



**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 COMUNIDAD AMULÁ CHICO CANTON**  
**COLTA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO FORESTAL**

**AUTOR**

**WILSON SALOMON CANDO CANDO**

Riobamba – Ecuador

2022



**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 COMUNIDAD AMULÁ CHICO CANTON**  
**COLTA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO FORESTAL**

**AUTOR:** WILSON SALOMON CANDO CANDO

**DIRECTOR:** ING. EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA Msc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Wilson Salomón Cando Cando**

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

Yo, **WILSON SALOMON CANDO CANDO**, Declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor 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, 16 de febrero de 2022

**Wilson Salomon Cando Cando**  
**060539543-3**

**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 COMUNIDAD AMULÁ CHICO CANTON COLTA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**”, realizado por el señor **WILSON SALOMON CANDO CANDO**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva MsC. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>MIGUEL ANGEL GUALLPA CALVA</b>	2022-02-16
Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda. MsC. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTANEDA</b>	2022-02-16
Ing. Vilma Fernanda Noboa Silva MsC. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>VILMA FERNANDA NOBOA SILVA</b>	2022-02-16

## **DEDICATORIA**

Lleno de regocijo, alegría y amor Dedico este trabajo de investigación a las personas más nobles de este mundo mis padres Melchor Cando y Rebeca Cando quienes han sido mi orgullo, es para mí una satisfacción poderles dedicar que con tanto sacrificio, esfuerzo, esmero y trabajo lucharon a diario para poder dar lo mejor en este mundo, y lo dedico como un gesto de agradecimiento y como resultado de su sacrificio, a mi hermana Elizabeth Cando quien me enseñó que la amistad entre hermanos es lo mejor de este mundo, a toda mi familia, amigos y seres queridos quienes estuvieron en esta etapa de mi vida.

Wilson.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por la vida que me permitió vivir, recorrer caminos que nunca imaginé, agradezco infinitamente a mis padres por su apoyo incondicional en todo este trayecto de mi vida estudiantil, por haberme forjado y motivado a seguir adelante ante todas las situaciones que se presenten en la vida. Me formaron con reglas y algunas libertades y sobre todo con temor a Dios. Agradezco por sus consejos, experiencias y por sus valores inculcados en mí, que día a día trabajaron por darme un mejor futuro, para el mañana. A mi hermana, por su infinita confianza, comprensión, y apoyo que me ha brindado y enseñarme el valor de la amistad perseverancia. A mi familia por el apoyo que de una manera u otra siempre estuvieron para dar una motivación para seguir adelante

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por permitirme formarme como persona y justificar mis errores, como no agradecer al miembro del tribunal Ing. Eduardo Salazar y Ing. Vilma Noboa, por la paciencia y motivación para poder terminar esta etapa

A mis amigos que con sus locuras llenamos un momento en nuestra vida de alegría y algunas anécdotas

“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas”. Josué 1:9

Wilson.

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Cambio climático .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Efecto invernadero.....</b>	<b>5</b>
<i>1.2.1. ¿Qué son los gases de efecto invernadero? .....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.2. Gases de Efecto Invernadero indirectos: .....</i>	<i>7</i>
<b>1.3. Plantaciones.....</b>	<b>8</b>
<i>1.3.1. Plantaciones forestales .....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.2. Importancia de las plantaciones forestales.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.2.1. Importancia socioeconómica .....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.2.2. Importancia Ambiental .....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.3. Linderos .....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.3.1. Ventajas .....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.3.2. Desventajas.....</i>	<i>11</i>
<b>1.4. Herbario .....</b>	<b>12</b>
<i>1.4.1. Importancia de un herbario.....</i>	<i>12</i>
<i>1.4.2. Procesos operativos en un herbario.....</i>	<i>13</i>
<b>1.5. Madera.....</b>	<b>14</b>
<i>1.5.1. ¿Qué es madera?.....</i>	<i>14</i>
<i>1.5.2. Propiedad higroscópica de la madera.....</i>	<i>14</i>
<i>1.5.3. Contenido de humedad en la madera .....</i>	<i>14</i>
<b>1.6. Carbono .....</b>	<b>15</b>
<b>1.7. El Carbono en ecosistemas forestales .....</b>	<b>15</b>
<i>1.7.1. La madera como sumidero de carbono.....</i>	<i>16</i>
<i>1.7.2. Proceso de carbonización de la madera .....</i>	<i>16</i>
<i>1.7.3. Análisis del carbón.....</i>	<i>18</i>

<b>1.8.</b>	<b>Normativas técnicas</b> .....	<b>18</b>
<i>1.8.1.</i>	<i>¿Qué es una Norma Técnica?</i> .....	<i>18</i>
<i>1.8.2.</i>	<i>Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1160:1983</i> .....	<i>19</i>
<i>1.8.2.1.</i>	<i>Determinación del contenido de humedad en madera</i> .....	<i>19</i>
<b>1.8.3.</b>	<b>Normas ASTM</b> .....	<b>20</b>
<i>1.8.3.1.</i>	<i>Humedad residual (Norma D3173- 87).</i> .....	<i>20</i>
<i>1.8.3.2.</i>	<i>Material volátil (Norma D3175- - 89(02)).</i> .....	<i>21</i>
<i>1.8.3.3.</i>	<i>Cenizas (Norma ASTM D-3174-00).</i> .....	<i>21</i>
<i>1.8.3.4.</i>	<i>Carbono fijo (3172- 89(02)).</i> .....	<i>22</i>

## **CAPÍTULO II**

<b>2.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1.</b>	<b>Caracterización del lugar</b> .....	<b>23</b>
<i>2.1.1.</i>	<i>Localización</i> .....	<i>23</i>
<i>2.1.3.</i>	<i>Características climáticas</i> .....	<i>25</i>
<i>2.1.4.</i>	<i>Distribución ecológica</i> .....	<i>25</i>
<b>2.2.</b>	<b>Materiales y equipos</b> .....	<b>25</b>
<i>2.2.1.</i>	<i>Material de campo</i> .....	<i>25</i>
<i>2.2.2.</i>	<i>Equipos de campo</i> .....	<i>26</i>
<i>2.2.3.</i>	<i>Materiales de laboratorio</i> .....	<i>26</i>
<i>2.2.4.</i>	<i>Equipos de laboratorio</i> .....	<i>26</i>
<i>2.2.5.</i>	<i>Material biológico</i> .....	<i>26</i>
<i>2.2.6.</i>	<i>Materiales y equipos de oficina</i> .....	<i>26</i>
<i>2.2.7.</i>	<i>Materiales informáticos</i> .....	<i>27</i>
<b>2.3.</b>	<b>Marco metodológico</b> .....	<b>28</b>
<i>2.3.2.</i>	<i>Análisis en laboratorio</i> .....	<i>29</i>
<b>2.4.</b>	<b>Especificaciones del campo experimental</b> .....	<b>30</b>
<b>2.5.</b>	<b>Tipo de Diseño experimental</b> .....	<b>31</b>
<b>2.6.</b>	<b>Variable de estudio</b> .....	<b>32</b>
<b>2.7.</b>	<b>Análisis funcional</b> .....	<b>32</b>

## **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>33</b>
<b>3.1.</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>33</b>
<i>3.1.1.</i>	<i>Identificación dendrológica de las especies</i> .....	<i>33</i>

3.1.1.1. <i>Pinus radiata</i> .....	33
3.1.1.2. <i>Pinus patula</i> .....	34
<b>3.1.2. Resultados de porcentaje de humedad contenido en las especies</b> .....	<b>35</b>
3.1.2.1. <i>Pinus radiata</i> .....	35
3.1.2.2. <i>Pinus patula</i> .....	38
3.1.2.3. Comparación de humedad media entre las especies <i>Pinus radiata</i> y <i>Pinus patula</i> .....	40
<b>3.1.3. Resultados de porcentaje de Carbono fijo almacenado en las especies</b> .....	<b>42</b>
3.1.3.1. <i>Pinus radiata</i> .....	42
3.1.3.2. <i>Pinus patula</i> .....	45
3.1.3.3. Comparación de carbono fijo entre las especies <i>Pinus radiata</i> y <i>Pinus patula</i> .....	48
<b>3.2. Discusión de los parámetros de evaluación</b> .....	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>53</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>54</b>
<b>GLOSARIO</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Especificación del campo experimental .....	30
<b>Tabla 2-2:</b>	Tratamientos y bloques aplicados en la investigación.....	30
<b>Tabla 3-2:</b>	Bloques aplicados en la investigación.....	31
<b>Tabla 4-2:</b>	Esquema del diseño experimental .....	31
<b>Tabla 5-3:</b>	Taxonomía de la especie <i>Pinus radiata</i> D. Don.....	33
<b>Tabla 6-3:</b>	Taxonomía de la especie <i>Pinus patula</i> .....	34
<b>Tabla 7-3:</b>	Humedad por secciones de la especie <i>Pinus radiata</i> .....	35
<b>Tabla 8-3:</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado) .....	37
<b>Tabla 9-3:</b>	Análisis de varianza humedad de <i>Pinus radiata</i> .....	37
<b>Tabla 10-3:</b>	Análisis de varianza (SC tipo III).....	37
<b>Tabla 11-3:</b>	Humedad por secciones de la especie <i>Pinus patula</i> .....	38
<b>Tabla 12-3:</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado) .....	39
<b>Tabla 13-3:</b>	Análisis de varianza de la variable humedad .....	39
<b>Tabla 14-3:</b>	Análisis de varianza (SC Tipo III) .....	40
<b>Tabla 15-3:</b>	Resultados de contenido de humedad de <i>Pinus radiata</i> y <i>Pinus patula</i> .....	40
<b>Tabla 16-3:</b>	Carbono fijo media por secciones de la especie <i>Pinus radiata</i> .....	42
<b>Tabla 17-3:</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado) .....	43
<b>Tabla 18-3:</b>	Análisis de varianza en carbono fijo de <i>P.radiata</i> .....	44
<b>Tabla 19-3:</b>	Análisis de varianza (SC tipo III) de <i>P.radiata</i> .....	44
<b>Tabla 20-3:</b>	Test de tukey de la variable carbono fijo en la especie <i>P. radiata</i> .....	45
<b>Tabla 21-3:</b>	Carbono fijo medio por secciones de la especie <i>Pinus patula</i> .....	45
<b>Tabla 22-3:</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado) .....	46
<b>Tabla 23-3:</b>	Análisis de varianza de la variable carbono fijo de <i>P. patula</i> .....	47
<b>Tabla 24-3:</b>	Análisis de varianza de la variable (SC tipo III) .....	47
<b>Tabla 25-3:</b>	Contenido de carbono fijo entre las especies <i>Pinus radiata</i> y <i>Pinus patula</i> .....	48

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1-2:</b> Cartografía de parroquia Villa la Unión Cajabamba.....	24
---------------------------------------------------------------------------	----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3.</b>	Humedad media de la especie <i>Pinus radiata</i> .....	36
<b>Gráfico 2-3.</b>	Humedad media de la especie <i>Pinus patula</i> .....	38
<b>Gráfico 3-3.</b>	Comparación de contenido de humedad entre las especies .....	41
<b>Gráfico 4-3.</b>	Comparación de contenido de humedad promedio entre las especies .....	41
<b>Gráfico 5-3.</b>	Carbono fijo por secciones de la especie <i>Pinus radiata</i> .....	43
<b>Gráfico 6-3.</b>	Carbono fijo en la especie <i>Pinus patula</i> .....	46
<b>Gráfico 7-3.</b>	Comparación de carbono fijo en las especies <i>Pinus radiata</i> y <i>Pinus patula</i> .....	49
<b>Gráfico 8-3.</b>	Contenido de Carbono fijo entre las especies <i>Pinus radiata</i> y <i>Pinus patula</i> .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO
- ANEXO B:** LABORES REALIZADAS EN CAMPO
- ANEXO C:** OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE MADERA O PROBETA
- ANEXO D:** IDENTIFICACIÓN DENDROLOGICA EN ELCHEP
- ANEXO E:** CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN DENDROLOGICA EN EL CEHEP
- ANEXO F:** EQUIPOS UTILIZADOS EN LABORATORIO
- ANEXO G:** PROCESO DE TARAR CRISOLES
- ANEXO H:** PROCESO PARA OBTENCIÓN DE %DE HUMEDAD
- ANEXO I:** PROCESO PARA OBTENER MATERIAL VOLÁTIL
- ANEXO J:** PROCESO PARA OBTENCIÓN DE CENIZA
- ANEXO K:** PROCESO DE TARAR CRISOLES
- ANEXO L:** BASE DE DATOS PARA HUMEDAD DE *Pinus radiata*
- ANEXO M:** BASE DE DATOS DE MATERIAL VOLATIL DE *Pinus radiata*
- ANEXO N:** BASE DE DATOS PARA CENIZA DE *Pinus radiata*
- ANEXO O:** BASE DE DATOS PARA HUMEDAD DE LA ESPECIE *Pinus patula*
- ANEXO P:** BASE DE DATOS DE MATERIAL VOLÁTIL DE *Pinus patula*
- ANEXO Q:** BASE DE DATOS DE CENIZAS DE *Pinus patula*
- ANEXO R:** BASE DE DATOS DE CARBONO FIJO EN LA ESPECIE *Pinus patula*

## RESUMEN

El objetivo fue la obtención del carbono fijo, almacenado en la madera de dos especies forestales comerciales, en la comunidad, Amulá Chico, Cantón Colta, Provincia de Chimborazo. La investigación se ejecutó en dos áreas importantes, a nivel de herbario y a nivel de laboratorio. A nivel de herbario se utilizó la metodología establecida por el herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (CHEP), donde se identificó dendrológicamente las especies forestales en estudio, estas especies fueron: *Pinus radiata* D. Don y *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. En el laboratorio de química de la Facultad de Recursos Naturales. se utilizó la metodología del Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN y American Society for Testing and Materials - ASTM del carbón o coque, para determinar los análisis próximos de la madera y/o el carbón, con dicho análisis se obtuvo los porcentajes de humedad, material volátil, ceniza y carbono fijo, mostrando los siguientes resultados: el 57,31% de humedad en *Pinus patula* y el 54,86% de contenido de humedad en *Pinus radiata*. En el caso de la variable Carbono fijo un 7,63% en la madera de *Pinus radiata* y un 7,39% de Carbono fijo en la madera de *Pinus patula*. Con estos resultados se llegó a la conclusión de que la variable humedad en la especie *Pinus patula* presenta un mayor contenido en comparación a la especie *Pinus radiata*, por otra parte, la especie *Pinus radiata* posee un mayor contenido de carbono fijo almacenado en la madera en comparación a la especie *Pinus patula*.

**Palabras claves:** < (*Pinus radiata* D. Don) >, < (*Pinus patula* Schiede) >, <HUMEDAD EN PROBETAS>, <CARBONO FIJO>, <MATERIAL VOLATIL>, <SECCIONES DEL ÁRBOL>.



Firmado electrónicamente por:

CRISTHIAN  
FERNANDO  
CASTILLO  
RUIZ



0543-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The aim was to obtain the fixed carbon stored in the wood of two commercial forest species in the community of Amulá Chico, Canton Colta, Province of Chimborazo. The research was carried out in two important areas, at the herbarium level and at the laboratory level. At the herbarium level, the methodology established by the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (CHEP) herbarium, was used, where the forest species under study were identified dendrologically: *Pinus radiata* D. Don and *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. In the chemistry laboratory of the Facultad de Recursos Naturales, the methodology of the INEN and ASTM norms for charcoal or coke was used to determine the proximate analysis of wood and/or charcoal, with this analysis the percentages of humidity, volatile material, ash and fixed carbon were obtained, presenting the following results: 57.31% humidity in *Pinus patula* and 54.86% humidity content in *Pinus radiata*. In the case of the fixed carbon variable, 7.63% in *Pinus radiata* wood and 7.39% of fixed carbon in *Pinus patula* wood. Using these results it was concluded that the humidity variable in the *Pinus patula* species has a higher content compared to the *Pinus radiata* species, on the other hand, the *Pinus radiata* species has a higher content of fixed carbon stored in the wood compared to the *Pinus patula* species.

**Key words:** <(Pinus radiata D. Don) >, <(Pinus patula Schiede) >, <WETNESS IN TEST TUBES>, <FIXED CARBON>, <VOLATILE MATERIAL>, <TREE SECTIONS>.



Firmado electrónicamente por:

**ELSA  
AMALIA  
BASANTES  
ARIAS**

## INTRODUCCIÓN

Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, en particular el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), están comenzando a provocar cambios significativos en el clima global. (Mena, 2008 p. 17) . Una forma de reducir el impacto del dióxido de carbono, y las emisiones de gases de efecto invernadero, es almacenar el carbono el mayor tiempo posible en los lugares más propicios, como son los bosques y la vegetación. (López, et al., 1999 pp. 51-53)

Según explica. (Velasco, 2013 p. 20) La cantidad de carbono almacenado en los bosques se puede determinar a partir de cinco factores: biomasa aérea (que se encuentra en los troncos, ramas y frutos), biomasa subterránea (que se encuentra en las raíces), biomasa del suelo y biomasa muerta que se encuentran en pie. En la biomasa aérea específicamente en los árboles el carbono es absorbido de la atmósfera y almacenada en forma de madera. Esta fotosíntesis natural de la madera continúa durante todo el crecimiento del árbol y se detiene cuando el árbol alcanza la edad máxima. (Ramírez, et al., 1999 pp. 10-16)

Por otra parte, el, carbono en la madera es muy importante en la Industria ya que actúa como un indicador de la calidad del carbón. En algunos países el carbón lo utilizan para producción de energía y material de combustión, lo cual ha cobrado un impulso considerable, generándose una buena alternativa para generación de energía específicamente en áreas rurales. (Zárate, 2016 pp. 1-9)

En este contexto, es importante conocer el carbono que se encuentra almacenado en la madera, ya que presentan beneficios tanto como para la reducción del cambio climático y la producción de carbón en la parte industrial. Por lo expuesto se pretende realizar el presente trabajo de titulación denominado “Estimación de cantidad de carbono fijo almacenado en la madera de dos especies forestales comerciales en la comunidad Amulá Chico Cantón Colta provincia de Chimborazo”, que es un trabajo investigativo llevado a cabo en Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## PROBLEMA

Las emisiones de gases de efecto invernadero en especial el dióxido de carbono provocan fluctuaciones naturales que conlleva al calentamiento global, este es un problema que afecta a la mitigación del cambio climático. (Guerra, 2013 p. 3). Por esta razón, los bosques han sido tomados en cuenta desde hace mucho tiempo en las negociaciones internacionales sobre cambio climático, y de esta manera se han ganado su lugar gracias a las controversias sobre cómo medir el secuestro de carbono en distintos ecosistemas. (Emanuelli, et al., 2017 p. 6).

En la parte industrial, la utilización del carbón como combustible también ha traído problemas, como es la contaminación ambiental por los gases que emite a la atmosfera al momento de utilizar ya sea en industrias metalurgias, industrias energéticas, industrias de producción de cal, etc. Es eminente por la mala calidad del carbón, que produce contaminación ambiental y esto conlleva al calentamiento global.

A nivel internacional se están impulsando estudios para la determinación del carbono almacenado en distintos ecosistemas, áreas o especies, por las múltiples diferencias que existen entre ellas. Esta carencia de información no permite que las empresas, dueños o comunidades conozcan datos confiables de la cantidad de carbono que poseen algunas de sus especies forestales, ya sea para aplicar servicios ambientales o ventas más exactas de acuerdo a su contenido de carbono o simplemente para poder determinar la calidad de la madera.

## JUSTIFICACIÓN

El secuestro de carbono ha demostrado ser un factor importante en la reducción del calentamiento global, gracias a que los árboles ayudan a reducir la cantidad de dióxido de carbono que entra a la atmósfera y así liberan O<sub>2</sub>, a pesar de que todos los tipos de vegetación absorben dióxido de carbono, los árboles son los más eficientes, de modo que se pueda obtener un medio ambiente sano y limpio (Velasco, 2013 p. 20)

Existe una amplia gama de información acerca la captura de carbono en la biomasa forestal en general, pero en el Ecuador existe información muy limitada de la cantidad de carbono que se encuentra almacenada en la madera, por lo que resulta de mucha importancia realizar estudios de esta índole. Los resultados de la siguiente investigación podrán ser utilizados como ente de referencia para futuras investigaciones.

En la parte industrial el conocer sobre la cantidad de carbono almacenado de las especies forestales han pasado a ser un aspecto importante, al ser un elemento que actúa como un indicador de la calidad del carbón que muchas empresas, requieren conocer para su comercialización. Conocer estos resultados será de mucho beneficio, ya que con ello podrán definir el destino de la madera y vender sus productos de acuerdo a su contenido, en cuanto a la reactividad de los carbones, en términos generales, 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.

## OBJETIVOS

### **Objetivo General**

Determinar la cantidad de carbono fijo almacenada en la madera de dos especies forestales comerciales en la Comunidad Amula Chico Cantón Colta Provincia de Chimborazo

### **Objetivos específicos**

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

## HIPÓTESIS

### **Hipótesis Nula**

No existen diferencias en la cantidad de carbono fijo almacenado en la madera de ninguna de las dos especies forestales

### **Hipótesis Alterna**

Existen diferencias en el contenido de carbono fijo almacenado en la madera de las dos especies forestales

## CAPÍTULO I

### 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 1.1. Cambio climático

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), artículo 1, define el “cambio climático” como el cambio de clima causado directa o indirectamente por actividades humanas que altera la composición de la atmósfera mundial. Para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), muestra que los cambios significativos en las condiciones climáticas son el resultado de cambios en la variabilidad de los valores medios y sus características, que duran mucho tiempo, generalmente durante un periodo de décadas o más. (Díaz, 2012 p. 229)

El cambio climático en la actualidad se reconoce como un fenómeno total o parcialmente causado por el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente el CO<sub>2</sub> emitido por la actividad humana. Numerosos estudios científicos demuestran que el cambio climático ya está afectando a la biosfera. (González, et al., 2003 p. 377). El cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial del planeta, es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrentan en el presente siglo. (Ordóñez, et al., 2001 pp. 3-12)

Sin embargo (Miller, 2007 p. 1), sostiene que el cambio climático global se refiere a las modificaciones en cualquier aspecto del clima del planeta, tales como la temperatura, precipitación e intensidad y las rutas de las tormentas. Los factores que afectan los cambios de temperatura media de la tierra y el cambio climático son los cambios en el desnivel del mar, los efectos de las nubes, la emisión de aerosoles a la atmósfera, aumento en las emisiones de dióxido de carbono, gas metano, hidratos de metano. (Díaz, 2012 pp. 227-240)

#### 1.2. Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno mediante el cual la atmósfera de la Tierra se calienta (Caballero, et al., 2007 pp. 3-12), este nombre proviene del parecido con las estructuras que se construyen para cultivar a las plantas en un ambiente más cálido que el exterior, ya que el techo de un invernadero tiene la misma característica de dejar entrar la radiación solar y bloquear la generada en su interior (Martínez, et al., 2004 p. 33)

El efecto invernadero ha existido en la Tierra desde que apareció en este el agua en estado líquido, siendo el principal gas de efecto invernadero el vapor de agua, con el que conjuntamente con otros gases como el dióxido de carbono y el oxígeno produjeron un ambiente adecuado para el desarrollo de la vida, ya que sin este la temperatura de la Tierra sería de  $-18^{\circ}\text{C}$ . (Raynal-Villaseñor, 2011 pp. 421-427)

### ***1.2.1. ¿Qué son los gases de efecto invernadero?***

Los gases de efecto invernadero (GEI) son gases emitidos de forma natural y antropogénica es decir emitidos por el ser humano. Los GEI son aquellos gases que se acumulan en la atmósfera de la tierra y que absorben la energía infrarroja del sol esto crea el denominado efecto invernadero que contribuye al calentamiento global del planeta. (Ballesteros, et al., 2007 pp. 25-26)

Según (Olivo y Soto, 2010, pp. 221-230) Los gases de efecto invernadero (GEI) son los componentes gaseosos de las atmósferas naturales y artificiales que absorben y emiten radiación de longitudes de onda específicas en el espectro infrarrojo emitido por la superficie terrestre, la atmósfera y las nubes emitidas por la superficie de la tierra. Esta propiedad provoca el efecto invernadero.

### ***1.2.2. Tipos de gases de efecto invernadero***

Según sus características, pueden ser clasificados entre gases de efecto invernadero directos e indirectos.

#### ***1.2.2.1. Gases de Efecto Invernadero directos***

Son aquellos gases que contribuyen al efecto invernadero sin sufrir modificaciones, es decir, tal y como son creados y expulsados a la atmósfera. Dentro de este grupo se encuentran:

- Dióxido de carbono  $\text{CO}_2$

Este es, sin lugar a dudas, uno de los gases más relevantes dentro del juego del cambio climático, detrás del vapor del agua. La gran proporción de noticias e informaciones alrededor de este gas radican en que lo tachan de ser responsable del calentamiento de la Tierra, pese a no ser tan exuberante como el vapor del agua. No obstante, en este aspecto se debe resaltar un punto fundamental, que es un gas producido a gran escala por el hombre. (Maqueda González, et al., 2005 pp. 14-18)

Además de ser emitido como resultado de procesos biológicos, como la respiración, el CO<sub>2</sub> se lanza a la atmósfera como consecuencia del consumo de combustibles fósiles, como carbón o petróleo, para crear la energía que se consume actualmente. “El dióxido de carbono se elimina de la atmósfera (o "secuestra") cuando lo absorben las plantas como parte del ciclo biológico del carbono.” (Rodríguez, 2009 pp. 46-51)

- El metano(CH<sub>4</sub>).

Este es otro de los enormes contribuyentes en el fenómeno del impacto invernadero, así como uno de los más importantes contribuyentes a la función de oxidación de la troposfera.

El metano se emite durante la producción y el transporte de carbón, gas natural y petróleo. También se generan emisiones de metano en prácticas ganaderas y otras prácticas agrícolas y a raíz de la descomposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios municipales para residuos sólidos. (Rodríguez, 2009 pp. 46-51)

- El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

El óxido nitroso se emite durante actividades agrícolas e industriales, en la combustión de combustibles fósiles y residuos sólidos y también durante el tratamiento de aguas residuales. (Rodríguez, 2009 pp. 46-51)

Según la Unión Europea, “el óxido nitroso es el único óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que actúa como gas de efecto invernadero”. Comparándolo con el CO<sub>2</sub>, el óxido nitroso en un siglo puede tener un efecto de calentamiento global aproximadamente 300 veces superior al del dióxido de carbono. (Maqueda González, et al., 2005 pp. 14-18)

#### 1.2.2.2. Gases de Efecto Invernadero indirectos:

A diferencia de los directos, estos gases sufren una transformación cuando llegan a la atmósfera que los convierten en GEI directos. Aquí se pueden encontrar:

- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

Los óxidos de nitrógeno forman una gran familia de gases que se pueden encontrar en la troposfera de la Tierra, entre los que se destacan el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno

(NO<sub>2</sub>) y el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). Este tipo de gases se originan por vías naturales, como con la quema de biomasa, y por vía antropogénica, principalmente por la combustión de los motores. Debido a su alta producción por los humanos y por su papel en la formación de ozono y acidificación del agua, este tipo de GEI ha estado en el foco de las políticas ambientales de los Estados internacionales. (Maqueda González, et al., 2005 pp. 14-18)

- Ozono (O<sub>3</sub>)

Es un gas compartido de manera no equitativa por el mundo y el hombre es el responsable de acentuar aquellas diferencias, juega un papel muy complejo en la calidad del aire, la química atmosférica y el clima. En este último participa directamente como un gas de efecto invernadero e indirectamente a través del ciclo del carbono. (Cano, et al., 2016 pp. 25-34)

- Monóxido de carbono (CO)

Al igual que en otros casos, la principal fuente de CO es antropogénica, ya que es un residuo proveniente de la combustión de los motores. También hay muchos gases de efecto invernadero totalmente antropogénicos en la atmósfera, como los halo-carbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromo según la definición del Protocolo de Montreal, como el hexafluoruro de azufre. SF<sub>6</sub>, hidrofluorocarbono (HFC), perfluorocarbono). (Huamán, 2015 pp. 11-15)

### **1.3. Plantaciones**

Plantación originaria de la palabra latina plantatio, se define como el acto y efecto de plantar una planta (meter una planta, un esqueje, un tubérculo o un bulbo en tierra con el objetivo de que arraigue y crezca). Por lo tanto, todo lo que se cultiva y la tierra en la que se cultivan se llama de plantación. (Pérez, et al., 2011 pp. 1-2)

En general, la plantación se conoce como el proceso de plantar un árbol y plantar completamente un árbol. Es un sistema agrícola latino que se desarrolló principalmente en los trópicos durante la época colonial, tanto en América, África y Asia.. (Maza, 1968 pp. 51-112)

### ***1.3.1. Plantaciones forestales***

En FRA 2000 “las plantaciones forestales” se define como un bosque plantado como parte de la forestación o reforestación. Se pueden introducir estas especies o especies nativas que cumplan con los requisitos para un área de al menos 0,5 hectáreas; El dosel cubre al menos el 10% del área del suelo y la altura total del árbol maduro es de más de 5 metros. (FAO, 2002 pp. 1-115.)

Una plantación forestal incluye la plantación de árboles que componen la masa del bosque y tienen una forma, tamaño y especies específicas para cumplir con objetivos específicos, como plantar bosques productivos, ahorrar energía, proteger áreas agrícolas, conservar agua, superar los problemas de erosión y plantaciones pastorales de plata., entre otros. (Castillo et all, 2000 pp. 8-166)

### ***1.3.2. Importancia de las plantaciones forestales***

La principal contribución de la forestación comercial a la mitigación del cambio climático es la transformación de la producción de la tierra, a través de procesos derivados del cambio de uso de la tierra, que se han eliminado, así como los servicios. Se crean los ambientes que brindan, tales como: absorción de gases de efecto invernadero a la atmósfera, regulación del microclima, barreras contra el viento, protección del suelo, recolección y almacenamiento de agua, y un santuario para los animales salvajes. (Espino, et al., 2017 p. 1)

La forestación es muy importante para el desarrollo responsable de una región, un país, un continente e incluso el mundo entero; Porque no solo nos permite cultivar, cultivar y preservar la tierra (independientemente de su tamaño), sino que también proporciona a las personas del mundo bienes y servicios socialmente esenciales, la economía y el medio ambiente; También contribuye a la seguridad de los alimentos y el agua, manteniendo el aire y el suelo frescos. En otras palabras, la forestación significa una nueva fuente de trabajo y progreso, al tiempo que garantiza una vida más saludable para todos los residentes. (OSINFOR, 2012 pp. 1-7). Los árboles también nos proporcionan el aire que respiramos y absorben dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera. Por todo ello, la conciencia de todas y cada una de las personas sobre la preocupación por los recursos forestales es de gran importancia. (OSINFOR, 2012 pp. 1-7)

#### 1.3.2.1. *Importancia socioeconómica*

- Con las plantaciones forestales se produce celulosa, que es la materia prima para su producción. La celulosa es una fibra, como las bandas que componen la tela, pero más delgada, entretejida para hacer papel y sus derivados.
- Las plantaciones forestales permiten producir y vender madera para construcción, muebles y otros.
- Las plantaciones generan un número importante de empleos.
- Proporcionan recursos a la comunidad circundante, como leña, comida para animales y otros.
- No solo grandes empresas tienen plantaciones forestales. También son un recurso económico para los pequeños propietarios forestales.

#### 1.3.2.2. *Importancia Ambiental*

- Los árboles son el medio más eficaz de combatir la desertificación y la sequía que estamos presenciando en el mundo. Afectan al clima, reducen el reflejo de la radiación solar (albedo), protegen el suelo y retienen la humedad en el aire. Sin árboles, el clima en muchas áreas se vuelve más seco.
- Los árboles absorben dióxido de carbono resultante de diversas actividades humanas. La fotosíntesis elimina el dióxido de carbono del aire, lo convierte en carbono y lo devuelve al medio ambiente en forma de oxígeno, lo que ayuda a reducir el efecto invernadero. En un día, un árbol nos proporciona el oxígeno que necesitan diez personas. En una hora, un automóvil consume la cantidad de oxígeno que necesitan 800 personas cada día.
- Los árboles crean nuevos hábitats. Cuando algunos animales pierden sus hogares debido a los incendios forestales o la destrucción del hábitat, pueden encontrar nuevos hogares en las granjas. Además, mantienen el planeta Tierra como un lugar habitable para los humanos.
- Las plantaciones evitan la erosión del suelo y ayudan a recuperar suelos destruidos, erosionados. Sus raíces sujetan la tierra y evitan deslizamientos. Además, sus hojas permiten que el agua de lluvia gotee lentamente sobre el suelo, donde la materia orgánica facilita que se infiltre en el subsuelo. Cuando no hay árboles, la lluvia que cae golpea el suelo desprotegido, arrastra sedimentos y provoca las inundaciones.

### 1.3.3. *Linderos*

Es una plantación de árboles en hileras que realizan múltiples funciones como forrajes, frutales y ornamentales. Las personas agregan al uso de todas o la mayoría de estas especies para la producción de leña, además de sus funciones como cortavientos, refugio de vida silvestre y belleza paisajística. Con cultivos, pastos, caminos, ríos, etc. Se puede instalar en vallas, medianeras, dividiendo diferentes cultivos en un mismo terreno, dividiendo fincas o a lo largo de la carretera. Su tarea es producir sin quitar el suelo de los cultivos vecinos. (Viera, et al., 2004 pp. 85-92)

Son plantaciones de árboles en línea en límites de fincas, con el objetivo principal de producir madera o postes para obtener un margen de beneficio de la principal actividad productiva. (Pizarro , et al., 2016 pp. 10-15)

#### 1.3.3.1. *Ventajas*

- Delimitación clara de la finca
- Producción de madera en áreas subutilizadas
- Reduce malezas, chapeas, rondas cortafuegos.
- Mayor valor y mejoramiento estético de la finca.
- Producción de postes (podas y raleos).
- Mejor crecimiento de árboles. • Apto para pequeños agricultores.
- Menos plagas y enfermedades.
- Flexibilidad en manejo de podas y raleos.

#### 1.3.3.2. *Desventajas*

- Costos iniciales de protección y mantenimiento.
- Conflictos sobre propiedad de árbol.
- Cerca de alambre daña la madera.
- Competencia con pasto.
- Reducción del valor comercial por mala forma y ramificación.
- Costos iniciales de control de malezas más altos que en otros sistemas de producción.
- En pastos, el pisoteo compacta el suelo.

## **1.4. Herbario**

Actualmente, el término herbario se utiliza para conceptualizar a un grupo de plantas destinadas al análisis o la educación de la botánica. Por lo común, se trata de plantas desecadas en las debidas condiciones para que la manera y postura de sus órganos se conserven de la forma más parecida a una vez que estaban vivas. (Katinas, 2001 pp. 1-6)

El herbario es un banco de datos acerca de la flora de una metrópoli, zona o territorio. En un herbario se archivan colecciones de ejemplares vegetales "secos" ordenados según un identificado sistema taxonómico designado a estudios científicos y comparativos de identificación sistemática (Caranqui, 2021 pp. 1-11). Un herbario constituye un muestrario representativo de las propiedades morfológicas, el reparto geográfica y la historia filogenética de las verduras de un definido territorio, zona o de todo el planeta (Cerón, 2003 pp. 1-191)

Un herbario es una recopilación científica de plantas secas o herborizadas. Principalmente dedicada a plantas mejores o con flores (angiospermas y gimnospermas), además suele entender al conjunto de los helechos y afines (pteridofitas), así como musgos (musci) y hongos o setas e inclusive algas (excepto los organismos microscópicos, que como colecciones acostumbran depositarse con otro sistema). Asociado a los herbarios se acostumbra disponer de colecciones de semillas, frutos, madera, fotografías de plantas y otras que se relacionan con las verduras, inclusive jardines botánicos. De fundamental trascendencia es contar además con una biblioteca especializada para la identificación del material vegetal. (León, 2016 pp. 3-4)

### ***1.4.1. Importancia de un herbario***

El valor del herbario radica en tener representada y sistematizada parte de la diversidad biológica vegetal, para posteriores estudios, estudio o indagaciones; cubriendo de alguna forma la necesidad de conocer la estructura vegetal de cualquier conjunto de plantas en análisis. Sin embargo las colecciones de trabajo permiten conservar una vasta variabilidad genética de alguna especie in vivo, para estudios de caracterización morfológica y molecular en busca de alguna particularidad que potencialice su uso y se preserve en estado natural por medio de los años. (Rodríguez, et al., 2020 pp. 43-50)

Los herbarios son herramientas de fundamental trascendencia para la Taxonomía, entre otras causas ya que dan el material comparativo que es primordial para encontrar o confirmar la

identidad de una especie, o decidir si la misma es nueva para la ciencia, o sea que no fue descrita con anterioridad. (Moreno, 2007 p. 417)

#### **1.4.2. Procesos operativos en un herbario**

Según (Caranqui, 2021 pp. 1-3).

- **Colecta de plantas.** Para tener una recopilación de calidad se debería tener muestras de calidad para lo que, los especímenes se tienen que coleccionar fértiles, con la respectiva información de la metrópoli, propiedades de la planta e información general.
- **Secado de plantas.** Se usará la secadora de plantas a gas del Herbario a una temperatura de 70 °C, con una duración de 8 horas; antecedente de esto se agrupa las plantas en prensas de hasta 40 centímetros de elevado previa presión. Las muestras en la prensa permanecen 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.
- **Elaboración de etiquetas.** Con base en la información levantada en la libreta de campo se procede a elaborar las etiquetas de acuerdo a formatos internacionales.
- **Montaje.** Desea mencionar pegar una muestra botánica con goma blanca en una cartulina (29x41 cm), además deberán escoltar la etiqueta en el lado inferior derecho, el sello del Herbario en el lado preeminente derecho y un sobre diminuto en el lado preeminente izquierdo. Luego se cocerá las piezas más gruesas o leñosas para sujetar la muestra.
- **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.

## **1.5. Madera**

### ***1.5.1. ¿Qué es madera?***

Es el conjunto de tejidos orgánicos que componen la masa de los troncos de los árboles, desprovistos de corteza y hojas. Esto le confiere al material, características como porosidad (presencia de espacios vacíos) y alta resistencia mecánica en relación con su peso, lo que origina que sus propiedades se manifiesten en diferente magnitud según las direcciones de corte. (Hidalgo,2013 pp. 38-39)

### ***1.5.2. Propiedad higroscópica de la madera***

La madera es un material higroscópico por lo tanto tiende a absorber o a perder agua según las condiciones del ambiente que la rodea, mejor dicho, según las condiciones de la humedad relativa y temperatura del aire, de tal forma que a cada estado ambiental le corresponde un grado de humedad en la madera, nombrado humedad de equilibrio higroscópico (Bermejo, 2021 pp.4-8)

La humedad está presente en 3 posibilidades en la madera. Agua sin dependencia, agua de saturación y agua de constitución. El agua libre, que por capilaridad está entre las fibras y poros de la madera, es el agua que se extrae por evaporación. Una vez que se retira toda el agua sin dependencia, se llega al punto de saturación de las fibras (PSF), con humedades que oscilan entre 21 y 32 %, según (Aguilar, 2014 pp.1-32)

### ***1.5.3. Contenido de humedad en la madera***

Se define como la relación entre la cantidad de agua y el peso seco anhidrido de la madera y se expresa en porcentajes. Según el contenido de humedad se frecuenta utilizar las siguientes denominaciones.

- Madera verde: Para contenido de humedad entendidos entre el 30% (punto de saturación de los muros celulares) hasta la humedad del árbol vivo del 70 al 150 % de acuerdo con la especie
- Madera humedad: Para contenidos de humedad entre el 20 y 30%

- Madera seca al aire: Cuando el contenido de humedad se encuentra en el retorno 13 al 18% que es el límite para este tipo de secado
- Madera seca en cámara: para contenidos de humedad por abajo del 12% que únicamente se puede conseguir por medio de secado artificial en cámara en cámara

## **1.6. Carbono**

Todos los seres vivos permanecen conformados de diferentes compuestos químicos, entre ellos el carbono. Este compuesto llega a la biósfera por medio de las plantas, debido a que éstas fijan el carbono de la atmósfera y lo elaboran parte de su biomasa. “Aproximadamente el 50 % de la biomasa de un organismo es carbono (Aguirre, 2011 pp. 1-5). En los árboles está en grandes porciones de carbono en las hojas, ramas tallos y raíces, además la biomasa de un árbol vivo tiene alrededor de 25 % de carbono (Arevalo, et al., 2015 pp. 1-53)

## **1.7. El Carbono en ecosistemas forestales**

El carbono se almacena en los ecosistemas forestales por absorción de CO<sub>2</sub> atmosférico y asimilación en biomasa. El carbono se almacena tanto en la biomasa viva (árboles en pie, ramas, hojas, raíces) como en la biomasa muerta (desechos, escombros de árboles, materia orgánica del suelo, productos forestales). Las actividades que afectan la cantidad de biomasa en la vegetación y el suelo pueden atrapar o liberar carbono dentro o fuera de la atmósfera. (FAO, 2002 pp. 1-115.). Los principales almacenes de C en los ecosistemas forestales son el suelo, la vegetación y el mantillo. La vegetación es la delegada de integrar el C atmosférico al periodo biológico mediante la fotosíntesis. Los bosques de todo el mundo (templados y tropicales) 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 (Dixon, et al., 1994 pp. 185-190)

Una vez que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, éste participa en la composición de materias primas como la glucosa, para formar todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). El árbol al crecer va incrementando su follaje, ramas, flores, frutos, yemas de crecimiento (que en su conjunto conforman la copa); así como altura y grosor del tronco. La copa necesita espacio para recibir energía solar sobre las hojas dando lugar a una competencia entre las copas de los árboles por la energía solar, originando a su vez un dosel cerrado. Los componentes de la copa aportan materia orgánica al suelo, misma

que al degradarse se incorpora paulatinamente y da origen al humus estable que, a su vez, aporta nuevamente CO<sub>2</sub> al entorno (Ordóñez, 1999 pp. 15-16)

Los suelos forestales son los más grandes depósitos de carbono en los ecosistemas de tierra. “Se estima que el 80 % del carbono que vegetación y suelos intercambian con la atmósfera corresponde a los bosques” (Chimbo, 2016 pp. 5-12). “No obstante, este proceso puede ser afectado por distintos factores negativos, tales como bajas temperaturas, baja luminosidad o la presencia de O<sub>2</sub> en los suelos anaeróbicos” (Arevalo, 2015 pp. 12-22)

### ***1.7.1. La madera como sumidero de carbono***

Para lograr crecer, un árbol requiere el dióxido de carbono del aire. El árbol crece al fotosintetizar el agua y el dióxido de carbono presentes en la atmósfera; para eso se vale de la luz solar. El propio "material de construcción" del árbol procede del carbono del dióxido de carbono y, simultáneamente, libera oxígeno a la atmósfera. (Ordóñez, 1999 pp. 3-12)

Simultáneamente los troncos de los árboles, al ir incrementando su diámetro y altura, alcanzan un tamaño tal que puedan ser aprovechados con fines comerciales. De este aprovechamiento se extraen productos como: tablas, tablones y polines, que darán origen a subproductos elaborados como: muebles y casas. Estos productos finales tienen un tiempo de vida determinado después del cual se degradan aportando carbono al suelo y CO<sub>2</sub> producto de su descomposición a la atmósfera (Ordóñez, 1999 pp. 3-12)

Finalmente, durante el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es reemitido (ya sea al suelo o a la atmósfera), se considera que se encuentra almacenado. En el momento de liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o la quema de la biomasa) el carbono fluye para regresar a su ciclo (Ordóñez, 1999 pp. 15-16)

### ***1.7.2. Proceso de carbonización de la madera***

La fase de la carbonización puede ser decisiva en la obra de carbón vegetal, si bien no hablamos de la más costosa. A menos que se complete lo más eficientemente posible, puede ocasionar un riesgo para la operación mundial de la producción de carbón, puesto que los bajos rendimientos en la carbonización están afectando a lo largo de toda la cadena de producción, en la forma de

mayores costos y desperdicios de los recursos. (FAO, 1983 pp. 1-41). La madera radica de 3 elementos primordiales: celulosa, lignina y agua. La celulosa, la lignina y varias otras materias permanecen poderosamente ligadas entre sí y conforman el material nombrado madera. El agua es absorbida o retenida como moléculas de agua en la composición celulosa/lignina. La madera secada al aire o "estacionada" tiene aún 12-18% de agua absorbida. La madera en aumento, recientemente cortada o "no estacionada", tiene además agua líquida, llevando el contenido total de agua a en torno al 40-100%, expresado en porcentaje del peso de la madera seca al horno. (FAO, 1983 pp. 1-41)

El primer paso, en la carbonización en el horno, es secar la madera a 100° C, o menos, hasta un contenido cero de humedad se aumentan luego la temperatura de la madera secada al horno a alrededor de 280°C. La energía para estas etapas viene de la combustión parcial de parte de la madera cargada en el horno o en la fosa, y es una reacción que absorbe energía o endotérmica. (FAO, 1983 pp. 1-41)

Cuando la madera está seca y calentada a alrededor de 280°C, comienza espontáneamente a fraccionarse, produciendo carbón más vapor de agua, mañanas, ácido acético y compuestos químicos más complejos, fundamentalmente en la forma de alquitranes y gases no condensables, que consisten principalmente en hidrógeno, monóxido y bióxido de carbono. Se deja entrar aire en el horno o fosa de carbonización para que parte de la madera se quemara, y el nitrógeno de este aire estará también presente en el gas. (FAO, 1983 pp. 1-41)

Este proceso de fraccionamiento espontáneo o carbonización, continúa hasta que queda sólo el residuo carbonizado llamado carbón vegetal. A menos que se proporcione más calor externo, el proceso se detiene y la temperatura alcanza un máximo de aproximadamente 400°C. Sin embargo, este carbón contiene todavía apreciables cantidades de residuos alquitranes, junto con las cenizas de la madera original. El contenido de cenizas en el carbón es de alrededor del 30% en peso, y el balance es carbono fijo, alrededor del 67-70%. Un ulterior calentamiento aumenta el contenido de carbono fijo, eliminando y descomponiendo aún más los alquitranes. Una temperatura de 500°C da un contenido típico de carbono fijo de alrededor del 85% y un contenido de materia volátil de cerca del 10%. A esta temperatura, el rendimiento del carbón es de aproximadamente el 33% del peso de la madera secada al horno carbonizada, sin contar la madera que ha sido quemada para carbonizar la remanente. Por lo tanto, el rendimiento teórico del carbón vegetal varía con la temperatura de carbonización, debido al cambio de contenido de material volátil alquitranado (FAO, 1983 pp. 1-41)

### **1.7.3. Análisis del carbón.**

Según (Lopez, 2018 pp. 20-28) Hay 2 tipos de estudio: inmediato y cuantitativo (también denominado completo o elemental), los dos hechos en términos de porcentaje en peso.

El análisis próximo proporciona información básica sobre la caracterización del biochar, incluyendo humedad, materia volátil, carbono fijo, y contenido de cenizas. El contenido de cenizas se relaciona básicamente con el valor de cal (óxido de calcio) y el contenido de elementos inorgánicos del biochar. Mientras que la materia volátil y el carbono fijo se utilizan con el fin de determinar las fracciones de biochar frágiles y recalcitrantes. (Garzón, 2018 pp 24-32)

- Carbono fijo: es el carbono elemental, C, presente en el carbón. Es equivalente al peso original menos la suma de materia volátil, humedad y cenizas.
- Materia volátil: son los hidrocarburos y otros gases (excluido el vapor de agua) que se eliminan una vez que se calienta en un ensayo standard (955°C y 7 minutos).
- Humedad: se determina por procedimiento standard de secado en estufa.
- Cenizas: son sales inorgánicas contenidas en el carbón. Se determinan en un ensayo standard (combustión de carbón seco a 750°C).
- Azufre: se determina en un ensayo standard. Es combustible. Produce óxidos que al combinarse con agua forman ácidos.
- Análisis cuantitativo: Es más científico. Proporciona los porcentajes en peso de los elementos químicos que constituyen el carbón (C, H, N, O y S). Según (Barrera, et al., 2014 pp. 43-54) El porcentaje de carbono fijo (CF) se calcula con la siguiente relación

## **1.8. Normativas técnicas**

### **1.8.1. ¿Qué es una Norma Técnica?**

Una norma técnica es un documento que especifica, por unanimidad y con la aprobación de un organismo reconocido, las condiciones mínimas que un producto, proceso o servicio debe cumplir para cumplir con su uso previsto. Los estándares son reglas y estándares no obligatorios (excepto algunos relacionados con cuestiones de seguridad), ya que son adoptados voluntariamente por las partes involucradas. (López, 2020 pp. 1-2)

Una norma técnica es un documento que es aprobado por organismos de normalización nacionales e internacionales reconocidos y se utiliza para establecer normas técnicas y de

calidad para un producto, proceso o servicio; Su objetivo es definir y describir métodos de muestreo, prueba, control y evaluación, que ayudan a evaluar la conformidad con los requisitos de calidad, uso o desempeño de un producto, proceso o proceso. programa o servicio. (BibliotecaEPM, 2005 p. 1)

## **1.8.2. Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1160:1983**

### *1.8.2.1. Determinación del contenido de humedad en madera*

Esta norma específica métodos de prueba para la determinación del contenido de humedad de la madera, que es la base principal para el análisis de propiedades tecnológicas.

Preparación de la Muestra.

- Las muestras recolectadas deben ser lo más representativas posible, tener una sección transversal completa y uniforme y tener al menos 25 mm en la dirección de la fibra; En general, el tamaño mínimo de la muestra debe ser de 33 cm<sup>3</sup>. Para el corte se deben utilizar herramientas que generen la menor cantidad de calor posible. (INEN, 2012 pp. 1-8)
- Las partículas adheridas a la probeta deben eliminarse antes de pesarla.
- Pesarse las probetas inmediatamente o, en su defecto, colocarlas en recipientes herméticos hasta su pesaje

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.

Procedimiento de la norma INEN

Pesarse las muestras y colocarlas en la estufa, aplicar un calentamiento gradual hasta alcanzar los  $103 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ; Las muestras deben mantenerse a esta temperatura durante al menos 20 horas; Después de retirarlas del fuego, enfriarlas en una secadora y pesarlos hasta que la masa esté firme.

Cálculos.

El contenido de humedad se obtiene mediante la ecuación siguiente:

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

Siendo: CH = contenido de humedad, en porcentaje. P = masa original de la muestra, en gramos.

Psh = masa de la muestra anhidra, en gramos.

### **1.8.3. Normas ASTM**

Creada en 1898, ASTM (American Society for Testing and Materials) International es una de las organizaciones más grandes del mundo que desarrolla estándares voluntarios y unánimes. ASTM es una organización sin fines de lucro que proporciona un foro para el desarrollo y la difusión de estándares voluntarios de consenso aplicables a materiales, productos, sistemas y servicios. Los miembros de ASTM, que representan a fabricantes, usuarios, consumidores, gobiernos y universidades en más de 100 países, desarrollan la documentación técnica que sustenta la fabricación, la gestión y el aprovisionamiento, así como el desarrollo de normas y reglamentaciones.. (Benvides, et al., 2016 pp. 26-28)

Análisis próximos (Norma D3172- 89(02)). Son aquellos que incluyen humedad, cenizas, valores caloríficos, análisis más largos más inmediatos, análisis de azufre y térmicos, que corresponden aproximadamente a determinaciones por peso, humedad, cenizas, volátiles y carbono fijo; Es este análisis final el que pretende realizar en muestras de madera. (Vásquez, et al., 2006 pp. 3557-3564)

#### **1.8.3.1. Humedad residual (Norma D3173- 87).**

La humedad es una de las variables más importantes para los productos de madera, porque la remoción de agua permite la producción de productos de alta calidad, o para otros fines económicos. A una temperatura entre 105 ° C y 110 ° C, donde primero se debe equilibrar la muestra con las condiciones atmosféricas en el laboratorio, resultando en una pérdida de humedad en porcentaje en masa, esta humedad también se conoce como humedad (Vásquez, et al., 2006 pp. 3557-3564)

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

### 1.8.3.2. *Material volátil (Norma D3175- - 89(02)).*

La materia volátil es una forma gaseosa que libera sustancias orgánicas e inorgánicas durante el calentamiento. En una muestra con una masa conocida, la muestra se calentó a 900 ° C sin contacto con el aire durante 7 minutos, cuando se calentó la masa, se liberaron productos gaseosos y líquidos. Existen separadores a baja temperatura, pero a más de 550 ° C, los componentes principalmente gaseosos son agua, hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, etc. En general, el calentamiento rápido aumenta la proporción de volátiles, por lo que el análisis de volátiles está estandarizado. (Ramírez., et al., 1992 pp. 202-205)

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

Dónde:

C= Peso inicial, gr muestras utilizado

D=Peso final, gr de muestra después del calentamiento

### 1.8.3.3. *Cenizas (Norma ASTM D-3174-00)).*

Para la medición de cenizas de carbón, el horno debe tener una circulación de aire adecuada y poder controlar la temperatura entre 700 y 750 ° C, y el horno debe estar equipado con un indicador de temperatura y medios para controlar la temperatura dentro de los límites especificados. Las muestras de carbón deben calentarse para alcanzar una temperatura final de 700-750 ° C después de la segunda hora. Las muestras de coque deben calentarse a una temperatura final de 950 ° C al final de la segunda hora. Continúe calentando a la temperatura final durante 2 horas más. (Vásquez, et al., 2006 pp. 3557-3564)

Aunque el tiempo de combustión de 4 horas descrito es suficiente para que la mayoría de los carbones alcancen la combustión completa, algunos carbones bituminosos sin reaccionar pueden requerir tiempo adicional. Si se observan partículas de carbón sin quemar, o si se sospechan resultados duplicados, las muestras deben devolverse al horno el tiempo suficiente para lograr una masa constante ( $\pm 0,001$  g). De esta forma, el azufre de pirita se oxida y se descompone, eliminando la calcita. Debe asegurarse en todo momento un suministro de aire de boquilla adecuado, “de dos a cuatro cambios por minuto”, para asegurar la oxidación completa de la pirita de azufre y la eliminación del dióxido de azufre formado. El retraso de 4 horas se puede reducir si la muestra alcanza un peso constante a 700-750 ° C en menos de 4 horas. (Vásquez, et al., 2006 pp. 3557-3564)

$$\text{Ceniza en la muestra de análisis}\% = \frac{A - B}{C} \times 100\%$$

Dónde:

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

B= Peso del crisol vacía y tapa en gramos

C= Peso de la muestra utilizada en el análisis, en gramos

#### 1.8.3.4. *Carbono fijo (3172- 89(02)).*

El carbono fijo se utiliza como indicador de la producción de coque a partir de madera o carbón y es una medida de los materiales combustibles que quedan después de la evaporación de compuestos ligeros. Esta es la parte no volátil y se quema en estado sólido. Es la diferencia entre la humedad residual total, las cenizas y la materia (Vásquez, et al., 2006 pp. 3557-3564)

$$CF = 100 - (\%humedad + \%Ceniza + \%Material\ volátil)$$

## CAPÍTULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. Caracterización del lugar

##### 2.1.1. Localización

El presente trabajo se realizó en la comunidad Amula Chico Cantón Colta Provincia de Chimborazo, la toma de datos en el laboratorio de química de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Cantón Riobamba Provincia de Chimborazo

##### 2.1.2. Ubicación geográfica

El cantón Colta está ubicado en el noroccidente de la provincia de Chimborazo. Se encuentra a 18 km de Riobamba, capital provincial<sup>1</sup>

**Extensión:** 850 km<sup>2</sup>

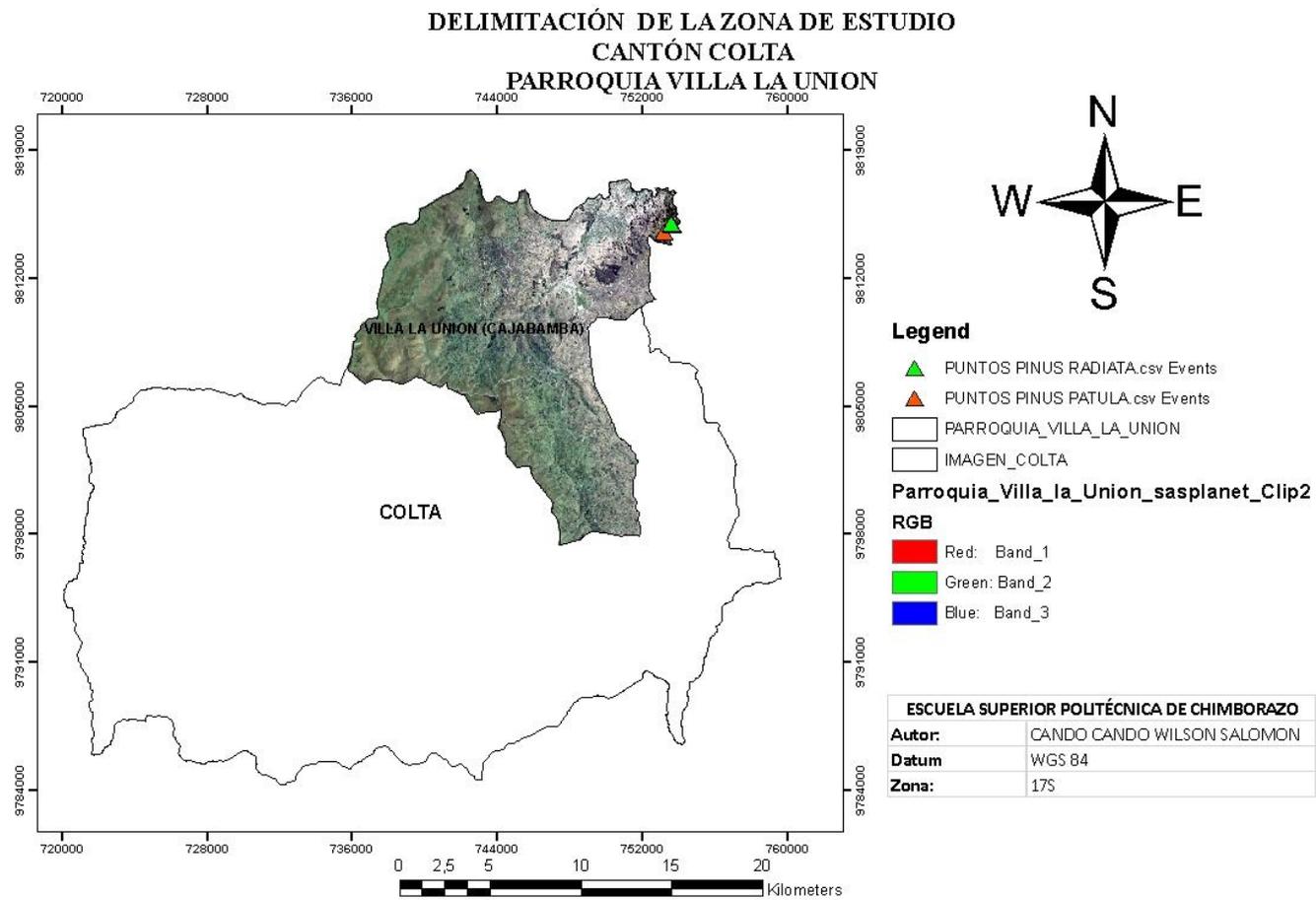
**Altitud:** entre 2.750 a 3.400 msnm

**Latitud:** -1.718471

**Longitud:** -78.764286

---

<sup>1</sup> Gobierno Autónomo descentralizado del Cantón Colta



**Figura 1-2:** Cartografía de parroquia Villa la Unión Cajabamba  
Realizado por: Cando, Wilson, 2021

### **2.1.3. Características climáticas**

Según (Gobierno Autonomo Descentralizado del Canton Colta, 2014 pp. 4,5)

El clima del cantón Colta por lo general es frío por estar ubicada en el centro del callejón interandino, su temperatura y precipitación se distribuye de la siguiente manera:

- Temperatura promedio: entre 6 °C y 20 °C
- Precipitación media anual: 500 a 1600 mm

### **2.1.4. Distribución ecológica**

La zona pertenece al Bosque siempre verde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes  
Clasificación Formación vegetal / ecosistema (MAE, 2013 p. 90)

## **2.2. Materiales y equipos**

### **2.2.1. Material de campo**

- Binoculares
- Bolsas plásticas transparentes
- Costal de fibra plástica
- Cuerda nylon
- Esfero o Lápiz
- Flexómetro /cinta métrica
- Fundas (ziploc)
- Libreta de campo
- Lupa
- Machete
- Marcador permanente color negro
- Mochila
- Papel periódico
- Recipientes
- Tijera de podar

### **2.2.2. Equipos de campo**

- Altímetro
- Celular Samsung J5prime
- Distanciómetro
- GPS (Aplicación en teléfono celular)
- Clinómetro suunto

### **2.2.3. Materiales de laboratorio**

- Desecador
- Crisoles de porcelana de 50ml
- Pinza de aluminio de laboratorio

### **2.2.4. Equipos de laboratorio**

- Balanza técnica marca Ohaus
- Cronómetro en el teléfono celular
- Estufa eléctrica
- Mufla FurnaceF0610C Marca YAMATO

### **2.2.5. Material biológico**

- Agua
- Alcohol
- Probetas de madera de estudio

### **2.2.6. Materiales y equipos de oficina**

- Borrador blanco
- Computadora /laptop Marca HP Pavilion Core i5
- Cuaderno
- Hojas formato A4
- Impresora Marca EPSON L355
- Lápiz

### **2.2.7. *Materiales informáticos***

- ArcGis
- Infostad
- Microsoft Excel
- Microsoft Power point
- Microsoft Word
- Sasplanet

### **2.3. Marco metodológico**

Se realizó una investigación tipo proyecto debido a que se examinaron los datos de manera científica y numérica. Para cumplir los objetivos de esta investigación, este trabajo se realizó a nivel de herbario y laboratorio. Para ello realizamos el siguiente procedimiento

#### **2.3.1. Análisis en herbario**

##### **2.3.1.1. Obtención de muestras botánicas**

Las muestras botánicas para el desarrollo del primer objetivo del proyecto de investigación fueron obtenidas en la Comunidad Amula Chico, Cantón Colta, Provincia de Chimborazo. En esta comunidad existe una población amplia de estas especies forestales, ya que cuentan como un apoyo económico a los moradores.

Para ello se seleccionaron los arboles más representativos del sector y se obtuvo muestras dendrológicas para la identificación en el Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (CHEP).

- a) Se obtuvo las muestras dendrológicas, teniendo en consideración la parte más representativa del árbol, cada una de los ejemplares se lo ubicó en una bolsa plástica de aproximadamente 30 x 40 cm, dentro de ello se registró en un papel el número de duplicados.
- b) En la prensa de madera se colocó tantos papeles de periódico que fueran necesarias, procurando espaciar en toda la prensa y se colocó las muestras sobre esta, este proceso se repitió con la siguiente muestra.
- c) Cuando las muestras dendrológicas ya estaban secas se procedió a identificar con la ayuda del personal del Herbario de la ESPOCH, comparando las muestras existentes con las muestras en estudio, no fue necesario realizar los pasos siguientes ya que al ser especies exóticas del país fueron identificados ligeramente. Con ello se pudo determinar las especies forestales

##### **2.3.1.2. Obtención de muestras de madera**

Para la obtención de las muestras de maderas (probetas) se aplicó el siguiente procedimiento:

- a) Se seleccionaron las especies forestales más representativas del lugar, se tomaron probetas de madera de la base, de la parte intermedia y de la cima del fuste del árbol en un número de 3 muestras por cada sección, esto se lo realizó con los 4 árboles de cada especie, tornado un total de 9 probetas de cada árbol y un total de 36 probetas por cada especie, las dimensiones de las probetas fueron de 2,5 \*2,5\*2,5 cm de largo, ancho y altura respectivamente, estas dimensiones fueron basadas en las normas INEN
- b) Se colocaron las muestras en recipientes herméticos hasta su pesaje, en este caso utilizamos fundas ziploc para cada muestra, con las enumeraciones respectivas
- c) Se realizaron los análisis de las muestras y métodos de ensayo en el laboratorio

### **2.3.2. Análisis en laboratorio**

#### *2.3.2.1. Procedimiento para obtener el contenido de humedad de las muestras de madera*

El procedimiento realizado se hizo mediante la técnica estándar para análisis de carbón y coque establecidos en la norma (ASTM D 3173-11)

- a) Se inició el proceso tarando los crisoles, para ello se comenzó pesando los crisoles en la balanza técnica y posterior a ello se los llevó a la estufa a una temperatura entre 105 °C - 110 °C por un lapso de 24 horas, este proceso se realizó de manera consecutiva hasta terminar con las muestras.
- b) Luego de este tiempo se retiraron de la estufa al desecador de 20 a 30 minutos y se pesaron nuevamente, se repitió el proceso hasta las 48 horas, en donde ya se mantuvo constate los datos de los crisoles en la balanza técnica.
- c) Luego se procedió a pesarse el crisol con la muestra de madera, obteniendo el primer dato de contenido de humedad, luego se colocó en la estufa a una temperatura entre 105 °C -110 °C según lo establecido en la norma INEN por un lapso de 24 horas, se retiró de la estufa y se colocó en el desecador durante 20 a 30 minutos hasta su enfriamiento total, se repite el mismo procedimiento por otras 24 horas, hasta obtener un peso constante.

#### *2.3.2.2. Procedimiento para la obtención de porcentajes de material volátil de las muestras*

- a) El crisol con la muestra de madera seca se pesó en la balanza y posterior a ello fue introducida a la mufla en una temperatura entre 750 a 800 °C, evitando el contacto con aire durante de 3 a 5 minutos aproximadamente.

- b) Al terminar este tiempo se retiraron las muestras al desecador dejando enfriar por el lapso de 30 minutos, luego de este tiempo se pesó y se registraron los datos obtenidos, los mismos que se aplicaron con la ecuación de la Norma ASTM D3175- 89(02)

2.3.2.3. *Procedimiento para la obtención de porcentaje Cenizas*

- a) Los crisoles con las muestras ya volatilizadas fueron pesadas y posterior a ello introducidas en la mufla en estado frío hasta alcanzar una temperatura de 450°C en un lapso de 4 horas,  
 b) Posterior a ello fue retirado de la estufa al desecador donde le tapamos cada crisol hasta que se enfrié y poder pesar.  
 c) Una vez ya obtenido los datos del pesaje final realizamos los cálculos respectivos aplicando la siguiente fórmula establecida por la norma ASTM D-3174-00

2.3.2.4. *Procedimiento para la obtención de Carbono fijo en las muestras*

Con los datos de: porcentajes de humedad, ceniza y materia volátil, se realizaron los cálculos de carbono fijo, el cual se obtiene por diferencias de acuerdo con lo establecido en la norma (ASTM D3172-13)

**2.4. Especificaciones del campo experimental**

**Tabla 1-2:** Especificación del campo experimental

<b>Numero de tratamientos</b>	4
<b>Numero de repeticiones o bloques</b>	3
<b>Total de experimentos</b>	12

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

2.4.1. *Tratamientos del estudio*

**Tabla 2-2:** Tratamientos y bloques aplicados en la investigación

<b>Tratamientos</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
1	T1	Árbol 1
2	T2	Árbol 2
3	T3	Árbol 3
4	T4	Árbol 4

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

El número de repeticiones por tratamiento fue de 3, dando un total de 12 unidades experimentales.

#### 2.4.2. Bloques o repeticiones de estudio

**Tabla 3-2:** Bloques aplicados en la investigación

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

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

#### 2.5. Tipo de Diseño experimental

El tipo de diseño de experimento que se escogió fue el Diseño de bloques completos al azar (DBCA) el cual tendrá las siguientes combinaciones que se observa en la tabla

**Tabla 4-2:** Esquema del diseño experimental

TRATAMIENTOS	BLOQUES	DESCRIPCIÓN
T1	R1	Parte de la base del fuste del árbol
T1	R2	Parte media del fuste del árbol
T1	R3	Parte del ápice del árbol
T2	R1	Parte de la base del árbol
T2	R2	Parte media del fuste del árbol
T2	R3	Parte del ápice del árbol
T3	R1	Parte de la base del árbol
T3	R2	Parte media del fuste del árbol
T3	R3	Parte del ápice del árbol
T4	R1	Parte de la base del árbol
T4	R2	Parte media del fuste del árbol
T4	R3	Parte del ápice del árbol

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

## **2.6. Variable de estudio**

Los factores o las variables de estudio son la humedad y el carbono fijo de cada una de las secciones representadas por bloques, de las dos especies forestales.

## **2.7. Análisis funcional**

Para determinar las pruebas estadísticas en el análisis de los datos de humedad y Carbono fijo de las dos especies forestales se aplicaron las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk (para menos de 50 datos o más, respectivamente). Una vez aplicadas las pruebas de normalidad se determinó que los datos provienen de una distribución normal, por tal motivo se procedió analizar el análisis de varianza.

Complementariamente se aplicó la prueba de Tukey al 5% para establecer los subgrupos homogéneos de los tratamientos en porcentaje de humedad. De igual manera, para establecer la existencia de diferencias significativas entre el porcentaje de carbono fijo entre los bloques aplicados en cada una de las especies.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Identificación dendrológica de las especies

Mediante la metodología aplicada en el Herbario de la ESPOCH se obtuvieron los siguientes resultados para las muestras dendrológicas:

##### 3.1.1.1. *Pinus radiata*

**Tabla 5-3:** Taxonomía de la especie *Pinus radiata* D. Don

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Pinophyta
<b>Clase</b>	Pinopsida
<b>Orden</b>	Pinales
<b>Familia</b>	Pinaceae
<b>Género</b>	<i>Pinus</i>
<b>Especie</b>	<i>P. radiata</i> D. Don

Fuente: (Arteaga, 1979)

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

Nombres comunes relacionados. Pino insigne, Pino de Monterrey

#### Descripción Botánica

- Árbol que alcanza hasta 60m de altura y 100 cm de DAP.
- Fuste cónico y recto.
- Corteza externa café agrietada; corteza interna crema- rosáceo, segrega una resina transparente
- Copa alargada y cónica, monopólica.
- Hojas aciculares en fascículos de tres.
- Flores masculinas con estambres peltados, las femeninas se encuentran en conos o estróbilos

- Fruto cono o estróbilo leñoso, semillas aladas.

### 3.1.1.2. *Pinus patula*

**Tabla 6-3:** Taxonomía de la especie *Pinus patula*

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Pinophyta
<b>Clase</b>	Pinopsida
<b>Orden</b>	Pinales
<b>Familia</b>	Pinaceae
<b>Género</b>	<i>Pinus</i>
<b>Especie</b>	<i>P. patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.

Fuente: (Farjon, 2013)

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

Nombres comunes relacionados. Pino patula, pino candelabro, pino llorón, pino chino.

#### Descripción botánica

- Árbol de aproximadamente 50m de altura
- Fuste recto y cilíndrico, DAP de 40 hasta 150 cm
- Copa de forma cónica
- Corteza papirácea, escamosa y de color rojizo en la parte superior del tallo y en las ramas
- Hojas en grupos de 3 y a veces 4, raramente 5 en algunos fascículos, aciculares, delgadas, verticalmente caídas, color verde color brillante, con bordes finamente aserrados
- Flores en inflorescencia
- Fruto conos largamente cónicos, de 6 a 9 cm, sésiles, algo encorvados, oblicuos, puntiagudos.
- Semillas aladas

### 3.1.2. Resultados de porcentaje de humedad contenido en las especies

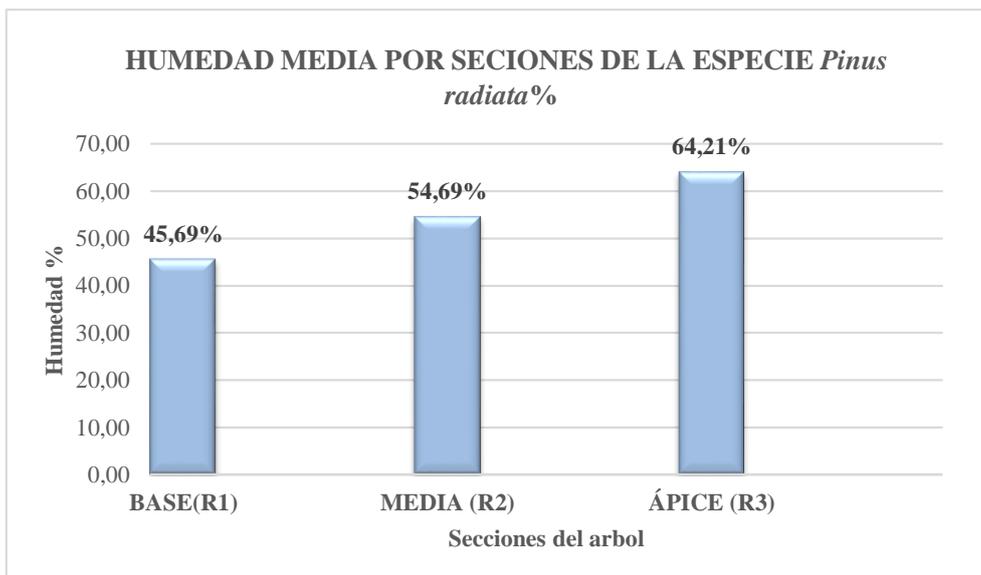
En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la variable humedad en las dos especies forestales:

#### 3.1.2.1. *Pinus radiata*

**Tabla 7-3:** Humedad por secciones de la especie *Pinus radiata*

<b>HUMEDAD MEDIA POR SECCIONES DE LA ESPECIE <i>Pinus radiata</i></b>		
<b>SECCION</b>	<b>REPETICIONES</b>	<b>PROMEDIO %</b>
<b>BASE</b>	54,05	45,69
	46,95	
	40,00	
	41,77	
<b>MEDIA</b>	55,31	54,69
	58,20	
	53,74	
	51,51	
<b>ÁPICE</b>	68,42	64,21
	64,79	
	64,78	
	58,83	
<b>HUMEDAD MEDIA TOTAL DEL ARBOL</b>		<b>54,86</b>

Realizado por: Cando, Wilson, 2021



**Gráfico 1-3.** Humedad media de la especie *Pinus radiata*

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

En la Gráfico 1-3 podemos observar los porcentajes de la humedad media por secciones de la especie *Pinus radiata*, en donde el R1 presenta un resultado de 45,69% de humedad, el R2 presenta un resultado de 54,69% y el R3 alcanza un resultado de 64,21% de humedad, siendo el bloque que presenta el mejor resultado de la variable humedad en esta especie.

- Análisis estadístico

Utilizando el programa Infostat aplicamos las pruebas estadísticas de diferencias significativas para las variables en estudio el porcentaje de humedad y carbono fijo, de los cuatro tratamientos, se obtuvieron los resultados mostrados a continuación

- 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.

$H_0$ =Proviene de una distribución normal

$H_1$ =No proviene de una distribución normal

**Tabla 8-3:** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	N	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
<b>RDUO Humedad</b>	12	0	2,31	0,95	0,762

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

Las variables en estudio, provienen de una distribución normal, por la siguiente razón: P-valor es mayor 0,05. Por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza de la variable humedad.

- Análisis de la varianza: Humedad en *Pinus radiata*

Utilizando el programa Infostat aplicamos las pruebas estadísticas de diferencias significativas para el porcentaje de humedad, de los cuatro tratamientos, se obtuvieron los resultados mostrados a continuación:

**Tabla 9-3:** Análisis de varianza humedad de *Pinus radiata*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Humedad</b>	12	0,93	0,88	5,69

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

- Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

**Tabla 10-3:** Análisis de varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	817,34	5	163,47	16,76	0,0018
<b>Tratamiento</b>	131,73	3	43,91	4,50	0,0558
<b>Bloque /Repeticiones</b>	685,6	2	342,8	35,14	0,0005
<b>Error</b>	58,54	6	9,76		
<b>Total</b>	875,87	11			

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

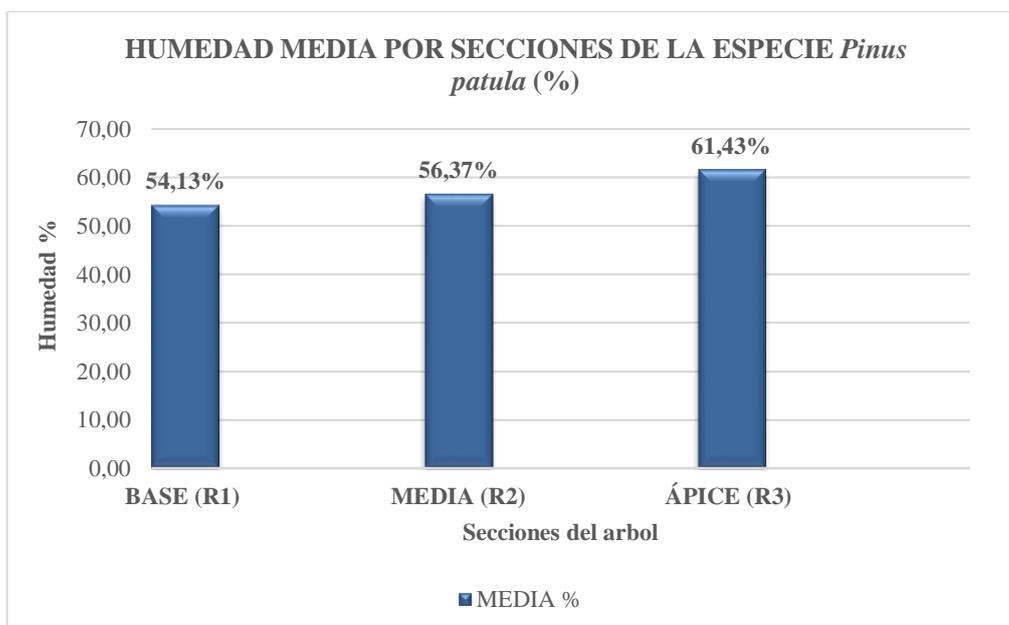
No hay diferencias significativas entre los tratamientos

3.1.2.2. *Pinus patula*

**Tabla 11-3:** Humedad por secciones de la especie *Pinus patula*

<b>HUMEDAD MEDIA POR SECCIONES DE LA ESPECIE <i>Pinus patula</i></b>		
<b>SECCION</b>	<b>REPETICIONES</b>	<b>MEDIA %</b>
<b>BASE (R1)</b>	55,28	54,13
	44,17	
	59,82	
	57,26	
<b>MEDIA (R2)</b>	54,53	56,37
	61,73	
	58,99	
	50,24	
<b>ÁPICE (R3)</b>	63,12	61,43
	63,93	
	60,40	
	58,28	
<b>HUMEDAD MEDIA TOTAL DEL ARBOL</b>		57,31

Realizado por: Cando, Wilson, 2021



**Gráfico 2-3.** Humedad media de la especie *Pinus patula*

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

En la Gráfico 2-3 podemos observar los porcentajes de la humedad media por secciones de la especie *Pinus patula*, en donde el R1 presenta un resultado de 54,13% de humedad, el R2 presenta un resultado de 56,37% y el R3 alcanza un resultado de 61,43% de humedad, siendo el bloque que presenta el mejor resultado de la variable humedad en esta especie.

- 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.

Ho=Proviene de una distribución normal

H1=No proviene de una distribución normal

**Tabla 12-3:** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	N	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
<b>RDUO HUMEDAD</b>	12	0	4,34	0,96	0,8248

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

Las variables en estudio, provienen de una distribución normal, por la siguiente razón: P-valor es mayor 0,05. Por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza de la variable humedad.

- Análisis de la varianza de la variable humedad en la especie *Pinus patula*

Utilizando el programa Infostat aplicamos las pruebas estadísticas de diferencias significativas para el porcentaje de humedad, de los cuatro tratamientos, se obtuvieron los resultados mostrados a continuación:

**Tabla 13-3:** Análisis de varianza de la variable humedad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj		CV
<b>HUMEDAD</b>	12	0,41	0,00		10,26

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

- Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

**Tabla 14-3:** Análisis de varianza (SC Tipo III)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	143,96	5	28,79	0,83	0,5699
<b>TRATAMIENTO</b>	32,08	3	10,69	0,31	0,8182
<b>BLOQUES / REPETICIONES</b>	111,88	2	55,94	1,62	0,2739
<b>Error</b>	207,27	6	34,54		
<b>Total</b>	351,22	11			

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

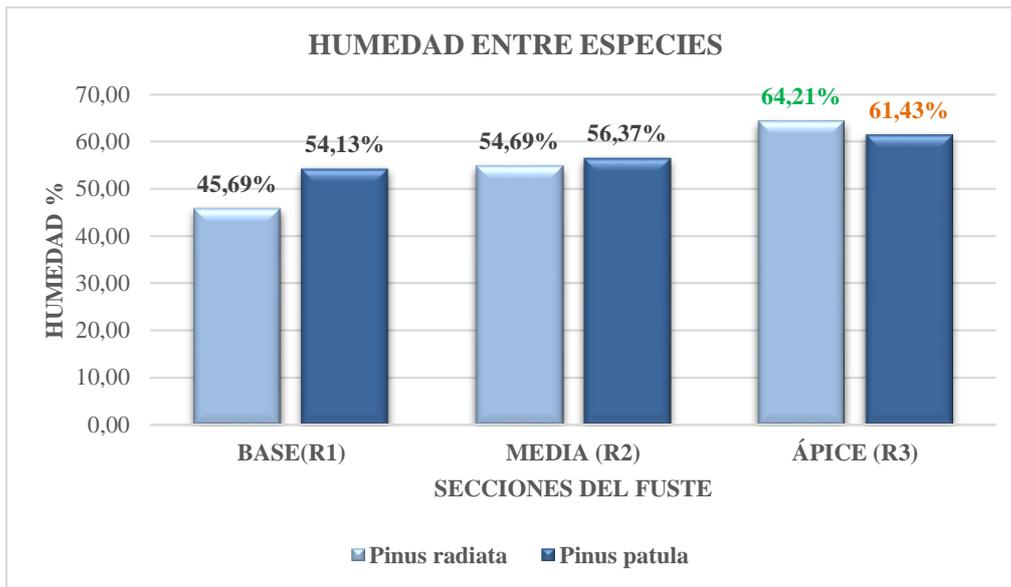
No existieron diferencias significativas ni entre los bloques, ni los tratamientos, con un nivel de confianza del 95% y un error del 5%.

### 3.1.2.3. Comparación de humedad media entre las especies *Pinus radiata* y *Pinus patula*

**Tabla 15-3:** Resultados de contenido de humedad de *Pinus radiata* y *Pinus patula*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD %</b>		
<b>SECCIONES</b>	<b>ESPECIES FORESTALES</b>	
	<i>Pinus radiata</i>	<i>Pinus patula</i>
<b>BASE(R1)</b>	45,69	54,13
<b>MEDIA (R2)</b>	54,69	56,37
<b>ÁPICE (R3)</b>	64,21	61,43
<b>PROMEDIO</b>	<b>54,86</b>	<b>57,31</b>

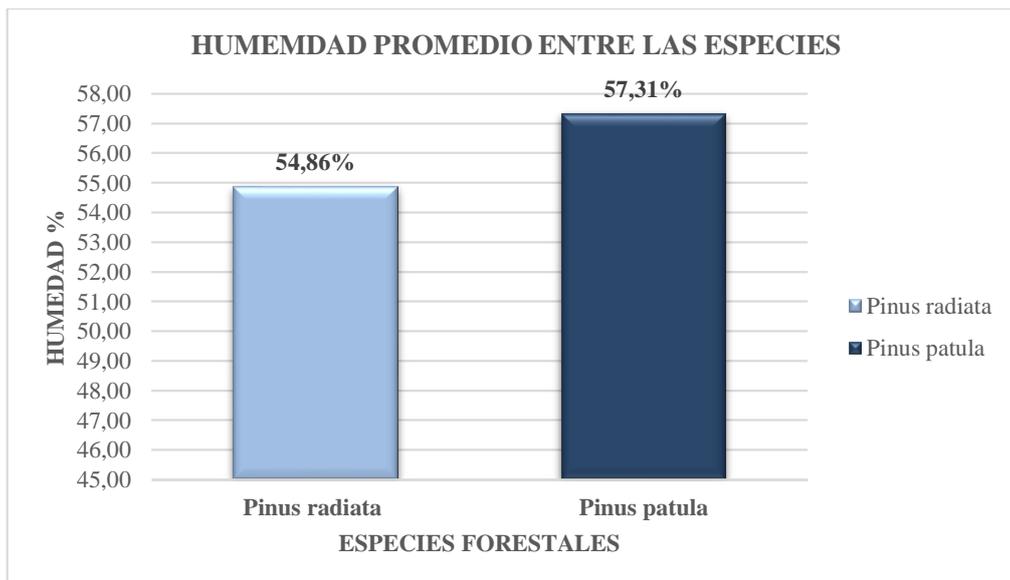
Realizado por: Cando, Wilson, 2021



**Gráfico 3-3.** Comparación de contenido de humedad entre las especies

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

En el Gráfico 3-3 podemos observar que los resultados de humedad van en ascenso desde la base hacia el ápice, de las especies *Pinus radiata* y *Pinus patula* alcanzando un 64,21% y 61,43% respectivamente.



**Gráfico 4-3.** Comparación de contenido de humedad promedio entre las especies

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

En la Gráfico 4-3 podemos observar que la especie *Pinus radiata*, presenta un resultado de humedad media de 54,86% en comparación con la especie *Pinus patula* que alcanza un

resultado el 57,31% de humedad media total, siendo la especie con mejores resultados en esta variable de estudio.

### 3.1.3. Resultados de porcentaje de Carbono fijo almacenado en las especies

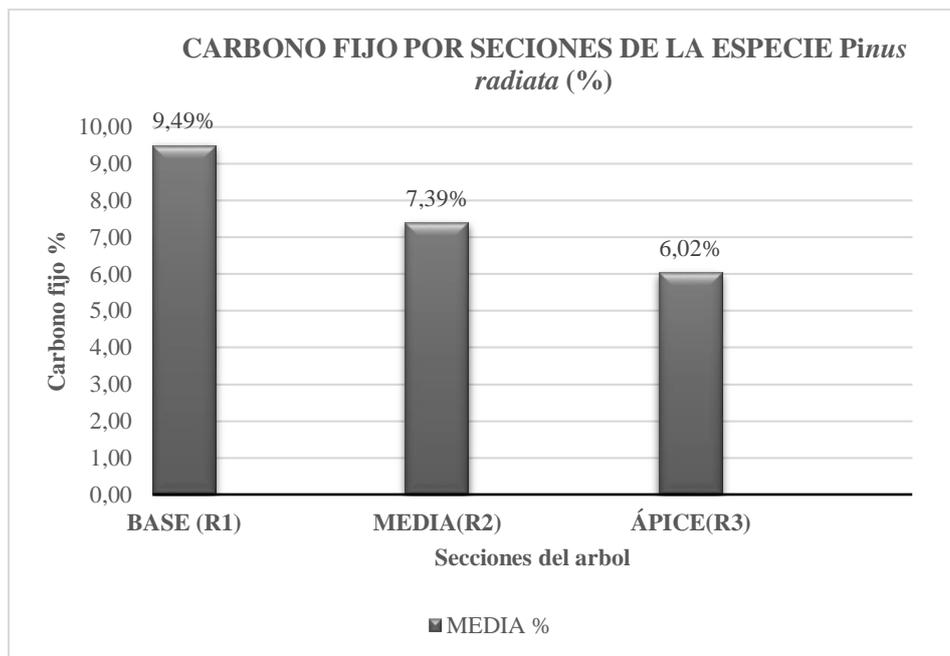
En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la variable Carbono fijo en las especies forestales en estudio.

#### 3.1.3.1. *Pinus radiata*

**Tabla 16-3:** Carbono fijo media por secciones de la especie *Pinus radiata*

<b>CARBONO FIJO MEDIA POR SECCIONES DE LA ESPECIE <i>Pinus radiata</i></b>		
<b>SECCION</b>	<b>REPETICIONES</b>	<b>MEDIA %</b>
<b>BASE (R1)</b>	7,38	9,49
	7,65	
	11,87	
	11,07	
<b>MEDIA(R2)</b>	6,65	7,39
	6,30	
	7,59	
	9,02	
<b>ÁPICE(R3)</b>	4,96	6,02
	5,21	
	6,29	
	7,63	
<b>CARBONO FIJO MEDIA DEL ARBOL</b>		<b>7,63</b>

Realizado por: Cando, Wilson, 2021



**Gráfico 5-3.** Carbono fijo por secciones de la especie *Pinus radiata*

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

En el Grafico 4-3 podemos observar los porcentajes de carbono fijo media por secciones de la especie *Pinus radiata*, en donde el R1 presenta un resultado de 9,49% de carbono fijo, el R2 presenta un resultado de 7,39% y el R3 alcanza un resultado de 6,02% de humedad, siendo el bloque R1 que presenta el mejor resultado de la variable carbono fijo en esta especie.

- 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.

Ho=Proviene de una distribución normal

H1=No proviene de una distribución normal

**Tabla 17-3:** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Carbono fijo	12	0	0,65	0,91	0,3871

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

Las variables en estudio, provienen de una distribución normal, por la siguiente razón: P-valor es mayor 0,05. Por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza de la variable carbono fijo.

- Análisis de varianza del Carbono fijo en *Pinus radiata*

Utilizando el programa Infostad aplicamos las pruebas estadísticas de diferencias significativas para el porcentaje de carbono fijo, de los cuatro tratamientos, se obtuvieron los resultados mostrados a continuación:

**Tabla 18-3:** Análisis de varianza en carbono fijo de *P.radiata*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Carbono fijo</b>	12	0,91	0,83	11,55

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

- Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

**Tabla 19-3:** Análisis de varianza (SC tipo III) de *P.radiata*

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	44,65	5	8,93	11,48	0,005
<b>Tratamiento</b>	20,21	3	6,74	8,66	0,0134
<b>Bloque /Repeticiones</b>	24,44	2	12,22	15,72	0,0041
<b>Error</b>	4,67	6	0,78		
<b>Total</b>	49,32	11			

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

Para la variable carbón fijo se encontró que existió diferencias significativas entre los bloques con un p-valor de 0.0041, mientras que entre los tratamientos también existieron diferencias significativas con un p-valor de 0.0134, con un nivel de confianza del 95% y un nivel de error del 5%.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,49243

Error: 0,7776 gl: 6

**Tabla 20-3:** Test de tukey de la variable carbono fijo en la especie *P. radiata*

Tratamiento	Medias	N	E.E.		
T4	9,24	3	0,51	A	
T3	8,58	3	0,51	A	B
T2	6,39	3	0,51		B
T1	6,33	3	0,51		B

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

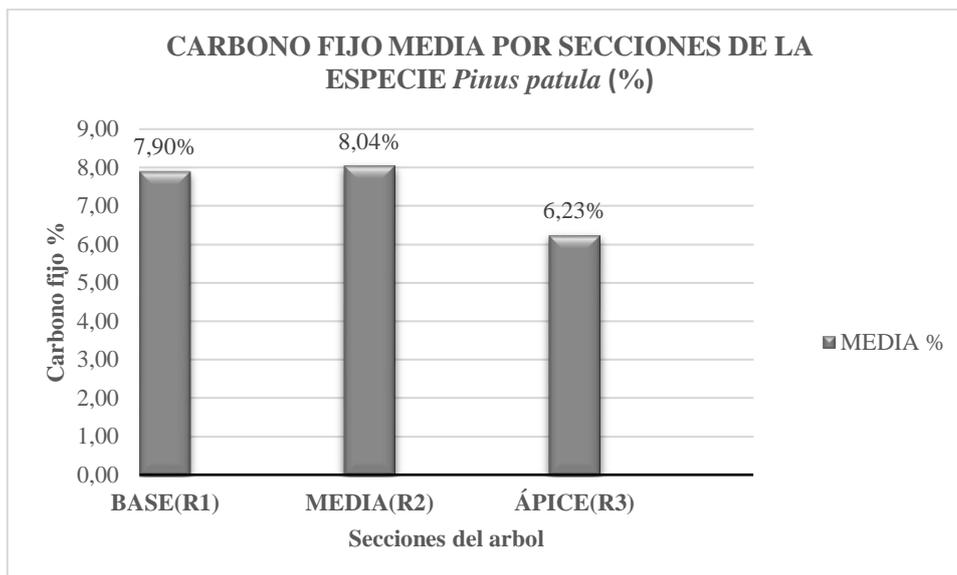
Al realizar la prueba de Tukey observamos dos rangos. En el rango A encontramos; T4 con una media de 9,24 y T3 con una media de 8,58. En el rango B encontramos T3, T2 con una media de 6,39 y T1 con una media de 6,33. El mejor tratamiento fue el T4, el cual presento una media de 9.24, mientras que T1 fue el tratamiento con resultados más bajos, el mismo que presento una media de 6.33.

### 3.1.3.2. *Pinus patula*

**Tabla 21-3:** Carbono fijo medio por secciones de la especie *Pinus patula*

CARBONO FIJO MEDIA POR SECCIONES DE LA ESPECIE <i>Pinus patula</i>		
SECCION	REPETICIONES	MEDIA %
BASE(R1)	8,17	7,90
	10,09	
	6,32	
	7,01	
MEDIA(R2)	8,74	8,04
	6,40	
	7,30	
	9,73	
ÁPICE(R3)	6,04	6,23
	6,00	
	6,62	
	6,25	
CARBONO FIJO MEDIA DEL ARBOL		7,39

Realizado por: Cando, Wilson, 2021



**Gráfico 6-3.** Carbono fijo en la especie *Pinus patula*

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

En el Gráfico 6-3 podemos observar los resultados de carbono fijo por secciones de la especie *Pinus patula*, en donde el R1 presenta un resultado de 7,90% de carbono fijo, el R2 presenta un resultado de 8,04% y el R3 alcanza un resultado de 6,23% de carbono fijo, siendo el bloque R2 que presenta el mejor resultado de la variable carbono fijo en esta especie.

- 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.

$H_0$  = Proviene de una distribución normal

$H_1$  = No proviene de una distribución normal

**Tabla 22-3:** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
<b>RDUO CARBONO FIJO</b>	12	0	1,1	0,96	0,8753

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

Las variables en estudio, provienen de una distribución normal, por la siguiente razón: P-valor es mayor 0,05. Por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza de la variable carbono fijo.

- Análisis de varianza de la variable carbono fijo de *Pinus patula*

Utilizando el programa Infostat aplicamos las pruebas estadísticas de diferencias significativas para el porcentaje de carbono fijo, de los cuatro tratamientos, se obtuvieron los resultados mostrados a continuación:

**Tabla 23-3:** Análisis de varianza de la variable carbono fijo de *P. patula*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>CARBONO FIJO</b>	12	0,43	0	20,13

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

- Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

**Tabla 24-3:** Análisis de varianza de la variable (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	9,84	5	1,97	0,89	0,5415
<b>TRATAMIENTO</b>	1,7	3	0,57	0,26	0,8543
<b>BLOQUES / REPETICIONES</b>	8,14	2	4,07	1,84	0,2383
<b>Error</b>	13,28	6	2,21		
<b>Total</b>	23,12	11			

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

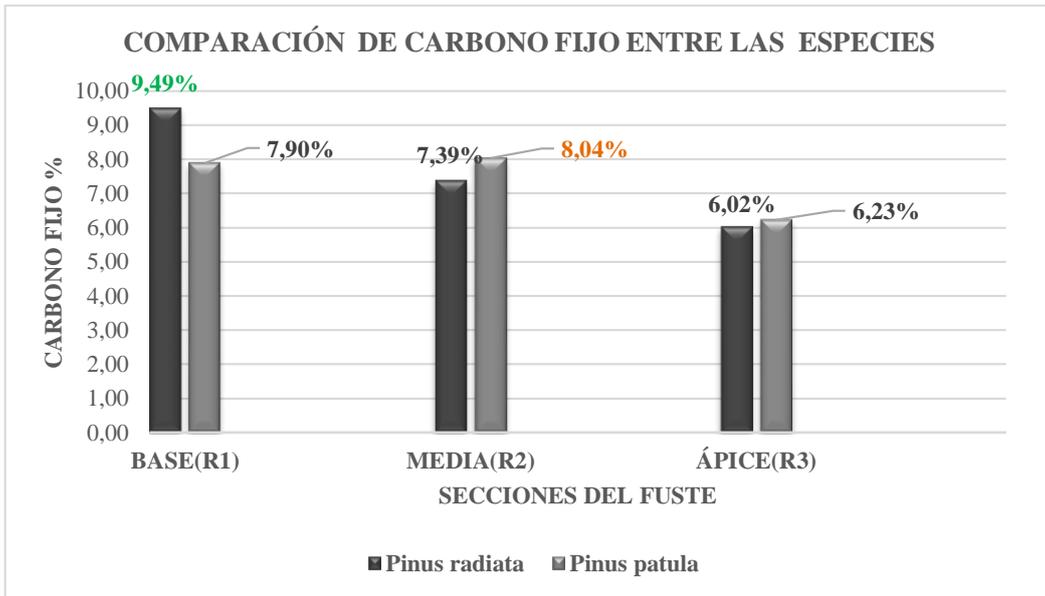
No se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, con un nivel de confianza del 95% y un error del 5% y un p-valor de 0,85.

3.1.3.3. Comparación de carbono fijo entre las especies *Pinus radiata* y *Pinus patula*

**Tabla 25-3:** Contenido de carbono fijo entre las especies *Pinus radiata* y *Pinus patula*

<b>CARBONO FIJO ENTRE LAS ESPECIES</b>		
<b>SECCION</b>	<b>Especies forestales</b>	
	<i>Pinus radiata</i>	<i>Pinus patula</i>
<b>BASE(R1)</b>	9,49	7,90
<b>MEDIA(R2)</b>	7,39	8,04
<b>ÁPICE(R3)</b>	6,02	6,23
<b>Total</b>	<b>7,63</b>	<b>7,39</b>

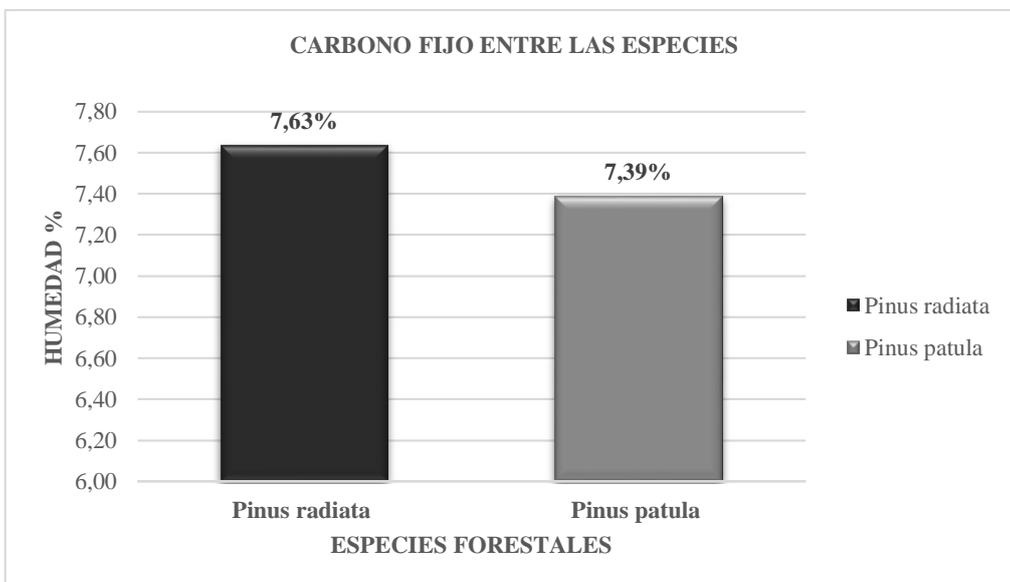
Realizado por: Cando, Wilson, 2021



**Gráfico 7-3.** Comparación de carbono fijo en las especies *Pinus radiata* y *Pinus patula*

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

En el Gráfico 7-3 podemos observar que la especie *Pinus radiata* presenta mayor porcentaje de carbono fijo en la base del fuste con un 9,49%. Según la gráfica nos indica que los datos van disminuyendo desde el ápice a la base del árbol. Mientras que en la especie *Pinus patula* presenta mejores resultados en la parte media del fuste con un 8,04% con una mínima diferencia del 7,90% que se encuentra en la base del fuste, estos resultados podrían variar de acuerdo al día de corte basándose en el calendario lunar.



**Gráfico 8-3.** Contenido de Carbono fijo entre las especies *Pinus radiata* y *Pinus patula*

Realizado por: Cando, Wilson, 2021

En el Gráfico 8-3 podemos observar que la especie *Pinus radiata* D. Don presenta un 7,63% de contenido de carbono fijo en comparación a la especie *Pinus patula* Schide ex Schldl & Cham que presenta 7,39%. Siendo la especie *Pinus radiata* que presenta mejores resultados en la variable Carbono fijo.

### 3.2. Discusión de los parámetros de evaluación

El contenido de humedad de la especie *Pinus radiata* en esta investigación alcanza un promedio de 54,86%. Mientras (Riesco, et al., 2007 pp. 233-244) obtiene un resultado del 12,4% de humedad que es un valor menor a la que se obtuvo en esta investigación, razón por la que este autor obtiene esos valores afirma que son causas de la contracción volumétrica de cada una de las muestras analizadas. Mientras que (Niemz, et al., 1995 pp. 3-6) Obtiene un resultado de 40% de humedad en las muestras con temperaturas diferentes.

El contenido de humedad de la especie *Pinus patula* en esta investigación alcanzó un promedio de 57,31%, Por otro lado (Meneses, 2011 pp. 65-67) reportó el contenido de humedad de seis árboles de *Pinus patula* entre el 76,0% a 68,0% de humedad valores que son mayores a los valores reportados en esta investigación. Mientras, (González, 2019 pp. 34-37) reportó un contenido de humedad del 45,3% dato que es menor a los valores obtenidos en esta investigación. Estos valores podrían cambiar de acuerdo a las temperaturas del ambiente y del sector que fue adquiridas la muestras. Tejado 2018 afirma que estos valores de humedad pueden cambiar cuando existen variaciones de temperatura del aire. También afirma (Suirezs, et al., 2009 pp. 20-30) que las maderas livianas contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas por su constitución porosa. Según (Rudiger, et al., 1980 pp. 101-114) La distribución del contenido de humedad inicial para *Pinus radiata* va entre aproximadamente 115% en la base hasta 190% en el ápice. Resultados que se afirma en esta investigación, ya que el mayor contenido de humedad se presenta en el ápice de los árboles.

La humedad en la madera también dependerá según el calendario lunar, afirma (Pezo, 2012 pp. 2-65) que cuando la luna está en la fase de luna nueva y cuarto menguante, la savia se concentra en las raíces, entonces la madera del tronco tiene menos líquido o humedad. Este es el mejor momento para cortar los árboles que se usarán para la construcción, pues su madera resultará más uniforme, duradera y tendrá menos plagas. En la presente investigación las muestras de madera de *Pinus radiata* fue adquirida en luna nueva al y la especie *Pinus patula* en cuarto creciente, por lo que varían los resultados.

En el caso del carbono fijo almacenado en la madera de *Pinus radiata* obtuvimos un resultado de 7,63%. Según (Arteaga, et al., 2015 pp. 5-12) Obtiene un resultado de 15,5 a 15,17 % de carbono fijo bajo una metodología de torrefacción seca que es un pretratamiento termoquímico a temperaturas diferentes. Por ende, el dato es mayor al que se obtuvo en esta investigación.

En comparación de la especie *Pinus patula* que determinamos una media de 7,39% . de cantidad de carbono fijo almacenado en la muestra. (Castro, 2018 pp. 1-84) Obtiene un dato de 9,135% de carbono fijo en su investigación y explica que obtiene esos resultados debido a que se realizó una carbonización utilizando la misma metodología que en la presente investigación, dato similar es obtenida por (Mukosha, et al., 2013 pp. 1-11) datos que son semejantes en la variable carbono fijo.

## CONCLUSIONES

- Las especies a estudiar fueron identificadas en el herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, estas muestras dendrológicas las cuales fueron sometidas a todo el proceso para la identificación; con investigación bibliográfica e identificación en el herbario se llegó a la conclusión de que estas especies eran: *Pinus radiata* D. Don y *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham
- En cuanto a la humedad que se encuentra en la madera de los árboles, se llegó a la conclusión que, la humedad está presente en mayor cantidad en el ápice de los árboles en las dos especies forestales.
- En el caso del contenido de carbono fijo la especie *Pinus radiata* presenta mayores resultados en la base de los árboles, A consideración que en la especie *Pinus patula*, que los valores máximos varían entre la base y la parte media del fuste, con ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa por lo tanto podemos determinar que existen diferencias mínimas entre los resultados de las dos especies forestales en estudio.
- Comparando los valores obtenidos entre las especies se llegó a la conclusión que la especie con mayor contenido de carbono fijo es la especie *Pinus radiata* con un 7,63 % en comparación la otra especie *Pinus patula* que obtuvo un 7,39%, dato que nos indica la calidad de la madera y carbón que esta especie posee, mientras más contenido de carbono tenga el carbón el precio se eleva en el mercado.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda ampliar el número de investigaciones con metodologías similares o distintas de estimación de carbono fijo almacenado en la madera de especies forestales para tener información más sustentada en nuestro país.
- Se recomienda realizar este tipo de estudios no solo en las especies forestales comerciales a demás se podría realizar en especies endémicas del país, para tener una base de datos de cantidad de carbono que poseen nuestros bosques. Además de ello poder identificarlo de manera científica un herbario para obtener una mayor información verídica
- Se recomienda, además, realizar los cortes de la madera en las fechas adecuadas, basándose en el calendario lunar para así poder comparar los resultados.

## **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, C.** REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO DE SECADO DE MADERA, CON CAPACIDAD DE 45 M<sup>3</sup>, PERTENECIENTE A LA FÁBRICA PROMARA CIA. LTDA [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.2014. pp. 1-32. [ Consulta: 19 de abril de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8821/T-ESPE-047861.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**AGUIRRE, N.** LA CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CO<sub>2</sub>: EL ROL DE LOS BOSQUES EN LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de Loja , Loja, Ecuador. 2011. pp. 1-5. [ Consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: <https://nikolayaguirre.files.wordpress.com/2012/01/captura-y-almacenamiento-de-co2.pdf>

**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>

**AREVALO, C.** MEDICIÓN DE CARBONO DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS-LIMÓN INDANZA [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.2015.pp. 1-53. [ Consulta: 15 de abril 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8427/1/UPS-CT004932.pdf>

**AREVALO, C.** MEDICIÓN DE CARBONO DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS-LIMÓN INDANZA [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Politecnica Salesiana , Cuenca, Ecuador.2015. pp. 12-22. [ Consulta: 15 de junio 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8427/1/UPS-CT004932.pdf>

**ARTEAGA, L. et al.** “Análisis comparativo de la torrefacción húmeda y seca de *Pinus radiata*”.*Energética* [en línea], 2015, (Colombia) 1(46), pp. 5-12. [ Consulta: 20 de agosto 2021]. ISSN: 0120-9833. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1470/147043932002.pdf>

**ARTEAGA, S.** *EL Pino radiata* D. DON EN SU HABITAD NATURAL [En línea] (Monografía) (Ingeniería). Universidad Autonoma agraria “Antonio Narro”, Coahuila, Mexico. 2001. pp. 1-100. [ Consulta: 13 de junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/832>

**ASTM.** *Sociedad americana para pruebas y materiales.* [blog]. [Consulta: 30 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.elempaque.com/asociaciones/ASTM+95229>.

**BALLESTEROS, H & ARISTIZABAL, G.** *Informacion tecnica sobe gases de efecto invernadero y el cmabio climatico* [blog]. [Consulta : 30 de Octubre de 2021].Disponible en: [https://www.academia.edu/31644771/M%C3%B3dulo\\_1\\_Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_Ciencia\\_del\\_Cambio\\_Clim%C3%A1tico\\_revised\\_?from=cover\\_page](https://www.academia.edu/31644771/M%C3%B3dulo_1_Introducci%C3%B3n_a_la_Ciencia_del_Cambio_Clim%C3%A1tico_revised_?from=cover_page)

**BARRERA, R. et al.** “Carbones colombianos: clasificación y caracterización termoquímica para aplicaciones energéticas”. *Revista ION* [en línea], 2014, (Colombia), 27(2), pp. 43-54. [Consulta : 25 de mayo 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120100X2014000200005&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120100X2014000200005&script=sci_abstract&tlng=es)

**BENAVIDES, N & JIMÉNEZ, A.** ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE EROSIVO POR PARTÍCULAS SÓLIDAS SEGÚN LA NORMA ASTM G-76 PARA UN ACERO AISI-SAE 4140 SOMETIDO A DIFERENTES TRATAMIENTOS TÉRMICOS [En línea] (Tesis de grado) (Ingeniería). Universidad libre Facultad De Ingeniería Departamento De Ingeniería Mecánica, Bogotá-Colombia. 2016. pp. 26-28. [Consulta: 23 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/9469>

**BERMEJO, F.** *Humedad de la madera* [blog]. [Consulta: 12 mayo 2021]. Disponible en: <https://tmolduras-fbermejo.es/content/46-humedad>

**BIBLIOTECAEPM.** *Norma técnica.* [blog] 2 de Junio de 2005.p.1. [Consulta : 30 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.grupoepm.com/site/bibliotecaepm/inicio/institucional/quienes-somos>.

**CABALLERO, M. et al.**“Efecto invernadero,calentamiento global y cambio climatico:una perspectiva desde las ciencias de la tierra”. *Revista Digital Universitaria* [En línea],

2007,(Mexico) 8(10), pp.3-12. [Consulta : 30 de Junio de 2021]. ISSN: 1067-6079. Disponible en: [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct\\_art78.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf)

**CANO, Y. et al.** “Evaluación de los niveles de ozono en la ciudad de maracaibo, estado zulua, venezuela”. *Revista internacional Contaminacion Ambiental* . [En línea], 2016, (Maracaibo) 32(1),pp. 25-34.[Consulta : 2 de Julio de 2021] s.n. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/370/37045275002/>

**CARANQUI, J.** “Manual De operaciones Herbario Politecnico (Chep) Adscrito A La Facultad De Recursos Naturales”. *CHEP*. [En línea] 2021.pp.1-11.[Consulta : 30 de mayo de 2021.]. Disponible en: [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/504/1/Manual\\_Procedimiento\\_Herbario1.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/504/1/Manual_Procedimiento_Herbario1.pdf)

**CASTILLO, P. et al.** *Manual de plantaciones forestales .Proyectedesarrollo tecnico de la conservacion de bosques-CEMARE* . [en línea]. Rio Hato- Panamá. Prestocopias S.A. 2000. pp. 8-166. [Consulta: 20 agosto 2009]. Disponible en: [https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user\\_upload/training\\_material/docs/Manual%20de%20Plantaciones%20Forestales.pdf](https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Manual%20de%20Plantaciones%20Forestales.pdf)

**CASTRO, D.** *EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PIRÓLISIS APLICADO AL MATERIAL LIGNOCELULOSICO RESIDUAL PROVENIENTE DEL PINO PATULA EN ATMOSFERA DE DIOXIDO DE CARBONO* [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería ). Universidad Libre de Colombia , Bogotá, Colombia. 2018. pp. 1-84. [Consulta: 28 de julio 2021]. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11025>

**CERÓN, C.** *MANUAL DE BOTÁNICA ECUATORIANA: SISTEMÁTICA Y METODO DE ESTUDIO* [En línea] (Trabajo de titulación)(Ingeniería). Facultad de Filosofía, letras y Educación.Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2003. pp.1-191. [Consulta: 29 de junio 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books/about/Manual\\_de\\_bot%C3%A1nica\\_ecuatoriana.html?id=0E5rAQAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Manual_de_bot%C3%A1nica_ecuatoriana.html?id=0E5rAQAACAAJ&redir_esc=y)

**CHIMBO, I.** *EVALUACION DEL CARBONO EN LA BIOMASA DE DOS ESPECIES FORESTALES INTRODUCIDAS(Eucalyptus Y Pinus ) Y UNA ESPECIE NATIVA (Hesperomeles Ferruginea) EN EL BOSQUE AGUARONGO.* [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.2016.pp. 5-12. .

[Consulta: 25 de mayo 2021]. Disponible en:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11782/1/UPS-CT005578.pdf>

**DÍAZ, G.** “El cambio climático”. *Ciencia y sociedad*, . [En línea], 2012, (Lisboa), 37(2),pp. 227-240. [Consulta: 28 de Abril de 2021]. Disponible en :  
[http://infobosques.com/portal/wpcontent/uploads/2017/01/doc\\_745792763.pdf](http://infobosques.com/portal/wpcontent/uploads/2017/01/doc_745792763.pdf)

**DIXON, R. et al.** “Reservas de carbono y flujo de los ecosistemas forestales mundiales”. *science*. [En línea] , 1994, (Estados Unidos) 263(5144), pp 90-185. [Consulta: 28 agosto 2021]. ISSN 1870-3453. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532020000100310](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532020000100310)

**EMANUELLI, P, et al.** *Desarrollo de proyectoPiloto de Ccaptura de carbono en el Sector Forestal de Centroamerica* . [blog] 2017. [Consulta: 30 de agosto de 2021.] ,pp.6-8.Disponible en : [http://infobosques.com/portal/wpcontent/uploads/2017/01/doc\\_745792763.pdf](http://infobosques.com/portal/wpcontent/uploads/2017/01/doc_745792763.pdf)

**EPA.** *Descripcion genral de los gases de efecto invernadero*. [blog] 23 de Junio de 2021. [Consulta: 01 de Julio de 2021.] Disponible en : <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>.

**ESPINO,V.** *Plantaciones forestales comerciales, mitigantes del cambio climático (I)* [Blog].2017. [Consulta: 2 de Octubre de 2021.].Disponible en:  
<https://www.economista.com.mx/opinion/Plantaciones-forestales-comerciales-mitigantes-del-cambio-climatico-I-20170717-0008.html>

**FAO.** “Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales” . *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* [en línea], 2002,(Roma), pp. 1-115 . [Consulta: 05 de Octubre 2021.]. ISSN 1014-2886. Disponible en:  
<https://www.fao.org/3/y1997s/y1997s00.htm#Contents>

**FAO.** “Métodos simples para fabricar carbón vegetal”. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* [en línea], 1983. (España). pp. 1-41. [Consulta: 25 de Julio de 2021.]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/X5328S/X5328S00.htm>

**FARJON, A.** Taxonomía de la especie *Pinus patula*. [blog]. [Consulta: 13 de mayo 2021]. Disponible en:  
<https://www.iucnredlist.org/search?%20taxonomies=110986&searchType=species>

**GARZON, G.** EVALUACION DEL PROCESO DE PIROLISI DE MATERIAL LIGNOCELULOSO PROVENIENTE DEL EUCALYPTO EN ATMOSFERA DE DIOXIDO DE CARBONO [En línea] (Trabajoo de titulación) (Proyecto de grado). Universidad Libre de Colombia ,Bogotá, Colombia. 2018. pp. 24-32. [Consulta: 24 de Mayo de 2021].Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11026>

**GONZÁLES, M, et al.** “Cambio climatico mundial” *origen y consecuencias*. [En línea] 2003. pp. 1405-9177. [Consulta: 24 de Mayo 2021]. Disponibe en: <http://eprints.uanl.mx/1287/>

**GONZÁLEZ, L.** EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN PROTOTIPO DE SECADOR [En línea] (Trabajo de titulacion). (Posgrado) Universidad naconal de loja, Loja , Ecuador. 2019. pp. 34-37. [Consulta: 21 de Junio 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/22932>

**GONZÁLEZ, M. et al.** “Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura”.*Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* [En línea], 2005,(Cali-Colombia) 1(4), pp.14-18.[Consulta : 2 de Julio de 2021].ISSN:1692-9918.Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231117588003.pdf>

**GUERRA, N.** VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SECUESTRO DE CO2 Y STOCK DE CARBONO EN PLANTACIONES DE SIMAROUBA AMARA "AUBLET MARUPA"EN CINCO EDADES DIFERENTES EN EL CIEFOR-PUERTO ALMENDRA [En línea] (Trabajo de titulacion).(Posgrado) Universidad Nacional de la Amazonia Peruana , Iquitos, Peru. 2013.pp.3-5.[Consulta : 19 de Julio 2021]. Disponible en <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1933>

**HIDALGO, W.** DISEÑO DE UNA CÁMARA DE SECADO DE MADERA PARA FÁBRICA DE MUEBLES HIDALGO. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Escuela Superior Politecnicate de Chimborazo, Riobamba .2013. pp. 38-99. [Consulta : 3 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2505/1/96T00185.pdf>

**HUAMÁN, V.** “Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO2 y CO) en ambientes interiores y exteriores”. *Revista de Investigación Universitaria*. [en línea], 2015, (Perú) 4(1), pp. 11-15. [Consulta: 26 de Agosto 2021]. ISSN: 2312-4253. Disponible en:

file:///C:/Users/windows10/Downloads/661-Texto%20del%20art%C3%ADculo-841-1-10-20180524.pdf

**INEN.** MADERAS. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD. [blog] 20 de Noviembre de 2012. pp. 1-8. [Citado el: 30 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1160.pdf>.

**IPCC.** *Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [en línea]. Suiza. , R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.), 2013. [Consulta: 20 de Julio 2021]. Disponible en: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

**KATINAS, L.** “El herbario. Significado, valor y uso”. *ProBiota* [en línea],2001, (Argentina) 76(1), pp.1-6. [Consulta: 8 de Julio 2021]. Disponible en: <http://biblioteca.esPOCH.edu.ec/Tutoriales/Norma%20ISO%20690.pdf>

**LEÓN, J.** ¿Qué es un herbario?.[blog]. [Consulta: 30 de Noviembre de 2021].Disponible en: <https://www.cibnor.gob.mx/investigacion/colecciones-biologicas/herbario-hcib/ique-es-un-herbario>.

**LÓPEZ, A.,et all.** “Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica”. *Agroforestería en las Américas* [en línea], 1999, (Costa Rica) 6(23), pp. 51-53. [Consulta: 25 de Julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5996>

**LOPEZ, G.** PREDICION DEL ANALISIS PROXIMO DE CARBONES COLOMBIANOS MEDIANTE ESPECTROSCOPIA FTIR-DR EN LA REGION DEL INFRARROJO MEDIO UTILIZANDO MINIMOS CUADRADOS PARCIALES [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD, Pereira, Colombia. 2018.pp. 20-28. [Consulta: 26 de junio 2021]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/20426>

**LÓPEZ, M.** *Las Normas Técnicas, qué son y para qué sirven* [blog]. [Consulta: 30 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/las-normas-tecnicas-que-son-y-para-que-sirven>.

**MARTINEZ, J & FERNADEZ, A.** *Cambio climatico:Una vision desde Mexico.* [blog] .Estados Unidos, 2004. [Consulta: 30 de Octubre de 2021.] Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=2N46Q0HQmzkC&oi=fnd&pg=PA17&dq=Cambio+climatico:Una+vision+desde+Mexico&ots=NsdKjnkP3Q&sig=xzuqFjqeDaZgV88cwoorkJFnMdU#v=onepage&q=Cambio%20climatico%3AUna%20vision%20desde%20Mexico&f=false>

**MAZA, Z & DOMINGO, F**, *La estructura económica de una plantación en Venezuela*. [blog]. Caracas, 1968, pp. 51-112. [Consulta: 14 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1992/199245407005/html/>

**MENA, V.** RELACIÓN ENTRE EL CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA TOTAL Y LA COMPOSICIÓN FISIONÓMICA DE LA VEGETACIÓN EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ Y EN BOSQUES SECUNDARIOS DEL CORREDOR BIOLÓGICO VOLCÁNICA CENTRAL-TALAMANCA, COSTA RICA. [En línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, Turrialba, Costa Rica .2008. pp. 1-90. [Consulta: 15 de junio 2021]. Disponible en: [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3813/Relacion\\_entre\\_el\\_carbono\\_almacinado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3813/Relacion_entre_el_carbono_almacinado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**MENESES , O.** IDENTIFICACIÓN DE USOS PROBABLES DE *Pinus patula* CON BASE EN LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA EN ILTAQUÍ-COTACACHI-IMBABURA [En línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Técnica del Norte, Cotacachi, Ecuador. 2011.p. 65-67. [Consulta: 06 de junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1982/1/03TESIS192.pdf>

**MILLER, G.** “Desarrollo sostenible, un enfoque integral”. *Ciencia Ambiental*. [en línea], 2007, (México) s.n., 2007.p.1. [Consulta: 16 de Julio]. Disponible en: [http://fapur.uaemex.mx/images/FAPUR/LecturasCEDIAT/CA\\_oct\\_2011.pdf](http://fapur.uaemex.mx/images/FAPUR/LecturasCEDIAT/CA_oct_2011.pdf)

**MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR(MAE).** *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental* [blog]. Subsecretaría de Patrimonio Natural, Quito : 2013. [Consulta: 19 de Julio]. Disponible en: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS\\_ECUADOR\\_2.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf)

**MORENO, E.** “El herbario como recurso para el aprendizaje de la botánica”. *Acta Botánica Venezuelica* [En línea], 2007,(Venezuela) 30(2), pp. 415-427. [Consulta : 13 de Mayo de 2021.]. ISSN: 0084-5906.Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/862/86230209.pdf>

**MUKOSHA, L. et al.** “Desarrollo de carbón activado de mejor calidad y bajo costo a partir de aserrín de pino sudafricano (*Pinus patula*): caracterización y adsorción comparativa de fenol”. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* [en línea], 2013, (Colombia) 7(7), pp. 1-11. . [Consulta : 13 de Noviembre de 2021.]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v18n3/art09.pdf>

**NIEMZ, P. et al.** “EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA HUMEDAD DE EQUILIBRIO EN MADERA DE *Pinus radiata* D.Don”. *Instituto Forestal de Chile*, [en línea], 1995, (Chile) 9 (2), pp. 3-6. [Consulta : 13 de Octubre 2021.]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/10884/18582.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**OLIVO, M & SOTO, A.** “Comportamiento de los gases de efecto invernadero y las temperaturas atmosféricas con sus escenarios de incremento potencial”. *Universidad ciencia y tecnología* [en línea], 2010, (Venezuela) 14(57), pp. 221-230. [Consulta : 13 de Julio 2021.]. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-48212010000400002](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212010000400002)

**ORDÓÑEZ, A.** ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN UN ESTUDIO DE CASO PARA BOSQUE TEMPLADO [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). UNAM ,Facultad de Ciencias., San Juan Nuevo, Michoacán,Mexico. 1999.pp. 15-16. [Consulta :26 de julio 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/292788246\\_Captura\\_de\\_Carbono\\_en\\_un\\_Bosque\\_Templado\\_El\\_Caso\\_de\\_San\\_Juan\\_Nuevo\\_Michoacan](https://www.researchgate.net/publication/292788246_Captura_de_Carbono_en_un_Bosque_Templado_El_Caso_de_San_Juan_Nuevo_Michoacan)

**ORDÓÑEZ, B & MASERA, O.** “Captura de carbono ante el cambio climático”.*Madera y bosques*, Instituto de Ecología, A.C. [En línea] 2001. (Xalapa), 12(2) :. pp. 3-12. [Consulta: 23 de Julio de 2021]ISSN: 1405-0471. Disponibe en: <https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>

**OSINFOR.** *Recuerda la Importancia de los Recursos Forestales*). [Blog].2012. [Consulta: 29 de Octubre de 2021.]. Disponible en: <https://www.osinfor.gob.pe/osinfor-recuerda-la-importancia-de-los-recursos-forestales/>

**PÉREZ, J & MERINO, M.** *Definición de plantación* [Blog].2011[Consulta: Octubre 30, 2021.].Disponible en:<https://definicion.de/plantacion/>.

**PEZO, A.** INFLUENCIA DE LAS FASES LUNARES EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN, Tarapoto, Perú .2012.pp. 2-65. [Consulta: 30 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3160/AGRONOMIA%20-%20Henry%20Pezo%20Araujo.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20semillas%20y%20plantones%20que,sembrando%20en%20el%20cuarto%20creciente.>

**PIZARRO , C & SEGNINI, G.** *Linderos Maderables de Alta Producción en Fincas Ganaderas de Guanacaste.* [blog] 06 de Abril de 2016.pp.10-15. [Consulta: 30 de Octubre de 2021]. Disponible en: [https://es.slideshare.net/gabsegnini/linderos-maderables-de-alta-produccion-en-fincas-ganaderas-de-guanacaste-costa-rica.](https://es.slideshare.net/gabsegnini/linderos-maderables-de-alta-produccion-en-fincas-ganaderas-de-guanacaste-costa-rica)

**RAMÍREZ, O. et al.** “Implicaciones económicas del secuestro del CO2 en los bosques naturales”. *Revista forestal Centroamericana* [en línea], 1999, (Costa Rica) 2(27), pp.10-16. [Consulta: 11 de Octubre de 2021]. Disponible en: [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9797/Implicaciones\\_economicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9797/Implicaciones_economicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**RAMÍREZ, P.** “Introduccion a la caracterizacion de carbones”. *Universidad Nacional de Colombia, Colombia.* [en línea], 1992, (Colombia) pp. 202-205. [Consulta: 2 de septiembre 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/windows10/Downloads/24352-Article%20Text-85299-2-10-20180305.pdf>

**RAYNAL, J .** “Cambio climatico global:Una realidad Inequivoca”.*Ingenieria Iinvestigacion y tecnologia* [En línea], 2011. ,(Mexico) 12(4), pp.421-427.[Consulta : 30 de Octubre de 2021] ISSN: 1405-7743. Disponibe en: <https://www.redalyc.org/pdf/404/40421268006.pdf>

**RIESCO, G & DÍAZ, J.** “CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MADERA DE PINO PROCEDENTE DE RALEOS EN EL NOROESTE DE ESPAÑA”. *Maderas: Ciencia y tecnología* [En línea], 2007, (España) 9 (3), pp. 233-244. [Consulta : 5 de julio de 2021] ISSN 0718-221X. Disponibe en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-221X2007000300004&lng=pt&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-221X2007000300004&lng=pt&nrm=iso)

**RODRÍGUEZ, O.** “Dióxido de carbono, precursor de la vida”. *Ciencia UAT* [En línea], 2009, (Victoria) 3(3), pp. 46-51. [Consulta : 5 de julio de 2021]. ISSN: 2007-7521. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4419/441942915010.pdf>

**RUDIGER, A & JARAMILLO, R.** OBSERVACIONES SOBRE LA VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MADERA INDUSTRIAL ASTILLABLE DE *Pinus radiata*. *Bosque* [En línea], 1980,(México) 3 (2), pp. 101-114. [Consulta : 5 de julio de 2021]. Disponible en: <http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v3n2/art05.pdf>

**RODRIGUEZ,V & FLORES, F.** “Los tipos del herbario “Atkins” del jardín botánico de Cienfuegos, Cuba”. *Centro Agrícola* [En línea],2020, (Cuba) 47(3) , pp. 43-50. [Consulta : 15 de julio de 2021]. ISSN 0253-5785. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852020000300043](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000300043)

**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-laboratorio-reconocimiento-y-manejo-del-mismo>

**SUIREZS, T & BERGER, G.** DESCRIPCIONES DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MADERA . [En línea] (Trabajo de titulación ) .(Posgrado) ,Universidad Nacionales de Misiones, Argentina 2009.pp. 20-30. [Consulta: 2021-06-28]. Disponible en: <https://docplayer.es/125048465-Descripciones-de-las-propiedades-fisicas-y-mecanicas-de-la-madera-teresa-maria-suirez.html>

**TP LABORATORIO QUIMICO.** *Desecador*. [blog]. 2016. p. 1. [Consulta: 23 de Agosto 2021]. Disponible en: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/desecadora-2.html#:~:text=Un%20desecador%20es%20un%20gran,la%20sustancia%20de%20la%20humedad.>

**VÁSQUEZ, E. et al.** METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS MADERABLES DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ "AMVA", COLOMBIA. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* [en línea], 2006, (Colombia) 59(2), pp.3557-3564. [Consulta: 22 de Julio 2021]. ISSN: 0304-2847. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914075011.pdf>

**VELASCO, J.** VALORACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LOS ÁRBOLES EN LOS ESPACIOS VERDES URBANOS [En línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Politecnica de Cataluña ,España. 2013.pp.20-23.[Consulta: 10 de Agosto 2021]. Disponible en: <https://georgiusm.files.wordpress.com/2017/12/valoracic3b3n-ambiental-de-los-c3a1rboles.pdf>

**VIERA, C & PINEDA, A.** “Productividad de lindero maderable de *cedrela odorata*”. *Agronomía Mesoamericana* [en línea],2004, (Costa Rica) 15(1), pp. 85-92. [Consulta: 13 de agosto 2021]. ISSN: 1021-7444. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43715113.pdf>

**ZÁRATE, J.** “Madera como combustible”. *Revista Forestal del Perú* [en línea], 2016, (Perú) 14(2) , pp.1-9.[ Consulta: 20 de agosto 2021]. Disponible en: [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos\\_RFP/Vol14\\_2\\_87\\_\(20\)/vol14\\_no2\\_art1.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol14_2_87_(20)/vol14_no2_art1.pdf)

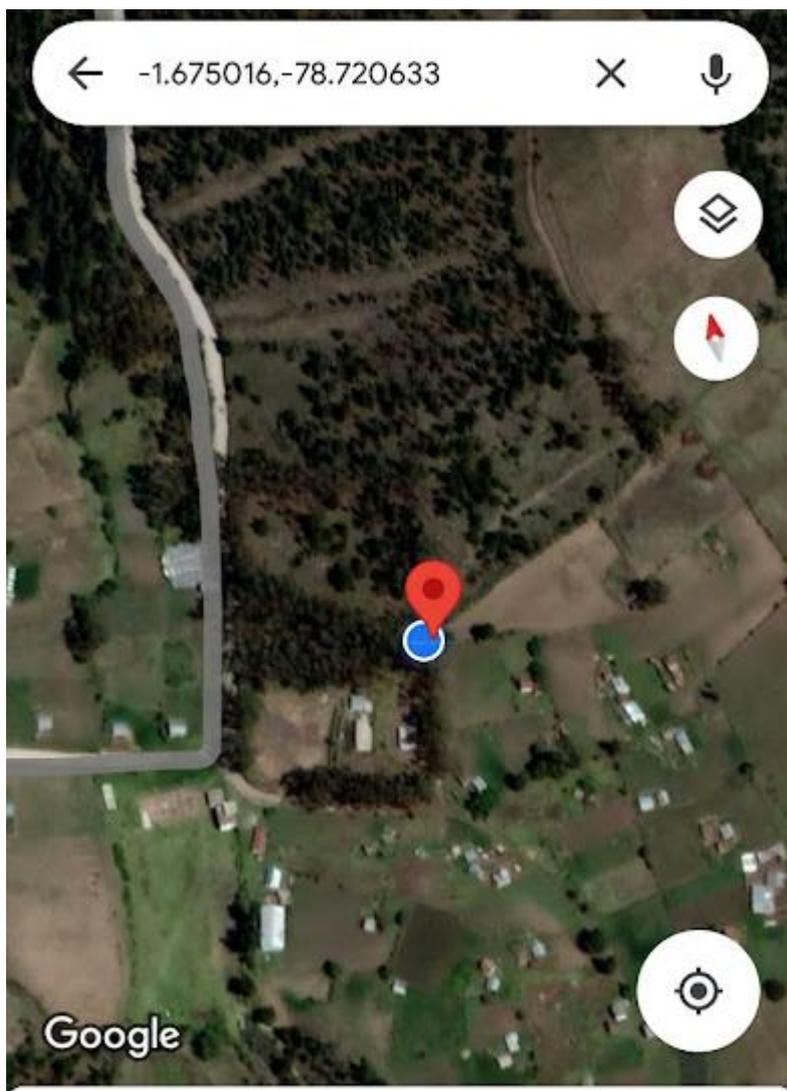


Firmado electrónicamente por:

**CRISTHIAN  
FERNANDO  
CASTILLO RUIZ**

## ANEXOS

### ANEXO A: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO



1°40'30.1"S 78°43'14.3"W

1 min

## ANEXO B: LABORES REALIZADAS EN CAMPO

Información en campo	
<p>Mediciones del DAP</p> 	<p>Medición de altura</p> 
<p>Medición con cinta</p> 	<p>Obtención de coordenadas</p> 

**ANEXO C: OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE MADERA O PROBETA**

**Obtencion de muestras de madera /probetas**

Sierra de cinta



Obtencion de muestras de madera



## ANEXO D: IDENTIFICACIÓN DENDROLOGICA EN ELCHEP

Identificación de las especies	
Recoleccion	Secado y prensado
	
	
Muestras secas	
	

## ANEXO E: CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN DENDROLOGICA EN EL CEHEP



**HERBARIO POLITECNICA CHIMBORAZO (CHEP)**  
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO  
Panamericana sur Km 1, fono: (05) 2 998-200 ext. 700123, jcaranqui@yahoo.com  
Riobamba Ecuador

Ofc.No.025.CHEP.2021

25 de agosto del 2021

### A QUIEN CORRESPONDA

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente certifico que el señor Cando Cando Wilson Salomón con CI: 060539543-3, tesista de Ingeniería Forestal, se identificó las especies: *Pinus radiata* D.Don., y *Pinus patula* Schltl. & Cham. Estas especie son exóticas cultivadas, que se revisó en el herbario y en [www.tropicos.org](http://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 puedo usar el presente certificado como crea conveniente.

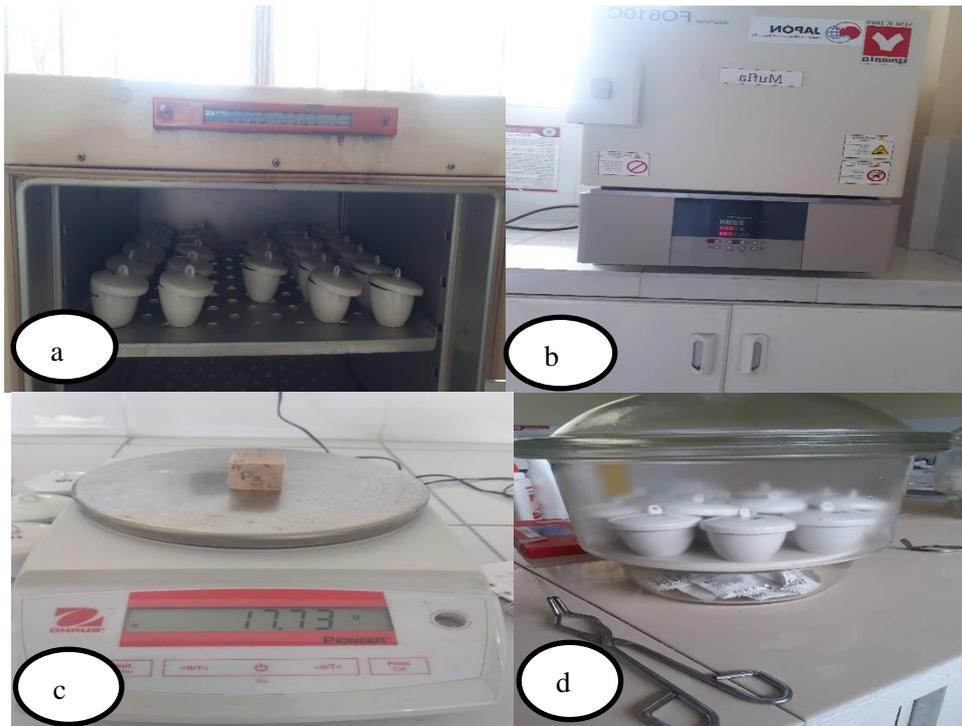
Atte.

JORGE MARCELO CARANQUI ALDAZ  
Firmado digitalmente  
por JORGE MARCELO  
CARANQUI ALDAZ  
Fecha: 2021.08.25  
10:54:40 -05'00'

Ing. Jorge Caranqui Msc.  
RESPONSABLE  
HERBARIO ESPOCH

HERBARIO POLITECNICO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

## ANEXO F: EQUIPOS UTILIZADOS EN LABORATORIO



## ANEXO G: PROCESO DE TARAR CRISOLES

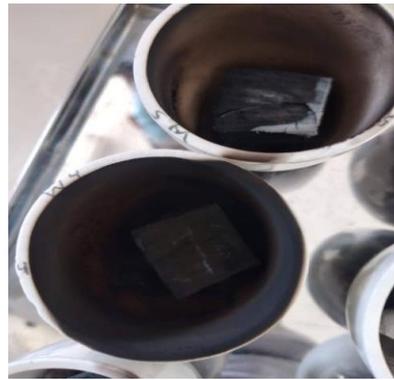


## ANEXO H: PROCESO PARA OBTENCIÓN DE % DE HUMEDAD

Proceso de obtención de humedad	
Mediocnes para obtener volumen	Crisol conmuestras
	
introduccion a la estufa	secado en el desecador
	

## ANEXO I: PROCESO PARA OBTENER MATERIAL VOLÁTIL

### Proceso para obtencion de material volatil



## ANEXO J: PROCESO PARA OBTENCIÓN DE CENIZA

### Proceso para obtener porcentaje de ceniza



**ANEXO K: PROCESO DE TARAR CRISOLES**

CRISOLES DE PORCELANA DE 10 ML				
PESOS ANTES DE TARAR		PESO DESPUES DE 24 HORAS		PESO DESPUES DE 48 HORAS
	TAPA CRISOLES	CRISOL+TAPA	CRISOL+TAPA	CRISOL+TAPA
N°	PESO(g)	PESO(g)	PESO(g)	PESO(g)
1	26,04	66,76	66,76	66,75
2	24,42	65,87	65,87	65,87
3	24,07	64,99	64,98	64,98
4	25,60	65,61	65,61	65,61
5	25,97	69,27	69,26	69,25
6	23,94	63,97	63,95	63,95
7	26,07	66,35	66,35	66,35
8	24,47	64,67	64,67	64,67
9	26,30	67,00	66,99	66,99
10	26,12	67,88	67,88	67,88
11	24,09	64,75	64,74	64,74
12	24,42	67,34	67,33	67,33

**ANEXO L: BASE DE DATOS PARA HUMEDAD DE *Pinus radiata***

BASE DE DATOS PARA LA VARIABLE HUMEDAD DE <i>Pinus radiata</i>					
		Peso fresco (muestra)	PESO MUESTRA+CRISOL 24H	PESO MUESTRA +CRISOL 48H	HUMEDAD MUESTRA
Árbol	SECCION	PESO 1	PESO 2MC	PESO 3MC	formula
1	BASE	18,58	49,56	49,55	52,42
		17,94	48,84	48,82	58,92
		21,32	51,43	51,40	50,80
	INTERMEDIO	17,35	47,02	47,01	59,65
		17,46	51,78	51,76	51,49
		17,85	48,12	48,09	54,79
	APICE	18,53	46,15	46,07	68,75
		18,20	46,02	46,01	68,08
17,67		46,29	46,27	68,42	
2	BASE	19,35	51,91	51,90	47,60
		17,71	50,13	50,13	46,53
		17,72	52,38	52,36	46,73
	INTERMEDIO	17,49	51,12	51,12	56,78
		16,81	49,72	49,72	61,93
		18,62	46,21	46,21	55,91

	<b>APICE</b>	15,88	47,06	47,06	64,67
		16,60	46,49	46,49	65,24
		17,28	47,06	47,06	64,47
<b>3</b>	<b>BASE</b>	18,54	54,05	53,99	28,32
		18,82	50,72	50,72	43,09
		16,92	50,46	50,46	48,58
	<b>INTERMEDIO</b>	17,08	47,98	47,98	54,45
		15,76	48,07	48,07	50,57
		15,07	46,63	46,63	56,20
	<b>APICE</b>	18,45	49,84	49,84	64,50
		17,17	46,70	46,70	64,82
		17,70	49,11	49,11	65,03
<b>4</b>	<b>BASE</b>	19,22	47,83	47,79	42,56
		18,75	53,59	53,59	41,12
		16,89	46,68	46,66	41,62
	<b>INTERMEDIO</b>	18,30	50,61	50,59	50,05
		14,57	47,14	47,13	56,01
		18,92	50,67	50,67	48,47
	<b>APICE</b>	18,92	48,49	48,49	58,83
		18,09	47,47	47,47	58,76
		19,81	49,90	49,90	58,91

**ANEXO M: BASE DE DATOS DE MATERIAL VOLATIL DE *Pinus radiata***

<b>BASE DE DATOS DE MATERIAL VOLÁTIL DE <i>Pinus radiata</i> D.Don</b>				
<b>N ÁRBOL</b>	<b>SECCION</b>	<b>PESO1C MV</b>	<b>PESO2C MV</b>	<b>CON LA FORMULA</b>
<b>1</b>	<b>BASE</b>	49,55	42,07	40,26
		48,82	42,67	34,28
		51,40	42,71	40,76
	<b>INTERMEDIO</b>	47,01	41,14	33,83
		51,76	44,59	41,07
		48,09	41,19	38,66
	<b>APICE</b>	46,07	41,23	26,12
		46,01	41,18	26,54
		46,27	41,57	26,60
<b>2</b>	<b>BASE</b>	51,90	43,36	44,13
		50,13	42,01	45,85
		52,36	44,24	45,82
	<b>INTERMEDIO</b>	51,12	44,78	36,25
		49,72	44,25	32,54
		46,21	39,23	37,49
	<b>APICE</b>	47,06	42,30	29,97
		46,49	41,63	29,28

		47,06	41,84	30,21
<b>3</b>	<b>BASE</b>	53,99	43,35	57,39
		50,72	42,35	44,47
		50,46	43,33	42,14
	<b>INTERMEDIO</b>	47,98	41,48	38,06
		48,07	41,74	40,16
		46,63	41,01	37,29
	<b>APICE</b>	49,84	44,60	28,40
		46,70	41,65	29,41
	49,11	44,07	28,47	
<b>4</b>	<b>BASE</b>	47,79	38,69	47,35
		53,59	44,76	47,09
		46,66	38,79	46,60
	<b>INTERMEDIO</b>	50,59	43,14	40,71
		47,13	41,93	35,69
		50,67	42,84	41,38
	<b>APICE</b>	48,49	42,14	33,56
		47,47	41,41	33,50
		49,90	43,35	33,06

**ANEXO N: BASE DE DATOS PARA CENIZA DE *Pinus radiata***

<b>BASE DE DATOS PARA CENIZA DE <i>Pinus radiata</i> D.Don</b>					
<b>N° ARBOL</b>	<b>SECCION</b>	<b>Muestra</b>	<b>PESO 1C CENIZ A</b>	<b>PESO 2C CENIZ A</b>	<b>FORMUL A</b>
<b>1</b>	<b>BASE</b>	<b>1</b>	42,07	40,74	0,16146394
		<b>2</b>	42,67	41,47	0,11148272
		<b>3</b>	42,71	40,94	0,14071295
	<b>INTERMEDIO</b>	<b>4</b>	41,14	40,03	0,11527378
		<b>5</b>	44,59	43,33	0,22909507
		<b>6</b>	41,19	40,06	0,22408964
	<b>APICE</b>	<b>7</b>	41,23	40,31	0,16189962
		<b>8</b>	41,18	40,24	0,21978022
		<b>9</b>	41,57	40,73	0,22637238
<b>2</b>	<b>BASE</b>	<b>10</b>	43,36	41,78	0,10335917
		<b>11</b>	42,01	40,69	0,16939582
		<b>12</b>	44,24	42,94	0,11286682
	<b>INTERMEDIO</b>	<b>13</b>	44,78	43,58	0,11435106
		<b>14</b>	44,25	43,33	0,0594884
		<b>15</b>	39,23	38,01	0,05370569
	<b>APICE</b>	<b>16</b>	42,30	41,48	0,18891688

		<b>17</b>	41,63	40,75	0,18072289
		<b>18</b>	41,84	40,95	0,17361111
<b>3</b>	<b>BASE</b>	<b>19</b>	43,35	40,73	0,1618123
		<b>20</b>	42,35	40,03	0,10626993
		<b>21</b>	43,33	41,78	0,11820331
	<b>INTERMEDIO</b>	<b>22</b>	41,48	40,23	0,17564403
		<b>23</b>	41,74	40,31	0,19035533
		<b>24</b>	41,01	40,05	0,132714
	<b>APICE</b>	<b>25</b>	44,60	43,32	0,16260163
		<b>26</b>	41,65	40,69	0,17472335
		<b>27</b>	44,07	42,95	0,16949153
<b>4</b>	<b>BASE</b>	<b>28</b>	38,69	36,78	0,15608741
		<b>29</b>	44,76	42,57	0,10666667
		<b>30</b>	38,79	36,83	0,17761989
	<b>INTERMEDIO</b>	<b>31</b>	43,14	41,49	0,21857923
		<b>32</b>	41,93	40,75	0,20590254
		<b>33</b>	42,84	40,96	0,21141649
	<b>APICE</b>	<b>34</b>	42,14	40,73	0,15856237
		<b>35</b>	41,41	40,04	0,16583748
		<b>36</b>	43,35	41,79	0,15143867

**ANEXO N: BASE DE DATOS DE CARBONO FIJO EN LA ESPECIE *Pinus radiata***

<b>Base de datos para estimar el carbono fijo en la especie <i>P. radiata</i></b>					
<b>Árbol</b>	<b>SECCION</b>	<b>humedad</b>	<b>Material volátil</b>	<b>Ceniza</b>	<b>CARBONO FIJO</b>
<b>1</b>	<b>BASE</b>	52,42	40,26	0,16146394	7,16
		58,92	34,28	0,11148272	6,69
		50,80	40,76	0,14071294 6	8,30
	<b>INTERMEDIO</b>	59,65	33,83	0,11527377 5	6,40
		51,49	41,07	0,22909507 4	7,22
		54,79	38,66	0,22408963 6	6,33
	<b>APICE</b>	68,75	26,12	0,16189962 2	4,96
		68,08	26,54	0,21978022	5,16
		68,42	26,60	0,22637238 3	4,75
<b>2</b>	<b>BASE</b>	47,60	44,13	0,10335917 3	8,17

		46,53	45,85	0,169395822	7,45
		46,73	45,82	0,112866817	7,34
	<b>INTERMEDIO</b>	56,78	36,25	0,114351058	6,86
		61,93	32,54	0,0594884	5,47
		55,91	37,49	0,053705693	6,55
	<b>APICE</b>	64,67	29,97	0,188916877	5,16
		65,24	29,28	0,180722892	5,30
		64,47	30,21	0,173611111	5,15
<b>3</b>	<b>BASE</b>	28,32	57,39	0,161812298	14,13
		43,09	44,47	0,106269926	12,33
		48,58	42,14	0,11820331	9,16
	<b>INTERMEDIO</b>	54,45	38,06	0,175644028	7,32
		50,57	40,16	0,19035533	9,07
		56,20	37,29	0,132714001	6,37
	<b>APICE</b>	64,50	28,40	0,162601626	6,94
		64,82	29,41	0,174723355	5,59
		65,03	28,47	0,169491525	6,33
<b>4</b>	<b>BASE</b>	42,56	47,35	0,156087409	9,94
		41,12	47,09	0,106666667	11,68
		41,62	46,60	0,177619893	11,60
	<b>INTERMEDIO</b>	50,05	40,71	0,218579235	9,02
		56,01	35,69	0,205902539	8,10
		48,47	41,38	0,21141649	9,94
	<b>APICE</b>	58,83	33,56	0,158562368	7,45
		58,76	33,50	0,165837479	7,57
		58,91	33,06	0,151438667	7,87

**ANEXO O: BASE DE DATOS PARA HUMEDAD DE LA ESPECIE *Pinus patula***

<b>Base de datos para humedad de la especie <i>P. patula</i></b>						
<b>Árbol</b>	<b>SECCION</b>	<b>PESO 1</b>	<b>PESO1 MC</b>	<b>PESO 2MC 24h</b>	<b>PESO 3MC 48h</b>	<b>humedad</b>
<b>1</b>	<b>BASE</b>	18,18	58,38	49,01	49,01	51,54
		17,68	57,96	47,66	47,66	58,26
		17,59	57,62	47,76	47,76	56,05
	<b>INTERMEDIO</b>	20,39	63,69	52,06	52,06	57,04
		15,69	56,36	48,53	48,53	49,90
		18,73	61,65	51,04	51,04	56,65
	<b>APICE</b>	15,86	52,61	42,83	42,83	61,66
		19,03	61,64	49,49	49,47	63,95
		16,39	53,22	42,79	42,77	63,76
<b>2</b>	<b>BASE</b>	13,35	46,15	41,5	41,48	34,98
		17,79	51,74	42,4	42,38	52,61
		15,85	51,05	43,95	43,93	44,92
	<b>INTERMEDIO</b>	17,83	59,48	48,47	48,46	61,81
		17,66	58,15	47,56	47,56	59,97
		15,45	51,65	41,86	41,85	63,43
	<b>APICE</b>	16,51	60,07	49,92	49,91	61,54
		17,11	60,43	49,28	49,26	65,28
		13,82	51,82	42,85	42,84	64,98
<b>3</b>	<b>BASE</b>	18,69	61,01	49,8	49,8	59,98
		15,78	55,37	45,62	45,59	61,98
		13,58	38,41	30,61	30,6	57,51
	<b>INTERMEDIO</b>	15,62	57,07	47,67	47,67	60,18
		16,42	57,13	47,77	47,77	57,00
		13,38	54,31	46,31	46,31	59,79
	<b>APICE</b>	13,77	54,47	46,17	46,17	60,28
		13,19	53,2	45,14	45,13	61,18
		11,3	53,07	46,32	46,32	59,73
<b>4</b>	<b>BASE</b>	18,88	59,09	48,46	48,46	56,30
		19,74	60,02	47,59	47,58	63,02
		17,54	57,57	48,37	48,37	52,45
	<b>INTERMEDIO</b>	19,16	62,46	53,61	53,6	46,24
		19,58	60,25	48,83	48,83	58,32
		17,4	60,32	52,29	52,29	46,15
	<b>APICE</b>	17,69	54,46	43,36	43,36	62,75
		12,86	49,69	41,27	41,27	65,47
		14,03	46,83	40,29	40,29	46,61

**ANEXO P: BASE DE DATOS DE MATERIAL VOLÁTIL DE *Pinus patula***

<b>BASE DE DATOS DE MATERIAL VOLÁTIL DE <i>Pinus patula</i></b>				
<b>Árbol</b>	<b>SECCION</b>	<b>PESO1C MV</b>	<b>PESO2C MV</b>	<b>MATERIAL VOLATIL FORMULA</b>
<b>1</b>	<b>BASE</b>	49,01	41,9	39,1089109
		47,66	41,61	34,219457
		47,76	41,43	35,9863559
	<b>INTERMEDIO</b>	52,06	45	34,6248161
		48,53	42,15	40,6628426
		51,04	44,57	34,5435131
	<b>APICE</b>	42,83	37,77	31,9041614
		49,47	43,8	29,7950604
		42,77	37,77	30,5064063
<b>2</b>	<b>BASE</b>	41,48	34,53	52,0599251
		42,38	35,36	39,460371
		43,93	36,74	45,362776
	<b>INTERMEDIO</b>	48,46	42,81	31,688166
		47,56	41,71	33,1257078
		41,85	37,12	30,6148867
	<b>APICE</b>	49,91	44,66	31,7989098
		49,26	44,29	29,0473407
		42,84	38,82	29,0882779
<b>3</b>	<b>BASE</b>	49,8	43,6	33,1728197
		45,59	40,47	32,4461343
		30,6	25,82	35,1988218
	<b>INTERMEDIO</b>	47,67	42,54	32,8425096
		47,77	42,04	34,8964677
		46,31	41,93	32,735426
	<b>APICE</b>	46,17	41,6	33,1880901
		45,13	41,1	30,5534496
		46,32	42,43	34,4247788
<b>4</b>	<b>BASE</b>	48,46	41,49	36,9173729
		47,58	41,58	30,3951368
		48,37	41,48	39,281642
	<b>INTERMEDIO</b>	53,6	45,64	41,5448852
		48,83	42,07	34,5250255
		52,29	44,83	42,8735632
	<b>APICE</b>	43,36	37,75	31,7128321
		41,27	37,46	29,6267496
		40,29	34,04	44,5473984

**ANEXO Q: BASE DE DATOS DE CENIZAS DE *Pinus patula***

<b>BASE DE DATOS DE CENIZAS DE <i>Pinus patula</i></b>				
<b>Árbol</b>	<b>SECCION</b>	<b>PESO 1C CENIZA</b>	<b>PESO 2C CENIZA</b>	<b>CENIZA</b>
<b>1</b>	<b>BASE</b>	41,9	40,22	0,110011
		41,61	40,3	0,11312217
		41,43	40,05	0,11370097
	<b>INTERMEDIO</b>	45	43,33	0,14713095
		42,15	40,68	0,06373486
		44,57	42,95	0,16017085
	<b>APICE</b>	37,77	36,77	0,1261034
		43,8	42,62	0,05254861
		37,77	36,85	0,12202563
<b>2</b>	<b>BASE</b>	34,53	32,82	0,14981273
		35,36	33,96	0,05621135
		36,74	35,22	0,12618297
	<b>INTERMEDIO</b>	42,81	41,66	0,05608525
		41,71	40,5	0,05662514
		37,12	36,21	0,06472492
	<b>APICE</b>	44,66	43,57	0,06056935
		44,29	43,33	0,05844535
		38,82	38,02	0,1447178
<b>3</b>	<b>BASE</b>	43,6	42,36	0,21401819
		40,47	39,63	0,25348542
		25,82	24,87	0,29455081
	<b>INTERMEDIO</b>	42,54	41,49	0,25608195
		42,04	40,75	0,24360536
		41,93	40,95	0,14947683
	<b>APICE</b>	41,6	40,75	0,36310821
		41,1	40,04	0,22744503
		42,43	41,79	0,17699115
<b>4</b>	<b>BASE</b>	41,49	40,24	0,15889831
		41,58	40,31	0,15197568
		41,48	40,08	0,28506271
	<b>INTERMEDIO</b>	45,64	43,33	0,1565762
		42,07	40,73	0,30643514
		44,83	43,04	0,68965517
	<b>APICE</b>	37,75	36,81	0,22611645
		37,46	36,84	0,0777605
		34,04	32,83	0,21382751

**ANEXO R: BASE DE DATOS DE CARBONO FIJO EN LA ESPECIE *Pinus patula***

<b>Base de datos para la obtención de carbono fijo en la especie <i>Pinus patula</i></b>					
<b>Árbol</b>	<b>SECCION</b>	<b>FORMUL A</b>	<b>MATERI AL VOLATIL FORMUL A</b>	<b>CENIZA CON FORMUL A</b>	<b>CARBON O FIJO</b>
<b>1</b>	<b>BASE</b>	51,54	39,10891089	0,110011	9,24
		58,26	34,21945701	0,11312217	7,41
		56,05	35,98635588	0,11370097	7,85
	<b>INTERMED IO</b>	57,04	34,62481609	0,14713095	8,19
		49,90	40,66284257	0,06373486	9,37
		56,65	34,54351308	0,16017085	8,65
	<b>APICE</b>	61,66	31,90416141	0,1261034	6,31
		63,95	29,79506043	0,05254861	6,20
		63,76	30,50640635	0,12202563	5,61
<b>2</b>	<b>BASE</b>	34,98	52,05992509	0,14981273	12,81
		52,61	39,46037099	0,05621135	7,87
		44,92	45,36277603	0,12618297	9,59
	<b>INTERMED IO</b>	61,81	31,68816601	0,05608525	6,45
		59,97	33,12570781	0,05662514	6,85
		63,43	30,61488673	0,06472492	5,89
	<b>APICE</b>	61,54	31,79890975	0,06056935	6,60
		65,28	29,04734074	0,05844535	5,61
		64,98	29,08827786	0,1447178	5,79
<b>3</b>	<b>BASE</b>	59,98	33,17281969	0,21401819	6,63
		61,98	32,44613435	0,25348542	5,32
		57,51	35,1988218	0,29455081	7,00
	<b>INTERMED IO</b>	60,18	32,8425096	0,25608195	6,72
		57,00	34,89646772	0,24360536	7,86

		59,79	32,7354260 1	0,1494768 3	7,32
	<b>APICE</b>	60,28	33,1880900 5	0,3631082 1	6,17
		61,18	30,5534495 8	0,2274450 3	8,04
		59,73	34,4247787 6	0,1769911 5	5,66
<b>4</b>	<b>BASE</b>	56,30	36,9173728 8	0,1588983 1	6,62
		63,02	30,3951367 8	0,1519756 8	6,43
		52,45	39,2816419 6	0,2850627 1	7,98
	<b>INTERMED IO</b>	46,24	41,5448851 8	0,1565762	12,06
		58,32	34,5250255 4	0,3064351 4	6,84
		46,15	42,8735632 2	0,6896551 7	10,29
	<b>APICE</b>	62,75	31,7128321 1	0,2261164 5	5,31
		65,47	29,6267496 1	0,0777605	4,82
		46,61	44,5473984 3	0,2138275 1	8,62



**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:** 08/ 04 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Wilson Salomon Cando Cando
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Ingeniería Forestal
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Forestal
<b>f. responsable:</b>



Firmado electrónicamente por:  
**CRISTHIAN  
FERNANDO  
CASTILLO RUIZ**



0543-DBRA-UTP-2022