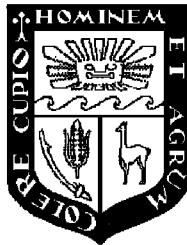


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

*Facultad de Ciencias Forestales*



**Estimación de la cantidad de carbono  
capturado por el fuste del  
(*Loxopterigium huasango* Sprunce) en  
el Bosque Seco de Sullana, Piura, Perú**

*Tesis para optar el Título de*  
**INGENIERO FORESTAL**

**Roger Steven Lam Alania**

Lima – Perú  
2011

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por el ex-alumno de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. **ROGER STEVEN LAM ALANIA**, intitulado “ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO CAPTURADO POR EL FUSTE DEL (*LOXOPTERIGIUM HUASANGO SPRUNCE*) EN EL BOSQUE SECO DE SULLANA, PIURA, PERÚ”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

Con el calificativo de .....

En consecuencia queda en condición de ser considerado APTO y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 31 de Agosto de 2011

.....  
Dr. Julio Alegre Orihuela  
Presidente

.....  
Ing. Manuel Chavesta Custodio  
Miembro

.....  
Ing. Carlos Vargas Salas  
Miembro

.....  
Ing. Víctor Barrera Arroyo  
Patrocinador

.....  
Dr. Enrique Gonzales Mora

## *RESUMEN*

La presente tesis tiene como fin evaluar la importancia del Hualtaco *Loxopterigium husango* Spruce como captador de Carbono en el Bosque Seco del Perú, para ello se determinó la fracción de carbono de la especie y se desarrollaron ecuaciones que estiman el contenido de carbono en el fuste de la especie.

La investigación siguió un proceso que tuvo de cinco etapas: (I) Primer Trabajo en campo, que implicó la selección de los centros poblados donde se trabajó y una evaluación preliminar de la especie (ubicación y medidas de los árboles en pie); (II) Primer Trabajo en gabinete: selección de la muestra para la medición directa de Biomasa y carbono; (III) Segundo Trabajo en campo, implicó el proceso de recolección de sub muestras en campo, el cual constó del tumbado de los árboles, mediciones de cada componente del árbol, obtención de rodajas y sub muestras de hojarasca, además del transporte de las mismas; (IV) Trabajo de laboratorio incurrió en el secado al aire y en horno de las sub muestras, chipeado y pulverizado de las sub muestras y el análisis de bomba colorimétrica (aplicando una modificación al método original); (V) Segundo Trabajo de gabinete consistió en determinar el contenido de humedad de las sub muestras, determinar el peso seco de la biomasa por componente y total; determinar los gramos de carbono en las sub muestra de fuste y su fracción de carbón, probar modelos de ecuaciones de biomasa aérea para cada componente y del total, y probar modelos de ecuaciones de Carbono para el Fuste.

Se desarrollaron ecuaciones que estiman el contenido de carbono del fuste en el Hualtaco con una alta precisión utilizando las variables independientes DAC (cm), DAP (cm) y altura total (m) para cada ecuación.

Los individuos de Hualtaco estudiados presentaron un DAP de 10 cm a 51 cm y un DAC desde 17 cm y 73 cm. La Biomasa Húmeda fuste fue de 25,48 kg a 718,85 kg, la Biomasa Húmeda de Ramas Gruesas fue de 48,55 kg a 2210,65 kg y la Biomasa Húmeda Total de los individuos vario desde 74,03 kg a 2929,5 kg.

La cantidad de Carbono capturado por árbol de Hualtaco vario desde 6,17 kg a 127,05 kg de Carbono capturado en su fuste, lo que es decir entre 22,65 kg a 468,17 kg de carbono equivalente por árbol.

Las ecuaciones encontradas son exclusivas para individuos de *Loxopterigium husango* Spruce pertenecientes al Bosque Seco semi Denso de Colina, particularmente del distrito de Lancones.

# ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VII
LISTA DE CUADROS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XII
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 PROTOCOLO DE KYOTO Y MERCADOS AFINES.....	3
2.1.1 <i>Convención Marco, Acuerdos de Kyoto y el MDL</i> .....	3
2.1.2 <i>Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)</i> .....	8
2.1.3 <i>Comercio De Emisiones En El MdI Y Mercados Afines</i> .....	10
2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL HUALTACO.....	17
2.2.1 <i>Taxonomía</i> .....	17
2.2.2 <i>Distribución de la Especie</i> .....	17
2.2.3 <i>Estado de Conservación</i> .....	18
2.2.4 <i>Descripción Dendrológica</i> .....	18
2.2.5 <i>Descripción Fenología</i> :.....	20
2.2.6 <i>Localizaciones con Potencial Semillero</i> :.....	21
2.3 DESCRIPCIÓN DE LA MADERA DEL HUALTACO .....	21
2.3.1 <i>Descripción Macroscópica</i> :.....	21
2.3.2 <i>Descripción Microscópica</i> :.....	22
2.3.3 <i>Propiedades Físico Mecánicas de la Madera</i> .....	22
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1 ZONA DE ESTUDIO: .....	25
3.1.1 <i>Distrito de Lancones</i> .....	25
3.1.2 <i>Características del Distrito De Lancones</i> .....	25
3.2 MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	35
3.2.1 <i>Materiales</i> : .....	35
3.2.2 <i>Equipos</i> :.....	36
3.2.3 <i>Herramientas</i> .....	36
3.3 METODOLOGÍA.....	37
3.3.1 <i>Selección de la Zona De Trabajo</i> .....	37
3.3.2 <i>Presentación de la Investigación a los Centros Poblados</i> .....	39
3.3.3 <i>Proceso seguido para la obtención de la biomasa aérea y hojarasca</i> .....	41
3.3.4 <i>Evaluación Preliminar de la Especie En Campo</i> .....	42
3.3.5 <i>Selección en Gabinete de la Muestra</i> .....	43
3.3.6 <i>Recolección de sub Muestras en Campo</i> .....	43
3.3.7 <i>Transporte de las Sub Muestras del Bosque al Local de AIDER en Lancones</i> .....	54
3.3.8 <i>Secado al aire de las Sub Muestras en el Local de AIDER en Lancones</i> .....	54
3.3.9 <i>Transporte de las Sub Muestras del Local de AIDER en Lancones a la UDEP</i> .....	54
3.3.10 <i>Secado Artificial de la sub muestra en la planta piloto agroindustrial</i> .....	55
3.3.11 <i>Transporte de las Sub Muestras de la UDEP al Local de AIDER en Piura</i> .....	55
3.3.12 <i>Preparación de las Probetas para el Análisis de Carbono</i> .....	56

3.3.13	Transporte de las Probetas del Local de AIDER en Piura a la FCF – UNALM.....	56
3.3.14	Transformación Mecánica de las Probetas para el Análisis de Carbono .....	56
3.3.15	Transporte de las Sub Muestras Para Análisis De Carbono De FCF – UNALM AL IIN.....	57
3.3.16	Análisis de bomba calorimétrica (Una modificación al Método Original).....	57
3.3.17	Trabajo de Gabinete .....	58
3.3.18	Elaboración de Ecuaciones.....	60
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>63</b>
4.1	EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ESPECIE EN CAMPO .....	63
4.1.1	Mediciones en Campo del Árbol en pie .....	63
4.2	SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN GABINETE.....	64
4.3	RECOLECCIÓN DE MUESTRA EN CAMPO.....	65
4.3.1	Mediciones Realizadas a la Hojarasca y Toma de Sub Muestras.....	66
4.3.2	Mediciones Realizadas al Fuste y Pesaje de Fuste y Sub Muestras de Fuste (Rodajas).....	68
4.3.3	Pesaje de Ramas Gruesas y de las Sub Muestras de Ramas Gruesas (Rodajas).....	71
4.3.4	Pesaje de Ramas Delgadas.....	73
4.4	PRIMER TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS.....	74
4.4.1	Transporte de sub muestras del bosque a los centros poblados.....	74
4.4.2	Transporte de sub muestras de los centros poblados a Lancones.....	74
4.5	SECADO AL AIRE DE LAS SUB MUESTRAS EN LANCONES .....	75
4.6	SEGUNDO TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS.....	75
4.6.1	Transporte de sub Muestras de Lancones a la Universidad Privada De Piura (UDEP) .....	75
4.7	SECADO ARTIFICIAL DE LA SUB MUESTRA EN LA UDEP.....	76
4.8	TERCER TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS (DEL CITES A AIDER EN PIURA).....	80
4.9	PREPARACIÓN DE SUB MUESTRAS EN EL LOCAL DE AIDER EN PIURA.....	80
4.10	CUARTO TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS (AIDER EN PIURA A LA FCF – UNALM.....	80
4.11	TRABAJO EN EL LABORATORIO DE PULPA Y PAPEL DE LA FCF – UNALM.....	81
4.12	QUINTO TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS (FCF – UNALM AL IIN).....	82
4.13	ANÁLISIS DE BOMBA COLORIMÉTRICA EN EL IIN.....	82
4.14	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS SUB MUESTRAS.....	85
4.14.1	Determinación del Contenido de Humedad de las Sub Muestras .....	85
4.14.2	Determinación del Contenido de Humedad de Cada Componente Arbóreo.....	85
4.14.3	Determinación del Peso Seco Total de Cada Componente Arbóreo.....	90
4.15	DETERMINACIÓN DE CARBONO DE LAS SUB MUESTRAS DE FUSTE. ....	92
4.15.1	Determinación de los gramos de carbono de las sub muestras de fuste. ....	92
4.15.2	Determinación de la fracción de carbono de la sub muestra de fuste. ....	92
4.15.3	Determinación de la cantidad de carbono en el fuste.....	92
4.16	ELABORACIÓN DE ECUACIONES.....	94
4.16.1	Ecuaciones de Biomasa Aérea y Carbono del Hualtaco .....	94
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>118</b>	
	COPIAS ESCANEADAS DE LAS ACTAS FIRMADAS EN CADA CENTRO POBLADO.....	118
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>134</b>	
	INFORMACIÓN RECOGIDA EN PRIMERA SALIDA DE CAMPO.....	134
<b>ANEXO 3 .....</b>	<b>137</b>	
	PROMEDIO DE BIOMASA EN KG DE ACUERDO A LAS CLASES DIAMÉTRICA .....	137
	RELACIÓN DE BIOMASA DE FUSTE PROMEDIO Y CLASES DIAMÉTRICA .....	137

RELACIÓN DE BIOMASA PROMEDIO DE RAMAS GRUESAS Y CLASES DIAMÉTRICA.....	138
RELACIÓN DE BIOMASA DE RAMAS DELGADAS PROMEDIO Y CLASES DIAMÉTRICA .....	138
<b>ANEXO 4 .....</b>	<b>139</b>
DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA “R”, ANÁLISIS EN RELACIÓN AL DAP Y BIOMASA DE RAMAS GRUESAS. ....	139
DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA “R”, ANÁLISIS EN RELACIÓN AL DAP Y BIOMASA DE FUSTE. ....	148
DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA “R”, ANÁLISIS EN RELACIÓN AL DAP Y BIOMASA TOTAL. ....	157
<b>ANEXO 5 .....</b>	<b>166</b>
DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA “R”, ANÁLISIS EN RELACIÓN AL DAC Y BIOMASA DE RAMAS GRUESAS. ....	166
DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA “R”, ANÁLISIS EN RELACIÓN AL DAC Y BIOMASA DEL FUSTE. ....	175
DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA “R”, ANÁLISIS EN RELACIÓN AL DAC Y BIOMASA TOTAL.....	183
<b>ANEXO 6 .....</b>	<b>193</b>
DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA “R”, ANÁLISIS EN RELACIÓN AL DAP Y EL CARBONO DEL FUSTE .....	193
DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA “R”, ANÁLISIS EN RELACIÓN AL DAC Y EL CARBONO DEL FUSTE .....	202

## *Lista de cuadros*

	Página
<b>CUADRO 1</b> : CENTROS POBLADOS Y ACCESIBILIDAD DE LOS CENTROS POBLADOS.	38
<b>CUADRO 2</b> : NOMBRES Y CARGOS DE LAS AUTORIDADES.	39
<b>CUADRO 3</b> : MODELOS DE ECUACIÓN PARA BIOMASA O CARBONO.	61
<b>CUADRO 4</b> : DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA DE LOS 30 ÁRBOLES SELECCIONADOS.	64
<b>CUADRO 5</b> : PESOS DE LAS SUB MUESTRAS DE HOJARASCA.	68
<b>CUADRO 6</b> : DATOS DEL FUSTES TOMADOS EN CAMPO.	68
<b>CUADRO 7</b> : PESOS EN KG DE LAS RODAJAS Y SECCIÓN DE RODAJA DE FUSTES.	70
<b>CUADRO 8</b> : PESOS EN KG DE LAS SUB MUESTRAS Y DEL CONJUNTO DE RAMAS GRUESAS.	72
<b>CUADRO 9</b> : PESOS DEL TOTAL DE RAMAS DELGADAS.	73
<b>CUADRO 10</b> : PESOS EN KG DE LAS SUB MUESTRAS ANTES DE ENTRAR AL HORNO.	77
<b>CUADRO 11</b> : PESOS EN KG DE LAS MUESTRAS AL SALIR DEL HORNO.	79
<b>CUADRO 12</b> : PESOS DEL LA MUESTRA CHIPIADA Y PULVERIZADA.	81
<b>CUADRO 13</b> : PESOS DE LAS SUB MUESTRAS UTILIZADAS Y VALOR CALÓRICO DE LAS MISMAS.	84
<b>CUADRO 14</b> : CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS SUB MUESTRAS DE RAMAS GRUESAS.	86
<b>CUADRO 15</b> : CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS SUB MUESTRAS DE FUSTE.	87
<b>CUADRO 16</b> : CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS SUB MUESTRAS DE HOJARASCA.	89
<b>CUADRO 17</b> : CONTENIDO DE HUMEDAD (CH) EN KG DE CADA COMPONENTE Y DEL TOTAL DEL INDIVIDUO.	91
<b>CUADRO 18</b> : CONTENIDO DE CARBONO EN LA SUB MUESTRA Y FUSTE.	93
<b>CUADRO 19</b> : ECUACIONES DE BIOMASAS EN FUNCIÓN DE BIOMASA HÚMEDA DE RAMAS GRUESAS Y DAP.	94
<b>CUADRO 20</b> : ECUACIONES DE BIOMASAS EN FUNCIÓN DE BIOMASA HÚMEDA DEL FUSTE Y DAP.	95
<b>CUADRO 21</b> : ECUACIONES DE BIOMASAS EN FUNCIÓN DE BIOMASA HÚMEDA TOTAL Y DAP.	95
<b>CUADRO 22</b> : ECUACIONES DE BIOMASAS EN FUNCIÓN BIOMASA HÚMEDA DE RAMAS GRUESAS Y DAC.	96
<b>CUADRO 23</b> : ECUACIONES DE BIOMASAS EN FUNCIÓN BIOMASA HÚMEDA DE FUSTE Y DAC.	96
<b>CUADRO 24</b> : ECUACIONES DE BIOMASAS EN FUNCIÓN BIOMASA HÚMEDA TOTAL Y DAC.	97
<b>CUADRO 25</b> : ECUACIONES PARA ESTIMAR CARBONO DEL FUSTE EN FUNCIÓN DEL DAP.	98
<b>CUADRO 26</b> : ECUACIONES PARA ESTIMAR CARBONO DEL FUSTE EN FUNCIÓN DEL DAC.	98
<b>CUADRO 27</b> : ECUACIONES DE CARBONO DEL FUSTE EN FUNCIÓN DEL DAP PRUEBA DE FISHER.	99
<b>CUADRO 28</b> : ECUACIONES DE CARBONO DEL FUSTE EN FUNCIÓN DEL DAC PRUEBA DE FISHER.	99
<b>CUADRO 29</b> : ECUACIONES DE CARBONO EN FUNCIÓN DEL DAP, PRUEBA DE STUDENT.	100
<b>CUADRO 30</b> : ECUACIONES DE CARBONO EN FUNCIÓN DEL DAC, PRUEBA DE STUDENT.	100
<b>CUADRO 31</b> : ECUACIONES DE BIOMASA EN FUNCIÓN DEL DAP, ANÁLISIS DE CME Y IF.	101
<b>CUADRO 32</b> : ECUACIONES DE BIOMASA EN FUNCIÓN DEL DAC, ANÁLISIS DE CME Y IF.	101



<b>CUADRO 33</b>	: ECUACIÓN PARA ESTIMAR LA CANTIDAD DE CARBONO DEL FUSTE DEL HUALTACO EN FUNCIÓN A DAP Y DAC.	102
<b>CUADRO 34</b>	: COMPARACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE CARBONO DEL FUSTE CALCULADO Y ESTIMADO EN BASE AL DAP.	103
<b>CUADRO 35</b>	: COMPARACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE CARBONO DEL FUSTE CALCULADO Y ESTIMADO EN BASE AL DAC.	104

## *Lista de figuras*

	Página	
FIGURA 1	:LIMITES DEL DISTRITO DE LANCONES EN LA PROVINCIA DE SULLANA	26
FIGURA 2	: MAPA DE UBICACIÓN LOS 10 CENTROS POBLADOS EN EL DISTRITO DE LANCONES.	38
FIGURA 3	: DIAGRAMA DEL FLUJO DE TRABAJO EN CAMPO	41
FIGURA 4	: TUMBADO DEL ÁRBOL HACIENDO USOS DE LA MOTOSIERRA HUSQVARNA 395XP.	45
FIGURA 5	: ÁRBOL TUMBADO LISTO PARA EL DESRAME Y TROZADO.	46
FIGURA 6	: DIVISIÓN DEL FUSTE EN TERCIOS, SEXTO Y UBICACIÓN DE RODAJAS.	47
FIGURA 7	: REGISTRO DE PESOS DE LAS RODAJAS EXTRAÍDAS DEL FUSTE Y RAMAS GRUESAS.	48
FIGURA 8	: CODIFICACIÓN DE RODAJAS.	49
FIGURA 9	: CODIFICACIÓN DE SECCIONES DE RODAJA.	49
FIGURA 10	: DESRAME DEL FUSTE DEL ÁRBOL	50
FIGURA 11	: EXTRACCIÓN DE LAS RODAJAS DE RAMAS GRUESAS.	50
FIGURA 12	: CODIFICACIÓN DE RODAJAS QUE HUBO QUE DIVIDIRLAS	52
FIGURA 13	: GRUPO DE RAMAS DE DIÁMETRO MENOR A LOS 3 CM.	52
FIGURA 14	: PESADO DE LAS RAMAS DELGADAS	53
FIGURA 15	: PROCESO REALIZADO EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN NUTRICIONAL (IIN)	58
FIGURA 16	: DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA DE LOS 30 ÁRBOLES MUESTRA SEGÚN CLASES DIAMÉTRICAS.	65
FIGURA 17	: CUADRADO DE 1 M X 1 M DELIMITADO CON ESTACAS.	66
FIGURA 18	: COSTALES CON SUB MUESTRAS PARA EL TRASLADO A LA UDEP	76
FIGURA 19	: CARROS CON SUB MUESTRAS DE FUSTE, RAMAS, PROBETAS Y HOJARASCA.	78
FIGURA 20	: HORNO DE SECADO CARGADO CON LOS 6 CARROS.	78

# 1. INTRODUCCIÓN

La variación del clima en el mundo ocasiona un gran impacto sobre los océanos, los hábitats de plantas y animales y sobre los seres humanos. La gravedad y duración de los efectos del cambio climático están aún en discusión, pero, si no se toman medidas en el corto plazo para reducir las emisiones, los efectos no podrán evitarse (Neeff y Henders. 2007).

La primera propuesta se dió en el año 1988, las Naciones Unidas a través del programa de Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial establecieron un Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), con el objetivo de estudiar científicamente este tema. Posteriormente con la Resolución 45/212 de las Naciones Unidas, el 11 de Diciembre de 1990 se crea un Comité Intergubernamental de Negociación con el encargo de elaborar una Convención Marco sobre el Cambio Climático (Synergy. 2005).

En base a la evidencia se reconoció que la actividad humana está afectando la temperatura del planeta, debido al incremento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, es por eso que en el año 1992 las Naciones Unidas para intentar frenar este problema estableciendo la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC) y en reuniones posteriores se firmó el Protocolo de Kyoto (PK), por medio del cual los países desarrollados y economías en transición se comprometen a reducir las emisiones de GEI en un promedio de 5,2% con respecto a 1990 para el periodo de compromiso 2008-2012. (FONAM, 2010)

El objetivo principal de la presente tesis fue: Evaluar la importancia del Hualtaco *Loxopterigium husango* Spruce como captador de Carbono en el Bosque Seco del Perú.

Los objetivos específicos fueron:

- Calcular la biomasa aérea de individuos del *Loxopterigium husango* Spruce.
- Generar curvas alométricas para la estimación de la biomasa en el *Loxopterigium husango* Spruce.

- Estimar la cantidad de carbono capturado por el fuste del *Loxopterigium husango* Spruce.
- Generar ecuaciones que estimen la biomasa aérea del *Loxopterigium husango* Spruce.
- Generar ecuaciones que estimen el contenido de carbono en el fuste del *Loxopterigium husango* Spruce.

Se eligió la especie Hualtaco (*Loxopterigium husango* Spruce), se encuentra dentro de la categoría de Peligro Crítico de extinción, grado otorgado por el Estado peruano según el D.S 043-2006 –A.G. y por la importancia de la especie en los Bosques Secos de Colina y Montaña.

Cabe mencionar que la especie ha sido poco estudiada, los autores que han escrito sobre ella son Reynel et al. (2006) y Centro Ideas y UDEP, (2006) que describieron su botánica y dendrología; Chavesta, (2005) quien describió la anatomía de la madera y los posibles usos de la misma. Así mismo Aróstegui, (1976) determinó las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Hualtaco.

En el país existen muy pocas experiencias en determinación de la cantidad de carbono de una especie, entre ellas tenemos la experiencia de Freitas et al. (2006) con Aguaje y Samaniego, (2009) con Bolaina, por ello sobre esta base se desarrolla la presente tesis para fomentar la protección del ecosistema Bosque Seco.

Los resultados de esta investigación contribuirán a promover en el país la implementación de tecnologías para aplicar el Mecanismo Desarrollo Limpio en Forestación/Reforestación ó mecanismos de Reducción de Emisiones por degradación y deforestación, propiciando la inversión en recuperación de zonas degradadas o deforestadas, que permitirán disminuir los efectos del cambio climático y frenando el avance de la desertificación en el Bosque Seco.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 PROTOCOLO DE KYOTO Y MERCADOS AFINES**

#### **2.1.1 Convención Marco, Acuerdos de Kyoto y el MDL**

##### ***A) CREACIÓN DE LA CONVENCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO***

En Rio de Janeiro, Brazil se dio del 3 al 14 de junio de 1992 la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo “Cumbre de la Tierra”, en ella convergieron 172 gobiernos, 108 jefes de Estado o de Gobierno, 2,400 representantes de organizaciones no gubernamentales (ONG). (Wikipedia, 2010)

El objetivo de la declaración de Rio fue, establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, nuestro hogar. (Naciones Unidas, 1992)

Como resultado de la Cumbre de Río se generaron los siguientes documentos: Agenda 21, la Declaración de Principios Forestales, la Convención para un Marco de las Naciones Unidas en Cambio Climático, la Convención de las Naciones Unidas sobre la diversidad biológica y la Declaración de Río sobre Medioambiente y Desarrollo. (Gaia, 2010)

##### ***B) CONVENCIÓN MARCO DE NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC)***

El CMNUCC (1992), entiende por cambio climático a un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. Además se define como deposito a uno o más componentes del sistema climático en que está almacenado un gas de efecto invernadero o un precursor de un gas de efecto invernadero y

como Sumidero a cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera.

El objetivo de la Convención y de todo instrumento jurídico conexas que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. (Naciones Unidas, 1992)

En la CMNUCC se acordó que las Partes desarrolladas firmantes que se encuentran incluidas en su Anexo I, deben adoptar políticas nacionales y supranacionales para mitigar el cambio climático, limitando las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y protegiendo y ampliando sus sumideros y reservorios de GEI. Asimismo, ellas deberán comunicar periódicamente mediante Conferencia de las Partes (COP por sus siglas en inglés) el inventario nacional, sus emisiones y absorción de los GEI, así como las metodologías aprobadas por la propia COP. Asimismo las Partes desarrolladas incluidas en el Anexo II de la Convención, proveerán asistencia financiera (incluida la transferencia tecnológica) a las Partes en desarrollo para que éstas puedan cumplir sus obligaciones. (Synergy, 2005)

### *C) ACUERDO DE CREACIÓN DEL PROTOCOLO DE KYOTO*

El protocolo de Kyoto es un acuerdo internacional autónomo que está vinculado a las preocupaciones y los principios establecidos en la CMNUCC, pero a diferencia de él establece compromisos más concretos y detallados. (Synergy, 2005)

La CMNUCC realiza anualmente reuniones para discutir y tomar decisiones. Estas reuniones se llaman Conferencias de las Partes (COPs). En Diciembre de 1997, durante la COP 3, realizada en Kyoto Japón, se acordó en comprometer a los países desarrollados y a los países en transición hacia una economía de mercado, a alcanzar objetivos cuantificables de reducción de emisiones. A estos países se les conoce como las Partes del Anexo-I y ellos se comprometieron a reducir sus emisiones totales de los principales gases de efecto invernadero (GEI) hasta al

menos 5,2 % por debajo de los niveles de emisión de 1990 durante el periodo 2008-2012. (FONAM, 2004)

Según el artículo 25 del protocolo, el mismo entrara en vigor al nonagésimo día, contado desde la fecha en que sea ratificado por, no menos de 55 Partes de la Convención, entre las que se cuenten Partes del Anexo-I cuyas emisiones totales representen por lo menos el 55% del total de las emisiones de dióxido de carbono de las Partes del Anexo-I correspondiente a 1990. Al terminar las reuniones en Kyoto solo se contaba con 84 firmas siendo esta la situación el mismo no entra en vigencia hasta llegar a al porcentaje solicitado como mínimo. (Naciones Unidas, 1998)

#### *D) ACUERDOS DE BONN*

La COP 6 se celebró en Bonn del 16 al 27 de Julio del 2001, en ella se menciona que los proyectos de forestación y reforestación serán los únicos proyectos de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura admisibles en el mecanismo para un desarrollo limpio durante el primer período de compromiso, dejando pendiente para la siguiente COP la idónea definición de dichos términos. (Naciones Unidas, 2001)

#### *E) ACUERDOS DE MARRAKECH*

La COP 7 se celebro en Marrakech del 29 de Octubre al 10 de Noviembre de 2001, los acuerdos que se tomaron en esta reunión fueron importantes porque formalizaron los mecanismos regulando para hacer elegible los proyectos en el Mecanismo de Desarrollo Limpio. (Naciones Unidas, 2001)

Se definió la creación de los tres mecanismos para contribuir a los países contenidos en el Anexo-I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídas en el artículo 3 del mismo protocolo. (Naciones Unidas, 2001)

##### a) El Mecanismo de Implementación Conjunta (IC) (16/CP7)

Transferencia de créditos de emisiones entre países desarrollados. Las unidades de venta se denominan Emission Reduction Units (ERU).

b) El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) (17/CP)

Transferencia de certificados entre países en desarrollo y los países con compromisos de reducción. Las unidades de venta se denominan Certificados de Emisiones Reducidas (CER).

c) El comercio de emisiones (18/CP7)

Transferencia de reducciones de carbono entre países industrializados basados en compras de derechos de emisión a países que están por debajo de sus cuotas. Las unidades de venta se denominan Assigned Amount Units (AAU).

Se acordó bajo consenso una idónea definición de los términos Forestación y Reforestación. (Naciones Unidas, 2001).

a) Forestación:

Conversión, por actividad humana directa, de tierras que carecieron de bosque durante un período mínimo de 50 años en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropogéno de semilleros naturales.

b) Reforestación:

Conversión por actividad humana directa de tierras no boscosas en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropogéno de semilleros naturales en terrenos donde antiguamente hubo bosques, pero que están actualmente deforestados. En el primer período de compromiso, las actividades de reforestación se limitarán a la reforestación de terrenos carentes de bosques al 31 de diciembre de 1989.

*F) ACUERDOS DE MILÁN*

La COP 9 se celebró en Milán del 1 al 12 de Diciembre 2003, los acuerdos que se tomaron en esta reunión fueron las definiciones de no-permanencia, líneas de base, Adicionalidad, Fugas, los impactos ambientales y socioeconómicos, y además se aprobaron las modalidades y procedimientos simplificados para los proyectos de pequeña escala. (Naciones Unidas, 2003)



### *G) KYOTO ENTRA EN VIGENCIA*

El Presidente Ruso Vladimir Putin firmó la aprobación que confirma la ratificación del Protocolo de Kyoto el jueves 4 de noviembre de 2004 y pocos días después se presentó ante la Secretaría de la ONU en Nairobi, la documentación de ratificación. La ONU anunció entonces que el 16 de Febrero de 2005 entra en vigor del Protocolo. (Patagonia Forestal, 2004).

Para que Kyoto entrara en vigencia era preciso contar como mínimo con 2 de los 3 bloques de mayor contaminación mundial se ratifiquen, dado que los 3 bloques contienen el 77,73% de todas las emisiones mundiales, siendo el mayor EEUU con un 36,1%, seguido por la Unión Europea con 24,23% y por último tenemos a la Federación Rusa con un 17,4%. (Naciones Unidas, 1997).

### *H) ACUERDOS DE BALI*

La COP 13 se celebró en Bali del 3 al 15 de Diciembre de 2007, los principales acuerdos tomados fueron: La creación del “Plan de Acción de Bali”, con el cual se espera llegar a una conclusión acordada y adoptar una decisión en la COP 15, y la urgente necesidad de adoptar nuevas medidas significativas para reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques (REDD) en los países en desarrollo (Naciones Unidas, 2007)

En la decisión 2 de la COP se invitó a las partes a presentar hasta el 21 de marzo de 2008, sus opiniones sobre metodologías pendientes, formas de evaluación de los cambios de la cubierta forestales, emisiones de gases de efecto invernadero y la demostración de las reducciones de las emisiones derivadas de la deforestación y por la degradación de los bosques. Además de acordar si los enfoques serán del tipo nacionales y sub nacionales, para el desplazamiento de las emisiones. Estas opciones fueron presentadas y recopiladas enriquecidas por las opiniones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico disponiendo del informe final en la COP 15 en Copenhague. (Naciones Unidas, 2007)

## 2.1.2 Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

### A) CRITERIOS PARA LA INSCRIPCIÓN DE PROYECTOS

En base al documento de las Naciones Unidas (1998) son:

- La participación voluntaria acordada por cada Participante.
- Los beneficios que resulten de él sean reales, medibles y a largo plazo en relación con la mitigación del cambio climático.
- Reducciones de las emisiones que sean adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad de proyecto certificada.

### B) ÁREAS TEMÁTICAS CONSIDERADAS PARA EL MDL

En base al documento de las Naciones Unidas (1998) hay 15 áreas temáticas para el MDL las cuales son:

- Industrias de energía (renovables y fuentes no renovables)
- Distribución de energía
- Demanda energética
- Industria de Manufactura
- Industria Química
- Construcción
- Transporte
- Minería y Producción Minera
- Producción de Metales de Fugitivos
- Las emisiones procedentes de combustibles (sólidos, petróleo, gas)

- Emisiones fugitivas de producción y consumo de halocarbono y hexafluoruro de azufre
- Uso de Solvente
- Manipulación y eliminación de residuos
- Forestación y Reforestación
- Agricultura

### *C) DEFINICIÓN NACIONAL DE BOSQUE PARA EL MDL*

Durante la COP 7 se aprobó la decisión 11/ CP7 “Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura” (LULUCF por sus siglas en inglés) que aprueba preliminarmente los principios, definiciones, modalidades y procedimientos para las distintas actividades en relación a este tema. (FONAM, 2006)

El FONAM a cargo de la Secretaría Técnica del grupo Bosques y Carbono, preparó una propuesta para una Definición Peruana de Bosques a ser utilizada en proyectos LULUCF bajo el Protocolo de Kyoto, durante el primer período de compromiso. (FONAM, 2006)

El Concejo Nacional del Ambiente (CONAM) en su calidad de Autoridad Nacional Designada realizó una revisión de los criterios técnicos planteados por especialistas forestales en relación de cobertura, superficie y altura se concluyó lo siguiente:

Tierras con una cubierta de copa de más del 30% del área y una superficie superior a 0,5 ha. Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 5 m a su madurez *in situ* (FONAM, 2006).

### 2.1.3 Comercio De Emisiones En El Mdl Y Mercados Afines.

#### A) *PRINCIPALES MERCADOS DE CUMPLIMIENTO*

Los datos fueron publicados por Greenoxx (2009):

a) European Union Emission Trading System (EU ETS).

Establecido en el 2005, para cumplir con las obligaciones de reducción de los países de la UE, de acuerdo al Protocolo de Kyoto. Es el mayor mercado de cumplimiento multinacional - 70% del mercado del carbono global

b) Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI)

Se firmo en el año 2009 entre diez Estados del Noreste de USA. Se limita sólo las emisiones de las plantas energéticas (10% por debajo de 2005 al 2019)

c) California Climate Action Reserve (CCAR)

Programa nacional instaurado en el año 2009 a emplearse para el cumplimiento en California, comprometiéndose a reducir sus emisiones a los niveles de 1990 para el año 2012. Los protocolos forestales están siendo revisados y se estima estarán disponibles para los 50 Estados a partir de Abril del 2009.

d) American Clean Energy and Security Act

Establece en el año 2009 un programa “cap and trade” para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de USA en un 20% al 2020 con respecto a una línea de base al 2005.

## *B) PRINCIPALES MERCADOS VOLUNTARIOS*

Los datos fueron publicados por Greenoxx (2009):

- a) Emissions Trading Exchange
  - Chicago Climate Exchange (CCX)
- b) Over-the-Counter (OTC)
  - Climate Community and Biodiversity Standard (CCB)
  - Voluntary Carbon Standard (VCS)
  - California Climate Action Registry (CCAR)

## *C) CARACTERÍSTICAS DE LOS MERCADOS DE COMERCIO DE EMISIONES*

Los datos fueron publicados por Greenoxx (2009):

- a) Mercados de Cumplimiento (EU ETS, RGGI, WCI)
  - Las reducciones son impuestas por autoridades públicas
  - Las compañías deben compensar una cantidad de emisiones ya impuesta
  - Se requiere verificación por terceras partes
  - Importantes penas por no cumplimiento
- b) Mercados Voluntarios (CCX, OTC)
  - Las reducciones son auto-impuestas por las compañías (OTC) o las mismas optan por cumplir con un target predeterminado (CCX)
  - La verificación por terceras partes es opcional en OTC
  - Las penas por no cumplimiento son menores (CCX) o inexistentes (OTC)

#### *D) PRECIOS DE VENTA EN EL MERCADO VOLUNTARIO.*

Los precios OTC por t de CO<sub>2</sub> equivalente Forestal ha sido estimado por Ecosystem Marketplace hasta Mayo del 2009 en donde se les asignó un valor entre 3 a 10 dólares la t de CO<sub>2</sub> equivalente, mostrando una considerable diferencia con el CCX que les asignó un valor de 2,05 dólares la t de CO<sub>2</sub> equivalente en Febrero del 2009. Los mercados de cumplimiento como Kyoto, no presentan un valor definido. (Greenox, 2008)

#### *E) VOLÚMENES Y MONTOS EN LA TRANSACCIÓN DE MTCO<sub>2</sub>E 2007 Y 2008*

Los datos fueron publicados por Ecosystem Marketplace and New Carbon Finance (2008)

En el año 2008 el mercado CCX vendió el mayor volumen de Tm de CO<sub>2</sub> equivalente (69,2), recibiendo 306,7 millones de dólares, en cambio el mercado OTC vendió solo 54,2 Tm de CO<sub>2</sub> equivalente a 396,7 millones de dólares siendo este ingreso el mayor registrado en los Mercados voluntarios.

En el año 2008 el Mercado Regulado del EU ETS vendió 2982 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente y recibió 94 971,70 millones de dólares, en cambio en el mercado de Kyoto EU ETS vendió en el 2008 solo 16 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente recibiendo 177,1 millones de dólares. En el mercado de implementación conjunta fue la menor venta (8 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente) pero es el que genero el mayor ingreso comparativo siendo este de 2339,80 millones de dólares.

#### *F) PRINCIPALES BLOQUES DE PAÍSES COMPRADORES DE BONOS DE CARBONO.*

Ecosystem Marketplace y New Carbon Finance (NCF) en su publicación del año 2008 menciona a la Unión Europea como el principal interesado en comprar bonos de carbono acaparando un 52% del mercado, seguido por EEUU que abarca un 39%, siendo ambos los postores más fuertes y en menor grado tenemos a Australia/Nueva Zelanda y Canadá con 6 % y 2 %. El resto de países únicamente representan al 1 % del mercado.

#### *G) REGISTROS DE t DE CO<sub>2</sub> EQUIVALENTE SEGÚN TIPO DE PROYECTO*

Según Greenox (2009), en el año 2007 los principales valores de t de CO<sub>2</sub> equivalente registrados fueron los de suelos agrícolas con un 48%, siendo seguido por los de Minas de carbón con un 33%, ambos fueron los dos mayores que se registraron durante ese año, y en el 2008 los de las minas de carbón tuvieron un 30% del total de registros, para este año aparecen

las t de CO<sub>2</sub> equivalente forestal con un 22% y los de Energía Industrial con un 13 %. Estos tres fueron los tres mayores registrados para ese año.

#### *H) INTERÉS DE LOS COMPRADORES DE ACUERDO A LA LOCALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS FORESTALES.*

Greenox, (2009) menciona que los proyectos forestales “más atractivos” para el comercio de bonos de carbono son los que se desarrollan en América del Sur, seguidos por los de Sudeste de Asia y África, en un nivel subsiguiente de grado de interés se encuentran China luego India y África siendo considerados en la clase de los “atractivos”, los Países del último subnivel son los “menos deseables” entre estos están a los países del medio oeste, Canadá y el oeste europeo en ese orden de interés.

#### *I) BIOMASA FORESTAL, CARBONO EQUIVALENTE E INVESTIGACIONES EN PERÚ*

##### *a) BIOMASA FORESTAL*

Schlegel *et al.*(2000), describe a la biomasa forestal como el peso (o estimación equivalente) de la materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima (Aérea) y por debajo del suelo (Subterránea). Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco. Es frecuente separarla en componentes, donde los más típicos corresponden a la masa del fuste, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta.

Hakkila (1989), definió a la biomasa forestal como la masa acumulada sobre y bajo el suelo, desde la madera, corteza y hojas producidas por las especies leñosas, tanto arbóreas como la arbustivas.

#### *J) METODOLOGÍAS PARA ESTIMAR BIOMASA AÉREA*

Según ICRAF (2008), para estimar la biomasa de un bosque existen métodos directos e indirectos.

##### a) El método directo

Consiste en cortar los árboles de una parte del área, pesar la biomasa y extrapolar los resultados al área total. A pesar de ser el más preciso (pues omite los errores de estimación), este método es más costoso.

##### b) El método indirecto

Consiste en utilizar técnicas alométricas (análisis dimensional) generando ecuaciones matemáticas a partir de análisis de regresión entre parámetros medidos en campo (ej. diámetro, altura total, etc.). A través de las ecuaciones obtenidas en el método indirecto se pueden estimar la biomasa total o de algunos componentes de los árboles existentes en el área evaluada.

#### *K) CARBONO EQUIVALENTE*

Se acordó que las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, generadas de forma antropógenas, serán expresadas en toneladas métrica de dióxido de carbono equivalente, dichas equivalencias serán calculadas usando sus respectivos potenciales de calentamiento atmosférico (Naciones Unidas, (1997) y Naciones Unidas, (2001)).

#### *L) FACTOR DE ESTIMACIÓN DE CARBONO EN BASE A LA BIOMASA*

La fracción de carbono de la biomasa tiene un valor por defecto de 0,5 aunque en niveles metodológicos superiores en precisión hay un margen de variación en función de las especies, de los componentes de un árbol o de un rodal (tallo, raíces y hojas) y de la edad del rodal. (IPCC, 1996)



*M) ESTUDIOS REALIZADOS EN EL PERÚ, DONDE SE DETERMINÓ LA FRACCIÓN DE CARBONO DE LA BIOMASA FORESTAL.*

a) Método Aplicando Bomba Calorimétrica Modificada.

Freitas *et al.* (2006), determinó la biomasa y la cantidad de carbono del aguajal denso y mixto, se determinó la biomasa de los árboles y Palmeras mediante métodos directos, el carbono fue determinado al aplicar el factor de 0,5 aceptado por la CMNUCC, a excepción del Aguaje (*Mauritia Flexuosa*) en el cual se determinó la fracción de carbono para el estúpite (0,48141), para las hojas (0,49442) y las raíces (0,49098).

Samaniego, (2009), determinó la biomasa de la Bolaina (*Guazuma crinita Mart*) de forma indirecta mediante la medición volumétrica de los individuos, además determinó su biomasa anhidra y la fracción de carbono de fuste, ramas y hojas aplicando una modificación al método de la bomba calorimétrica, lo cual dio como resultado final el contenido de carbono para la especie el cual es de 48,76% de su biomasa anhidra.

b) Método Aplicando Colorimetría.

Catpo, (2004), determinó la biomasa de los individuos de Pino (*Pinus patula*) mediante el método directo, obteniendo el peso del fuste, ramas y hojas (incluye conos). Para obtener el valor estimado de carbono se extrajo una muestra del fuste de la especie la que fue expuesta a una solución de dicromato de potasio obteniendo un valor estimado de entre 42,73 a 47,95%.

*N) ESTUDIOS REALIZADOS EN EL PERÚ, DONDE SE APLICÓ UNA CONSTANTE COMO FRACCIÓN DE CARBONO DE LA BIOMASA*

a) *La fracción de carbono de la biomasa de 0,5*

Chambi, (2001), determinó la biomasa de pastos y arbustos mediante el método directo, a diferencia de los arbustos leñosos y árboles en los cuales la biomasa se determinó de forma indirecta aplicando la metodología desarrollada por la fundación Solar (Guatemala 2000). Los resultados de biomasa obtenidos fueron multiplicados por el factor de 0,5 (IPCC, 1996) obteniendo el contenido de carbono total para el ecosistema.

Gamarra, (2001), determinó la biomasa aplicando el método indirecto en base a los datos obtenidos del inventario forestal realizado en la plantación de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Los resultados de biomasa obtenidos se multiplicaron con el factor de 0,5 (IPCC, 1996).

b) La fracción de carbono de la biomasa de 0,45

Callo-Chocha *et al.* (2001), determinó la Biomasa del ecosistema y del suelo aplicando las guías desarrolladas por Tropical Soil Biology and Fertility Programme metodología de Woomer y Palm (1993), modificada por Palm y van Noordwijk (1999), y la descrita en alternative slash and burning (Palm et al, 1999).

Lapeyre *et al.*(2004), determinó la biomasa del ecosistema en distintos tipos de bosque, aplicando la metodología descrita por Arévalo *et al.* (2003). A los datos obtenidos se les aplico un factor de 0,45 para obtener su contenido de carbono.

Alegre, (2003), determinó la biomasa haciendo uso de las guías desarrolladas por el programa de Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), aplicando ecuaciones de curvas alométricas para calcular la biomasa total de los árboles a las cuales se le aplico el factor 0,45 usado para convertir la biomasa seca en carbono.

Larrea. (2007), determinó la biomasa de 23 individuos en base al principio modular descrito por Causton (1985), aplicando la metodología desarrollada por el ICRAF, la determinación del carbono se realizó aplicando el valor de 0,45 propuesto por la CMNUCC.

## 2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL HUALTACO

### 2.2.1 Taxonomía

- Sub Clase : Rosidae
- Orden : Sapindales
- Familia : Anacardiaceae
- Género : *Loxopterigium*
- Especie : huasango, Spruce ex. Engler
- Nombre común : “Hualtaco”

### 2.2.2 Distribución de la Especie

Chavesta, (2005) y Reynel *et al.* (2006), coinciden al caracterizar la distribución geográfica de esta especie, la cual en el Perú comprende los departamentos de Tumbes, Piura, Cajamarca y Lambayeque. En Ecuador llega hasta la Península de Santa Elena. En general, ocupa la región sub xerofítica del sur occidente ecuatoriano y norte peruano.

El Centro Ideas (2006), señala que esta especie se encuentra en la región sub xerofítica del sud occidente ecuatoriano y noroeste Peruano, entre los 200 y 1800 m.s.n.m. ; se le ubica en ecosistemas perárido, premontano tropical, superárido tropical, matorral desértico, premontano tropical y matorral desértico tropical. Forma parte del Bosque Seco semi denso de montaña (Bss-m), Bosque Seco ralo –muy ralo de montaña (Bsr-m), Bosque seco semi denso de Colina (Bss-c), Bosque Seco ralo de colina (Bsr-c), Bosque Seco de lomadas (Bsr-l), Bosque seco muy ralo de lomadas y colinas (Bsmr-lc), Bosque seco muy ralo de superficies disectadas (Bsmr-sd), Bosque seco ralo de llanura aluvial (Bsr-lla).

### 2.2.3 Estado de Conservación

Las poblaciones de esta especie son restringidas y localizadas; se halla en situación de peligro en el país. Sería importante propagar este valioso árbol para evitar su erradicación. (Reynel *et al.* 2006).

### 2.2.4 Descripción Dendrológica

#### A) ASPECTO GENERAL:

El Centro Ideas (2006), describe al Hualtaco como un árbol caducifolio, de 5 m a 18 m. De altura, de fuste cilíndrico y en ciertos casos irregular y tortuoso, de 20 a 60 cm de diámetro; sus primeras ramas se ubican entre los 2 y 5,5 m de altura del fuste; posee copa globosa, de ramificación simpodial y follaje de color amarillo verduzco. Su corteza exterior presenta un color marrón grisáceo parduzco, a veces, con ritidoma papiráceo. Su corteza interna es rosada clara, de sabor ligeramente amargo y con olor poco agradable; su textura es fibrolaminar. Exuda resina en gotitas blanquecinas amargas, que en contacto con el aire se oxida, tomando una consistencia pegajosa. Por su color de madera existen tres tipos de Hualtaco: Blanco, Colorado y Negro; así como plantas hembras y macho.

Por otro lado Reynel *et al.* (2006), describe la especie como un árbol de pequeño porte, de 15-50 cm de diámetro y 12-25 m de altura total, con fuste recto, la ramificación desde el segundo tercio, la base del fuste sin modificaciones. La corteza externa agrietada, color marrón claro. La corteza interna homogénea, blanquecina, con bandas verticales de color oscuro y exudado de color blanco, con olor resinoso.

#### B) RAÍZ:

El Centro Ideas (2006), caracteriza a la raíz de esta especie por su gran capacidad para desarrollarse en laderas rocosas, compactas y extremadamente secas, de ahí que sus raíces principales y secundarias se esparcen por las cavidades de rocas para penetrar y posicionarse en áreas planas.

### C) HOJAS:

Reynel *et al.* (2006), describe las hojas de la especie como hojas compuestas imparipinnadas, alternas, dispuestas en espiral, de 12-22 cm de longitud, los folíolos 2-4 pares, de 6-9 cm de longitud y de 1-3 cm de ancho, subsésiles, el ápice agudo a ligeramente acuminado, la base aguda a obtusa, crenada, las láminas glabrescentes, con pelos blanquecinos hirsutos sobre los nervios en el envés y usualmente sobre el raquis.

El Centro Ideas (2006), describe las hojas como alternas, compuestas, imparipinnadas, con 3 a 5 pares de folíolos elíptico u oblongos de ápice agudo acuminado con base obtusa sub redonda, de borde cruzado aserrado y peciolo con raquis pubescente.

### D) RAMAS TERMINALES:

Reynel *et al.* (2006), mencionan que, las ramitas terminales tienen una sección circular, de 5 mm - 8 mm de diámetro y son pubescentes, El Centro Ideas (2006), adiciona a lo mencionado por Reynel que tiene una consistencia herbácea con colores que tiene tonalidades rojizas, amarillas y verde limón, con una parte terminal abierta y gruesa.

### E) INFLORESCENCIA:

El Centro Ideas (2006), describe la inflorescencia y menciona que se presenta bajo la forma de panículas pilosas hasta de 15 cm de longitud, siendo terminales o distales; Reynel *et al.* (2006), puntualiza en que, las inflorescencias multifloras son en panículas pilosas de 5-13 cm de longitud.

### F) FLORES:

Reynel *et al.* (2006), la especie es dioica; con flores pequeñas, actinomorfas, pentámeras, de 2-4 mm de longitud, el pedicelo es de 1-2 mm de longitud, el cáliz gamosépalo con lóbulos ovados de 0,6 mm de longitud, los pétalos son libres, lanceolados, de 1 mm de longitud, en las flores masculinas hay 6 estambres de 1-2 mm de longitud, las tecas con dehiscencia longitudinal, en las flores femeninas el pistilo contiene un ovario supero, comprimido.

#### *G) FRUTO:*

El Centro Ideas (2006), tipifica al fruto como Sámara, debido a la membrana coriácea a manera de ala que contiene de 1,5 cm de largo y 5 a 6 mm de ancho aprox; de color blanco parduzco y posee estambres persistentes.

#### *H) SEMILLAS:*

Las semillas son de color crema y de forma de un triángulo irregular. El peso promedio de 100 semillas es de 0,30 gr (Centro Ideas, 2006).

#### *I) MÉTODOS DE PROPAGACIÓN:*

El Centro Ideas (2006), menciona que su reproducción es por semillas en viveros, también puede ser propagada por estacas y en el medio natural posee una regeneración no abundante.

### 2.2.5 Descripción Fenología:

#### *A) FLORACIÓN:*

El Centro Ideas (2006), menciona que la floración se realiza de Diciembre a Marzo, manifestándose en un 25 % en el mes de Febrero. A diferencia de Reynel *et al.* (2006) que registro únicamente floración entre los meses de Febrero a Marzo.

#### *B) FRUCTIFICACIÓN:*

Reynel *et al.* (2006) indica que la presencia de frutos es de Marzo a Mayo. En cambio el Centro Ideas (2006), menciona que la fructificación ocurre de Febrero a Junio con mayor presencia de frutos verdes de Febrero a Abril (50%) y recomienda que la cosecha sea a partir de la segunda quincena de Mayo y todo Junio para la obtención de semilla.

#### *C) FOLIACIÓN Y DEFOLIACIÓN:*

La caída del follaje se inicia partir de Mayo, llegando al 100% en Junio y describe que el desarrollo de nuevo follaje se inicia en Diciembre, recuperándose en un 100% en Febrero (Centro Ideas, 2006).

## 2.2.6 Localizaciones con Potencial Semillero:

Centro Ideas y UDEP. (2006), identificaron 270 árboles de Hualtaco idóneos para adoptarse como un rodal semillero, en la propiedad de la Asociación Agraria Manga Manga en el Distrito de Salitral en la provincia de Morropón.

## 2.3 DESCRIPCIÓN DE LA MADERA DEL HUALTACO

### 2.3.1 Descripción Macroscópica:

La siguiente descripción macroscópica fue presentada por Chavesta, (2005).

- Albura : Color amarillo claro.
- Duramen : Castaño amarillento.
- Grano : Recto con tendencia a entrecruzado.
- Textura : Fina.
- Brillo : Medio.
- Veteado : Líneas verticales y arcos superpuestos muy pronunciados.
- Olor : Aromático.
- Poros : Visibles con lupa de 10x; predominantemente solitarios de forma oval y menor proporción múltiples radiales de 2 o 3 poros.
- Parénquima : Visible con lupa de 10x; del tipo para traqueal vasicéntrico.

### 2.3.2 Descripción Microscópica:

#### A) POSOS/VASOS:

Chavesta (2005), menciona que los elementos vasculares son medianos, con una longitud promedio 451  $\mu\text{m}$ ., 122  $\mu\text{m}$  de diámetro tangencial promedio y 9  $\text{mm}^2$  en promedio. La platina de perforación es inclinada y del tipo simple, presentando punteado intervascular alterno, con puntuaciones de forma poligonal alargada y extendida.

#### B) PARÉNQUIMA:

El parénquima de la especie es del tipo paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal difuso (Chavesta, 2005).

#### C) RADIOS:

Los radios son heterogéneos del tipo II, uniseriados y multiseriados. En el caso de los radios multiseriados hay presencia de canales gomíferos trasversales, con promedio de 300  $\mu\text{m}$  (Chavesta, 2005).

### 2.3.3 Propiedades Físico Mecánicas de la Madera

Los valores de las propiedades físico mecánicas del Hualtaco fueron publicados por Aróstegui en el año 1976.

#### A) PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA.

- Densidad básica	:	0,68 $\text{g/cm}^3$
Contracción		
- Radial	:	2,9 %
- Tangencial	:	6,6 %
- Volumétrica	:	8,0 %
- Índice de Estabilidad	:	2,3



**B) PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA.**

- Flexión estática
- EFLP : 298 kg/cm<sup>2</sup>
- MOR : 514 kg/cm<sup>2</sup>
- MOE : 84 Tn/cm<sup>2</sup>
- Compresión paralela
- EFLP : 223 kg/cm<sup>2</sup>
- RM : 285 kg/cm<sup>2</sup>
- Compresión perpendicular : 66 kg/cm<sup>2</sup>
- Cizallamiento : 95 kg/cm<sup>2</sup>
- Dureza Lados : 641 kg/cm<sup>2</sup>
- Tenacidad : 1 kg-m

**C) USOS:**

Chavesta, (2005), menciona que el duramen del Hualtaco es resistente al ataque de hongos xilófagos, mientras que la albura es susceptible al ataque de organismos biológicos, además que su proceso de secado es lento, para evitar que la madera tenga deformaciones.

**a) MADERABLES:**

La madera es comúnmente usada para la industria del parquet y en ciertos casos en mueblería (sillas, catres y mesas). En la zona los pobladores la utilizan en umbrales, vigas, puertas, ventanas, postes para cercos de fincas debido a su alta resistencia a la humedad (Centro Ideas, 2006).

b) MEDICINALES:

Centro Ideas (2006), describe que la resina es usada para frotaciones en caso de luxaciones, dolores reumáticos y musculares. Los curanderos de medicina tradicional la usan como instrumento de arte mágico, también se usa como repelente.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 ZONA DE ESTUDIO:**

##### **3.1.1 Distrito de Lancones**

El distrito fronterizo de Lancones pertenece a la provincia Sullana de la Región Piura, el 3 de Diciembre de 1917 fue creado mediante la ley 2603, asignándole 2189,35 km<sup>2</sup> de superficie. En el año 1975 la capital del distrito fue reubicada a las Pampas de Zapallal en el distrito de Querecotillo, debido a la construcción de la represa de Poechos (AECI *et al.*, 2000).

##### **3.1.2 Características del Distrito De Lancones**

###### **A) UBICACIÓN Y LÍMITES**

Los límites del distrito de Lancones se muestran en las Figuras 1 y son los siguientes:

- Por el Norte limita con el departamento de Tumbes y el Ecuador.
- Por el Sur limita con los distritos de Sullana y Querecotillo, pertenecientes a la provincia de Sullana.
- Por el Este limita con los distritos de Las Lomas y Suyo, pertenecientes a la provincia de Piura y Ayabaca respectivamente.
- Por el Oeste limita con el distrito de Marcavelica, perteneciente a la provincia de Sullana.



Figura 1 :Límites del distrito de Lancones en la Provincia de Sullana

### B) CLIMA

Según el SENAMHI, (2007) la temperatura máxima promedio del distrito es de 31°C, la mínima es de 19,5°C , presenta una Humedad relativa promedio de 67,90%, una precipitación media de 110,5 mm y una evapotranspiración media de 162,6 mm.

En base a los criterios climáticos mencionado por SENAMHI el distrito de Lancones tiene un clima bastante cálido y seco, con una pobre precipitación y alta evapotranspiración.

### C) VÍAS DE ACCESO

La Municipalidad Provincial de Sullana (2008), describe que para llegar al distrito de Lancones se debe recorrer la red vial nacional PE -1N (Piura- Sullana – Talara) asfaltada con una longitud total de 118 km, luego viene la red vial departamental PI -104 (EMP.PE – 1N Marcavelica- CP Sta. Victoria) asfaltada con una longitud total de 28 km con un tránsito restringido en la época de lluvias y por último se recorre la red vial departamental PI -104 (CP Sta. Victoria (Querecotillo) – Alamor (Lancones)) afirmada con una longitud total de 39 km de tránsito restringido en la época de lluvias.

*D) ECOLOGÍA:*

El distrito de Lancones según el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976), presenta cinco zonas de vida:

a) Monte espinoso tropical (mte-T )

Se encuentra entre 0 a 150 m.s.n.m., con una temperatura mínima de 24°C, con una precipitación anual entre 250 a 500 mm y una relación de evapotranspiración potencial entre 4 a 8.

b) Monte espinoso premontano tropical (mte-PT)

Se encuentra entre los 150 a 250 m.s.n.m., con una temperatura entre 18 a 24°C, con una precipitación anual entre 250 a 500 mm y una relación de evapotranspiración potencial entre 2 a 4.

c) *Matorral desértico premontano tropical (md-PT )*

Se encuentra entre los 150 a 250 m.s.n.m., con una temperatura entre 18 a 24°C, con una precipitación anual entre 125 a 250 mm y una relación de evapotranspiración potencial entre 4 a 8.

d) *Bosque muy seco tropical (bms-T )*

Se encuentra entre los 0 a 150 m.s.n.m., con una temperatura mínima de 24°C, con una precipitación anual entre 500 a 1000 mm y una relación de evapotranspiración potencial entre 2 a 4.

e) *Bosque seco premontano tropical (Bs-PT)*

Se encuentra entre los 150 a 250 m.s.n.m., con una temperatura mínima entre los 18 a 24°C, con una precipitación anual entre 500 a 1000 mm y una relación de evapotranspiración potencial entre 1 a 2.

## E) TIPOS DE BOSQUE

El distrito de Lancones presenta cinco tipos de bosque según el Mapa de los Bosques Secos de Piura (INRENA, 2003).

### a) Bosque Seco Muy ralo de Llanura (BsmR Ll)

Este tipo de bosque está representado el estrato arbóreo únicamente por el algarrobo (*Prosopis pallida*) y el sapote (*Capparis scabrida*); variando la densidad de 10,30 a 12,50 árboles/ha; el área basal de 0,64 a 0,66 m<sup>2</sup>/ha y el volumen promedio de madera de 6,92 m<sup>3</sup>/ha. El estrato arbustivo, está conformado principalmente por overo (*Cordia lutea*) y aroma (*Acacia huarango*), y en menor proporción por vichayo (*Capparis ovalifolia*). Las herbáceas más comúnmente encontradas son el cun cun (*Vallesia glabra*), la corihuela (*Ipomoea sp.*), y la hierba blanca (*Alternanthera halimifolia*).

### b) Bosque Seco semi Denso de Llanura (BssD Ll)

La densidad arbórea de este tipo de bosque varía de 100 a 145 individuos/ha con dominancia de algarrobo (*Prosopis pallida*), con presencia de sapote (*Capparis scabrida*), por lo que se puede decir que es mono específica. El estrato arbustivo está representado por aroma (*Acacia huarango*), satuyo (*Capparis cordata*), overo (*Cordia lutea*), vichayo (*Capparis ovalifolia*), y gran abundancia de charamusco (*Encelia canescens*).

### c) Bosque Seco Denso de Llanura (BsD Ll)

En este tipo de bosque se ha contabilizado hasta 200 árboles/ha, con individuos de hasta 6 m de altura, presentando usualmente entre 172 y 167 árboles/ha. Siendo el barbasco (*Piscidia carthagenensis*), guayacán (*Tabebuia chrysantha*), y el charán (*Caesalpineia paipai*) las especies más abundantes, y las de menor cuantía el pego pego (*Pisonea macracantha*), el almendro (*Geoffroya striata*), pasallo (*Eriotheca ruizii*) y polo polo (*Cochlospermum vitifolium*). Entre las arbustivas son notables por su abundancia el overo (*Cordia lutea*), añalque (*Coccoloba ruiziana*), huápala (*Sickingia tinctoria*), chaquito (*Pithecellobium excelsum*), y cafetillo.

d) Bosque Seco semi Denso de Colina(BssD C)

El espacio geográfico al que pertenece este tipo de bosque está localizado por encima de los 250 m.s.n.m. , y hasta los 1000 m.s.n.m. . La población arbórea está representada por 19 especies y la densidad de individuos por unidad de área encontrada varía entre 85 y 145 árboles/ha, siendo el promedio de 100,7 árboles/ha. El estrato arbustivo, está caracterizado por 6 especies, con 477 individuos/ha. Las especies más abundantes son la “borrachera” (*Ipomoea carnea*) con 368 individuos/ha. y el overo (*Cordia lutea*) con 88 individuos/ha.

e) Bosque Seco semi Denso de Montaña(Bss D M)

El Bosque seco semi denso de montaña se localiza entre los 1000 m.s.n.m. y 1600 m.s.n.m. en el flanco occidental de la cordillera de los Andes. Aquí se encuentra una dominancia de especies arbóreas mayormente de porte medio, con alturas máximas de 12 m y rara vez más de 20 m. Especies caducifolias dominan el paisaje, predominando por su abundancia, el hualtaco (*Loxopterigium huasango*), guayacán (*Tabebuia chrysantha*), palo santo (*Bursera graveolens*) y polo polo (*Cochlospermum vitifolium*). También se desarrollan en gran abundancia algunas epifitas como la salvajina (*Tillandsia usneoides*) y las achupallas (*Tillandsia sp*). Se ha encontrado una densidad de hasta 160 árboles/ha (individuos > 5 cm dap), sin embargo el promedio actual de la población arbórea indica 135 árboles/ha. Teniendo en consideración la gran intervención antrópica que ha sufrido en los últimos años este ecosistema montañoso, la disminución en densidad es explicable.

## F) GEOLOGÍA

Las rocas intrusitas están representadas por los complejos intrusivos de “las lomas “y “suyo”, constituidos por granodiritas, tonalitas, granitos y dioritas; estos complejos son partes del batolito de la costa asignándoles una edad del cretáceo Superior- terciario inferior. Constituye a su vez parte del segmento más septentrional del batolito de la costa denominado segmento Piura (Pitcher, 1978; Serrano, 1996).

El distrito de Lancones se encuentra ubicada al este y noreste del macizo de amotape, constituyendo la cuenca cretácica de Lancones, la misma que se enmarca en entre los macizos paleozoicos de los Amotapes y la Brea, del lado Oeste; y el Arco Olmos del lado Este. Se

prolonga hacia el Norte, llegando hasta territorio ecuatoriano, donde se cierra a la altura de Alamor y Célica. Por el Sur, termina en las planicies terciarias levantadas. (MTC. 2006)

### *G) RECURSO HÍDRICO*

Esta zona abarca parte de la cuenca hidrográfica binacional Chira la cual recibe y concentra las aguas del principal río Chira en el Perú y Catamayo en el Ecuador y de sus afluentes Chipillico, Quiroz, Alamor y Macará. (Proyecto Catamayo – Chira, 2002).

Está compuesto por:

- Sistema Chira , un conjunto de sub cuencas y micro cuencas de la parte peruana y algunas pocas de la parte ecuatoriana, que descargan al río Chira, que desemboca en el mar. Tiene 4711,9 km<sup>2</sup>.
- Sub cuenca Catamayo, ubicada en la parte ecuatoriana y compuesta también por varias sub cuencas y micro cuencas que descargan al río Catamayo, el cual se une con el río Macará y toma la denominación de río Chira en un tramo fronterizo entre Perú y Ecuador. Tiene 4184,0 km<sup>2</sup>.
- Sub cuenca Chipillico, parte peruana de la cuenca binacional, que además de sus propias aguas, también recibe las aguas trasvasadas de la cuenca del Quiroz y las almacena en el Reservorio San Lorenzo para irrigar la colonización San Lorenzo, que forma parte de la cuenca del río Piura, las aguas excedentes de río Chipillico descargan en el río Piura aguas abajo del reservorio de Poechos. Tiene 1170 km<sup>2</sup>.
- Sub cuenca Alamor, está compuesta por una pequeña área en la parte peruana y otra parte Ecuatoriana. Las aguas del río Alamor descargan en el río Chira aguas arriba del reservorio de Poechos. Tiene 1190,3 km<sup>2</sup>.



#### *H) FLORA SILVESTRE*

Las especies dominantes en el distrito de Lancones son, según Cobeñas. (2009),

- a) Árboles
  - Charán (*Caesalpinia paipái*)
  - Algarrobo (*Prosopis pallida*)
  - Hualtaco (*Loxopterygium huasango*)
- b) Arbustos
  - Gigantón (*Neoraimondia arequipensis*)
  - Cardo Maderero (*Armatocereus laetus*)
  - Borrachera (*Ipomoea carnea*)
  - Overal (*Cordea lutea*)
  - Guayacancillo (*Tecoma stans*)

#### *I) FAUNA SILVESTRE*

Según los datos del MINCETUR (2007), La fauna silvestre se concentra en la parte norte del distrito en el Coto de Caza el Angolo, ahí se pueden encontrar 17 especies de mamíferos como el venado cola blanca, el puma, el gato silvestre, el sajino, la ardilla y el oso hormiguero, además de 150 especies de aves como el cóndor, el buitre real, el gavián, el cernícalo, la perdiz serrana y palomas; 13 especies de reptiles, 7 de anfibios y 10 de peces.

#### *J) POBLACIÓN*

El distrito de Lancones está conformado por 160 centros poblados, de los cuales, sin considerar a la ciudad capital, 112 son caseríos, 47 anexos y una unidad agropecuaria, las cuales contienen a 13 119 personas según el Censo Nacional del 2007 (INEI, 2007).

El distrito de Lancones es uno de los distritos menos poblados de la provincia de Sullana, (concentra al 4,5% de la población provincial). La mayor población se asienta en los caseríos de: Huaypira, Huasimal de Solana, El Alamor, Chapangos, Jaguay Negro, Lancones, Durand, Los Encuentros, Corral de Vacas, Pelados, Jabonillos, donde se asienta aproximadamente un tercio de la población total del distrito. Además más del 70% de los caseríos, fuera de la ciudad capital, poseen menos de 100 habitantes, que concentran al 35% de la población total del distrito; sólo una quinta parte de los caseríos tiene entre 100 y 500 habitantes, que agrupan aproximadamente a la mitad de la población (AECI *et al.*, 2000).

### *K) VIVIENDA*

Según el mapa de necesidades básicas insatisfechas (INEI, 1994), nueve de cada diez viviendas presentan características físicas inadecuadas (Lancones es el distrito con el mayor índice de viviendas precarias en toda la zona de frontera).

INEI, (1994), describe que el material predominante en las paredes exteriores de la mayoría de viviendas es la quincha y en menor porcentaje las paredes de madera. En casi todo el distrito los pisos son de tierra (95%), mientras que las viviendas consideradas con techos precarios sólo alcanzan 3,61% del total de viviendas, donde prevalecen los techos de tejas y en segundo orden los de calamina.

En lo que respecta al servicio de agua potable sólo un reducido número de viviendas de la capital distrital cuenta con agua potable, la gran mayoría de la población se abastece de pozos o directamente de ríos y quebradas expuestos, de este modo, a una serie de enfermedades gastrointestinales. Es por eso que sólo unas pocas viviendas cuentan con servicios higiénicos, la gran mayoría de viviendas no dispone de estos servicios (99,6%), lo cual pone en riesgo la salud sobre todo de la población infantil, en cuanto al abastecimiento de energía eléctrica, sólo la capital distrital, Lancones, (donde se concentra un 4% de viviendas), y el caserío de El Alamor se benefician de este servicio. El resto de centros poblados carecen del mismo, por lo que se ven obligados a utilizar de manera alternativa lámparas, mecheros y velas. (AECI *et al.*, 2000).

## L) EDUCACIÓN

En base a la información recabada por AECI *et al.* (2000), el nivel educativo de la población del distrito es bajo, en el año 1993 de cada 100 personas de 15 y más años de edad que decían tener algún nivel educativo, 63 tenían educación primaria, 12 secundaria y sólo 3 educación superior, lo que explica que el promedio de años de estudio sea de 4,1 (inferior al promedio provincial que es de 7,0) y que la tasa de analfabetismo sea de 22%, superior a la tasa departamental que era del 16%. Por otro lado, cabe resaltar que Lancones es el distrito fronterizo con la tasa más alta de inasistencia escolar en educación secundaria, en 1993, el 64% de jóvenes entre 13 y 17 años no asistía a la escuela, frente al 23% de niños entre 6 y 12 años de edad que tampoco asistía a la escuela.

AECI *et al.* (2000), menciona que, el 43% de los caseríos tienen por lo menos, un centro de educación primaria; el 8% un centro de educación inicial y el 8%, por lo menos, un centro de educación secundaria. Asimismo, durante 1999, en los tres niveles básicos de educación estatal de menores, que es administrada desde el Área de Desarrollo Educativo (ADE- Sullana), se registraron 3 433 alumnos, 96 centros educativos y 203 docentes, siendo proporcional la distribución de alumnos por género.

## M) ACTIVIDADES ECONÓMICAS

### a) Ganadería

Según menciona AECI *et al.* (2000), la ganadería es la principal actividad productiva de la población del distrito de Lancones, básicamente ganado caprino y ovino. También hay ganado vacuno, porcinos y aves de corral. El mayor problema que enfrenta la ganadería es la baja calidad del ganado (raza de tipo criollo), la cual predomina en el distrito, pero sin embargo es el que mejor resiste a los efectos de ingestión de “La Borrachera” (arbusto, cuya ingestión genera adicción e intoxicación, produce un estado de embriaguez que no le permite movilizarse al ganado).

### b) Agricultura

Tomando como referencia el Censo Agropecuario de 1994, el distrito de Lancones posee un superficie agrícola de 1 099,26 ha. Esta superficie agrícola está distribuida en 892 unidades productivas, de las cuales el 58% poseen una superficie entre 0,5 a 4,9 ha y el 32% poseen una

superficie menor a 0,5 ha, lo cual indica que existe una extrema pequeña agricultura. Según dicho censo, dentro de la clasificación de cultivos, el distrito de Lancones está conformado por 1 017,35 ha de cultivos transitorios (cebolla y el maíz amarillo duro, entre los principales) y sólo 35,85 ha en cultivos permanentes (constituido básicamente por cocotero, algunos pastos cultivados y frutales, como limón y vergel frutícola). Todos los cultivos transitorios se encuentran bajo riego. Actualmente existe un predominio importante del manejo del cultivo de la cebolla por parte del agricultor de Lancones. (AECI *et al.*, 2000)

c) Forestaría

AECI *et al.* (2000), menciona que el distrito de Lancones, cuenta con 43 329,99 ha – superficie no agrícola que representa el 97,5% del total, la cual está conformada por un 70,49% de montes y bosques y un 25% por pastos naturales, los cuales son aprovechados para la ganadería (entre los principales se tiene al Charán, Hualtaco, Overall, Algarrobo, entre otros). Existen otras especies nativas, como el guayacán, el Angolo, el almendro y otros en los bosques de la parte alta del distrito, cuya extracción por ahora no tiene mayor valor agregado.

N) SALUD:

Lancones se ubica en la cuarta posición sobre mortalidad infantil en la escala del INEI –1996. Las principales enfermedades que se presentaron en 1999 en la zona, fueron las infecciones respiratorias agudas (Iras) y las helmintiasis. La presencia de estas enfermedades tiene su principal explicación en los inadecuados hábitos de higiene, de tratamiento del agua y tratamiento de los alimentos que realizan las familias, especialmente de la zona rural. (AECI *et al.*, 2000)

En cuanto a personal de salud y por la misma categoría establecida por el Ministerio de Salud, el centro de salud tiene mayor cobertura y servicio que los puestos de salud, en los que se carece de profesionales como médicos, enfermeras y obstetras. En general son técnicos de enfermería y, en algunos casos, técnicos de laboratorio los que atienden en los caseríos, sin contar con la escasez de equipamiento, como unidades de transporte o ambulancias necesarias, tanto para que el personal de salud se traslade hacia los lugares más alejados, como para trasladar pacientes graves. (AECI *et al.*, 2000)

## 3.2 MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

### 3.2.1 Materiales:

- 30 costales de Yute
- 90 Bolsas Zip lock
- 03 Plumones indelebles gruesos
- 01 Plumón indeleble delgado
- 45 Pliegos de Papel Craft
- 01 Engrapado y paquete de grapas
- 01 Libreta de Campo
- 02 Lápices Mongol
- 01 Lápiz de carpintero
- 01 lima plana
- 06 limas para cadena de motosierra.
- 02 Sogas de 5 metros de ½ pulgada
- 01 Materiales de oficina y cómputo.
- 40 Galones de combustible y Aceite
- 15 Litros de lubricante

### 3.2.2 Equipos:

- 01 Motosierra Husqvarna 395Xp
- 01 Horno desecador
- 01 GPS Garmin MAP 60
- 01 Celular con Cámara Sony Ericcson
- 01 Laptop dv4 con Windows Vista.
- 01 Balanza MURGIA de 100 kg con 250 g de precisión
- 01 Balanza TORO REY de 5 kg con 1 g de precisión
- 01 Forcípula de Madera con 0,1 cm de precisión
- 01 Hipsómetro Sunnto
- 01 Brújula Sunnto
- 01 Cinta métrica de 30 metros con 0,5 de precisión
- 01 Wincha de 3 metros con 0,1 cm de precisión
- 01 Lentes protectores
- 01 Calculadora Científica CASIO fx-350TL

### 3.2.3 Herramientas

- 02 Machete marca Gavilán
- 01 Hacha forestal

### 3.3 METODOLOGÍA

#### 3.3.1 Selección de la Zona De Trabajo

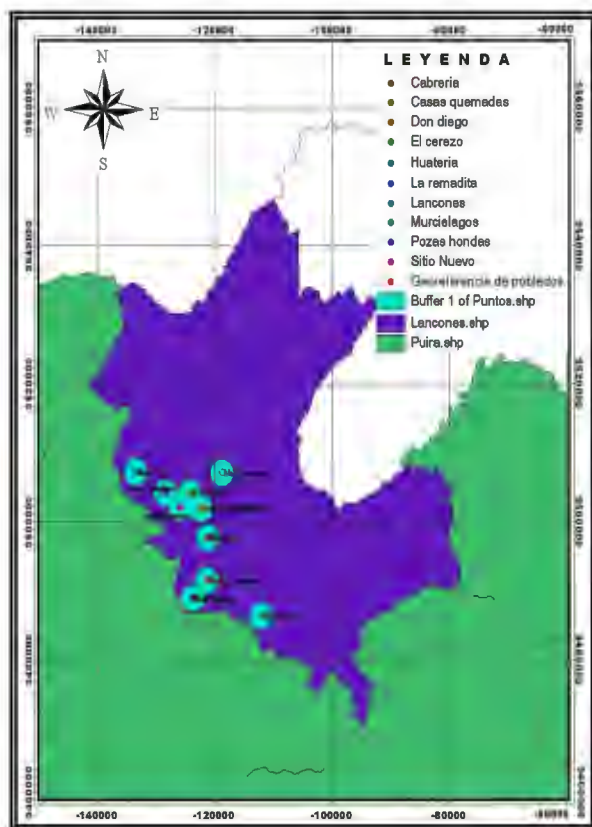
Se eligió la región de trabajo de acuerdo al endemismo de la especie *Loxopterigium Huasango* y al tipo de bosque dentro de la región en base a lo mencionado en el mapa de “Bosque Secos de la Región Piura” (Proyecto Algarrobo, 2003). Este documento describe al Bosque Seco semi Denso de Colina como aquel que contiene la mayor abundancia de la especie fuera de las áreas naturales protegidas por el estado (ANP). Este tipo de bosque es predominante en el Coto de Caza el Angolo y del Parque Nacional Cerros de Amotape.

Una vez elegida la zona boscosa a muestrear, se determinó que centros poblados están asentados dentro del bosque, y entre ellos se seleccionó a los que presentaron las mejores condiciones para realizar el muestreo.

Los criterios de selección fueron la densidad boscosa, el acceso a los centros poblados en temporada de lluvias y la distancia que hay hasta la trocha carrozable. El acceso tomo un valor preponderante en la selección debido a que es restringido en la temporada de lluvias.

Siendo seleccionaron los centros poblados de Don Diego, Pozas Hondas, Cabrería, Casas Quemadas, Sitio Nuevo, La Ramadita, La Huateria, El Cerezo y Murciélagos. Su ubicación se aprecia en la Figura 2.

Figura 2 : Mapa de ubicación los 10 centros poblados en el distrito de Lancones.



Cuadro 1 : Centros poblados y accesibilidad de los Centros poblados.

<i>Centros Poblados Elegidos</i>	<i>Distancia a la Trocha Carrozable</i>	<i>Distancia a la Capital de Distrito</i>
Lancones	0	0
Pozas Hondas	460 m	9,2 km.
Don Diego	4,2 km.	9,5 km.
Cabrería	469 m	15,9 km.
Casas Quemadas	1,7 km.	20,9 km.
Sitio Nuevo	264 m	21,9 km.
El cerezo	2,8 km.	23,6 km.
Murciélagos	7,9 km.	25,9 km.
La Ramadita	320 m	26,2 km.
La Huateria	1,5 km.	29,8 km.



### 3.3.2 Presentación de la Investigación a los Centros Poblados

#### A) PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN A LAS AUTORIDADES DE LOS CENTROS POBLADOS.

Se realizaron reuniones únicamente con las autoridades locales de cada centro poblado, donde se presentó la importancia de la tesis y los beneficios que se pueden generar. Además se coordinó una siguiente reunión para la población de cada centro poblado.

Al finalizar la reunión se obtuvo la aprobación de la investigación por parte de las autoridades, se acordó la fecha y el lugar para de la presentación a los pobladores y se acordó que los tenientes gobernadores o en su defecto los presidentes de las Juntas vecinales de desarrollo (JUVED) serían los encargados de realizar la convocatoria, cuyos nombres y cargos se muestran en el Cuadro 02.

**Cuadro 2** : Nombres y Cargos de las Autoridades.

<b>Centro Poblado</b>	<b>Alcalde Distrital</b>	<b>Teniente Gobernador</b>	<b>Presidente de las JUVED</b>
Lancones	Carlos Gálvez Gutiérrez		
Don Diego	-----	Rigoberto Farfán Rodríguez	Rigoberto Farfán Rodríguez
Posas hondas	-----	Flor Zapata More	Martha García Palacios
Cabrería	-----	Esteban Rosales Ordinola	Rafael Morales Ordinola
Casas Quemadas	-----	Encarnación Agurto Rodríguez	Henry Rafael Ordinola Agurto
Sitio Nuevo	-----	-----	Pablo Heredia Chira
La Ramadita	-----	Pedro Amaya Noe	Vilma Julia Farfán Rodríguez
La Huateria	-----	Santos Brígida Rodríguez Ruiz	Ascensión Farias Meca
El Cerezo	-----	-----	Manuel Enrique Acaro Castillo
Murciélagos	-----	-----	Walter Meca Sánchez

Debido a la escasa movilidad en los centros poblados y la lejanía entre casa y casa, realizar la convocatoria en un vehículo privado incurriría en un gasto no programado y excesivo, es por eso que el recorrido de presentación a cada autoridad se realizó a pie durando cuatro días, el quinto día se regreso en el camión de carga que sirve de transporte a esta ruta y cuyo costo es de 2,5 nuevos soles hasta la capital del distrito.

El camión de carga cruza cerca a los centros poblados recogiendo personas y animales, yendo hasta Sullana los días lunes y jueves y volviendo a los centros poblados los días martes y viernes.

#### *B) PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN A LA POBLACIÓN DE LOS CENTROS POBLADOS.*

Se organizaron reuniones en los salones comunales de cada centro poblado, en ellas se explicó la metodología de la Tesis y se puso a consulta el grado de interés de la realización del estudio en sus zonas boscosas, para obtener la opinión comunal se aplicó el método participativo de cabildo abierto. Al finalizar la presentación quedó registro de la aprobación de la población en el libro de actas de cada centro poblado, además de los acuerdos y las firmas de los asistentes.

Los acuerdos que se firmaron fueron:

- 1) El número de árboles a ser cortados en cada centro poblado no deben superar el número de 3 individuos.
- 2) La zona donde se realice la recolección de muestras se encontrará a un mínimo a 1,0 km de las viviendas del centro poblado.
- 3) La zona donde se realice la recolección debe ser una zona de alta densidad arbórea para no generar daño en el bosque.
- 4) El personal necesario para las diferentes labores debe ser contratadas del mismo centro poblado donde se va a trabajar.

La población total que asistió a las reuniones fue de 90 personas distribuidos en 67 hombres y 23 mujeres siendo aproximadamente el 75 % de la población total de los centros poblados. En el Anexo 01 se adjuntan una copia de las actas de cada centro poblado.

Se realizaba únicamente una reunión por día debido a que la población de este distrito solo asiste a reuniones los domingos por la mañana ó los demás días a la hora que vuelven de sus chacras. La hora de regreso podía variar entre las 4 ó 5 pm, además los asistentes llegaban aproximadamente una hora y media tarde.

Debido a lo antes mencionado y a los altos costos de transporte, este recorrido se dio a pie llegando por la mañana a cada centro poblado, convocando a la gente que trabajaba en sus chacras y pernoctando en el Salón Comunal hasta partir en la mañana siguiente.

### 3.3.3 Proceso seguido para la obtención de la biomasa aérea y hojarasca.

Se presenta el diagrama de flujo del trabajo que se realizó en campo, mostrando la secuencia ordenada de las actividades que se realizaron para el muestreo.

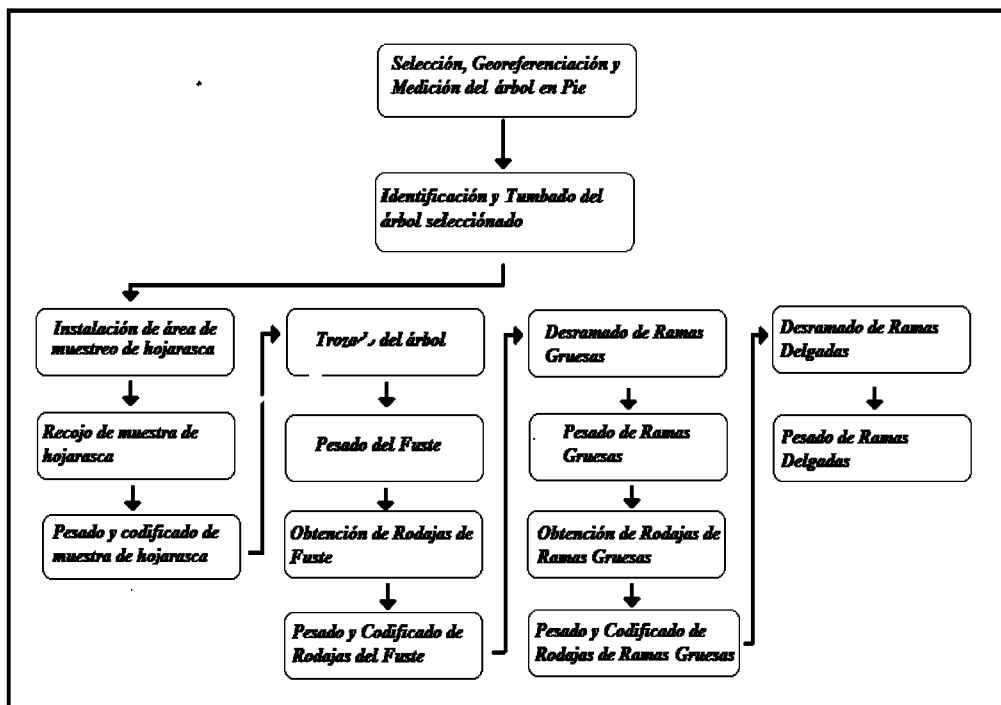


Figura 3 : Diagrama del flujo de Trabajo en Campo

### 3.3.4 Evaluación Preliminar de la Especie En Campo

Para determinar la distribución diamétrica del Hualtaco en el bosque, se seleccionaron aleatoriamente 100 individuos (10 en cada centro poblado), como base el método utilizado por Domínguez (1995). El método utiliza una serie de pares ordenados de números aleatorios (obtenidos con el Microsoft Excel 2007), el primer número corresponde a la distancia y el segundo al azimut.

Se aplicó el método eligiendo al azar el primer árbol, los nueve siguientes se eligieron aplicando los pares ordenados de distancia y azimut utilizando el GPS y la brújula. Se repitió este proceso en cada centro poblado hasta geo referenciar y medir 100 individuos de Hualtaco.

#### *C) MEDICIONES EN CAMPO DEL ÁRBOL EN PIE*

##### a) Georeferenciación y medición de arboles en pie

###### 1) Determinación de individuos

Se avanzó a pie, después de un kilometro se eligió al azar el primer árbol de Hualtaco, los siguientes nueve se eligieron en base a las distancias y azimuts determinados con Excel. Se usó un GPS Garmin para medir las distancias y una brújula Sunnto para avanzar según el azimut.

###### 2) Georeferenciación del árbol.

Se usaron coordenadas UTM con el datum WGS 84, las coordenadas se obtuvieron con el GPS ubicándolo sobre el fuste del árbol.

###### 3) Medición del DAP.

Se midió con una forcípula de madera a 1,30 m del suelo, se tomaron dos mediciones perpendiculares entre sí.

###### 4) Medición de la Altura total.

Se utilizó un clinómetro Sunnto a una distancia mínima de 10 metros, con base en la metodología presentada por Winrock (2005).

### 5) Diámetro de Copa.

Se midió la proyección visual de la copa en el suelo, se usó una cinta métrica de tela.

### 6) Codificación de cada Individuo.

Para codificar cada individuo se colocó las letras “AM” (Árbol Muestra) y tres dígitos que indican el número del árbol, inician desde el “001” hasta el “100”.

## 3.3.5 Selección en Gabinete de la Muestra

Los árboles fueron agrupados en clases diamétrica para seleccionar de manera sistemática 30 árboles de acuerdo a su clase diamétrica y al centro poblado al que pertenecen.

El tamaño de la muestra fue determinado con base a la bibliografía consultada.

## 3.3.6 Recolección de sub Muestras en Campo

### A) UBICACIÓN DE LOS ÁRBOLES SELECCIONADOS

La recolección de la sub muestras se inició con la ubicación de los árboles seleccionados con ayuda de un GPS, se utilizó la proyección UTM con el datum WGS 84.

Las acciones de recolección de sub muestras se llevaron a cabo con el apoyo del personal seleccionado en cada centro poblado con base en los acuerdos firmados.

### B) TOMA DE SUB MUESTRAS Y MEDICIONES DE HOJARASCA

#### a) Recojo de Sub Muestra de Hojarasca

Bajo cada árbol seleccionado se demarcó un cuadrado de 1 m x 1 m colocando 4 estacas de madera, en él se recolectó todo el contenido de hojarasca que se encontró en el momento previo al tumbado del árbol.

La hojarasca recolectada se metió en bolsas plásticas, el conjunto de ellas en adelante será denominada sub muestra de hojarasca.

b) Pesado y Codificado de la sub muestras de hojarasca

Se procedió a pesar las sub muestra de hojarasca en la balanza de precisión determinando su peso Inicial.

Se codificó cada bolsa colocándole la letra “H” (Hojarasca) seguida por tres dígitos correspondientes al número de árbol muestra donde se extrajo la hojarasca.

La numeración del árbol muestra corresponde a la generada en la evaluación preliminar de la especie en campo. (Ítem 3.3.4.1.a)

*C) MEDICIONES REALIZADAS AL FUSTE Y OBTENCIÓN DE RODAJAS O SUB MUESTRA DE FUSTE.*

a) Medición del Diámetro a la Altura del Cuello (DAC)

Se midió con cinta métrica la longitud de circunferencia (c) del árbol en pie a 30 cm del suelo (al nivel del corte de caída).

Para calcular el valor del diámetro se utilizó la siguiente formula.

$$DAC = c / \pi$$

Donde:

- DAC: Diámetro a la altura del cuello.
- c : Longitud de Circunferencia
- $\pi$  : 3.1416

b) Tumbado del árbol

Se tumbaron los 30 árboles en los 10 centros poblados con la motosierra Husqvarna 395XP, como se muestra en la Figura 4.

El corte de caída fue aproximadamente a una altura de 30 cm con respecto al suelo, se tomó especial consideración a la posición en la cual debía caer cada árbol debido a que facilitaría su pesado y evitaría que ruede como resultado de la pendiente.

La especie presenta particular predilección por el tercio superior de las colinas, dificultando el tumbado. La dificultad fue mayor una vez que inició la temporada de lluvias, debido a que el suelo se tornó resbaloso pudiendo rodar el árbol o el operario.

Figura 4 : Tumbado del árbol haciendo uso de la motosierra Husqvarna 395XP.



c) Desramado del fuste

Se cortaron las ramas primarias del fuste y las de mayor diámetro con la motosierra Husqvarna 395XP, las ramas se agruparon para su posterior clasificación.

El fuste libre de ramas fue rodado con ayuda de los representantes de cada centro poblado, teniendo especial cuidado de que no rodase colina abajo. Durante el cortado los ayudantes

sacaban las ramas que ya habían sido cortadas para dejar libre el camino y evitar que la motosierra rebotase. Las ramas cortadas eran agrupaban en aquellas que requerirían un corte posterior con motosierra y a aquellas que no.

El desrame se realizó, a medida de lo posible, en la zona de mayor seguridad, inclusive en algunos caso se puso una cuerda de protección el área de corta para evitar que rueden las ramas, el equipo o el personal.

En la Figura 5 se puede apreciar que el lugar donde se hizo caer al árbol, no dificultó la labor de desramado, facilitando el trabajo.

Figura 5 : Árbol Tumbado listo para el desrame y trozado.



d) Mediciones realizadas al fuste y a las rodajas del fuste

1) Medición de longitud del fuste

La longitud fue medida desde el corte de caída hasta la primera bifurcación (punto de copa). Se uso cinta métrica de 30 m.

2) Medición de la Altura del Tocón (HT)



Se midió esta altura desde el nivel del suelo hasta la altura promedio del corte de caída. Se usó cinta métrica de 30 m.

### 3) Trozado del Fuste y obtención de Sub muestras de fuste

Se dividió el fuste en tres secciones (tercio) de igual longitud. Del centro de cada tercio se extrajo una rodaja (sub muestra de fuste), obteniéndose tres rodajas y seis secciones de fuste resultado de la división de los tres tercios, tal como se aprecia en la figura 6.

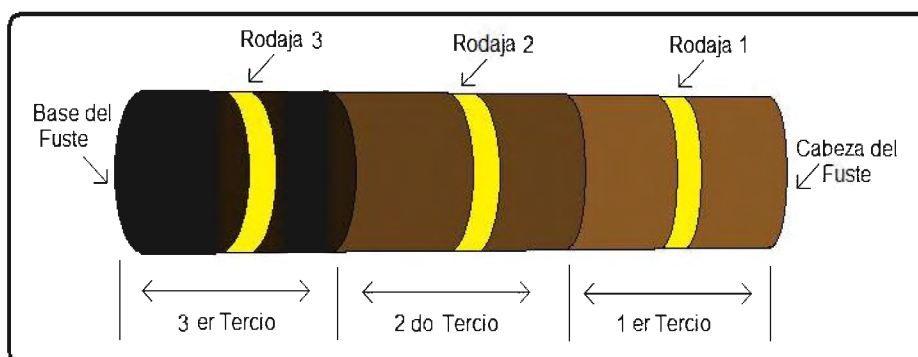


Figura 6 : División del fuste en tercios, sexto y ubicación de rodajas.

### 4) Pesaje Total del Fuste

La balanza de reloj fue amarrada en la rama de un árbol cercano y cada sección de fuste fue pesada en ella para obtener la biomasa húmeda o peso fresco del total del fuste.

Las secciones de fuste que pesaron más de 100 kg fueron divididas para ser pesadas, debido a que la balanza solo pesa hasta 100 kg.

### 5) Pesaje y Marcado de las Rodajas del Fuste

Las rodajas (sub muestra de fuste) fueron pesadas en la balanza digital de 1 gr de precisión, para obtener la biomasa húmeda o peso fresco de las rodajas.

El proceso del pesado de las rodajas se puede apreciar en la Figura 73, siendo similar en el caso de las rodajas de ramas gruesas.



Figura 7 : Registro de pesos de las rodajas extraídas del Fuste y Ramas Gruesas.

Las rodajas de más de 5 kg, fueron divididas en 2, 4 o hasta 6 partes para poder ser pesadas, debido a que la balanza solo pesa hasta 5 kg.

Las rodajas del fuste fueron codificadas de la siguiente manera, primero las letras “MT” que significa Sub Muestra de Tronco, luego de I a III que indicaban a que tercio del fuste pertenecían la rodaja y tres dígitos que indicaba el número de árbol muestra de donde se extrajo las rodajas.

Las rodajas que pesaron más de 5 kg fueron divididas, adicionalmente tenían una letra en el código (de A á H) indicaba el orden de cada sección de rodaja.

La numeración del árbol muestra corresponde a la generada en la evaluación preliminar de la especie en campo. (Ítem 3.3.4.1.a)

En la Figura 8 se muestra un ejemplo de la codificación de rodajas y la Figura 9 muestra un ejemplo de la codificación de las secciones de rodajas.

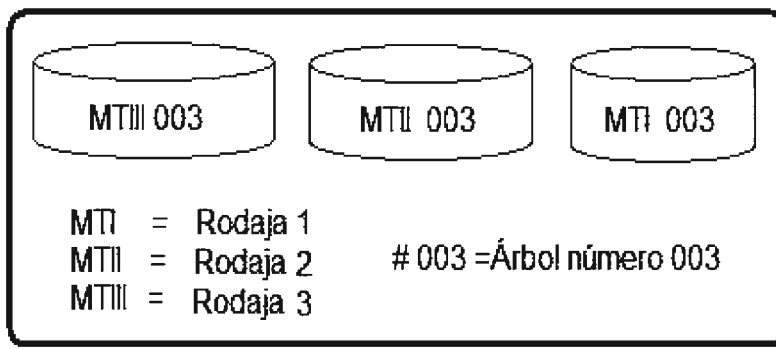


Figura 8 : Codificación de rodajas.

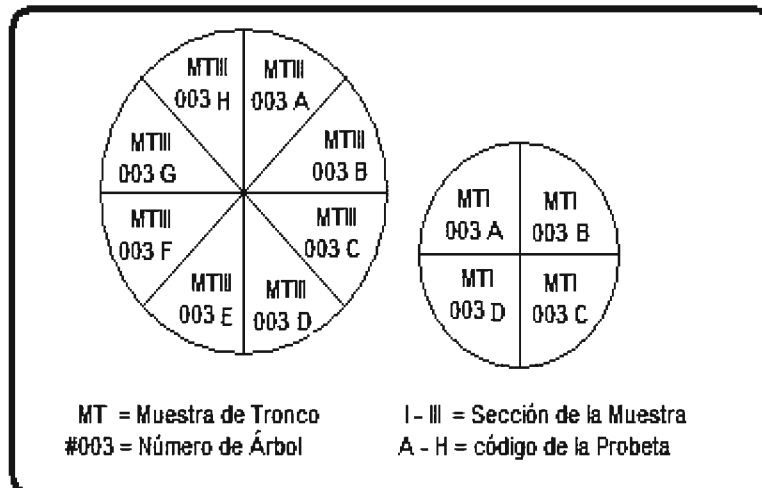


Figura 9 : Codificación de secciones de rodaja.

*D) MEDICIONES REALIZADAS A LAS RAMAS GRUESAS Y OBTENCIÓN DE RODAJAS O SUB MUESTRA DE RAMAS GRUESAS.*

a) Cortado de Ramas gruesas.

Se consideran ramas gruesas a aquellas que tengan diámetros mayores o iguales a 3 cm. Las ramas gruesas fueron separadas del grupo de ramas que necesitaban un corte posterior con motosierra, una vez realizado el corte con la motosierra Husqvarna 395Xp se obtuvo un grupo de ramas gruesas con medidas y pesos manejables para las siguientes etapas. Parte de este proceso se aprecia en la Figura 10.

Las secciones de las ramas gruesas menores a 3 cm de diámetro fueron cortadas y consideradas como ramas delgadas.



Figura 10 : Desrame del Fuste del árbol

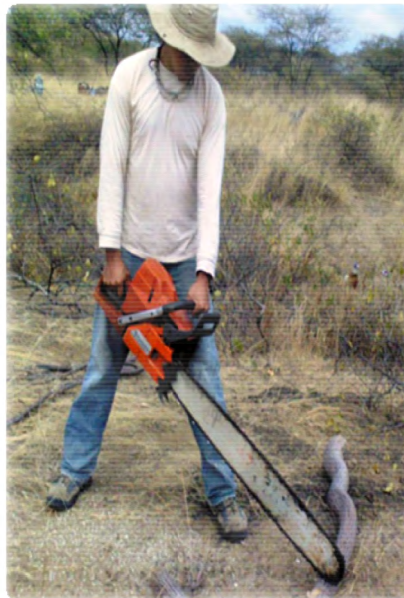


Figura 11 : Extracción de las rodajas de Ramas Gruesas.

b) Pesado de Ramas gruesas.

La balanza de reloj fue amarrada en la rama de un árbol cercano y las ramas gruesas fueron amarradas con una soga para ser pesadas.

El pesado se tuvo que realizar por atados debido a los límites de la balanza y a la dificultad de manejar grandes pesos en pendiente. Esta labor se realizó con el apoyo de los respectivos representantes de cada centro poblado, pudiendo demorar entre 2 a 3 horas dependiendo del tamaño del individuo

c) Obtención de sub muestras de Ramas Gruesas.

Se seleccionaron tres ramas que tuvieran diámetros representativos del conjunto de ramas gruesas. De ellas se extrajeron tres rodajas (una de cada rama) con la motosierra Husqvarna 395Xp, dichas rodajas constituyen la sub muestra de ramas gruesas

d) Pesado y Codificación de Ramas Gruesas.

Las rodajas se pesaron en la balanza digital y se obtuvo el peso húmedo o peso fresco de ellas.

Las rodajas de más de 5 kg, fueron divididas en 2 o 4 partes para ser pesadas por la balanza ya que el límite máximo de la balanza es de 5 kg.

Las Rodajas de Ramas Gruesas fueron codificadas de la siguiente manera, primero las letras "MR" que significa sub muestras de Ramas Gruesas, luego de I a III que indicaban a que rama pertenecía cada rodaja y tres dígitos que indicaba el número de árbol muestra de donde se extrajo las rodajas.

Las rodajas que fueron divididas tenían una letra adicional en el código (de A a D) la cual indicaba el orden de cada sección de rodaja, tal como se muestra en la Figura 12.

La numeración del árbol muestra corresponde a la generada en la evaluación preliminar de la especie en campo. (Ítem 3.3.4.1.a)

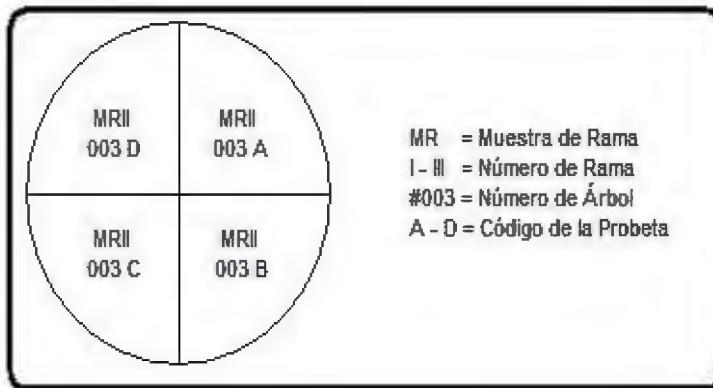


Figura 12 : Codificación de rodajas que hubo que dividir las

*E) MEDICIONES REALIZADAS A LAS RAMAS DELGADAS*

a) Cortado de Ramas Delgadas.

Las ramas delgadas (diámetros menores a 3 cm), que fueron separadas con el machete (Gavilán) de las ramas gruesas, fueron ordenadas en el grupo de las ramas que no necesitaban un corte posterior con motosierra, obteniendo un grupo ordenado de ramas delgadas. Parte de este proceso se aprecia en la Figura 13.



Figura 13 : Grupo de Ramas de diámetro menor a los 3 cm.

## b) Pesado de Ramas Delgadas

El pesado se realizó con la balanza de reloj y se hizo por atados debido a que cada individuo de Hualtaco contenía un gran volumen de ramas delgadas, las cuales dificultaban en el pesado.

En los primeros individuos se metió las ramas delgadas en costales para disminuir el volumen, pero esta labor fue contraproducente pues se avanzaba muy lento, en los siguientes individuos se usaba el costal como base y sobre él se ponían las ramas delgadas atadas con una cuerda evitando que toquen el suelo. Esta labor se realizó con el apoyo de los respectivos representantes de cada centro poblado, pudiendo demorar entre 1 a 2 horas dependiendo del tamaño del individuo. En la figura 14 se puede apreciar el primero de los métodos mencionados.



Figura 14: Pesado de las Ramas delgadas

### 3.3.7 Transporte de las Sub Muestras del Bosque al Local de AIDER en Lancones.

#### A) *PRIMER TRAMO REALIZADO.*

Las sub muestras de fuste, de ramas gruesas y sub muestra de hojarasca fueron ordenadas en costales y cargadas por acémilas desde su lugar de origen hasta el salón comunal de cada centro poblado.

#### B) *SEGUNDO TRAMO REALIZADO.*

Los costales con las sub muestras fueron recogidos del Salón Comunal de cada Centro Poblado y llevados al local de AIDER en el distrito de Lancones con la camioneta del Proyecto “Integración Regional para el Manejo Ambiental Sostenible y el Control de la Desertificación en Ecuador y Perú”.

### 3.3.8 Secado al aire de las Sub Muestras en el Local de AIDER en Lancones

Las sub muestras fueron dispuestas en un lugar amplio con el objetivo de favorecer a la pérdida de humedad. Las bolsas de las sub muestras de hojarasca se abrieron y se colocaron las rodajas de forma que el piso sea tangente a sus radios.

Durante 3 meses las sub muestras estuvieron bajo un techo de calamina metálica y con flujo de aire suave pero constante.

Una vez finalizado el secado se remarco el código de las sub muestras, siendo ordenadas con base en él. Posteriormente las sub muestras fueron ordenadas en costales.

### 3.3.9 Transporte de las Sub Muestras del Local de AIDER en Lancones a la UDEP

Los costales que contenían las sub muestras secadas al aire fueron llevados a la Planta piloto Agroindustrial de la Universidad Privada de Piura (UDEP) en la Ciudad de Piura.



### 3.3.10 Secado Artificial de la sub muestra en la planta piloto agroindustrial.

Debido a que no se había considerado un pago por el servicio de secado, fue necesario en el caso de las rodajas muy grandes seleccionar la probeta de rodaja que contuviera mejor las características de la rodaja original y así esta entrase al proceso de secado.

#### *A) PESAJE DE LAS SUB MUESTRAS.*

Antes de iniciar el secado, con una balanza de precisión se pesaron las rodajas de fuste, ramas y sub muestras de hojarasca, para obtener su peso inicial.

#### *B) LLENADO DE BANDEJAS MÓVILES DE LOS CARROS PARA EL HORNO*

Las sub muestras se colocaron de forma ordenada en las múltiples bandejas de los carros del horno, las muestras se distribuyeron según el tipo de muestra en cada carro. Posteriormente se introdujeron los carros al horno para iniciar el secado.

#### *C) SECADO DE TODAS LAS SUB MUESTRAS HASTA DETERMINAR SU PESO SECO CONSTANTE*

El proceso de secado se realizó a una temperatura de  $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . De forma periódica se pesó cada sub muestra para determinar su pérdida de humedad, se continuó hasta que se llegó a peso constante. Una vez con las muestras y sub muestras a peso constante se retiraban del horno y el secado finalizaba.

Al concluir el secado, se recogieron las sub muestras de los carros del horno, se ordenaron según su código y se guardaron en costales nuevamente.

### 3.3.11 Transporte de las Sub Muestras de la UDEP al Local de AIDER en Piura

Los costales que contenían las sub muestras secas fueron llevados al local de AIDER en la ciudad de Piura haciendo uso de la camioneta del Proyecto.

### 3.3.12 Preparación de las Probetas para el Análisis de Carbono

Esta acción tuvo que ser adicionada debido a la dificultad y al costo no presupuestado en que se incurría con el traslado de todas las sub muestras.

En el local de AIDER con un machete tipo sable y un martillo se dividieron las rodajas secas de Fuste, de ellas se extrajo probetas con forma de sección de circunferencia.

Se obtuvieron tres probetas de cada individuo y el peso conjunto de las tres debía estar entre 300 g a 500 g. Las probetas fueron ordenadas en un costal.

Las probetas obtenidas contenían albura y duramen en una proporción similar a la que presentaban las rodajas de donde fueron extraídas.

### 3.3.13 Transporte de las Probetas del Local de AIDER en Piura a la FCF – UNALM

El costal con las probetas se traslado al terminal terrestre de la empresa de transportes interprovincial de ómnibus “TEPSA” donde se llevó vía terrestre hacia el terminal de la empresa en la ciudad de Lima. Del terminal fue llevado en un carro particular al Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF – UNALM.

### 3.3.14 Transformación Mecánica de las Probetas para el Análisis de Carbono

La transformación de las probetas para el análisis de carbono se realizó en el laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF – UNALM

#### *A) CHIPIADO*

Se dividieron las probetas de forma mecánica, se usó un machete y un mazo de madera para fraccionar todas las probetas y transformarlas en chips de madera, de 5 cm de longitud, ancho aproximado a 1,5 cm y un espesor menor de 0,5 cm.

En el proceso se mezcló los chips de las tres probetas, a fin de obtener una sola sub muestra por individuo.

### *B) MOLIDO O PULVERIZADO DE LOS CHIPS*

Se procedió a pulverizar los chips en un molino eléctrico del Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF – UNALM. Se obtuvieron 30 sub muestras pulverizadas una por árbol. Las sub muestras se guardaron en bolsas *Zip lock* individuales y se ordenaron en una caja de cartón.

#### 3.3.15 Transporte de las Sub Muestras Para Análisis De Carbono De FCF – UNALM AL IIN.

Se trasladó la caja de cartón con las 30 sub muestras pulverizadas con un vehículo particular al laboratorio del Instituto de Investigación Nutricional (IIN), el cual se encuentra al frente de la UNALM.

#### 3.3.16 Análisis de bomba calorimétrica (Una modificación al Método Original)

Para este ensayo fue necesaria la utilización de una Bomba Calorimétrica Parr Co, el protocolo de medición, la norma alemana DIN 51900-1: 2000 y la ASTM K20.19 “Standard for bomb calorimetry and combustion methods”.

Se realizó el análisis de bomba calorimétrica aplicando una modificación al método original debido a que los equipos del laboratorio del Instituto de Investigación Nutricional (IIN) no cuentan con la misma capacidad descrita en la bibliografía.

Se separó una porción homogénea de 0,2 g a 0,3 g, de cada una de las 30 sub muestras pulverizadas de madera. Una porción de las 30 se colocó en una bomba de metal pesado con 10 cm de hilo fino de platino y se administró oxígeno a presión. La bomba se sumergió en 2 l de agua destilada y se inició el proceso.

Una vez realizado el análisis con las 30 sub muestras y sus respectivas repeticiones, el IIN entregó un listado con los pesos de cada porción y los respectivos valores caloríficos (cantidad de energía que liberó) que generó durante el análisis.

En la figura 15 se muestra la secuencia de pasos que se realizó durante este proceso.

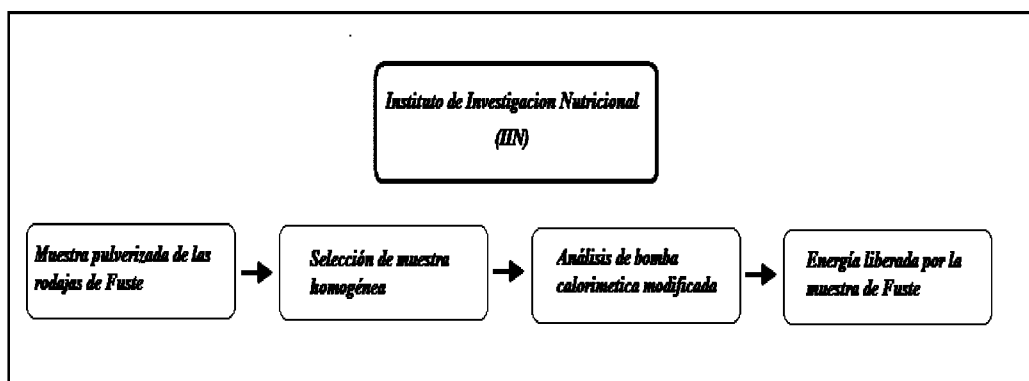


Figura 15 : Proceso realizado en el Instituto de Investigación Nutricional (IIN)

### 3.3.17 Trabajo de Gabinete

Con los valores obtenidos a los diferentes pasos del presente estudio se realizaron los siguientes cálculos:

#### A) CONTENIDO DE HUMEDAD

##### a) Determinación del Contenido de Humedad

Se calculó el contenido de humedad utilizando la siguiente relación.

$$CH (\%) = ((Ph (g) - Ps(g)) \times 100) / Ph (g).$$

Donde: CH (%) = Porcentaje de Contenido de Humedad

Ph (g) = Peso Húmedo en gramos de muestra obtenido en campo

Ps (g) = Peso Seco en gramos de muestra obtenido después del secado

##### b) Determinación del Contenido de Humedad de cada componente

Se calculó el contenido de humedad de cada componente utilizando la siguiente relación.

$$CHc (\%) = (CH1 (\%) + CH2 (\%) + CH3 (\%)) / 3$$

Donde: CHc (%) = Porcentaje de Contenido de Humedad del componente

CH1(%) = Porcentaje de Contenido de Humedad de rodaja 1

CH2(%) = Porcentaje de Contenido de Humedad de rodaja 2

CH3 (%) = Porcentaje de Contenido de Humedad de rodaja 3

c) Determinación del Peso Seco Total de cada componente

Se determino el peso seco de todos los componentes aplicando la siguiente relación.

$$BS \text{ (kg)} = (\text{Pht} \times \text{CHc} \text{ (\%)}) - \text{Pht}$$

Donde: CHc (%) = Porcentaje de Contenido de Humedad del componente

Pht = Peso Húmedo total del componente obtenido en campo (kg).

BS = Biomasa Seca total del componente (kg).

*B) DETERMINACIÓN DE CARBONO*

a) Determinación de gramos de Carbono de las Muestras de Fuste.

Se determinó la cantidad de carbono en las muestras de fuste con la siguiente formula.

$$GC = ((E \times (4,1868 \text{ J / (cal/g)}) / (4,8 \times 10^5 \text{ mol}^{-1})) \times \text{PM}_{(C)})$$

Donde: E = Energía liberada por la muestra (calg-1).

PM(C) = Peso Molecular del Carbono (g).

GC = Gramos de carbono en la muestra (g).

b) Determinación de la fracción de Carbono de la Muestra de Fuste.

Se determinó la fracción de carbono de muestras de fuste con la siguiente relación.

$$FC = (GC / \text{PM})$$

Donde: FC = Fracción de carbono de la sub muestra.

GC = Gramos de carbono en la muestra (g).

PM = Peso de la muestra.

Debido a que se aplicó una modificación al método original del análisis de bomba calorimétrica, los datos de energía liberada por la sub muestra fueron llevados a la unidad (1 g) siendo el valor de gramos de carbono igual al de la fracción de carbono.

c) Determinación de la fracción de Carbono del fuste para la Especie.

$$FC_{sp} = (FC1 + FC2 + \dots + FC30) / 30$$

Donde:  $FC_{sp}$  = Fracción de carbono para el fuste e la especie.

$FC1$  = Fracción de carbono de la sub muestra 1

$FC2$  = Fracción de carbono de la sub muestra 2

$FC30$  = Fracción de carbono de la sub muestra 30

d) Determinación de la cantidad de Carbono en el Fuste

Se determinó el contenido de carbono que se encuentra capturado en el fuste de cada individuo utilizando la siguiente relación.

$$CCCF = BSF \text{ (kg)} \times FC$$

Donde:  $CCCF$  = Cantidad de Carbono Capturado por el fuste.

$FC$  = Fracción de carbono de la muestra.

$BSF$  = Biomasa Seca Fuste (kg).

### 3.3.18 Elaboración de Ecuaciones

#### A) *ELABORACIÓN DE LA ECUACIÓN DE BIOMASA AÉREA Y CARBONO DEL HUALTACO*

Se siguió el análisis de regresión basado en el método de los mínimos cuadrados con el cual se construyeron ecuaciones en base a los modelos propuestos por Andrade y Segura, (2008), para

estimar la Biomasa Aérea y el Carbono en el fuste del Hualtaco. Estos modelos se muestran en el Cuadro 3.

**Cuadro 3** : Modelos de Ecuación para Biomasa o Carbono.

<b>Berkhout</b>	$B \text{ ó } C = a + b * dap$
<b>Kopezky</b>	$B \text{ ó } C = a + b * dap^2$
<b>Hohenadl - Krenn</b>	$B \text{ ó } C = a + b * dap + c * dap^2$
<b>Husch</b>	$\ln B \text{ ó } C = a + b * \ln dap$
<b>Spurr</b>	$B \text{ ó } C = a + b * dap^2 * h$
<b>Stoate</b>	$B \text{ ó } C = a + b * dap^2 + c * dap^2 * h + d * h$
<b>Meyer</b>	$B \text{ ó } C = a + b * dap^2 + c * dap * h + d * dap^2 * h$
<b>Schumacher-Hall</b>	$\ln B \text{ ó } C = a + b * \ln dap + c * \ln h$
B = Biomasa C = Carbono h= Altura Total dap = Diámetro a la Altura del Pecho	

Debido a que la muestra es igual a 30 se considero como Normal y con Homogeneidad de Variancias, en base a esto, se analizo la relación que presentan las ecuaciones, descartando las que obtuvieron un valor bajo  $R^2$  (menor 0,5), se les realizó el Análisis de Varianza (ANVA) en las ecuaciones restantes descartando las que aceptaban la igualdad de varianzas. De tal manera que se dejaron de considerar las ecuaciones que no demostraron que las bi eran diferentes de cero (Alder, 1980).

#### **B) SELECCIÓN DE LA MEJOR ECUACIÓN.**

Para compensar las ecuaciones con variables dependientes iguales se comparó el Cuadrado Medio del Error (CME) del ANVA de cada ecuación, y se seleccionó aquella que tuviera el menor valor de CME. Para comparar las ecuaciones con transformaciones como variables dependientes con aquellas que no se utilizó el Índice de Furnibal (IF) y se seleccionó la que tuviera el menor valor. (Barrena *et al.*, 1986; Andrade y Segura, 2008).

*C) ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y CARBONO DE CADA ÁRBOL MUESTRA*

Las ecuaciones de biomasa aérea y carbono seleccionadas fueron aplicadas a cada individuo. Los resultados fueron comparados con los valores obtenidos en campo y se analizó la libertad de las ecuaciones seleccionadas.



## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ESPECIE EN CAMPO**

Se georeferenció y tomo medidas a cada individuo elegido dando en total 100 individuos. Los datos obtenidos se muestran en el Anexo 2

Las personas encargadas de apoyar en la investigación tuvieron la responsabilidad de conducirnos a las zonas cumpliendo con los acuerdos firmados en las reuniones. Una vez en la zona se inicio la labor, primero se realizó la georeferenciación, posteriormente se adiestro a los ayudantes en la labor y se inició la toma de las medidas dendrométricas.

#### **4.1.1 Mediciones en Campo del Árbol en pie**

En el Anexo 2 se puede apreciar que los individuos AM 53 y AM 84 presentaron el mayor valor de dap siendo de 50,5 cm, en cambio el individuo AM 18 presentó el menor valor (10 cm). El promedio de dap es de 31,27 cm con una desviación estándar de 8,69 cm.

Los individuos el AM 83 y el AM 31 presentan el mayor y menor diámetro de Copa con 15,65 m y 2,45 m respectivamente. El promedio de diámetro de copa de la población fue de 8,20 m, con una desviación estándar de 2,80 m.

Los individuos AM 96 y AM 4 fue el más alto (14 m) y el más bajo (3,5 m) respectivamente, el promedio de altura de la poblacional es de 7,95 m con una desviación estándar de 2,48 m.

Durante la toma de medidas en campo se observó una cantidad casi inexistente de individuos de diámetros menores a 10 cm, observándose en su mayoría individuos con diámetros mayores a 30 cm. Esta situación se debe a que el ganado cabrió en los meses de sequia se alimenta de las plántulas recién germinadas reduciendo drásticamente la regeneración natural.

## 4.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN GABINETE

Se ordenaron los 100 datos en ocho clases diamétricas. La primera clase inicia en 10 cm y la última finaliza en más de 50 cm, cada clase incrementaban a razón de 5 cm, el mínimo de individuos muestra por clase fue de 2 y la muestra fue de 30 individuos.

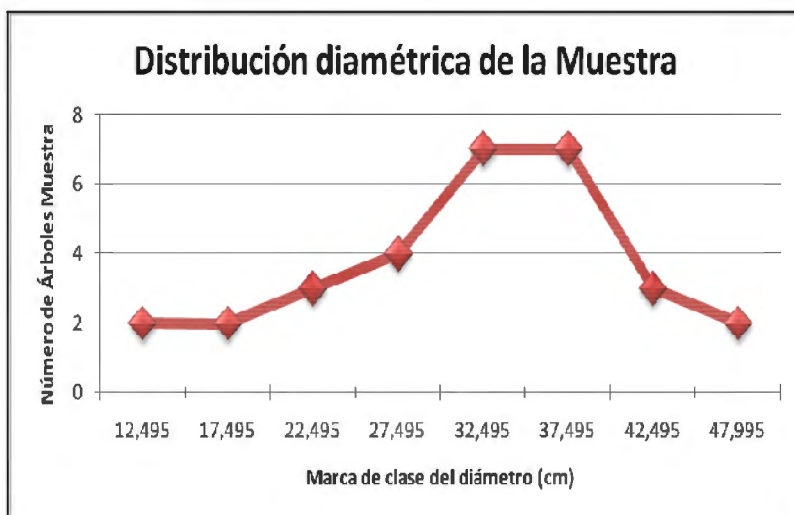
La muestra presenta una distribución idéntica a la distribución de los individuos de la evaluación preliminar, al elegir a cada individuo de la muestra se tomó en consideración lo acordado y firmado en las actas.

El Cuadro 04 muestra la distribución diamétrica de los individuos de la evaluación preliminar y de la muestra según las clases diamétricas, además se apreciaba que las clases diamétricas 5 y 6 (marca de clase 32,495 cm y 37,495 cm) contienen a la mayor cantidad de árboles muestra, seguidas por las clases 4,3 y 7 (marca de clase 27,495 cm, 22,495 cm y 42,495 cm) respectivamente.

**Cuadro 4** : Distribución Diamétrica de los 30 árboles seleccionados.

<i>Clase Diamétrica</i>	<i>Límite Inferior (cm)</i>	<i>Límite Superior (cm)</i>	<i>Marca de Clase (cm)</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>	<i>Frecuencia Absoluta</i>
1	10	14,99	12,495	6	2
2	15	19,99	17,495	5	2
3	20	24,99	22,495	11	3
4	25	29,99	27,495	16	4
5	30	34,99	32,495	23	7
6	35	39,99	37,495	25	7
7	40	44,99	42,495	10	3
8	45	50,99	47,995	4	2

Figura 16 : Distribución diamétrica de los 30 árboles muestra según Clases diamétricas.



De acuerdo con la figura 16 se puede decir que la distribución diamétrica de la de la evaluación preliminar y de la muestra sigue una distribución **normal con una tendencia hacia el lado derecho**, es decir que la mayor cantidad de individuos presenta un dap entre 25 a 35 cm perteneciendo a las clases diamétricas 4, 5 y 6 con 16, 23 y 25 individuos respectivamente.

Según los datos presentados se puede inferir que el bosque no cuenta con suficiente regeneración para suplir a los árboles adultos existentes.

El Cuadro 4 muestra que el 62% de los individuos tiene un dap mayor a 30 cm. Se pone referencia al dap de 30 cm debido a que dichos individuos está en capacidad de ser cortados según las exigencias de la Administración Técnica Forestas y Fauna Silvestre.

#### 4.3 RECOLECCIÓN DE MUESTRA EN CAMPO

Se coordinó con las personas encargadas de apoyar en la investigación el alquiler de acémilas para trasladar el equipo que se utilizó para recolectar las muestras en el campo y las sub

muestras recolectadas. En promedio se utilizaron de dos a tres acémilas por centro poblado con un costo de 20 soles por día por cada una.

#### 4.3.1 Mediciones Realizadas a la Hojarasca y Toma de Sub Muestras

##### A) RECOJO DE SUB MUESTRA DE HOJARASCA

Se recolecto hojarasca en 22 árboles muestra, en los 8 individuos restantes no se encontró hojarasca.

Las condiciones de ganadería trashumante de la zona dificultaron en mucho la labor de muestreo de hojarasca, ya que el ganado, predominantemente caprino se alimenta de la hojarasca, es por este motivo que a un considerable número de individuos no se les pudo extraer sub muestras.

En la Figura 17 se muestra como se trazó cada cuadrado en el campo, en los cuales se recolecto la sub muestra.



Figura 17: Cuadrado de 1 m x 1 m delimitado con estacas.

En la figura 17 se puede apreciar la hojarasca de un color amarillo oscuro o dorado a diferencia del amarillo claro de los pastos. Se debe tener en cuenta que el Hualtaco es una especie caducifolia y el muestreo coincidió con dicha temporada.

## *B) PESADO Y CODIFICADO DE LAS SUB MUESTRAS DE HOJARASCA*

El peso obtenido de la hojarasca y el código que se le asignó a las 22 muestras se presentan en el Cuadro 05, dichas muestras están ordenadas según el árbol muestra al que pertenecían.

Se puede apreciar que el mayor volumen de sub muestra de hojarasca lo tuvo el individuo AM 062 con un peso de 0,245 kg y el menor volumen fue del individuo AM 084 con un peso 0,004 kg. El peso promedio de las sub muestras fue de 0,0824 kg y presentaron una desviación estándar de 0,0747 kg.

En base a los datos se puede inferir que AM 084 a pesar de ser el árbol de mayor dap y una altura promedio tuvo la menor cantidad de hojarasca, y el AM 062 tuvo el mayor volumen de sub muestra siendo un árbol de menor altura y dap. Considerando que ambas zonas no hayan tenido influencia de ganado se puede afirmar que el sitio donde se encontró AM 062 contuvo un mayor volumen de agua durante la temporada pasada y que dicho árbol es menor que AM 084.

En base a los datos obtenidos con el sub muestreo de hojarasca se puede decir que un Hualtacaal manejado con fines de secuestro de carbono podría brindar aproximadamente unos 587,9 kg de hojarasca por hectárea al año, en un año con altas precipitaciones se puede obtener hasta 3441 kg de hojarasca. Esta aproximación se ha determinado considerando 100 individuos por hectárea, utilizando los datos presentados en el Cuadro 5 y las áreas de copa de cada individuo.

**Cuadro 5** : Pesos de las sub muestras de hojarasca.

<i>Total de Árboles</i>	<i>Árbol Muestra</i>	<i>H (kg)</i>	<i>Total de Árboles</i>	<i>Árbol Muestra</i>	<i>H (kg)</i>
1	AM 003	0,030	16	AM 054	0,061
2	AM 004	0,237	17	AM 056	0,023
3	AM 008	0,059	18	AM 062	0,245
4	AM 012		19	AM 066	0,100
5	AM 017	0,033	20	AM 068	0,087
6	AM 020	0,044	21	AM 070	0,070
7	AM 025		22	AM 072	0,024
8	AM 026	0,028	23	AM 078	0,108
9	AM 028	0,008	24	AM 079	0,087
10	AM 033	0,088	25	AM 082	
11	AM 034		26	AM 084	0,004
12	AM 039		27	AM 086	
13	AM 044	0,046	28	AM 091	0,088
14	AM 047	0,022	29	AM 093	0,070
15	AM 048		30	AM 100	

#### 4.3.2 Mediciones Realizadas al Fuste y Pesaje de Fuste y Sub Muestras de Fuste (Rodajas)

##### A) MEDICIÓN DE DAC, LONGITUD DEL FUSTE, ALTURA DEL TOCÓN Y PESÓ DEL FUSTE

**Cuadro 6** : Datos del Fustes tomados en campo.

<i>Total de Árboles</i>	<i>Árbol Muestra</i>	<i>DAC (cm)</i>	<i>DAP Prom. (cm)</i>	<i>Altura Tocón (cm)</i>	<i>Longitud de Fuste (m)</i>	<i>Peso total del Fuste (kg)</i>
1	AM 003	40,7	41	31	1,61	120,205
2	AM 004	17,8	11,5	15,5	2,22	25,482
3	AM 008	25,1	19,5	18,5	1,85	68,084
4	AM 012	62	41,5	30,5	1,5	379,377
5	AM 017	26,7	19	25,5	1,73	103,121
6	AM 020	46,5	32,5	27	2,47	292,294
7	AM 025	24,8	13,5	20,5	1,45	59,271
8	AM 026	36,9	30	23	1,6	95,351

9	AM 028	50	37	35,5	3,1	284,013
10	AM 033	59,8	34,5	33	2,2	442,39
11	AM 034	73	39	32	3,3	624,015
12	AM 039	47,4	38,5	27	2,3	208,397
13	AM 044	45,2	29,5	28	4,57	239,439
14	AM 047	51,2	40	38,5	6,12	490,386
15	AM 048	42	36,5	29,5	2,71	249,237
16	AM 054	33,7	26,5	23,5	4,5	208,397
17	AM 056	39,2	32,5	31,5	2,38	209,303
18	AM 062	55,7	39,5	34	2,1	437,851
19	AM 066	53,5	48,5	32	2,5	532,739
20	AM 068	30,7	27,5	26,5	3,5	216,986
21	AM 070	39,8	36,5	27,5	1,7	182,312
22	AM 072	34,7	34,5	27	4,12	305,271
23	AM 078	39,2	28,5	27,5	5,4	421,228
24	AM 079	29,9	22,5	28,5	1,5	119,787
25	AM 082	27,7	23,5	26	2,57	174,308
26	AM 084	69	50,5	34	1,6	718,85
27	AM 086	39,1	32,5	29,5	2,6	267,07
28	AM 091	36	34,5	30	5,1	134,567
29	AM 093	29,6	21	24,5	2,89	136,813
30	AM 100	49,7	35,5	31,5	2,1	327,508

En el cuadro 06 se presentan los datos recogidos en campo, el AM 047 es el de mayor longitud de fuste con una medida de 6,12 m, en cambio el AM 025 es el de menor altura de fuste con 1,45 m, el promedio de altura de fuste de la muestra es de 2,77 m y su desviación estándar es de 1,27 m.

De los datos presentado en el Cuadro 06 se puede apreciar que el AM 084 presenta el mayor valor de dap y el menor lo presenta el AM 004 siendo de 50,5 cm y 11,5 cm respectivamente, por otro lado el individuo de mayor diámetro a la altura del Cuello (dac) es el AM 034 con 73 cm, y el AM 004 presenta el menor dac siendo de 17,8 cm.

El promedio de dap de la muestra es de 31,92 cm con una desviación estándar de 9,36 cm a diferencia del dac cuyo promedio de la muestra es de 41,89 cm con una desviación estándar de 13,4 cm.

B) PESO DE RODAJAS Y SECCIÓN DE RODAJAS

Cuadro 7 : Pesos en kg de las Rodajas y Sección de rodaja de Fustes.

Total de Árboles	Árbol Muestra	MTI	MTI	MTII	MTII	MTII	MTII	MTIII	MTIII	MTIII	MTIII	MTIII	MTIII
		A	B	A	B	C	D	A	B	C	D	E	F
1	AM 003	2,79		3,365				3,05					
2	AM 004	0,176		0,518				0,788					
3	AM 008	2,2		2,534				3,35					
4	AM 012	1,812		3,505				1,784	2,415	3,505	4,752	1,636	2,468
5	AM 017	0,728		2,152				3,241					
6	AM 020			2,794									
7	AM 025	0,998		1,212				1,561					
8	AM 026	2,998		2,433				1,92					
9	AM 028	1,267		4,644				2,102					
10	AM 033	3,812	4,587	3,947				2,452	2,592				
11	AM 034	2,807		4,135	2,851			3,222					
12	AM 039	1,981		2,222				1,555					
13	AM 044	2,985		2,879				3,575					
14	AM 047	2,548		3,064				4,704	2,485	2,307	3,278		
15	AM 048	4,557		1,521	1,642	2,438		2,044	1,605	1,395	1,535		
16	AM 054	3,288		2,268				1,841					
17	AM 056	3,649		4,046				2,108					
18	AM 062	4,098						3,526	2,516	3,107	2,604		
19	AM 066	2,145	1,707	2,04	4,395	2,408	3,076	1,526	1,756	2,197	2,489		
20	AM 068	3,47		3,21				2,306					
21	AM 070	1,615		2,321				3,876					
22	AM 072	1,13	1,341	1,899				4,401					
23	AM 078	2,535		2,89				2,408	3,395				
24	AM 079	2,096		1,434				2,757					
25	AM 082	2,11		2,386				1,305					
26	AM 084			2,439	2,411								
27	AM 086	4,95		3,683				2,937					
28	AM 091	1,453		1,185				0,429					
29	AM 093	1,409		1,41				1,409					
30	AM 100	3,48		3,917				2,841	1,65	3,205	2,415		

Las rodajas con diámetros y pesos considerables fueron divididas, la AM 012 MTIII fue dividida en seis partes, las rodajas AM 047 MTIII, AM 048 MTIII, AM 062 MTIII, AM 066



MTIII, AM 066 MTII y AM 100 MTIII fueron divididas en cuatro partes, la rodaja AM 048 MTII fue dividida en tres partes y las rodajas AM 033 MTIII, AM 033 MTI, AM 034 MTII, AM 066 MTI, AM 072 MTI, AM 078 MTII y AM 084 MTII fueron divididas en solo 2 partes,

Las sub muestras de fuste MTI y MTII de menor peso fueron extraídas del AM 004 y la sub muestra de fuste de menor peso de MTIII pertenece al AM 091 con 0,429 kg,

Las sub muestras de mayor peso fueron en AM 033 MTI con un peso conjunto de 8,40 kg, AM 066 MTII cuyo peso total fue de 8,40 kg y AM 12 MTIII con un peso global de 16,56 kg, cada sub muestra fue dividida para su pesado en 2, 4 y 6 partes respectivamente,

El promedio de peso en la sub muestra MTI fue de 2,74 kg con una desviación estándar de 1,60 kg, en la sub muestra MTII fue de 3,29 kg con una desviación estándar de 2,17 kg y en la sub muestra MTIII fue de 4,44 kg con una desviación estándar de 3,98 kg,

Como se muestra en el Cuadro 07, no se completó el número sub muestras de Fuste de los AM 020, AM 062 y AM 084, Al AM 020 y AM 084 les faltó las rodajas del primer y tercer tercio del fuste y al AM 062 le faltó la rodaja del segundo tercio del fuste. No se concluyo con la extracción de sub muestras debido a impedimentos sociales y ambientales.

#### 4.3.3 Pesaje de Ramas Gruesas y de las Sub Muestras de Ramas Gruesas (Rodajas)

En peso promedio de las sub muestras MRI, MRII y MRIII fue 1,15, 1,18 y 1,03 respectivamente, con una desviación estándar de 0,63 en MRI, 0,90 en MRII y 0,85 en MRIII, todos los pesos registrados se muestran en el Cuadro 08.

El individuo que tiene el menor peso de MRI es el AM 004 con 0,216 kg, el de mayor peso fue del AM 084 con 1,149 kg, la sub muestra MRII de menor peso fue la extraída del individuo AM 004 con 0,118 kg, la de mayor peso fue la extraídas del AM 039 con 3,7 kg y la sub muestra MRIII de menor peso fue de 0,286 kg y provino del AM 028, el mayor peso fue de 4,462 kg y provino del AM 066.

**Cuadro 8** : Pesos en kg de las sub muestras y del conjunto de Ramas gruesas.

<b>Total de Árboles</b>	<b>Árbol Muestra</b>	<b>MRI</b>	<b>MRII</b>	<b>MRIII</b>	<b>Peso de Ramas Gruesas</b>
1	AM 003	0,869	0,654	1,308	367,831
2	AM 004	0,216	0,118	0,712	48,546
3	AM 008	0,783	0,630	1,225	189,638
4	AM 012	1,391	2,771	0,950	290,612
5	AM 017	0,206	0,526	0,361	88,093
6	AM 020	1,393	1,860	0,480	629,733
7	AM 025	0,665	0,184	0,452	92,801
8	AM 026	1,505	0,311	0,928	410,244
9	AM 028	0,430	0,917	0,286	205,133
10	AM 033	0,737	1,560	1,755	1712,052
11	AM 034	2,119	2,461	0,802	1469,882
12	AM 039	1,445	3,700	0,773	864,418
13	AM 044	0,914	1,217	0,714	166,345
14	AM 047	1,697	1,512	1,107	863,816
15	AM 048	2,440	0,783	1,577	1259,8
16	AM 054	2,151	0,525	0,594	95,5
17	AM 056	1,315	0,553	0,862	515,23
18	AM 062	1,111	1,870	2,459	1992,44
19	AM 066	1,016	3,054	4,462	1394,532
20	AM 068	0,642	0,526	0,742	267,41
21	AM 070	0,654	0,561	0,853	587,068
22	AM 072	1,625	1,455	0,527	469,607
23	AM 078		1,175		584,425
24	AM 079	0,364	0,528	1,121	333,013
25	AM 082	0,892	0,765	0,429	270,086
26	AM 084	1,149			2210,649
27	AM 086	2,404	1,199	0,751	470,854
28	AM 091	0,409	0,592	0,491	60,492
29	AM 093	1,392	0,793	0,500	196,185
30	AM 100	1,515	1,498	1,721	756,734

En el conjunto de sub muestras de ramas gruesas peso un total de 96,69 kg, siendo un 0,35% del peso total de los árboles muestra y un 0,51% del total del peso de las ramas gruesas. El peso en conjunto de ramas gruesas fue de 18863,17 kg siendo un 79,71 % del peso total de ramas.

#### 4.3.4 Pesaje de Ramas Delgadas

**Cuadro 9** : Pesos del total de Ramas delgadas.

<i><b>Total de Árboles</b></i>	<i><b>Árbol Muestra</b></i>	<i><b>Ramas Delgadas (kg)</b></i>
1	AM 003	71
2	AM 004	11
3	AM 008	62
4	AM 012	63,5
5	AM 017	41,5
6	AM 020	191
7	AM 025	74
8	AM 026	132
9	AM 028	134,5
10	AM 033	493,5
11	AM 034	271,5
12	AM 039	95,5
13	AM 044	52,5
14	AM 047	188,5
15	AM 048	133,5
16	AM 054	95,5
17	AM 056	256,5
18	AM 062	406
19	AM 066	297,5
20	AM 068	154,5
21	AM 070	224
22	AM 072	48,5
23	AM 078	133
24	AM 079	138,5
25	AM 082	57,5
26	AM 084	175,5
27	AM 086	114,5
28	AM 091	42,5
29	AM 093	80
30	AM 100	265,734

En el cuadro anterior podemos apreciar que el individuo que presento el menor peso en ramas delgadas fue el AM 004 con un peso de 11 kg y el que presento el mayor peso fue del AM 033 con peso 493,5 kg, el promedio de peso fue de 150,17 kg y su desviación estándar es de 113,27 kg.

El peso en conjunto de ramas delgadas fue de 4800,27 kg siendo un 20,29 % del peso total de ramas. En el Anexo 3 se presenta un cuadro con la biomasa húmeda promedio de fuste, ramas gruesas y ramas delgadas por clase diamétrica, el cual puede servir para posteriores estudios.

#### **4.4 PRIMER TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS**

##### **4.4.1 Transporte de sub muestras del bosque a los centros poblados.**

Los costales que contenían las sub muestras fueron trasladados desde el lugar de corta y pesado al salón comunal correspondiente.

Las sub muestras de ramas y fuste se cargaban en promedio en 3 o 4 costales, debido al peso se alquilo de 2 a 3 acémilas por centro poblado. Usualmente fueron alquiladas por 2 días debido a que el equipo y materiales utilizados también eran pesados y su peso se acentuaba con la distancia y condiciones climáticas.

El tiempo de traslado osciló de entre 1 1/2 a 2 horas dependiendo de la fisiografía y su costo fue de 40 soles por día, en el caso de 2 acémilas y 60 en el caso de 3.

##### **4.4.2 Transporte de sub muestras de los centros poblados a Lancones.**

Los costales fueron recogidos de cada centro poblado y llevados a la capital de distrito en donde se ubica el local de AIDER. El recorrido demora aproximadamente unas 5 horas en camioneta y en caso de alquilar del vehículo su costo aproximado fue de 150 dólares incluido el combustible.

El número de costales que se traslado fue de 32 costales, además de 4 costales donde fueron ordenadas las muestras de hojarasca.

#### **4.5 SECADO AL AIRE DE LAS SUB MUESTRAS EN LANCONES**

Las sub muestras de hojarasca, de fuste y ramas gruesas fueron expuestas de forma indirecta al sol durante 3 meses. En el local de AIDER se ordenaron las sub muestras para iniciar el proceso de secado al aire, durante este proceso se realizó las coordinaciones para el transporte de las muestras y el secado artificial de las mismas.

El secado al aire revelo que la muestra contenía en promedio 39 % de contenido de humedad en ramas gruesas y en promedio 36 % de contenido de humedad en fuste

#### **4.6 SEGUNDO TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS**

##### **4.6.1 Transporte de sub Muestras de Lancones a la Universidad Privada De Piura (UDEP)**

Las sub muestras fueron colocadas en costales como se aprecia en la figura 18 y ordenadas en la camioneta del personal de AIDER, el número de costales trasladados fue de 18 con un peso en conjunto de aproximadamente 400 kg.

Los costales fueron llevados a la Planta Piloto del CITE Agroindustrial que se localiza dentro de la Universidad Privada de Piura (UDEP) haciendo un recorrido de 2 hora aproximadamente. Se coordinó el proceso de secado con el Director Ejecutivo del CITES.

El traslado en bus y taxi de las sub muestras hasta la CITES hubiera costado aproximadamente 240 soles, en caso de haber alquilado una camioneta para dicho traslado hubiera costado 150 dólares incluido el combustible.



Figura 18 : Costales con sub muestras para el traslado a la UDEP

#### 4.7 SECADO ARTIFICIAL DE LA SUB MUESTRA EN LA UDEP

El secado se realizó en la Planta Piloto del CITE Agroindustrial a un costo menor al promedio gracias a un convenio existente entre la UDEP y la ONG AIDER.

Las 22 sub muestras de hojarasca y 172 sub muestras de fuste y ramas fueron pesadas, ordenadas en los carros e introducidas al horno. El peso inicial de las sub muestras se aprecian en el cuadro 10.

**Cuadro 10 :** Pesos en kg de las sub muestras antes de entrar al horno.

<i>Total de Árboles</i>	<i>Árbol Muestra</i>	<i>MTI</i>	<i>MTII</i>	<i>MTIII</i>	<i>MRI</i>	<i>MRII</i>	<i>MRIII</i>	<i>H</i>
1	AM 003	1,900	1,660	2,240	0,500	0,380	0,780	0,030
2	AM 004	0,080	0,260	0,380	0,120	0,060	0,340	0,237
3	AM 008	1,200	1,420	2,040	0,440	0,340	0,680	0,059
4	AM 012	1,000	1,940	2,760	1,380	2,420	0,940	
5	AM 017	0,360	1,220	2,120	0,190	0,360	0,260	0,033
6	AM 020		2,000		0,840	1,040	0,320	0,044
7	AM 025	0,600	0,720	0,960	0,380	0,100	0,240	
8	AM 026	1,820	1,460	1,040	0,900	0,160	0,560	0,028
9	AM 028	0,700	1,220	1,200	0,140	0,480	0,220	0,008
10	AM 033	2,720	2,300	1,760	0,440	1,080	0,940	0,088
11	AM 034	2,140	2,720	2,020	1,380	1,640	0,520	
12	AM 039	1,480	1,560	0,880	0,880	2,300	0,460	
13	AM 044	1,900	2,000	2,460	0,480	0,760	0,400	0,046
14	AM 047	1,680	2,040	1,540	1,100	0,980	0,700	0,022
15	AM 048	2,600	0,980	1,320	1,480	0,500	0,940	
16	AM 054	2,140	1,380	1,020	1,260	0,320	0,360	0,061
17	AM 056	2,420	2,480	1,400	0,880	0,340	0,540	0,023
18	AM 062	2,540		1,860	0,720	1,100	1,420	0,245
19	AM 066	1,580	1,400	1,400	0,680	2,080	3,020	0,100
20	AM 068	2,440	2,320	1,520	0,450	0,320	0,360	0,087
21	AM 070	0,980	1,260	2,580	0,380	0,340	0,500	0,070
22	AM 072	0,720	1,240	3,260	1,040	0,960	0,320	0,024
23	AM 078	1,680	2,000	2,540		0,760		0,108
24	AM 079	1,300	0,840	1,560	0,220	0,320	0,660	0,087
25	AM 082	1,460	1,600	0,820	0,540	0,460	0,240	
26	AM 084	1,720	1,620		0,760			0,004
27	AM 086	3,300	2,400	1,840	1,500	0,720	0,440	
28	AM 091	1,020	0,780	0,300	0,260	0,340	0,280	0,088
29	AM 093	0,880	0,820	0,780	0,780	0,420	0,180	0,070
30	AM 100	2,520	2,780	1,960	0,900	1,000	1,160	

En la Figura 19 se puede apreciar el ordenamiento de las sub muestras en los carros del horno de secado, al término del secado se tomo el peso de las muestras que se muestran en el Cuadro 11,



Figura 19 : Carros con sub muestras de Fuste, Ramas, Probetas y Hojarasca.

En la Figura 20 se aprecia el Horno de secado utilizado. El horno tiene una capacidad de  $24 \text{ m}^3$ , ocupados por 6 carros (2 líneas de 3 carros) con 11 bandejas cada uno, el horno genera un caudal máximo de aire de  $20000 \text{ m}^3/\text{HR}$  y una potencia calórica de  $450000 \text{ BTU}/\text{HR}$ .



Figura 20 : Horno de secado cargado con los 6 carros.



**Cuadro 11 :** Pesos en kg de las Muestras al Salir del Horno.

<b>Total de Árboles</b>	<b>Árbol Muestra</b>	<b>MTI</b>	<b>MTII</b>	<b>MTIII</b>	<b>MRI</b>	<b>MRII</b>	<b>MRIII</b>	<b>H</b>
1	AM 003	1,030	1,845	0,970	0,480	0,360	0,720	0,030
2	AM 004	0,080	0,220	0,340	0,100	0,060	0,320	0,237
3	AM 008	1,120	1,320	1,880	0,400	0,320	0,620	0,059
4	AM 012	0,920	1,780	2,640	1,320	2,320	0,900	
5	AM 017	0,320	1,140	1,380	0,120	0,340	0,240	0,023
6	AM 020		1,540		0,780	0,960	0,260	0,044
7	AM 025	0,540	0,660	0,880	0,340	0,100	0,220	
8	AM 026	1,660	1,340	0,960	0,840	0,160	0,520	0,028
9	AM 028	0,640	1,140	1,120	0,120	0,440	0,200	0,008
10	AM 033	2,460	2,120	1,640	0,400	1,000	0,880	0,088
11	AM 034	2,000	2,540	1,880	1,280	1,500	0,460	
12	AM 039	1,360	1,440	0,820	0,820	2,120	0,420	
13	AM 044	1,780	1,880	2,300	0,440	0,700	0,380	0,026
14	AM 047	1,540	1,900	1,440	1,020	0,920	0,660	0,022
15	AM 048	2,400	0,920	1,240	1,360	0,460	0,880	
16	AM 054	1,960	1,260	0,920	1,180	0,280	0,320	0,061
17	AM 056	2,240	2,260	1,280	0,800	0,340	0,500	0,023
18	AM 062	2,320		1,740	0,660	1,020	1,320	0,171
19	AM 066	1,440	1,260	1,280	0,620	1,860	2,800	0,100
20	AM 068	2,220	2,120	1,400	0,380	0,300	0,340	0,087
21	AM 070	0,900	1,160	2,320	0,340	0,300	0,460	0,070
22	AM 072	0,680	1,140	2,980	0,960	0,860	0,300	0,024
23	AM 078	1,520	1,880	2,340		0,700		0,108
24	AM 079	1,180	0,780	1,420	0,200	0,300	0,600	0,087
25	AM 082	1,300	1,440	0,720	0,500	0,420	0,220	
26	AM 084	1,580	1,520		0,700			0,004
27	AM 086	2,920	2,080	1,640	1,360	0,640	0,400	
28	AM 091	0,900	0,720	0,260	0,240	0,320	0,250	0,088
29	AM 093	0,800	0,740	0,720	0,720	0,400	0,160	0,070
30	AM 100	2,300	2,500	1,840	0,820	0,900	1,060	

Los pesos que aparecen en el Cuadro 11 corresponden a los pesos secos o anhidros a los cuales llegaron las sub muestras después del secado, La duración del proceso de secado fue de 18 horas, en 6 horas se seco la sub muestra de hojarasca y en 18 horas las rodajas, el tiempo de secado hubiera sido mayor de no haber realizado el secado al aire,

El secado al horno reveló que las sub muestras contenía en promedio 43% de contenido de humedad en ramas gruesas y 42 % en el fuste.

El secado al horno extrajo el 4,12% y el 5,79 % del contenido de humedad de rama gruesas y fuste, que el secado al Aire no logró extraer.

#### **4.8 TERCER TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS (DEL CITES A AIDER EN PIURA)**

Las sub muestras se ordenaron en costales y fueron trasladadas con una camioneta a la oficina de AIDER en la ciudad de Piura. El recorrido duro aproximadamente 15 min y hubiera costado aproximadamente 20 nuevos soles.

El traslado se realizó con apoyo del equipo de AIDER, el número de costales trasladados fue de 8 con un peso en conjunto de aproximadamente 183 kg.

#### **4.9 PREPARACIÓN DE SUB MUESTRAS EN EL LOCAL DE AIDER EN PIURA**

Se redujo el volumen de las rodajas a probetas, las probetas fueron de un volumen y peso aceptable para el análisis de carbono. Las 86 rodajas secas de fuste fueron transformadas en 86 probetas con un peso en conjunto de 45 kg aproximadamente.

#### **4.10 CUARTO TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS (AIDER EN PIURA A LA FCF – UNALM).**

Las probetas en bolsas en *Zip lock* fueron ordenadas dentro de un costal, el costal fue trasladado con 2 vehículos privados y un ómnibus interprovincial desde el local de AIDER en la ciudad de Piura a al Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF – UNALM en Lima.

El costo del traslado fue de 250 nuevos soles y tardo aproximadamente 2 días.

#### 4.11 TRABAJO EN EL LABORATORIO DE PULPA Y PAPEL DE LA FCF – UNALM.

Se realizó una transformación mecánica de forma secuencial, pasando de probetas a chips y polvo de madera de Hualtaco. El tiempo de transformación del total de probetas fue de 5 horas en 2 días, el tiempo promedio para cada probeta fue de 9,4 minutos.

Se realizó la transformación mecánica de las probetas con el apoyo del personal del laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF – UNALM, En el Cuadro 12 se aprecian los datos obtenidos en cada transformación.

El peso promedio de los chips fue de 326,34 gr y el polvo de Hualtaco fue de 305 gr, con una desviación estándar en los chips de 47,59 gr y en el polvo de Hualtaco de 45,77 gr. Antes y después de cada transformación las probetas, los chips y polvo de madera de Hualtaco fueron guardados en bolsas *Zip lock*.

**Cuadro 12:** Pesos del la muestra Chipiada y Pulverizada.

<i>Total de Árboles</i>	<i>Árbol Muestra</i>	<i>Muestra de Chips (gr)</i>	<i>Muestra Pulverizada (gr)</i>
1	AM 003	300	290
2	AM 004	260	250
3	AM 008	390	340
4	AM 012	300	280
5	AM 017	280	240
6	AM 020	220	200
7	AM 025	330	320
8	AM 026	340	320
9	AM 028	330	300
10	AM 033	370	350
11	AM 034	330	310
12	AM 039	300	270
13	AM 044	290	260
14	AM 047	360	340
15	AM 048	380	360
16	AM 054	340	320
17	AM 056	390	370
18	AM 062	320	290
19	AM 066	350	310

20	AM 068	390	360
21	AM 070	320	290
22	AM 072	290	280
23	AM 078	360	340
24	AM 079	300	300
25	AM 082	340	320
26	AM 084	200	190
27	AM 086	330	310
28	AM 091	350	340
29	AM 093	330	320
30	AM 100	400	380

En base a los datos mostrados en el Cuadro 12 se puede inferir que el rendimiento en la transformación de Chip a polvo de Hualtaco es de 93,45%.

#### 4.12 QUINTO TRANSPORTE DE SUB MUESTRAS (FCF – UNALM AL IIN)

Las 30 sub muestras pulverizadas de Hualtaco fueron trasladadas en un vehículo privado al laboratorio del Instituto de Investigación Nutricional (IIN). Las muestras fueron entregadas a la jefa de laboratorio la bióloga Cecilia Huaylinos. El costo de traslado fue de 4 nuevos soles y tomo un tiempo de 15 min.

#### 4.13 ANÁLISIS DE BOMBA COLORIMÉTRICA EN EL IIN

En el Cuadro 13 se muestran los resultados obtenidos por el Instituto de Investigación Nutricional (IIN), en ellos se puede apreciar que el peso de las sub muestras extraídas fue de 0,2662 g a 0,2134 g y su peso promedio fue de 0,2393 g.

Las sub muestras de Hualtaco pulverizado han demostrado que a pesar de tener el mismo peso contienen valores distintos de cantidad de Calorías por gramo, el promedio obtenido por sub muestra fue de 4476,55 cal/g, con una desviación estándar de 126,079 cal/g. El dato obtenido es similar al promedio de 4500 cal/g para madera que indica la bibliografía.

El individuo AM 078 presenta el mayor valor calórico del estudio (4679,0 cal/g), pertenece a la clase diamétrica 8 (mayor o igual a 45 cm de dap) y para los fines de la presente investigación se considera como un árbol establecido y adulto, con la base del Diámetro Mínimo de Corta establecido por el INRENA.

El individuo AM 004 presenta el menor valor calórico del estudio (4109,33 cal/g), pertenece a la clase diamétrica 1 (10 a 15 cm de dap) y para los fines de la presente investigación se considera como un árbol establecido y in maduro, tomando como base al Diámetro Mínimo de Corta establecido por el INRENA.

En ambos caso el valor calórico obtenido no dependió del volumen de muestra utilizada en el análisis sino dependió de la clase día métrica a la cual pertenecía la muestra.

Es decir la cantidad de calorías o carbono que puede capturar un árbol de Hualtaco está directamente relacionada al diámetro a la altura del pecho (dap) o madurez de los individuos, con esto se confirma la teoría de que “a mayor dap, mayor será la cantidad de carbono que haya capturando” ó “un árbol adulto habrá capturado mayor cantidad de carbono que un árbol joven”. Estas afirmaciones se cumplen únicamente cuando se habla de la misma especie y en condiciones climáticas similares.

**Cuadro 13** : Pesos de las sub muestras utilizadas y Valor Calórico de las mismas.

<i><b>Total de Árboles</b></i>	<i><b>Árbol Muestra</b></i>	<i><b>Clase Diamétrica</b></i>	<i><b>Valor Calórico (cal/g)</b></i>	<i><b>Peso de muestra (g)</b></i>
1	AM 003	7	4421,5	0,2662
2	AM 004	1	4109,3	0,2303
3	AM 008	2	4357,0	0,2177
4	AM 012	7	4577,7	0,2202
5	AM 017	2	4466,9	0,2565
6	AM 020	5	4247,9	0,2617
7	AM 025	1	4279,0	0,2363
8	AM 026	5	4591,0	0,2494
9	AM 028	6	4406,7	0,2226
10	AM 033	5	4504,2	0,2309
11	AM 034	6	4580,1	0,2521
12	AM 039	6	4472,9	0,2641
13	AM 044	4	4592,0	0,2193
14	AM 047	7	4487,6	0,2180
15	AM 048	6	4445,1	0,2396
16	AM 054	4	4641,0	0,2521
17	AM 056	5	4551,1	0,2514
18	AM 062	6	4667,0	0,2299
19	AM 066	8	4477,4	0,2134
20	AM 068	4	4472,5	0,2592
21	AM 070	5	4485,8	0,2428
22	AM 072	4	4489,2	0,2241
23	AM 078	3	4493,6	0,2345
24	AM 079	3	4493,4	0,2285
25	AM 082	8	4679,0	0,2384
26	AM 084	5	4470,3	0,2487
27	AM 086	5	4319,0	0,2321
28	AM 091	3	4392,8	0,2401
29	AM 093	6	4508,5	0,2462
30	AM 100	6	4616,8	0,2531

#### 4.14 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS SUB MUESTRAS

##### 4.14.1 Determinación del Contenido de Humedad de las Sub Muestras

El valor promedio del contenido de humedad de las sub muestras de MTI, MTII y MTIII fue de 41,6%, 42,9% y 41,6% respectivamente y los valores promedio de contenido de humedad de las sub muestras MRI, MRII y MRIII fue de 43,6%, 42,9% y 44,3%.

En base al párrafo anterior se puede inferir que el contenido de humedad de las ramas es mayor que el del fuste, a pesar de que la diferencia entre ellas es poco mayor al 1,5 %.

Las sub muestras de hojarasca en promedio tuvieron 8,8% de contenido de humedad, esto se debió a que la mayoría de las sub muestras ya se encontraban secas, el promedio de contenido de humedad de las muestras que aun contaban con humedad fue de 34,66%, siendo mayor este valor con respecto al total de sub muestras. En el Cuadro 16 se muestra el contenido de humedad de cada sub muestra.

En el Cuadro 14 se puede apreciar el contenido de humedad de cada sub muestra de Ramas Gruesas y en el cuadro 15 el contenido de humedad de cada sub muestra de Fuste.

##### 4.14.2 Determinación del Contenido de Humedad de Cada Componente Arbóreo

El promedio del contenido de humedad de las sub muestras del fuste fue de 42,05%, en base a este valor se puede inferir que aproximadamente la mitad del peso del fuste es agua.

El promedio del contenido de humedad de las sub muestras MRI, MRII y MRIII fue de 43,44%, ligeramente mayor al valor obtenido en las sub muestras de fuste, donde aproximadamente la mitad del peso húmedo de ramas gruesas es agua.

El contenido de humedad promedio del árbol de Hualtaco es de 56,7% presentando valores de entre 46,10% a 72,91%, el del Fuste es de 42,05 % con valores que van desde 31,30% a 56,31% y el de las Ramas Gruesas es de 43,44% presentando valores de 8,88% a 55,28%.

En el cuadro 14, se puede apreciar con mayor precisión los contenidos de humedad de cada rodaja de Ramas Gruesas y en el cuadro 15 se puede apreciar el contenido de humedad de las rodajas de fuste, al igual que los contenidos de humedad promedio para cada componente arbóreo.

**Cuadro 14 :** Contenido de Humedad de las sub muestras de Ramas gruesas.

Total de Árboles	Árbol Muestra	Muestras de Ramas						Contenido de Humedad			
		Húmeda			Seca			MRI	MRII	MRIII	CH % prom
		MRI	MRII	MRIII	MRI	MRII	MRIII				
1	AM 003	0,869	0,654	1,308	0,480	0,360	0,720	0,448	0,450	0,450	44,89%
2	AM 004	0,216	0,118	0,712	0,100	0,060	0,320	0,537	0,492	0,551	52,64%
3	AM 008	0,783	0,630	1,225	0,400	0,320	0,620	0,489	0,492	0,494	49,17%
4	AM 012	1,391	2,771	0,950	1,320	2,320	0,900	0,051	0,163	0,053	8,88%
5	AM 017	0,206	0,526	0,361	0,120	0,340	0,240	0,417	0,354	0,335	36,88%
6	AM 020	1,393	1,860	0,480	0,780	0,960	0,260	0,440	0,484	0,458	46,08%
7	AM 025	0,665	0,184	0,452	0,340	0,100	0,220	0,489	0,457	0,513	48,62%
8	AM 026	1,505	0,311	0,928	0,840	0,160	0,520	0,442	0,486	0,440	45,57%
9	AM 028	0,430	0,917	0,286	0,120	0,440	0,200	0,721	0,520	0,301	51,39%
10	AM 033	0,737	1,560	1,755	0,400	1,000	0,880	0,457	0,359	0,499	43,83%
11	AM 034	2,119	2,461	0,802	1,280	1,500	0,460	0,396	0,390	0,426	40,43%
12	AM 039	1,445	3,700	0,773	0,820	2,120	0,420	0,433	0,427	0,457	43,87%
13	AM 044	0,914	1,217	0,714	0,440	0,700	0,380	0,519	0,425	0,468	47,04%
14	AM 047	1,697	1,512	1,107	1,020	0,920	0,660	0,399	0,392	0,404	39,81%
15	AM 048	2,440	0,783	1,577	1,360	0,460	0,880	0,443	0,413	0,442	43,24%
16	AM 054	2,151	0,525	0,594	1,180	0,280	0,320	0,451	0,467	0,461	45,98%
17	AM 056	1,315	0,553	0,862	0,800	0,340	0,500	0,392	0,385	0,420	39,89%
18	AM 062	1,111	1,870	2,459	0,660	1,020	1,320	0,406	0,455	0,463	44,12%
19	AM 066	1,016	3,054	4,462	0,620	1,860	2,800	0,390	0,391	0,372	38,44%
20	AM 068	0,642	0,526	0,742	0,380	0,300	0,340	0,408	0,430	0,542	45,98%
21	AM 070	0,654	0,561	0,853	0,340	0,300	0,460	0,480	0,465	0,461	46,87%
22	AM 072	1,625	1,455	0,527	0,960	0,860	0,300	0,409	0,409	0,431	41,63%
23	AM 078	1,175			0,700			0,404			40,43%
24	AM 079	0,364	0,528	1,121	0,200	0,300	0,600	0,451	0,432	0,465	44,90%
25	AM 082	0,892	0,765	0,429	0,500	0,420	0,220	0,439	0,451	0,487	45,92%
26	AM 084	1,149			0,700			0,391			39,08%
27	AM 086	2,404	1,199	0,751	1,360	0,640	0,400	0,434	0,466	0,467	45,60%
28	AM 091	0,409	0,592	0,491	0,240	0,320	0,250	0,413	0,459	0,491	45,45%
29	AM 093	1,392	0,793	0,500	0,720	0,400	0,160	0,483	0,496	0,680	55,28%
30	AM 100	1,515	1,498	1,721	0,820	0,900	1,060	0,459	0,399	0,384	41,40%



En el cuadro 14 se aprecia la diferencia de peso entre la sub muestra húmeda y seca en ramas gruesas además del porcentaje del contenido de humedad de cada sub muestras y los valores por cada tipo de sub muestra. Asimismo, se observa que las sub muestras de ramas gruesas del AM 093 contuvo el mayor valor de contenido de húmeda 55,28% y el AM 012 presento el menor valor de contenido de humedad 8,88%; Siendo un valor muy por debajo del promedio de contenidos de humedad en ramas gruesas.

El contenido de humedad promedio en las ramas gruesas fue de 43,44%, el promedio de contenido humedad en las muestra MRI es de 43,63%, el de MRII es de 42,88% y el de MRIII es de 44,33%.

**Cuadro 15 :** Contenido de Humedad de las Sub muestras de Fuste.

Total de Árboles	Árbol Muestra	Muestras de Fuste						Contenido de Humedad			
		Húmeda			Seca			MTI	MTII	MTIII	CH % prom
		MTI	MTII	MTIII	MTI	MTII	MTIII				
1	AM 003	2,790	3,365	3,050	1,760	1,520	2,080	0,369	0,548	0,318	41,18
2	AM 004	0,176	0,518	0,788	0,080	0,220	0,340	0,545	0,575	0,569	56,31%
3	AM 008	2,200	2,534	3,350	1,120	1,320	1,880	0,491	0,479	0,439	46,96%
4	AM 012	1,812	3,505	3,505	0,920	1,780	2,640	0,492	0,492	0,247	41,04%
5	AM 017	0,728	2,152	3,241	0,320	1,140	1,380	0,560	0,470	0,574	53,50%
6	AM 020	2,794			1,540			0,449			44,88%
7	AM 025	0,998	1,212	1,561	0,540	0,660	0,880	0,459	0,455	0,436	45,02%
8	AM 026	2,998	2,433	1,920	1,660	1,340	0,960	0,446	0,449	0,500	46,52%
9	AM 028	1,267	1,840	2,102	0,640	1,140	1,120	0,495	0,380	0,467	44,75%
10	AM 033	3,812	3,947	2,452	2,460	2,120	1,640	0,355	0,463	0,331	38,29%
11	AM 034	2,807	4,135	3,222	2,000	2,540	1,880	0,287	0,386	0,417	36,32%
12	AM 039	1,981	2,222	1,555	1,360	1,440	0,820	0,313	0,352	0,473	37,94%
13	AM 044	2,985	2,879	3,575	1,780	1,880	2,300	0,404	0,347	0,357	36,91%
14	AM 047	2,548	3,064	2,307	1,540	1,900	1,440	0,396	0,380	0,376	38,38%
15	AM 048	4,557	1,521	2,044	2,400	0,920	1,240	0,473	0,395	0,393	42,06%
16	AM 054	3,288	2,268	1,841	1,960	1,260	0,920	0,404	0,444	0,500	44,95%
17	AM 056	3,649	4,046	2,108	2,240	2,260	1,280	0,386	0,441	0,393	40,68%
18	AM 062	4,098		3,526	2,320		1,740	0,434		0,507	47,02%
19	AM 066	2.408	2.145	2.197	1.440	1.260	1.280	0.402	0.413	0.417	41.07%
20	AM 068	3.470	3.210	2.306	2.220	2.120	1.400	0.360	0.340	0.393	36.42%

21	AM 070	1.615	2.321	3.876	0.900	1.160	2.320	0.443	0.500	0.401	44.81%
22	AM 072	1.130	1.899	4.401	0.680	1.140	2.980	0.398	0.400	0.323	37.36%
23	AM 078	2.535	2.890	3.395	1.520	1.880	2.340	0.400	0.349	0.311	35.35%
24	AM 079	2.096	1.434	2.757	1.180	0.780	1.420	0.437	0.456	0.485	45.93%
25	AM 082	2.117	2.386	1.305	1.300	1.440	0.720	0.386	0.396	0.448	41.02%
26	AM 084	2.411			1.540			0.361			36.13%
27	AM 086	4.950	3.683	2.937	2.920	2.080	1.640	0.410	0.435	0.442	42.90%
28	AM 091	1.453	1.185	0.429	0.900	0.720	0.260	0.381	0.392	0.394	38.90%
29	AM 093	1.494	1.410	1.409	0.800	0.740	0.720	0.465	0.475	0.489	47.62%
30	AM 100	3.480	3.917	2.415	2.300	2.500	1.840	0.339	0.362	0.238	31.30%

En el cuadro 15 se aprecian la diferencia de peso entre la sub muestra húmeda y seca de fustes además del porcentaje del contenido de humedad de cada sub muestras y los valores por cada tipo de sub muestra. Asimismo, se observa que la sub muestra de fuste de mayor contenido de húmeda fue del AM 004 con un valor de 56,31% y la que tuvo el menor valor de contenido de humedad fue el AM 100 con 31,3 %.

El contenido de humedad promedio del fuste fue de 42,05%, el contenido de humedad promedio de MTI, MTII, MTIII es de 41,8 %, 42,88% y 41,56% respectivamente.

**Cuadro 16** : Contenido de Humedad de las Sub muestras de Hojarasca.

<i>Total de Árboles</i>	<i>Árbol Muestra</i>	<i>Hojarasca Húmeda</i>	<i>Hojarasca Seca</i>	<i>Contenido de Humedad</i>
1	AM 003	0,03	0,03	0,000
2	AM 004	0,237	0,237	0,000
3	AM 008	0,059	0,059	0,000
4	AM 012			
5	AM 017	0,033	0,023	0,303
6	AM 020	0,044	0,044	0,000
7	AM 025			
8	AM 026	0,028	0,028	0,000
9	AM 028	0,008	0,008	0,000
10	AM 033	0,088	0,088	0,000
11	AM 034			
12	AM 039			
13	AM 044	0,046	0,026	0,435
14	AM 047	0,022	0,022	0,000
15	AM 048			
16	AM 054	0,061	0,061	0,000
17	AM 056	0,023	0,023	0,000
18	AM 062	0,245	0,171	0,302
19	AM 066	0,1	0,1	0,000
20	AM 068	0,087	0,087	0,000
21	AM 070	0,07	0,07	0,000
22	AM 072	0,024	0,024	0,000
23	AM 078	0,108	0,108	0,000
24	AM 079	0,087	0,087	0,000
25	AM 082			
26	AM 084	0,004	0,004	0,000
27	AM 086			
28	AM 091	0,088	0,088	0,000
29	AM 093	0,07	0,07	0,000
30	AM 100			

Como se muestra en el Cuadro 16, solo en 3 de las 22 muestras hubo un cambio de peso, es decir 19 muestras de hojarasca ya se encontraban secas cuando fueron registradas en campo. Esto se debe a las altas temperaturas que presenta la zona, al igual que la baja condición de

humedad que tiene la región Piura sumado al prolongado tiempo de exposición a estas condiciones.

#### 4.14.3 Determinación del Peso Seco Total de Cada Componente Arbóreo

Se obtuvo el peso seco de cada componente aplicando el valor promedio de contenido de humedad de cada sub muestra. Los pesos secos por componentes y totales de cada árbol muestra se aprecian en Cuadro 17, al igual que el valor porcentual del contenido de humedad por individuo y componente.

También se aprecia que el AM 084 es el que tuvo el mayor peso seco total con 1123,56 kg, y su contenido de humedad antes del secado fue de 61,65%, en cambio el individuo AM 004 es el que presentó el menor peso seco, siendo de 39,90 kg con un contenido de humedad de antes del secado de 46,10%. El peso seco promedio del total del árbol es de 373,34 kg.

En el mismo cuadro se muestra el AM 084 es el que tuvo el mayor peso seco del fuste con 259,69 kg y un contenido de humedad antes del secado de 36,13%, a diferencia del AM 004 que es el que tuvo el menor peso seco del fuste con un peso de 14,35 kg y un contenido de humedad antes del secado de 56,31%. El peso seco promedio del fuste fue de 108,13 kg.

Por último el AM 062 es el que tuvo el mayor peso seco de Ramas gruesas, con un peso de 879,12 kg y un contenido de humedad antes del secado de 44,12%, a diferencia del AM 004, el cual tuvo el menor peso seco de ramas gruesas con 25,55 kg y un contenido de humedad antes del secado de 52,64%. El peso promedio de la muestra es de 265,21 kg.

**Cuadro 17:** Contenido de Humedad (CH) en Kg de cada componente y del total del individuo.

Total de Árboles	Árbol Muestra	BIOMASA DE FUSTE			BIOMASA DE RAMAS GRUESAS			BIOMASA TOTAL		
		Biomasa Húmeda	CH %	Biomasa Seca	Biomasa Húmeda	CH %	Biomasa Seca	Biomasa Húmeda	CH %	Biomasa Seca
1	AM 003	120,21	41,18%	49,50	367,831	44,89%	165,12	488,04	56,02%	214,63
2	AM 004	25,48	56,31%	14,35	48,546	52,64%	25,55	74,03	46,10%	39,90
3	AM 008	68,08	46,96%	31,97	189,638	49,17%	93,24	257,72	51,41%	125,22
4	AM 012	379,38	41,04%	155,70	290,612	8,88%	25,81	669,99	72,91%	181,51
5	AM 017	103,12	53,50%	55,17	88,093	36,88%	32,48	191,21	54,16%	87,65
6	AM 020	292,29	44,88%	131,19	629,733	46,08%	290,15	922,03	54,30%	421,34
7	AM 025	59,27	45,02%	26,68	92,801	48,62%	45,12	152,07	52,78%	71,80
8	AM 026	95,35	46,52%	44,36	410,244	45,57%	186,94	505,60	54,25%	231,30
9	AM 028	284,01	44,75%	127,09	205,133	51,39%	105,42	489,15	52,46%	232,52
10	AM 033	442,39	38,29%	169,39	1712,052	43,83%	750,34	2154,44	57,31%	919,73
11	AM 034	624,02	36,32%	226,67	1469,882	40,43%	594,26	2093,90	60,79%	820,93
12	AM 039	217,76	37,94%	82,61	864,418	43,87%	379,25	1082,18	57,32%	461,86
13	AM 044	239,44	36,91%	88,38	166,345	47,04%	78,25	405,78	58,94%	166,63
14	AM 047	490,39	38,38%	188,20	863,816	39,81%	343,88	1354,20	60,71%	532,07
15	AM 048	249,24	42,06%	104,83	1259,8	43,24%	544,70	1509,04	56,96%	649,53
16	AM 054	208,40	44,95%	93,68	95,5	45,98%	43,91	303,90	54,72%	137,59
17	AM 056	209,30	40,68%	85,14	515,23	39,89%	205,54	724,53	59,88%	290,68
18	AM 062	437,85	47,02%	205,88	1992,44	44,12%	879,12	2430,29	55,36%	1085,00
19	AM 066	532,74	41,07%	218,77	1394,532	38,44%	536,06	1927,27	60,83%	754,83
20	AM 068	216,99	36,42%	79,03	267,41	45,98%	122,97	484,40	58,30%	202,00
21	AM 070	182,31	44,81%	81,70	587,068	46,87%	275,16	769,38	53,62%	356,86
22	AM 072	305,27	37,36%	114,05	469,607	41,63%	195,50	774,88	60,05%	309,55
23	AM 078	421,23	35,35%	148,92	584,425	40,43%	236,26	1005,65	61,70%	385,18
24	AM 079	119,79	45,93%	55,02	333,013	44,90%	149,54	452,80	54,82%	204,56
25	AM 082	174,31	41,02%	71,51	270,086	45,92%	124,03	444,39	56,00%	195,53
26	AM 084	718,85	36,13%	259,69	2210,649	39,08%	863,87	2929,50	61,65%	1123,56
27	AM 086	267,07	42,90%	114,57	470,854	45,60%	214,69	737,92	55,38%	329,26
28	AM 091	134,57	38,90%	52,34	60,492	45,45%	27,49	195,06	59,07%	79,84
29	AM 093	136,81	47,62%	65,15	196,185	55,28%	108,45	333,00	47,87%	173,60
30	AM 100	327,51	31,30%	102,50	756,734	41,40%	313,29	1084,24	61,65%	415,80

#### 4.15 DETERMINACIÓN DE CARBONO DE LAS SUB MUESTRAS DE FUSTE.

##### 4.15.1 Determinación de los gramos de carbono de las sub muestras de fuste.

El laboratorio de IIN entregó los resultados del análisis en bomba calorimétrica modificada tras dos semanas de análisis. Los valores entregados son de la cantidad de Calorías por gramo de sub muestra pulverizada y el peso de la sub muestras utilizada para el análisis. Los valores recibidos del IIN estuvieron en cal/g adicionando un paso en el procesamiento de datos, pues debió de ser en calorías por peso de sub muestra utilizada.

Se determinó el contenido de gramos de las sub muestras de fuste por una relación simple entre el peso de la muestra usada en laboratorio y un gramo de la misma. El valor promedio obtenido de carbono en las sub muestras usada en el laboratorio fue de 0,1121 g con una desviación estándar de 0,0079 g. El mayor contenido de carbono lo presentó el AM 039 con 0,1236 g y el AM 004 presentó la menor cantidad con 0,099 g. La cantidad de carbono por gramo de las sub muestras recibidos por el IIN y el peso de la sub muestras que se utilizaron para el análisis se presentan en el Cuadro 18.

##### 4.15.2 Determinación de la fracción de carbono de la sub muestra de fuste.

Se determinó la fracción de carbono para cada sub muestra obteniendo un valor promedio de 0,4686. El mayor contenido de carbono lo presentó el AM 084 con 0,4897 y el AM 004 presentó la menor cantidad con 0,4301. Los valores obtenidos de fracción de carbono de sub muestras se aprecian en el Cuadro 18; Pudiéndose afirmar que la fracción de carbono de la especie es de 0,47 y que este valor se encuentra en el rango presentado por Alegre (0,45) y el IPCC (0,5).

##### 4.15.3 Determinación de la cantidad de carbono en el fuste.

Se determino la cantidad de carbono que contiene el fuste de cada individuo muestreado obteniendo un total de 1532,460 kg de carbono, con un promedio por individuo de 51,082 kg con una variación en la muestra de 30,788 kg. Conforme al Cuadro 18 se puede apreciar que el

individuo con mayor contenido de carbono fue el AM 084 con 127,048 kg y el de menor contenido de carbono fue el AM 004 con 6,172 kg. Conforme a los párrafos anteriores se puede decir que un árbol de Hualtaco contiene en promedio 51 kg de carbono ó 187 kg de dióxido de carbono equivalente, bajo la misma premisa, la muestra de 30 fustes de Hualtaco capturó 1532,46 kg de carbono ó 5619,2 kg de dióxido de carbono equivalente.

**Cuadro 18 :** Contenido de Carbono en la sub muestra y Fuste.

<i>Total de Árboles</i>	<i>Árbol Muestra</i>	<i>Valor Calorífico (cal/g)</i>	<i>Peso de la muestra usada en el Lab (g)</i>	<i>Carbono en la muestra usada en el Lab (g)</i>	<i>Fracción de Carbono</i>	<i>Biomasa Seca del Fuste (kg)</i>	<i>Carbono en el Fuste (kg)</i>
1	AM 003	4421,51	0,2662	0,1232	0,4628	49,50	22,911
2	AM 004	4109,33	0,2303	0,0990	0,4301	14,35	6,172
3	AM 008	4356,98	0,2177	0,0993	0,4560	31,97	14,581
4	AM 012	4577,73	0,2202	0,1055	0,4792	155,70	74,603
5	AM 017	4466,91	0,2565	0,1199	0,4676	55,17	25,793
6	AM 020	4247,95	0,2617	0,1163	0,4446	131,19	58,330
7	AM 025	4279,00	0,2363	0,1058	0,4479	26,68	11,951
8	AM 026	4591,04	0,2494	0,1198	0,4805	44,36	21,315
9	AM 028	4406,72	0,2226	0,1027	0,4613	127,09	58,622
10	AM 033	4504,22	0,2309	0,1089	0,4715	169,39	79,861
11	AM 034	4580,13	0,2521	0,1209	0,4794	226,67	108,667
12	AM 039	4472,86	0,2641	0,1236	0,4682	82,61	38,675
13	AM 044	4591,97	0,2193	0,1054	0,4806	88,38	42,479
14	AM 047	4487,62	0,2180	0,1024	0,4697	188,20	88,399
15	AM 048	4445,12	0,2396	0,1115	0,4653	104,83	48,775
16	AM 054	4640,99	0,2521	0,1225	0,4858	93,68	45,508
17	AM 056	4551,12	0,2514	0,1198	0,4764	85,14	40,558
18	AM 062	4667,04	0,2299	0,1123	0,4885	205,88	100,570
19	AM 066	4477,44	0,2134	0,1000	0,4687	218,77	102,528
20	AM 068	4472,48	0,2592	0,1213	0,4681	79,03	36,998
21	AM 070	4616,79	0,2531	0,1223	0,4832	81,70	39,480
22	AM 072	4485,75	0,2428	0,1140	0,4695	114,05	53,549
23	AM 078	4489,21	0,2241	0,1053	0,4699	148,92	69,976
24	AM 079	4493,55	0,2345	0,1103	0,4703	55,02	25,880
25	AM 082	4493,43	0,2285	0,1075	0,4703	71,51	33,631
26	AM 084	4678,99	0,2384	0,1168	0,4897	259,41	127,048
27	AM 086	4470,32	0,2487	0,1164	0,4679	114,57	53,608
28	AM 091	4319,01	0,2321	0,1049	0,4521	52,34	23,663

29	AM 093	4392,79	0,2401	0,1104	0,4598	65,15	29,958
30	AM 100	4508,50	0,2462	0,1162	0,4719	102,50	48,371

#### 4.16 ELABORACIÓN DE ECUACIONES

##### 4.16.1 Ecuaciones de Biomasa Aérea y Carbono del Hualtaco

##### A) ELABORACIÓN DE LA ECUACIÓN DE BIOMASA AÉREA DEL HUALTACO

##### a) Análisis de las ecuaciones en función al Coeficiente de determinación $R^2$

Se analizó el Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) en función de la biomasa húmeda de ramas gruesas, del Fuste y Total con relación a su DAP ó DAC, y se descarto las ecuaciones que no presentaron una fuerte relación lineal.

**Cuadro 19:** Ecuaciones de biomosas en función de Biomasa húmeda de Ramas Gruesas y DAP.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombre de Ecuaciones</b>	<b>(R)2</b>
1	Berkhout	0,0032
2	Kopezky	1,66 x 10-5
3	Hohenadl - Krenn	0,0777
4	Spurr	5,51 x 10-5
5	Stoate	0,1236
6	Meyer	0,1004
7	Schumacher-Hall	0,114
8	Husch	0,114



Como se aprecia en el Cuadro 19, ninguna de las 8 ecuaciones presento una considerable relación lineal entre la biomasa de Ramas Gruesas y el DAP, por lo tanto estas ecuaciones quedan descartadas para el análisis.

**Cuadro 20** : Ecuaciones de biomosas en función de Biomasa húmeda del fuste y DAP.

<i>N° Ecuaciones</i>	<i>Nombre de Ecuaciones</i>	<i>(R)2</i>
1	Berkhout	0,0221
2	Kopezky	0,0549
3	Hohenadl - Krenn	0,1643
4	Spurr	0,0064
5	Stoate	0,1862
6	Meyer	0,1677
7	Schumacher-Hall	0,2125
8	Husch	0,0957

Como se aprecia en el Cuadro 20, las ecuaciones presentan una muy pobre relación lineal entre la Biomasa húmeda de Fuste y el DAP, por lo tanto estas ecuaciones quedan descartadas para el análisis.

**Cuadro 21** : Ecuaciones de biomosas en función de Biomasa húmeda Total y DAP.

<i>N° Ecuaciones</i>	<i>Nombre de Ecuaciones</i>	<i>(R)2</i>
1	Berkhout	0,0064
2	Kopezky	0,0004
3	Hohenadl - Krenn	0,1005
4	Spurr	0,0002
5	Stoate	0,1449
6	Meyer	0,1208
7	Schumacher-Hall	0,1467
8	Husch	0,1299

**Cuadro 22** : Ecuaciones de biomاسas en función Biomasa húmeda de Ramas Gruesas y DAC.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombre de Ecuaciones</b>	<b>(R)2</b>
1	Berkhout	0,0051
2	Kopezky	0,0004
3	Hohenadl - Krenn	0,0862
4	Spurr	0,0015
5	Stoate	0,0332
6	Meyer	0,0514
7	Schumacher-Hall	0,1255
8	Husch	0,1477

Como se aprecia en el Cuadro 22, las ecuaciones utilizadas no presentan una significativa relación lineal entre la Biomasa húmeda de Ramas gruesas y el DAC. En base a lo mencionado se han descartado las ecuaciones del análisis.

**Cuadro 23** : Ecuaciones de biomاسas en función Biomasa húmeda de fuste y DAC.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombre de Ecuaciones</b>	<b>(R)2</b>
1	Berkhout	0,0688
2	Kopezky	0,0492
3	Hohenadl - Krenn	0,1123
4	Spurr	0,0523
5	Stoate	0,1019
6	Meyer	0,1073
7	Schumacher-Hall	0,2626
8	Husch	0,2416

En el Cuadro 23 se muestra que las 8 ecuaciones analizadas no brindan una correlación significativa de relación lineal entre la Biomasa húmeda de fuste y el DAC, es por esto que se descartaron dichas ecuaciones del análisis.

**Cuadro 24** : Ecuaciones de biomاسas en función Biomasa húmeda Total y DAC.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombre de Ecuaciones</b>	<b>(R)<sup>2</sup></b>
1	Berkhout	0,0140
2	Kopezky	0,0046
3	Hohenadl - Krenn	0,0907
4	Spurr	0,0071
5	Stoate	0,0441
6	Meyer	0,0609
7	Schumacher-Hall	0,1722
8	Husch	0,1535

Como se muestra en el cuadro 24 el valor de correlación lineal de las ecuaciones analizadas no pasó el valor mínimo de 0,5 por lo cual se descartaron dichas ecuaciones del análisis.

Se puede afirmar que las ecuaciones de Berkhout, Kopezky Hohenadl – Krenn, Husch, Spurr, Stoate, Meyer y Schumacher-Hall no son apropiadas, para describir la biomasa húmeda de ramas gruesas, de Fuste y Total en función del DAP ó DAC, debido a que los valores de correlación lineal que generaron estas ecuaciones fueron menores a 0,5.

#### ***B) ELABORACIÓN DE LA ECUACIÓN DE CARBONO DEL HUALTACO***

##### **a) Análisis de las ecuaciones en función al Coeficiente de determinación $R^2$**

Se analizó el Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) en función de la Cantidad de Carbono en el Fuste con relación a su DAP ó DAC, y se descarto las ecuaciones que no presentaron una fuerte relación lineal.

**Cuadro 25:** Ecuaciones para estimar Carbono del Fuste en función del DAP.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombres</b>	<b>(R)<sup>2</sup></b>
1	Berkhout	0,5778
2	Kopezky	0,6086
3	Hohenadl - Krenn	0,6094
4	Spurr	0,5974
5	Stoate	0,638
6	Meyer	0,6382
7	Schumacher-Hall	0,7159
8	Husch	0,6767

Según el Cuadro 25, todas las ecuaciones cumplen con tener una correlación mayor o igual a 0,5, mostrando una fuerte relación lineal entre el Carbono del Fuste y el DAP. La ecuación con la mayor correlación es la ecuación de Schumacher-Hall presentando un valor de 0,7159.

**Cuadro 26:** Ecuaciones para estimar Carbono del Fuste en función del DAC.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombres</b>	<b>(R)<sup>2</sup></b>
1	Berkhout	0,7687
2	Kopezky	0,7678
3	Hohenadl - Krenn	0,7742
4	Spurr	0,7613
5	Stoate	0,7993
6	Meyer	0,8031
7	Schumacher-Hall	0,8273
8	Husch	0,7756

En el Cuadro 26 se aprecia que las 8 ecuaciones han obtenido una alta correlación, siendo esta mayor a 0,5, mostrando una fuerte relación lineal entre el Carbono del Fuste y el DAC. La ecuación con la mayor correlación es la ecuación de Schumacher-Hall presentando un valor de 0,8273.

Cabe destacar que los mayores valores de correlación fueron obtenidos por las ecuaciones que estuvieron en función al DAC, en base a esto se puede afirmar que en bosques naturales el DAC ofrece una mejor relación para predecir la cantidad de carbono en el fuste.

b) Análisis de las ecuaciones en función de la Prueba de “F” de Fisher

**Cuadro 27** : Ecuaciones de Carbono del fuste en función del DAP Prueba de Fisher.

<i>N° Ecuaciones</i>	<i>Nombres</i>	<i>F - Calculado</i>	<i>F - tabular</i>	<i>Nivel de sig</i>
1	Berkhout	38,32	4,20	***
2	Kopezky	43,531	4,20	***
3	Hohenadl - Krenn	21,06	3,35	***
4	Spurr	41,55	4,20	***
5	Stoate	15,28	2,98	***
6	Meyer	15,29	2,98	***
7	Schumacher-Hall	34,02	3,35	***
8	Husch	58,6	4,20	***

En el cuadro 27 se puede apreciar que todas las ecuaciones de carbono fueron analizadas en función del DAP bajo el estadístico de Fisher, observándose que todos los valores de F calculado fueron mayores que los valores del F tabular; siendo aceptadas todas las ecuaciones por ser estadísticamente significativas.

**Cuadro 28** : Ecuaciones de Carbono del fuste en función del DAC Prueba de Fisher.

<i>N° Ecuaciones.</i>	<i>Nombres</i>	<i>F - Calculado</i>	<i>F - tabular</i>	<i>Nivel Sig</i>
1	Berkhout	93,04	4,23	***
2	Kopezky	92,57	4,20	***
3	Hohenadl - Krenn	46,28	3,35	***
4	Spurr	89,31	4,20	***
5	Stoate	34,51	2,98	***
6	Meyer	35,35	2,98	***
7	Schumacher-Hall	64,66	3,35	***
8	Husch	96,78	4,20	***

En el cuadro 28 se aprecia el análisis estadístico de Fisher para carbono en función del DAC, el cual brinda evidencia estadísticamente significativa para aceptar todas las ecuaciones.

c) Análisis de las ecuaciones en función de la Prueba de “t” de Student

**Cuadro 29** : Ecuaciones de Carbono en función del DAP, Prueba de Student.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombres</b>	<b>t tab</b>	<b>t calc a</b>	<b>Nivel Sig</b>	<b>t calc b</b>	<b>Nivel Sig</b>	<b>t calc c</b>	<b>Nivel Sig</b>	<b>t calc d</b>	<b>Nivel Sig</b>
1	Berkhout	2,045	-2,142	*	6,19	***				
2	Kopezky	2,045	0,706	n.s.	6,598	***				
3	Hohenadl - Krenn	2,045	0,413	n.s.	-0,244	n.s.	1,478	n.s.		
4	Spurr	2,045	2,907	**	6,446	***				
5	Stoate	2,045	0,543	n.s.	1,114	n.s.	0,885	n.s.	-0,152	n.s.
6	Meyer	2,045	0,744	n.s.	1,418	n.s.	0,858	n.s.	0,705	n.s.
7	Schumacher-Hall	2,045	6,151	***	5,518	***	1,932	*		
8	Husch	2,045	21,385	***	7,655	***				

En el Cuadro 29 se puede apreciar que cada uno de los valores obtenidos por los elementos de las ecuaciones de Spurr, Schumacher-Hall y Husch, presentan un significativo valor estadístico demostrando ser diferentes a cero, existiendo evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Las demás ecuaciones no demostraron el nivel mínimo de significancia siendo descartadas del análisis.

**Cuadro 30** : Ecuaciones de Carbono en función del DAC, Prueba de Student.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombres</b>	<b>t tab</b>	<b>t calc a</b>	<b>Nivel Sig</b>	<b>t calc b</b>	<b>Nivel Sig</b>	<b>t calc c</b>	<b>Nivel Sig</b>	<b>t calc d</b>	<b>Nivel Sig</b>
1	Berkhout	2,045	-3,611	**	9,646	***				
2	Kopezky	2,045	1,707	n.s.	9,621	***				
3	Hohenadl - Krenn	2,045	-0,516	n.s.	0,876	n.s.	0,811	n.s.		
4	Spurr	2,045	4,15	***	9,45	***				
5	Stoate	2,045	-0,208	n.s.	2,127	*	0,195	n.s.	1,883	n.s.
6	Meyer	2,045	-0,089	n.s.	2,349	*	-0,372	n.s.	1,283	n.s.
7	Schumacher-Hall	2,045	8,543	***	8,215	***	2,842	**		
8	Husch	2,045	29,661	***	9,838	***				

En el Cuadro 30 se aprecia el alto grado de significancia estadística de cada uno de los valores obtenidos por los elementos de las ecuaciones de Berkhout, Spurr, Schumacher-Hall y Husch demostrando que sus valores son diferentes a cero, brindando evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Las ecuaciones restantes fueron desechadas por no presentar el nivel mínimo de significancia.

**C) SELECCIÓN DE LA MEJOR ECUACIÓN DE BIOMASA AÉREA Y CARBONO DEL HUALTACO**

- a) Análisis de las ecuaciones en función del Cuadrado Medio del Error y el Índice de Furnival

**Cuadro 31 :** Ecuaciones de biomasa en función del DAP, Análisis de CME y IF.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombres</b>	<b>CME</b>	<b>IF</b>
4	Spurr	395,2000	19,8796
7	Schumacher-Hall	0,1455	0,3814
8	Husch	0,1597	0,3996

En el Cuadro 31 se presentan los modelos de Spurr, Schumacher-Hall y Husch, siendo el modelo de Schumacher-Hall el que mejor predice la cantidad de Carbono capturado en el Fuste en función al DAP debido a que presenta el menor valor de IF con 0,3814.

**Cuadro 32 :** Ecuaciones de biomasa en función del DAC, Análisis de CME y IF.

<b>N° Ecuaciones</b>	<b>Nombres</b>	<b>CME</b>	<b>IF</b>
1	Berkhout	227,1000	15,0698
4	Spurr	234,3000	15,3069
7	Schumacher-Hall	0,0885	0,2975
8	Husch	0,1108	0,3329

En el Cuadro 32 se presentan los modelos de Berkhout, Spurr, Schumacher-Hall y Husch, siendo el modelo de modelo de Schumacher – Hall el que mejor predice la cantidad de Carbono en el Fuste en función al DAC por tener el menor valor de IF.

**Cuadro 33:** Ecuación para Estimar la cantidad de carbono del Fuste del Hualtaco en función a DAP y DAC.

<i>En Función al</i>	<i>Nombres</i>	<i>Formulas</i>	<i>Ecuación</i>
DAP	Schumacher-Hall	$\ln C = a + b * \ln \text{dap} + c * \ln h$	$\ln C = 4,4024 + 1,3716 * \ln(\text{DAP}) + 0,4804 * \ln h$
DAC	Schumacher-Hall	$\ln C = a + b * \ln \text{dac} + c * \ln h$	$\ln C = 4,1388 + 1,5789 * \ln(\text{DAC}) + 0,521 * \ln h$

Donde:

C = Carbono del Fuste (kg)

DAC = Diámetro a la altura del Cuello (cm)

DAP = Diámetro a la altura de pecho (cm)

h = Altura total del árbol (m)

Ambas ecuaciones predicen con mayor precisión la cantidad de carbono en el fuste de la especie Hualtaco (*Loxopterigium huasango*) y pueden ser usadas aplicando los datos dendrométricos obtenidos de un inventario forestal.



*D) ESTIMACIÓN DE CANTIDAD DE CARBONO DE CADA ÁRBOL MUESTRA*

**Cuadro 34:** Comparación entre la cantidad de Carbono del fuste calculado y estimado en base al DAP.

<i>Total de Árboles</i>	<i>Árbol Muestra</i>	<i>Carbono del Fuste kg/árbol</i>	<i>Ecuación de Carbono de Fuste en base al DAP <math>Ln C = 4,4024+1,3716*ln(DAP)+0,4804*ln h</math></i>
1	AM 003	22,911	48,43
2	AM 004	6,172	7,67
3	AM 008	14,581	20,67
4	AM 012	74,603	59,61
5	AM 017	25,793	17,96
6	AM 020	58,330	44,51
7	AM 025	11,951	10,67
8	AM 026	21,315	30,84
9	AM 028	58,622	48,98
10	AM 033	79,861	49,93
11	AM 034	108,667	70,70
12	AM 039	38,675	60,94
13	AM 044	42,479	41,80
14	AM 047	88,399	59,58
15	AM 048	48,775	50,36
16	AM 054	45,508	36,93
17	AM 056	40,558	41,33
18	AM 062	100,570	67,35
19	AM 066	102,528	99,81
20	AM 068	36,998	38,85
21	AM 070	39,480	64,84
22	AM 072	53,549	62,83
23	AM 078	69,976	41,71
24	AM 079	25,880	29,17
25	AM 082	33,631	27,93
26	AM 084	127,048	101,22
27	AM 086	53,608	47,45
28	AM 091	23,663	65,28
29	AM 093	29,958	25,60
30	AM 100	48,371	63,77

En el cuadro 34 se puede apreciar la comparación entre la cantidad de carbono en encontrada en el fuste y la estimada en con la ecuación de Schumacher-Hall en base al DAP.

La diferencia en la sumatoria de los valores obtenidos y los encontrados fue de 95,73 kg, es decir por cada 100 kg de carbono estimado hay un déficit en el peso de aproximado 6,25 kg. Se puede afirmar que esta ecuación estima por defecto la cantidad de carbono que ha capturado el fuste de la especie.

**Cuadro 35:** Comparación entre la cantidad de Carbono del fuste calculado y estimado en base al DAC.

<i>Total de Árboles</i>	<i>Árbol Muestra</i>	<i>Carbono del Fuste Kg/árbol</i>	<i>Schumacher-Hall - Carbono de Fuste en base al DAC LnC = (4,1388+1,5789*Ln DAC+0,521*Ln h)</i>
1	AM 003	22,911	32,44
2	AM 004	6,172	7,90
3	AM 008	14,581	18,15
4	AM 012	74,603	77,57
5	AM 017	25,793	17,85
6	AM 020	58,330	51,61
7	AM 025	11,951	15,02
8	AM 026	21,315	27,11
9	AM 028	58,622	52,94
10	AM 033	79,861	79,58
11	AM 034	108,667	132,48
12	AM 039	38,675	58,13
13	AM 044	42,479	53,24
14	AM 047	88,399	60,52
15	AM 048	48,775	42,28
16	AM 054	45,508	34,34
17	AM 056	40,558	36,37
18	AM 062	100,570	80,46
19	AM 066	102,528	85,24
20	AM 068	36,998	29,64
21	AM 070	39,480	51,08
22	AM 072	53,549	43,23
23	AM 078	69,976	44,66
24	AM 079	25,880	28,08
25	AM 082	33,631	22,26
26	AM 084	127,048	121,78
27	AM 086	53,608	42,08
28	AM 091	23,663	47,75
29	AM 093	29,958	26,58
30	AM 100	48,371	74,24
TOTAL		1532,46	1494,61

En el cuadro 35 se puede apreciar la comparación entre la cantidad de carbono encontrada en el fuste y la estimada con la ecuación de Schumacher-Hall en base al DAC.

La diferencia en la sumatoria de los valores obtenidos y los encontrados fue de 37,85 kg, por cada 100 kg de carbono estimado hay un déficit en el peso de aproximado 2,47 kg. Al aplicar esta ecuación se está estimando por defecto la cantidad de carbono que ha capturado el fuste de la especie.

De las dos ecuaciones la de mayor precisión fue la que se desarrolla en función al DAC aun que ambas mantienen un grado aceptable. Además se debe acotar que la mayor precisión se logra para el Fuste del Hualtaco (*Loxopterigium huasango*) en el distrito de Lancones y sus alrededores disminuyendo su fiabilidad conforme se aleje de esa zona.

## 5. CONCLUSIONES

- El Hualtaco (*Loxopterigium huasango* Sprunce), es de gran importancia para el ecosistema como captador y reserva de Carbono.
- La biomasa aérea del Hualtaco (*Loxopterigium huasango* Sprunce) es de aproximadamente 0,9 ton por árbol.
- La fracción de carbono del fuste del Hualtaco (*Loxopterigium huasango* Sprunce) es del 47 % de su masa anhidra.
- El fuste del Hualtaco captura en promedio 51 kg de C lo que representan 187,5 kg de CO<sub>2</sub> equivalente
- Los modelos propuestos no fueron significativos para describir la tendencia de la biomasa del Hualtaco (*Loxopterigium huasango* Sprunce), no alcanzando el objetivo de generar ecuaciones que estimen la biomasa aérea.
- La ecuación de Schumacher – Hall describe con precisión la cantidad de carbono capturado por el fuste del Hualtaco (*Loxopterigium huasango* Sprunce).
- Se desarrollaron dos ecuaciones para determinar la cantidad de carbono capturado por el fuste, una en función al DAP y longitud del fuste y otra en función del DAC y longitud del fuste. Las ecuaciones generadas son las siguientes:
  - o  $\text{Ln } C = 4,1388 + 1,5789 * \ln(\text{DAC}) + 0,521 * \ln h$
  - o  $\text{Ln } C = 4,4024 + 1,3716 * \ln(\text{DAP}) + 0,4804 * \ln h$

## **6. RECOMENDACIONES**

- Trabajar con un equipo multidisciplinario que incluya a un sociólogo o antropólogo para que desarrolle el trabajo social con las poblaciones humanas.
- Los trabajos que incluyan visitas a poblaciones humanas deben de realizarse previa coordinación con las autoridades locales, distritales y municipales.
- Sacar permisos y autorizaciones de forma que no retrasen el muestreo y que dichos permisos no coincidan con la época de defoliación de la especie.
- Para brindar una mayor grado de precisión se debe trasladar un equipo de laboratorio al campo, de forma que se eviten los traslados, retrasos y perjuicios a la muestra.
- Para determinar la cantidad de carbono en otras especies se podría extraer muestras de fuste con un barreno forestal reduciendo los costos y la dureza del trabajo.
- Para realizar un muestreo de biomasa se recomienda trabajar en grupo y realizar estudios en conjunto es decir de propiedades físico mecánico, dendrocronológica, químico, biomasa y carbono de tal forma que se pueda optimizar el uso del recurso abaratando costos, brindando un paquete tecnológico por especies.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

**AECI; ALBOAN; CIPCA; SAIPE. 2000.** Evaluación Participativa de Necesidades Prioritarias: distrito de frontera de Piura – Perú: distrito Lancones (en Línea). Consultado el 12 Feb. 2008

[http://www.cipca.org.pe/cipca/frontera/piu/CARACT\\_LAN.htm](http://www.cipca.org.pe/cipca/frontera/piu/CARACT_LAN.htm)

**AGUILAR, S. 2002.** Estimación de biomasa aérea y carbono almacenado en el área de aprovechamiento anual 2001, Uaxactún, Flores, Petén. Tesis (Ing. Forestal). Centro Universitario de Petén. Universidad de San Carlos de Guatemala, GT. 61 p.

**ALEGRE, J; AREVALO, L. 2003.** Reservas de Carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la Amazonía Peruana.

**ALVARADO, L; ACEVEDO, E; DEL CASTILLO, D; LINARES, C; MARTÍNEZ, P; MALCA, G. 2006.** Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la reserva nacional Pacaya Samiria: Documento técnico N° 29. IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana). Iquitos , Perú. 65 p.

**ANDRADE, H; SEGURA, M. 2008.** Como construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes. Artículo de la 46ava Edición de la revista Agroforestería en las Américas. Costa Rica. 89 – 96p.

**AREVALO, L; ALEGRE, J; PALM, CHERYL. 2003.** Manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Lima, PE. 22 p.

**ARÓSTEGUI, A. 1976.** Descripción Tecnológica de las principales maderas para parquet. Lima, Perú, Departamento de Industrias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 184 p

**ARREAGA, W. 2002.** Almacenamiento del Carbono en bosques con manejo forestal sostenible en la reserva de biosfera maya, Petén, Guatemala. Tesis de Mg SC, Turrialba , Costa Rica. 86 p.

**BAÑOS, J; MATA, L. 2006.** Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana sub perennifolia en el centro de Veracruz. Revista Mexicana de biodiversidad. V.77 N.2. Veracruz, México.

**BARBA, J; RICSE, A; ALEGRE, J. 2001.** “Cuantificación de biomasa y carbono en principales sistemas de uso de suelo en campo verde” Ucayali , Perú.

**BARRENA, V.; DANCE, J.; SÁENZ, S. 1986.** Metodología para la selección de ecuaciones de volumen. Revista Forestal del Perú 13(2) 3- 12. 10p

**CALLO-CHOCHA, D; KRISHNAMURTHY, L; ALEGRE, J. 2001.** “Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF’S y Testigos, en tres pisos ecológicos de la amazonía del Perú”. Ucayali , Perú. 23 p.

**CARLÍN, JL.** Regidor de la Municipalidad Distrital de Morropón. Bosque seco piedra del Toro, área de interés para la conservación. Proyecto municipal para área de conservación. Comisión de desarrollo agropecuario y productivo. Piura, Perú. 42p.

**CASTILLO, M. 1973.** Diagnostico Forestal de los departamentos de Tumbes y Piura. Sub-dirección de Preservación y Conservación del Bosque. Tumbes, Piura , Perú. 38p.

**CENTENO, J. 1992.** El Efecto Invernadero. PLANIUC.

**CENTRO IDEAS. 2006.** Estudio Fenológico de Especies Forestales Nativas de Bosques Seco Alto Piura. Piura, Perú. 191 p.

**CHAVESTA, M. 2005.** Madera para pisos. Departamento de industrias forestales. UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina). Lima, PE. 176 p.

**CHAMBI, P. 2001.** “Valoración económica de secues o de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del Río Inambari y Madre de Dios”. Instituto de investigación y capacitación para el fomento de oportunidades económicas con base en la Conservación de Recursos Raturales. (IICFOE). Tacna, Perú. 20 p.

**COBEÑAS, J. 2009.** Caracterización estructural y flora del bosque seco de Lancones. Sullana. Piura Marzo a Agosto 2008. Tesis (biólogo). Piura, PE. Universidad Nacional de Piura.

**CUBA, A; SILVA, A; CORNEJO, C. 1999.** Memoria del Seminario internacional “Bosques Secos y Desertificación” INRENA (Instituto nacional de recursos naturales). MINAG (Ministerio de Agricultura). Lambayeque, Perú. 427 p.

**DARWINET. 2006.** (en línea). Información para la conservación de los bosques secos de Perú y Ecuador. Consultado el 23 de noviembre del 2011 [http://www.darwinnet.org/old/e\\_mes\\_14.htm](http://www.darwinnet.org/old/e_mes_14.htm)

**REYNEL, C; DAZA, A; MARCELO, J; PENNINGTON, R; PENNINGTON, T. 2006.** Árboles útiles del ande peruano. Guía de identificación, ecológica y propagación de las especies de la sierra y los bosques montanos en el Perú. 466 p.



- DOMÍNGUEZ, J. 1995.** Elaboración y aplicación de un modelo para la estimación de la biomasa de *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav (Asteraeae) Pajaro bobo en la reserva de biosfera del Manú. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. Universidad de Nacional Agraria La Molina. 64 p.
- EDUARTE, E; SEGURA, M. 1998.** Determinación de carbono utilizando la calorimetría. Nota técnica de la 15 edición de la Revista Ciencias Ambientales. Costa Rica. 54 –55 p.
- FONAM. 2004.** Guía práctica para desarrolladores de Proyectos. Proyecto elaboración de una cartera de Proyectos que Califiquen al MDL (PROCLIM-MDL). Lima, PE. 145 p.
- , **2006.** Propuesta final para una definición Peruana de Bosques a ser utilizada en proyectos de uso de la tierra, cambio de uso y silvicultura bajo el Protocolo de Kyoto durante el primer periodo de compromiso. Lima, PE.
- FERNÁNDEZ, W. 1991.** Cambios climáticos; el calentamiento global. Tecnología en Marcha.
- GAMARRA, J. 2001.** “Estimación del contenido de carbono en plantaciones de *Eucalyptus Globulus* Labill, en Junin, Perú”. Ecotecnias para el desarrollo sostenible urbano Rural. (ONGD–EDESUR). Huancayo, Perú. 21p.
- GAYOSO, J; GUERRA, J; ALARCÓN, D. 2002.** Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Universidad Austral De Chile: Proyecto FONDEF D98I1076. Valdivia, Chile. 157 p.

**GAYOSO, J; GUERRA, J. 2005.** Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. Universidad Austral De Chile, Instituto de manejo forestal. Valdivia, Chile.6 p..

**GOBIERNO REGIONAL DE PIURA. 2004.** Recursos de Piura. (En línea). Consultado el 23 de noviembre del 2011 [http://zeeot.regionpiura.gob.pe/zeeotpiura/informacion-cartografica?b\\_start:int=0](http://zeeot.regionpiura.gob.pe/zeeotpiura/informacion-cartografica?b_start:int=0)

**GOBIERNO REGIONAL – GTZ. 2003.** Evaluación del potencial forestal del bosque seco piedra del Toro. Piura, Perú. 105 p.

**GREENOXX 2009.** Anticipándose al Mercado del Carbono Offsets Forestales.

----- **2009.** Mercado Voluntario para Proyectos Forestales Standards.

**GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). 2006.** Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Hayama, Japón

**GUTIÉRREZ, V; LOPERA, G. 2001.** Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales. Universidad Nacional de Colombia. Antioquia, Colombia. 18 p.

**HAKKILA, P. 1989.** Utilization of residual forest biomass. State University of New York. Berlin , Alemania. 568 p.

**ICRAF, 2008.** Guía para Determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Belem, Brasil. 67 p.

**INEI (Instituto nacional de estadística e informática). 2007.** Banco de información distrital. Departamento de Piura. (En línea) Consultado el 18 Oct. 2008. <http://proyectos.inei.gob.pe/mapas/bid>

**INRENA (Instituto nacional de recursos naturales). 1998.** Mapa de Bosques Secos del Departamento de Tumbes. Memoria Descriptiva. Proyecto algarrobo y gobierno de los países bajos.

-----, **1998.** Mapa de Bosques Secos del Departamento de Piura. Memoria Descriptiva. Proyecto algarrobo y gobierno de los países bajos.

-----, **1998.** Mapa de Bosques Secos del Departamento de Lambayeque. Memoria Descriptiva. Proyecto algarrobo y gobierno de los países bajos.

**KANNINEN, M. 2001.** Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global. CATIE. Depósito de documentos de la FAO. Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II - Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica. Turrialba , Costa Rica. 155 p.

**LARREA, C. 2007.** Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de Theobroma Cacao I. Tesis (Ing. Ambiental). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria la Molina.. 147p.

**LIÑÁN, F. 2004.** Rehabilitación y mejoramiento de la carretera panamericana norte: Tramo: Sullana- desvío Talara – Aguas verdes. Lima, PE. 6 p.

**MAYRAND, K; PAQUIN, M. 2004.** Pago por servicios ambientales: Estudio y evaluación de esquemas vigentes. Unisféra International Center. Montreal , Canadá. 65 p.

**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. 2006.** Proyecto especial de infraestructura de transporte departamental. Estudio definitivo; “Mejoramiento y rehabilitación de la carretera Sullana – El Alamor, Eje Vial N°2 de Interconexión vial Perú – Ecuador”. Sullana, Perú.

**MONTERO, M; KANNINEN, M. 2005.** Biomasa y Carbono en plantaciones de Terminalia amazónica en la zona sur de Costa Rica. Mogos, Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica

**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SULLANA. 2008.** Plan vial provincial participativo 2008 – 2018. Sullana, Perú. 59 p.

**NACIONES UNIDAD. 1992.** Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. New York , Estados Unidos de Norte América.

-----, **1998.** Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. Kyoto, Japón.

-----, **2001.** Informe de la conferencia de las partes sobre su 7 período de sesiones. Marrakech, Marruecos.

-----, **2008.** Informe de la conferencia de las partes sobre su 13 período de sesiones. Bali, Indonesia.

- NEEFF, T; HENDERS, S. 2007.** CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Guía sobre los Mercados y la Comercialización de Proyectos MDL Forestales. Turrialba, Costa Rica. 45 p.
- NOVOA, A; GASPAR, A; SALAZAR, B; GALLEGOS, A. 2006.** Estimación del potencial de fijación de carbono por dos métodos en plantaciones forestales comerciales de *Teutona grandis* L.f., en bahía de banderas, Nayarit. Avances en la investigación científica en el CUCBA. Nayarit, México. 127 – 132 p
- PAGIOLA, S; PLATARIAS, G. 2002.** Departamento del medio ambiente del Banco mundial. Environment Strategy N°3. Pago por servicios Ambientales.
- PATAGONIA FORESTAL. 2004.** Nota de prensa 4 Revista, 10 año. Buenos Aires, AR.
- PRIETO, M; SUAREZ, G de F; CUADROS, F. 2002.** Manual divulgativo de especies forestales de la reserva de biosfera del Noroeste. Ministerio de agricultura. Instituto de recursos naturales. Dirección general de áreas naturales protegidas. Tumbes, Perú. 91 p.
- ROJO, G; JASSO, J; VELÁSQUEZ, A. 2003.** Las masas forestales como sumideros de CO<sub>2</sub> ante un cambio climático global. Universidad Autónoma Chapingo. Revista Chapingo: Serie Ciencias forestales y del ambiente, Chapingo, México. Enero-Junio, 9(1):57 – 67.
- SAUGUIER, B; PONTAILLER. J.Y. 2006.** Ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el altiplano boliviano. Revista Ecología en Bolivia 31(3): 71 – 85.

**SCHLEGEL, B; GAYOSO, J; GUERRA, J. 2000.** Manual de procedimientos muestreos de biomasa forestal. Universidad Austral De Chile, Proyecto FONDEFD98I1076. Valdivia, Chile. 26 p.

----- **2001.** Manual de procedimientos muestreos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Universidad Austral De Chile, Proyecto FONDEF D98I1076. Valdivia, Chile. 17 p.

**SENAMHI. 2007.** Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos del SENAMHI. Atlas Hidrológico de las Cuencas Chira y Piura ubicadas en el departamento de Piura, Perú.

**SEGURA, M 1999.** Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación cordillera volcánica central. Tesis (Mg SC) Turrialba, CR. CATIE. 133 p.

**SEGURA, M; KANNINEN, M; ALFARO, M; CAMPOS, J.J.** Almacenamiento y fijación de carbono en bosques de bajura de la zona atlántica de Costa Rica. Comunicación Técnica. 6 p.

**SERRANO, M. 2003.** Estudio Geológico – Minero de la hoja de Río Seco (10C – II). Tesis (Ing. Geólogo). Lima, PE. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 94 p.

**SYNERGY. 2005.** Guía latino americana del MDL. Metodologías para la implementación de los mecanismos flexibles de Kyoto – mecanismos de desarrollo limpio en Latinoamérica. Proyecto Cambio Climático. México. 378 p.

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 2002.** Inventario de biomasa y contabilidad de carbono. Informe técnico de la Universidad Austral De Chile, Proyecto FONDEF D98I1076. Valdivia, Chile. 127 p.

**UNFCCC. 2010.** Methodologies for afforestation and reforestation CDM project activities. (En línea). Consultado el 15 Feb 2010.

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/index.html>

**VALLEJO, A. 2005.** Maia - Software para el monitoreo de proyectos de remoción de carbono bajo el Mecanismo para un Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. Tesis (Mg SC), Turrialba, CR. CATIE. 88 p.

**WINROCK. 2005.** Capacity development and adaptation group Guidelines.

**WIKIPEDIA 2009.** Artículo Cumbre de la Tierra. (En línea). Consultado el 15 Feb 2010  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Cumbre\\_de\\_la\\_Tierra](http://es.wikipedia.org/wiki/Cumbre_de_la_Tierra)

**ZAPATA, J. 2004.** Artículo la historia de la provincia de Sullana. (En línea). Consultado el 18 Oct 2008. Información, ciudad y Turismo.

<http://sullanaperu.pe.tripod.com/sullanaonline/id1.html>

# ANEXO 1

Copias escaneadas de las actas firmadas en cada Centro Poblado.

## ACTA DE CENTRO POBLADO DE DON DIEGO



### ACTA DE LA REUNIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

"Estimación de la cantidad de carbón capturado por el fuste del HUALTACO  
*Laopterigium huanzazo Sprunck* en el bosque seco de Bullana, Piura, Perú"

Se dio las 11 am del día 14 de Junio del Año 2008, reunidos en  
el local de la Municipalidad de Piura, Chicla, Chicla.

Con presencia de:

Reunión con Pío Higoberto Pineda - Andarimay  
Presidencia Municipal de Piura - José Legido - Andarimay

Y los asistentes a la reunión, en la siguiente hoja.

Se concluyó la reunión con los siguientes acuerdos.

1. Las autoridades y pobladores presentes, acordaron  
la ejecución del fuste a la que se refiere, Estimar  
de acuerdo, a que se tiene los tres ejidos, para la ejecución de
2. Actuar para el respectivo permiso, para proceder  
a que se realice, se tiene que hacer un informe  
a que se tiene que hacer un informe

3.

4.

5.





ACTA DE CENTRO POBLADO DE POSAS HONDAS

ACTA DE LA REUNIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

"Estimación de la cantidad de carbono capturado por el fuste del HUALTACO  
*Loxopterygium huasango Sprunck* en el bosque seco de Sullana, Piura, Perú"

Siendo las 6:50 P.M. del día 09 de Junio del Año 2008, reunidos en  
La iglesia de Posas Hondas.

Con presencia de:

La sea: teniente Gobernadora

El Sr. Zarate MORE.

Y los asistentes a la reunión, en la siguiente hoja.

Se concluyó la reunión con los siguientes acuerdos.

1. en que se realizó muestreo de 16 árboles  
de Hualtaco en la zona de Posas Hondas.  
Bajo el permiso externo de la Comunidad.

2. El Sr. Roger Lam se compromete a  
realizar únicamente 16 árboles de Hualtaco en  
la zona de Posas Hondas.

3. se especifica que se cortaron una  
por cada 16 Km<sup>2</sup>.

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_



## ACTA DE CENTRO POBLADO DE SITIO NUEVO

### ACTA DE LA REUNIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

"Estimación de la cantidad de carbono capturado por el fuste del HUALTACO  
*Loxopieridium huasango Sprunze* en el bosque seco de Sullana, Piura, Perú"

Siendo las 4.15 del día 10 de Junio del Año 2008, reunidos en  
en colegio 14823 sitio NUEVO LAACANES

Con presencia de:

profesor Manuel Osvaldo Bellas  
presidente de la JUEVO y  
presidente de APERA

Y los asistentes a la reunión, en la siguiente hoja.

Se concluye la reunión con los siguientes acuerdos.

1. el señor Roger Lam  
creata con el apollo y permiso de la  
comunidad de sitio nuevo para realizar la  
investigacion arriba mencionada

3. el señor Roger Lam se compromete  
a cortar unicamente 3 arboles de Hualtaco  
en el acceso de sitio nuevo Laacanes

4. a continuacion firman los presentes

5.



ACTA DE CENTRO POBLADO DE LA RAMADITA

ACTA DE LA REUNIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

"Estimación de la cantidad de carbón capturado por el fuste del HUALTACO  
*Loxopterigium huasango Sprunce* en el bosque seco de Sullana, Piura, Perú"

Siendo las 4:35 PM del día 16 de Junio del Año 2008, reunidos en  
Local del Comité de Rondas Campesinas.

Con presencia de:

Teniente Gobernador, Junta Vecinal, Rondas  
Campesina, Comité de Vecinos, Lucha, Asocia-  
ción de Guandaraos y otros

Y los asistentes a la reunión, en la siguiente hoja.

Se concluyó la reunión con los siguientes acuerdos.

1. Se Autoriza al señor Roger Steven Lam Alvarado  
Para Que Corte 3 Arboles de Guallaco en el Centro  
de Ramadita.

2. Que los Arboles se Corten en Forma Rotatoria  
en Terrenos Pertenecientes al Grupo Campesino y al  
Estado.

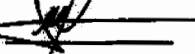

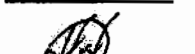
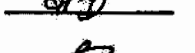
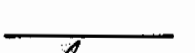

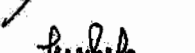
3. Sin otro Particular se Da Por Terminado Dicha  
Reunión Siendo las 5 Pm. firmando Todos los  
Presentes.

4. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FIRMA
Teres Anaya Noc	03682397	
Julia Victoria Sainza B.	03664294	
Jaime Raf Rodriguez	03682598	
Andres Rodriguez G	02662498	
Jose Rodriguez P.	03698165	
Augusto M Rodriguez R	03620211	
Catalina Encinas R	03618660	
Jorgeza Saldarriaga F	80446340	

## ACTA DE CENTRO POBLADO DE LA HUATERIA

### ACTA DE LA REUNIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

"Estimación de la cantidad de carbono capturado por el fuste del HUALTACO  
*Loxopterygium huazango Sprunze* en el bosque seco de Sullana, Piura, Perú"

Señaló las 7:05 del día 16 de Junio del Año 2008, reunión en  
el salón Comunal de Huateria - Lambayeque

Con presencia de:

PA A  
varos de leche, JUVED, Asociación  
Religiosa u otros.

Y los asistentes a la reunión, en la siguiente hoja.

Se concluyó la reunión con los siguientes acuerdos.

1. En consenso se autoriza al señor Roger  
Steven que corte 3 árboles de hualtaco para  
un proyecto de investigación.
2. Los árboles de hualtaco que serán elegidos  
para cortarlos los ubicaran lejos de los  
casos.
3. El señor Dionicio Rodríguez R. y el señor  
Carlo Areales F. se comprometen a acompañar  
como guía, mañana a las 8. am.
4. Deben acompañar al señor Roger para ayudar  
a traer los muestras del hualtaco dos  
señores con asnilos en el mes de agosto
5. No habiendo otro punto se dio por culmi  
nada la reunión a las 8. pm. y  
para mayor constancia firman los presentes





## ACTA DE CENTRO POBLADO DE CABRERIA

### ACTA DE LA REUNIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

**"Estimación de la cantidad de carbono capturado por el fuste del HUALTACO  
*Loxopterygium huazango Sprance* en el bosque seco de Sullana, Piura, Perú"**

Siendo las 11 a.m. del día 22 de Junio del Año 2008, reunidos en  
el Salón Comunal del Caserio Cabrera.

Con presencia de:

Tamara gobernadora, Directivos de la Jved, Miembros de la APOYATA  
Directivos de Sociedad Religiosa, y demás Pobladores Asistidos,  
Así como el Ingeniero Forestal ROGER JAH.

Y los asistentes a la reunión, en la siguiente hoja.

Se concluyó la reunión con los siguientes acuerdos.

1. se trató el sgte Tema: Que los Pobladores y Asistentes  
Definan y Autoricen las Zonas Para estudio de especie  
Hualtaco en Cabrera, que Promueva la ONG APOYATA.
2. se llegó al sgte Acuerdo, se designó que dos (02)  
Sectores en Cabrera Para Realizar el sgte estudio:  
1 uno en el sector los Rosas -Cabrera- Responsable sr: Cordova
3. el segundo sector se hará el estudio en agua de las  
Soñas en Cabrera. Responsable sr Rafael Morales, Para  
lo cual se Acompañara al Ingeniero Responsable.
4. los Asistentes Definieron que se haga el estudio  
en el sector los Rosas y Cortar 02 árboles (Hualtaco)  
Por que existe Mayor especie en esta zona.
5. y en el segundo sector de Agua de las Soñas  
Cortar 01 árbol Por haber Menos especie en  
esta zona. No habiendo otro tema que tratar se  
dio por concluida la presente.

NOMBRES Y APELLIDOS

DNI

FIRMA

Santos Z. Cordova Veliz

03618265



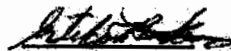
Rafael Morales Ordinala

03662822



Esteban Rosales Ordinala

03618840



Santos F. Delgado Ordinala

03621623



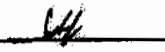
Baltazar Morales Morales

03619998



Jacinto Castillo Meca

03662587



Gabriela Castillo Meca

03659229



Maria C. Morales Ordinala

03662202



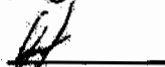
Karla Sosa Urbina

Ternite



Williams Cordova Ordinala

43308800



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ACTA DE CENTRO POBLADO EL CEREZO

### ACTA DE LA REUNIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

"Estimación de la cantidad de carbono capturado por el fuste del HUALTACO  
*Lexopterigium huasango Sprunze* en el bosque seco de Sullana, Piura, Perú"

Siendo las 5 PM del día 20 de Junio del Año 2008, reunidos en  
local de el Caserio Cerezo.

Con presencia de:

los moradores del Caserio  
Cerezo - guardado en agenda.

Y los asistentes a la reunión, en la siguiente hoja.

Se concluye la reunión con los siguientes acuerdos.

1. que se autoriza al señor  
ROGER LAM a realizar la corta  
3 arboles de Gualtaco para realizar  
la investigación antes mencionada.

3. Se comprometen los moradores  
de el cerezo a pollar con 2  
personas con Bestia para a pollar  
a su traer las muestras de el  
Bosque  
Se cerezo la Reunion  
a las cinco 30 de la tarde



ACTA DE CENTRO POBLADO EL MURCIELAGOS

ACTA DE LA REUNIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

"Estimación de la cantidad de carbono capturado por el fuste del HUALTACO  
Leucopterygium hirsutum Sprunck en el bosque seco de Sullana, Piura, Perú"

Siendo las 14 h. del día 24 <sup>AGOSTO</sup> de Agosto del Año 2008, reunidos en  
en el Caserío de Murcielagos. Tumbes.

Con presencia de:

Sr. Presidente de La JUVS. y  
Los Muestreros del Caserío.

Y los asistentes a la reunión, en la siguiente hoja.

Se concluyó la reunión con los siguientes acuerdos.

1. Se le autotoma al ingeniero Roger Lazo  
y con los 3 Análisis de Hualtaco y  
se tomarán únicamente las muestras solicitadas  
2. y el resto de madera será utilizado para  
la comunidad

3.

4. La Reunión de Termina a las 14:30

5.



## ANEXO 2

### Información recogida en primera salida de Campo

Nº	Total de Árboles	Árbol Muestra	17 m	UTM	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	D copa 1 (m)	D copa 2 (m)	Distancia (m)	% Base	% fuste	% Total
LN	1	AM 001	547868	9489548	30	31	5,3	6,7	10	-25	50	70
LN	2	AM 002	547908	9489661	21	22	7,2	9,4	10	-36	5	26
LN	3	AM 003	547940	9489726	42	40	7	10	10	-18	-2	25
LN	4	AM 004	547967	9489685	12	11	5,1	4	10	-15	5	20
LN	5	AM 005	548096	9489649	33	30	4,8	3,15	12	-20	9	17
LN	6	AM 006	548381	9489392	39	37	12	7,6	10	-20	14	45
LN	7	AM 007	548431	9489454	32	34	8	8,8	10	-9	19	78
LN	8	AM 008	548464	9489292	19	20	6,4	5,7	10	-26	-9	35
LN	9	AM 009	548447	9489201	23	22	6,1	7	10	-20	2	35
LN	10	AM 010	548365	9489188	32	31	9	8,3	10	-18	2	40
DD	11	AM 011	540476	9489138	39	31	8,5	10,3	10	-43	-11	25
DD	12	AM 012	540558	9489173	44	39	7,1	7,7	10	-25	10	39
DD	13	AM 013	540455	9489181	18	17	6	8,1	10	-11	9	27
DD	14	AM 014	540345	9489284	11	11	5	4,8	10	-24	9	23
DD	15	AM 015	540440	9489480	34	36	13,2	9,8	12	-20	18	54
DD	16	AM 016	540408	9489452	24	25	6,8	5,2	10	-44	14	35
DD	17	AM 017	540443	9489391	19	19	6,2	5,3	10	-35	0	14
DD	18	AM 018	540549	9489483	10	10	4	3	10	-27	-2	12
DD	19	AM 019	540569	9489553	20	18	6,4	4,5	10	-18	10	32
DD	20	AM 020	540503	9489538	31	34	12,2	10	10	-40	-7	30
DD	21	AM 021	540490	9489577	12	12	4,2	4,5	10	-15	-5	20
DD	22	AM 022	540538	9489655	11	12	6,3	4	10	-12	7	25
PH	23	AM 023	546177	9493276	32	32	5,8	4	10	-15	12	40
PH	24	AM 024	546087	9493134	29	30	4,7	5,2	10	-22	2	47
PH	25	AM 025	546004	9493136	14	13	4	3,5	10	-40	-15	4
PH	26	AM 026	545956	9493078	29	31	13,7	11,2	10	-9	5	32
PH	27	AM 027	545794	9493077	31	30	5,9	5,8	10	-22	9	40
PH	28	AM 028	545739	9492944	36	38	9	4,6	10	-12	16	47
PH	29	AM 029	545798	9492916	32	39	9,7	6,2	10	-15	30	65
PH	30	AM 030	545883	9492890	30	26	7,3	9,5	10	-12	11	40
PH	31	AM 031	545794	9492882	29	28	2,8	2,1	10	-30	-10	39
PH	32	AM 032	545546	9493005	37	37	5	3,8	10	-15	15	40



CB	33	AM 033	548270	9499167	35	34	5,6	8	10	-45	-20	30
CB	34	AM 034	548360	9499319	38	40	8,2	7,5	10	-35	-18	74
CB	35	AM 035	548430	9499494	29	29	9,2	10,8	10	-25	-10	40
CB	36	AM 036	548561	9499451	24	23	8,5	7,2	10	-20	10	65
CB	37	AM 037	548588	9499474	29	23	6	4,9	10	-40	11	35
CB	38	AM 038	545706	9498915	42	39	5,2	6,5	10	-30	17	40
CB	39	AM 039	545679	9498868	38	39	12	10,3	10	-18	8	65
CB	40	AM 040	545593	9498803	27	31	13,3	9,8	10	-21	5	60
CB	41	AM 041	545597	9498710	50	35	8,1	12,3	10	-42	-2	31
CQ	42	AM 042	543041	9503955	32	34	14,3	8	10	-10	40	100
CQ	43	AM 043	542980	9503939	37	39	12	8,4	10	-35	15	88
CQ	44	AM 044	542875	9504040	31	28	6,9	8,3	10	-44	-24	37
CQ	45	AM 045	542779	9503935	37	39	12,8	11,2	10	-2	25	98
CQ	46	AM 046	542860	9504031	28	27	8,1	6,5	10	-25	-1	35
CQ	47	AM 047	543088	9504028	44	36	11,4	6,9	10	-11	25	60
CQ	48	AM 048	543123	9504188	34	39	13,2	8,7	10	-10	17	55
CQ	49	AM 049	543292	9504086	30	31	10,5	10,9	10	-35	10	45
CQ	50	AM 050	543663	9504296	27	29	7	5,3	10	-15	13	34
CQ	51	AM 051	543728	9504293	22	21	6,5	6,1	10	-30	15	40
SN	52	AM 052	539867	9505460	21	21	3,5	2,8	10	-21	25	45
SN	53	AM 053	539890	9505576	51	50	9,4	11,3	10	-20	10	80
SN	54	AM 054	539896	9505658	27	26	5,1	4,2	10	-25	20	60
SN	55	AM 055	539941	9505436	34	31	8,6	7,2	10	-34	0	71
SN	56	AM 056	540573	9505670	32	33	5,3	6,1	10	-22	2	38
SN	57	AM 057	540488	9505744	31	32	6,5	5,2	10	-30	-2	50
SN	58	AM 058	540402	9505548	34	31	6,8	6,1	10	-28	-5	50
SN	59	AM 059	540337	9505560	40	40	7,1	6,8	10	-22	7	70
SN	60	AM 060	541093	9505582	43	32	11	12,4	10	-10	15	45
SN	61	AM 061	541020	9505188	33	35	9,2	9,6	10	-2	20	70
SN	62	AM 062	541117	9505193	41	38	12,7	13,8	10	-15	12	80
SN	63	AM 063	541169	9505163	41	43	12,6	11,9	10	-1	30	50
LR	64	AM 064	538596	9507566	36	38	14	12,5	10	-25	0	80
LR	65	AM 065	538610	9507475	20	16	13,5	9,15	10	-29	-5	45
LR	66	AM 066	538552	9507589	50	47	12,15	13	11	-27	18	82
LR	67	AM 067	538461	9507481	22	22	4,5	3	10	-30	20	60
LR	68	AM 068	538470	9507455	28	27	6,8	5,1	10	-40	-10	45
LR	69	AM 069	538415	9507433	33	35	11,8	6,1	10	-30	15	60
LR	70	AM 070	<b>538069</b>	<b>9507473</b>	38	35	9	10,5		13,4		
HA	71	AM 071	533962	9510356	37	35	10,3	10	10	-58	-6	45
HA	72	AM 072	533746	9510559	37	32	9,2	9,6	10	-72	-10	49
HA	73	AM 073	533573	9510596	28	29	9,5	7	11	-50	-18	0
HA	74	AM 074	533521	9510656	27	26	4,5	5,2	10	-47	0	35

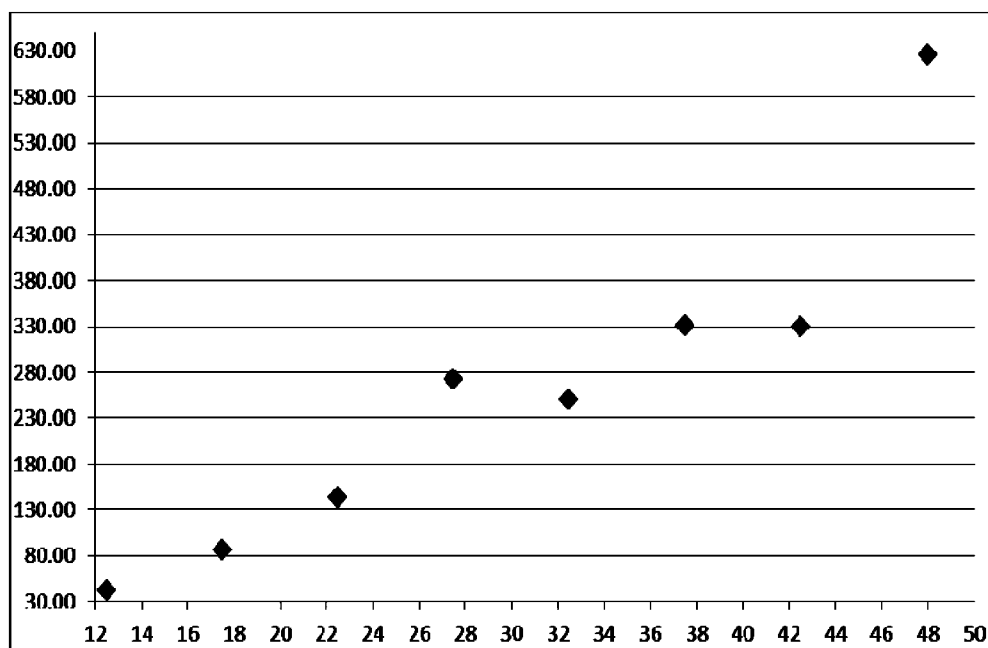
HA	75	AM 075	533482	9510554	31	33	9,5	8,6	10	-27	9	63
HA	76	AM 076	533546	9510547	44	44	10,95	13,4	10	-40	-23	30
HA	77	AM 077	533709	9510588	21	21	5,2	6	10	-45	4	50
HA	78	AM 078	533672	9510613	28	29	11,7	5,3	10	-35	35	54
HA	79	AM 079	533705	9510411	22	23	9	7,6	10	-25	25	58
HA	80	AM 080	533854	9510307	40	31	12	13,05	10	-30	-5	65
EC	81	AM 081	542129	9508470	37	42	10,5	12,3	10	-3	47	102
EC	82	AM 082	542048	9508397	24	23	8,3	6	10	-47	-18	20
EC	83	AM 083	541980	9508598	46	47	16,3	15	11	-61	-5	55
EC	84	AM 084	542141	9508604	49	52	12,8	10,2	11	-40	-4	60
EC	85	AM 085	542204	9508510	33	39	8,7	5	10	-25	15	45
EC	86	AM 086	542165	9508527	34	31	10,1	9,5	10	-30	15	50
EC	87	AM 087	542134	9508520	39	32	6,8	10	10	-35	30	60
EC	88	AM 088	542081	9508508	33	32	10	12,5	10	-25	32	80
EC	89	AM 089	541973	9508479	35	36	12,6	6,8	10	-22	9	80
EC	90	AM 090	541908	9508323	25	31	7,6	5,4	10	-34	18	55
MU	91	AM 091	548414	9509310	32	37	7,2	7,8	10	-35	50	96
MU	92	AM 092	548369	9509304	36	36	8	9,1	10	-10	38	94
MU	93	AM 093	548342	9509271	20	22	5,6	6	10	-52	-25	25
MU	94	AM 094	548337	9509301	40	38	8,5	10	10	-70	-10	63
MU	95	AM 095	548303	9509207	41	41	9,2	10	10	-40	3	58
MU	96	AM 096	548373	9509231	45	41	16	14	10	-40	30	100
MU	97	AM 097	548440	9509254	28	28	8,9	9,5	10	-18	47	70
MU	98	AM 098	548420	9509211	45	30	9,3	7	10	-18	25	100
MU	99	AM 099	548401	9509215	29	34	5,2	4,8	10	-21	36	78
MU	100	AM 100	548377	9509286	36	35	10,3	9,9	10	-35	27	80

## ANEXO 3

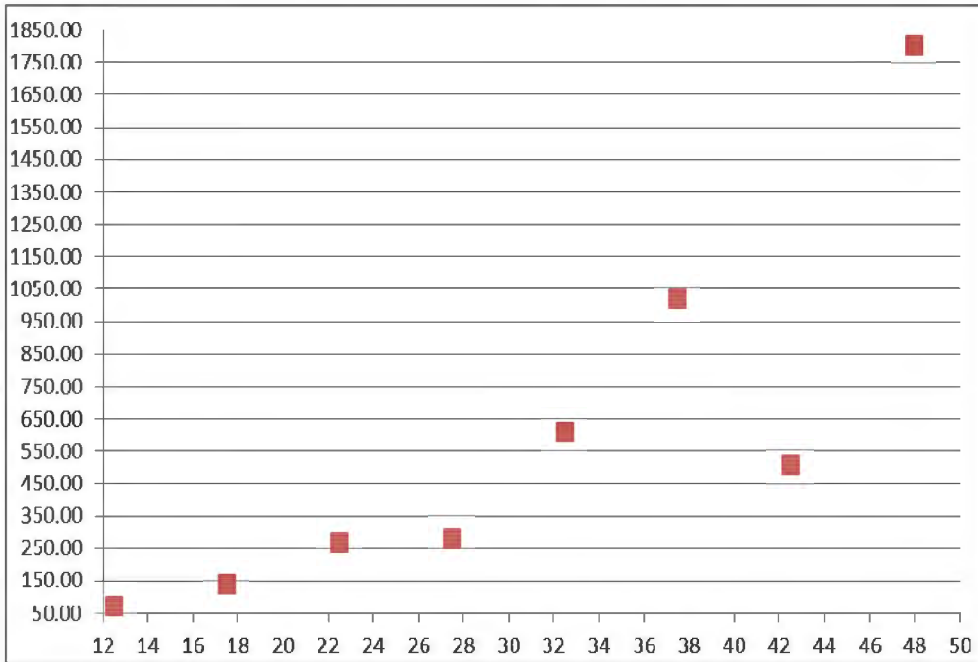
**Promedio de biomasa en kg de acuerdo a las clases diamétrica**

<i>Clase Diamétrica</i>	<i>Marca de Clase</i>	<i>Frecuencia Absoluta de la muestra</i>	<i>Biomasa promedio de Fuste</i>	<i>Biomasa promedio de R, Gruesas</i>	<i>Biomasa promedio de R, Delgadas</i>
1	12,495	2	42,38	70,67	41,00
2	17,495	2	85,60	138,87	62,75
3	22,495	3	143,64	266,43	102,17
4	27,495	4	271,51	278,42	257,88
5	32,495	7	249,46	609,74	217,61
6	37,495	7	330,48	1019,35	150,50
7	42,495	3	329,99	507,42	110,83
8	47,995	2	625,79	1802,59	172,75

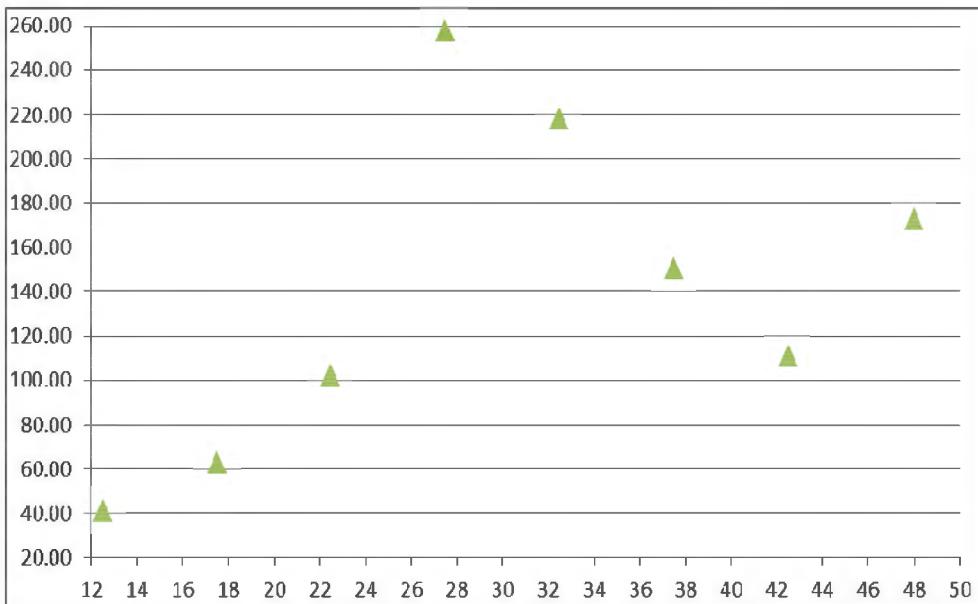
**Relación de biomasa de fuste promedio y clases diamétrica**



### Relación de biomasa promedio de ramas gruesas y clases diamétrica



### Relación de biomasa de ramas delgadas promedio y clases diamétrica



## ANEXO 4

**Datos generados por el programa “r”, análisis en relación al dap y biomasa de ramas gruesas.**

### MODELO DE ECUACIÓN 1

Call: lm(formula = BHR ~ DAP) /este es el modelo Biomasa húmeda de las ramas y DAP

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-545.4	-411.0	-185.5	188.4	1594.3

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	512.4	399.1	1.284	0.210
DAP	364.6	1201.5	0.303	0.764

Signif. codes: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘,’ 1

Residual standard error: 605.4 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.003278, Adjusted R-squared: -0.03232

F-statistic: 0.09209 on 1 and 28 DF, p-value: 0.7638

## Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAP	1	33751	33751	0.0921	0.7638
Residuals	28	10261509	366482		

## MODELO DE ECUACIÓN 2

Call: lm(formula = BHR ~ I(DAP^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-576.2	-432.8	-189.5	207.0	1583.1

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	624.16	240.69	2.593	0.0150 *
I(DAP^2)	41.81	1937.08	0.022	0.9829

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 606.4 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 1.664e-05, Adjusted R-squared: -0.0357

F-statistic: 0.0004659 on 1 and 28 DF, p-value: 0.983

## Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	171	171	5e-04	0.983
Residuals	28	10295089	367682		

## MODELO DE ECUACIÓN 3

Call: lm(formula = BHR ~ DAP + I(DAP^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-649.9	-416.9	-129.8	150.3	1473.3

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-722.5	923.1	-0.783	0.441
DAP	9296.3	6162.2	1.509	0.143
I(DAP^2)	-14645.6	9918.5	-1.477	0.151

Residual standard error: 593 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.07775, Adjusted R-squared: 0.009439

F-statistic: 1.138 on 2 and 27 DF, p-value: 0.3353

Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAP	1	33751	33751	0.0960	0.7591
I(DAP^2)	1	766741	766741	2.1804	0.1514
Residuals	27	9494768	351658		

MODELO DE ECUACIÓN 4

Call: lm(formula = BHR ~ I(DAP^2):H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-586.0	-425.7	-192.7	207.9	1580.4

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	634.888	190.961	3.325	0.00248 **
I(DAP^2):H	-6.469	164.610	-0.039	0.96893

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 606.4 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 5.516e-05, Adjusted R-squared: -0.03566

F-statistic: 0.001545 on 1 and 28 DF, p-value: 0.969



Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2):H	1	568	568	0.0015	0.969
Residuals	28	10294692	367668		

MODELO DE ECUACIÓN 5

Call: lm(formula = BHR ~ I(DAP^2) + I(DAP^2):H + H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-820.3	-347.3	-119.5	208.6	1393.8

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-603.01	682.99	-0.883	0.3854
I(DAP^2)	8261.36	5801.12	1.424	0.1663
H	177.52	92.95	1.910	0.0672
I(DAP^2):H	-1149.72	676.90	-1.699	0.1013

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 589.1 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1236, Adjusted R-squared: 0.02244

F-statistic: 1.222 on 3 and 26 DF, p-value: 0.3216

### Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	171	171	0.0005	0.9824
H	1	270828	270828	0.7804	0.3851
I(DAP^2):H	1	1001189	1001189	2.8849	0.1013
Residuals	26	9023072	347041		

### MODELO DE ECUACIÓN 6

Call: lm(formula = BHR ~ I(DAP^2) + (I(DAP^2):H) + (DAP:H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-807.2	-355.7	-140.6	189.5	1432.3

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-64.04	470.57	-0.136	0.893
I(DAP^2)	4341.09	4771.71	0.910	0.371
I(DAP^2):H	-1568.93	965.11	-1.626	0.116
H:DAP	640.26	377.05	1.698	0.101

Residual standard error: 596.8 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1004, Adjusted R-squared: -0.003421

F-statistic: 0.967 on 3 and 26 DF, p-value: 0.4232

### Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	171	171	0.0005	0.9827
I(DAP^2):H	1	6152	6152	0.0173	0.8965
H:DAP	1	1027125	1027125	2.8834	0.1014
Residuals	26	9261811	356224		

### MODELO DE ECUACIÓN 7

Call: lm(formula = log(BHR) ~ log(DAP) + log(H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.81084	-0.64819	0.05543	0.72092	1.69248

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.7610	1.9115	3.014	0.00555 **
log(DAP)	0.6540	0.6638	0.985	0.33325
log(H)	0.4961	0.6642	0.747	0.46156

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.019 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.114, Adjusted R-squared: 0.04841

F-statistic: 1.738 on 2 and 27 DF, p-value: 0.1950

Analysis of Variance Table

Response: log(BHR)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAP)	1	3.0268	3.02679	2.9173	0.0991 .
log(H)	1	0.5788	0.57883	0.5579	0.4616
Residuals	27	28.0131	1.03752		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 8*

Call: lm(formula = log(BHR) ~ log(DAP) + log(H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.81084	-0.64819	0.05543	0.72092	1.69248

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.7610	1.9115	3.014	0.00555 **
log(DAP)	0.6540	0.6638	0.985	0.33325
log(H)	0.4961	0.6642	0.747	0.46156

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.019 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.114, Adjusted R-squared: 0.04841

F-statistic: 1.738 on 2 and 27 DF, p-value: 0.1950

Analysis of Variance Table

Response: log(BHR)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAP)	1	3.0268	3.02679	2.9173	0.0991 .
log(H)	1	0.5788	0.57883	0.5579	0.4616
Residuals	27	28.0131	1.03752		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Datos generados por el programa "r", análisis en relación al dap y biomasa de fuste.**

*MODELO DE ECUACIÓN 1*

Call: lm(formula = BHF ~ DAP)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-217.25	-120.72	-46.14	76.89	458.76

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	182.1	114.1	1.595	0.122
DAP	273.8	343.6	0.797	0.432

Residual standard error: 173.1 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.02217, Adjusted R-squared: -0.01275

F-statistic: 0.6349 on 1 and 28 DF, p-value: 0.4323

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAP	1	19025	19025	0.6349	0.4323
Residuals	28	838977	29963		

*MODELO DE ECUACIÓN 2*

Call: lm(formula = BHF ~ I(DAP^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-222.66	-143.23	-41.67	87.04	455.79

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	245.24	69.29	3.539	0.00142 **
I(DAP^2)	219.44	557.67	0.393	0.69694

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 174.6 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.005499, Adjusted R-squared: -0.03002

F-statistic: 0.1548 on 1 and 28 DF, p-value: 0.697

anova(model)

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	4718	4718.4	0.1548	0.697
Residuals	28	853283	30474.4		

*MODELO DE ECUACIÓN 3*

Call: lm(formula = BHF ~ DAP + I(DAP^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-258.48	-104.46	-29.32	114.84	410.47

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-310.4	253.7	-1.224	0.2317
DAP	3835.9	1693.4	2.265	0.0317 *
I(DAP^2)	-5841.0	2725.6	-2.143	0.0413 *

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 163 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1643, Adjusted R-squared: 0.1024

F-statistic: 2.654 on 2 and 27 DF, p-value: 0.08863

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAP	1	19025	19025	0.7164	0.40477
I(DAP^2)	1	121956	121956	4.5924	0.04128 *



Residuals 27 717020 26556

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### MODELO DE ECUACIÓN 4

Call: lm(formula = BHF ~ I(DAP^2):H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-225.79	-139.37	-37.55	95.09	453.90

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	250.33	54.95	4.556	9.34e-05 ***
I(DAP^2):H	20.22	47.37	0.427	0.673

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 174.5 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.006468, Adjusted R-squared: -0.02902

F-statistic: 0.1823 on 1 and 28 DF, p-value: 0.6727

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2):H	1	5549	5549.3	0.1823	0.6727
Residuals	28	852452	30444.7		

*MODELO DE ECUACIÓN 5*

Call: lm(formula = BHF ~ I(DAP^2) + I(DAP^2):H + H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-328.95	-90.96	-34.92	98.85	386.92

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-175.80	190.00	-0.925	0.3633
I(DAP^2)	2731.43	1613.78	1.693	0.1025
H	61.95	25.86	2.396	0.0241 *
I(DAP^2):H	-367.25	188.30	-1.950	0.0620 .

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 163.9 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1862, Adjusted R-squared: 0.09227

F-statistic: 1.983 on 3 and 26 DF, p-value: 0.1413

### Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	4718	4718	0.1757	0.6785
H	1	52859	52859	1.9682	0.1725
I(DAP^2):H	1	102157	102157	3.8038	0.0620 .
Residuals	26	698267	26856		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### MODELO DE ECUACIÓN 6

Call: lm(formula = BHF ~ I(DAP^2) + (I(DAP^2):H) + (DAP:H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-329.68	-90.47	-37.70	109.75	397.54

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.06785	130.66158	0.001	0.9996
I(DAP^2)	1431.94528	1324.95682	1.081	0.2897
I(DAP^2):H	-540.97719	267.98003	-2.019	0.0539 .
H:DAP	234.97186	104.69645	2.244	0.0335 *

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 165.7 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1677, Adjusted R-squared: 0.0717

F-statistic: 1.747 on 3 and 26 DF, p-value: 0.1821

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	4718	4718	0.1718	0.68192
I(DAP^2):H	1	856	856	0.0312	0.86124
H:DAP	1	138339	138339	5.0370	0.03354 *
Residuals	26	714088	27465		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### *MODELO DE ECUACIÓN 7*

Call: lm(formula = log(BHF) ~ log(DAP) + log(H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.59167	-0.39260	-0.02335	0.47633	1.19156

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.4785	1.2962	4.226	0.000243 ***
log(DAP)	0.7361	0.4502	1.635	0.113611
log(H)	0.3804	0.4504	0.845	0.405803

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6907 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2125, Adjusted R-squared: 0.1541

F-statistic: 3.642 on 2 and 27 DF, p-value: 0.03977

Analysis of Variance Table

Response: log(BHF)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAP)	1	3.1354	3.13540	6.5714	0.01625 *
log(H)	1	0.3403	0.34029	0.7132	0.40580
Residuals	27	12.8825	0.47713		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 8*

Call: lm(formula = log(BHR) ~ log(DAP))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6395	-0.6354	-0.1310	0.5928	1.8085

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7.0956	0.6734	10.536	3e-11 ***
log(DAP)	0.9347	0.5429	1.722	0.0962 .

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.011 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.09573, Adjusted R-squared: 0.06343

F-statistic: 2.964 on 1 and 28 DF, p-value: 0.09616

Analysis of Variance Table

Response: log(BHR)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAP)	1	3.0268	3.0268	2.9641	0.09616 .
Residuals	28	28.5919	1.0211		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Datos generados por el programa “r”, análisis en relación al dap y biomasa total.**

*MODELO DE ECUACIÓN 1*

Call: lm(formula = BHT ~ DAP)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-762.6	-500.4	-252.1	174.6	2053.1

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	694.5	496.1	1.400	0.173
DAP	638.4	1493.7	0.427	0.672

Residual standard error: 752.6 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.006481, Adjusted R-squared: -0.029

F-statistic: 0.1827 on 1 and 28 DF, p-value: 0.6724

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAP	1	103455	103455	0.1827	0.6724
Residuals	28	15859000	566393		

*MODELO DE ECUACIÓN 2*

Call: lm(formula = BHT ~ I(DAP^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-798.8	-485.1	-215.5	184.7	2038.9

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	869.4	299.6	2.901	0.00716 **
I(DAP^2)	261.2	2411.5	0.108	0.91450

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 754.9 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.000419, Adjusted R-squared: -0.03528

F-statistic: 0.01174 on 1 and 28 DF, p-value: 0.9145

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	6688	6688	0.0117	0.9145
Residuals	28	15955767	569849		



*MODELO DE ECUACIÓN 3*

Call: lm(formula = BHT ~ DAP + I(DAP^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-907.2	-563.2	-148.0	227.9	1883.7

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1033	1135	-0.910	0.3710
DAP	13132	7578	1.733	0.0945
I(DAP^2)	-20487	12197	-1.680	0.1046

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 729.2 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1005, Adjusted R-squared: 0.03384

F-statistic: 1.508 on 2 and 27 DF, p-value: 0.2395

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAP	1	103455	103455	0.1945	0.6627
I(DAP^2)	1	1500261	1500261	2.8211	0.1046
Residuals	27	14358739	531805		

*MODELO DE ECUACIÓN 4*

Call: lm(formula = BHT ~ I(DAP^2):H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-811.8	-483.9	-203.4	187.0	2034.3

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	885.22	237.77	3.723	0.000878 ***
I(DAP^2):H	13.75	204.96	0.067	0.946975

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 755 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0001608, Adjusted R-squared: -0.03555

F-statistic: 0.004503 on 1 and 28 DF, p-value: 0.947

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2):H	1	2567	2567	0.0045	0.947
Residuals	28	15959888	569996		

*MODELO DE ECUACIÓN 5*

Call: lm(formula = BHT ~ I(DAP^2) + I(DAP^2):H + H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1149.3	-465.3	-125.3	316.4	1780.8

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-778.8	840.0	-0.927	0.3624
I(DAP^2)	10992.7	7135.1	1.541	0.1355
H	239.5	114.3	2.095	0.0461 *
I(DAP^2):H	-1517.0	832.5	-1.822	0.0800 .

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 724.6 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1449, Adjusted R-squared: 0.04621

F-statistic: 1.468 on 3 and 26 DF, p-value: 0.2462

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	6688	6688	0.0127	0.91100
H	1	562971	562971	1.0723	0.30995
I(DAP^2):H	1	1742943	1742943	3.3199	0.07997 .
Residuals	26	13649853	524994		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 6*

Call: lm(formula = BHT ~ I(DAP^2) + (I(DAP^2):H) + (DAP:H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1136.9	-435.0	-208.5	275.5	1829.8

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-63.96	579.25	-0.110	0.9129
I(DAP^2)	5773.01	5873.77	0.983	0.3347
I(DAP^2):H	-2109.89	1188.00	-1.776	0.0874 .
H:DAP	875.22	464.14	1.886	0.0706 .

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 734.7 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1208, Adjusted R-squared: 0.01937

F-statistic: 1.191 on 3 and 26 DF, p-value: 0.3326

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	6688	6688	0.0124	0.91222
I(DAP^2):H	1	2419	2419	0.0045	0.94714
H:DAP	1	1919333	1919333	3.5558	0.07056 .
Residuals	26	14034015	539770		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### *MODELO DE ECUACIÓN 7*

Call: lm(formula = log(BHT) ~ log(DAP) + log(H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.75074	-0.60752	-0.06986	0.48046	1.49551

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	6.4778	1.5867	4.083	0.000356 ***
log(DAP)	0.6933	0.5510	1.258	0.219087
log(H)	0.4024	0.5514	0.730	0.471837

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8455 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1467, Adjusted R-squared: 0.08351

F-statistic: 2.321 on 2 and 27 DF, p-value: 0.1174

Analysis of Variance Table

Response: log(BHT)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAP)	1	2.9384	2.93843	4.1101	0.0526 .
log(H)	1	0.3807	0.38071	0.5325	0.4718
Residuals	27	19.3031	0.71493		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 8*

Call: lm(formula = log(BHT) ~ log(DAP))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.5558	-0.5407	-0.1860	0.5159	1.5784

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7.5602	0.5588	13.530	8.35e-14 ***
log(DAP)	0.9210	0.4505	2.044	0.0504 .

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8384 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1299, Adjusted R-squared: 0.09882

F-statistic: 4.18 on 1 and 28 DF, p-value: 0.05041

Analysis of Variance Table

Response: log(BHT)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAP)	1	2.9384	2.93843	4.1799	0.05041 .
Residuals	28	19.6838	0.70299		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## ANEXO 5

**Datos generados por el programa “r”, análisis en relación al dac y biomasa de ramas gruesas.**

### MODELO DE ECUACIÓN 1

Call: lm(formula = BHR ~ DAC)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-543.8	-406.4	-180.1	136.6	1590.4

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	495.6	366.9	1.351	0.188
DAC	318.0	835.3	0.381	0.706

Residual standard error: 604.8 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.005151, Adjusted R-squared: -0.03038

F-statistic: 0.145 on 1 and 28 DF, p-value: 0.7063

### Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAC	1	53027	53027	0.145	0.7063
Residuals	28	10242233	365794		



*MODELO DE ECUACIÓN 2*

Call: lm(formula = BHR ~ I(DAC^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-563.9	-424.0	-186.9	183.5	1585.9

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	609.2	208.1	2.927	0.00672 **
I(DAC^2)	101.3	913.6	0.111	0.91253

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 606.2 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0004386, Adjusted R-squared: -0.03526

F-statistic: 0.01229 on 1 and 28 DF, p-value: 0.9125

Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	4515	4515	0.0123	0.9125
Residuals	28	10290745	367527		

### MODELO DE ECUACIÓN 3

Call: lm(formula = BHR ~ DAC + I(DAC^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-689.74	-394.07	-186.80	66.86	1472.11

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-962.7	1008.2	-0.955	0.348
DAC	7428.7	4667.4	1.592	0.123
I(DAC^2)	-7879.5	5092.5	-1.547	0.133

Residual standard error: 590.3 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.08618, Adjusted R-squared: 0.01849

F-statistic: 1.273 on 2 and 27 DF, p-value: 0.2962

Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAC	1	53027	53027	0.1522	0.6995
I(DAC^2)	1	834189	834189	2.3940	0.1334
Residuals	27	9408045	348446		

*MODELO DE ECUACIÓN 4*

Call: lm(formula = BHR ~ I(DAC^2):H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-554.2	-414.6	-192.3	157.1	1586.6

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	600.83	175.88	3.416	0.00196 **
I(DAC^2):H	16.96	83.01	0.204	0.83956

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 605.9 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.001489, Adjusted R-squared: -0.03417

F-statistic: 0.04176 on 1 and 28 DF, p-value: 0.8396

Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2):H	1	15331	15331	0.0418	0.8396
Residuals	28	10279930	367140		

*MODELO DE ECUACIÓN 5*

Call:  $\text{lm}(\text{formula} = \text{BHR} \sim \text{I}(\text{DAC}^2) + \text{I}(\text{DAC}^2):\text{H} + \text{H})$

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-785.3	-383.6	-177.6	208.1	1520.2

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	79.37	655.70	0.121	0.905
I(DAC <sup>2</sup> )	1749.81	3679.67	0.476	0.638
H	71.73	79.95	0.897	0.378
I(DAC <sup>2</sup> ):H	216.55	394.26	-0.549	0.588

Residual standard error: 618.7 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.03321, Adjusted R-squared: -0.07835

F-statistic: 0.2977 on 3 and 26 DF, p-value: 0.8267

### Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	4515	4515	0.0118	0.9143
H	1	221871	221871	0.5796	0.4533
I(DAC^2):H	1	115492	115492	0.3017	0.5875
Residuals	26	9953381	382822		

### MODELO DE ECUACIÓN 6

Call: lm(formula = BHR ~ I(DAC^2) + (I(DAC^2):H) + (DAC:H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-801.0	-348.0	-163.1	191.0	1491.6

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	133.1	488.5	0.272	0.787
I(DAC^2)	1320.8	3069.6	0.430	0.671
I(DAC^2):H	-476.1	527.2	-0.903	0.375
H:DAC	296.4	258.1	1.149	0.261

Residual standard error: 612.9 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.05142, Adjusted R-squared: -0.05803

F-statistic: 0.4698 on 3 and 26 DF, p-value: 0.7059

### Analysis of Variance Table

Response: BHR

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	4515	4515	0.0120	0.9135
I(DAC^2):H	1	29276	29276	0.0779	0.7823
H:DAC	1	495594	495594	1.3194	0.2612
Residuals	26	9765875	375611		

### MODELO DE ECUACIÓN 7

Call: lm(formula = log(BHR) ~ log(DAC) + log(H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.66053	-0.55233	0.06068	0.65846	1.67557

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.6413	1.6484	3.422	0.00199 **
log(DAC)	0.7561	0.6540	1.156	0.25774
log(H)	0.5139	0.6237	0.824	0.41714

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.012 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1255, Adjusted R-squared: 0.0607

F-statistic: 1.937 on 2 and 27 DF, p-value: 0.1636

Analysis of Variance Table

Response: log(BHR)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAC)	1	3.2721	3.2721	3.195	0.0851 .
log(H)	1	0.6954	0.6954	0.679	0.4171
Residuals	27	27.6512	1.0241		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 8*

Call:

lm(formula = log(BHR) ~ log(DAC), subset = -c(26))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6315	-0.6087	-0.1047	0.6229	1.7937

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7.2016	0.5832	12.349	1.29e-12 ***
log(DAC)	1.2731	0.5887	2.163	0.0396 *

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.991 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1477, Adjusted R-squared: 0.1161

F-statistic: 4.677 on 1 and 27 DF, p-value: 0.03958

Analysis of Variance Table

Response: log(BHR)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAC)	1	4.5936	4.5936	4.6775	0.03958 *
Residuals	27	26.5160	0.9821		



Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Datos generados por el programa "r", análisis en relación al dac y biomasa del fuste.**

*MODELO DE ECUACIÓN 1*

Call: lm(formula = BHF ~ DAC)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-223.64	-116.40	-57.23	61.17	458.42

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	128.9	102.5	1.257	0.219
DAC	335.7	233.3	1.439	0.161

Residual standard error: 168.9 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.06884, Adjusted R-squared: 0.03558

F-statistic: 2.07 on 1 and 28 DF, p-value: 0.1613

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAC	1	59062	59062	2.0699	0.1613

Residuals 28 798939 28534

*MODELO DE ECUACIÓN 2*

Call: lm(formula = BHF ~ I(DAC^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-220.36	-127.36	-52.43	65.50	461.56

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	209.7	58.6	3.578	0.00128 **
I(DAC^2)	309.8	257.2	1.204	0.23853

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 170.7 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.04925, Adjusted R-squared: 0.0153

F-statistic: 1.451 on 1 and 28 DF, p-value: 0.2385

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	42259	42259	1.4505	0.2385
Residuals	28	815743	29134		

*MODELO DE ECUACIÓN 3*

Call:

lm(formula = BHF ~ DAC + I(DAC^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-207.41	-105.10	-68.57	55.67	433.41

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-179.4	286.9	-0.625	0.537
DAC	1838.6	1328.0	1.384	0.178
I(DAC^2)	-1665.5	1449.0	-1.149	0.260

Residual standard error: 168 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1123, Adjusted R-squared: 0.04651

F-statistic: 1.707 on 2 and 27 DF, p-value: 0.2003

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAC	1	59062	59062	2.0936	0.1594
I(DAC^2)	1	37267	37267	1.3211	0.2605

Residuals 27 761672 28210

*MODELO DE ECUACIÓN 4*

Call: lm(formula = BHF ~ I(DAC^2):H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-236.89	-124.19	-39.04	82.34	457.52

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	221.61	49.46	4.480	0.000115 ***
I(DAC^2):H	29.04	23.34	1.244	0.223834

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 170.4 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.05237, Adjusted R-squared: 0.01853

F-statistic: 1.547 on 1 and 28 DF, p-value: 0.2238

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2):H	1	44933	44933	1.5474	0.2238
Residuals	28	813068	29038		

*MODELO DE ECUACIÓN 5*

Call: lm(formula = BHF ~ I(DAC^2) + I(DAC^2):H + H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-283.11	-98.06	-54.27	74.42	437.64

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	12.89	182.44	0.071	0.944
I(DAC^2)	948.19	1023.81	0.926	0.363
H	26.51	22.25	1.192	0.244
I(DAC^2):H	-82.87	109.70	-0.755	0.457

Residual standard error: 172.2 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1019, Adjusted R-squared: -0.001676

F-statistic: 0.9838 on 3 and 26 DF, p-value: 0.4156

Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	42259	42259	1.4259	0.2432
H	1	28297	28297	0.9548	0.3375
I(DAC^2):H	1	16913	16913	0.5707	0.4568
Residuals	26	770532	29636		

*MODELO DE ECUACIÓN 6*

Call:

lm(formula = BHF ~ I(DAC^2) + (I(DAC^2):H) + (DAC:H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-274.78	-98.18	-60.96	67.33	432.48

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	63.96	136.80	0.468	0.644
I(DAC^2)	670.85	859.65	0.780	0.442
I(DAC^2):H	-144.85	147.63	-0.981	0.336
H:DAC	90.98	72.27	1.259	0.219

Residual standard error: 171.6 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1073, Adjusted R-squared: 0.004305

F-statistic: 1.042 on 3 and 26 DF, p-value: 0.3906

### Analysis of Variance Table

Response: BHF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	42259	42259	1.4345	0.2418
I(DAC^2):H	1	3122	3122	0.1060	0.7474
H:DAC	1	46690	46690	1.5849	0.2192

### MODELO DE ECUACIÓN 7

Call: lm(formula = log(BHF) ~ log(DAC) + log(H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.3920	-0.2645	-0.0882	0.4434	1.1634

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.5012	1.0888	5.053	2.64e-05 ***
log(DAC)	0.9356	0.4319	2.166	0.0393 *
log(H)	0.3610	0.4119	0.876	0.3885

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6684 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2626, Adjusted R-squared: 0.208

F-statistic: 4.808 on 2 and 27 DF, p-value: 0.01637

Analysis of Variance Table

Response: log(BHF)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAC)	1	3.9526	3.9526	8.8474	0.006116 **
log(H)	1	0.3432	0.3432	0.7681	0.388535
Residuals	27	12.0624	0.4468		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### MODELO DE ECUACIÓN 8

Call: lm(formula = log(BHF) ~ log(DAC))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.22708	-0.33489	-0.04824	0.42523	1.22790

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	6.3993	0.3664	17.467	<2e-16 ***



log(DAC) 1.1207 0.3752 2.987 0.0058 \*\*

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6656 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2416, Adjusted R-squared: 0.2145

F-statistic: 8.921 on 1 and 28 DF, p-value: 0.005803

Analysis of Variance Table

Response: log(BHF)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAC)	1	3.9526	3.9526	8.9213	0.005803 **
Residuals	28	12.4056	0.4431		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### Datos Generados Por El Programa "R", Análisis En Relación Al Dac Y Biomasa Total

#### MODELO DE ECUACIÓN 1

Call: lm(formula = BHT ~ DAC)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-742.5	-506.0	-257.7	198.3	2048.8

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	624.4	454.8	1.373	0.181
DAC	653.7	1035.5	0.631	0.533

Residual standard error: 749.7 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.01403, Adjusted R-squared: -0.02118

F-statistic: 0.3985 on 1 and 28 DF, p-value: 0.533

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAC	1	224014	224014	0.3985	0.533
Residuals	28	15738441	562087		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 2*

Call: lm(formula = BHT ~ I(DAC^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-757.9	-527.9	-254.5	192.0	2047.4

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	818.9	258.6	3.167	0.00370 **
I(DAC^2)	411.0	1135.2	0.362	0.71999

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 753.3 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.004661, Adjusted R-squared: -0.03089

F-statistic: 0.1311 on 1 and 28 DF, p-value: 0.72

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	74401	74401	0.1311	0.72
Residuals	28	15888054	567431		

*MODELO DE ECUACIÓN 3*

Call:

lm(formula = BHT ~ DAC + I(DAC^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-805.0	-486.5	-276.8	167.2	1905.5

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1142	1252	-0.912	0.370
DAC	9267	5797	1.599	0.122
I(DAC^2)	-9545	6325	-1.509	0.143

Residual standard error: 733.2 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.09072, Adjusted R-squared: 0.02337

F-statistic: 1.347 on 2 and 27 DF, p-value: 0.2770

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAC	1	224014	224014	0.4167	0.5240
I(DAC^2)	1	1224092	1224092	2.2771	0.1429
Residuals	27	14514349	537568		

*MODELO DE ECUACIÓN 4*

Call: lm(formula = BHT ~ I(DAC^2):H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-753.5	-517.5	-235.5	202.1	2044.1

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	822.5	218.4	3.766	0.000784 ***
I(DAC^2):H	46.0	103.1	0.446	0.658806

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 752.4 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.007064, Adjusted R-squared: -0.0284

F-statistic: 0.1992 on 1 and 28 DF, p-value: 0.6588

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2):H	1	112755	112755	0.1992	0.6588
Residuals	28	15849700	566061		

*MODELO DE ECUACIÓN 5*

Call: lm(formula = BHT ~ I(DAC^2) + I(DAC^2):H + H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1068.4	-484.1	-212.9	173.1	1957.8

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	92.26	811.85	0.114	0.910
I(DAC^2)	2697.97	4555.98	0.592	0.559
H	98.24	99.00	0.992	0.330
I(DAC^2):H	-299.42	488.15	-0.613	0.545

Residual standard error: 766.1 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.04409, Adjusted R-squared: -0.0662

F-statistic: 0.3998 on 3 and 26 DF, p-value: 0.7543

#### Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	74401	74401	0.1268	0.7247
H	1	408632	408632	0.6963	0.4116
I(DAC^2):H	1	220795	220795	0.3762	0.5450
Residuals	26	15258627	586870		

*MODELO DE ECUACIÓN 6*

Call: lm(formula = BHT ~ I(DAC^2) + (I(DAC^2):H) + (DAC:H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1075.8	-433.1	-256.2	152.9	1924.1

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	197.0	605.2	0.326	0.747
I(DAC^2)	1991.6	3803.0	0.524	0.605
I(DAC^2):H	-621.0	653.1	-0.951	0.350
H:DAC	387.4	319.7	1.212	0.237

Residual standard error: 759.3 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.06092, Adjusted R-squared: -0.04744

F-statistic: 0.5622 on 3 and 26 DF, p-value: 0.6447

Analysis of Variance Table

Response: BHT

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	74401	74401	0.1290	0.7223
I(DAC^2):H	1	51515	51515	0.0894	0.7674
H:DAC	1	846505	846505	1.4683	0.2365

*MODELO DE ECUACIÓN 7*

Call: lm(formula = log(BHT) ~ log(DAC) + log(H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.57589	-0.48473	-0.06652	0.49462	1.46551

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	6.4311	1.3566	4.741	6.12e-05 ***
log(DAC)	0.8446	0.5382	1.569	0.128
log(H)	0.4012	0.5133	0.782	0.441

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8328 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1722, Adjusted R-squared: 0.1109



F-statistic: 2.808 on 2 and 27 DF, p-value: 0.07799

### Analysis of Variance Table

Response: log(BHT)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAC)	1	3.4717	3.4717	5.0054	0.03372 *
log(H)	1	0.4237	0.4237	0.6109	0.44124
Residuals	27	18.7268	0.6936		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### MODELO DE ECUACIÓN 8

Call: lm(formula = log(BHT) ~ log(DAC))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.3316	-0.4239	-0.1546	0.5201	1.5372

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7.4290	0.4552	16.321	7.77e-16 ***
log(DAC)	1.0503	0.4662	2.253	0.0323 *

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.827 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1535, Adjusted R-squared: 0.1232

F-statistic: 5.076 on 1 and 28 DF, p-value: 0.03228

### Analysis of Variance Table

Response: log(BHT)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAC)	1	3.4717	3.4717	5.0759	0.03228 *
Residuals	28	19.1505	0.6839		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## ANEXO 6

### Datos Generados Por El Programa "R", Análisis En Relación Al Dap Y El Carbono Del Fuste

#### MODELO DE ECUACIÓN 1

Call: lm(formula = CCF ~ DAP)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-50.8915	-10.1163	0.3083	7.7362	39.8672

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-28.75	13.42	-2.142	0.041 *
DAP	250.13	40.41	6.190	1.10e-06 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 20.36 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.5778, Adjusted R-squared: 0.5627

F-statistic: 38.32 on 1 and 28 DF, p-value: 1.098e-06

Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAP	1	15883	15882.9	38.320	1.098e-06 ***
Residuals	28	11605	414.5		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 2*

Call: lm(formula = CCF ~ I(DAP^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-52.0407	-8.0918	-0.3459	8.4539	40.3261

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.496	7.781	0.706	0.486
I(DAP^2)	413.180	62.624	6.598	3.72e-07 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 19.6 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6086, Adjusted R-squared: 0.5946

F-statistic: 43.53 on 1 and 28 DF, p-value: 3.721e-07

Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	16728	16728.3	43.531	3.721e-07 ***
Residuals	28	10760	384.3		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 3*

Call: lm(formula = CCF ~ DAP + I(DAP^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-52.0630	-7.7709	-0.5198	8.8998	40.5708

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	12.82	31.04	0.413	0.683
DAP	-50.57	207.22	-0.244	0.809
I(DAP^2)	493.08	333.52	1.478	0.151

Residual standard error: 19.94 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6094, Adjusted R-squared: 0.5805

F-statistic: 21.06 on 2 and 27 DF, p-value: 3.076e-06

## Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAP	1	15882.9	15882.9	39.9431	9.144e-07 ***
I(DAP^2)	1	869.1	869.1	2.1857	0.1509
Residuals	27	10736.2	397.6		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## MODELO DE ECUACIÓN 4

Call: lm(formula = CCF ~ I(DAP^2):H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-48.7787	-13.1488	0.1297	12.0580	32.7930

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	18.198	6.261	2.907	0.00707 **
I(DAP^2):H	34.789	5.397	6.446	5.56e-07 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 19.88 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.5974, Adjusted R-squared: 0.583

F-statistic: 41.55 on 1 and 28 DF, p-value: 5.56e-07

### Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2):H	1	16422	16421.9	41.55	5.56e-07 ***
Residuals	28	11066	395.2		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### MODELO DE ECUACIÓN 5

Call: lm(formula = CCF ~ I(DAP^2) + I(DAP^2):H + H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-39.0766	-8.1090	0.4536	8.6174	35.8377

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	12.3121	22.6796	0.543	0.592
I(DAP^2)	214.6089	192.6338	1.114	0.275
H	-0.4678	3.0865	-0.152	0.881
I(DAP^2):H	19.8893	22.4773	0.885	0.384

Residual standard error: 19.56 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.638, Adjusted R-squared: 0.5963

F-statistic: 15.28 on 3 and 26 DF, p-value: 6.238e-06

### Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	16728.3	16728.3	43.7149	5.179e-07 ***
H	1	510.9	510.9	1.3351	0.2584
I(DAP^2):H	1	299.6	299.6	0.7830	0.3843
Residuals	26	9949.4	382.7		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### MODELO DE ECUACIÓN 6

Call: lm(formula = CCF ~ I(DAP^2) + (I(DAP^2):H) + (DAP:H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-38.8608	-8.2287	0.4952	8.2629	36.0127



Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	11.47	15.42	0.744	0.464
I(DAP^2)	221.71	156.37	1.418	0.168
I(DAP^2):H	22.28	31.63	0.705	0.487
H:DAP	-2.23	12.36	-0.180	0.858

Residual standard error: 19.56 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6382, Adjusted R-squared: 0.5964

F-statistic: 15.29 on 3 and 26 DF, p-value: 6.209e-06

Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAP^2)	1	16728.3	16728.3	43.7311	5.163e-07 ***
I(DAP^2):H	1	801.7	801.7	2.0959	0.1596
H:DAP	1	12.5	12.5	0.0326	0.8582
Residuals	26	9945.7	382.5		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 7*

Call: lm(formula = log(CCF) ~ log(DAP) + log(H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.01473	-0.20320	0.07007	0.22651	0.51728

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	4.4024	0.7158	6.151	1.42e-06 ***
log(DAP)	1.3716	0.2486	5.518	7.60e-06 ***
log(H)	0.4804	0.2487	1.932	0.064 .

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3814 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7159, Adjusted R-squared: 0.6949

F-statistic: 34.02 on 2 and 27 DF, p-value: 4.181e-08

Analysis of Variance Table

Response: log(CCF)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAP)	1	9.3570	9.3570	64.3153	1.283e-08 ***
log(H)	1	0.5428	0.5428	3.7308	0.06398 .
Residuals	27	3.9281	0.1455		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 8*

Call: lm(formula = log(CCF) ~ log(DAP))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.09794	-0.14971	0.06157	0.27183	0.61625

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.6948	0.2663	21.385	< 2e-16 ***
log(DAP)	1.6434	0.2147	7.655	2.44e-08 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3996 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6767, Adjusted R-squared: 0.6651

F-statistic: 58.6 on 1 and 28 DF, p-value: 2.441e-08

### Analysis of Variance Table

Response: log(CCF)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAP)	1	9.3570	9.3570	58.6	2.441e-08 ***
Residuals	28	4.4709	0.1597		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### Datos Generados Por El Programa "R", Análisis En Relación Al Dac Y El Carbono Del Fuste

#### MODELO DE ECUACIÓN 1

Call: lm(formula = CCF ~ DAC)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-25.789	-8.415	-2.274	10.240	28.131

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-33.011	9.142	-3.611	0.00118 **
DAC	200.762	20.814	9.646	2.12e-10 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 15.07 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7687, Adjusted R-squared: 0.7604

F-statistic: 93.04 on 1 and 28 DF, p-value: 2.122e-10

### Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAC	1	21129.4	21129.4	93.038	2.122e-10 ***
Residuals	28	6358.9	227.1		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### MODELO DE ECUACIÓN 2

Call: lm(formula = CCF ~ I(DAC^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-22.200	-10.911	-2.234	10.466	31.020

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	8.847	5.184	1.707	0.099
I(DAC^2)	218.921	22.754	9.621	2.24e-10 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 15.1 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7678, Adjusted R-squared: 0.7595

F-statistic: 92.57 on 1 and 28 DF, p-value: 2.242e-10

### Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	21104.4	21104	92.565	2.242e-10 ***
Residuals	28	6383.9	228		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### MODELO DE ECUACIÓN 3

Call: lm(formula = CCF ~ DAC + I(DAC^2))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-24.030	-10.248	-2.070	9.757	29.351

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-13.37	25.90	-0.516	0.610
DAC	104.98	119.89	0.876	0.389
I(DAC^2)	106.13	130.81	0.811	0.424

Residual standard error: 15.16 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7742, Adjusted R-squared: 0.7574

F-statistic: 46.28 on 2 and 27 DF, p-value: 1.888e-09

### Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
DAC	1	21129.4	21129.4	91.9028	3.485e-10 ***
I(DAC^2)	1	151.3	151.3	0.6583	0.4243
Residuals	27	6207.6	229.9		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### MODELO DE ECUACIÓN 4

Call: lm(formula = CCF ~ I(DAC^2):H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-28.421	-11.015	3.266	8.188	33.076

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	18.437	4.443	4.15	0.000281 ***
I(DAC^2):H	19.818	2.097	9.45	3.3e-10 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 15.31 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7613, Adjusted R-squared: 0.7528

F-statistic: 89.31 on 1 and 28 DF, p-value: 3.302e-10

Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2):H	1	20927	20927.3	89.31	3.302e-10 ***
Residuals	28	6561	234.3		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### *MODELO DE ECUACIÓN 5*

Call: lm(formula = CCF ~ I(DAC^2) + I(DAC^2):H + H)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-26.1206	-10.0909	0.9284	8.3130	25.8125



Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-3.215	15.439	-0.208	0.837
I(DAC^2)	184.327	86.640	2.127	0.043 *
H	1.987	1.883	1.056	0.301
I(DAC^2):H	1.811	9.283	0.195	0.847

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 14.57 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7993, Adjusted R-squared: 0.7761

F-statistic: 34.51 on 3 and 26 DF, p-value: 3.245e-09

Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	21104.4	21104.4	99.4380	2.248e-10 ***
H	1	857.6	857.6	4.0409	0.05489
I(DAC^2):H	1	8.1	8.1	0.0381	0.84683
Residuals	26	5518.2	212.2		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 6*

Call: lm(formula = CCF ~ I(DAC^2) + (I(DAC^2):H) + (DAC:H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-26.236	-9.795	1.219	9.068	25.177

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1.020	11.499	-0.089	0.9300
I(DAC^2)	169.749	72.262	2.349	0.0267 *
I(DAC^2):H	-4.612	12.410	-0.372	0.7132
H:DAC	7.793	6.075	1.283	0.2109

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 14.43 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8031, Adjusted R-squared: 0.7804

F-statistic: 35.35 on 3 and 26 DF, p-value: 2.528e-09

Analysis of Variance Table

Response: CCF

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
I(DAC^2)	1	21104.4	21104.4	101.3851	1.837e-10 ***
I(DAC^2):H	1	629.2	629.2	3.0225	0.09395 .
H:DAC	1	342.5	342.5	1.6454	0.21090
Residuals	26	5412.2	208.2		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

*MODELO DE ECUACIÓN 7*

Call: lm(formula = log(CCF) ~ log(DAC) + log(H))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.70197	-0.22763	0.07229	0.21988	0.44920

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	4.1388	0.4845	8.543	3.71e-09 ***
log(DAC)	1.5789	0.1922	8.215	8.05e-09 ***
log(H)	0.5210	0.1833	2.842	0.00843 **

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2974 on 27 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8273, Adjusted R-squared: 0.8145

F-statistic: 64.66 on 2 and 27 DF, p-value: 5.059e-11

### Analysis of Variance Table

Response: log(CCF)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(DAC)	1	10.7250	10.7250	121.2466	1.729e-11 ***
log(H)	1	0.7146	0.7146	8.0783	0.008427 **
Residuals	27	2.3883	0.0885		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### MODELO DE ECUACIÓN 8

Call: lm(formula = log(CCF) ~ log(DAC))

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.64359	-0.23499	0.02091	0.27451	0.54227

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.4347	0.1832	29.661	< 2e-16 ***
log(DAC)	1.8461	0.1877	9.838	1.38e-10 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3329 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7756, Adjusted R-squared: 0.7676

F-statistic: 96.78 on 1 and 28 DF, p-value: 1.379e-10