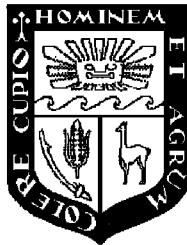


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Determinación de biomasa aérea total del
algarrobo *Prosopis pallida* (h&b. ex. willd.) h.b.k.
var. *pallida ferreira* en los bosques secos de la
comunidad campesina José Ignacio Tavera
Pasapera del departamento de Piura**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Manuel Eduardo Llanos Aguilar

Lima – Perú
2010

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. MANUEL EDUARDO LLANOS AGUILAR, intitulado “DETERMINACIÓN DE BIOMASA AÉREA TOTAL DEL ALGARROBO *PROSOPIS PALLIDA* (H&B. EX. WILLD.) H.B.K. VAR. *PALLIDA* FERREIRA EN LOS BOSQUES SECOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA JOSÉ IGNACIO TAVARA PASAPERA DEL DEPARTAMENTO DE PIURA”.

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, 11 de Enero de 2010

.....
Ing. Ignacio Lombardi Indacochea
Presidente

.....
Ing. Wilfredo Ojeda Ojeda
Miembro

.....
Ing. Carlos Vargas Salas
Miembro

.....
Ing. Víctor Barrena Arroyo
Patrocinador

.....

RESUMEN

En la presente investigación se construye una ecuación de biomasa aérea total del algarrobo *Prosopis pallida* (H&B. ex. Willd.) H.B.K. var. *pallida* Ferreira el cual permitirá estimar el almacenamiento de biomasa aérea total de los árboles individuales.

Este proceso implicó pasar por tres etapas: (i) el trabajo de campo, que implicó la ubicación y medición de árboles en pie, el tumbado de los árboles, mediciones realizadas a cada componente del árbol y obtención de rodajas y muestras de follaje y transporte de las mismas; (ii) el trabajo de laboratorio, implicó pesado y secado en horno de las muestras hasta su peso seco constante; (iii) el trabajo de gabinete consistió en determinar el contenido de humedad de las muestras, determinación del peso seco total o biomasa total medida de cada uno de los componentes arbóreos, elaboración de modelos de ecuaciones de biomasa aérea de cada componente y del total, selección de la mejor ecuación de biomasa aérea total y de cada componente del algarrobo .

Se encontró en la mejor ecuación seleccionada que el DAP (cm) y la altura total (m) son las variables independientes que mejor estiman la biomasa aérea total del Algarrobo *Prosopis pallida* (H&B. ex. Willd.) H.B.K. var. *pallida* Ferreira.

Se obtuvo que el follaje en promedio posee 12,86%, las ramas delgadas el 40,86%, las ramas gruesas el 36,65% y el fuste sólo el 17,64% de la biomasa aérea total del Algarrobo *Prosopis pallida* (H&B. ex. Willd.) H.B.K. var. *pallida* Ferreira.

La ecuación de biomasa aérea total encontrada es exclusiva para individuos de Algarrobo *Prosopis pallida* (H&B. ex. Willd.) H.B.K. var. *pallida* Ferreira pertenecientes al bosque seco ralo de llanura, particularmente de la comunidad campesina José Ignacio Távara Pasapera

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 ANTECEDENTES.....	3
2.1.1 <i>Concepto de Biomasa.....</i>	<i>3</i>
2.1.2 <i>Concepto de Biomasa Foliar.....</i>	<i>4</i>
2.1.3 <i>Determinación de la Biomasa.....</i>	<i>5</i>
2.1.4 <i>Estudios de estimación de Biomasa Forestal en el Perú.....</i>	<i>6</i>
2.1.5 <i>Estudios de estimación de Biomasa Forestal en otros países.....</i>	<i>11</i>
2.2 MARCO TEÓRICO.....	13
2.2.1 <i>Descripción General del Algarrobo (Prosopis pallida).....</i>	<i>13</i>
2.2.2 <i>Características Fenológicas de la Especie Prosopis sp.....</i>	<i>16</i>
2.2.3 <i>Factores que influyen en la fenología de la especie Prosopis sp.....</i>	<i>18</i>
2.2.4 <i>Enfermedades y Plagas en el Prosopis sp.....</i>	<i>18</i>
2.2.5 <i>Usos y Propiedades del Algarrobo.....</i>	<i>20</i>
2.2.6 <i>El Fenómeno “El Niño”.....</i>	<i>20</i>
2.2.7 <i>Los Bosques Secos del Perú.....</i>	<i>21</i>
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 ZONA DE ESTUDIO.....	22
3.1.1 <i>Comunidad Campesina José Ignacio Távara Pasapera.....</i>	<i>25</i>
3.2 MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	32
3.2.1 <i>Materiales.....</i>	<i>32</i>
3.2.2 <i>Equipo.....</i>	<i>32</i>
3.2.3 <i>Herramientas.....</i>	<i>33</i>
3.3 METODOLOGIA.....	34
3.3.1 <i>Selección de la zona de trabajo.....</i>	<i>34</i>
3.3.2 <i>Negociaciones con la comunidad campesina.....</i>	<i>34</i>
3.3.3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	34
3.3.4 <i>Trabajo de campo.....</i>	<i>35</i>
3.3.5 <i>Transporte.....</i>	<i>41</i>
3.3.6 <i>Trabajo de laboratorio.....</i>	<i>41</i>
3.3.7 <i>Trabajo de gabinete.....</i>	<i>43</i>
3.3.8 <i>Elaboración de ecuaciones de biomasa aérea total del algarrobo.....</i>	<i>45</i>
3.3.9 <i>Selección de la mejor ecuación de biomasa aérea total del algarrobo.....</i>	<i>45</i>
3.3.10 <i>Estimación de la biomasa aérea total de cada árbol muestra.....</i>	<i>46</i>
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1 NEGOCIACIONES CON LA COMUNIDAD CAMPESINA.....	47
4.2 SELECCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO.....	47
4.3 SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES MUESTRA.....	47
4.4 TRABAJO DE CAMPO.....	49
4.5 TRANSPORTE.....	63

4.6	TRABAJO DE LABORATORIO	65
4.7	TRABAJO DE GABINETE.....	69
4.8	ELABORACIÓN DE ECUACIONES DE BIOMASA AÉREA TOTAL DEL ALGARROBO.....	78
4.9	ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA DE CADA COMPONENTE EN LOS ÁRBOLES MUESTRA.....	86
4.10	COMPARACIÓN ENTRE LA ECUACIÓN DE BIOMASA AÉREA TOTAL SELECCIONADA Y LA DE PADRÓN Y NAVARRO PARA EL <i>PROSOPIS PALLIDA</i>	96
5.	CONCLUSIONES	100
6.	RECOMENDACIONES.....	101
ANEXO 1.....	107	
	PARÁMETROS TOMADOS A LOS ÁRBOLES MUESTRA.....	107
ANEXO 2.....	108	
	PESO HÚMEDO TOTAL DE LOS COMPONENTES ARBÓREOS.....	108
ANEXO 3.....	109	
	RELACIÓN ENTRE EL PESO SECO O BIOMASA AÉREA SECA DE LOS COMPONENTES ARBÓREOS EN RELACIÓN CON SU DAP EN EL <i>PROSOPIS PALLIDA</i>	109
ANEXO 4.....	110	
	RESULTADOS DE LA GEOREFERENCIACIÓN DE CADA ÁRBOL.....	110
ANEXO 5.....	111	
	DISTRIBUCIÓN DE LOS 32 ÁRBOLES MUESTRA EN LA COMUNIDAD CAMPESINA	111
ANEXO 6.....	112	
	TABLA DE SECADO DE MUESTRAS DE ALGARROBO (KG)	112
ANEXO 7.....	121	
	ACTA QUE AUTORIZA LA COMUNIDAD CAMPESINA PARA REALIZAR LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.....	121
ANEXO 8.....	123	
	DATA METEOROLÓGICA DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE CHULUCANAS- SENAMHI.....	123

Lista de cuadros

Página

CUADRO 1	DATOS GENERALES	22
CUADRO 2	ASOCIACIONES FISIográfICAS EN LA ZONA DE TRABAJO.....	27
CUADRO 3	MODELOS DE BIOMASA AJUSTADOS.....	45
CUADRO 4	CLASES DIAMÉTRICAS	48
CUADRO 5	DAP Y ALTURA TOTAL (H) DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN CAMPO.....	49
CUADRO 6	DIÁMETROS DE COPA (DC) DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN EL CAMPO.....	50
CUADRO 7	LONGITUD DE FUSTE DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN EL CAMPO.....	52
CUADRO 8	DIÁMETRO DE PUNTO DE COPA (DPC) DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN CAMPO.....	53
CUADRO 9	PESO HÚMEDO TOTAL DEL FUSTE DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN EL CAMPO.	55
CUADRO 10	PESO HÚMEDO TOTAL DE LAS RAMAS GRUESAS DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN CAMPO.	57
CUADRO 11	PESO HÚMEDO TOTAL DE LAS RAMAS DELGADAS (KG) DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN EL CAMPO 59	
CUADRO 12	PESO HÚMEDO TOTAL DEL FOLLAJE (KG) DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS EN EL CAMPO.	60
CUADRO 13	RELACIÓN ENTRE PESO HÚMEDO TOTAL DE COPA Y PESO HÚMEDO TOTAL DE FUSTE.....	62
CUADRO 14	PORCENTAJE DE CONTENIDO DE HUMEDAD HALLADO EN LOS COMPONENTES DE CADA ÁRBOL.....	70
CUADRO 15	%CH PROMEDIO ENTRE LOS DIFERENTES COMPONENTES DEL ÁRBOL DE ALGARROBO.	71
CUADRO 16	PESO SECO TOTAL DE LOS COMPONENTES ARBÓREOS	72
CUADRO 17	PORCENTAJE DEL PESO SECO O BIOMASA AÉREA SECA DE LOS COMPONENTES ARBÓREOS.	77
CUADRO 18	PORCENTAJE PROMEDIO DEL PESO SECO TOTAL DE LOS COMPONENTES ARBÓREOS EN RELACIÓN AL PESO SECO TOTAL DEL <i>PROSOPIS PALLIDA</i>	78
CUADRO 19	ECUACIONES PARA ESTIMAR BIOMASA DE FUSTE.....	79
CUADRO 20	ECUACIONES PARA ESTIMAR BIOMASA DE FOLLAJE.....	79
CUADRO 21	ECUACIONES PARA ESTIMAR BIOMASA DE RAMAS DELGADAS	80
CUADRO 22	. ECUACIONES PARA ESTIMAR BIOMASA DE RAMAS GRUESAS:	80
CUADRO 23	ECUACIONES PARA ESTIMAR BIOMASA AÉREA TOTAL	81
CUADRO 24	ECUACIONES EN FUNCIÓN A LAS PRUEBAS DE FISHER Y DEL T DE STUDENT.....	82
CUADRO 25	ECUACIONES PARA ESTIMAR BIOMASA	84
CUADRO 26	ECUACIONES PARA ESTIMAR BIOMASA AÉREA DEL ALGARROBO (<i>PROSOPIS PALLIDA</i>).....	85
CUADRO 27	COMPARACIÓN ENTRE EL PESO SECO TOTAL O BIOMASA AÉREA TOTAL Y LA BIOMASA AÉREA TOTAL ESTIMADA.....	87
CUADRO 28	. COMPARACIÓN ENTRE LA BIOMASA DE FUSTE Y LA BIOMASA ESTIMADA.	89
CUADRO 29	COMPARACIÓN ENTRE LA BIOMASA DE FOLLAJE Y LA BIOMASA ESTIMADA.....	91
CUADRO 30	COMPARACIÓN ENTRE BIOMASA DE RAMAS GRUESAS Y LA BIOMASA ESTIMADA.	93
CUADRO 31	COMPARACIÓN ENTRE BIOMASA DE RAMAS DELGADAS Y LA BIOMASA ESTIMADA.....	95
CUADRO 32	COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE LAS ECUACIONES DE ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA TOTAL PARA EL <i>PROSOPIS PALLIDA</i>	98

Lista de figuras

Página

FIGURA 1	MAPA DE UBICACIÓN DE LA COMUNIDAD JOSÉ IGNACIO TÁVARA PASAPERA EN LA REGIÓN GRAU	23
FIGURA 2	MAPA DE UBICACIÓN DE LOS 16 ANEXOS DE LA COMUNIDAD	24
FIGURA 3	DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRABAJO DE CAMPO	36
FIGURA 4	FUSTE DIVIDIDO EN TRES PARTES IGUALES	39
FIGURA 5	DIAGRAMA DE FLUJO DE TRABAJO DEL LABORATORIO	43
FIGURA 6	RELACIÓN ENTRE EL DAP Y LA ALTURA TOTAL	50
FIGURA 7	RELACIÓN ENTRE EL DAP Y EL DIÁMETRO DE COPA	51
FIGURA 8	RELACIÓN ENTRE EL DAP Y LA LONGITUD DEL FUSTE	53
FIGURA 9	RELACIÓN ENTRE EL DAP Y EL DIÁMETRO EN PUNTO DE COPA (DPC)	54
FIGURA 10	RELACIÓN ENTRE EL DAP Y EL PESO HÚMEDO TOTAL DEL FUSTE	56
FIGURA 11	RELACIÓN ENTRE EL PESO HÚMEDO TOTAL DE RG Y PESO HÚMEDO TOTAL DEL FUSTE	58
FIGURA 12	RELACIÓN ENTRE EL PESO HÚMEDO TOTAL DE RAMAS DELGADAS Y PESO HÚMEDO DEL FUSTE	60
FIGURA 13	RELACIÓN ENTRE EL PESO HÚMEDO TOTAL DEL FOLLAJE Y PESO HÚMEDO TOTAL DEL FUSTE	61
FIGURA 14	RELACIÓN ENTRE PESO HÚMEDO TOTAL DE COPA Y PESO HÚMEDO TOTAL DE FUSTE	63
FIGURA 15	LA CARRETA ESTANDARIZADA, MEDIO DE TRANSPORTE EN LA ZONA	64
FIGURA 16	HORNO DE SECADO (SECADOR DE BANDEJAS)	65
FIGURA 17	CARACTERÍSTICAS DEL HORNO DE SECADO	66
FIGURA 18	CARRO PORTABANDEJAS CON 11 PISOS DE BANDEJAS Y MUESTRAS DE RODAJAS DE ALGARROBO	67
FIGURA 19	MUESTRAS DE FOLLAJE ENVUELTOS EN PAPEL CREPÉ LISTO PARA EL SECADO	67
FIGURA 20	SECADOR DE HORNO CON CARROS PORTABANDEJAS Y MUESTRAS LISTAS PARA SU SECADO	68
FIGURA 21	SECADOR DE HORNO CON CARROS PORTABANDEJAS Y MUESTRAS LISTAS PARA SU SECADO	68
FIGURA 22	RELACIÓN ENTRE EL PESO SECO TOTAL DEL ÁRBOL Y EL DAP	73
FIGURA 23	RELACIÓN ENTRE EL PESO SECO TOTAL DE RAMAS GRUESAS Y EL DAP	74
FIGURA 24	RELACIÓN ENTRE EL PESO SECO TOTAL RAMAS DELGADAS Y EL DAP	74
FIGURA 25	RELACIÓN ENTRE EL PESO SECO TOTAL DEL FUSTE Y EL DAP	75
FIGURA 26	RELACIÓN ENTRE EL PESO SECO TOTAL DEL FOLLAJE Y EL DAP	75
FIGURA 27	RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA AÉREA TOTAL ESTIMADA Y EL DAP	88
FIGURA 28	RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA ESTIMADA DE FUSTE Y EL DAP	90
FIGURA 29	RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA ESTIMADA DE FOLLAJE Y EL DAP	92
FIGURA 30	RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA ESTIMADA DE RAMAS GRUESAS Y EL DAP	94
FIGURA 31	RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA ESTIMADA DE RAMAS DELGADAS Y EL DAP	96
FIGURA 32	COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE AMBOS MODELOS	99

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente un tema de discusión mundial es del denominado Calentamiento Global debido al aumento de la temperatura atmosférica también denominado cambio climático, ello debido al aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) tales como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), los óxidos nitrosos (NO₂), dióxido de azufre, ozono (O₃) y los fluoroclorocarbonos (FCC), entre otros. De los cuales el CO₂ es el más abundante producidos por la actividad antrópica mediante la combustión de los combustibles fósiles, la agricultura, el cambio de uso de la tierra, la industria, el transporte, los incendios forestales, las guerras entre otros. CO₂

Se tiene que las actividades de deforestación y la quema de bosques son los que presentan mayor contribución al incremento de Gases de Efecto Invernadero (Arévalo et al. 2003). Brown y Lugo (1992) mencionan como fuentes principales de emisión de CO₂ la combustión de combustibles fósiles y la producción de cemento en los países industrializados, así como la deforestación y cambio de uso de la tierra en los países tropicales. Pero a la par con el desarrollo de la industria y específicamente desde la revolución industrial en el actual sistema económico los gases de efecto invernadero han aumentado su concentración en la atmósfera de 280 ppm en 1750 a 367 ppm en el presente siglo (Fragoso et al. 2003).

Siendo un problema reconocido como una amenaza para toda la biodiversidad incluido el hombre la mayoría de los países del mundo y organismos multilaterales han venido tratando el problema a través de diversos eventos como el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) creado en 1991 en Río de Janeiro, Brasil o el Protocolo de Kyoto en 1992 de los cuales derivan diversos programas y estrategias de mitigación, así como el control de emisiones y flujos de carbono que constituyen temas principales de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Los bosques son fuentes netas de emisión de GEI, pero tienen la posibilidad de mitigar GEI por medio de la captura de carbono en diferentes ecosistemas vegetales conocidos como: sumideros (Maser, 1996; Ordóñez, 1998 y 1999). Pero la capacidad de almacenamiento de carbono en

estos bosques se está perdiendo rápidamente por los procesos de deforestación y degradación de los ecosistemas forestales entre ellos la creciente desertificación de los bosques secos; de esta manera los bosques juegan un rol principal no solo como factor de desarrollo de un país y de sus modelos de sostenibilidad, sino que adquieren protagonismo mundial por su probable reconocimiento como sumideros de carbono.

Para proponer programas y estrategias viables dirigidas a la mitigación del calentamiento global como el caso de las plantaciones forestales es imprescindible contar con la información básica sobre los contenidos de carbono en los diferentes almacenes del ecosistema forestal como son el suelo, la vegetación y la hojarasca (Ordóñez, 1998); es particularmente crítica la falta de información cuantitativa de biomasa y carbono almacenado en estos ecosistemas y particularmente en las poblaciones de árboles. Es necesario mejorar esta situación avanzando en la estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea forestal existente con la mayor exactitud posible, a efectos de modelar los flujos de carbono por cambio del uso de la tierra cuyos resultados dependerán en gran parte de las cuantificaciones de biomasa de los bosques.

En tal sentido, el objetivo general del presente trabajo es determinar la biomasa aérea total del algarrobo (*Prosopis pallida*) en los bosques secos de la Comunidad Campesina José Ignacio Távara Pasapera de la región Piura a fin de servir a los programas y estrategias de mitigación del calentamiento global y lucha contra la desertificación de los bosques secos. El objetivo específico es la determinación de la mejor ecuación para estimar la biomasa aérea total del algarrobo (*Prosopis pallida*) en los bosques secos de la Comunidad Campesina José Ignacio Távara Pasapera de la región Piura.

Siendo dicha especie forestal la principal en valor de importancia, se desarrolla esta investigación debido a la falta de este tipo de información en la zona. Por tanto, el resultado coadyuvará en determinar los montos de carbono capturado por los bosques naturales y las plantaciones forestales que se realicen en dicha zona en la lucha contra la desertificación y mitigación del calentamiento global, así mismo, permitirá desarrollar proyectos REED y MDL con la venta de bonos de carbono con la consiguiente conservación y manejo de bosques y la mejora de calidad de vida de la población local.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 CONCEPTO DE BIOMASA

Guerra (2001) define la biomasa como la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un periodo determinado y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen.

Por otro lado, Schlegel et al, (2000) definen la biomasa forestal como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo. 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) define la biomasa forestal como la masa acumulada sobre y bajo el suelo, de madera, corteza y hojas producidas por las especies leñosas, tanto arbóreas como arbustivas.

Para el caso de estudios referidos a árboles y arbustos multipropósito, la biomasa se define como el peso total de los individuos vivos y/o de sus partes en un tiempo determinado por unidad de área, expresado en peso seco (MackDicken y Kenneth, 1991).

Dauber et al, (2004) a efectos de este estudio consideran las siguientes definiciones:

Biomasa aérea total, se refiere al peso seco del material vegetal de los árboles con DAP mayor a 10 cm, incluyendo fustes, corteza, ramas y hojas. Corresponde a la altura total del árbol, desde el suelo hasta el ápice de la copa.

Biomasa de fustes, se refiere al peso seco de los fustes con DAP mayor a 10 cm., corresponde a la altura comercial del árbol desde el suelo hasta la primera bifurcación o inicio de la copa.

Valdivia (2002) define la biomasa como el peso, o estimación equivalente, de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal.

El mismo autor reconoce 5 diferentes depósitos donde se acumula el carbono en el ecosistema forestal:

- 1) En la Biomasa sobre el suelo, que considera los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea.
- 2) En la Biomasa bajo el suelo, que se refiere a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado, tanto de los árboles como del sotobosque.
- 3) En la Hojarasca, que es la capa de material orgánico (hojas, ramillas, semillas, etc.) no descompuesto y cuyas formas se pueden reconocer a simple vista, también llamada mantillo o litera.
- 4) En la Necromasa, que se refiere tanto a los árboles muertos en pie, como a los caídos, también troncos y todo el material muerto que se encuentra en el ecosistema, y
- 5) En el Suelo, el cual es considerado por el IPCC (2000) hasta una profundidad de 30 cm, debido a que el cambio de uso de la tierra tiene un mayor efecto en los estratos superiores.

FAO (1995), la biomasa forestal se ha convertido en un importante elemento en los estudios sobre los cambios que ocurren a escala mundial. A partir de la biomasa forestal se puede calcular la concentración de carbono en la vegetación (aproximadamente el 50% de la biomasa está formada por carbono) y, por consiguiente, se pueden hacer estimaciones sobre la cantidad de dióxido de carbono que entra a la atmósfera, cada vez que se desmonta o se quema un bosque. La biomasa es una variable que sirve también para comparar las características estructurales y funcionales de un ecosistema forestal en un amplio abanico de condiciones.

Garzuglia y Saket (2003), definen biomasa de un rodal forestal como la cantidad total de materia orgánica aérea presente en los árboles, incluyendo hojas, ramas, tronco principal y Corteza.

2.1.2 CONCEPTO DE BIOMASA FOLIAR

Según Hakkila (1989), la biomasa foliar es un componente importante dentro de la biomasa total del bosque, siendo un elemento determinante en la producción de materia orgánica del ecosistema, mediante la producción de fotosintatos y la incorporación directa de materia orgánica al suelo, sirve además como fuente de alimento para el ganado y la fauna propia de dicho sistema.

Salgado (2000) citando a Satoo y Madgwick (1982) señala que a medida que la masa foliar de una comunidad se incrementa, se incrementa proporcionalmente el consumo de fotosintatos por respiración foliar, hasta llegar a un punto donde la curva formada por esta relación se estabiliza. Este límite superior depende de la intensidad de la radiación solar y determina un nivel óptimo de biomasa foliar. Esto conduce a observar que la biomasa foliar se incrementa en proporción a la biomasa total, cuando esta última es pequeña, pero cuando la biomasa total es muy grande, la biomasa foliar se vuelve independiente. Agrega además, que se pensaba por mucho tiempo que la producción de biomasa foliar era independiente de factores como calidad de sitio, edad, etc. analizan el hecho de que si bien es cierto la producción de biomasa foliar no se puede explicar por estos factores en forma individual, existen relaciones entre ellos.

2.1.3 DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA

Ritchie y Hann (1990) en los últimos tiempos la necesidad de la estimación racional e integral de toda la biomasa forestal aprovechable, así como la predicción de los incrementos potenciales de la misma, se han convertido en un importante aspecto a tener en cuenta, dada la enorme cantidad de alternativas de su uso; tanto dentro de la planificación productiva, como de sus posibilidades de desarrollo científico técnico.

Sarasíbar (2006), al analizar el ciclo de vida completo de los combustibles obtenidos a partir de biomasa forestal y al compararlo con el de los combustibles fósiles, encontró que se consiguen ahorros de entre el 50 y el 80% en las emisiones de CO₂, esto es debido a que la biomasa forestal emite un CO₂ que ha fijado en su fase de desarrollo vegetativo.

Schlegel *et al.*,(2000) señalan que la determinación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que esta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes. Esta información es de especial importancia en la actualidad, debido a la necesidad de conocer los montos de carbono capturado por los bosques naturales y plantaciones, como un medio para mitigar los cambios climáticos generados por el consumo de combustibles fósiles, entre otros, que liberan gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera.

Wegner (1984) señala que la biomasa de un árbol puede ser caracterizada en ocho componentes mayores: i) raicillas, menores a 0,254 cm., ii) raíces medianas, entre 0,254 y 10,16 cm de diámetro, iii) raíces grandes, mayores de 10,16 cm de diámetro hasta la base del fuste, iv) tocón, porción del tronco cerca de 15,24 cm sobre la tierra extendiéndose hacia abajo hasta donde las grandes raíces son aparentes, v) fuste comercial, el tronco principal desde el tocón hasta algún diámetro limite especificado, vi) tope del fuste (topwood), porción del fuste arriba del límite del fuste comercial, vii) ramas, ramas mayores a 1,27 cm en diámetro, y viii) follaje técnico, todo el follaje, frutos, flores y ramas menores a 1,27 cm de diámetro.

Garzuglia y Saket (2003), para la estimación de la biomasa de un rodal forestal el procedimiento más común es el método de estimación por regresión. Este consiste en el muestreo destructivo de unos cuantos árboles para relacionar alguna de sus variables fáciles de medir con el contenido de biomasa, utilizando para ello métodos de regresión; por ejemplo, el diámetro normal (DN, diámetro a 1,30 m).

Whittaker y Marks (1975), el método destructivo es el más preciso para estimar el volumen de biomasa aérea; hay otros métodos de medición basados, por ejemplo, en el diámetro normalizado y la altura. Las ecuaciones alométricas se derivan de estos datos para estimar biomasa total y se usan además para realizar inventarios forestales y estudios ecológicos.

2.1.4 ESTUDIOS DE ESTIMACIÓN DE BIOMASA FORESTAL EN EL PERÚ

Domínguez (1995) estimó la biomasa total del fuste y la biomasa del fuste sin corteza con los cuales encontró formulas para evaluar el crecimiento de los rodales de Pájaro Bobo (*Tessania integrifolia* Ruiz & Pav.) en la Reserva de Biosfera del Manu en Madre de Dios, aportando una mejora en la metodología para la selección de ecuaciones con los cuales predice la biomasa y/o volumen de dicha especie forestal.

La metodología utilizada fue:

- 1) Selección de las zonas de evaluación y de los árboles.
- 2) Medición de los árboles seleccionados.
- 3) Obtención e identificación de las muestras.
- 4) Determinación del contenido de humedad y cálculo del peso seco.

- 5) Revisión bibliográfica en cuanto a modelos.
- 6) Selección de variables para nuevos modelos.
- 7) Aplicación del paquete estadístico SAS.
- 8) Elección de la mejor ecuación por tipo de modelo.
- 9) Ponderación de modelos para el ajuste de la heterocedasticidad.
- 10) Comparación de ecuaciones usando el índice de Furnival.
- 11) Selección de la mejor ecuación para la estimación de la biomasa.

Domínguez utilizó dos tipos de modelos, el primero estima directamente el peso seco del fuste y el segundo estima el logaritmo del mismo, concluyendo que la metodología utilizada para la selección de la ecuación de volumen es compatible para la selección de ecuaciones de biomasa.

Los modelos obtenidos fueron:

$$\text{LnPSECO} = 3,486012 + 5,830811 * \text{INDAP} - 1,679999 * \text{DAP} + 0,088889 * \text{DAP}^2 + 0,050361 * \text{DAP} * \text{H} - 0,04540 * \text{DAP}^2 * \text{H}$$

$$\text{LnPSF} = 1,419288 + 6,100854 * \text{LogDAP} - 0,769047 * \text{DAP} + 0,040578 * \text{DAP}^2 + 0,022173 * \text{DAP} * \text{H} - 0,002025 * \text{DAP}^2 * \text{H}$$

Donde: LnPSECO = Ln del Peso Seco del Fuste con corteza

LnPSF = Ln del Peso Seco del Fuste sin corteza

DAP = Diámetro a la altura del Pecho

H = Altura

Siltanen *et al*, (1987) determinaron la producción de biomasa de *Polylepis incana* en el departamento de Puno utilizando la siguiente metodología:

Selección de parcelas de muestreo.

Medición de algunos índices de los árboles de la parcela.

Selección y medición detallada de árboles muestra.

Calculo de biomasa por unidad de área.

En sus resultados mostraron la biomasa total en toneladas por hectárea, haciendo ver la influencia de las características del suelo en la producción de biomasa del rodal. No llegaron a establecer ecuaciones ni tablas de biomasa.

Salgado (2000) estimó la biomasa forrajera de Overo (*Cordia lutea* Lam.) en los bosques secos del departamento de Piura aplicando la siguiente metodología:

- 1) Selección de la zona de trabajo.
- 2) Inventario forestal de overales: Forma y distribución de parcelas, Medición de diámetro y alturas.
- 3) Estudio de Biomasa: selección de individuos para el estudio de biomasa, medición de diámetros y alturas, recolección del follaje aprovechable, pesaje, toma de muestras e identificación de las mismas.
- 4) Análisis del inventario forestal de overales: Relación altura diámetro, Numero de individuos por hectárea, Área de cobertura de copa por hectárea.
- 5) Análisis del estudio de Biomasa: Determinación del contenido de Materia Seca, Calculo de Peso Seco.
- 6) Estimación de Biomasa: Determinación de las variables independientes a utilizar en las ecuaciones, Selección de Modelos, Resolución de modelos escogidos, Selección de la mejor ecuación, Aplicación de la ecuación escogida a la población de *Cordia lutea* Lam.

Salgado logró establecer una relación entre la biomasa forrajera aprovechable del Overo y los parámetros de diámetro y altura, a través de la siguiente ecuación:

$$B = -2,467029 + 1,191953 (D/H)^{1/2}$$

El mismo autor hace hincapié que esta ecuación es válida para el periodo de fin de la época húmeda e inicio de la época seca.

Catpo (2004) determinó una ecuación alométrica de *Pinus patula* y estimó el contenido de carbono en su biomasa aérea en Porcón Cajamarca aplicando la siguiente metodología:

Selección de la plantación a estudiar.

- 1) Tamaño de la muestra.

- 2) Establecimiento de las parcelas y selección de los árboles a tumar.
- 3) Biomasa aérea.
- 4) Determinación del peso seco de cada componente arbóreo.
- 5) Inventario forestal por muestreo.
- 6) Elaboración de la ecuación de biomasa arbórea total del *Pinus patula*.
- 7) Aplicación de la ecuación de biomasa arbórea total del *Pinus patula* y de la ecuación de C en los datos del inventario por muestreo.

Catpo llega a establecer la ecuación de biomasa arbórea total del *Pinus patula* (BATPp) utilizando como variable independiente el DAP de la siguiente manera:

$$\text{BATPp} = 15,9613e^{9,0757 \cdot \text{DAP}}$$

Y para determinar el contenido de Carbono multiplica la ecuación de biomasa arbórea total del *Pinus patula* por el Factor de 0.5 obteniendo de tal modo la siguiente ecuación:

$$\text{CCBATPp} = 7,98065e^{9,0757 \cdot \text{DAP}}$$

Catpo concluye que la mejor forma y mas fácil de medir la variable independiente que se relaciona con la BATPp es el DAP y sostiene que la metodología utilizada si es económicamente viable debido a que es suficiente un inventario con DAP's y , no ser imprescindible un estudio de cuantificación de C en laboratorio, el cual sería costoso; así, la ecuación permitirá estimar los montos de C para otras plantaciones de *Pinus patula*, dentro de Porcón y plantaciones en otros lugares del Perú, con similares características climáticas, fisiográficas y edáficas.

Lapeyre *et al* (2004) determinaron la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra en la región de San Martín-Perú, con la finalidad de conocer el potencial de captura de carbono. Los sistemas de uso de la tierra evaluados fueron: Bosque primario, Bosque secundario de diferentes edades, sistemas agrícolas locales de maíz, arroz, pastos y sistemas agroforestales con café bajo sombra y cacao. En cada uno de éstos sistemas se establecieron al azar cinco transectos donde se evaluó la biomasa arbórea. Dentro de éstos transectos se establecieron

cuadrados también al azar para cuantificar la biomasa herbácea y la biomasa de hojarasca. Se encontró que el carbono total en el bosque primario fue de 485 tn C/ha, superando ampliamente las reservas del bosque secundario de 50 años y de bosque descremado de 20 años. El nivel de reservas de carbono en la biomasa de hojarasca de los sistemas boscosos, se encontró que no es significativo al compararlo con el total de las reservas de carbono de la biomasa aérea; sin embargo si es significativo para sistemas agroforestales.

Los mismos autores utilizaron la metodología de evaluación que fue desarrollada por el ICRAF siguiendo los procedimientos del Manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra (Arévalo *et al.*, 2003). Esta metodología se basa en la determinación de la biomasa total mediante el uso de ecuaciones alométricas si son árboles y en la toma de muestras en forma disturbativa del sotobosque, cultivos, pastos etc. así como la hojarasca.

Desarrollaron la ecuación alométrica para el café, de cuatro años. Para el desarrollo de esta fórmula se realizó el método destructivo de tres a cuatro especies de café por transecto. La mejor correlación se obtuvo entre el diámetro del arbusto y la biomasa seca, siendo su fórmula la siguiente:

$Y = 0.0474 X^{2.629}$, donde Y es la biomasa seca del café y X el diámetro del arbusto.

Padrón y Navarro (2004), estimaron la biomasa aérea del *Prosopis pallida* (H. & B. ex. Willd.) H.B.K en el norte del Perú, el número de árboles muestreados fueron 17; 13 de los cuales se obtuvieron del campus de la universidad de Piura (5 de suelo arenoso y 8 de una mixtura de suelos) y los 4 restantes de los bosques de Lancones (de suelos mixtos). Los diámetros oscilaron entre los 12 cm y 48 cm, fue aplicado el método destructivo. Recomiendan no usar ecuaciones de regresión múltiples sino la mejor relación obtenida en la regresión simple ya que combina el diámetro en la base y la altura total con un $R^2 > 90\%$.

Las ecuaciones encontradas son las siguientes:

Biomasa Aérea Fresca = $75:1691 + 0:08732(\text{Diámetro en la Base})^2 (\text{Altura Total})$

Biomasa Aérea Seca = $66:5541 + 0:05796(\text{Diámetro en la Base})^2 (\text{Altura Total})$

2.1.5 ESTUDIOS DE ESTIMACIÓN DE BIOMASA FORESTAL EN OTROS PAÍSES

De Petre *et al*, (1999?) estimaron la capacidad potencial de secuestro de carbono en biomasa arbórea aérea en el bosque nativo de Entre Ríos, Argentina. Las especies estudiadas son Ñandubay (*Prosopis affinis*), Algarrobo (*Prosopis nigra*) y Espinillo (*Acacia caven*).

El muestreo se ajustó a la disponibilidad arbórea de los predios, donde se ubicaron los sitios más representativos del tipo forestal. A partir de los inventarios de las parcelas, se seleccionaron los árboles muestra. Utilizaron el método de la tabla de frecuencia según clase diamétrica para determinar el número de individuos a muestrear por especie, asegurando al menos un individuo de cada especie por cada clase diamétrica con frecuencia de al menos tres individuos. El muestreo se realizó al azar, obteniendo de cada árbol las variables alométricas representativas.

El contenido de carbono en la biomasa aérea en diferentes especies arbóreas analizadas.

Especie	% C	Modelo	R2
Espinillo - <i>Acacia caven</i>	47.20	Volumen aéreo = $0.0263 * DAB^{2.8741}$	0.965
Algarrobo - <i>Prosopis nigra</i>	47.83	Peso aéreo = $0.0365 * DAB^{2.8054}$	0.9779
Ñandubay - <i>Prosopis affinis</i>	47.62	Peso aéreo = $0.0358 * DAB^{2.695}$	0.9538

Estos resultados indican en primer lugar, que el contenido de carbono (%C) de la biomasa seca de las especies arbóreas más representativas es menor que el 50% utilizado por IPCC y diversos autores, ya que las tres especies poseen un contenido de carbono que corresponde a un rango entre 47% y 48% de la biomasa aérea.

De Petre concluye que el contenido de carbono presenta variabilidad, no sólo en cuanto a las especies, sino también en cuanto a sección del árbol, clase diamétrica y componente del leño. Estas variables estarían influyendo en distinto grado al factor de conversión determinado por especie, y habría que considerarlas adecuadamente en el diseño experimental para el muestreo y determinaciones apropiadas de %C.

Gayoso (2003?) desarrolló estudios para determinar funciones de biomasa, y definir la metodología de inventario de carbono para determinar la capacidad de captura de carbono de distintos bosques de Chile. Estudió 14 especies del bosque nativo siempreverde y 3 especies de plantaciones de exóticas. Las funciones de biomasa y coeficientes de expansión fueron estimados en base a ensayos destructivos sobre 540 árboles y la extracción de 137 raíces. El

inventario de carbono se basó en 168 parcelas, de tamaño entre 250 y 500 m², distribuidas en 13 predios forestales. Los resultados para las especies nativas del tipo forestal siempreverde (árboles de DAP > 10 cm) muestran que la biomasa aérea de los árboles se distribuye como sigue: 0,62 - 5,05% en las hojas; 6,09 - 22,23 % ramas; 61,89 - 88,06 % fuste; y, 4,62 - 16,21 % en la corteza. La importancia de las raíces (diámetro > 5 mm) como promedio para todas las especies medidas del bosque siempreverde alcanza a 27,50 % de la biomasa aérea. El contenido de carbono varía entre 34,86 % y 48,15 %, según el componente. En rodales de *Pinus radiata* D. Don, edad de 23 años, la biomasa alcanza: 4,07 % en las acículas; 9,08 % en las ramas; 5,64 % en la corteza; y 80,56 % en el fuste comercial. Las raíces corresponden al 25,39 % de la biomasa aérea. El contenido de carbono varía entre 44,69 y 45,47 % para los distintos componentes.

Gayoso y Guerra (2005) determinaron el contenido de carbono (C) en fuste, ramas, hojas y corteza para 16 especies del bosque nativo en Chile. El muestreo se ajustó a la disponibilidad de los predios aportados por las empresas forestales asociadas al estudio, a partir de los cuales ubicaron los sitios más representativos del tipo forestal. En cada área de muestreo establecieron cuatro parcelas de 500 m² cada una, en parejas distribuidas al azar, separadas a una distancia de 60 metros. Para la correcta ubicación de las parcelas, utilizaron material cartográfico y equipos de sistema de posicionamiento global (GPS). A partir de los inventarios de las parcelas seleccionaron los árboles muestra. El método consideró la tabla de frecuencia, según clase diamétrica para determinar el número de individuos a muestrear por especie en cada sitio, pero asegurando, además, al menos un individuo de cada especie por cada clase diamétrica con frecuencia de al menos tres individuos. Se analizaron 2034 muestras provenientes de la madera del fuste, corteza, ramas y hojas de 409 árboles. Las muestras fueron molidas y secadas en estufa a 103±2°C, para luego determinar el contenido de carbono orgánico mediante el método de Walkey y Black que consiste en la oxidación con una solución de dicromato de potasio en un medio sulfúrico. Cabe señalar que este método sólo evalúa la fracción orgánica de carbono en el tejido vegetal. Además, para establecer las diferencias y relaciones que permitan la estimación del contenido de C total a partir del C orgánico, se realizaron 44 ensayos sobre muestras dobles para los diferentes tejidos del árbol, utilizando el método colorimétrico para establecer carbono orgánico y de combustión o calorimetría para obtener carbono total. El C total mostró ser en promedio 5,5±0,76% mayor que el contenido de C orgánico. La elección del

método colorimétrico se debió exclusivamente a restricciones presupuestarias, ya que una determinación de carbono total por métodos como el de calorimetría llega a ser 12 a 15 veces superior al costo del ensayo colorimétrico.

Brown *et al.* (1989) publicaron ecuaciones de biomasa para bosques en zonas de vida seca, húmeda y muy húmeda según zonificación de Holdridge (1967), basadas en el análisis de datos de 269 árboles provenientes de diferentes países tropicales. Las ecuaciones mencionadas se distinguen por el número de variables independientes, siendo estas: el “DAP”; “el DAP y la altura total”; “el DAP, la altura total y la densidad básica” de los árboles. En 1997 Brown publicó otras dos funciones basadas en el DAP solamente, que rinden resultados semejantes que la función correspondiente de 1989.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ALGARROBO (*Prosopis pallida*)

A) NOMENCLATURA

El *Prosopis pallida*, conocida en el Perú como Algarrobo, guarango, es una especie perteneciente a la familia Mimosaceae cuya clasificación taxonómica es la siguiente:

ORDEN	: Rosales
FAMILIA	: Mimosaceae
GENERO	: Prosopis
ESPECIE	: Pallida (H. & B. Ex Willd.) HBK.
NOMBRE COMUN	: Algarrobo, guarango

Variedad : Armata Ferreira.

Zevallos (1997) lo describe como árbol grande de hasta 10 m. de altura y 45 cm de diámetro, con ramificación de tipo simpodial, con ramas ascendentes formando una copa globosa a horizontal; fuste de hasta de 6 m. de longitud. Corteza externa de color marrón oscuro a negruzco y de apariencia fisurada, con presencia de espinas a lo largo del fuste; ritidoma conspicuamente leñoso. Corteza interna de color rojo oscuro hacia fuera y blanco hacia dentro,

olor a barniz y sabor agridulce; textura fibro-arenoso. Hojas bipinnadas, alternas, generalmente con un par de estipulas convertidas en espinas; con 2 a 3 pares de pinnas, con una glándula cuculiforme entre cada par; pinnas con 9 a 14 pares de foliolos; foliolos elípticos o elíptico oblongo, con ápice obtusomucronado, sésil, borde entero, nervadura central en el envés, pubescente. Flores en inflorescencia racimo largos, bisexuales, pentámeras, cáliz y corola tubulares, de color amarillo. Fruto legumbre de tipo drupa, donde el mesocarpo es pastoso y dulce, el endocarpo a manera de hueso, de color amarillo. Semilla de color gris, con tegumento duro, sub globoso a cordado.

Variedad : Pallida Ferreira.

Zevallos (1997) lo describe como árbol mediano de fuste subcilindrico e irregular de hasta 4 m de longitud, ramificación simpodial, de hasta 7 m de altura y de un promedio de hasta 25 cm. de diámetro; con copa horizontal globosa y regularmente nudosa. Hojas bipinnadas, alternas, generalmente agrupadas al extremo, con un par de estipulas convertidas en espinas, con 2 pares de pinnas, con una glándula copuliforme entre cada par; pinna con 8 a 11 pares de foliolos; foliolos oblongos, con ápice obtuso sésil, borde entero, nervadura central en el envés, pubescente. Flores en inflorescencia, racimos bisexuales, pentámeras, cáliz y corola tubulares, de color amarillo; estambres en numero de 10 y anteras bitecas; gineceo con ovario supero unicarpelar o unilocular, con abundantes rudimentos seminales. Fruto legumbre de tipo drupa, donde el mesocarpo es pastoso y dulce, el endocarpo a manera de hueso, de color amarillo. Semilla de color gris, con tegumento duro, subgloboso a cordado.

B) DISTRIBUCIÓN

El algarrobo se distribuye en un amplio rango de condiciones edáficas, encontrándose sobre suelos arenosos, arcillosos, salinos, rocosos e inundables.

Díaz (1995) cita a varios autores que afirman que en América del Norte las especies de *Prosopis* se desarrollan bien en suelos pedregosos, rocosos, en suelos aluviales arcillo sedimentarios y en tierras profundas. En Hawai el *Prosopis juliflora* vive muy bien adaptado a suelos áridos y estériles, muy seco para otros cultivos. En Sudamérica los suelos donde crece el *Prosopis*, se caracterizan por ser desérticos normales, formados por material de relleno de origen fluvial, originado en la cordillera andina, con grandes depósitos de sales en partes bajas que se han producido por evaporación del agua superficial subterránea, también crecen en

depósitos de arena como resultado de la acción eólica. El *Prosopis tamarugo* en Chile necesita suelos franco-limosos a franco arenosos, salinos con pH 7,5 a 8,4 pueden desarrollarse en los intersticios de costras de sal con espesor de 1 metro.

El mismo autor señala que el *Prosopis alba* es la especie típica del centro y norte argentino, prospera en casi todos los suelos pedregosos, arcillosos, arenosos. Las especies introducidas en Brasil se han adaptado muy bien en climas extremadamente secos, es común ver crecer en suelos limoso-arenoso, en lugares donde la arena llega hasta tres metros de profundidad, en el noreste brasileño se han adaptado magníficamente en suelos aluviales, arcillosos, sílico-arcillosos. No son convenientes terrenos húmedos, sea cual fuere la composición química del suelo; crece en gran variedad de suelos incluso pobres en nutrientes. Los suelos más adecuados son aquellos de texturas arenosas, franco-arenoso-arcilloso con reacciones y neutras, de buen drenaje, tolerando suelos salinos, aireados y profundos.

Díaz establece que el suelo esta relacionado con dos factores esenciales en el crecimiento: la textura, que debe permitir un óptimo desarrollo radicular tanto de las raíces laterales como de la pivotante, este factor es importante para el establecimiento de algarrobales en zonas áridas debido a que las raíces deben alcanzar la napa freática; un segundo factor importante de suelos arenosos-arcillosos es favorecer una mejor aireación para que los elementos oxígeno y nitrógeno lleguen a su óptimo y determinen un mejor crecimiento de las raíces y bacterias nitrificantes.

C) RELACIONES HÍDRICAS DEL *Prosopis sp*

El algarrobo se distribuye naturalmente en zonas áridas, se considera como freatófita por parte de diferentes autores, Cony (1997) afirma que en condiciones semiáridas puede comportarse como freatófita facultativa dependiendo también de sus raíces laterales para abastecerse de agua de lluvia, agrega que el sistema radical axonomorfo (raíz pivotante) solo entrara en funcionamiento al agotarse el agua superficial.

Walter en 1971, citado por Díaz. (1995), comprobó en experimentos realizados en Jordania con *Prosopis*, donde las precipitaciones son de 65 a 140 mm anuales, que el incremento de la concentración salina determino incremento en el valor osmótico de las plantas, y que los valores osmóticos bajos se encuentran en plantas de raíces profundas. También vio casos de

Prosopis que prosperan en extremas condiciones de aridez, donde la única posibilidad de abastecerse de agua es por la napa freática como es el caso del *Prosopis tamarugo* en la Pampa del Tamarugal en Chile.

Cavagnaro y Passera en 1993, citados por Díaz (1995), estudiaron el estado hídrico del *Prosopis flexuosa* a través de la variación de potencial de agua, potencial osmótico y potencial de turgencia a través de un ciclo vegetativo. Los resultados demostraron una independencia casi total entre las lluvias caídas y el estado hídrico de los árboles estudiados, haciéndole presumir la utilización de agua de estratos profundos del suelo, sin embargo al conocer que la napa freática se encuentra entre 60 y 70 metros postulan que *P. flexuosa* obtendría agua por infiltración de las lluvias caídas en las laderas orientales de la Meseta del Guadal y posterior movimiento subsuperficial hacia la zona de estudio, mencionan además la presencia de un mecanismo de ajuste osmótico para adaptarse a tales condiciones de aridez.

Cony (1997), manifiesta que se ha encontrado Prosopis en ambientes con menos de 150 mm y con ausencia de napa subterránea, por lo cual asegura existen otros mecanismos morfofisiológicos adaptativos para evitar o tolerar el déficit hídrico.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS DE LA ESPECIE *Prosopis sp*

A) FLORACIÓN

Según Ferreyra (1987) el estadio de floración en la especie algarrobo es un proceso fisiológico complejo y está íntimamente relacionado a la genética de la especie e influenciado por factores externos como clima y agentes bióticos; este evento se inicia en los meses de noviembre y diciembre, pudiendo continuar hasta enero y febrero del año siguiente. Las flores son hermafroditas de polinización autógama o alógama; de color verde luego amarillentas o amarillas.

Díaz (1995) señala que las flores son pentámeras, de simetría regular, cáliz acampanado, pétalos libres o ligeramente unidos en su base, androceo con 10 estambres libres, antera con una glándula globosa apical, el polen es liberado como un simple grano, pistilo de ovario sésil, las flores se reúnen en inflorescencia capituliforme, espiga o racimo.

La floración es variable en los árboles de un mismo sector y también entre sectores, asimismo pueden presentarse en un mismo árbol flores verdes y maduras; es posible que la floración se presente en dos periodos; la principal que se produce a fines de año y la de junio o “sanjuanera”, aunque esta se presenta muy eventualmente, Ferreyra (1987)

B) FRUCTIFICACIÓN

Según Daniel (1982) la fructificación en la especie algarrobo es un proceso ocasionado por causas fisiológicas y bioquímicas, que son susceptibles a la ocurrencia de condiciones favorables y que guarda relación con la presencia de carb hidratos, nitrógeno y a la actividad de la planta.

Los frutos son legumbres, lineal, recto, falcado o anillado; mesocarpo carnoso y dulce, endocarpo coriáceo dividido en uno o varios segmentos: las semillas están comprimidas, de forma ovoide, dura, color pardo oscuro con endospermo mucilaginoso que rodea al embrión. Se calcula que cada inflorescencia produce de una a ocho vainas o frutos, la fructificación puede iniciarse en diciembre y continuar los tres primeros meses del año siguiente, Ferreyra (1987).

C) REBROTOS

Según Díaz (1995) los rebrotes en las especies del bosque seco son rítmicos y pueden ser anuales, bianuales o irregulares en condiciones de clima mas o menos normales; en la especie algarrobo se manifiesta también la generación de hojas nuevas o rebrotes en forma cíclica; generalmente aparecen posterior a la ocurrencia de lluvias estacionales o del Fenómeno El Niño, así como a condiciones de alta humedad.

El mismo autor señala que en los árboles adultos de algarrobo, la presencia de rebrotes es un síntoma de que la planta continúa con su crecimiento vegetativo, y podría ser el anuncio de la iniciación de algún evento importante como es el caso de la floración. Las hojas son bipinnadas alternas, se aprecia en nudos de plantas adultas de 2 a 10 hojas, que nacen en ramitas muy

cortas y juntas semejantes a braquiblastos; cada hoja posee de una a ocho pares de pinnas y estas con una a cincuenta pares de folios.

D) DEFOLIACIÓN

Según Ferreyra (1987) la defoliación es un evento dependiente fundamentalmente del genotipo de la especie, y está relacionado con las características del clima estacional; según lo indicado se puede distinguir algunas categorías como: árboles caducifolios, semicaducifolios y perennifolios.

En el bosque seco se reporta que la especie algarrobo pierde parcialmente su follaje en forma natural como respuesta a los periodos secos, sin embargo a pérdida total de hojas se producen en periodos anormales de sequía intensa; así mismo puede perder parcial o totalmente su follaje como consecuencia de enfermedades o a la presencia de plagas entomológicas que atacan a la especie severamente

2.2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FENOLOGÍA DE LA ESPECIE *Prosopis sp*

Daniel (1982) señala que el comportamiento de las especies vegetales dependen de factores internos como: tipo y distribución de la raíz, absorción de sustancias nutritivas, hormonas, etc. Así como de la influencia de los factores externos o medioambientales como: clima, fisiográfica, suelo, nivel de napa freática, entre los más importantes.

Agrega que los factores climáticos más importantes y que inciden directamente en el comportamiento y desarrollo de las especies vegetales son: temperatura, disponibilidad de agua y horas de sol.

2.2.4 ENFERMEDADES Y PLAGAS EN EL *Prosopis sp*

Burkart (1976) en estudios realizados en Argentina encontró que la especie *Prosopis* tiene muy pocas enfermedades, es poco común encontrar tumoraciones en los troncos y ramas de los algarrobos, llamados “calden” el cual es producido por el hongo *Aecidium prosopidicola* Speg.

Según Díaz (1995) las ramas del algarrobo son infectadas por una planta semiparásita llamada “sueda con suedas” *Psitacanthus obovatus*, la semilla de esta planta es depositada en las ramas

de los árboles por las aves a través de sus deyecciones. Las semillas germinan y se adhieren a las ramas penetrando a los tejidos de la corteza, el daño que produce es el debilitamiento por el alimento que extrae y al cubrir la copa afecta el proceso de fotosíntesis de la planta. La planta parásita se reconoce por las flores rojas y amarillas. Los individuos de algarrobo también son parasitados por una planta denominada “lepe”, en muchos casos cubren todo el árbol produciendo la muerte, esta planta se presenta muy poco y solo en el algarrobo.

Díaz (1995) señala que entre los reptiles, se conocen los daños producidos por *Tropidurus peruvianus*, que es una lagartija que ataca a las yemas, hojas cotiledonales, hojas, ramas, flores y cáscara de las vainas de algarrobo; estos reptiles hacen sus madrigueras debajo del suelo y cerca de las plantas.

Según INRENA-Proyecto Algarrobo (1999) en lo que respecta a las plagas en el follaje del Prosopis se tiene a las larvas de lepidóptero llamado “pegador de hojas” perteneciente a la familia Olethreutidae, la que causa principalmente defoliación, pero que también ataca a los frutos. También se tiene al lepidóptero “pegador de hojas pequeño” de la familia Gelechiidae; también se tiene el “psifido del algarrobo” *Heteropsylla texana*, un insecto picador-chupador, el mismo que secreta sustancia azucarada donde se desarrolla el hongo negro “Fumagina” que interfiere en el proceso de fotosíntesis. Se encuentra también el “gusano medidor” *Tephrinopsis minor* D. que es también un lepidóptero, y finalmente el *Melipotis spp* o “gusano defoliador”, que pertenece a los lepidópteros; todos estos insectos atacan al follaje de la planta desde sus estados larvarios.

El Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA (2003) implementó el control biológico de plagas en el Prosopis, en un área de 500 has. en Olmos, logrando a través de las liberaciones de Trichograma controlar la plaga de lepidópteros de las familias Gelechiidae y Noctuidae, las mismas que producían daños en el follaje y brotes, pegado y esqueletizado de hojas; se liberaron también Crysopas y Podisus, que cumplen acción depredadora sobre las mismas plagas.

2.2.5 USOS Y PROPIEDADES DEL ALGARROBO

Rostworowsky (1981) afirma que desde la época preinca los antiguos peruanos utilizaban la madera de algarrobo para la construcción de edificaciones y la elaboración de herramientas y utensilios, además de utilizarlo como combustible en las fundiciones de metales y en sus actividades domésticas, de igual manera se utilizaban como fuente de forraje para los animales domésticos.

INRENA (1999) señala que aparte del uso doméstico la leña es usada localmente en ladrilleras, panaderías, caleras y chicherías; en cambio el carbón con frecuencia es llevado a ciudades como Lima, Trujillo, Chiclayo y Chiclayo para las pollerías así como para la industria siderúrgica.

AIDER (2001) señala que como forraje, el algarrobo ofrece una importante alternativa en la alimentación del ganado de la zona; el mayor porcentaje del producto foliar se usa como forraje, habiendo especies ganaderas que lo aprovechan como heno, hojas secas o forraje verde. De igual forma los frutos de algarrobo son usados ampliamente en la alimentación de todo tipo de ganado, manifestando inclusive que pueden ser criados exclusivamente con vainas de algarroba.

Zevallos *et al.*, (1984) encontraron que el algarrobo desde el punto de vista industrial y económico es una especie que proporciona muchos usos y beneficios; así tenemos: carbón, leña, forraje, apicultura, extractivos, parquet, construcciones rurales.

2.2.6 EL FENÓMENO “EL NIÑO”

Marengo (1999) señala que El Niño es un fenómeno oceanográfico controlado por la atmósfera, cuyos efectos más conspicuos son las excesivas precipitaciones y la elevación de la temperatura de las aguas del mar y del aire; produciendo irregularidades transitorias que ocasionan cambios en el sistema físico, químico y biótico.

El mismo autor señala que El Fenómeno El Niño tiene carácter cíclico, aunque no posee un periodo estrictamente regular y reaparece en intervalos de dos a siete años. Puede haber periodos en los cuales el Niño se presenta con intensidad más baja o moderada. También es posible que ocurra un fenómeno contrario a El Niño, es decir un enfriamiento anormal de las

aguas superficiales del Pacífico Ecuatorial Central, que afecta la costa norte del Perú; este fenómeno es conocido como la Niña y ocurre con menor frecuencia que el Niño

Agrega además que en el bosque seco natural de la costa norte del Perú, la ocurrencia del Niño representa una oportunidad para el repoblamiento forestal, ya sea en forma espontánea con el rápido desarrollo de la regeneración natural o inducida a través de siembras directas dirigidas, es decir, permite el establecimiento de la regeneración y generación de nuevos bosques, de allí la importancia del monitoreo y evaluación del Niño para tratar de aprovecharlo en la mejor forma posible.

2.2.7 LOS BOSQUES SECOS DEL PERÚ

AIDER (2004) indica que los bosques secos representan el 42% de todos los bosques tropicales y subtropicales del mundo. En Centroamérica cubren el 50% de las áreas boscosas y en Sudamérica el 22%. En el Perú los bosques secos abarcan alrededor de 3,2 millones de hectáreas y, aproximadamente, 2,2 millones de ellas corresponden a bosques donde la especie predominante es el algarrobo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en la comunidad campesina José Ignacio Távara Pasapera, ubicada a lo largo de la carretera interoceánica norte (antigua carretera Panamericana Norte), a 20 minutos de la ciudad de Piura (figuras 1 y 2).

El área de la comunidad campesina está comprendida por bosques secos, y según el Mapa Forestal del departamento de Piura elaborado por el Proyecto Algarrobo es un bosque seco ralo de llanura. Dentro de este ámbito predominan, como especies arbóreas, el algarrobo (*Prosopis pallida*) y el sapote (*Capparis angulata*), mientras que como especies de porte arbustivo lo son el Overo (*Cordia lutea*), el Faique (*Acacia macracantha*), el charamusco (*Encelia canescens*) y el Vichayo (*Capparis ovalifolia*), (AIDER, 1996)

Cuadro 1 Datos Generales

Provincia:	Piura y Morropón
Distrito:	Castilla, Tambogrande (Piura), Chulucanas (Morropón).
Carta Nacional:	11c (Chulucanas), 11d (Morropón).
Provincia Biogeográfica:	Desierto Pacifico Tropical.
Zonas de Vida :	Desierto perárido premontano Tropical/ dp-PT; Matorral Desértico Tropical / md-T
Región Latitudinal:	Tropical
Piso Altitudinal:	Basal
Temperatura:	Varia entre 22°C y 30°C (Estación Curván)
Precipitación:	117 mm (Estación Curván)
Humedad Relativa:	64.88%
Capacidad de Uso Mayor:	Tierra de Protección, apta para pastos, de calidad agrológica baja, con limitante por clima y con presencia pastos temporales (X-P3c(t)9.
Topografía:	Relieve plano a ondulado con pendientes entre 0 a 20 %
Profundidad Efectiva del suelo:	Suelos profundos (mas de 100 cm)

Fuente: Salgado (2000)

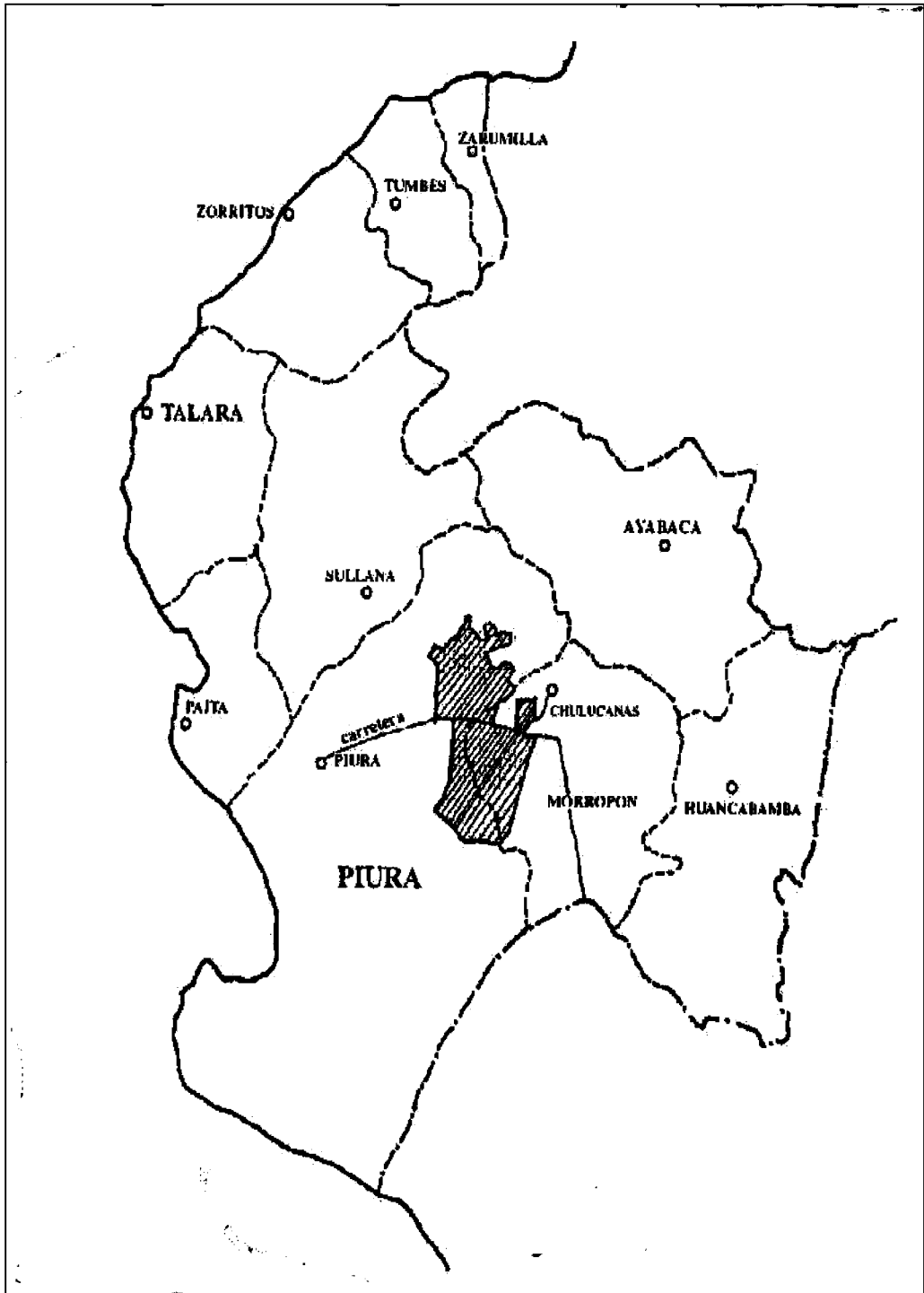


Figura 1 Mapa de ubicación de la comunidad José Ignacio Távora Pasapera en la Región Grau

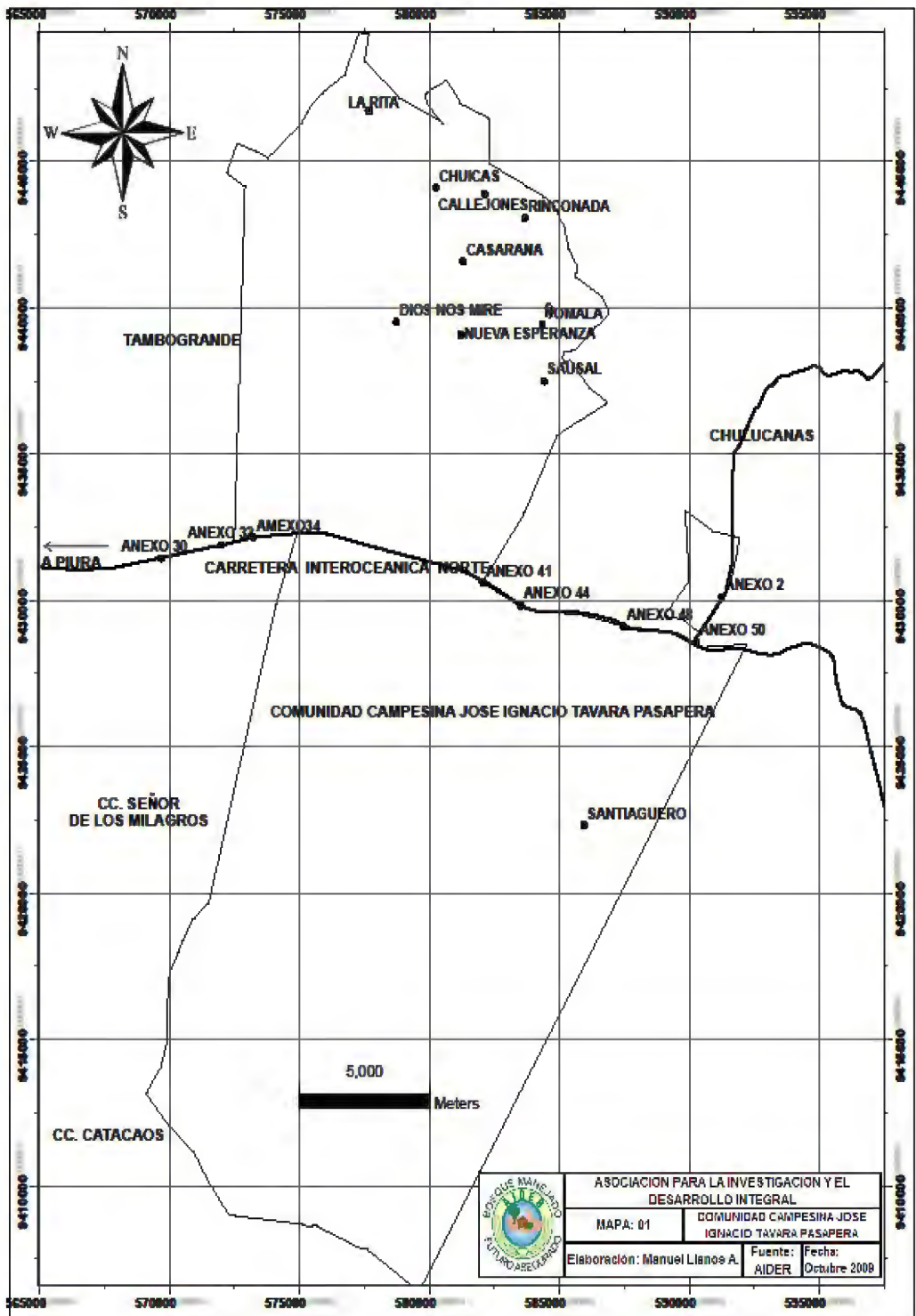


Figura 2 Mapa de Ubicación de los 16 Anexos de la Comunidad.

3.1.1 COMUNIDAD CAMPESINA JOSÉ IGNACIO TÁVARA PASAPERA

La Comunidad Campesina Ignacio Távara Pasapera del departamento de Piura, fue reconocida oficialmente por el Ministerio de Agricultura mediante R. D. No. 0137-86-AG-II-Piura, el 27 de Febrero de 1986, adjudicándosele 52269,13 ha de tierras eriazas, (AIDER, 2004).

A) UBICACIÓN Y LÍMITES

La demarcación política territorial de la comunidad se ubica entre los distritos de Chulucanas (Provincia de Morropón) y Tambogrande (Provincia de Piura), formando un polígono irregular cuyos límites geográficos son los siguientes:

- Por el Norte: tierras de propiedad de diferentes agricultores de la margen izquierda del Río Piura,
- Por el Sur: tierras de la Comunidad Campesina San Juan de Catacaos.
- Por el Este: terrenos de la ex Hacienda Huápalas, Vicús y km. 50, proyectado en línea hacia el Sur, hasta los linderos de la Comunidad Campesina San Juan Bautista de Catacaos.
- Por el Oeste: terrenos de las Comunidades Campesinas Cruz de Caña de Castilla y Apóstol San Juan Bautista de Locuto.

B) ACCESIBILIDAD

Se accede a la comunidad campesina Ignacio Távara Pasapera por la carretera Piura - Chulucanas (Panamericana Antigua, actual interoceánica norte).

C) ECOLOGÍA

La Comunidad Campesina José Ignacio Távara Pasapera presenta dos zonas de vida:

- Desierto perárido premontano tropical (dp-PT). Esta zona de vida se encuentra entre los 150 y 200 m.s.n.m. con una temperatura media anual de 24 °C y una precipitación anual

entre 125 y 250 mm con variaciones estacionales extremas (invierno seco y verano lluvioso).

- Matorral desértico tropical (md-T). Presenta precipitaciones entre 150 y 250 mm. y una temperatura media anual entre 22 y 44 °C. En el verano se presenta mucha nubosidad y una alta humedad relativa.

D) FISIOGRAFÍA

Según Salgado (2000) tomando de Asesores Técnicos Asociados S.A. (1998) diferencia dos asociaciones:

- Asociación de llanura eólica aluvial (E). Constituidas por un nivel de terraza alta respecto al río Piura, presentando áreas planas a ligeramente onduladas con pendientes de 2 a 5 % asociadas a colinas de dunas. Suelos ligeros, profundos con drenaje algo excesivo. Incluye zonas plano-cóncavas o vegas que vienen a ser pequeñas formaciones aluviales que cortan la llanura eólica. Esta zona es apta para pastos naturales.
- Sistema de colinas bajas, medias y altas (CI). Sistema asociado al anterior y constituido por colinas bajas, medias y altas formadas por dunas, cordones de dunas antiguos estabilizados y vegetados. Presentan pendientes complejas entre 15 y 25 % con suelos ligeros, profundos y con drenaje algo excesivo. Son tierras aptas para la forestación (Ver cuadro 2).

Cuadro 2 Asociaciones Fisiográficas en la zona de trabajo

Tipo de Asociación	Altitud (m.s.n.m.)	Relieve	Pendiente (%)	Profundidad	Textura	Retención de Humedad	Limitantes Presentes
Llanura eólica aluvial	125 - 175	Plano a ligeramente ondulado	< 5	Profundo	Ligera	Baja	Topografía, erosión eólica, permeabilidad
Sistema de colinas	175	Ondulado a fuertemente ondulado	15 - 20	Superficial	Ligera	Baja	Topografía, erosión eólica, permeabilidad

E) GEOLOGÍA

La comunidad se establece sobre planicies eólicas formadas por depósitos eólicos aparecidos durante el cuaternario reciente (cenozoico). Están asociados a áreas onduladas (dunas bajas, medias y altas estabilizadas) con una formación geológica a base de arenas eólicas. Parte de estas planicies tiene influencia aluvial, (Salgado, 2000).

F) VEGETACIÓN NATURAL

La comunidad se caracteriza por la predominancia de la especie algarrobo acompañada de otras especies leñosas (AIDER, 2004):

Nombre común	Nombre científico
Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>
Sapote	<i>Capparis scabrada</i>
Palo verde	<i>Cercidium praecox</i>
Palo santo	<i>Bursera graveolens</i>
Charán	<i>Caesalpinia paipái</i>
Azote de Cristo	<i>Parkinsonia aculeata</i>

Entre las especies arbustivas destacan (AIDER, 2004):

Nombre común	Nombre científico
Faique o Aromo	<i>Acacia huarango</i>
Vichayo	<i>Capparis ovalifolia</i>

Cuncún	<i>Vallesia dichotoma</i>
Charamusco	<i>Encelia canescens</i>
Borrachera	<i>Ipomea carnea</i>

Existe también una importante vegetación de herbáceas y gramíneas de carácter temporal que aparecen abundantemente en el periodo de lluvias, constituyendo la pradera asociada al bosque. Entre estas destacan las siguientes especies (AIDER, 2004):

Nombre común	Nombre científico
Bejuco de ganado	<i>Ipomea crassifolia</i>
Hierba blanca	<i>Althernantera pubiflora</i>
Frejolillo	<i>Erythrina sp</i>
Manito de ratón	<i>Coldenia dichotoma</i>
Alfalfilla	<i>Tephrosia sinerea</i>
Jaboncillo	<i>Luffa operculata</i>
Yuca de monte	<i>Apodanthera biflora</i>
Yuca de caballo	<i>Proboscidea althaefolia</i>
Pega pega	<i>Bohernavia erecta</i>
Coquito	<i>Cyperus esculentus</i>
Pajilla	<i>Aristida adscensionis</i>
Calaverita	<i>Antephoia hermaphodita</i>
Corrivuela	<i>Ipomea aegyptia</i>
Miñate	<i>Desmodium sp</i>
Verdolaga	<i>Portulaca olearacea</i>

G) FAUNA SILVESTRE

La fauna es variada, encontrándose diversas especies de vertebrados e invertebrados. Entre los vertebrados, los mamíferos están representados por (AIDER, 2004):

Nombre común	Nombre científico
Ardilla de nuca blanca	<i>Sciurus stramineus</i>
Zorro de sechura	<i>Dusicyon sechurae</i>

Entre los reptiles se encuentran (AIDER, 2004):

Nombre común	Nombre científico
Iguana	Ameiva sp
Pacazo	Iguana iguana
Macanche	Bothrops barnetti
Colambo	Boa constrictor

Entre las aves tenemos (AIDER, 2004):

Nombre común	Nombre científico
Paloma o cuculí	<i>Zenaida asiática</i>
Tórtola	<i>Eupelia cruziana</i>
Chilalo	<i>Furnarius leucopus</i>
Soña	<i>Mimus longicaudatus</i>
Peche	<i>Pezites militaris</i>
Gallinazo	<i>Coragyps atratus</i>
Negro	<i>Dives dives</i>
Loro sordo	<i>Brotogeris pyrrhopterus</i>
Huerequeque	<i>Burhinus superciliaris</i>

H) POBLACIÓN

Según una encuesta realizada en 1998 (Gobierno Regional de Piura, 2009), la población total es de 8589 habitantes, distribuidos en 16 anexos.

I) VIVIENDA

El material de construcción predominante en las paredes es el tabique, que es el material tradicional de construcción. Este se elabora entretejiendo varas de overo, utilizando horcones de algarrobo y vigas de algarrobo o cerezo como elementos de soporte. La ubicación de la vivienda responde a la ubicación de la familia en un área de bosque que la Comunidad le entrega en usufructo, por lo que la característica del asentamiento humano es la de una población dispersa (AIDER, 2004).

No existe en la Comunidad Campesina instalaciones de agua potable, desagüe, ni luz eléctrica a domicilio. Se abastecen de agua recogiendo de pilones de uso público que brindan un servicio bastante irregular, o también el agua es obtenida de pozos tubulares. En lo que respecta al saneamiento ambiental, las viviendas carecen de letrinas y no existen lugares expresamente destinados para la disposición de la basura (AIDER, 2004).

J) EDUCACIÓN

En el ámbito de la Comunidad, se presenta un 48% de analfabetismo. Son las mujeres las que presentan el mayor índice de analfabetismo: en el caso de las personas mayores de 40 años. El 80% de la población tiene primaria incompleta. Un 40% de los jóvenes de 15 años y más ya no estudian.

K) OCUPACIÓN

Es la de ganadería y agricultura para los varones y el de ama de casa para las mujeres, lo cual hace invisible el aporte productivo de la mujer a la economía familiar. Sin embargo, se identifican otras ocupaciones como: comerciantes, carpinteros, albañiles y transportistas (incluye choferes y ayudantes de camión así como cobradores en los omnibuses de transporte público). Así mismo, se observa que la desocupación imperante en los jóvenes los impulsa a emigrar a las ciudades más cercanas (Chulucanas y Piura), produciéndose el despoblamiento del campo, a pesar que existen recursos que, adecuadamente manejados, podrían solucionar sus necesidades de subsistencia (AIDER, 2004).

Principales actividades económicas de la comunidad campesina (AIDER, 2004):

Actividad Pecuaria:

Es considerada la principal actividad económica, generadora de los ingresos familiares, ya que su producción es casi totalmente destinada a la comercialización en los mercados de Chulucanas y Piura. Las principales características de esta actividad son: Predominio de la crianza de caprinos y ovinos criollos. AIDER, desde el año 1996, ha desarrollado en el Anexo San José un programa de mejoramiento genético y de la crianza del ovino criollo, mediante la

introducción de la raza de pelo Black Belly y el uso sostenible de la pradera, dando como resultado el mejoramiento productivo y reproductivo de esta especie sin deteriorar al bosque.

Agricultura de temporal:

Esta actividad, por su carácter temporal, en realidad es complementaria y destinada fundamentalmente al autoconsumo. Las principales características de esta actividad son:

- Se realiza en parcelas llamadas "temporales" sólo en época de lluvia, durante los primeros 4 meses del año.
- La extensión promedio del temporal es de 2 ha por familia, dependiendo de la cantidad de personas que conforman la unidad familiar, ya que las labores se comparten entre todos los miembros.
- Los productos que siembran son: menestras, maíz, sandía y melón en algunos casos.
- En caso de obtenerse excedentes en la producción de maíz, sarandaja y frijol chileno se destinan a la comercialización en los mercados de Chulucanas y Piura.
- Los rendimientos de producción son bajos, no siendo una actividad competitiva en una economía de mercado por la mala calidad, poca cantidad y altos costos de producción.

Actividad forestal:

Dentro de las posibilidades que las normas legales lo permiten, en épocas de sequía son comerciantes de ramas de algarrobo para leña (chalica), así como de madera de sapote para artesanía y de overo para palos de escoba y construcción.

Estos productos lo venden directamente a comerciantes intermediarios. Sin embargo, entre los pobladores de la Comunidad se encuentran quienes, infringiendo la legislación, han asumido la tala irracional de los algarrobos y sapotes para comercializarlos como una actividad económica que les genera ingresos rápidos, por la demanda que existe en el mercado local.

Siendo la extracción sin control la característica principal de la actividad forestal, se convierte en la principal causante de la deforestación y la consecuente desertificación de las áreas de bosque que son intervenidas por estos extractores ilegales.

3.2 MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3.2.1 MATERIALES

- 01 imagen satelital Landsat ETM+ del 3-12-2006
- 01 tubo porta mapas
- 32 bolsas de rafia pequeñas de 30 x 54cm
- 32 bolsas de rafia de 50 kg de 54 x 87cm
- 01 libreta de campo
- 06 plumones indelebles
- Materiales de oficina y cómputo.
- Combustible
- Lubricante
- 01 lima plana
- 07 limas para cadena de motosierra.
- Soga de nylon de 50 m.
- 12 ovillos de rafia

3.2.2 EQUIPO:

- 01 reloj

- 01 clinómetro Suunto
- 01 brújula Suunto
- 01 equipo de posicionamiento global Garmin (GPSmap 60)
- 01 balanza de 50 kg tipo reloj
- 01 balanza Electrónica de 5 kg TORREY, Modelo EQ-5/10, precisión 0.1 gr.
- 01 cámara fotográfica KODAK M320, 9.2 mega pixels.
- 01 wincha de 50 m.
- 01 forcípula de madera de 80 cm
- 01 calculadora CASIO fx-100MS
- 01 mochila para llevar el equipo de campo
- 04 lentes protectores
- 04 pares de guantes
- 01 motosierra Husqvarna 395XP
- 01 botiquín de primeros auxilios
- 01 carreta y un burro

3.2.3 HERRAMIENTAS

- 02 machetes
- 01 barreta
- 02 cuchillos

- 03 serruchos de podar (cola de zorro)
- 02 escobas metálicas tipo rastrillos
- 01 pala recta
- 02 tijeras de podar
- 01 gancho

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 SELECCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

La zona de trabajo elegida comprende el Anexo San José (km 41) colindante con la carretera interoceánica por ello de fácil acceso. En dicha zona de trabajo ya se hicieron estudios sobre determinación de biomasa aérea del Overo (*Cordia lutea* Lam) por Salgado (2000), y en otros anexos de la comunidad biomasa aérea del Faique (*Acacia huarango*) (AIDER, 2009).

3.3.2 NEGOCIACIONES CON LA COMUNIDAD CAMPESINA

Se informó a los representantes de la comunidad campesina en una Asamblea General sobre la investigación que se pensaba llevar adelante a fin de que dieran autorización para la ejecución de la misma en el Anexo San José (km 41) esto mediante la aprobación de la mayoría de los delegados (autoridades representantes de cada Anexo) y del Consejo Directivo, esta autorización estuvo refrendado en un Acta de autorización.

3.3.3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Se eligieron 30 árboles como mínimo para el tamaño de muestra en los cuales estuvieron representados todas las clases diamétricas, según la metodología de Arévalo et al. (2003) a fin de que el error de predicción del modelo resultante esté dentro de los rangos aceptados (Vallejo et ál. 2007).

3.3.4 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo se inicio con la ubicación y medición del árbol en pie, luego el tumbado del mismo y las mediciones y pesadas de los respectivos componentes así como la obtención de rodajas y muestras de follaje tal como se puede ver en el diagrama de flujo de trabajo de campo en la Figura 3. Cabe señalar que si bien las labores deberían iniciarse con el componente follaje para evitar la pérdida de humedad, para el caso del algarrobo coincidió prácticamente en la fase final del flujo de trabajo debido a que demandó mucho tiempo el desfollaje, mientras unos trabajadores avanzaban en el desfollaje otro grupo avanzaba con los otros componentes del árbol.

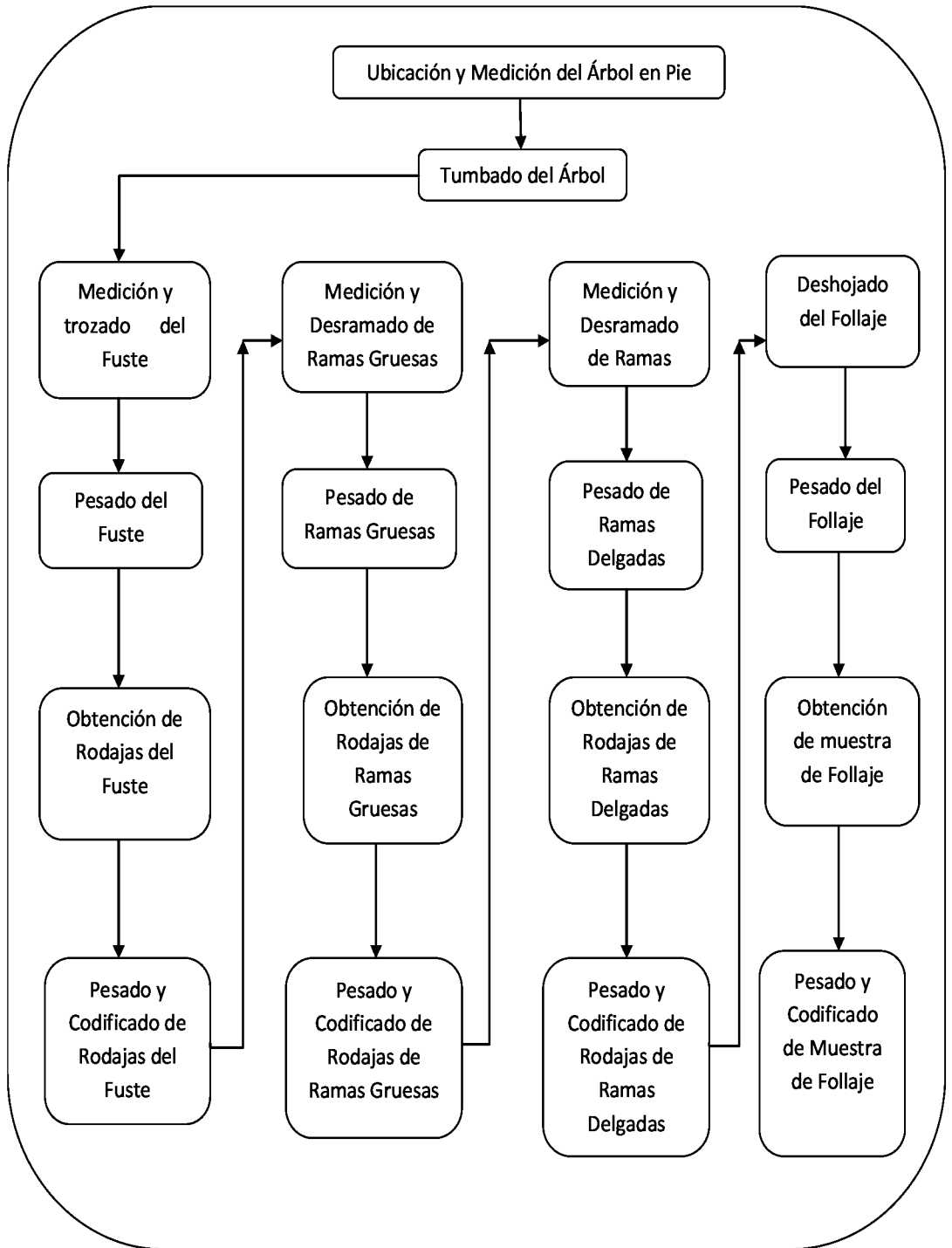


Figura 3 Diagrama de Flujo del trabajo de campo

A) UBICACIÓN Y MEDICION DE ÁRBOLES EN PIE

Georeferenciación del árbol. Se georeferenciaron con un GPS acercando el instrumento lo más cercano al fuste del árbol.

Medición del DAP. Se midió a 1,30m del suelo con una forcípula de madera, tomando dos mediciones perpendiculares entre sí y al eje del árbol.

Medición de la Altura total del árbol. Se realizará con un clinómetro a una distancia mínima de 15 metros.

Diámetro de Copa. Se midió la proyección de la copa al suelo con una wincha tomando dos medidas, diámetro mayor y el menor, perpendiculares entre sí.

Posición Sociológica. Se anotó la posición sociológica del árbol con respecto a los demás, ya sea este dominante, codominante o dominado.

B) TUMBADO DEL ÁRBOL

Los árboles serán cortados a una altura promedio de 30 cm del suelo, para esto se usará una motosierra de marca Husqvarna.

C) MEDICIONES REALIZADAS AL FUSTE Y OBTENCION DE RODAJAS

Medición de longitud del fuste. Se realizó usando una wincha de carpintero de 5m desde el extremo de corte hasta la primera bifurcación que se presente (punto de copa) en metros.

Medición de Diámetro de Base de Copa (DBC). La base de copa es el extremo superior del fuste cortado; en este extremo se medirán los diámetros perpendiculares entre sí con la wincha de carpintero en centímetros.

Medición de la Altura del Tocón (HT). Se realizó con la wincha de carpintero desde el nivel del suelo hasta el ras de corte, en centímetros.

Medición del Diámetro del Tocón (DT). Se midió los diámetros mayor y menor del tocón con la wincha de carpintero, en centímetros.

Marcación del Fuste en tres partes iguales para la obtención de Rodajas. Luego de determinar la longitud total del fuste, este se marcó en tres secciones de longitudes iguales, luego se marcará en la mitad de cada sección, puntos de las cuales se obtendrán rodajas de 5cm de espesor, lo que dan 3 rodajas por fuste (Figura 4).

Pesaje Total del Fuste. El fuste fué pesado en su totalidad amarrándolo con una cuerda nylon y se enganchara al gancho de la balanza de reloj, para esto la balanza de reloj ya había sido fijada (colgada) en la rama de otro árbol, obteniéndose de esta manera el peso húmedo total del fuste.

Obtención de Rodajas del Fuste. Luego de pesar el fuste se sacaron las tres rodajas de 5 cm de espesor de los puntos marcados en el fuste como se mencionó antes. Luego estos fueron pesados en una balanza digital de precisión obteniéndose de esta manera el peso húmedo inicial de las rodajas de fuste y a continuación fueron codificadas.

La codificación fue por ejemplo de la siguiente manera: KM41 A1 F1, significa KM41 nombre del anexo, A1 significa árbol número 1, F1 significa rodaja 1 del fuste que es del extremo inferior del fuste, también F2 significa rodaja 2 del fuste que está a la mitad entre F1 y F3. Esta codificación fue anotada con su peso en la libreta de campo y con plumón indeleble fue también anotada la codificación en cada rodaja.

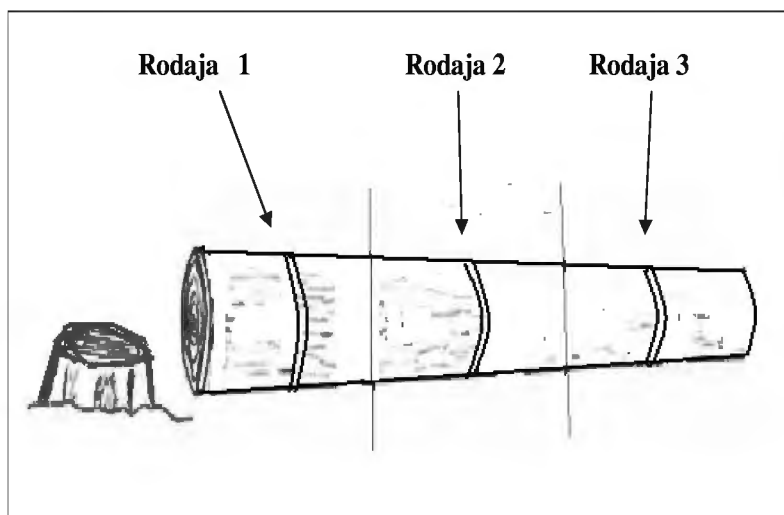


Figura 4 Fuste dividido en tres partes iguales.

D) MEDICIONES REALIZADAS A LAS RAMAS GRUESAS Y OBTENCION DE RODAJAS

Desramado y Pesado de Ramas Gruesas. Las ramas gruesas comprenden diámetros mayores o iguales a 10 cm, estos fueron desramados con motosierra una vez que el árbol fue tumbado y luego se escogieron de entre ellas tres ramas entre grueso, mediano y delgado y se marcaron en su punto medio de cada uno de ellos para posteriormente sacar de ahí una rodaja. En total fueron tres rodajas de ramas gruesas.

Las ramas se acomodaron de tal forma que pudieron ser atados con una soguilla de nylon y luego pesados en la balanza de reloj, obteniéndose de esta manera el peso húmedo total de las ramas gruesas.

Obtención de Rodajas de Ramas Gruesas y Pesaje. Las tres rodajas de ramas gruesas fueron cortadas con motosierra en los puntos marcados como se indicó en el paso anterior y luego fueron pesadas en la balanza digital (previa calibración) obteniéndose de esta manera el peso húmedo inicial de las rodajas gruesas y a continuación cada una de ellas fue codificada. La codificación fue por ejemplo de la siguiente manera: KM41 A1 RG1, significa el anexo de la comunidad km41, el árbol número 1 y la rodaja 1 de las ramas gruesas. Esta codificación fue

anotada con su peso en la libreta de campo y con plumón indeleble fue también anotada la codificación en cada rodaja.

E) MEDICIONES REALIZADAS A LAS RAMAS DELGADAS Y OBTENCION DE RODAJAS

Desramado y Pesado de las Ramas Delgadas. Las ramas delgadas comprenden diámetros entre 1 cm y 9,99 cm, estas se desramaron con machete y luego se hicieron varios atados con soguilla nylon y se los pesaron en la balanza de reloj obteniéndose de esta manera el peso húmedo total de las ramas delgadas.

Obtención de Rodajas de Ramas Delgadas. Las tres rodajas de ramas delgadas fueron cortadas con motosierra obtenidas al azar del conjunto de ramas delgadas, luego estas se pesaron en la balanza digital y fueron codificadas. La codificación fue por ejemplo de la siguiente manera: KM41 A1 RD1: significa anexo del km41 de la comunidad, árbol numero 1 y rodaja de la rama delgada numero 1. Esta codificación fue anotada con su peso en la libreta de campo y con plumón indeleble, también anotada en cada rodaja.

F) MEDICIONES REALIZADAS AL FOLLAJE Y TOMA DE MUESTRAS

Deshojado y Pesado. El follaje en esta investigación comprende las hojas, las ramillas hasta de 0,99cm de diámetro, flores y frutos.

Para el deshojado se utilizó el machete y a continuación se hicieron atados con una soguilla de nylon y se pesó en la balanza de reloj obteniéndose así el peso húmedo total de las hojas.

Obtención de Muestras de Follaje. Estas se obtuvieron al azar del cúmulo de material obtenido y se introdujeron en una bolsa de polietileno (previamente pesado) y se pesó en la balanza digital previo calibrado. Esta bolsa no se dejó cerrada (solo cuando se transporta) sino abierta para que la transpiración de las hojas no condense en la bolsa y lleve a riesgo de pudrición de las mismas. A continuación se anotan los datos de codificación y pesaje en la libreta de campo, y en la bolsa también se anota la codificación con plumón indeleble. La

codificación es de la siguiente manera, por ejemplo: KM41 A1 H1, significa anexo del km 41 de la comunidad, el árbol numero 1 y la muestra de hojas del árbol numero 1.

3.3.5 TRANSPORTE

Transporte de Muestras a Local Comunal. Las muestras de los diferentes componentes del árbol (rodajas de fuste, ramas gruesas, ramas delgadas y muestra de follaje) fueron trasladadas al local comunal del Anexo km 41. Para esto, todas las rodajas pertenecientes a un árbol se encostalaron y junto con la bolsa de follaje se trasladaron en una carreta tirado por un burro o caballo. Una vez en el local las rodajas se sacaron del costal y se colocaron bajo techo (dentro del local) para que vayan perdiendo humedad y con el mismo objetivo también se dejó abierta las bolsas de follaje (sin sacarlos). Estas muestras continuaron en el local comunal secándose a ambiente mientras se continuaba ubicando los demás árboles y realizar los procedimientos similares.

Transporte de Muestras del Local Comunal a la Oficina. Luego de haber acumulado todas las muestras de los 30 árboles en el local comunal, estos se proceden a trasladarlos (en sus respectivos costales) en una camioneta 4x4 al patio interno de la oficina en plena ciudad de Piura; aquí de nuevo se descostalaron las rodajas para que sigan secándose a temperatura ambiente y con el mismo objetivo también se dejaron abierto las bolsas de follaje. La permanencia en este lugar fue hasta que el laboratorio de secado de la Universidad Particular de Piura (UDEP) autorizó llevar las muestras para su secado respectivo en horno.

Transporte de Muestras desde Oficina a Laboratorio. Luego de los trámites respectivos con la UDEP (Universidad Particular de Piura) y la autorización de su laboratorio de secado se procede a trasladar las muestras encostaladas en una camioneta 4x4 al laboratorio de secado de la UDEP.

3.3.6 TRABAJO DE LABORATORIO

Las muestras fueron secadas en los laboratorios de la Universidad Particular de Piura (UDEP), en su Planta Piloto agroindustrial. Los pasos respectivos del trabajo de laboratorio pueden verse en el diagrama de flujo de laboratorio de la figura 5.

Pesaje de las Muestras. Antes del ingreso de las muestras al horno cada una de las muestras son pesadas en la balanza de precisión y registradas respectivamente.

Acomodo de muestras en Bandejas Móviles. Conforme se van pesando las muestras, estas se van acomodando en unos cochecitos que poseen varios pisos de bandejas, el horno tiene un área de secado de 24 m^2 , finalmente los seis coches bandejas conteniendo las muestras son introducidos al horno para realizar el secado respectivo.

Secado de todas las muestras hasta determinar su Peso Seco Constante. En el proceso de secado de las muestras a una temperatura de $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ se iban pesando por periodos de tiempo, mediante este procedimiento se iba viendo la pérdida de humedad en cada una de las muestras y las que iban llegando a su peso seco constante se iban retirando del horno. El proceso de secado culminó hasta que todas las muestras llegaron a su peso seco constante.

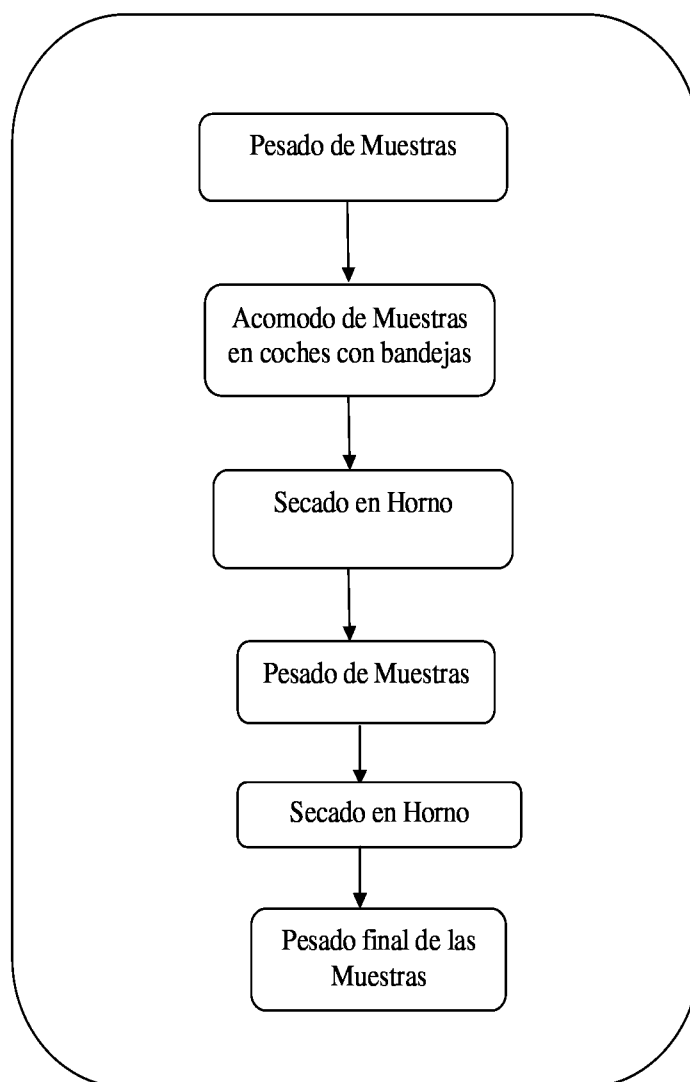


Figura 5 Diagrama de flujo de trabajo del laboratorio

3.3.7 TRABAJO DE GABINETE

Determinación del Contenido de Humedad de las Muestras.

Una vez obtenido el peso seco constante de las muestras, se calculó el contenido de humedad de cada componente arbóreo utilizando la siguiente relación:

$$\%CH = \frac{(P1 - P2)}{P1} \times 100$$

%CH= Porcentaje de Contenido de Humedad

P1= Peso Húmedo de la Muestra obtenido en campo

P2= Peso Seco constante de la muestra obtenido en el horno.

Determinación del Contenido de Humedad de cada componente Arbóreo.

Como las muestras se repiten tres veces en cada componente arbóreo (a excepción del follaje), el contenido de humedad promedio pertenecientes a cada componente se determina mediante un promedio aritmético. Estos promedios fueron los contenidos de humedad de cada componente arbóreo. En el caso del follaje como hay una sola muestra será la encontrada para todo el árbol.

Determinación del Peso Seco Total de cada componente Arbóreo.

Teniendo registrado el Peso Húmedo Total (de campo) de los componentes de cada árbol y con el contenido de humedad hallado en cada componente arbóreo se determinara el peso seco total de los componentes arbóreos.

Se utilizaran las siguientes relaciones para determinar el peso seco total de cada componente arbóreo:

$\%MS = 1 - \%CH$	$PS = PV * MS$
-------------------	----------------

%MS= Porcentaje de Materia Seca

$$MS = \%MS / 100$$

%CH= Porcentaje de Contenido de Humedad

PS = Peso Seco Total

PV= Peso Verde o Húmedo Total de campo

3.3.8 ELABORACIÓN DE ECUACIONES DE BIOMASA AÉREA TOTAL DEL ALGARROBO

En base a la bibliografía revisada y siguiendo el análisis de regresión basado en el método de los mínimos cuadrados se construyeron ecuaciones de biomasa a partir de los modelos (cuadro 3) planteados para cada componente arbóreo y para la biomasa aérea total; se descartaron las ecuaciones que tuvieron R^2 muy bajo, cercanos a cero.

A las ecuaciones restantes, se procedió a realizar la prueba de F a partir del ANVA de cada ecuación. Se descartaron las ecuaciones que aceptaron la igualdad de variancias (Adler, 1980).

A continuación, a las ecuaciones que quedaron, se efectuó la prueba de t. Fueron descartados aquellas ecuaciones que no probaron que $b_i \neq 0$, (Adler, 1980)

Cuadro 3 Modelos de biomasa ajustados

Nº	Modelo
1	$BAT = b_0 + b_1DAP$
2	$BAT = b_0 + b_1DAP^2$
3	$BAT = b_0 + b_1DAP^2H$
4	$BAT = b_0 + b_1DAP^2Hm$
5	$BAT = b_0 + b_1m$
6	$BAT = b_0 + b_1DAP + b_2DAP^2$
7	$BAT = b_0 + b_1DAP^2 + b_2DAP^2H$
8	$BAT = b_0 + b_1DAP^2 + b_2m$
9	$BAT = b_0 + b_1DAP^2 + b_2DAP^2Hm$
10	$BAT = b_0 + b_1DAP^2 + b_2Hm$

3.3.9 SELECCIÓN DE LA MEJOR ECUACIÓN DE BIOMASA AÉREA TOTAL DEL ALGARROBO

Según Philip (1983) y Barrena *et al* (1986) para seleccionar la mejor ecuación de regresión para hacer estimaciones, se debe usar el Cuadrado Medio del Error (CME) del ANVA de la regresión.

Se seleccionará la ecuación que presente el menor CME de aquellos que quedaron luego de las pruebas estadísticas indicadas en el ítem anterior.

3.3.10 ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA TOTAL DE CADA ÁRBOL MUESTRA

La ecuación de biomasa aérea total fue aplicada a cada árbol de la muestra para lo cual se usaron los valores de las variables independientes de cada árbol en la ecuación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 NEGOCIACIONES CON LA COMUNIDAD CAMPESINA

Se informó a la Comunidad Campesina José Ignacio Távora Pasapera de la investigación a realizar, que implicaba levantar parcelas y tumbiar 30 árboles de *Prosopis pallida* en el anexo San José (km 41).

La directiva de la Comunidad no aceptó esta propuesta. Los miembros de la directiva argumentaron que extraer todos los 30 árboles de un solo anexo representaría un gran daño ecológico.

Como alternativa, la Comunidad decidió que se extrajera solo dos árboles de la especie por anexo, de esa manera, el daño sería menos severo al bosque. Acordaron además, que un representante de cada anexo marcaría los árboles a extraer.

Todo ello quedó registrado y refrendado en una Acta al final de la Asamblea (Anexo 7).

4.2 SELECCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

La zona de trabajo elegida inicialmente era el Anexo San José (km 41), pero como resultado de las negociaciones con la comunidad campesina esta zona varió. La nueva zona de estudio comprende a 16 Anexos de la comunidad, cada una de las cuales poseen extensiones de bosques cuya especie principal es el *Prosopis pallida* (figura 2).

4.3 SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES MUESTRA

Siendo 16 los Anexos de la comunidad campesina, se seleccionaron dos árboles por cada Anexo, siendo en total 32 árboles el tamaño de la muestra.

La mayoría de los individuos estaban marcados por la comunidad para su aprovechamiento, y en compañía del delegado de cada Anexo se ubicó a cada uno; aquí se tuvo que tratar con algunos de los delegados para que permitieran cortar las clases diamétricas faltantes ya que ellos ya tenían sus árboles para aprovechamiento con clases diamétricas que oscilaban entre los

25 y 35 cm de diámetro, de esta manera se pudo abarcar todas las clases diamétricas posibles a partir de los 10 cm de DAP.

Los 32 individuos seleccionados para cortar, medir y pesar tuvieron la forma, sanidad del fuste y el volumen de copa representativos de la población boscosa de la comunidad campesina.

Los 32 árboles tuvieron una buena distribución con respecto a sus clases diamétricas. Las clases diamétricas de los algarrobos del bosque seco de esta parte norte del Perú están principalmente asociadas a un Fenómeno del Niño o a lluvias pronunciadas que se dieron a su momento (cuadro 4), esta información ha sido obtenida de los pobladores de la zona de estudio, tal es así, que en la actualidad, las clases diamétricas más representativas de la mayoría de individuos de algarrobo oscilan entre los 25 cm y los 35 cm y estos son procedentes del Fenómeno del Niño que se dió en 1983; por otro lado, una segunda clase diamétrica resaltante que se muestra en la zona de estudio es de 10 cm a 15 cm, esta categoría está relacionada al Fenómeno del Niño de 1998. La clase diamétrica de 20 a 25 cm está asociada a las lluvias pronunciadas que se dieron en el 2002, estos individuos de 7 años de edad a la fecha se explica que tengan tal clase diamétrica debido a que se encuentran más próximos a la napa freática entre 20 y 40 m aproximadamente lo cual ha permitido su rápido desarrollo. Los árboles mayores a los 35 cm de DAP son pocos debido a la tala indiscriminada que se dió en su momento y a los incendios forestales.

Cuadro 4 Clases Diamétricas

Clases diamétricas	Nº individuos	Procedencia	Edad (años)
10 – 15	7	Fenómeno Niño de 1998	11
15 – 20	5	Plantación de 1996	13
20 – 25	4	Lluvias pronunciadas del 2002	7
25 – 30	8	Fenómeno Niño de 1983	26
30 – 35	3		
35– 40	3		
> 40	2	Lluvias anteriores al 83	>30
TOTAL	32		

4.4 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo se realizó entre los meses de diciembre del 2008 y febrero del 2009. Si bien el periodo de lluvias en la zona se da en los meses de enero a marzo, durante el proceso del trabajo de campo estas no se produjeron.

A) UBICACIÓN Y MEDICIÓN DE ÁRBOLES EN PIE

Georeferenciación del árbol. En cada Anexo de la comunidad campesina se ubicaron dos árboles, cada uno de los cuales fue georeferenciado con un GPS acercando el instrumento lo más cercano al fuste del árbol. Los resultados de las coordenadas UTM se muestran en el Anexo 4 así como la ubicación de cada uno de los árboles en el mapa de la comunidad en el Anexo 5.

Medición del DAP y de la Altura Total (HT).

Los DAP medidos oscilaron entre los 10 cm (árbol 15) y los 55,7 cm (árbol 19), y la altura total (H) entre los 4,2 m (árbol 32) y los 13,9 m (árbol 7) tal como se puede apreciar en el cuadro 5.

Cuadro 5 DAP y Altura Total (H) de los árboles evaluados en campo.

Nº Árbol	DAP (cm)	H (m)	Nº Árbol	DAP (cm)	H (m)
1	29.6	10	17	39.35	10.2
2	21.35	10.4	18	10.75	7.9
3	27	12.85	19	55.7	13.6
4	11.95	7.5	20	30.25	9.6
5	27	12.5	21	37.8	11.2
6	28.5	12.9	22	15.5	5.3
7	25.6	13.9	23	22	9.7
8	25.95	12.7	24	13	6.7
9	26.5	12.65	25	35	10.8
10	10.5	7.5	26	16.55	8.6
11	30.15	11.9	27	40.5	12.7
12	16.75	10.75	28	23.55	10.85
13	27.65	9.6	29	17.5	10.35
14	16.8	7.2	30	22.65	11.65
15	10	7.9	31	31	12.9
16	12	6.2	32	11.5	4.2

En la relación DAP y la altura total puede verse la tendencia de un aumento rápido de la altura total hasta un DAP aproximado de 25cm, a partir de dicho DAP la altura total tiende a estabilizarse tal como se puede observar en la figura 6 que muestra la tendencia general de la relación DAP vs altura total.

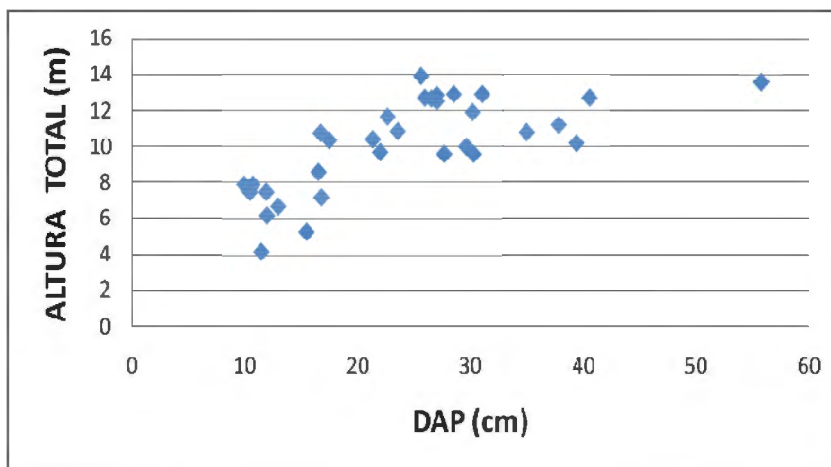


Figura 6 Relación entre el DAP y la Altura Total

Medición del Diámetro de Copa (DC). Los diámetros de copa promedio se muestran en el cuadro 6; el árbol 16 obtuvo el menor diámetro de copa con 5,55m y el árbol 19 el mayor con 19,5m (Cuadro 6).

Cuadro 6 Diámetros de Copa (DC) de los árboles evaluados en el campo

Nº Árbol	DAP (cm)	D C (m)	Nº Árbol	DAP (cm)	D C (m)
1	29.6	11.75	17	39.35	16.3
2	21.35	10.3	18	10.75	7.6
3	27	13	19	55.7	19.5
4	11.95	8.135	20	30.25	11.9
5	27	11.75	21	37.8	14.55
6	28.5	11.6	22	15.5	8.25
7	25.6	15.5	23	22	8.85
8	25.95	12.6	24	13	7.15
9	26.5	12.025	25	35	13.2
10	10.5	7	26	16.55	8.7
11	30.15	13.275	27	40.5	16.25

12	16.75	7.05
13	27.65	11.9
14	16.8	9.85
15	10	5.95
16	12	5.55

28	23.55	8.65
29	17.5	10.2
30	22.65	8.6
31	31	9.85
32	11.5	5.8

En la figura 7 se puede observar la estrecha relación directa que existe entre el DAP y el Diámetro de Copa (DC) en donde la tendencia del diámetro de copa es a aumentar conforme aumenta el DAP.

Pareciera que esta relación se da en todo tipo de bosques ya que en la literatura mundial se encuentra esta misma observación. En el Perú, Malleux (1970) hace la misma observación para el bosque húmedo subtropical.

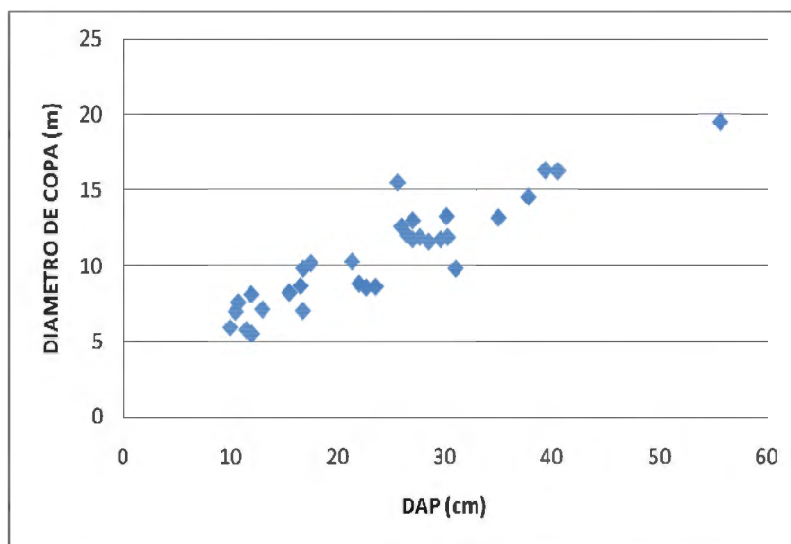


Figura 7 Relación entre el DAP y el Diámetro de Copa

Posición Sociológica. Debido a que la zona de trabajo pertenece al bosque seco ralo de llanura, y tiene un solo estrato y siendo la especie heliófita, no fue necesario evaluar la posición sociológica.

B) TUMBADO DEL ÁRBOL

Se usó una motosierra marca Husqvarna para el tumbado de los 32 árboles. Fueron utilizados 16 galones de gasolina, y dada la alta densidad del algarrobo y las sustancias resinosas extractivas que posee su madera, fue necesario la utilización de ocho cadenas de motosierra.

Medición de la Altura del Tocón (HT). Las alturas de los tocones oscilaron entre los 16cm (árbol 4) y los 41cm (árbol 21), estos resultados pueden observarse en el Anexo 1.

Medición del Diámetro del Tocón (DT). En el Anexo 1 se muestran los diámetros de tocón que fueron el resultado de promediar los diámetros mayores y menores de cada tocón.

C) MEDICIONES REALIZADAS AL FUSTE Y OBTENCIÓN DE RODAJAS

Medición de longitud del fuste. La longitud del fuste varió entre 0,63m (árbol 31) y 2,43m (árbol 5), tal como se puede observar en el cuadro 7.

Cuadro 7 Longitud de Fuste de los árboles evaluados en el campo.

Nº Árbol	DAP (cm)	Long. Fuste (m)
1	29.6	1.1
2	21.35	1.7
3	27	1.5
4	11.95	1.61
5	27	2.43
6	28.5	1.83
7	25.6	2.18
8	25.95	1.97
9	26.5	2.19
10	10.5	2.15
11	30.15	2.2
12	16.75	1.3
13	27.65	1.55
14	16.8	1.5
15	10	1.52
16	12	1.6

Nº Árbol	DAP (cm)	Long. Fuste (m)
17	39.35	1.3
18	10.75	1
19	55.7	2.33
20	30.25	1.7
21	37.8	2.2
22	15.5	0.9
23	22	1.7
24	13	1.5
25	35	0.9
26	16.55	1.1
27	40.5	1.9
28	23.55	2.3
29	17.5	0.76
30	22.65	0.98
31	31	0.63
32	11.5	0.79

Luego de analizar la figura 8 se puede decir que entre el DAP y la longitud del fuste existe tendencia a una relación directa, diferente a la que se encontró entre el DAP y la altura total.

Esto se debe a que existe mucha variabilidad en la longitud de fuste en cada clase diamétrica. Estas observaciones encontradas servirán de base para analizar la biomasa más adelante.

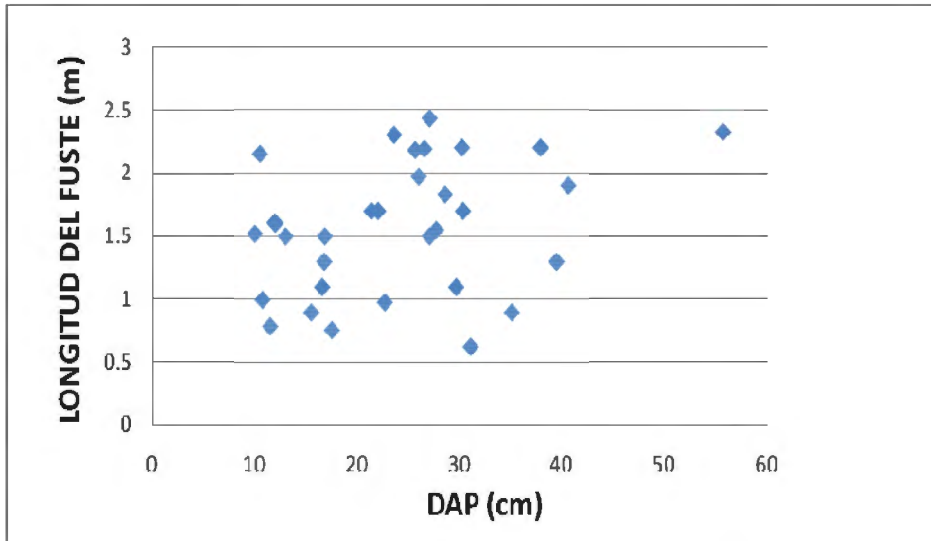


Figura 8 Relación entre el DAP y la Longitud del Fuste

Medición del Diámetro de Punto de Copa (DPC). Estos resultados se pueden observar en el cuadro 8. En los resultados presentados en el cuadro 8 y ANEXO 1 se puede observar que en algunos casos el DAP es mayor que el DPC y en otros casos es a la inversa. Esto es debido a que las secciones transversales del fuste generalmente son irregulares. De tal manera que al momento de medir los diámetros (dos medidas perpendiculares) se da el caso de que el DPC sea mayor o menor que el DAP.

Cuadro 8 Diámetro de Punto de Copa (DPC) de los árboles evaluados en campo.

Nº Árbol	DAP (cm)	DPC (cm)
1	29.6	25
2	21.35	22
3	27	28
4	11.95	12.5
5	27	28.5

Nº Árbol	DAP (cm)	DPC (cm)
17	39.35	40.5
18	10.75	10.75
19	55.7	49.86
20	30.25	32
21	37.8	38.5

6	28.5	27.75
7	25.6	27.5
8	25.95	24.5
9	26.5	27.75
10	10.5	10.31
11	30.15	42.25
12	16.75	20.5
13	27.65	27
14	16.8	18.75
15	10	10.25
16	12	12

22	15.5	15.5
23	22	20.5
24	13	13.5
25	35	35.25
26	16.55	16
27	40.5	42
28	23.55	22.5
29	17.5	20.75
30	22.65	20.5
31	31	29
32	11.5	10.35

En la figura 9 se puede observar la relación directa que existe entre el DAP y el DPC, conforme aumenta el primero también aumenta el segundo. Se aprecia que no existe variabilidad en el DPC por clase de DAP. Esta es una característica a resaltar y que podría ser útil en otros estudios.

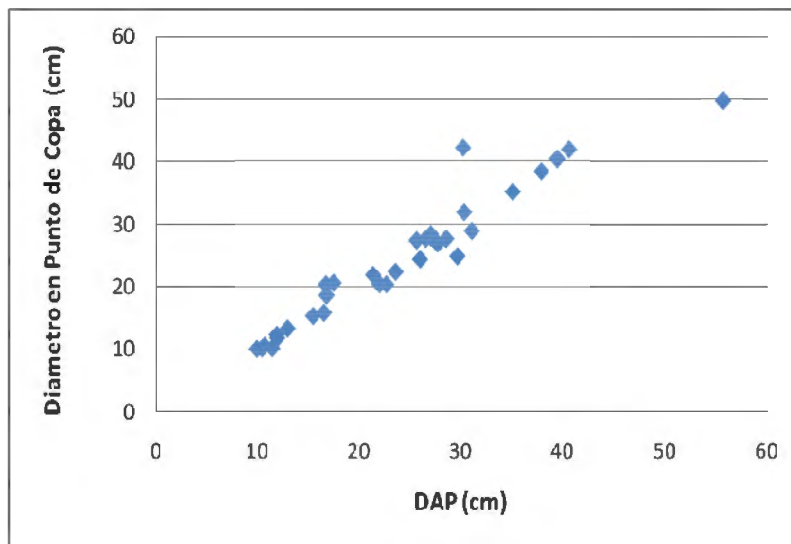


Figura 9 Relación entre el DAP y el Diámetro en Punto de Copa (DPC)

Pesaje total del fuste y obtención de rodajas. En algunos casos, esta actividad se ha realizado durante las horas de altas temperaturas. La capacitación previa del personal permitió que el pesaje fuera rápido a fin de evitar la pérdida de humedad.

El fuste de cada árbol fue pesado por secciones. Estos resultados se muestran en el Cuadro 9.

Así se tiene que el peso húmedo total del fuste mínimo lo tiene el árbol 32 con 9 kg y el árbol 19 posee el peso máximo de 542,4 kg tal como se aprecia en el cuadro 9.

El uso de la balanza tipo reloj de 50 kg fue adecuado para pesar todos los componentes húmedos del árbol. En cada pesada se calibraba su exactitud. Para el pesado, se colgaba en la rama de un árbol cercano, se pesaban paquetes menores de 50 kg atados con una soguilla de nylon.

Cuadro 9 Peso Húmedo Total del Fuste de los árboles evaluados en el campo.

Nº Árbol	DAP (cm)	Peso Húmedo total del Fuste (kg)	Nº Árbol	DAP (cm)	Peso Húmedo total del Fuste (kg)
1	29.6	77	17	39.35	133
2	21.35	74.5	18	10.75	19
3	27	102	19	55.7	542.4
4	11.95	24.1	20	30.25	51
5	27	115.5	21	37.8	298
6	28.5	123.5	22	15.5	12
7	25.6	142	23	22	99
8	25.95	109.75	24	13	24.5
9	26.5	114	25	35	59
10	10.5	22.5	26	16.55	30
11	30.15	207.5	27	40.5	250
12	16.75	33.5	28	23.55	133
13	27.65	90	29	17.5	28
14	16.8	28.5	30	22.65	32
15	10	14.5	31	31	44
16	12	18	32	11.5	9

En la figura 10 vemos la relación entre el DAP y el peso húmedo total del fuste de cada árbol, si bien la tendencia es que conforme aumenta el DAP también aumenta el peso húmedo total del fuste, hay excepciones como el árbol 7 por ejemplo que a un DAP de 25,6 cm posee un peso húmedo total de fuste de 142 kg y el árbol 25 con un DAP de 35 cm tiene un peso húmedo total del fuste de 59 kg.

Estas diferencias deben atribuirse a muchos factores como por ejemplo la profundidad de la napa freática que es la fuente principal de agua, factores climáticos como la continuidad e intensidad de las lluvias.

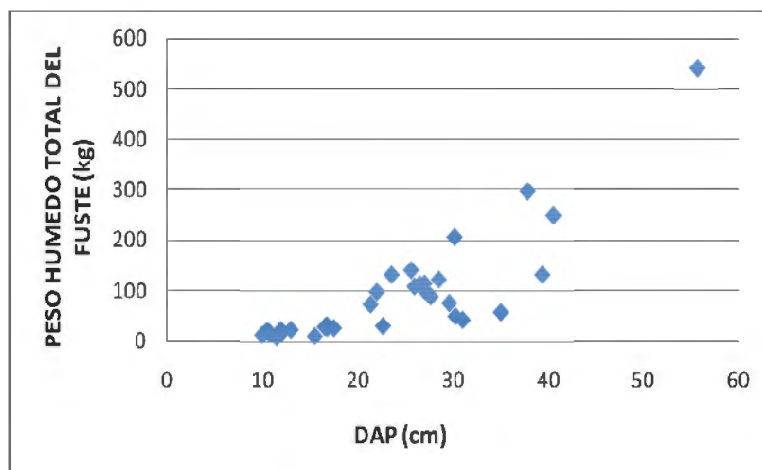


Figura 10 Relación entre el DAP y el Peso Húmedo Total del Fuste

En total se obtuvieron 96 rodajas de fustes, los resultados de su peso húmedo se pueden apreciar en el anexo 6.

Las bolsas que contenían las muestras se dejaban abiertas para una mejor ventilación a fin de que la transpiración que se produjera no honguee las muestras lo que hubiera llevado a la descomposición de las mismas.

D) MEDICIONES REALIZADAS A LAS RAMAS GRUESAS Y OBTENCION DE RODAJAS

Desramado y Pesado de las Ramas Gruesas. Estos resultados pueden apreciarse en el cuadro 10 donde se observa que los árboles 4, 10, 15, 16, 18, 22 y 32 no tienen ramas gruesas, esto debido a que dichos árboles aun son jóvenes y sus ramas no han llegado aún al diámetro mínimo de 10 cm para ser considerados como ramas gruesas.

De los resultados se puede apreciar que el peso de las ramas gruesas es mayor que el peso del fuste, hasta 7 veces (árbol 31). Esta es una característica muy particular del algarrobo (Figura

11). En los árboles del bosque húmedo tropical por el contrario, el fuste pesa más que las ramas gruesas.

Cuadro 10 Peso Húmedo Total de las Ramas Gruesas de los árboles evaluados en campo.

Nº Árbol	Peso húmedo total de las Ramas Gruesas (kg)	Peso húmedo total del Fuste (kg)	Relación Peso húmedo total de RG y Peso húmedo total del Fuste
1	299	77	3.88
2	87	74.5	1.17
3	348	102	3.41
4	0	24.1	0.00
5	227.5	115.5	1.97
6	277.5	123.5	2.25
7	192.5	142	1.36
8	237	109.75	2.16
9	263	114	2.31
10	0	22.5	0.00
11	438.5	207.5	2.11
12	51	33.5	1.52
13	169	90	1.88
14	34.5	28.5	1.21
15	0	14.5	0.00
16	0	18	0.00
17	670.5	133	5.04
18	0	19	0.00
19	1505.4	542.4	2.78
20	291	51	5.71
21	389.5	298	1.31
22	0	12	0.00
23	142	99	1.43
24	11.5	24.5	0.47
25	332.5	59	5.64
26	46	30	1.53
27	719	250	2.88
28	118.8	133	0.89
29	95.5	28	3.41
30	85	32	2.66
31	309	44	7.02
32	0	9	0.00

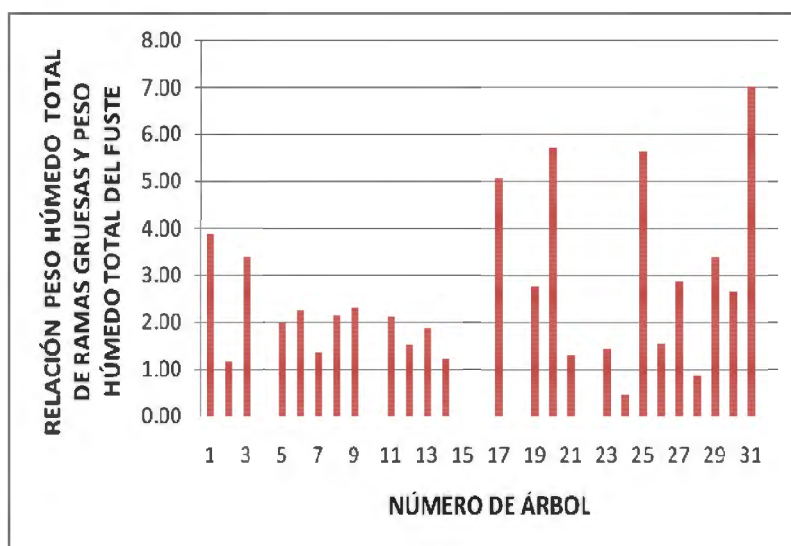


Figura 11 Relación entre el peso húmedo total de RG y Peso húmedo total del Fuste

Obtención de Rodajas de Ramas Gruesas y su Pesaje. En total se obtuvieron 96 rodajas de ramas gruesas, los resultados pueden apreciarse en el anexo 6.

E) MEDICIONES REALIZADAS A LAS RAMAS DELGADAS Y OBTENCIÓN DE RODAJAS

Desramado y Pesado de las Ramas Delgadas. Los resultados pueden apreciarse en el cuadro 11 y figura 12 en los cuales se pueden observar que el peso húmedo total de ramas delgadas supera al peso húmedo total del fuste en cada árbol, hasta en más de 5 veces (árbol 32), relación parecida a lo visto entre los pesos húmedos totales de fuste y ramas gruesas en los resultados del cuadro 10.

Cuadro 11 Peso Húmedo Total de las Ramas Delgadas (kg) de los árboles evaluados en el campo

Nº Árbol	Peso húmedo total de las Ramas Delgadas (kg)	Peso húmedo total del Fuste (kg)	Relación Peso húmedo total de RD y Peso húmedo total del Fuste
1	236	77	3.06
2	158.5	74.5	2.13
3	230.5	102	2.26
4	64.3	24.1	2.67
5	308	115.5	2.67
6	237.75	123.5	1.93
7	503.05	142	3.54
8	249.1	109.75	2.27
9	340.5	114	2.99
10	54	22.5	2.40
11	387.5	207.5	1.87
12	157	33.5	4.69
13	275.5	90	3.06
14	80	28.5	2.81
15	42.5	14.5	2.93
16	30	18	1.67
17	430.5	133	3.24
18	52	19	2.74
19	902.3	542.4	1.66
20	61.5	51	1.21
21	644.5	298	2.16
22	44.5	12	3.71
23	67	99	0.68
24	61.5	24.5	2.51
25	253.5	59	4.30
26	73	30	2.43
27	483	250	1.93
28	99	133	0.74
29	126	28	4.50
30	83	32	2.59
31	98	44	2.23
32	48.5	9	5.39

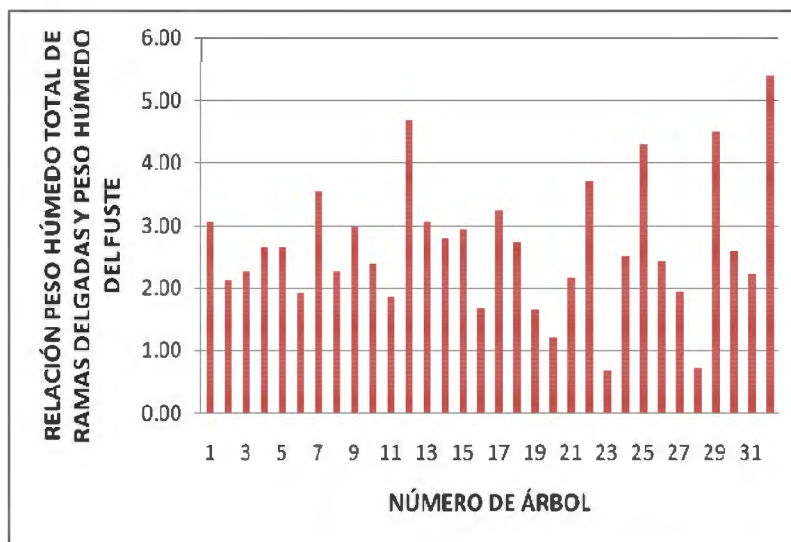


Figura 12 Relación entre el peso húmedo total de Ramas Delgadas y peso húmedo del Fuste

Obtención de Rodajas de Ramas Delgadas y su pesaje. En total se obtuvieron 96 rodajas de ramas delgadas, los resultados pueden ser apreciados en el anexo 6.

F) PESADO DEL FOLLAJE Y TOMA DE MUESTRAS

Deshojado y Pesado. Los resultados se presentan a continuación en el cuadro 12.

Cuadro 12 Peso Húmedo Total del Follaje (kg) de los árboles evaluados en el campo.

Nº Árbol	Peso húmedo total del Follaje(kg)	Peso húmedo total del Fuste (kg)	Relación Peso húmedo total del Follaje y peso húmedo total del Fuste
1	196	77	2.55
2	86.5	74.5	1.16
3	143	102	1.40
4	48	24.1	1.99
5	153	115.5	1.32
6	166.5	123.5	1.35
7	120	142	0.85
8	192.5	109.75	1.75
9	111	114	0.97

10	17.5	22.5	0.78
11	173	207.5	0.83
12	37.5	33.5	1.12
13	111	90	1.23
14	95.5	28.5	3.35
15	30	14.5	2.07
16	23.5	18	1.31
17	306	133	2.30
18	27.5	19	1.45
19	230.6	542.4	0.43
20	33.5	51	0.66
21	130	298	0.44
22	25	12	2.08
23	63	99	0.64
24	30	24.5	1.22
25	90	59	1.53
26	56	30	1.87
27	297.2	250	1.19
28	68	133	0.51
29	52	28	1.86
30	36	32	1.13
31	50	44	1.14
32	29	9	3.22

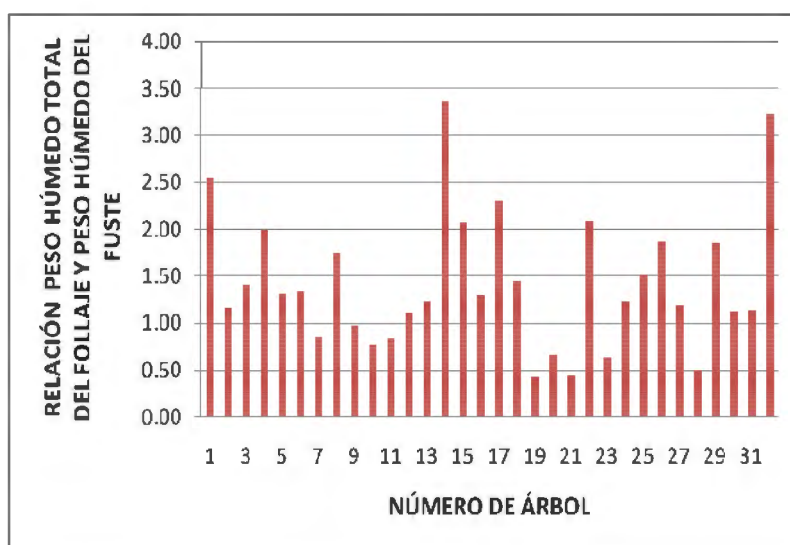


Figura 13 Relación entre el peso húmedo total del Follaje y peso húmedo total del Fuste

De los resultados presentados en el cuadro 12 y en la figura 13 podemos apreciar que en la mayoría de los árboles evaluados (72%) el peso del follaje húmedo total es mayor que el peso húmedo total del fuste y sólo en nueve de los árboles (28%) el peso del follaje es menor que el del fuste.

Obtención de Muestras de Follaje y su peso. Los resultados pueden apreciarse en el anexo 6.

Obtención del Peso Húmedo total de Copa y su relación con el peso Húmedo Total del Fuste.

En el cuadro 13 se ha obtenido la relación entre el peso húmedo total de copa (suma de peso húmedo de ramas gruesas, ramas delgadas y de follaje) y el peso húmedo total del fuste, el cual permite apreciar que el fuste del *Prosopis pallida* soporta hasta más de 11 veces su peso (árbol 25); esta relación también puede apreciarse en la figura 14.

Cuadro 13 Relación entre Peso húmedo total de Copa y Peso húmedo total de Fuste

Nº Árbol	Peso húmedo total del Follaje(kg)	Peso húmedo total de las Ramas Gruesas (kg)	Peso húmedo total de las Ramas Delgadas (kg)	Peso húmedo total de copa (kg)	Peso húmedo total del Fuste (kg)	Relación Peso total de Copa y Peso total de Fuste
1	196	299	236	731	77	9.49
2	86.5	87	158.5	332	74.5	4.46
3	143	348	230.5	721.5	102	7.07
4	48	no hay	64.3	112.3	24.1	4.66
5	153	227.5	308	688.5	115.5	5.96
6	166.5	277.5	237.75	681.75	123.5	5.52
7	120	192.5	503.05	815.55	142	5.74
8	192.5	237	249.1	678.6	109.75	6.18
9	111	263	340.5	714.5	114	6.27
10	17.5	No hay	54	71.5	22.5	3.18
11	173	438.5	387.5	999	207.5	4.81
12	37.5	51	157	245.5	33.5	7.33
13	111	169	275.5	555.5	90	6.17
14	95.5	34.5	80	210	28.5	7.37
15	30	No hay	42.5	72.5	14.5	5.00
16	23.5	No hay	30	53.5	18	2.97
17	306	670.5	430.5	1407	133	10.58

18	27.5	no hay	52	79.5	19	4.18
19	230.6	1505.4	902.3	2638.3	542.4	4.86
20	33.5	291	61.5	386	51	7.57
21	130	389.5	644.5	1164	298	3.91
22	25	No hay	44.5	69.5	12	5.79
23	63	142	67	272	99	2.75
24	30	11.5	61.5	103	24.5	4.20
25	90	332.5	253.5	676	59	11.46
26	56	46	73	175	30	5.83
27	297.2	719	483	1499.2	250	6.00
28	68	118.8	99	285.8	133	2.15
29	52	95.5	126	273.5	28	9.77
30	36	85	83	204	32	6.38
31	50	309	98	457	44	10.39
32	29	No hay	48.5	77.5	9	8.61

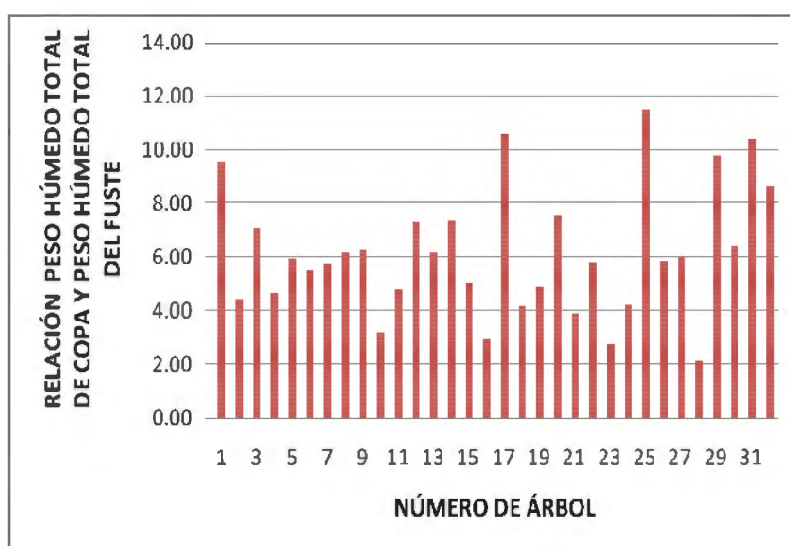


Figura 14 Relación entre Peso húmedo total de Copa y Peso húmedo total de Fuste

4.5 TRANSPORTE

El transporte de las rodajas y muestras de follaje desde el lugar en que se apeó el árbol hasta el local comunal de cada anexo distó una distancia entre los 4 a 6 km.

El tiempo de recorrido en carreta jalado por acémilas fue entre una hora a hora y media.

En la zona de trabajo no hubo caminos para carretas, cosa que hubiera facilitado el transporte de las muestras y el tiempo de desplazamiento.

El recojo y transporte de las muestras desde los 16 locales comunales hasta la ciudad de Piura se realizó en una camioneta 4x4, el cual demandó un día desde las 8 am hasta las 7pm.

Otro medio de transporte a usar a futuro serían los mismos utilizados en esta investigación, pero adaptando mejor la carreta para los fines del trabajo ya que los diseños de las carretas están adaptados para el transporte de cilindros de agua, en la presente investigación fueron incómodos viajar en ellos (figura 15).



Figura 15 La carreta estandarizada, medio de transporte en la zona.

4.6 TRABAJO DE LABORATORIO

Se tenía previsto inicialmente realizar el trabajo de secado de las muestras en el laboratorio de pulpa y papel de la facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), pero se desistió de ello por el gran volumen que representaron las 320 muestras y al elevado costo de transporte de las mismas de Piura a Lima.

Por tal motivo estas muestras fueron llevados a los laboratorios de la Planta Piloto de la CITE agroindustrial en la Universidad Particular de Piura (UDEP), ver figuras 16 y 17.



Figura 16 Horno de secado (secador de Bandejas)



Figura 17 Características del Horno de Secado

Pesado de las Muestras. Antes de que las muestras ingresaran al horno de secado estas fueron pesadas en la balanza de precisión y registradas respectivamente tal como se puede apreciar en los resultados del anexo 6.

Acomodo de muestras en carros portabandejas. Luego que se pesaban las muestras, estas se iban acomodando en los carros portabandejas los cuales poseen 11 pisos (ver Fig. 18).



Figura 18 Carro portabandejas con 11 pisos de bandejas y muestras de rodajas de algarrobo.

Sólo en el caso del follaje, estos se envolvieron en papel crepé para evitar que el viento interior del horno los desperdigara, ver figura 19.



Figura 19 Muestras de follaje envueltos en papel crepé listo para el secado.

Finalmente las seis bandejas móviles conteniendo las muestras fueron introducidas al horno para realizar el secado respectivo (Fig. 20 y 21) a una temperatura de $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 20 Secador de horno con carros portabandejas y muestras listas para su secado.



Figura 21 Secador de horno con carros portabandejas y muestras listas para su secado.

Las muestras de follaje fueron los que perdieron su humedad más rápido que los otros componentes del árbol en aproximadamente 8 horas.

El tiempo de secado de las rodajas duró 18 horas.

Es posible que el tiempo de secado para las muestras de follajes y rodajas hubiese durado más tiempo si no hubiera sido que las muestras ya venían perdiendo humedad cuando esperaban bajo techo en los locales comunales.

Los resultados encontrados del peso seco constante de cada una de las muestras pueden verse en el anexo 6.

4.7 TRABAJO DE GABINETE

Determinación del Contenido de Humedad de las Muestras.

Luego de obtenido el peso seco constante de cada una de las muestras se determinó el porcentaje del contenido de humedad de cada una de ellas; los resultados se presentan en el anexo 6.

Determinación del Contenido de Humedad de cada componente Arbóreo.

Los resultados pueden apreciarse en el cuadro 14.

Cuadro 14 Porcentaje de Contenido de Humedad hallado en los componentes de cada árbol

Nº Árbol	%CH de Follaje	%CH de Ramas Gruesas	%CH de Ramas Delgadas	%CH del Fuste	%CH del Árbol
1	48.82	25.99	28.83	26.01	32.36
2	57.79	29.65	34.65	29.18	37.50
3	48.10	21.96	21.65	22.30	26.46
4	41.64	0.00	32.66	32.93	35.87
5	46.63	25.54	20.00	24.13	27.23
6	52.36	29.69	28.57	28.84	33.92
7	48.54	24.69	25.12	24.37	27.86
8	55.35	28.07	27.25	27.30	34.36
9	62.68	26.46	29.56	23.91	32.24
10	64.21	0.00	21.75	27.86	31.12
11	72.70	26.55	38.28	22.79	36.29
12	72.96	33.69	37.86	35.78	41.57
13	59.77	25.37	22.88	21.79	29.73
14	57.49	32.26	34.98	30.52	43.07
15	60.81	0.00	34.91	33.59	43.62
16	52.52	0.00	27.81	27.58	35.87
17	74.35	32.74	34.19	29.73	41.15
18	73.03	0.00	37.88	33.15	46.78
19	66.25	28.05	32.10	25.80	31.61
20	61.83	17.27	24.77	16.19	21.61
21	62.26	30.07	31.57	29.94	33.57
22	65.42	0.00	32.88	30.70	42.54
23	62.26	27.88	29.35	27.60	33.91
24	57.73	33.04	35.45	33.25	40.05
25	70.18	29.12	35.35	24.53	35.93
26	67.00	26.15	29.53	23.80	38.17
27	62.78	29.29	28.93	27.90	34.68
28	72.41	32.88	38.14	29.56	39.49
29	67.13	34.25	38.65	30.39	41.40
30	68.35	29.92	40.54	26.01	38.99
31	62.15	24.62	34.73	20.90	30.02
32	60.59	0.00	32.00	25.75	40.93

La cifra cero significa que dicho componente no existía en ese árbol.

De los resultados presentados en el cuadro 14, el contenido de humedad varía entre árbol y árbol y esto está relacionado a muchos factores como la edad, el tipo de suelo, cercanía a una fuente de agua, la clase diamétrica a la que pertenece, condiciones climáticas, etc.

Los resultados muestran que el contenido de humedad varía entre los diferentes componentes de un mismo árbol.

La variación del contenido de humedad entre los componentes de un mismo árbol podría explicarse debido al grado de lignificación de los respectivos componentes, así, a mayor lignificación menor contenido de humedad como el caso del fuste y a menor lignificación mayor contenido de humedad como en el caso de las hojas, esto también puede apreciarse entre las ramas delgadas y ramas gruesas.

En el cuadro 15 se han resumido los datos del cuadro 14 promediando los %CH de cada componente y del árbol.

Cuadro 15 %CH promedio entre los diferentes componentes del árbol de algarrobo.

%CH promedio de Follaje	%CH promedio de Ramas Delgadas	%CH promedio de Ramas Gruesas	%CH promedio del Fuste	%CH Promedio del Árbol
61.13	31.34	28.21	27.31	35.62

Determinación del Peso Seco Total o Biomasa Seca Total de cada componente Arbóreo.

Los resultados se presentan en el cuadro 16.

El peso seco total del árbol o biomasa total medida se ha calculado sumando los pesos secos totales de cada componente.

Cuadro 16 Peso Seco Total de los componentes arbóreos

Nº Árbol	Peso Seco total del Follaje (kg)	Peso Seco total de las Ramas Gruesas (kg)	Peso Seco total de las Ramas Delgadas (kg)	Peso Seco total del Fuste (kg)	Peso Seco Total del árbol o Biomasa Total medida (kg)
1	100.3133047	221.2820391	167.9618111	56.97221947	546.5293743
2	36.50974026	61.20603015	103.5858039	52.76316981	254.0647442
3	74.21923937	271.5631757	180.6075263	79.25243728	605.6423787
4	28.01423488	0	43.29682664	16.16403285	87.47509437
5	81.65284974	169.4017377	246.4	87.62580236	585.0803898
6	79.32168784	195.1054451	169.8214286	87.88690285	532.1354644
7	61.74647887	144.9681757	376.6998248	107.4005063	690.8149856
8	85.94693504	170.4743427	181.223545	79.78993201	517.4347548
9	41.42799189	193.4084983	239.8524721	86.73704924	561.4260115
10	6.262541806	0	42.25336304	16.23141674	64.74732159
11	47.23758865	322.0596766	239.1822732	160.2081566	768.687695
12	10.14084507	33.81724066	97.55670849	21.51317376	163.027968
13	44.65037594	126.119403	212.4596524	70.38799372	453.617425
14	40.59400545	23.36898396	52.01877934	19.8022105	135.7839793
15	11.75824176	0	27.6622807	9.629994841	49.0505173
16	11.15827338	0	21.65584416	13.03527283	45.84939037
17	78.47551202	450.9978959	283.3258204	93.45917753	906.2584059
18	7.415730337	0	32.30345291	12.70079778	52.41998102
19	77.78863233	1057.636219	608.0555556	405.8861271	2149.366534
20	12.78593848	240.7508331	46.26361656	42.74523194	342.5456201
21	49.06666667	272.3819071	441.0124537	208.7779505	971.238978
22	8.645276292	0	29.86757214	8.315747417	46.82859585
23	23.77798335	102.4059345	47.33716992	71.67695516	245.198043
24	12.68041237	7.700892857	39.69808247	16.35430544	76.43369314
25	26.83954619	235.6785161	163.8844313	44.53019872	470.9326923
26	18.47756874	33.97281947	51.44498557	22.86089922	126.756273
27	110.55	508.3890698	343.2576735	180.2402809	1142.437024
28	18.75862069	79.74340268	61.24563886	93.68551206	253.4331743
29	17.09342561	62.78658787	77.29704797	19.4914146	176.668476
30	11.39240506	59.56652762	49.34837103	23.67548386	143.9827876
31	18.92430279	232.9251979	63.96734436	34.80377613	350.6206212
32	11.42857143	0	32.98173634	6.682857143	51.09316491

La cifra cero significa que dicho componente no existía en ese árbol.

El peso seco total de los árboles varió de 49,05 kg en el árbol de 10 cm de DAP (árbol número 15) a 2149,37 kg en el árbol de 55,7 cm de DAP (árbol número 19), tal como se muestran estos resultados en el Anexo 3 y en la figura 22 al comparar el peso seco total del árbol y su DAP.

Si bien la tendencia es que a mayor DAP también mayor es el peso seco total del árbol, pero esto no se cumple en todos los árboles, hay excepciones, por ejemplo en el árbol número 7 con 25,6 cm de DAP posee un peso seco total de 690,82 kg y el árbol número 20 con 30,25 cm de DAP posee un peso seco total de 342,55 kg, diferencias estas que tendrían su explicación en la proximidad de las raíces al agua, es decir, a la profundidad de la napa freática, ataque de lagartijas o de ganado cuando el árbol era aun pequeño, y a condiciones medio ambientales como de prolongadas sequías, Fenómeno del Niño, se descartaría en este caso el factor suelo, ya que es la misma en toda la zona de estudio.

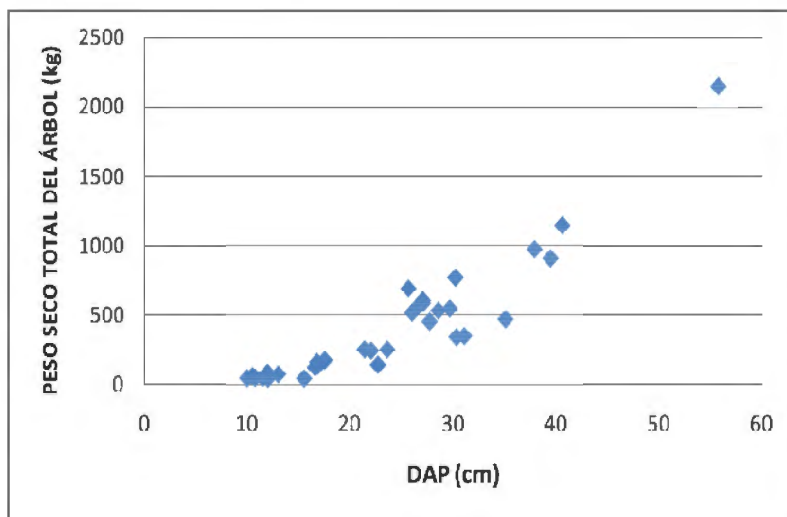


Figura 22 Relación entre el peso seco total del árbol y el DAP

Según los resultados presentados en el anexo 3 y en la figura 23 al hacer la relación entre el peso seco total de las ramas gruesas y el DAP se tiene que hay una relación casi exponencial entre ambas variables con la observación de que el peso seco de las ramas gruesas empiezan a un DAP de 13 a 16 cm y no antes.

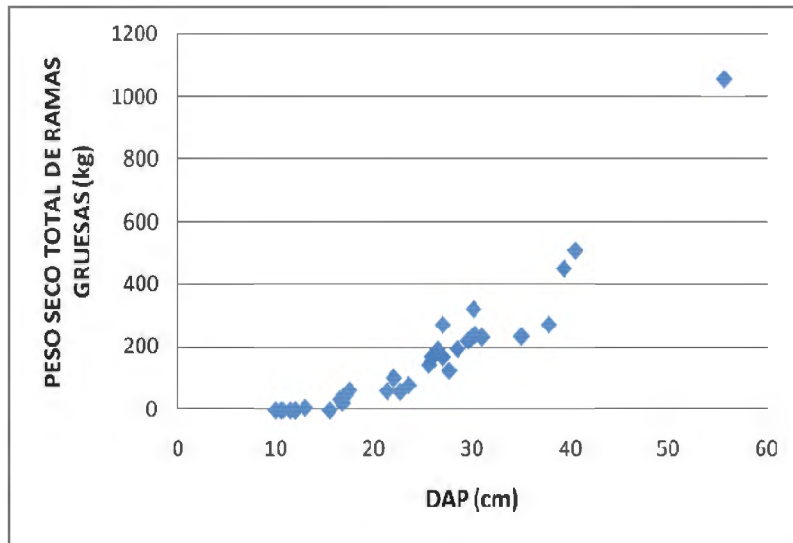


Figura 23 Relación entre el peso seco total de Ramas Gruesas y el DAP

En la figura 24 y en los resultados del anexo 3 se observa una tendencia de relación directa entre el peso seco total de las ramas delgadas y el DAP pero con mucha variabilidad del peso seco de las ramas delgadas.

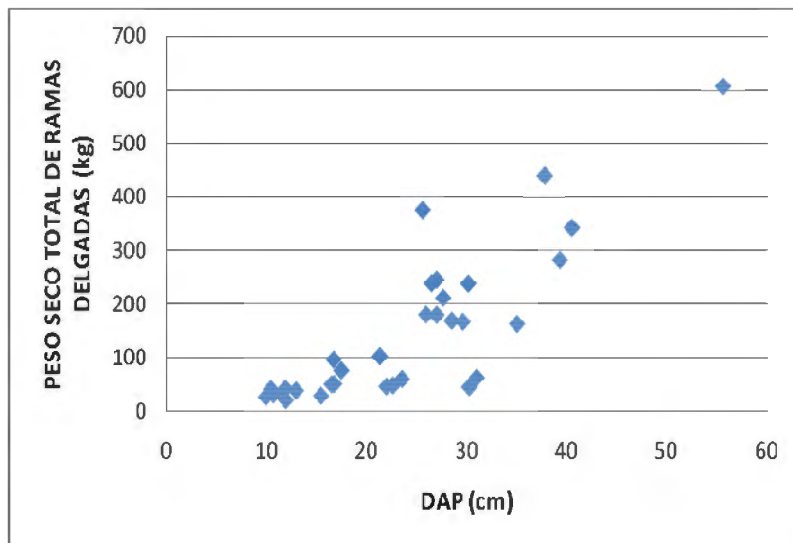


Figura 24 Relación entre el peso seco total Ramas Delgadas y el DAP

Según los resultados presentados en el anexo 3 y en la figura 25 se observa que el peso seco total del fuste es muy variable conforme el aumento del DAP, aunque presentan ambas variables una tendencia de relación directa.

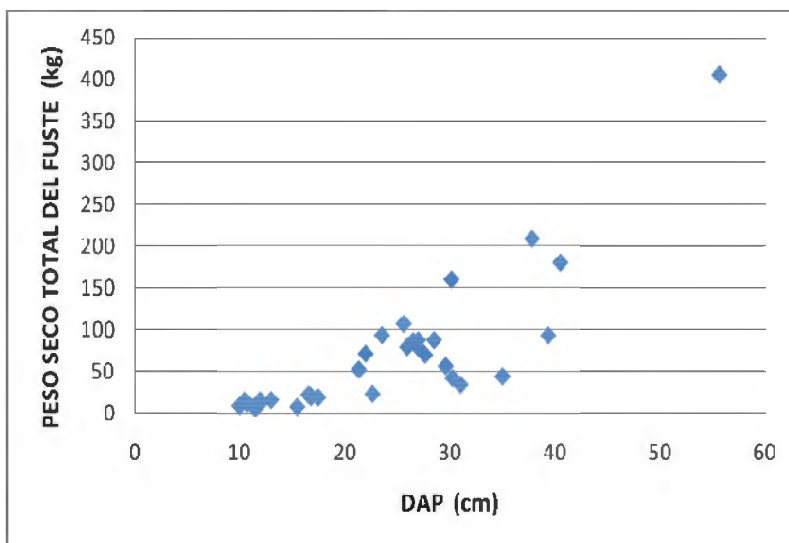


Figura 25 Relación entre el peso seco total del Fuste y el DAP

En la figura 26 y en los resultados del anexo 3 se observa que el peso seco total del follaje es variable conforme aumenta el DAP.

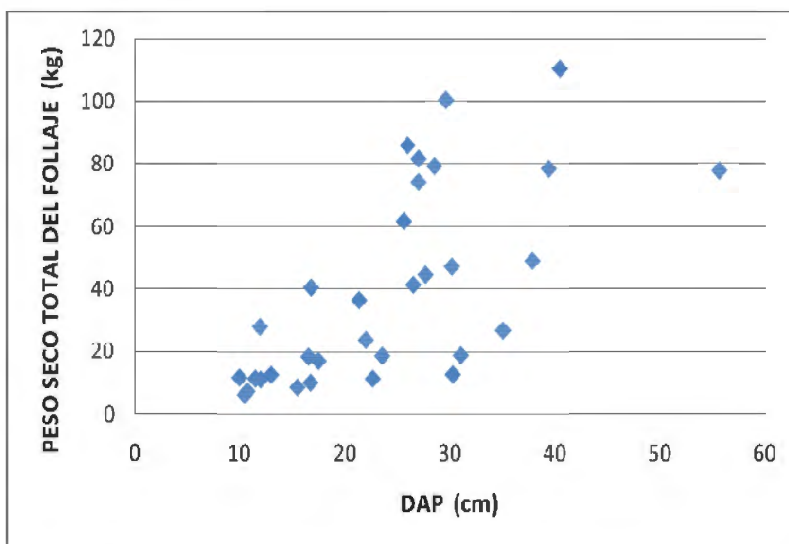


Figura 26 Relación entre el peso seco total del Follaje y el DAP

Distribución de la biomasa de componentes totales en el *Prosopis pallida*

En el cuadro 17 se presentan los resultados en porcentajes de peso seco o biomasa seca de cada uno de los componentes del árbol con el cual se obtuvo el cuadro 18 donde se presenta resumido el porcentaje promedio de materia seca de los componentes arbóreos en relación al peso seco total del árbol.

Se observa que el mayor peso de biomasa seca se encuentra en las ramas delgadas con un 40.86%, le sigue en un porcentaje también considerable las ramas gruesas con un 36.65%.

A comparación de las ramas, el fuste es el que tiene menor porcentaje de biomasa seca con un 17.64%. Esta característica del algarrobo se explicaría por su anatomía propia, es un árbol achaparrado con un fuste corto en longitud y muy ramificado; son sus ramas los que hacen que el algarrobo tenga una mayor longitud de copa el cual aporta más a su altura total en comparación con el fuste, añádase a esto su amplio diámetro de copa tal como puede verse en los datos registrados del Anexo 1.

La contribución del follaje a la biomasa seca total es relativamente baja con un 12.86%.

Cuadro 17 Porcentaje del Peso Seco o Biomasa Aérea Seca de los componentes arbóreos.

Nº Árbol	% Peso Seco total de las Hojas	% Peso Seco total de las Ramas Gruesas	% Peso Seco total de las Ramas Delgadas	% Peso Seco total del Fuste	% Peso Seco Total del Árbol
1	18.35	40.49	30.73	10.42	100.00
2	14.37	24.09	40.77	20.77	100.00
3	12.25	44.84	29.82	13.09	100.00
4	32.03	0.00	49.50	18.48	100.00
5	13.96	28.95	42.11	14.98	100.00
6	14.91	36.66	31.91	16.52	100.00
7	8.94	20.99	54.53	15.55	100.00
8	16.61	32.95	35.02	15.42	100.00
9	7.38	34.45	42.72	15.45	100.00
10	9.67	0.00	65.26	25.07	100.00
11	6.15	41.90	31.12	20.84	100.00
12	6.22	20.74	59.84	13.20	100.00
13	9.84	27.80	46.84	15.52	100.00
14	29.90	17.21	38.31	14.58	100.00
15	23.97	0.00	56.40	19.63	100.00
16	24.34	0.00	47.23	28.43	100.00
17	8.66	49.76	31.26	10.31	100.00
18	14.15	0.00	61.62	24.23	100.00
19	3.62	49.21	28.29	18.88	100.00
20	3.73	70.28	13.51	12.48	100.00
21	5.05	28.04	45.41	21.50	100.00
22	18.46	0.00	63.78	17.76	100.00
23	9.70	41.76	19.31	29.23	100.00
24	16.59	10.08	51.94	21.40	100.00
25	5.70	50.05	34.80	9.46	100.00
26	14.58	26.80	40.59	18.04	100.00
27	9.68	44.50	30.05	15.78	100.00
28	7.40	31.47	24.17	36.97	100.00
29	9.68	35.54	43.75	11.03	100.00
30	7.91	41.37	34.27	16.44	100.00
31	5.40	66.43	18.24	9.93	100.00
32	22.37	0.00	64.55	13.08	100.00

Cuadro 18 Porcentaje promedio del peso seco total de los componentes arbóreos en relación al peso seco total del *Prosopis pallida*.

% Promedio Peso Seco Total del Follaje	% Promedio Peso Seco Total de las Ramas Delgadas	% Promedio Peso Seco Total de las Ramas Gruesas	% Promedio Peso Seco Total del Fuste	% Peso Seco Total del Árbol
12.86	40.86	36.65	17.64	100.00

Analizando el cuadro 18 con respecto al peso seco total del árbol de algarrobo, los resultados nos hacen ver que entre sus componentes no es en el fuste donde se almacena la mayor de toda la biomasa como suele ocurrir en la mayoría de otras especies arbóreas, sino, en sus ramas, ya sean estas gruesas o delgadas dependiendo en que clase diamétrica se encuentren.

Con respecto al follaje, cuando se dice que su aporte al peso seco total del árbol es relativamente bajo con un 12,86%, hay que considerar que lo que estamos midiendo en caso del follaje es la biomasa producida recientemente – las hojas están en constante renovación, y además el algarrobo es un árbol siempre verde con presencia de hojas en todas las estaciones del año – y no hay ningún espacio en el árbol donde se haya almacenado las hojas que han ido cayendo en el correr de los tiempos como si sucede en el caso de la biomasa del fuste y de las ramas que se ha ido almacenando en duramen; de seguro que si se hubiese pesado todo ese follaje producido en la vida del árbol, su aporte en biomasa sería mucho mayor.

4.8 ELABORACIÓN DE ECUACIONES DE BIOMASA AÉREA TOTAL DEL ALGARROBO

A) ANÁLISIS DE LAS ECUACIONES EN FUNCIÓN AL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN R²

Cuadro 19 Ecuaciones para estimar biomasa de Fuste

No	Ecuación	R ²	R
1	$B = -81.981 + 6.332 * Dap$	0.7	0.84
2	$B = -9.747 + 0.117 * Dap^2$	0.81	0.9
3	$B = -0.415 + 0.009 * Dap^2 h$	0.85	0.92
4	$B = 5.377 + 0.008 * Dap^2 hm$	0.83	0.91
5	$B = 13.227 + 57.744m$	0	0.07
6	$B = 33.881 - 3.442 * Dap + 0.174 * Dap^2$	0.82	0.91
7	$B = 9.325 - 0.095 * Dap^2 + 0.016 * Dap^2 h$	0.86	0.93
8	$B = 69.071 + 0.119 * Dap^2 - 81.120m$	0.82	0.9
9	$B = 2.439 + 0.020 * Dap^2 + 0.007 * Dap^2 hm$	0.83	0.91
10	$B = -12.548 + 0.116 * Dap^2 + 0.350 * hm$	0.81	0.9

$m = Dap/Dpc$

Cuadro 20 Ecuaciones para estimar biomasa de follaje

No	Ecuación	R ²	R
1	$B = -8.238 + 1.986 * Dap$	0.45	0.67
2	$B = 18.336 + 0.031 * Dap^2$	0.37	0.61
3	$B = 21.317 + 0.002 * Dap^2 h$	0.37	0.61
4	$B = 23.270 + 0.002 * Dap^2 hm$	0.34	0.59
5	$B = 0.544 + 39.411m$	0.01	0.12
6	$B = -28.595 + 3.703 * Dap - 0.031 * Dap^2$	0.48	0.69
7	$B = 19.683 + 0.016 * Dap^2 + 0.001 * Dap^2 h$	0.37	0.61
8	$B = 15.021 + 0.031 * Dap^2 + 3.412m$	0.37	0.61
9	$B = 16.409 + 0.046 * Dap^2 - 0.001 * Dap^2 hm$	0.38	0.61
10	$B = -17.898 + 0.018 * Dap^2 + 4.533 * hm$	0.46	0.68

$m = Dap/Dpc$

Cuadro 21 Ecuaciones para estimar biomasa de Ramas delgadas

No	Ecuación	R ²	R
1	$B = -120.578 + 11.212 * Dap$	0.7	0.84
2	$B = 14.054 + 0.197 * Dap^2$	0.73	0.86
3	$B = 31.365 + 0.015 * Dap^2 h$	0.76	0.87
4	$B = 42.853 + 0.013 * Dap^2 hm$	0.71	0.84
5	$B = 162.509 - 13.481 m$	0	0.01
6	$B = -12.564 + 2.100 * Dap + 0.162 * Dap^2$	0.74	0.86
7	$B = 34.867 - 0.034 * Dap^2 + 0.018 * Dap^2 h$	0.76	0.87
8	$B = 258.096 + 0.203 * Dap^2 - 251.167 m$	0.76	0.87
9	$B = 16.424 + 0.178 * Dap^2 + 0.001 * Dap^2 hm$	0.74	0.86
10	$B = -31.410 + 0.180 * Dap^2 + 5.687 * hm$	0.74	0.86

$m = Dap/Dpc$

Cuadro 22. Ecuaciones para estimar biomasa de Ramas gruesas:

No	Ecuación	R ²	R
1	$B = -276.079 + 18.330 * Dap$	0.84	0.92
2	$B = -64.619 + 0.334 * Dap^2$	0.95	0.97
3	$B = -33.715 + 0.025 * Dap^2 h$	0.96	0.98
4	$B = -18.140 + 0.023 * Dap^2 hm$	0.94	0.97
5	$B = -116.351 + 284.323 m$	0.02	0.12
6	$B = 25.482 - 7.109 * Dap + 0.452 * Dap^2$	0.96	0.98
7	$B = -40.093 + 0.062 * Dap^2 + 0.021 * Dap^2 h$	0.96	0.98
8	$B = 42.203 + 0.337 * Dap^2 - 109.940 m$	0.95	0.98
9	$B = -47.054 + 0.195 * Dap^2 + 0.010 * Dap^2 hm$	0.96	0.98
10	$B = -44.849 + 0.341 * Dap^2 - 2.473 * hm$	0.95	0.98

$m = Dap/Dpc$

Cuadro 23 Ecuaciones para estimar biomasa aérea total

No	Ecuación	R ²	R
1	$B = -486.877 + 37.859 * \text{Dap}$	0.84	0.92
2	$B = -41.976 + 0.678 * \text{Dap}^2$	0.92	0.96
3	$B = 18.552 + 0.052 * \text{Dap}^2 \text{h}$	0.94	0.97
4	$B = 53.360 + 0.047 * \text{Dap}^2 \text{hm}$	0.91	0.95
5	$B = 59.929 + 367.997 \text{m}$	0.01	0.08
6	$B = 18.204 - 4.748 * \text{Dap} + 0.757 * \text{Dap}^2$	0.92	0.96
7	$B = 23.783 - 0.051 * \text{Dap}^2 + 0.055 * \text{Dap}^2 \text{h}$	0.94	0.97
8	$B = 384.391 + 0.690 * \text{Dap}^2 - 438.815 \text{m}$	0.93	0.96
9	$B = -11.782 + 0.438 * \text{Dap}^2 + 0.017 * \text{Dap}^2 \text{hm}$	0.92	0.96
10	$B = -106.705 + 0.655 * \text{Dap}^2 + 8.098 * \text{hm}$	0.92	0.96

$$m = \text{Dap} / \text{Dpc}$$

Como se aprecia en los cuadros 19 al 23, las variables del Modelo 5 presentan una correlación baja, casi nula (R entre 0.01 a 0.12) y ese modelo no explica la relación entre biomasa y Dap/Dpc.

Por lo tanto, el modelo 5 será descartado en la búsqueda de la ecuación que mejor estime la biomasa del *Prosopis pallida*.

B) ANÁLISIS DE F DE FISHER Y T DE STUDENT.

Luego de haber descartado la ecuación 5, en este paso analizando cada una de las ecuaciones con el estadístico de Fisher tal como se observa en los resultados del cuadro 24 todos los valores de F_{calc} resultaron ser mayores que del F_{tab}, así estas ecuaciones son estadísticamente significativas Adler (1980).

Todas las ecuaciones estiman la biomasa aérea del *Prosopis pallida*.

Con las mismas ecuaciones presentados en el cuadro 24 cuando analizamos con el estadístico t de Student se ha observado que algunas ecuaciones han presentado el t_{calc} menor que el t_{tab}; si el t_{calc} es menor que el t_{tab}, quiere decir que, estadísticamente, no logramos demostrar que el coeficiente respectivo de la ecuación es diferente de 0, por lo tanto el coeficiente b es igual a 0, y si es igual a 0 entonces, la variable en cuestión no explica a la biomasa por lo que habría que retirarla y se tendría otro modelo, Adler (1980).

Estos resultados, tal como se ve en el cuadro 24 se han dado principalmente en las ecuaciones de tres términos, ya sea en el coeficiente b1 ó b2 de las respectivas ecuaciones o en ambas a la vez, solo hay un caso como se observa en la ecuación número 9 de ramas gruesas en donde resultó significativo.

Por otro lado, tenemos las ecuaciones de variable independiente que han resultado significativas con la prueba t, son las ecuaciones 1 al 4, para todos los casos, es decir, que el valor de t calc resultó mayor que el t tab, esto indica que se rechaza la hipótesis de que el coeficiente de la ecuación b1=0 según sea el caso, es decir, demuestra que, estadísticamente, el coeficiente de la ecuación "existe" (es diferente de cero).

Cuadro 24 Ecuaciones en función a las Pruebas de Fisher y del t de Student

Ecuaciones para estimar biomasa de Fuste									
No	Ecuación	F calculado	F tabular	Nivel de signif.	T tab	T cal b1	Nivel de signif.	T cal b2	Nivel de signif.
1	$B = -81.981 + 6.332 * Dap$	70.303	4.1709	*	2.042	8.3847	*		
2	$B = -9.747 + 0.117 * Dap^2$	125.68	4.1709	*	2.042	11.211	*		
3	$B = -0.415 + 0.009 * Dap^2 h$	173.71	4.1709	*	2.042	13.18	*		
4	$B = 5.377 + 0.008 * Dap^2 hm$	146.35	4.1709	*	2.042	12.097	*		
6	$B = 33.881 - 3.442 * Dap + 0.174 * Dap^2$	66.603	3.3277	*	2.045	-1.5026	ns	4.4176	*
7	$B = 9.325 - 0.095 * Dap^2 + 0.016 * Dap^2 h$	92.028	3.3277	*	2.045	-1.5418	ns	3.4723	*
8	$B = 69.071 + 0.119 * Dap^2 - 81.120m$	64.144	3.3277	*	2.045	11.296	*	-1.145	ns
9	$B = 2.439 + 0.020 * Dap^2 + 0.007 * Dap^2 hm$	71.208	3.3277	*	2.045	0.4015	ns	2.0081	ns
10	$B = -12.548 + 0.116 * Dap^2 + 0.350 * hm$	60.776	3.3277	*	2.045	8.3038	*	0.1107	ns
Ecuaciones para estimar biomasa del follaje									
No	Ecuación	F calculado	F tabular	Nivel de signif.	T tab	T cal b1	Nivel de signif.	T cal b2	Nivel de signif.
1	$B = -8.238 + 1.986 * Dap$	24.906	4.1709	*	2.042	4.9906	*		
2	$B = 18.336 + 0.031 * Dap^2$	17.775	4.1709	*	2.042	4.216	*		
3	$B = 21.317 + 0.002 * Dap^2 h$	17.759	4.1709	*	2.042	4.2141	*		
4	$B = 23.270 + 0.002 * Dap^2 hm$	15.604	4.1709	*	2.042	3.9501	*		
6	$B = -28.595 + 3.703 * Dap - 0.031 * Dap^2$	13.281	3.3277	*	2.045	2.4269	*	-1.165	ns
7	$B = 19.683 + 0.016 * Dap^2 + 0.001 * Dap^2 h$	8.66	3.3277	*	2.045	0.3092	ns	0.2934	ns
8	$B = 15.021 + 0.031 * Dap^2 + 3.412m$	8.595	3.3277	*	2.045	4.071	*	0.0669	ns
9	$B = 16.409 + 0.046 * Dap^2 - 0.001 * Dap^2 hm$	8.734	3.3277	*	2.045	1.2526	ns	-0.424	ns
10	$B = -17.898 + 0.018 * Dap^2 + 4.533 * hm$	12.438	3.3277	*	2.045	1.9723	ns	2.1979	*
Ecuaciones para estimar biomasa de Ramas delgadas									

No	Ecuación	F calculado	F tabular	Nivel de signif.	T tab	T cal b1	Nivel de signif.	T cal b2	Nivel de signif.
1	$B = -120.578 + 11.212 * Dap$	70.878	4.1709	*	2.042	8.4189	*		
2	$B = 14.054 + 0.197 * Dap^2$	82.944	4.1709	*	2.042	9.1074	*		
3	$B = 31.365 + 0.015 * Dap^2 h$	92.682	4.1709	*	2.042	9.6272	*		
4	$B = 42.853 + 0.013 * Dap^2 hm$	73.563	4.1709	*	2.042	8.5769	*		
6	$B = -12.564 + 2.100 * Dap + 0.162 * Dap^2$	40.432	3.3277	*	2.045	0.4266	ns	1.9164	ns
7	$B = 34.867 - 0.034 * Dap^2 + 0.018 * Dap^2 h$	44.908	3.3277	*	2.045	-0.2341	ns	1.6	ns
8	$B = 258.096 + 0.203 * Dap^2 - 251.167 m$	45.894	3.3277	*	2.045	9.5802	*	-1.756	ns
9	$B = 16.424 + 0.178 * Dap^2 + 0.001 * Dap^2 hm$	40.148	3.3277	*	2.045	1.6312	ns	0.1763	ns
10	$B = -31.410 + 0.180 * Dap^2 + 5.687 * hm$	41.536	3.3277	*	2.045	6.3225	*	0.8767	ns
Ecuaciones para estimar biomasa de Ramas gruesas									
No	Ecuación	F calculado	F tabular	Nivel de signif.	T tab	T cal b1	Nivel de signif.	T cal b2	Nivel de signif.
1	$B = -276.079 + 18.330 * Dap$	158.73	4.1709	*	2.042	12.599	*		
2	$B = -64.619 + 0.334 * Dap^2$	560.91	4.1709	*	2.042	23.684	*		
3	$B = -33.715 + 0.025 * Dap^2 h$	758.33	4.1709	*	2.042	27.538	*		
4	$B = -18.140 + 0.023 * Dap^2 hm$	497.98	4.1709	*	2.042	22.316	*		
6	$B = 25.482 - 7.109 * Dap + 0.452 * Dap^2$	373.51	3.3277	*	2.045	-2.4149	ns	8.9476	*
7	$B = -40.093 + 0.062 * Dap^2 + 0.021 * Dap^2 h$	373.51	3.3277	*	2.045	0.7291	ns	3.2246	*
8	$B = 42.203 + 0.337 * Dap^2 - 109.940 m$	283.99	3.3277	*	2.045	23.642	*	-1.144	ns
9	$B = -47.054 + 0.195 * Dap^2 + 0.010 * Dap^2 hm$	316.77	3.3277	*	2.045	2.9403	*	2.1532	*
10	$B = -44.849 + 0.341 * Dap^2 - 2.473 * hm$	274.41	3.3277	*	2.045	18.17	*	-0.579	ns
Ecuaciones para estimar biomasa total									
No	Ecuación	F calculado	F tabular	Nivel de signif.	T tab	T cal b1	Nivel de signif.	T cal b2	Nivel de signif.
1	$B = -486.877 + 37.859 * Dap$	159.83	4.1709	*	2.042	12.642	*		
2	$B = -41.976 + 0.678 * Dap^2$	335.36	4.1709	*	2.042	18.313	*		
3	$B = 18.552 + 0.052 * Dap^2 h$	473.22	4.1709	*	2.042	21.754	*		
4	$B = 53.360 + 0.047 * Dap^2 hm$	293.27	4.1709	*	2.042	17.125	*		
6	$B = 18.204 - 4.748 * Dap + 0.757 * Dap^2$	164.02	3.3277	*	2.045	-0.5637	ns	5.2371	*
7	$B = 23.783 - 0.051 * Dap^2 + 0.055 * Dap^2 h$	229.16	3.3277	*	2.045	-0.2296	ns	3.3189	*
8	$B = 384.391 + 0.690 * Dap^2 - 438.815 m$	181.65	3.3277	*	2.045	18.999	*	-1.792	ns
9	$B = -11.782 + 0.438 * Dap^2 + 0.017 * Dap^2 hm$	173.18	3.3277	*	2.045	2.4154	*	1.3496	ns
10	$B = -106.705 + 0.655 * Dap^2 + 8.098 * hm$	165.29	3.3277	*	2.045	13.331	*	0.7248	ns

$m = Dap/Dpc$

Por el análisis realizado, en el cuadro 24 se han sombreado las celdas en donde la prueba t ha resultado no significativa, es decir, el t cal resultó menor que el t tab, por lo tanto son ecuaciones que quedan eliminados y ya no fueron considerados en el análisis siguiente.

C) SELECCIÓN DE LA ECUACIÓN QUE ESTIMA MEJOR LA BIOMASA

Cuadro 25 Ecuaciones para estimar biomasa

Ecuaciones para estimar biomasa de Fuste		
No	Ecuación	CME
1	$B = -81.981 + 6.332 * Dap$	1969.157
2	$B = -9.747 + 0.117 * Dap^2$	1268.715
3	$B = -0.415 + 0.009 * Dap^2h$	969.594
4	$B = 5.377 + 0.008 * Dap^2hm$	1120.022
Ecuaciones para estimar biomasa del follaje		
No	Ecuación	CME
1	$B = -8.238 + 1.986 * Dap$	546.613
2	$B = 18.336 + 0.031 * Dap^2$	628.207
3	$B = 21.317 + 0.002 * Dap^2h$	628.414
4	$B = 23.270 + 0.002 * Dap^2hm$	658.115
Ecuaciones para estimar biomasa de Ramas delgadas		
No	Ecuación	CME
1	$B = -120.578 + 11.212 * Dap$	6124.559
2	$B = 14.054 + 0.197 * Dap^2$	5470.245
3	$B = 31.365 + 0.015 * Dap^2h$	5036.038
4	$B = 42.853 + 0.013 * Dap^2hm$	5965.760
Ecuaciones para estimar biomasa de Ramas gruesas		
No	Ecuación	CME
1	$B = -276.079 + 18.330 * Dap$	7309.595
2	$B = -64.619 + 0.334 * Dap^2$	2334.575
3	$B = -33.715 + 0.025 * Dap^2h$	1749.937
4	$B = -18.140 + 0.023 * Dap^2hm$	2612.838
9	$B = -47.054 + 0.195 * Dap^2 + 0.010 * Dap^2hm$	2082.206
Ecuaciones para estimar biomasa total		

No	Ecuación	CME
1	$B = -486.877 + 37.859 * Dap$	30968.349
2	$B = -41.976 + 0.678 * Dap^2$	16090.059
3	$B = 18.552 + 0.052 * Dap^2 h$	11682.059
4	$B = 53.360 + 0.047 * Dap^2 hm$	18184.905

$$m = Dap / Dpc$$

De los resultados del cuadro 25 se seleccionó las ecuaciones que tuvieron el menor valor del CME para cada componente y el total, tal como quedó resumido en los resultados del cuadro 26.

Todas estas ecuaciones provienen del modelo número tres (a excepción del follaje que proviene del modelo número uno), utilizan como variable predictora e independiente, el DAP y la altura total (H), los cuales, su aporte al modelo fue significativo, ambas variables fáciles de medir en el campo ya que la densidad arbórea es bajo en el bosque seco tropical.

En el caso de la ecuación para el follaje, esta posee una única variable predictora que es el DAP.

Cuadro 26 Ecuaciones para estimar Biomasa Aérea del Algarrobo (*Prosopis pallida*)

Componente del Árbol	Modelo Nº	Ecuación
TOTAL	3	$BAT = 18,552 + 0,052 * DAP^2 H$
Fuste	3	$Bfuste = -0,415 + 0,009 * DAP^2 H$
Follaje	1	$Bfollaje = -8,238 + 1,986 * DAP$
RD	3	$BRD = 31,365 + 0,015 * DAP^2 H$
RG	3	$BRG = -33,715 + 0,025 * DAP^2 H$

Donde:

BAT = Biomasa Aérea Total (kg)

Bfuste = Biomasa Aérea del Fuste (kg)

Bfollaje = Biomasa Aérea del Follaje (kg)

BRD = Biomasa Aérea de Ramas Delgadas (kg)

BRG = Biomasa Aérea de Ramas Gruesas (kg)

DAP = Diámetro a la altura de pecho (cm)

H = Altura total del árbol (m)

En estas ecuaciones podrán ser aplicadas las variables independientes de DAP (cm) y H (m) procedentes de censos o inventarios forestales para poder determinar la cantidad de biomasa aérea que almacena cada árbol de algarrobo (*Prosopis pallida*).

4.9 ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA DE CADA COMPONENTE EN LOS ÁRBOLES MUESTRA

En el cuadro 27, se muestran los resultados de la biomasa aérea total estimada del *Prosopis pallida* al aplicar la mejor ecuación escogida:

$$\text{BAT} = 18,552 + 0,052 * \text{DAP}^2 \text{H}$$

Al comparar el peso seco o biomasa aérea total de los árboles y la biomasa estimada los resultados son bastante estrechos, los cuales reflejan la correcta selección de la ecuación de biomasa aérea total el cual tuvo como parámetro definitorio el menor CME y los estadísticos analizados para la selección del modelo de mejor ajuste; de esta manera la ecuación encontrada en la presente investigación puede ser empleada con seguridad, pues sus resultados son bastante consistentes.

Hay una sobreestimación máxima de -312,570 kg (árbol número 31) equivalente al -2,3% de la biomasa medida y una subestimación de 198,569 kg (árbol número 7) equivalente a +1,46% de la biomasa medida.

Para el tamaño de muestra referido los resultados presentan una sobreestimación de biomasa aérea total estimada (-83,950 kg) equivalente al -0,62% de la biomasa medida.

Cuadro 27 Comparación entre el peso seco total o biomasa aérea total y la biomasa aérea total estimada.

Arbol №	DAP (cm)	H (m)	Biomasa Aérea Total (kg)	Biomasa Aérea Total estimada (kg)	Diferencia (kg)
				BAT = $18.552 + 0.052 * \text{DAP}^2 \text{H}$	
1	29.6	10	546.529	474.155	72.374
2	21.35	10.4	254.065	265.061	-10.996
3	27	12.85	605.642	505.670	99.973
4	11.95	7.5	87.475	74.245	13.230
5	27	12.5	585.080	492.402	92.678
6	28.5	12.9	532.135	563.409	-31.274
7	25.6	13.9	690.815	492.246	198.569
8	25.95	12.7	517.435	463.267	54.168
9	26.5	12.65	561.426	480.492	80.934
10	10.5	7.5	64.747	61.550	3.198
11	30.15	11.9	768.688	581.055	187.633
12	16.75	10.75	163.028	175.386	-12.358
13	27.65	9.6	453.617	400.202	53.416
14	16.8	7.2	135.784	124.223	11.561
15	10	7.9	49.051	59.632	-10.581
16	12	6.2	45.849	64.978	-19.128
17	39.35	10.2	906.258	839.835	66.423
18	10.75	7.9	52.420	66.025	-13.605
19	55.7	13.6	2149.367	2212.633	-63.266
20	30.25	9.6	342.546	475.351	-132.806
21	37.8	11.2	971.239	850.708	120.531
22	15.5	5.3	46.829	84.765	-37.936
23	22	9.7	245.198	262.682	-17.484
24	13	6.7	76.434	77.432	-0.998
25	35	10.8	470.933	706.512	-235.579
26	16.55	8.6	126.756	141.041	-14.285
27	40.5	12.7	1142.437	1101.773	40.664
28	23.55	10.85	253.433	331.459	-78.026
29	17.5	10.35	176.668	183.376	-6.707
30	22.65	11.65	143.983	329.341	-185.358
31	31	12.9	350.621	663.191	-312.570
32	11.5	4.2	51.093	47.435	3.658
TOTAL			13567.582	13651.531	-83.950

La Figura 27 ilustra el comportamiento de la curva de la biomasa aérea total estimada del algarrobo en función del DAP. Se puede apreciar que la curva se comporta de acuerdo al patrón esperado.

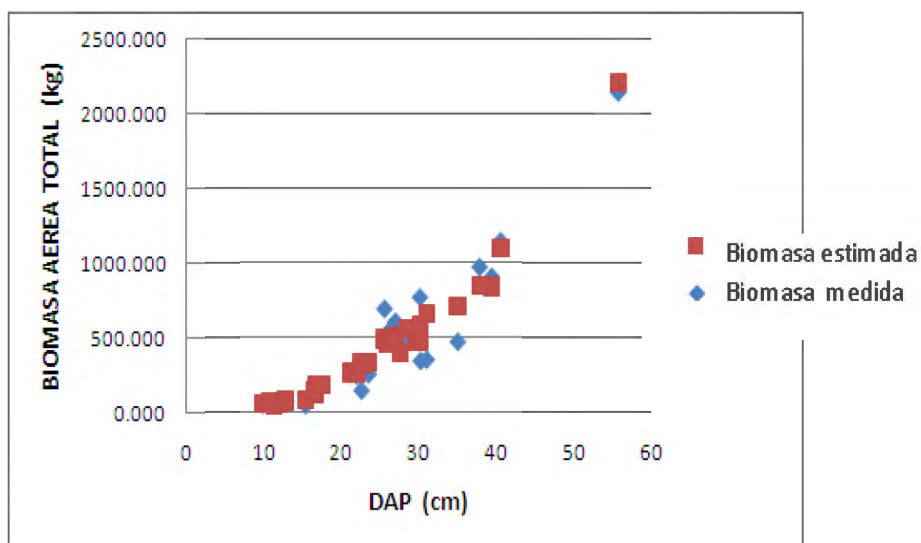


Figura 27 Relación entre la Biomasa Aérea Total estimada y el DAP

En el cuadro 28, se muestran los resultados de la biomasa estimada del fuste del *Prosopis pallida* al aplicar la mejor ecuación escogida:

$$BF_{\text{fuste}} = -0,415 + 0,009 * DAP^2H$$

Al comparar el peso seco o biomasa del fuste y la biomasa estimada los resultados son bastante estrechos; de esta manera la ecuación encontrada en la presente investigación puede ser empleada con seguridad, pues sus resultados son bastante consistentes.

Hay una sobreestimación máxima de -76,353 kg (árbol 31) equivalente al -0,56% de la biomasa medida y una subestimación de 65,166 kg (árbol 21) equivalente a +0,48% de la biomasa medida.

Para el tamaño de muestra de 32 árboles los resultados presentaron una subestimación de biomasa de fuste estimada en 4,551 kg equivalente al +0,034%.

Cuadro 28. Comparación entre la biomasa de fuste y la biomasa estimada.

Arbol №	DAP (cm)	H (m)	Biomasa de Fuste (kg)	Biomasa estimada de Fuste	Diferencia (kg)
				$B_{fuste} = -0.415 + 0.009 * DAP2H$	
1	29.6	10	56.972	78.439	-21.467
2	21.35	10.4	52.763	42.250	10.513
3	27	12.85	79.252	83.894	-4.641
4	11.95	7.5	16.164	9.224	6.940
5	27	12.5	87.626	81.598	6.028
6	28.5	12.9	87.887	93.887	-6.000
7	25.6	13.9	107.401	81.571	25.830
8	25.95	12.7	79.790	76.555	3.235
9	26.5	12.65	86.737	79.536	7.201
10	10.5	7.5	16.231	7.027	9.205
11	30.15	11.9	160.208	96.941	63.267
12	16.75	10.75	21.513	26.729	-5.216
13	27.65	9.6	70.388	65.640	4.748
14	16.8	7.2	19.802	17.874	1.928
15	10	7.9	9.630	6.695	2.935
16	12	6.2	13.035	7.620	5.415
17	39.35	10.2	93.459	141.730	-48.271
18	10.75	7.9	12.701	7.801	4.899
19	55.7	13.6	405.886	379.330	26.556
20	30.25	9.6	42.745	78.646	-35.901
21	37.8	11.2	208.778	143.612	65.166
22	15.5	5.3	8.316	11.045	-2.729
23	22	9.7	71.677	41.838	29.839
24	13	6.7	16.354	9.776	6.579
25	35	10.8	44.530	118.655	-74.125
26	16.55	8.6	22.861	20.785	2.076
27	40.5	12.7	180.240	187.066	-6.825
28	23.55	10.85	93.686	53.742	39.944
29	17.5	10.35	19.491	28.112	-8.621
30	22.65	11.65	23.675	53.375	-29.700
31	31	12.9	34.804	111.157	-76.353
32	11.5	4.2	6.683	4.584	2.099
TOTAL			2251.287	2246.735	4.551

La Figura 28 ilustra el comportamiento de la curva de la biomasa estimada del fuste del algarrobo en función del DAP. Se puede apreciar que la curva se comporta de acuerdo al patrón esperado.

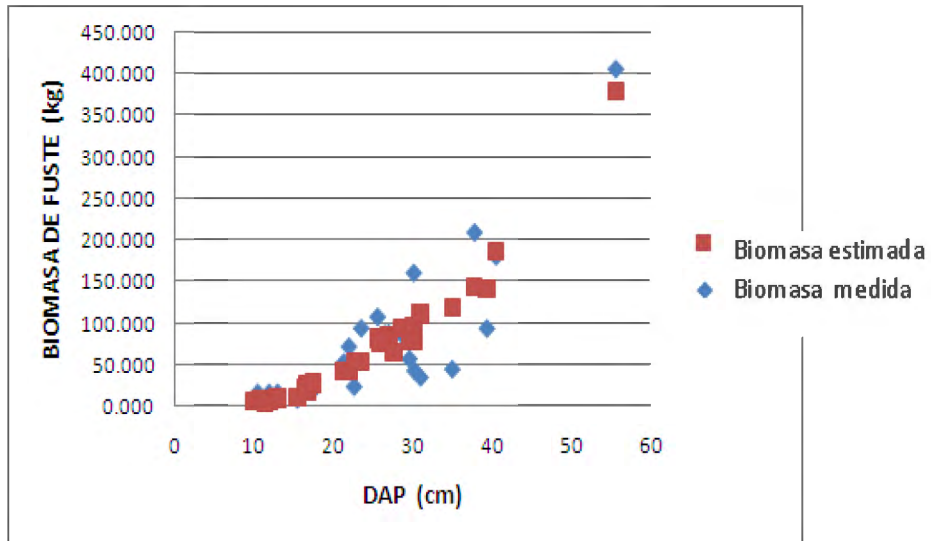


Figura 28 Relación entre la Biomasa estimada de Fuste y el DAP

En el cuadro 29, se muestran los resultados de la biomasa estimada del follaje del *Prosopis pallida* al aplicar la mejor ecuación escogida:

$$BFollaje = -8,238 + 1,986 * DAP$$

Al comparar la biomasa del follaje y la biomasa estimada los resultados son bastante estrechos; de esta manera la ecuación encontrada en la presente investigación puede ser empleada con seguridad, pues sus resultados son muy consistentes.

Hay una sobreestimación máxima de -39,05 kg (árbol 20) equivalente al -0,29% de la biomasa medida y una subestimación de 49,77 kg (árbol 1) equivalente a +0,37% de la biomasa medida.

Para el tamaño de muestra de 32 árboles los resultados presentaron una ligera sobreestimación de biomasa de follaje estimada (-0,350 kg) equivalente a -0,003%.

Cuadro 29 Comparación entre la biomasa de follaje y la biomasa estimada.

Árbol №	DAP (cm)	H (m)	Biomasa de Follaje (kg)	Biomasa estimada de Follaje	Diferencia (kg)
				$B_{\text{Follaje}} = -8.238 + 1.986 * \text{DAP}$	
1	29.6	10	100.313	50.548	49.766
2	21.35	10.4	36.510	34.163	2.347
3	27	12.85	74.219	45.384	28.835
4	11.95	7.5	28.014	15.495	12.520
5	27	12.5	81.653	45.384	36.269
6	28.5	12.9	79.322	48.363	30.959
7	25.6	13.9	61.746	42.604	19.143
8	25.95	12.7	85.947	43.299	42.648
9	26.5	12.65	41.428	44.391	-2.963
10	10.5	7.5	6.263	12.615	-6.352
11	30.15	11.9	47.238	51.640	-4.402
12	16.75	10.75	10.141	25.028	-14.887
13	27.65	9.6	44.650	46.675	-2.025
14	16.8	7.2	40.594	25.127	15.467
15	10	7.9	11.758	11.622	0.136
16	12	6.2	11.158	15.594	-4.436
17	39.35	10.2	78.476	69.911	8.564
18	10.75	7.9	7.416	13.112	-5.696
19	55.7	13.6	77.789	102.382	-24.594
20	30.25	9.6	12.786	51.839	-39.053
21	37.8	11.2	49.067	66.833	-17.766
22	15.5	5.3	8.645	22.545	-13.900
23	22	9.7	23.778	35.454	-11.676
24	13	6.7	12.680	17.580	-4.900
25	35	10.8	26.840	61.272	-34.432
26	16.55	8.6	18.478	24.630	-6.153
27	40.5	12.7	110.550	72.195	38.355
28	23.55	10.85	18.759	38.532	-19.774
29	17.5	10.35	17.093	26.517	-9.424
30	22.65	11.65	11.392	36.745	-25.352
31	31	12.9	18.924	53.328	-34.404
32	11.5	4.2	11.429	14.601	-3.172
TOTAL			1265.055	1265.405	-0.350

La Figura 29 muestra una relación directa en el comportamiento de la curva de la biomasa estimada del follaje del *Prosopis pallida* en función del DAP.

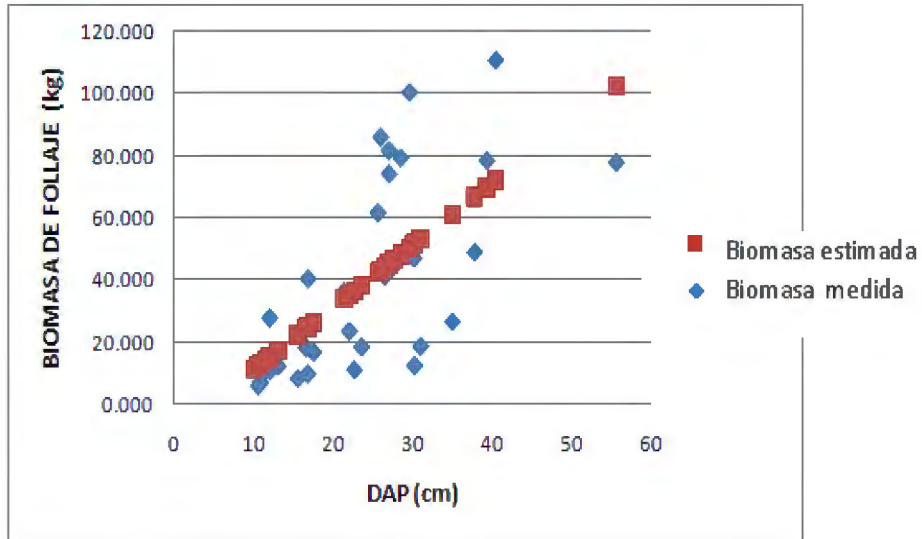


Figura 29 Relación entre la Biomasa estimada de Follaje y el DAP

En el cuadro 30 se muestran los resultados de la biomasa estimada de ramas gruesas del *Prosopis pallida* al aplicar la mejor ecuación escogida:

$$\text{BRG} = -33,715 + 0,025 * \text{DAP}^2$$

Al comparar la biomasa de las ramas gruesas y la biomasa estimada los resultados son bastante estrechos; de esta manera la ecuación encontrada en la presente investigación puede ser empleada con seguridad, pues sus resultados son consistentes.

Hay una sobreestimación máxima de -93,979 kg (árbol 21) equivalente al -0,69% de la biomasa medida y una subestimación de 89,865 kg (árbol 17) equivalente a +0,66% de la biomasa medida.

Para el tamaño de muestra de 32 árboles los resultados presentaron una subestimación de biomasa estimada de ramas gruesas en 78,770 kg equivalente a 0,58%.

Cuadro 30 Comparación entre biomasa de ramas gruesas y la biomasa estimada.

Árbol №	DAP (cm)	H (m)	Biomasa de Ramas Gruesas (kg)	Biomasa estimada de Ramas Gruesas BRG = -33.715+ 0.025* DAP2H	Diferencia (kg)
1	29.6	10	221.282	185.325	35.957
2	21.35	10.4	61.206	84.799	-23.593
3	27	12.85	271.563	200.476	71.087
4	11.95	7.5	0.000	-6.940	6.940
5	27	12.5	169.402	194.098	-24.696
6	28.5	12.9	195.105	228.236	-33.130
7	25.6	13.9	144.968	194.023	-49.054
8	25.95	12.7	170.474	180.090	-9.616
9	26.5	12.65	193.408	188.372	5.037
10	10.5	7.5	0.000	-13.043	13.043
11	30.15	11.9	322.060	236.719	85.340
12	16.75	10.75	33.817	41.686	-7.869
13	27.65	9.6	126.119	149.770	-23.651
14	16.8	7.2	23.369	17.088	6.281
15	10	7.9	0.000	-13.965	13.965
16	12	6.2	0.000	-11.395	11.395
17	39.35	10.2	450.998	361.133	89.865
18	10.75	7.9	0.000	-10.891	10.891
19	55.7	13.6	1057.636	1021.132	36.505
20	30.25	9.6	240.751	185.900	54.851
21	37.8	11.2	272.382	366.360	-93.978
22	15.5	5.3	0.000	-1.882	1.882
23	22	9.7	102.406	83.655	18.751
24	13	6.7	7.701	-5.408	13.108
25	35	10.8	235.679	297.035	-61.356
26	16.55	8.6	33.973	25.174	8.799
27	40.5	12.7	508.389	487.064	21.325
28	23.55	10.85	79.743	116.721	-36.978
29	17.5	10.35	62.787	45.527	17.259
30	22.65	11.65	59.567	115.703	-56.136
31	31	12.9	232.925	276.208	-43.282
32	11.5	4.2	0.000	-19.829	19.829
TOTAL			5277.711	5198.941	78.770

La Figura 30 muestra una relación directa en el comportamiento de la curva de la biomasa estimada de las ramas gruesas del *Prosopis pallida* en función del DAP.

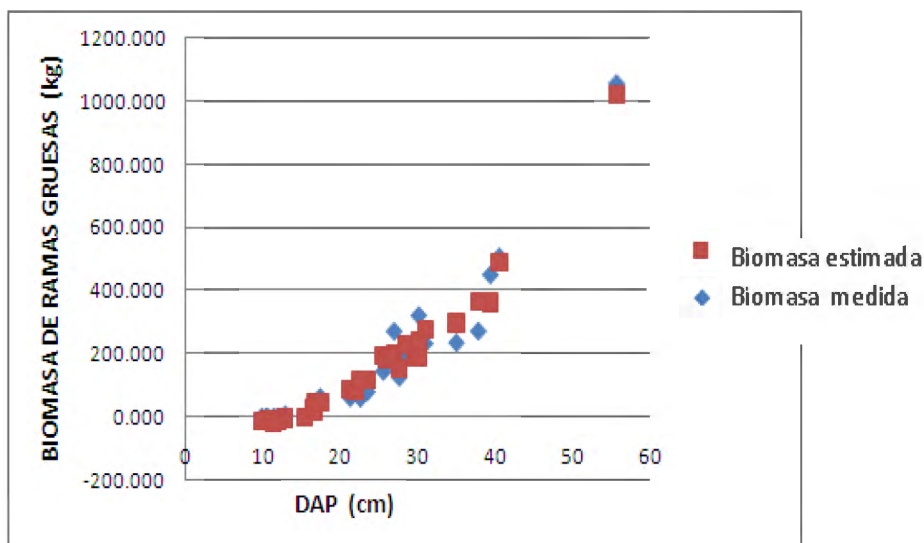


Figura 30 Relación entre la Biomasa estimada de Ramas Gruesas y el DAP

En el cuadro 31 se muestran los resultados de la biomasa estimada de ramas delgadas del *Prosopis pallida* al aplicar la mejor ecuación escogida:

$$\mathbf{BRD = 31,365 + 0,015 * DAP^2H}$$

Al comparar la biomasa de las ramas delgadas y la biomasa estimada los resultados son bastante estrechos; de esta manera la ecuación encontrada en la presente investigación puede ser empleada con seguridad, pues sus resultados son muy consistentes.

Hay una sobreestimación máxima de -154,35 kg (árbol 31) equivalente al -1,14% de la biomasa medida y una subestimación de 207,69 kg (árbol 7) equivalente a +1,53% de la biomasa medida.

Para el tamaño de muestra de 32 árboles los resultados presentaron una sobreestimación de biomasa estimada de ramas delgadas (-28,843 kg) equivalente a -0,21% de la biomasa medida.

Cuadro 31 Comparación entre biomasa de Ramas Delgadas y la biomasa estimada.

Arbol Ne	DAP (cm)	H (m)	Biomasa de Ramas Delgadas (kg)	Biomasa estimada de Ramas Delgadas (kg)	Diferencia (kg)
				BRD = $31.365 + 0.015 * \text{DAP}^2 \text{H}$	
1	29.6	10	167.962	163.789	4.173
2	21.35	10.4	103.586	103.473	0.112
3	27	12.85	180.608	172.880	7.728
4	11.95	7.5	43.297	48.430	-5.133
5	27	12.5	246.400	169.053	77.348
6	28.5	12.9	169.821	189.535	-19.714
7	25.6	13.9	376.700	169.008	207.692
8	25.95	12.7	181.224	160.648	20.575
9	26.5	12.65	239.852	165.617	74.236
10	10.5	7.5	42.253	44.768	-2.515
11	30.15	11.9	239.182	194.626	44.557
12	16.75	10.75	97.557	77.606	19.951
13	27.65	9.6	212.460	142.456	70.003
14	16.8	7.2	52.019	62.847	-10.828
15	10	7.9	27.662	44.215	-16.553
16	12	6.2	21.656	45.757	-24.101
17	39.35	10.2	283.326	269.274	14.052
18	10.75	7.9	32.303	46.059	-13.756
19	55.7	13.6	608.056	665.273	-57.217
20	30.25	9.6	46.264	164.134	-117.870
21	37.8	11.2	441.012	272.410	168.602
22	15.5	5.3	29.868	51.465	-21.597
23	22	9.7	47.337	102.787	-55.450
24	13	6.7	39.698	49.350	-9.651
25	35	10.8	163.884	230.815	-66.931
26	16.55	8.6	51.445	67.698	-16.253
27	40.5	12.7	343.258	344.833	-1.575
28	23.55	10.85	61.246	122.627	-61.381
29	17.5	10.35	77.297	79.910	-2.613
30	22.65	11.65	49.348	122.016	-72.667
31	31	12.9	63.967	218.319	-154.351
32	11.5	4.2	32.982	40.697	-7.715
TOTAL			4773.529	4802.372	-28.843

La Figura 31 muestra una relación directa en el comportamiento de la curva de la biomasa estimada de las ramas delgadas del *Prosopis pallida* en función del DAP.

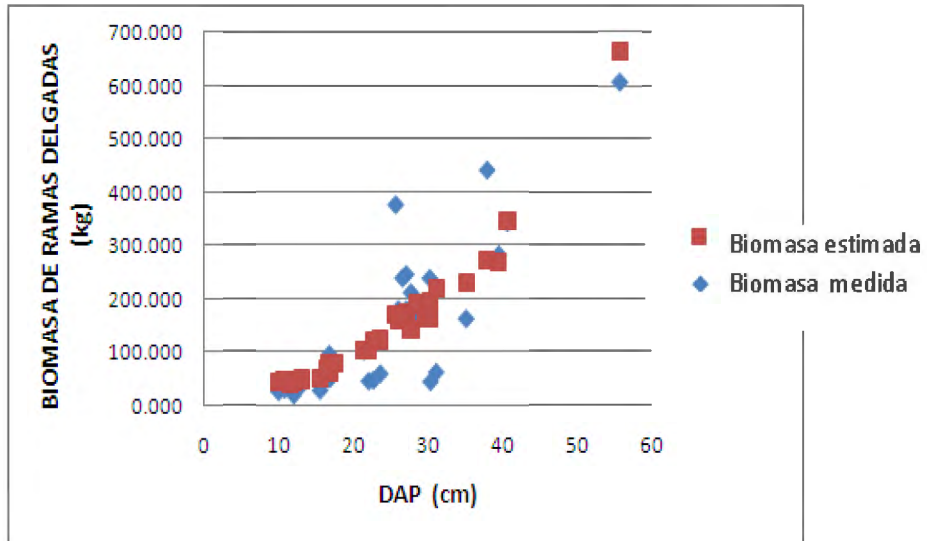


Figura 31 Relación entre la Biomasa estimada de Ramas Delgadas y el DAP

Las funciones de biomasa encontradas no son aditivas, por lo que la estimación de la biomasa aérea total de un árbol de *Prosopis pallida* no es igual que la sumatoria de la biomasa estimada de los distintos componentes.

4.10 COMPARACIÓN ENTRE LA ECUACIÓN DE BIOMASA AÉREA TOTAL SELECCIONADA Y LA DE PADRÓN Y NAVARRO PARA EL *Prosopis pallida*

En el cuadro 32 se comparan los resultados obtenidos al aplicar ambas ecuaciones de biomasa aérea total para el *Prosopis pallida*; la diferencia con ellos es que utilizan como variable predictora de la biomasa aérea total el Diámetro en la Base (DB) al cuadrado por la altura total (DB^2H), cabe explicar que ellos definen DB como diámetro medido al fuste a los 30 cm del suelo.

En el trabajo de campo realizado para la presente investigación se ha tomado como uno de los parámetros el Diámetro a la Altura del Tocón (DAT) el cual ha oscilado entre los 16 cm y los 40 cm del nivel del suelo (Anexo 1).

Al introducir los datos de campo de la presente investigación como el DAT y la altura total (H) en la ecuación de Padrón y Navarro los resultados de la biomasa estimada han sido bastante lejanos expresando mucha sobreestimación de biomasa en comparación con los resultados de la ecuación seleccionada y con respecto al peso seco encontrado (biomasa medida); la explicación estaría en que su modelo de ecuación fue construido en base a un tamaño de muestra pequeño, ellos sólo utilizaron 17 árboles y sus diámetros de base oscilaron entre los 12 cm y 48cm frente a los 32 árboles muestreados en la presente investigación y con diámetros de tocón (DT) entre 12.6 cm y 52 cm, agregar además que 13 de sus árboles muestreados provienen del campus universitario de Piura (5 de suelo arenoso y 8 de una mixtura de suelos) en la cual estuvieron en constante mantenimiento y 4 provenientes de Lancones (suelos mixtos, bosque seco de colina), hechos que habrían redundado positivamente en ganar más altura, en comparación de los suelos de la comunidad que sólo es arenoso y es bosque seco ralo de llanura.

La conclusión más importante a la que hace llegar esta comparación es que ellos han trabajado en sitios diferentes a la que se desarrolló la presente investigación, por tanto, no se debe utilizar una ecuación de estimación de biomasa fuera del sitio para la que fue desarrollada.

Cuadro 32 Comparación entre los resultados de las ecuaciones de estimación de Biomasa Aérea Total para el *Prosopis pallida*

№ Árbol	DAP (cm)	DAT (cm)	H (m)	Biomasa Aérea Total medida (kg)	BIOMASA AEREA TOTAL ESTIMADA (kg)			
					Modelo 3		Padron y Navarro (2004)	
					BAT = 18.552+ 0.052* DAP ² H	Diferencia	BAT = 66.5541+ 0.05796* DAB ² H	Diferencia
1	29.6	27	10	546.53	474.16	72.37	489.08	57.45
2	21.35	24.5	10.4	254.06	265.06	-11.00	428.38	-174.31
3	27	32.6	12.85	605.64	505.67	99.97	858.08	-252.44
4	11.95	17	7.5	87.48	74.24	13.23	192.18	-104.71
5	27	29.6	12.5	585.08	492.40	92.68	701.33	-116.25
6	28.5	30.75	12.9	532.14	563.41	-31.27	773.54	-241.40
7	25.6	13.75	13.9	690.81	492.25	198.57	218.87	471.94
8	25.95	29	12.7	517.43	463.27	54.17	685.61	-168.17
9	26.5	30.15	12.65	561.43	480.49	80.93	733.04	-171.62
10	10.5	13.5	7.5	64.75	61.55	3.20	145.78	-81.03
11	30.15	33.25	11.9	768.69	581.06	187.63	829.09	-60.40
12	16.75	22	10.75	163.03	175.39	-12.36	368.12	-205.09
13	27.65	31.75	9.6	453.62	400.20	53.42	627.46	-173.84
14	16.8	18.5	7.2	135.78	124.22	11.56	209.38	-73.60
15	10	12.6	7.9	49.05	59.63	-10.58	139.25	-90.20
16	12	17.75	6.2	45.85	64.98	-19.13	179.77	-133.92
17	39.35	40	10.2	906.26	839.84	66.42	1012.46	-106.20
18	10.75	13.25	7.9	52.42	66.03	-13.61	146.94	-94.52
19	55.7	52	13.6	2149.37	2212.63	-63.27	2198.00	-48.63
20	30.25	31.5	9.6	342.55	475.35	-132.81	618.66	-276.11
21	37.8	42	11.2	971.24	850.71	120.53	1211.66	-240.42
22	15.5	14.5	5.3	46.83	84.76	-37.94	131.14	-84.31
23	22	30.5	9.7	245.20	262.68	-17.48	589.55	-344.35
24	13	16.75	6.7	76.43	77.43	-1.00	175.51	-99.07
25	35	36.5	10.8	470.93	706.51	-235.58	900.50	-429.57
26	16.55	23.5	8.6	126.76	141.04	-14.28	341.83	-215.07
27	40.5	40.5	12.7	1142.44	1101.77	40.66	1273.93	-131.49
28	23.55	31.75	10.85	253.43	331.46	-78.03	700.49	-447.06
29	17.5	19.75	10.35	176.67	183.38	-6.71	300.55	-123.88
30	22.65	21.25	11.65	143.98	329.34	-185.36	371.46	-227.48
31	31	32	12.9	350.62	663.19	-312.57	832.18	-481.56
32	11.5	12.25	4.2	51.09	47.44	3.66	103.08	-51.99
TOTAL				13567.58	13651.53	-83.95	18486.89	-4919.31

En la figura 32 se puede observar que la ecuación de Padrón y Navarro (2004) sobreestima la biomasa aérea total del *Prosopis pallida* ya que la distribución de los residuos se encuentran por debajo de la línea (a excepción de dos puntos), en tanto, la ecuación del modelo 3 presenta un mejor ajuste ya que los puntos caen muy cerca de la línea (17 puntos por debajo y 15 por encima de la línea).

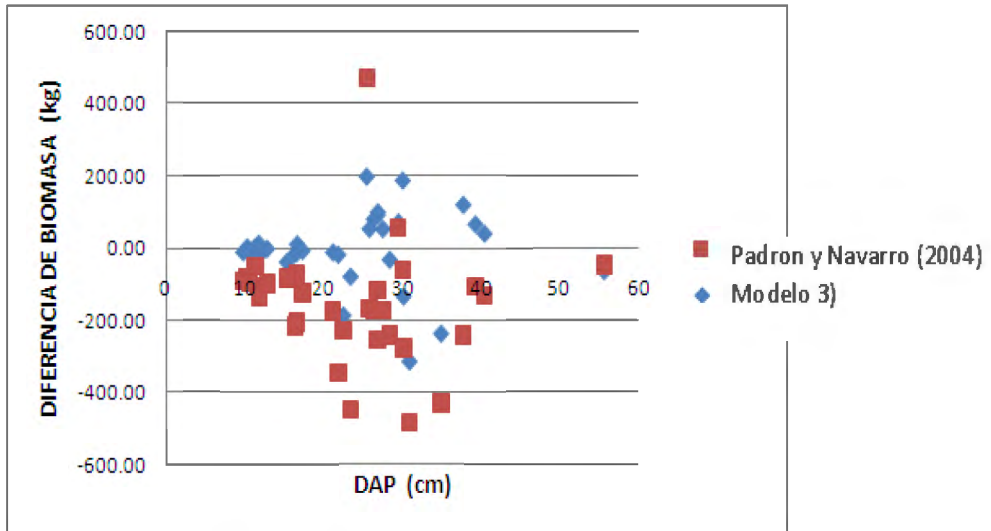


Figura 32 Comparación de la precisión de ambos modelos

5. CONCLUSIONES

- La biomasa aérea total promedio de un individuo de Algarrobo *Prosopis pallida* (H&B. ex. Willd.) H.B.K. var. *pallida* Ferreira más representativo de clases diamétricas de 25 a 35 cm es 535,5 kg en la comunidad campesina José Ignacio Távora Pasapera.
- El fuste del Algarrobo *Prosopis pallida* (H&B. ex. Willd.) H.B.K. var. *pallida* Ferreira llega a soportar a las ramas y a la copa hasta más de 11 veces su peso húmedo.
- La mayor parte de la biomasa aérea del Algarrobo *Prosopis pallida* (H&B. ex. Willd.) H.B.K. var. *pallida* Ferreira se concentra en las ramas delgadas y en las ramas gruesas
- Las Ecuaciones que estiman mejor la Biomasa Aérea del Algarrobo *Prosopis pallida* (H&B. ex. Willd.) H.B.K. var. *pallida* Ferreira para el área de estudio son:

$$\mathbf{BA\acute{e}rea\ Total = 18,552 + 0,052 * DAP^2 H}$$

$$\mathbf{Bfuste = -0,415 + 0,009 * DAP^2 H}$$

$$\mathbf{Bfollaje = -8,238 + 1,986 * DAP}$$

$$\mathbf{BRamas\ Delgadas = 31,365 + 0,015 * DAP^2 H}$$

$$\mathbf{BRamas\ Gruesas = -33,715 + 0,025 * DAP^2 H}$$

- En donde el DAP se mide en cm y la altura total (H) en metros.
- No se debe utilizar una ecuación de estimación de biomasa fuera del sitio para la que fue desarrollada. Así, la ecuación de biomasa aérea total del Algarrobo *Prosopis pallida* (H&B. ex. Willd.) H.B.K. var. *pallida* Ferreira elaborada, es válida para los bosques secos ralos de llanura y para el área de estudio.

6. **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda desarrollar ecuaciones de contenido de carbono a partir de las estimaciones de biomasa generadas en el presente trabajo.
- Se deben desarrollar ecuaciones de biomasa aérea total de *Prosopis pallida* para los otros tipos de bosque seco del Perú.
- Se recomienda usar la metodología aplicada en este trabajo cuando se estime la biomasa aérea en los bosques secos del Perú.
- La ecuación de biomasa aérea total encontrado en este trabajo será muy útil para evaluar el contenido de carbono en los árboles de *Prosopis pallida* y evaluar la efectiva contribución de la especie en el secuestro de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- Adler, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Predicción del rendimiento. Roma, IT, FAO. (Forestry Paper 22/2)
- Aguirre, J. & Wrann, J. 1985. Especies del Genero Prosopis y su manejo en la Pampa del Tamarugal. Arica, CL, FAO 32 p.(Informe técnico)
- AIDER (Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral, PE) 2001. Recuperación y producción sostenida de bosques y praderas, un medio de lucha contra la desertificación y la pobreza. Lima, PE, AIDER.101 p.
- AIDER. 2004. Unidades Piloto Demostrativas para el Desarrollo de las Poblaciones Campesinas del Bosque Seco. Documento de Sistematización. Piura, PE, AIDER. 129 p.
- Arévalo, L.; Alegre, J.; Palm, C. 2003. Determinación de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Lima, PE, UNALM, INRENA. 35p.
- Barrena, V.; Dance, J.; Sáenz, S. 1986. Metodología para la selección de ecuaciones de volumen. Revista Forestal del Perú 13(2): 3- 12
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. Roma, IT, FAO (Forestry Paper 134)
- Brown, S.; Gillespie, J.; Lugo, E. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. Forest Science, 35(4). 881- 902
- Brown, S.; Lugo, E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. Interciencia, 17(1): 8-18.

- Burkart, A. 1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfamily Mimosoideae). *Arnold Arboretum Tour*, 57:217-249
- Catpo, J. 2004. Determinación de la ecuación alométrica de *Pinus patula* y estimación del contenido de carbono en su biomasa aérea en Porcón, Cajamarca, Perú. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 59 p.
- Comisión de las Comunidades Europeas. 2007. Dictamen del Comité de las Regiones sobre el Libro Verde - Estrategia Europea para una energía sostenible, competitiva y segura la comunicación de la comisión – Plan de Acción sobre la biomasa y la Comunicación de la Comisión – Estrategia de la UE para los biocarburantes. (en línea). Consultado el 18 de mayo del 2009. Disponible en www.enervia.com/documentacion/plandeaccion_consejoeuropeo_2007_2009.pdf
- Cony, M 1997. Importancia de los estudios fisiológicos, eco fisiológicos y genéticos sobre especies del género *Prosopis* para la recuperación de ecosistemas áridos degradados de América Latina. Lima, PE, Proyecto Algarrobo – INRENA. 276 p.
- Daniel, P. 1982. Principios de silvicultura. México D.F., MX, McGraw-Hill. 492 p.
- Dauber, E.; Terán, J. Guzmán, R. 2004. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana* 1(1):1-10
- De Petre, A; Ola Karlin, U; Ali, S; Reynero, N. 1997. Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal: área de captura de carbono. Buenos Aires, AR, PIARFON. 125 p.
- Díaz, A. 1995. Los Algarrobos. Lima, PE, CONCYTEC. 207 p.
- Díaz, C. 1995. Los Algarrobos. Lima, PE, CONCYTEC. 35 p.
- Domínguez, J. 1995. Elaboración y aplicación de un modelo para la estimación de la biomasa de *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav. (ASTERACEAE) (Pájaro Bobo) en la Reserva de Biosfera del Manu. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 64 p.
- Ferreira, R. 1987. Estudio sistemático de los algarrobos de la costa norte del Perú. Lima, PE, Ministerio de Agricultura. 25 p.

- Fragoso, P. 2003. Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio "Cerro Grande" municipio de Tancítaro Michoacán. México D.F., MX, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 127 p.
- Gayoso, Jorge. 2002. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. CL, UACH. 95 p.
- Gayoso, J; Guerra, J. 2005. Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. CL, FONDEF. 47 p.
- Guerra, J. 2001. Evaluación de la biomasa radical gruesa en la especie *Nothofagus alpina* (OPEP, et Moll) Oerst (Raulí), en la provincia de Malleco. Tesis (Ing. Forestal). CH, Universidad Austral de Chile. 93 p.
- Hakkila, P. 1989. Utilization of residual forest biomass. Berlin, DE. 568 p. (Springer series in wood science)
- INRENA Proyecto Algarrobo. 1999. Memorias del Seminario Internacional Bosque Seco y Desertificación. Piura, PE, INRENA. 365 p.
- IPCC. 2000. Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra. Informe especial. Resumen para responsables de políticas. Montreal, CA, IPCC. 24 p.
- Lapeyre, T; Alegre, J; Arévalo, L. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología aplicada* 3(1-2): 35 - 44
- MacDiken, K.; Kenneth, G. 1991. Standard research method for multipurpose trees and shrubs. International Council of Research in Agroforestry. Arlington, US, International Council for Research in Agroforestry. 85 p.
- MacDiken, K. 1997. A Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, US, Winrock International. 87p.
- Malleux, J. 1970. Estudio de la relación D.A.P. con el Diámetro de Copa en un Bosque Húmedo Sub Tropical. *Revista Forestal del Perú*. 4 (1-2): 1-5.
- Marengo, J. 1999. Estudios sobre tendencia y variabilidad climática en el Trópico Sudamericano: Perú-Brasil. Lima, PE, CONAM. 206 p.

- Masera, O. 1996. Deforestación y degradación forestal en México. Pátzcuaro, Michoacán, MX, Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. 50 p. (Documento de Trabajo 19.)
- Montenegro, L. 1987. Producción de los Bosques de Batan Grande. Tesis. Instituto de Ferreñafe. Lambayeque. 70 p.
- Ordóñez, A. 1998. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis (Lic. Ciencias). México D.F, MX, Universidad Autónoma de México. 107 p.
- Ordóñez, A. 1999. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso. México D.F., MX, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. 121 p.
- Padrón E. & R.Navarro-Cerrillo. 2004. Estimation of above-ground biomass in naturally occurring populations of *Prosopis pallid* (H. & B. ex. Willd.) H.B.K. in the north of Peru. *Journal of Arid Environments* 56: 283-292.
- Philip, M. 1994. *Measuring Trees and Forests*. 2nd edition. Oxon, U.K., CAB International Wallingford. 254 p
- Rostworowsky, M. 1981. *Recursos Naturales Renovables y Pesca, Siglo XVI y XVII*. Lima, PE, Instituto de Estudios Peruanos, 65 p.
- Salgado, L. 2000. Estimación de la Biomasa Forrajera Potencial de Overo (*Cordia lutea* Lam) en los Bosques Secos de la Comunidad Ignacio Távara Pasapera (Piura). Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 84 p.
- Sarasíbar, M. 2006. *El derecho forestal ante el cambio climático: las funciones ambientales de los bosques*. Madrid, ES, Aranzadi. 319 p.
- Schlegel, B., Gayoso, J. Guerra, J. 2000. *Manual de Procedimientos, Muestreo de Biomasa Forestal. Medición de la Capacidad de Captura de Carbono en Bosques de Chile y Promoción en el Mercado Mundial*. CL, UACH. 26 p.

- Schlegel, B., Gayoso, J. Guerra, J. 2000. Métodos de medición de biomasa forestal. Proyecto Medición de la Capacidad de Captura de Carbono en Bosques de Chile y Promoción en el Mercado Mundial de Carbono. CL, UACH. 18 p.
- Siltanen, H. 1987. Evaluación de producción de biomasa en función al suelo en cinco rodales de *Polylepis incana*. Puno, PE, Proyecto Árbol Andino. 39 p.
- Valdivia, 2002. Inventario de Biomasa y contabilidad de Carbono. Medición de la Capacidad de Captura de Carbono en Bosques de Chile y Promoción en el Mercado Mundial. CL, UACH. 127 p. (Informe Técnico)
- Vallejo, A; Rodríguez, P; Martínez, C; Hernández, P; de Jong, B. 2007. Guía para el diseño de proyectos MDL forestal y de bioenergía. Turrialba, CR, CATIE. 253 p.
- Vejarano, A. 1976. Copias del curso de Fisiología Vegetal. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria la Molina. 98 p.
- Wegner. 1984. Forestry Handbook. 2ed. Society of American Foresters. John Wiley & Sons. 1335 p.
- Young, H. 1979. Forest biomass as a renewable source of energy: inventory, productivity and availability. Montreal, CA, UNITAR Conference on long-term energy resources 18 p.
- Zevallos, P., Manta, M., Barrera, C. 1984. Evaluación de la Regeneración natural y el Potencial Forestal del Departamento de Lambayeque. Lambayeque, PE, Instituto Nacional Forestal y de Fauna. 155 p.

ANEXO 1

PARÁMETROS TOMADOS A LOS ÁRBOLES MUESTRA

Nº Arbol	DAP (cm)	DBC (cm)	HT (m)	D tocon (cm)	H tocon (cm)	Long. Fuste (m)	D copa (m)
1	29.6	25	10	27	30	1.1	11.75
2	21.35	22	10.4	24.5	25	1.7	10.3
3	27	28	12.85	32.6	28	1.5	13
4	11.95	12.5	7.5	17	16	1.61	8.135
5	27	28.5	12.5	29.6	30	2.43	11.75
6	28.5	27.75	12.9	30.75	27	1.83	11.6
7	25.6	27.5	13.9	13.75	20.5	2.18	15.5
8	25.95	24.5	12.7	29	32	1.97	12.6
9	26.5	27.75	12.65	30.15	28	2.19	12.025
10	10.5	10.31	7.5	13.5	22	2.15	7
11	30.15	42.25	11.9	33.25	29	2.2	13.275
12	16.75	20.5	10.75	22	25	1.3	7.05
13	27.65	27	9.6	31.75	30.5	1.55	11.9
14	16.8	18.75	7.2	18.5	28	1.5	9.85
15	10	10.25	7.9	12.6	20.5	1.52	5.95
16	12	12	6.2	17.75	23	1.6	5.55
17	39.35	40.5	10.2	40	40	1.3	16.3
18	10.75	10.75	7.9	13.25	20	1	7.6
19	55.7	49.86	13.6	52	40	2.33	19.5
20	30.25	32	9.6	31.5	25	1.7	11.9
21	37.8	38.5	11.2	42	41	2.2	14.55
22	15.5	15.5	5.3	14.5	20	0.9	8.25
23	22	20.5	9.7	30.5	28.5	1.7	8.85
24	13	13.5	6.7	16.75	17	1.5	7.15
25	35	35.25	10.8	36.5	29.5	0.9	13.2
26	16.55	16	8.6	23.5	25	1.1	8.7
27	40.5	42	12.7	40.5	27	1.9	16.25
28	23.55	22.5	10.85	31.75	25	2.3	8.65
29	17.5	20.75	10.35	19.75	25	0.76	10.2
30	22.65	20.5	11.65	21.25	25	0.98	8.6
31	31	29	12.9	32	25	0.63	9.85
32	11.5	10.35	4.2	12.25	20	0.79	5.8

ANEXO 2

PESO HÚMEDO TOTAL DE LOS COMPONENTES ARBÓREOS

Nº Árbol	Peso húmedo total del Follaje (kg)	Peso húmedo total de las Ramas Gruesas (kg)	Peso húmedo total de las Ramas Delgadas (kg)	Peso húmedo total del Fuste (kg)	Peso húmedo Total del árbol (Kg)
1	196	299	236	77	808
2	86.5	87	158.5	74.5	406.5
3	143	348	230.5	102	823.5
4	48	0	64.3	24.1	136.4
5	153	227.5	308	115.5	804
6	166.5	277.5	237.75	123.5	805.25
7	120	192.5	503.05	142	957.55
8	192.5	237	249.1	109.75	788.35
9	111	263	340.5	114	828.5
10	17.5	0	54	22.5	94
11	173	438.5	387.5	207.5	1206.5
12	37.5	51	157	33.5	279
13	111	169	275.5	90	645.5
14	95.5	34.5	80	28.5	238.5
15	30	0	42.5	14.5	87
16	23.5	0	30	18	71.5
17	306	670.5	430.5	133	1540
18	27.5	0	52	19	98.5
19	230.5	1470	895.5	547	3143
20	33.5	291	61.5	51	437
21	130	389.5	644.5	298	1462
22	25	0	44.5	12	81.5
23	63	142	67	99	371
24	30	11.5	61.5	24.5	127.5
25	90	332.5	253.5	59	735
26	56	46	73	30	205
27	297	719	483	250	1749
28	68	118.8	99	133	418.8
29	52	95.5	126	28	301.5
30	36	85	83	32	236
31	50	309	98	44	501
32	29	0	48.5	9	86.5

La cifra cero significa que dicho componente no existía en ese árbol.

ANEXO 3

RELACIÓN ENTRE EL PESO SECO O BIOMASA AÉREA SECA DE LOS COMPONENTES ARBÓREOS EN RELACIÓN CON SU DAP EN EL *Prosopis pallida*

Ne Árbol	DAP (cm)	Peso Seco total del Follaje (kg)	Peso Seco total de las Ramas Gruesas (kg)	Peso Seco total de las Ramas Delgadas (kg)	Peso Seco total del Fuste (kg)	Peso Seco Total del Árbol (Kg)
15	10	11.75824176	0	27.6622807	9.62999484	49.0505173
10	10.5	6.262541806	0	42.25336304	16.2314167	64.7473216
18	10.75	7.415730337	0	32.30345291	12.7007978	52.419981
32	11.5	11.42857143	0	32.98173634	6.68285714	51.0931649
4	11.95	28.01423488	0	43.29682664	16.1640329	87.4750944
16	12	11.15827338	0	21.65584416	13.0352728	45.8493904
24	13	12.68041237	7.700892857	39.69808247	16.3543054	76.4336931
22	15.5	8.645276292	0	29.86757214	8.31574742	46.8285959
26	16.55	18.47756874	33.97281947	51.44498557	22.8608992	126.756273
12	16.75	10.14084507	33.81724066	97.55670849	21.5131738	163.027968
14	16.8	40.59400545	23.36898396	52.01877934	19.8022105	135.783979
29	17.5	17.09342561	62.78658787	77.29704797	19.4914146	176.668476
2	21.35	36.50974026	61.20603015	103.5858039	52.7631698	254.064744
23	22	23.77798335	102.4059345	47.33716992	71.6769552	245.198043
30	22.65	11.39240506	59.56652762	49.34837103	23.6754839	143.982788
28	23.55	18.75862069	79.74340268	61.24563886	93.6855121	253.433174
7	25.6	61.74647887	144.9681757	376.6998248	107.400506	690.814986
8	25.95	85.94693504	170.4743427	181.223545	79.789932	517.434755
9	26.5	41.42799189	193.4084983	239.8524721	86.7370492	561.426012
3	27	74.21923937	271.5631757	180.6075263	79.2524373	605.642379
5	27	81.65284974	169.4017377	246.4	87.6258024	585.08039
13	27.65	44.65037594	126.119403	212.4596524	70.3879937	453.617425
6	28.5	79.32168784	195.1054451	169.8214286	87.8869028	532.135464
1	29.6	100.3133047	221.2820391	167.9618111	56.9722195	546.529374
11	30.15	47.23758865	322.0596766	239.1822732	160.208157	768.687695
20	30.25	12.78593848	240.7508331	46.26361656	42.7452319	342.54562
31	31	18.92430279	232.9251979	63.96734436	34.8037761	350.620621
25	35	26.83954619	235.6785161	163.8844313	44.5301987	470.932692
21	37.8	49.06666667	272.3819071	441.0124537	208.777951	971.238978
17	39.35	78.47551202	450.9978959	283.3258204	93.4591775	906.258406
27	40.5	110.55	508.3890698	343.2576735	180.240281	1142.43702
19	55.7	77.78863233	1057.636219	608.0555556	405.886127	2149.36653

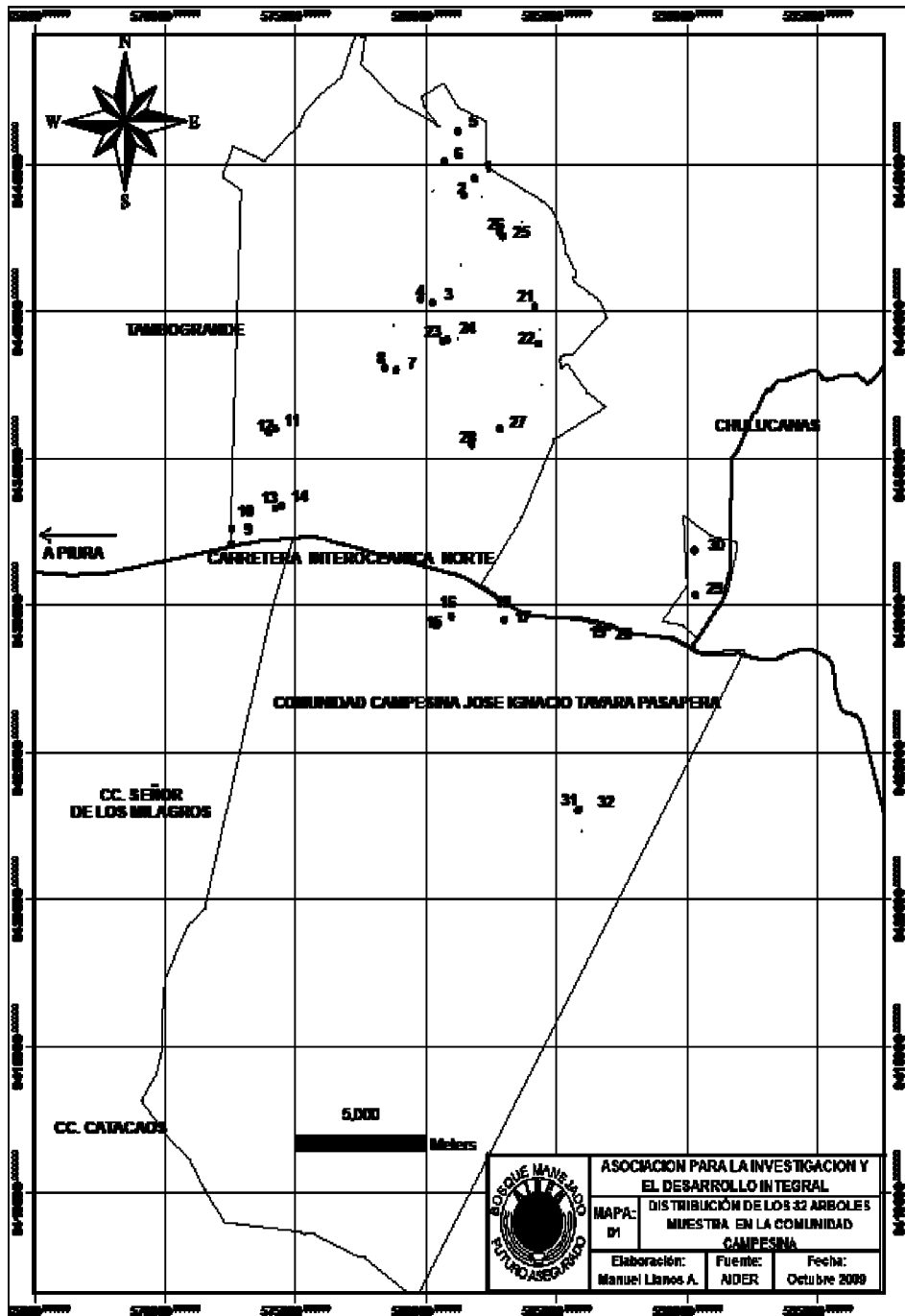
ANEXO 4

RESULTADOS DE LA GEOREFERENCIACIÓN DE CADA ÁRBOL

Árbol №	Código	COORDENADAS UTM (WGS 84)	
		ESTE	NORTE
1	CALL A1	581849	9444519
2	CALL A2	581418	9443952
3	CASA1	580245	9440286
4	CASA2	579789	9440402
5	CHUICAS A1	581226	9446117
6	CHUICAS A2	580677	9445090
7	DMA1	578864	9438002
8	DMA2	578409	9438067
9	KM30 A1	570869	9432461
10	KM30 A2	570852	9432431
11	KM32 A1	574225	9435995
12	KM32 A2	573981	9435870
13	KM34 A1	574489	9433391
14	KM34 A2	574219	9433293
15	KM41 A1	580381	9429300
16	KM41 A2	580977	9429616
17	KM44 A1	582993	9429488
18	KM44 A2	583011	9429507
19	KM48 A1	586978	9429289
20	KM48 A2	586930	9429300
21	NOMA1	584169	9440172
22	NOMA2	584305	9438888
23	NVAESP A1	580788	9439024
24	NVAESPE A2	580627	9438984
25	RINC A1	582830	9442691
26	RINC A2	582931	9442561
27	SAU A1	582824	9436002
28	SAU A2	581760	9435449
29	KM2 A1	590316	9430341
30	KM2 A2	590270	9431863
31	SG A1	585821	9423022
32	SG A2	585862	9423048

ANEXO 5

DISTRIBUCIÓN DE LOS 32 ÁRBOLES MUESTRA EN LA COMUNIDAD CAMPESINA



ANEXO 6

TABLA DE SECADO DE MUESTRAS DE ALGARROBO (kg)					
Nº Árbol	CÓDIGO DE LAS RODAJAS Y FOLLAJE	PESO HÚMEDO INICIAL DE LAS RODAJAS Y FOLLAJE	PESO HÚMEDO ANTES DE SECADO EN HORNO	PESO SECO CONSTANTE HALLADO EN HORNO	% CH
1	Cs A1 F1	4.082	3.18	3.04	25.527
	Cs A1 F2	3.264	2.54	2.42	25.858
	Cs A1 F3	3.19	2.44	2.34	26.646
	Cs A1 RG1	2.2117	1.7	1.64	25.849
	Cs A1 RG2	1.408	1.08	1.04	26.136
	Cs A1 RG3	1.604	1.09	1.189	25.873
	Cs A1 RD1	6.913	5.1	4.92	28.830
	Cs A1 RD2	3.458	3.14	2.53	26.836
	Cs A1 RD3	1.3	1.13	0.95	26.923
	Cs A1 H1	3.728	2.028	1.908	48.820
2	Cs A2 F1	1.894	1.41	1.335	29.514
	Cs A2 F2	1.478	1.1	1.04	29.635
	Cs A2 F3	1.508	1.14	1.08	28.382
	Cs A2 RG1	0.398	0.3	0.28	29.648
	Cs A2 RG2	2.935	2.24	2.106	28.245
	Cs A2 RG3	2.534	2.105	1.8	28.966
	Cs A2 RD1	4.621	3.14	3.02	34.646
	Cs A2 RD2	2.32	1.9	1.52	34.483
	Cs A2 RD3	3.567	3.25	2.35	34.118
	Cs A2 H2	2.926	1.336	1.235	57.792
3	DM A1 F1	2.69	2.2	2.1	21.933
	DM A1 F2	2.11	1.72	1.64	22.275
	DM A1 F3	2.225	1.82	1.72	22.697
	DM A1 RG1	0.967	0.78	0.74	23.475
	DM A1 RG2	0.528	0.44	0.42	20.455
	DM A1 RG3	0.89		0.7	21.348
	DM A1 RD1	0.204	0.16	0.16	21.569
	DM A1 RD2	0.196	0.16	0.16	18.367
	DM A1 RD3	0.16	0.12	0.12	25.000

	DM A1 H1	4.47	2.5	2.32	48.098
4	DM A2 F1	0.513	0.36	0.34	33.723
	DM A2 F2	0.476	0.32	0.32	32.773
	DM A2 F3	0.384	0.26	0.26	32.292
	DM A2 RG1	no hay			#¡VALOR!
	DM A2 RG2	no hay			#¡VALOR!
	DM A2 RG3	no hay			#¡VALOR!
	DM A2 RD1	0.202	0.14	0.14	30.693
	DM A2 RD2	0.17	0.12	0.12	29.412
	DM A2 RD3	0.161	0.1	0.1	37.888
	DM A2 H2	1.405	0.9	0.82	41.637
	5	CH A1 F1	2.476	2	1.9
CH A1 F2		1.75	1.4	1.32	24.571
CH A1 F3		2.015	1.6	1.52	24.566
CH A1 RG1		0.458	0.36	0.34	25.764
CH A1 RG2		0.482	0.38	0.36	25.311
CH A1 RG3		0.873	0.8	0.65	25.544
CH A1 RD1		0.225	0.18	0.18	20.000
CH A1 RD2		0.36	0.23	0.29	19.444
CH A1 RD3		0.286	0.19	0.23	19.580
CH A1 H1		0.965	0.68	0.515	46.632
6	CH A2 F1	2.935	2.24	2.12	27.768
	CH A2 F2	2.723	2.04	1.92	29.490
	CH A2 F3	2.94	2.28	2.08	29.252
	CH A2 RG1	1.157	0.88	0.82	29.127
	CH A2 RG2	0.975	0.72	0.68	30.256
	CH A2 RG3	1.18	0.98	0.82	30.508
	CH A2 RD1	0.308	0.24	0.22	28.571
	CH A2 RD2	0.41	0.35	0.29	29.268
	CH A2 RD3	0.391	0.3	0.28	28.389
	CH A2 H2	1.102	0.58	0.525	52.359
7	CLL A1 F1	2.629	2.1	2.02	23.165
	CLL A1 F2	2.304	1.82	1.74	24.479
	CLL A1 F3	2.039	1.6	1.52	25.454
	CLL A1 RG1	1.077	0.86	0.8	25.720
	CLL A1 RG2	1.048	0.82	0.8	23.664
	CLL A1 RG3	1.05	0.99	0.79	24.762
	CLL A1 RD1	0.214	0.16	0.16	25.234
	CLL A1 RD2	0.24	0.18	0.18	25.000
	CLL A1 RD3	0.3	0.28	0.22	26.667

	CLL A1 H1	1.065	0.568	0.548	48.545
8	CLL A2 F1	3.111	2.4	2.28	26.712
	CLL A2 F2	2.698	2.08	1.98	26.612
	CLL A2 F3	1.876	1.4	1.34	28.571
	CLL A2 RG1	1.353	1.02	0.98	27.568
	CLL A2 RG2	0.644	0.48	0.46	28.571
	CLL A2 RG3	0.86	0.71	0.62	27.907
	CLL A2 RD1	0.351	0.26	0.26	25.926
	CLL A2 RD2	0.28	0.2	0.2	28.571
	CLL A2 RD3	0.342	0.31	0.25	26.901
	CLL A2 H2	1.093	0.508	0.488	55.352
9	RINC A1 F1	2.069	1.66	1.56	24.601
	RINC A1 F2	2.5	2.4	1.9	24.000
	RINC A1 F3	2.316	1.88	1.78	23.143
	RINC A1 RG1	1.14	0.88	0.84	26.316
	RINC A1 RG2	1.09	0.84	0.8	26.606
	RINC A1 RG3	1.24	0.91	0.9	27.419
	RINC A1 RD1	0.114	0.08	0.08	29.825
	RINC A1 RD2	0.198	0.14	0.14	29.293
	RINC A1 RD3	0.14		0.1	28.571
	RINC A1 H1	0.986	0.388	0.368	62.677
10	RINC A2 F1	0.477	0.36	0.34	28.721
	RINC A2 F2	0.405	0.3	0.3	25.926
	RINC A2 F3	0.394	0.28	0.28	28.934
	RINC A2 RG1	NO HAY			#¡VALOR!
	RINC A2 RG2	NO HAY			#¡VALOR!
	RINC A2 RG3	NO HAY			#¡VALOR!
	RINC A2 RD1	0.127	0.1	0.1	21.260
	RINC A2 RD2	0.926	0.85	0.72	22.246
	RINC A2 RD3	0.87	0.8	0.67	22.989
	RINC A2 H2	1.196	0.448	0.428	64.214
11	ÑOM A1 F1	3.317	2.74	2.56	22.822
	ÑOM A1 F2	2.578	2.12	1.96	23.972
	ÑOM A1 F3	3.494	2.94	2.74	21.580
	ÑOM A1 RG1	0.785	0.58	0.56	28.662
	ÑOM A1 RG2	1.163	0.92	0.88	24.334
	ÑOM A1 RG3	0.9	0.7	0.66	26.667
	ÑOM A1 RD1	0.171	0.12	0.12	29.825
	ÑOM A1 RD2	0.137	0.1	0.08	41.606
	ÑOM A1 RD3	0.106	0.08	0.06	43.396

	ÑOM A1 H1	1.128	0.328	0.308	72.695
12	ÑOM A2 F1	1.332	0.92	0.88	33.934
	ÑOM A2 F2	0.782	0.54	0.5	36.061
	ÑOM A2 F3	0.415	0.28	0.26	37.349
	ÑOM A2 RG1	0.386	0.28	0.26	32.642
	ÑOM A2 RG2	0.521	0.36	0.34	34.741
	ÑOM A2 RG3	0.46	0.4	0.3	34.783
	ÑOM A2 RD1	0.259	0.18	0.16	38.224
	ÑOM A2 RD2	0.224	0.14	0.14	37.500
	ÑOM A2 RD3	0.36	0.31	0.22	38.889
	ÑOM A2 H2	1.065	0.308	0.288	72.958
13	SAU A1 F1	1.765	1.48	1.4	20.680
	SAU A1 F2	1.807	1.52	1.44	20.310
	SAU A1 F3	1.825	1.46	1.38	24.384
	SAU A1 RG1	0.938	0.74	0.7	25.373
	SAU A1 RG2	1.19	1.09	0.9	24.370
	SAU A1 RG3	0.952	0.86	0.7	26.471
	SAU A1 RD1	0.342	0.26	0.26	23.977
	SAU A1 RD2	0.179	0.14	0.14	21.788
	SAU A1 RD3	0.246	0.21	0.19	22.764
	SAU A1 H1	1.064	0.448	0.428	59.774
14	SAU A2 F1	1.12	0.82	0.78	30.357
	SAU A2 F2	1.167	0.86	0.82	29.734
	SAU A2 F3	0.963	0.7	0.66	31.464
	SAU A2 RG1	0.561	0.4	0.38	32.264
	SAU A2 RG2	0.644	0.51	0.43	33.230
	SAU A2 RG3	0.512	0.48	0.35	31.641
	SAU A2 RD1	0.284	0.2	0.18	36.620
	SAU A2 RD2	0.12	0.08	0.08	33.333
	SAU A2 RD3	0.346	0.3	0.22	36.416
	SAU A2 H2	1.101	0.488	0.468	57.493
15	NVA ESP A1 F1	0.342	0.26	0.24	29.825
	NVA ESP A1 F2	0.305	0.22	0.2	34.426
	NVA ESP A1 F3	0.315	0.22	0.2	36.508
	NVA ESP A1 RG1	no hay			#¡VALOR!
	NVA ESP A1 RG2	no hay			#¡VALOR!
	NVA ESP A1 RG3	no hay			#¡VALOR!
	NVA ESP A1	0.1	0.06	0.06	40.000

	RD1				
	NVA ESP A1 RD2	0.114	0.08	0.08	29.825
	NVA ESP A1 RD3	0.12	0.09	0.085	29.167
	NVA ESP A1 H1	1.092	0.448	0.428	60.806
16	NVA ESP A2 F1	0.434	0.26	0.24	44.700
	NVA ESP A2 F2	0.271	0.2	0.2	26.199
	NVA ESP A2 F3	0.363	0.32	0.32	11.846
	NVA ESP A2 RG1	no hay			#¡VALOR!
	NVA ESP A2 RG2	no hay			#¡VALOR!
	NVA ESP A2 RG3	no hay			#¡VALOR!
	NVA ESP A2 RD1	0.105	0.08	0.08	23.810
	NVA ESP A2 RD2	0.088	0.06	0.06	31.818
	NVA ESP A2 RD3	0.15	0.13	0.11	26.667
	NVA ESP A2 H2	1.112	0.548	0.528	52.518
	17	Km34 A1 F1	7.277	5.54	5.14
Km34 A1 F2		8.336	6.26	5.86	29.702
Km34 A1 F3		6.869	5.18	4.8	30.121
Km34 A1 RG1		2.318	1.72	1.58	31.838
Km34 A1 RG2		2.2	1.56	1.46	33.636
Km34 A1 RG3		2.4	1.53	1.6	33.333
Km34 A1 RD1		0.188	0.14	0.12	36.170
Km34 A1 RD2		0.177	0.12	0.12	32.203
Km34 A1 RD3		0.18	0.16	0.12	33.333
	Km34 A1 H1	1.123	0.328	0.288	74.354
18	Km34 A2 F1	0.606	0.44	0.42	30.693
	Km34 A2 F2	0.363	0.24	0.24	33.884
	Km34 A2 F3	0.43	0.3	0.28	34.884
	Km34 A2 RG1	no hay			#¡VALOR!
	Km34 A2 RG2	no hay			#¡VALOR!
	Km34 A2 RG3	no hay			#¡VALOR!
	Km34 A2 RD1	0.077	0.04	0.04	48.052
	Km34 A2 RD2	0.085	0.06	0.06	29.412
	Km34 A2 RD3	0.047	0.04	0.03	36.170
	Km34 A2 H2	1.068	0.308	0.288	73.034

19	Km32 A1 F1	6.882	5.174	5.14	25.312
	Km32 A1 F2	5.276	4.22	3.9	26.080
	Km32 A1 F3	6.946	5.46	5.14	26.001
	Km32 A1 RG1	1.531	1.14	1.08	29.458
	Km32 A1 RG2	2.263	1.76	1.66	26.646
	Km32 A1 RG3	1.53	1.48	1.08	29.412
	Km32 A1 RD1	0.324	0.25	0.22	32.099
	Km32 A1 RD2	0.33	0.31	0.23	30.303
	Km32 A1 RD3	0.44	0.42	0.3	31.818
	Km32 A1 H1	1.126	0.4	0.38	66.252
20	Km32 A2 F1	1.919	1.7	1.6	16.623
	Km32 A2 F2	2.383	2.08	1.98	16.911
	Km32 A2 F3	2.636	2.8	2.24	15.023
	Km32 A2 RG1	1.662	1.52	1.44	13.357
	Km32 A2 RG2	0.899	0.84	0.8	11.012
	Km32 A2 RG3	1.13	0.86	0.82	27.434
	Km32 A2 RD1	0.189	0.18	0.16	15.344
	Km32 A2 RD2	0.153	0.14	0.14	8.497
	Km32 A2 RD3	0.123	0.12	0.12	2.439
	Km32 A2 H2	1.593	0.648	0.608	61.833
21	Km30 A1 F1	5.411	4.08	3.84	29.033
	Km30 A1 F2	4.769	3.48	3.3	30.803
	Km30 A1 F3	6.37	4.74	4.46	29.984
	Km30 A1 RG1	0.826	0.6	0.58	29.782
	Km30 A1 RG2	2.487	1.86	1.74	30.036
	Km30 A1 RG3	2.241	1.68	1.56	30.388
	Km30 A1 RD1	0.152	0.1	0.1	34.211
	Km30 A1 RD2	0.134	0.1	0.1	25.373
	Km30 A1 RD3	0.185	0.12	0.12	35.135
	Km30 A1 H1	0.975	0.388	0.368	62.256
22	Km30 A2 F1	0.705	0.52	0.5	29.078
	Km30 A2 F2	0.609	0.44	0.42	31.034
	Km30 A2 F3	0.647	0.46	0.44	31.994
	Km30 A2 RG1	no hay			#¡VALOR!
	Km30 A2 RG2	no hay			#¡VALOR!
	Km30 A2 RG3	no hay			#¡VALOR!
	Km30 A2 RD1	0.329	0.22	0.22	33.131
	Km30 A2 RD2	0.316	0.22	0.22	30.380
	Km30 A2 RD3	0.185	0.12	0.12	35.135
	Km30 A2 H2	1.122	0.408	0.388	65.419

23	Km41 A1 F1	1.925	1.42	1.36	29.351
	Km41 A1 F2	1.959	1.52	1.46	25.472
	Km41 A1 F3	1.555	1.18	1.12	27.974
	Km41 A1 RG1	0.56	0.42	0.4	28.571
	Km41 A1 RG2	0.934	0.72	0.68	27.195
	Km41 A1 RG3	0.563	0.51	0.4	28.952
	Km41 A1 RD1	0.314	0.22	0.22	29.936
	Km41 A1 RD2	0.409	0.3	0.28	31.540
	Km41 A1 RD3	0.463	0.36	0.34	26.566
	Km41 A1 H1	1.081	0.428	0.408	62.257
24	Km41 A2 F1	0.933	0.66	0.62	33.548
	Km41 A2 F2	0.828	0.58	0.54	34.783
	Km41 A2 F3	0.729	0.52	0.5	31.413
	Km41 A2 RG1	0.448	0.3	0.3	33.036
	Km41 A2 RG2	0.52	0.5	0.35	32.692
	Km41 A2 RG3	0.44	0.4	0.3	31.818
	Km41 A2 RD1	0.407	0.28	0.26	36.118
	Km41 A2 RD2	0.368	0.24	0.24	34.783
	Km41 A2 RD3	0.37	0.26	0.24	35.135
	Km41 A2 H2	0.776	0.348	0.328	57.732
25	Km44 A1 F1	4.47	3.64	3.4	23.937
	Km44 A1 F2	4.466	3.54	3.32	25.660
	Km44 A1 F3	4.525	3.66	3.44	23.978
	Km44 A1 RG1	2.547	1.9	1.8	29.329
	Km44 A1 RG2	0.928	0.7	0.66	28.879
	Km44 A1 RG3	0.494	0.39	0.35	29.150
	Km44 A1 RD1	0.409	0.28	0.26	36.430
	Km44 A1 RD2	0.213	0.16	0.14	34.272
	Km44 A1 RD3	0.41	0.31	0.26	36.585
	Km44 A1 H1	1.234	0.428	0.368	70.178
26	Km44 A2 F1	1.932	1.66	1.54	20.290
	Km44 A2 F2	1.07	0.84	0.8	25.234
	Km44 A2 F3	1.268	1	0.94	25.868
	Km44 A2 RG1	0.425	0.34	0.32	24.706
	Km44 A2 RG2	0.58	0.44	0.42	27.586
	Km44 A2 RG3	0.56	0.51	0.4	28.571
	Km44 A2 RD1	0.16	0.12	0.1	37.500
	Km44 A2 RD2	0.21	0.16	0.16	23.810
	Km44 A2 RD3	0.165	0.12	0.12	27.273
	Km44 A2 H2	0.691	0.248	0.228	67.004

27	Km48 A1 F1	10.7	8.58	8.1	24.299
	Km48 A1 F2	7.076	5.26	5	29.339
	Km48 A1 F3	6.893	5.04	4.82	30.074
	Km48 A1 RG1	1.189	0.9	0.84	29.352
	Km48 A1 RG2	2.487	1.86	1.76	29.232
	Km48 A1 RG3	1.2	1.1	0.82	31.667
	Km48 A1 RD1	0.251	0.18	0.18	28.287
	Km48 A1 RD2	0.284	0.22	0.2	29.577
	Km48 A1 RD3	0.25	0.2	0.18	28.000
	Km48 A1 H1	0.72	0.288	0.268	62.778
28	Km48 A2 F1	2.545	1.92	1.82	28.487
	Km48 A2 F2	1.938	1.44	1.36	29.825
	Km48 A2 F3	2.068	1.52	1.44	30.368
	Km48 A2 RG1	1.127	0.78	0.74	34.339
	Km48 A2 RG2	0.729	0.52	0.5	31.413
	Km48 A2 RG3	1.13	0.95	0.73	35.398
	Km48 A2 RD1	0.212	0.14	0.14	33.962
	Km48 A2 RD2	0.261	0.18	0.16	38.697
	Km48 A2 RD3	0.103	0.06	0.06	41.748
	Km48 A2 H2	0.899	0.268	0.248	72.414
29	SG A1 F1	1.28	0.96	0.88	31.250
	SG A1 F2	1.639	1.22	1.14	30.445
	SG A1 F3	1.673	1.26	1.18	29.468
	SG A1 RG1	1.4	1.02	0.92	34.286
	SG A1 RG2	0.973	0.72	0.64	34.224
	SG A1 RG3	1.35	1.12	0.89	34.074
	SG A1 RD1	0.224	0.16	0.14	37.500
	SG A1 RD2	0.271	0.16	0.16	40.959
	SG A1 RD3	0.224	0.16	0.14	37.500
	SG A1 H1	1.156	0.4	0.38	67.128
30	SG A2 F1	1.992	1.6	1.44	27.711
	SG A2 F2	1.679	1.42	1.3	22.573
	SG A2 F3	2.021	1.62	1.46	27.759
	SG A2 RG1	0.687	0.5	0.48	30.131
	SG A2 RG2	0.626	0.48	0.44	29.712
	SG A2 RG3	0.63	0.45	0.43	31.746
	SG A2 RD1	0.187	0.12	0.12	35.829
	SG A2 RD2	0.103	0.06	0.06	41.748
	SG A2 RD3	0.143	0.1	0.08	44.056
	SG A2 H2	1.264	0.444	0.4	68.354

31	SG A3 F1	3.615	3.08	2.86	20.885
	SG A3 F2	4.835	4.18	3.88	19.752
	SG A3 F3	3.875	3.26	3.02	22.065
	SG A3 RG1	2.442	1.96	1.82	25.471
	SG A3 RG2	2.781	2.28	2.12	23.768
	SG A3 RG3	2.4	2.11	1.8	25.000
	SG A3 RD1	0.177	0.12	0.12	32.203
	SG A3 RD2	0.165	0.1	0.1	39.394
	SG A3 RD3	0.178	0.12	0.12	32.584
	SG A3 H3	1.004	0.4	0.38	62.151
32	SG A4 F1	0.5	0.38	0.34	32.000
	SG A4 F2	0.456	0.36	0.34	25.439
	SG A4 F3	0.399	0.34	0.32	19.799
	SG A4 RG1	no hay			#¡VALOR!
	SG A4 RG2	no hay			#¡VALOR!
	SG A4 RG3	no hay			#¡VALOR!
	SG A4 RD1	0.466	0.36	0.32	31.330
	SG A4 RD2	0.366	0.26	0.24	34.426
	SG A4 RD3	0.258	0.18	0.18	30.233
SG A4 H4	1.218	0.52	0.48	60.591	





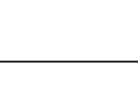



ANEXO 7

ACTA QUE AUTORIZA LA COMUNIDAD CAMPESINA PARA REALIZAR LA PRESENTE INVESTIGACIÓN

ASAMBLEA COMUNAL DE LA COMUNIDAD
CAMPESINA JOSÉ IGNACIO TAVARA
PASAPERA

SIENDO LAS 3 PM, 5 DE MAYO DEL 2008
LOS DELEGADOS REPRESENTANTES DE LOS
RESPECTIVOS ANEXOS AUTORIZAMOS AL
SEÑOR MANUEL EDUARDO LLANOS AGUILAR
A DESENVOLVER LA INVESTIGACION DE
DETERMINACION DE LA BIOMASA AEREA
TOTAL DEL ALGARROBO, POR LA CUAL DE
CADA ANEXO CORTARA DOS (02) ARBOLES DE
ALGARROBO, EN TOTAL SERÁN 30 ARBOLES,
Y DE CADA ARBOL TUMBADO SACARA MUESTRAS
PARA SU TRASLADO A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LIMA

~~Francisco Rodríguez Espinoza~~
PRESIDENTE
C.C. José Ignacio Távora Pasapera

<u>NOMBRE</u>	<u>ANEXO</u>	<u>FIRMA</u>
EDUARDO INGA	Km 41	
JOSÉ CHERO	Km 34	
José L. Rodríguez	Km 32	
Fernando Chuzas	ROMAÑA	
Agustín Chávez	DIOSNOSMIRATI	
Manuel LLANOS	ROMAÑA	
En. G. Sullari	Km. 32	
sebastián chirozo	Km. 30	

NOMBRE	ANEXO	FIRMA
PABLO ANCAJIMA S Ubaldo M J	DIOSNOSMIRE Nomala Atolotail	
CARLOS A. VALLADOLID C	NOMAZA ALTO TALARITA	
JAVIER CHAVEZ CHUICH Arnoldo Zapata Eduardo Valladolid	DIOS NOSTRINO ALTO Las Chucucas CASARRANA	
Pablo Valencia Valladolid	Km. 41	
Seydo Palacios Caldera Segundo Puelodu Alzonara		
Jacinto Castro M. N Esperanza		
JASINTE FLORES SANBODA	DIOSNOSMIRE	
SANTO R. Rau & Suay. Km 48.		
Victor Amcojima chavez. Km 34		
Reynaldo Chavez chero. Km 44		
Jacinto Maga Maga. Km Rita.		
Alejandro Medina Calderon	La Rita	
Josi Viana/Margus Silva	Callegones	
Filomena Castro sernaque	Rinconada	
Julio Lopez Lopez	Rinconada	
Eucocio Nina ARAUTISTA	NOMAZA	
Juan Mesa Ulache	La Rita	
Miguel Abrahamo Rivas	Km. 50	
Hector Castro Rivas	Km 48	
Antonio Prado Taver.	San Cristobal.	

ANEXO 8

DATA METEOROLÓGICA DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE CHULUCANAS- SENAMHI

Año	Precipitación Media Anual (mm) con Fenómeno del Niño ¹	Precipitación Media Anual (mm) sin Fenómeno del Niño	Temperatura media máxima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura media mínima (°C)	Humedad Relativa media anual (%)
1974-1980		169.6	31.9	24	18.6	71
1981-1990	593.5	201.5	32.1	24.4	19.2	72
1997-2000	1052.20	282	32.2	25.7	19.1	67
2001-2006		327.1	32.5	25.3	18.2	68

¹El Fenómeno del Niño ocurrió los años 1983 y 1998