 11 de noviembre de 2021]. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>.

CABALLERO, Margarita; LOZANO, Socorro & ORTEGA, Beatriz. Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista de Agronomía*, 11,8 (2007), (México), p. 11.

CABANILLAS, Eyla. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del Eucalyptus globulus extraído de Huambocancha y el Triunfo – Cajamarca [en línea], 2019, (Perú) (2), p.1..

[Consulta: 08 de Febrero de 2022]. Disponible en: [file:///C:/Users/ALIISZ/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/Cabanillas%20Santa%20Cruz%20Eyla%20Carive%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ALIISZ/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/Cabanillas%20Santa%20Cruz%20Eyla%20Carive%20(1).pdf).

CARANQUI, Jorge. Manual de operaciones herbario politécnico (CHEP). [en línea], 2011, (Ecuador) (1), p.1. [Consulta: 16 de noviembre de 2021]. Disponible en: http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/504/1/Manual_Procedimiento_Herbario1.pdf.

CERÓN, Carlos. 22 años de investigación botánica en el Herbario Alfredo Paredes (qap). *Universidad Central del Ecuador*, 1, 12 (2012), (Cinchonia) p.1.

CUEVA, Dante. "Caracterización dendrológica en 1 ha de bosque o~ terraza alta en el centro de investigación de la localidad de Fitzcarrald km 21,5, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata- madre de dios. [en línea], 2014, (Perú) (1), p.1. [Consulta: 17 de noviembre de 2021].

DE BEDIA, Gozalo. Carbón de Madera Santiagueño: sus usos y calidad. [en línea], 2018, (Chile) (2), p.1-2. [Consulta: 10 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/el_carbon_de_madera_de_santiago_del_estero_2018_0.pdf.

DI MARCO, Ezequiel. *Eucalyptus globulus* sp. globulus Labill (Eucalipto blanco) Familia Myrtaceae. Dirección de Producción Forestal - MAGyP. [en línea], 2015, (Perú) (1), pp.1-3. [Consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://forestaindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/eucalyptus-globulus-sp-globulus-labill-familia-myrtace.pdf>.

DAUBER, E; TERÁN, J & GUZMÁN, R. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1, 4 (2000), (Bolivia) p. 1.

FAO. Plantaciones forestales. Capítulo 3. [en línea], 1997. Disponible en: <https://www.fao.org/3/Y1997S/y1997s09.htm>.

FAO. Rol de los bosques en el cambio climático. [en línea], 2001. [Consulta: 11 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/xii/0814-b2.htm>.

FERNÁNDEZ, Diana; FREIRE, Efraín & PEÑAFIEL, Marcia. Importancia de los Herbarios Ecuatorianos en la Conservación de Plantas Amenazadas, 1, 10 (2015), (Ecuador) p.1.

Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía. El efecto invernadero. *Revista digital para profesionales de la enseñanza*, 7, 1 (2010), (España) pp. 1989-4023.

GAD MUNICIPAL DE TENA. Actualización plan de desarrollo y ordenamiento territorial. [en línea], 2014, (Ecuador) 1 (3), p. 20. [Consulta: 02 de septiembre de 2021]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1560000270001_PDOT%20ACT%202014_DIAGNOSTICO_sigad2%20sug_senplades1_BD_20-02-2015_08-58-05.pdf.

GARCÍA, Juan. Modelización del crecimiento y la producción de plantaciones de *Eucalyptus globulus* labill en el noroeste de España [en línea], 2015, (España) (1), p.1. [Consulta: 28 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/75994613>.

GONZÁLEZ, Juan; ROBLES, Campo; GARCÍA, Janneth; CÁRDENAS, Janeth; OLIVA, Deny. Determinación del potencial energético del pigüe (*Piptocoma Discolor*) en la amazonía ecuatoriana. [en línea], 2019, (Ecuador) (3), pp.1-3. [Consulta: 09 de febrero de 2022]. 2602-8085.

INEN. Maderas. Determinación del contenido de humedad [en línea], 2012, (Ecuador) (1), pp. 1-100. [Consulta: 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1160.pdf>.

IPC. Anexo I: Glosario . [en línea], 2018, (Ecuador) (1), p.1. [Consulta: 15 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf.

JUELA, Tatiana. Caracterización de las propiedades físicas de la madera de *Eucalyptus saligna* Smith En la provincia de Loja [en línea], 2015, (Ecuador) (2), pp.2-6. [Consulta: 17 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10310/1/Tesis%20Tatiana%20Cecibel%20Juella%20Quizhpe.pdf>.

LÓPEZ, María. Una mirada a las Normas Técnicas, qué son y para qué sirven. Buenos Aires, 20, 1 (2020) p.1.

LLERENA, Carlos; HERMOZA, Rosa & LLERENA, Luis. Plantaciones forestales, agua y gestión de cuencas. Debate agrario. [en línea], 2007, (Ecuador) (1), pp. 1-134. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/CarlosLlerena/publication/291979716_Plantaciones_forest

ales_agua_y_gestion_de_cuencas/links/5743121108aea45ee84a8a34/Plantaciones-forestales-agua-y-gestion-de-cuencas.pdf.

MAE. *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental* [blog]. [Consulta: 08 de diciembre de 2021].

MAQUERA, Delia. "Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camacani - una- puno por titulación [en línea], 2017. (Perú) 1 (2), pp. 1-3. [Consulta: 17 de noviembre de 2021]. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6183/Maquera_Maquera_Delia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MÁRQUEZ, F; CORDERO, T; RODRÍGUEZ, J. et al. Estudio del potencial energético de biomasa pinus caribaea morelet var. caribaea (pc) y pinus tropicalis morelet (pt); Eucalyptus saligna smith (es), Eucalyptus citriodora hook (ec) y Eucalyptus pellita f. muell (ep); de la provincia de Pinar del Río. *Revista Chapingo*, 2001. (México) 1 (7), pp. 38-28.

MERINO, Juan. Estudio Económico de dos formas de aprovechamiento Forestal del Pigue (*Pollalesta discolor*) en el cantón Mera, provincia de Pastaza [en línea], 2010, (Ecuador) 1 (2), p.3. [Consulta: 28 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/749/1/33T0073.pdf>.

MORENO, Efraín. "El herbario como recurso para el aprendizaje de la botánica". *Acta Botánica Venezuelica*, 2, 1 (2007), (Venezuela) (30) pp. 8-20.

MOREJÓN, Elizabeth; LARA, Ximena; CABEZAS, Erika; ROMÁN, Danilo; SALAZAR, Eduardo et al. Propiedades Físicas y Mecánicas de tres especies Forestales: *Piptocoma Discolor* (Kunth) [en línea], 2018, (Ecuador) 1(4), p.3. [Consulta: 28 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57321897/19-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1638991294&Signature=ENUPXbW90GyPicJD6tM6waGHAoCAkEQQ3y2IWL9019HjSywW8zBRHrn432XxzhGsaZ5SjbJIX4B2edUdmnYrW8GzcA7MX2sj3ITFq6psLlYkHQO-66kfmz4Unf1lu07YVzjwZWKrA0lvog5psyTpSVK.1857-7881> .

PACHECO, Enrique. Evaluación del proceso de carbonización y calidad del carbón de acacia caven (mol.) mol. producido en hornos de barro [en línea], 2005, (Chile) 1 (2), p5. [Consulta: 10 de noviembre de 2021]. Disponible en:

http://bosques.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/10693/UCHILE_15.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

PARDOS, José. "Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global". *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Madrid*, 1,6 (2010), (España) (5) p. 29.

PRADO, José. Plantaciones Forestales más allá de los arboles. [en línea], 2019. Disponible en: <https://cifag.cl/wp-content/uploads/2019/04/Libro-plantaciones.pdf>.

RAMÍREZ, Pedro. Introducción a la caracterización de carbones. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1992.

ROMERO, CÉSAR. "Material de laboratorio. Reconocimiento y manejo del mismo normas de seguridad algunas operaciones sencillas". UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA. [En línea], 2009, Argentina. p. 1. [Consulta: 16 de agosto 2021]. ISBN: 978-987-1341-89-4. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/38826187/material-de-laboratorioreconocimiento-y-manejo-del-mismo>

ROMERO, Fredesbinda. Determinación de la captura del carbono en dos sistemas de pastos mejorados en el distrito de san silvestre de cochán provincia de San Miguel - Cajamarca. [en línea], 2015, (Perú) 6 (2), p.1. [Consulta: 17 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1556/tesis%20Captura%20de%20carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RUANO, Jorge. Estimación de la captura de carbono en el Ecoparque de las Garzas, Cali Valle del Cauca. [en línea], 2019, (Colombia) 2 (6), p.1. [Consulta: 01 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11681/T08800.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.

SANANGO, Pablo. Comparación del diseño y evaluación de miembros estructurales de madera laminada, encolada con uniones dentada de *Pinus radiata* y *Eucalytus globulus*. [en línea], 2017. Disponible en: <https://dSPACE.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6728/1/12724.pdf>.

SANTURIO, José. Corrección y Mejora del Análisis de humedad del carbón térmico por medios no destructivos en tiempo real. [en línea], 2002 (Venezuela) 1 (2), pp. 8-14. [Consulta: 17 de

noviembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11109/UOV0012.pdf>.

Seguridad de Productos. Seguridato: normas técnicas y reglamentos técnicos. [en línea], 2017, (Ecuador) 4 (2), pp. 1-7. [Consulta: 17 de noviembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.seguridaddeproductos.cl/seguridad-de-productos/consejos-de-seguridad/seguridato-normas-tecnicas-y-reglamentos-tecnicos/>.

SOMARRIBA, Eduardo. El análisis y mejoramiento de las plantaciones lineales de una finca. *Agroforestería en las Américas*, 30 (8), 1, 2019.

TORRE, Lucía; NAVARRETE, Hugo; MURIEL, Priscilla; BARCO, Macía et al. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. Quito. 2008.

TACARPO, Anderson. "Estimación del potencial de captura de carbono de las especies de flora predominante de la parte alta del bosque de la comunidad campesina de tumpa – provincia de Yungay, 2018". [en línea], 2018, (Perú) 1 (5), p. 7. [Consulta: 17 de noviembre de 2021]. Disponible en:
http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2780/T033_70569127_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ROMERO, CÉSAR. "Material de laboratorio. Reconocimiento y manejo del mismo normas de seguridad algunas operaciones sencillas". UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA. [En línea], 2009, Argentina. p. 1. [Consulta: 16 de agosto 2021]. ISBN: 978-987-1341-89-4. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/38826187/material-de-laboratorioreconocimiento-y-manejo-del-mismo>

VÁSQUEZ, Erika & HERRERA, Jhon. Metodología para la caracterización de combustibles sólidos maderables del área metropolitana del valle de aburrá“amva”, Colombia. *Revista Fac.Nal.Agr.* 59 (2) (2006) (Colombia) pp. 3557-3564.

VILLALBA, Shirley. La Madera: Materiales de uso técnico. [en línea], 2010, (Ecuador) 23 (3), p.54. [Consulta: 17 de noviembre de 2021]. Disponible en:
https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/02/materiales_madera.pdf.

VILLALBA, Shirley. Determinación de la viabilidad técnica y económica de la combustión del Pigüe (*Piptocoma discolor*) para su uso como combustible en la Provincia de Pastaza. [en línea], 2019, (Ecuador) 12 (4), pp. 12-25. [Consulta: 24 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/792/T.AGROIN.B.UEA.0102.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

 D.B.R.A.I.

Ing. Cristian Castillo



ANEXOS

ANEXO A. LABORES REALIZADOS EN LA FASE DE CAMPO.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE CAMPO		
Medición del Dap	Medición de la altura	
		
Recolección de muestras		
		

Obtención de muestras



Muestras listas para ser prensadas



Prensado de muestras



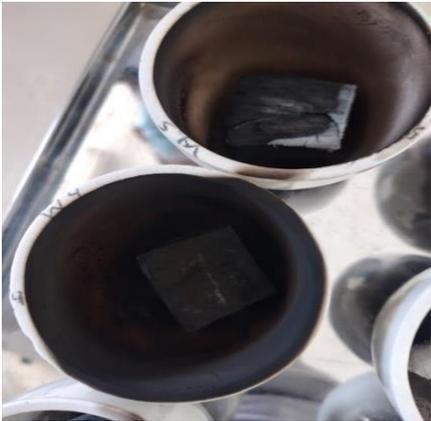
ANEXO B. PROCESO PARA TARAR CRISOLES.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO		
Lavado y secado de crisoles	Enumeración de crisoles	
		
Pesaje de crisoles antes de colocar a la estufa	Colocación de crisoles en la estufa	
		
Colocación de crisoles en el desecador para su enfriamiento		
		

ANEXO C. PROCESO PARA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO		
Pesaje de probetas en balanza analítica	Colocación de probetas en crisoles	
		
Colocación de muestras más crisol en estufa	Colocación de crisol más muestra en desecador para su enfriamiento	
		
Pesaje de crisol y muestra		
		

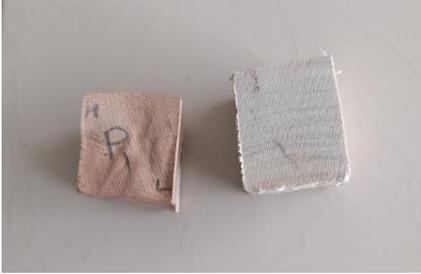
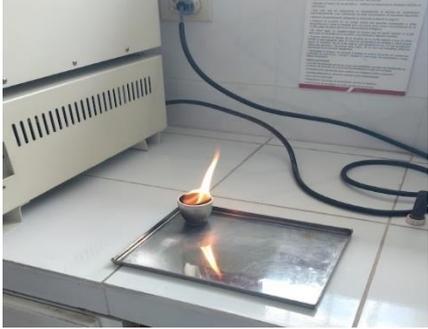
ANEXO D. PROCESO PARA DETERMINAR MATERIAL VOLÁTIL.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO		
Colocación de muestras en Mufla a una temperatura de 900° C	Colocación de muestras en desecador para su enfriamiento	
		
Muestras después de aplicar a 900° C	Pesaje de muestras	
		

ANEXO E. PROCESO PARA DETERMINAR CENIZA.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO		
Colocación de muestras en Mufla de 450° C a 750°C	Colocación de muestras en desecador para su enfriamiento	
		
Colocación de tapas	Pesaje de muestras en la balanza analítica	
		
Ceniza		
		

ANEXO F. RESULTADOS DE HUMEDAD, MATERIAL VOLÁTIL Y CENIZA.

<p>REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO</p>	
<p>Humedad</p>	
	
<p>Material volátil</p>	
	
<p>Ceniza</p>	
	

ANEXO G. CERTIFICADO OTORGADO POR EL HERBARIO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.



Ofc.No.026.CHEP.2021

25 de agosto del 2021

A QUIEN CORRESPONDA

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente certifico que la señorita Caisa Agualongo Gladys Alicia con CI: 185062284-4, tesista de Ingeniería Forestal, se identificó la especie: *Eucalyptus globulus* Labill., ésta es exótica cultivada; además de *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski. Que es una especie nativa pero la presente muestra fue obtenida de un aserradero y corroborado con información bibliográfica; ambas especies se revisaron en el herbario y en www.tropicos.org, y se archivarà en un año para los fines pertinentes. Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad y el interesado puede usar el presente certificado como crea conveniente.

Atte.

JORGE
MARCELO
CARANQUI
ALDAZ

Firmado digitalmente
por JORGE MARCELO
CARANQUI ALDAZ
Fecha: 2021.08.25
11:08:07 -05'00'

Ing. Jorge Caranqui Msc.
RESPONSABLE
HERBARIO ESPOCH

ANEXO H. DATOS OBTENIDOS DE TARAR CRISOLES.

N.º	Crisol de porcelana de 10 MI					
	Peso antes de tarar (gr)			Peso después de tarar en 24 h (gr)		
	Crisol	Tapa	Crisol+Tapa	Crisol	Tapa	Crisol+Tapa
1	40,6	24,75	65,35	40,6	24,75	65,35
2	41,9	26,45	68,35	41,9	26,45	68,35
3	40,99	24,37	65,36	40,99	24,38	65,37
4	40,14	23,67	63,81	40,14	23,67	63,81
5	40,09	24,31	64,4	40,09	24,3	64,39
6	39,93	23,39	63,32	39,92	23,38	63,3
7	41,06	23,64	64,7	41,06	23,64	64,7
8	41,32	24,14	65,46	41,32	24,13	65,45
9	40,41	24,12	64,53	40,41	24,11	64,52
10	41,2	23,86	65,06	41,2	23,84	65,04
11	40,5	24,49	64,99	40,5	24,49	64,99
12	41,23	23,73	64,96	41,23	23,77	65
13	46,32	28,32	74,64	46,32	28,32	74,64
14	48,83	26,46	75,29	48,83	26,46	75,29
15	41,9	24,75	66,65	41,9	24,75	66,65
16	41,32	26,45	67,77	41,32	26,45	67,77
17	40,99	24,37	65,36	40,99	24,37	65,36
18	40,14	23,67	63,81	40,14	23,67	63,81
19	40,41	24,29	64,7	40,41	24,29	64,7
20	40,59	23,38	63,97	40,59	23,38	63,97
21	41,05	23,64	64,69	41,05	23,64	64,69
22	39,93	24,14	64,07	39,93	24,14	64,07
23	40,5	24,13	64,63	40,49	24,1	64,59
24	41,19	23,86	65,05	41,19	23,85	65,04
25	40,09	24,49	64,58	40,09	24,49	64,58
26	41,24	23,78	65,02	41,23	23,78	65,01
27	37,89	24,3	62,19	37,89	24,29	62,18
28	37,49	26,29	63,78	37,49	26,29	63,78
29	39,85	28,3	68,15	39,85	28,3	68,15
30	32,79	24,75	57,54	32,79	24,38	57,17
31	41,89	24,75	66,64	41,89	24,75	66,64
32	41,32	26,45	67,77	41,32	26,44	67,76
33	41	24,38	65,38	40,99	24,37	65,36
34	40,14	23,67	63,81	40,13	23,67	63,8
35	40,41	24,31	64,72	40,41	24,3	64,71
36	40,6	23,39	63,99	40,6	23,38	63,98

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

ANEXO I. RESULTADOS DE HUMEDAD PARA *Piptocoma discolor* (kunth) Pruski

N.º DE ÁRBOL	SECCIÓN	PESO 1 FRESCO		PESO 2 EN 24H	
		MUESTRA	MUESTRA + CRISOL	MUESTRA	MUESTRA + CRISOL
Árbol 1	Base	13,9	54,5	8,93	49,53
		13,86	55,76	8,91	50,81
		13,75	54,74	8,92	49,91
	Medio	11,79	51,93	7,47	47,61
		18,53	58,62	10,68	50,77
		16,47	56,39	9,95	49,87
	Ápice	19,34	60,4	10,54	51,6
		15,83	57,15	8,7	50,02
		20,52	60,93	11,37	51,78
Árbol 2	Base	10,47	51,67	6,75	47,95
		10,4	50,9	6,79	47,29
		12,8	54,03	8,01	49,24
	Medio	11,15	52,94	6,46	48,25
		11,86	51,28	6,6	46,02
		12,66	54,56	7,28	49,18
	Ápice	12,23	53,55	6,19	47,51
		12,29	53,28	6,1	47,09
		12,18	52,32	6,27	46,41
Árbol 3	Base	11,77	52,18	7,35	47,76
		11,56	52,15	7,45	48,04
		11,86	52,91	7,6	48,65
	Medio	13,35	53,28	7,63	47,56
		11,02	51,52	6,17	46,67
		11,86	53,05	8,4	49,59
	Ápice	12,53	52,62	6,82	46,91
		12,61	53,85	6,92	48,16
		12,6	50,49	6,7	44,59
Árbol 4	Base	10,14	47,63	6,02	43,51
		10,36	50,21	6,12	45,97
		9,65	42,44	5,73	38,52
	Medio	12,2	54,09	6,21	48,1
		10,71	52,03	5,79	47,11
		12,05	53,05	6,06	47,06
	Ápice	16,28	56,42	7,55	47,69
		13,33	53,74	6,25	46,66
		15,91	56,51	7,54	48,14

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

ANEXO J. PORCENTAJE DE HUMEDAD OBTENIDO PARA *Piptocoma discolor* (kunth) Pruski.

N.º DE ÁRBOL	SECCIÓN	FORMULA CON MUESTRA	PROMEDIO	FORMULA CON CRISOL	PROMEDIO
Árbol 1	Base	35,83	35,56	9,14	8,95
		35,71		8,88	
		35,13		8,82	
	Medio	36,64	39,53	8,32	11,09
		42,36		13,39	
		39,59		11,56	
	Ápice	45,66	45,1	14,62	14,04
		45,04		12,48	
		44,59		15,02	
Árbol 2	Base	35,53	35,92	7,2	7,73
		34,81		7,11	
		37,42		8,87	
	Medio	41,97	42,97	8,84	9,66
		44,35		10,26	
		42,58		9,88	
	Ápice	49,55	49,53	11,32	11,42
		50,45		11,64	
		48,6		11,31	
Árbol 3	Base	37,64	36,4	8,49	8,15
		35,64		7,9	
		35,92		8,05	
	Medio	42,92	38,7	10,75	8,9
		44,01		9,41	
		29,17		6,52	
	Ápice	45,57	45,87	10,85	11,04
		45,2		10,58	
		46,83		11,69	
Árbol 4	Base	40,63	40,73	8,65	8,78
		40,93		8,44	
		40,62		9,24	
	Medio	49,18	48,34	11,09	10,63
		46,13		9,49	
		49,71		11,29	
	Ápice	53,69	53,2	15,49	14,51
		53,19		13,19	
		52,73		14,85	

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

ANEXO K. DATOS OBTENIDOS DE MATERIAL VOLÁTIL *Piptocoma discolor*
(kunth) Pruski.

		MATERIAL VOLÁTIL			
N° DE ÁRBOL	SECCIÓN	PESO MV DE MUESTRA + CRISOL	PESO DE MV MUESTRA	FORMULA SOLO MUESTRA	FORMULA CON CRISOL
Árbol 1	Base	42,39	1,79	51,29	13,08
		43,66	1,76	51,59	12,82
		42,85	1,86	51,35	12,90
	Medio	41,63	1,49	50,72	11,52
		42,05	1,96	47,06	14,88
		41,89	1,97	48,45	14,15
	Ápice	43,16	2,10	43,49	13,92
		42,79	1,47	45,67	12,65
		42,73	2,32	44,10	14,85
Árbol 2	Base	42,36	1,16	53,39	10,82
		41,76	1,26	53,08	10,84
		42,74	1,51	50,78	12,03
	Medio	43,25	1,46	44,93	9,46
		40,59	1,17	45,78	10,59
		43,3	1,40	46,37	10,76
	Ápice	42,66	1,34	39,49	9,02
		42,22	1,23	39,54	9,12
		41,31	1,17	41,79	9,73
Árbol 3	Base	41,76	1,35	50,89	11,48
		41,94	1,35	52,68	11,68
		42,41	1,36	52,61	11,79
	Medio	41,35	1,42	46,44	11,64
		41,65	1,15	45,55	9,74
		42,44	1,25	60,29	13,48
	Ápice	41,01	0,92	47,09	11,21
		42,48	1,24	44,96	10,53
		38,92	1,03	45,00	11,23
Árbol 4	Base	38,77	1,28	46,75	9,95
		40,8	0,95	49,90	10,30
		33,82	1,03	48,70	11,07
	Medio	43,06	1,17	41,23	9,30
		42,46	1,14	43,23	8,90
		42,23	1,23	40,08	9,10
	Ápice	41,76	1,62	36,36	10,49
		41,75	1,34	36,76	9,12
		42,11	1,51	37,77	10,64

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

ANEXO L. DATOS OBTENIDOS PARA CENIZA Y CARBONO FIJO DE *Piptocoma discolor* (kunth) Pruski.

N.º DE ÁRBOL	SECCIÓN	CENIZA				FORMULA	CARBONO FIJO	PROMEDIO
		PESO DE CENIZA CON CRISOL	PESO DE CENIZA SIN CRISOL	CENIZA + CRISOL+ TAPA				
Árbol 1	Base	40,64	0,04	65,39	0,29	12,59	12,72	
		41,95	0,05	68,4	0,36	12,34		
		41,03	0,04	65,41	0,29	13,24		
	Medio	40,18	0,04	63,85	0,34	12,30	11,42	
		40,14	0,05	64,44	0,27	10,31		
		39,97	0,05	63,35	0,30	11,66		
	Ápice	41,13	0,07	64,77	0,36	10,50	10,16	
		41,37	0,05	65,5	0,32	8,97		
		40,47	0,06	64,58	0,29	11,01		
Árbol 2	Base	41,23	0,03	65,07	0,29	10,79	11,37	
		40,53	0,03	65,02	0,29	11,83		
		41,27	0,04	65,04	0,31	11,48		
	Medio	41,86	0,07	70,18	0,63	12,47	10,97	
		39,45	0,03	65,91	0,25	9,61		
		41,93	0,03	66,68	0,24	10,82		
	Ápice	41,37	0,05	67,82	0,41	10,55	9,73	
		41,06	0,07	65,43	0,57	9,44		
		40,19	0,05	63,86	0,41	9,20		
Árbol 3	Base	40,46	0,05	64,75	0,42	11,05	11,11	
		40,64	0,05	64,02	0,43	11,25		
		41,1	0,05	64,74	0,42	11,05		
	Medio	39,96	0,03	64,1	0,22	10,41	10,23	
		40,54	0,04	64,67	0,36	10,07		
		41,23	0,04	65,09	0,34	10,20		
	Ápice	40,13	0,04	64,62	0,32	7,02	8,08	
		41,29	0,05	65,07	0,40	9,44		
		37,94	0,05	62,24	0,40	7,78		
Árbol 4	Base	37,52	0,03	63,81	0,30	12,33	10,46	
		39,9	0,05	68,2	0,48	8,69		
		32,82	0,03	57,57	0,31	10,36		
	Medio	41,94	0,05	66,69	0,41	9,18	9,71	
		41,38	0,06	67,83	0,56	10,08		
		41,04	0,04	65,42	0,33	9,88		
	Ápice	40,21	0,07	63,88	0,43	9,52	9,34	
		40,49	0,08	64,8	0,60	9,45		
		40,67	0,07	64,06	0,44	9,05		

Realizado por: Caisa Agualongo, Gladys, 2021.

ANEXO M. DATOS OBTENIDOS DE TARAR CRISOLES.

	Peso antes de tarar			Peso después de tarar en 24 h		
	Crisol	Tapa	Crisol +Tapa	Crisol	Tapa	Crisol +Tapa
1	41,06	23,64	64,7	41,05	23,64	64,69
2	39,92	24,14	64,06	39,92	24,14	64,06
3	40,5	24,13	64,63	40,5	24,11	64,61
4	41,2	23,86	65,06	41,19	23,85	65,04
5	40,09	24,49	64,58	40,09	24,49	64,58
6	41,23	23,78	65,01	41,23	23,78	65,01
7	37,9	24,29	62,19	37,89	24,29	62,18
8	37,48	26,29	63,77	37,48	26,29	63,77
9	38,85	28,3	67,15	39,85	28,3	68,15
10	41,9	24,75	66,65	41,89	24,76	66,65
11	41,32	26,46	67,78	41,32	26,45	67,77
12	41	24,38	65,38	40,99	24,38	65,37
13	40,14	23,67	63,81	40,14	23,67	63,81
14	40,6	24,3	64,9	40,6	24,3	64,9
15	40,42	23,39	63,81	40,41	23,38	63,79
16	41,06	23,64	64,7	41,06	23,65	64,71
17	39,93	24,13	64,06	39,93	24,13	64,06
18	40,5	24,12	64,62	40,5	24,11	64,61
19	41,2	23,84	65,04	41,19	23,84	65,03
20	40,09	24,49	64,58	40,09	24,48	64,57
21	41,24	23,78	65,02	41,23	23,78	65,01
22	37,89	24,29	62,18	37,88	24,29	62,17
23	37,49	26,29	63,78	37,48	26,29	63,77
24	39,86	28,3	68,16	39,85	28,3	68,15
25	41,46	26,05	67,51	41,45	26,05	67,5
26	40,73	24,43	65,16	40,72	24,42	65,14
27	40,93	24,08	65,01	40,92	24,08	65
28	40,2	25,6	65,8	40,2	25,6	65,8
29	43,31	25,97	69,28	43,3	25,96	69,26
30	40,01	23,93	63,94	40,01	23,93	63,94
31	40,66	26,07	66,73	40,66	26,07	66,73
32	40,72	26,36	67,08	40,7	26,35	67,05
33	42,92	26,3	69,22	42,92	26,3	69,22
34	40,28	26,12	66,4	40,28	26,12	66,4
35	41,76	24,08	65,84	41,76	24,08	65,84
36	40,03	24,42	64,45	40,03	24,41	64,44

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

ANEXO N. DATOS OBTENIDOS DE HUMEDAD DE *Eucalyptus globulus* Labill

ÁRBOL	SECCIÓN	PESO 1 PESO FRESCO		PESO 2 EN 24H		PESO 3 EN 48 H	
		MUESTRA	MUESTRA+ CRISOL	MUESTRA	MUESTRA + CRISOL	MUESTRA	MUESTRA + CRISOL
Árbol 1	Base	14,21	55,26	8,41	49,46	8,4	49,45
		17	56,92	9,11	49,03	9,1	49,02
		17,61	58,11	9,06	49,56	9,06	49,56
	Medio	16,67	57,86	9,62	50,81	9,62	50,81
		18,53	58,62	10,02	50,11	10,01	50,1
		18,9	60,13	10,23	51,46	10,21	51,44
	Ápice	18,6	56,49	9,81	47,7	9,81	47,7
		17,46	54,94	9,83	47,31	9,82	47,3
		18,64	58,49	9,7	49,55	9,68	49,53
Árbol 2	Base	17,18	59,07	8,31	50,2	8,3	50,19
		18,39	59,71	8,22	49,54	8,2	49,52
		17,73	58,72	7,89	48,88	7,88	48,87
	Medio	18,23	58,37	9,97	50,11	9,97	50,11
		16,02	56,62	8,37	48,97	8,37	48,97
		15,87	56,28	8,51	48,92	8,5	48,91
	Ápice	18,02	59,08	11,3	52,36	11,3	52,36
		16,36	56,29	10,44	50,37	10,43	50,36
		17,96	58,46	11,69	52,19	11,69	52,19
Árbol 3	Base	19,82	61,01	11,88	53,07	11,88	53,07
		20,17	60,26	12,15	52,24	12,15	52,24
		20,26	61,49	12,31	53,54	12,31	53,54
	Medio	15,13	53,01	7,79	45,67	7,79	45,67
		19,07	56,55	9,76	47,24	9,76	47,24
		15,71	55,56	8,53	48,38	8,53	48,38
	Ápice	15,95	57,4	10,39	51,84	10,38	51,83
		16,49	57,21	10,63	51,35	10,62	51,34
		15,05	55,97	9,81	50,73	9,8	50,72
Árbol 4	Base	18,3	58,5	10,04	50,24	10,04	50,24
		17,96	61,26	9,97	53,27	9,96	53,26
		18,07	58,08	10,51	50,52	10,49	50,5
	Medio	18,52	59,18	10,1	50,76	10,09	50,75
		19,02	59,72	9,9	50,6	9,9	50,6
		18,27	61,19	9,94	52,86	9,94	52,86
	Ápice	15,3	55,58	9,77	50,05	9,77	50,05
		19,49	61,25	12,7	54,46	12,69	54,45
		18,31	58,34	12,02	52,05	12,02	52,05

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

ANEXO O. PORCENTAJE DE HUMEDAD OBTENIDO PARA *Eucalyptus globulus*
Labill.

N.º ÁRBOL	SECCIÓN	%HUMEDAD			
		FORMULA SOLO MUESTRA	PROMEDIO	FORMULA MUESTRA + CRISOL	PROMEDIO
Árbol 1	Base	40,89	45,30	10,51	13,04
		46,47		13,88	
		48,55		14,71	
	Medio	42,29	44,75	12,18	13,72
		45,98		14,53	
		45,98		14,45	
	Ápice	47,26	46,36	15,56	14,93
		43,76		13,91	
		48,07		15,32	
Árbol 2	Base	51,69	54,22	15,03	16,29
		55,41		17,07	
		55,56		16,77	
	Medio	45,31	46,50	14,15	13,59
		47,75		13,51	
		46,44		13,10	
	Ápice	37,29	36,15	11,37	10,88
		36,25		10,53	
		34,91		10,73	
Árbol 3	Base	40,06	39,69	13,01	13,08
		39,76		13,31	
		39,24		12,93	
	Medio	48,51	47,68	13,85	14,41
		48,82		16,46	
		45,70		12,92	
	Ápice	34,92	35,13	9,70	9,78
		35,60		10,26	
		34,88		9,38	
Árbol 4	Base	45,14	43,88	14,12	13,41
		44,54		13,06	
		41,95		13,05	
	Medio	45,52	46,35	14,24	14,38
		47,95		15,27	
		45,59		13,61	
	Ápice	36,14	35,13	9,95	10,61
		34,89		11,10	
		34,35		10,78	

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

ANEXO P. DATOS OBTENIDOS DE MATERIAL VOLÁTIL DE *Eucalyptus globulus* Labill.

		MATERIAL VOLÁTIL			
ÁRBOL	SECCIÓN	MUESTRA	MUESTRA + CRISOL	FÓRMULA	FÓRMULA MUESTRA + CRISOL
Árbol 1	Base	1,75	42,8	46,80	12,03
		2,03	41,95	41,59	12,42
		2,26	42,76	38,61	11,70
	Medio	2,1	43,29	45,11	13,00
		1,73	41,82	44,68	14,12
		2,47	43,7	40,95	12,87
	Ápice	1,75	39,64	43,33	14,27
		1,82	39,3	45,82	14,56
		2,09	41,94	40,72	12,98
Árbol 2	Base	1,62	43,51	38,88	11,31
		1,99	43,31	33,77	10,40
		1,42	42,41	36,44	11,00
	Medio	2,52	42,66	40,87	12,76
		1,77	42,37	41,20	11,66
		2,2	42,61	39,70	11,19
	Ápice	1,82	42,88	52,61	16,05
		1,48	41,41	54,71	15,90
		1,81	42,31	55,01	16,90
Árbol 3	Base	2,91	44,1	45,26	14,70
		3,37	43,46	43,53	14,57
		2,99	44,22	46,00	15,16
	Medio	1,72	39,6	40,12	11,45
		2,02	39,5	40,59	13,69
		1,73	41,58	43,28	12,24
	Ápice	1,48	42,93	55,80	15,51
		1,24	41,96	56,88	16,40
		1,41	42,33	55,75	14,99
Árbol 4	Base	2,17	42,37	43,01	13,45
		2,09	45,39	43,82	12,85
		2,62	42,63	43,55	13,55
	Medio	2,43	43,09	41,36	12,94
		2,04	42,74	41,32	13,16
		2,37	45,29	41,43	12,37
	Ápice	1,42	41,7	54,58	15,02
		1,88	43,64	55,46	17,65
		1,65	41,68	56,64	17,78

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.

ANEXO Q. DATOS OBTENIDOS DE CENIZA Y CARBÓN FIJO DE *Eucalyptus globulus*
Labill.

ÁRBOL	SECCIÓN	CENIZA				CARBONO FIJO	PROMEDIO
		MUESTRA	MUESTRA + CRISOL	MUESTRA CRISOL+ TAPA	FORMULA		
Árbol 1	Base	0,05	41,1	64,74	0,35	11,96	12,07
		0,05	39,97	64,11	0,29	11,65	
		0,04	40,54	64,65	0,23	12,61	
	Medio	0,06	41,25	65,1	0,36	12,24	11,33
		0,06	40,15	64,64	0,32	9,01	
		0,06	41,29	65,07	0,32	12,75	
	Ápice	0,06	37,95	62,24	0,32	9,09	9,92
		0,11	37,59	63,88	0,63	9,79	
		0,06	39,91	68,21	0,32	10,89	
Árbol 2	Base	0,02	41,91	66,67	0,12	9,31	9,34
		0,01	41,33	67,78	0,05	10,77	
		0,01	41	65,38	0,06	7,95	
	Medio	0,03	40,17	63,84	0,16	13,66	12,81
		0,01	40,61	64,91	0,06	10,99	
		0,01	40,42	63,8	0,06	13,80	
	Ápice	0,09	41,15	64,8	0,50	9,60	9,24
		0,09	40,02	64,15	0,55	8,50	
		0,08	40,58	64,69	0,45	9,63	
Árbol 3	Base	0,03	41,22	65,06	0,15	14,53	15,27
		0,02	40,11	64,59	0,10	16,61	
		0,02	41,25	65,03	0,10	14,66	
	Medio	0,02	37,9	62,19	0,13	11,24	10,84
		0,01	37,49	63,78	0,05	10,54	
		0,04	39,89	68,19	0,25	10,76	
	Ápice	0,07	41,52	67,57	0,44	8,84	8,13
		0,12	40,84	65,26	0,73	6,79	
		0,09	41,01	65,09	0,60	8,77	
Árbol 4	Base	0,02	40,22	65,82	0,11	11,75	12,54
		0,02	43,32	69,28	0,11	11,53	
		0,03	40,04	63,97	0,17	14,33	
	Medio	0,03	40,69	66,76	0,16	12,96	12,13
		0,03	40,73	67,08	0,16	10,57	
		0,02	42,94	69,24	0,11	12,86	
	Ápice	0,1	40,38	66,5	0,65	8,63	8,85
		0,09	41,85	65,93	0,46	9,18	
		0,05	40,08	64,49	0,27	8,74	

Realizado por: Gladys Caisa, 2022.



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07 / 10 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Gladys Alicia Caisa Agualongo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniera Forestal
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


Ing. Cristhian Castillo



1759-DBRA-UTP-2022