

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA, AGRONEGOCIOS Y
BIOTECNOLOGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA

**Determinación de la reserva de carbono en un sistema Silvopastoril compuesto por
Pino Patula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas.**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

AUTOR : Bach. CULQUI MIRANO, Lorenzo Esauí
ASESOR : Ing. OLIVA CRÚZ, Segundo Manuel
COASESOR : Ing. PÉREZ TORRES, Robert Jackson

CHACHAPOYAS – PERÚ

2015



17 FEB 2016

DEDICATORIA

A mi madre, María Mercedes que dedica su esfuerzo y deposita su confianza en mi persona, por sus consejos y ayuda que ha logrado que llegue al lugar donde estoy.

A mi padre Melqueside Edilberto y a mi hermana Paula Emérita, quienes siempre me apoyaron y guían mis pasos para seguir adelante con mis propósitos seguir cumpliendo mis sueños.

Lorenzo Esaú Culqui Mirano



17 FEB 2016

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por guiar mi camino y dirigirme hasta donde he llegado ahora. Por permitirme terminar el presente trabajo de investigación cumpliendo así una de las metas propuestas.

A la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por ser nuestra alma mater, siendo gestora de nuestra superación, y en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Zootecnista, por brindarme calidad educativa durante mi periodo de formación.

A mi asesor, Ing. Oliva Cruz, Segundo Manuel por su paciencia y orientación durante el desarrollo del proyecto de tesis.

A mi Coasesor, Ing. Pérez Torres Robert Jackson por su orientación durante el desarrollo del proyecto de tesis.

A mi madre María Mercedes por su invaluable cariño, comprensión y apoyo incondicional durante toda mi vida.

Al Proyecto N°: 296671 “Creación del servicio de un laboratorio de Agrostología generado por el instituto de ganadería y biotecnología de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas” por su gran apoyo.

A la Ing. Marilú Chávez Guadalupe por incomparable gesto de donar las muestras del sistema silvopastoril para la ejecución del presente proyecto de tesis.

Al Lic. Estadístico José Rafael Ocupa Ruiz por su colaboración y orientación de los datos estadísticos durante el desarrollo del proyecto de tesis.

A mis amigos, quienes me apoyaron directa e indirectamente y a todas aquellas personas que apoyaron para la finalización del proyecto de tesis.

Lorenzo Esaú Culqui Mirano

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Ph. D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

RECTOR

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

M. Sc. ELIAS ALBERTO TORRES ARMAS

DECANO DE FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNISTA,

AGRONEGOCIOS Y BIOTECNOLOGÍA

VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente Invitado de la UNTRM-Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada “**Determinación de la reserva de carbono en un sistema Silvopastoril compuesto por Pino Patula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas**”. presentado por el Bachiller **LORENZO ESAÚ CULQUI MIRANO**, egresado de la Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agronegocios y Biotecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista de la UNTRM-Amazonas, dando el visto bueno para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, y comprometiéndome a orientar en el levantamiento de observaciones y en la sustentación de la tesis.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 10 de Enero de 2016



Segundo Manuel Oliva Cruz

Docente Invitado de la UNTRM-A

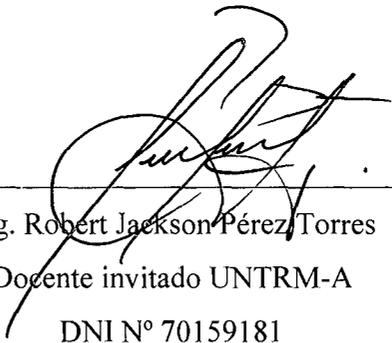
DNI N° 05374749

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR

El docente Invitado de la UNTRM-Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada “**Determinación de la reserva de carbono en un sistema Silvopastoril compuesto por Pino Patula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas**”. Presentado por el Bachiller **LORENZO ESAÚ CULQUI MIRANO**, egresado de la Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agronegocios y Biotecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista de la UNTRM-Amazonas, dando el visto bueno para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, y comprometiéndome a orientar en el levantamiento de observaciones y en la sustentación de la tesis.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 10 de Enero de 2016



Ing. Robert Jackson Pérez Torres

Docente invitado UNTRM-A

DNI N° 70159181

JURADO EVALUADOR DE TESIS



Ing. Nelson Oswaldo Pajares Quevedo

PRESIDENTE



Ing. Héctor Vladimir Vásquez Pérez

SECRETARIO



Ing. Cesar Augusto Maraví Carmen

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE: INGENIERÍA ZOOTECNISTA, AGRONEGOCIOS Y BIOTECNOLOGÍA

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 14 de ENERO del año 2016, siendo las 4:00 p.m. horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Ing. NELSON OSWALDO PAJARES QUEVEDO

Secretario: Ing. HÉCTOR VLADIMIR VAJQUEZ PEREZ

Vocal: Ing. CÉSAR AUGUSTO MARAVÍ CARMEN

para evaluar la sustentación del informe de Tesis presentando por el(la) bachiller,

don(ña) LORENZO ESAÚ CULQUI MIRANO

titulado Determinación de la reserva de Carbono en un sistema Silvopastoril compuesto por Pino Pátula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas.

Después de la Sustentación respectiva el Jurado acuerda la **APROBACIÓN (X)**, **DESAPROBACIÓN ()** por mayoría **(X)** por unanimidad (), en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNTRM-A.

Siendo las 5:18 p.m. horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del informe de Tesis.

SECRETARIO

PRÉSIDENTE

VOCAL

Form 6-T

CIUDAD UNIVERSITARIA - CHACHAPOYAS - AMAZONAS - PERÚ

Telefax 041 477716

vii

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	iv
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR.....	v
JURADO EVALUADOR DE TESIS.....	vi
INDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	xii
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCION	16
II. OBJETIVOS.....	18
2.2. Objetivos específicos:	18
III. MARCO TEORICO	19
3.1. Definición de términos básicos:.....	19
a).- Ciclo del carbono	19
b).- El Carbono en ecosistemas forestales..	19
c).- Carbono almacenado (Ca)..	20
d).- Carbono fijado (Cf).	20
e).- Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	20
f).- Los gases de efecto invernadero principales son:.....	21
El vapor de agua:	21

Dióxido de carbono (CO ₂):.....	21
Metano:.....	21
Óxido nitroso:.....	21
Los Clorofluorocarbonos (CFCs):.....	22
3.2. Antecedentes de investigación:.....	22
Determinación de la biomasa:.....	25
3.3. Determinación del contenido de carbono.....	27
3.4. Sistemas silvopastoriles.....	28
3.5. Tipos de sistemas silvopastoriles:.....	29
3.5.1. Con especies leñosas forrajeras y maderables en potreros:.....	29
3.5.2.- Bancos de proteína:.....	29
3.5.3.- Cercas vivas.....	29
3.6.- Plantaciones forestales.....	29
3.7.- Comportamiento de la biomasa en ecosistemas:.....	30
3.8.- Modelos de biomasa:.....	30
3.9.- Herbáceas nativas:.....	31
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
4.1.-Área de estudio.....	32
4.2.- Materiales y equipos.....	34
4.2.1.-Equipo de laboratorio.....	34
4.3.- Población y muestra.....	34
4.3.1.- Población:.....	34
4.3.1.- Muestra:.....	35
Método de estudio directo en campo:.....	35
Caracterización del sistema silvopastoril.....	35
Ubicación.....	36

<i>Pinus patula</i>	37
Características sobresalientes del árbol:.....	37
Usos más comunes.....	37
Composición florística.....	38
Características del sistema silvopastoril con pino en la zona.....	38
Productor pecuario.....	39
Los sistemas silvopastoriles y su importancia en la alimentación animal.....	39
Los sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica.....	40
En laboratorios:	41
Trabajo de gabinete:	41
Determinación de biomasa seca (BS):.....	41
Calculo de carbono en el componente aéreo.....	42
Biomasa arbustiva herbácea.	42
Biomasa de hojarasca.	42
Calculo de la biomasa vegetal total.	43
Calculo del carbono en la biomasa vegetal total:	43
Estimación del carbono orgánico en el suelo de Molinopampa, Ocol.	44
V. RESULTADOS	46
Cálculo de carbono en el componente aéreo y el suelo.....	47
Ecuación alométrica.....	50
VI DISCUSIONES.....	61
VII CONCLUSIONES	64
VIII RECOMENDACIONES	66
IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS	79
ANEXO A: GALERÍA FOTOGRÁFICA.....	84

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 01. Caracterización del suelo de las plantaciones (0 – 10 cm).....	48
Tabla 02. Caracterización del suelo de las plantaciones (10 – 20 cm).....	48
Tabla 03. Caracterización del suelo de las plantaciones (20 – 30 cm).....	48
Tabla 04. Porcentaje de carbono en el suelo, en ejemplares de <i>Pinus patula</i> colectados en el estudio.....	49
Tabla 05. Estadísticas descriptivas de las variables consideradas en la medición de árboles individuales del <i>Pinus patula</i>	50
Tabla 06. Características dasométricas de los árboles individuales.....	51
Tabla 07. Porcentaje de biomasa en componentes de <i>Pinus patula</i>	51
Tabla 08. Características dasométricas de los 6 árboles muestreados de <i>Pinus patula</i>	52
Tabla 09. Distribución de frecuencias de las alturas del árbol de individuos de <i>Pinus patula</i>	53
Tabla 10. Distribución de frecuencias de la altura comercial del árbol de individuos de <i>Pinus patula</i>	54
Tabla 11. Distribución de frecuencias del diámetro (cm) del árbol de individuos de <i>Pinus patula</i>	55
Tabla 12. Porcentaje de carbono en el tejido vegetal en ejemplares de <i>Pinus patula</i> colectados en el estudio.....	57
Tabla 13. Estadísticos de ajuste de los modelos probados para la estimación de biomasa total para <i>Pinus Patula</i>	57
Tabla 14. Determinación de la concentración de Carbono Total de <i>Pinus patula</i>	59
Tabla 15. Comparación de la retención de carbono en especies forestales.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Grafico 01. Composicion floristica de las especies herbareas forrajeras en el sistema silvopastoril compuesto por <i>Pinus patula</i>	46
Grafico 02. Malezas del sistema silvopastoril compuesto por <i>Pinus patula</i>	47
Grafico 03. Porcentaje de materia orgánica en el suelo.....	50
Grafico 04 Porcentaje de biomasa según componentes para los 6 arboles.....	52
Grafico 05 Histograma de distribución de frecuencias de las alturas del arbol de individuos de <i>Pinus patula</i>	53
Grafico 06 Histograma de distribución de frecuencias de las altura comercial del arbol de individuos de <i>Pinus patula</i>	54
Grafico 07. Histograma de distribución de frecuencias del DAP (cm) del arbol de individuos de <i>Pinus patula</i>	57
Grafico 08. Relación entre el DAP y la Biomasa total.	56
Grafico 09. Relación entre el DAP y la Biomasa aérea total.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01. Peso total del arbol de pino patula en kilogramos.....	78
Anexo 02. Muestras de <i>Pinus patula</i> peso verde en gramos.....	78
Anexo 03. Pesado de muestras de <i>Pinus patula</i> para obtener el peso seco constante.....	79
Anexo 04 .Obtencion de la materia seca por arbol en kilogramos.....	82
Anexo 05. Análisis de proteína de las herbáceas nativas del Sistema Silvopastoril	82
Anexo 06. Análisis de suelo del Silvopastoril con <i>Pinus patula</i> y herbáceas nativas.....	83

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 01 Sistema silvopastoril compuesto por <i>Pinus patula</i> y herbáceas nativas.....	84
Fotografía 02.- Sistema Silvopastoril compuesto por <i>Pinus patula</i> y herbáceas nativas...	84
Fotografía 03. Como derribar el arbol.....	85
Fotografía 04. Arbol derribado y las muestras para el laboratorio	85
Fotografía 05. Muestreo del suelo.	86
Fotografía 06. Calicata y cilindro con la muestra..	86
Fotografía 07. Empacado de las muestras en bolsas de plástico.....	87
Fotografía 08 Guardado de las muestras en bolsas de plástico.....	87
Fotografía 09. Muestras de <i>Pinus patula</i> en el laboratorio de la UNTRM.....	88
Fotografía 10. Pesado de muestras de <i>Pinus patula</i> en el laboratorio de la UNTRM para obtener el peso constante.....	88
Fotografía 11. Pesado de muestras de rama secundaria de <i>Pinus patula</i> en el laboratorio de la UNTRM para obtener el peso constante.	89
Fotografía 12. Pesado de muestras de hoja de <i>Pinus patula</i> en el laboratorio de la UNTRM para obtener el peso constante.....	89
Fotografía 13. Análisis de suelo para obtener la Materia orgánica en el laboratorio de la UNTRM.	90
Fotografía 14. Análisis de suelo para obtener el pH en el laboratorio de la UNTRM para obtener el peso constante.....	90
Fotografía 15. Para medir la conductividad.....	91
Fotografía 16. Análisis de suelo para obtener la Conductividad eléctrica en el laboratorio de la UNTRM para obtener el peso constante.....	91
Fotografía 17. Análisis de suelo para obtener la textura en el laboratorio de la UNTRM.	92
Fotografía 18. Análisis de suelo para obtener el fosforo en el laboratorio de la UNTRM.	92
Fotografía 19. Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) para calcular la altura	93
Fotografía 20. Obtención de la distancia con el Eclímetro para calcular la altura.....	93
Fotografía 21. Obtención de la distancia al fin del arbol con el Eclímetro para calcular la altura	94
Fotografía 22. Obtención de la distancia con el Eclímetro para calcular la altura.....	94

RESUMEN

En el distrito de Molinopampa Caserío de Ocol, Provincia de Chachapoyas, Región Amazonas; a una altitud de 2407 msnm. Se realizó la presente investigación que tiene como Objetivo determinar la reserva de carbono retenidos bajo un sistema silvopastoril compuesto por pino patula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas; realizando la caracterización del sistema, cantidad de carbono retenido en las especies arbórea, herbácea, hojarasca y suelo con la finalidad de determinar el carbono total del sistema silvopastoril.

Para lo cual se utilizó el método directo, seccionando el fuste de 2 metros; a partir de estos se cortó muestras de 5 cm de espesor de igual forma las muestras de ramas y hojas y para la recolección de muestras de hojarasca y herbáceas nativas se utilizó el método del cuadrante. Dichas muestras fueron llevadas a laboratorio para su secado a 75 °C, hasta peso constante, se recolectaron muestras de suelo en el radio de cada planta en 3 niveles de (0 -10), (10 -20) y (20 – 30) de profundidad para el análisis y determinación de la cantidad de carbono retenido, dichos datos fueron obtenidos mediante la formulación de ecuaciones alométricas y selección de la mayor correlación estimada a partir de variables como diámetro altura de pecho (DAP) y altura de fuste.

En el sistema silvopastoril se obtuvo 92.13 Tm/ha de carbono almacenado y con un factor de conversión de 3.66 se obtuvo 337.20 Tm/ha de carbono equivalente.

Para la estimación de carbono se utilizaron 06 ejemplares de *Pinus patula*, bajo sistema silvopastoril, la investigación permitió seleccionar la ecuación potencial: **Biomasa Seca = 0.6575 * DAP^{1.1794} * Altura de Fuste^{0.4057}**, para la estimación de la cantidad de carbono y CO₂ en *Pinus patula*, obteniendo un coeficiente de determinación (R²) superior al 0.91; encontrándose que el porcentaje de carbono esta almacenada de la forma siguiente: en fustes, 71.6 % ramas 15.00 % y hojas 13.5 % en hojarasca el 9%, mostrándonos que el sistema silvopastoril compuesto por pino patula y herbáceas nativas en el distrito de Molinopampa, Ocol contribuye a la captura de carbono y ayuda mitigar el calentamiento global.

Palabras Claves: *Pinus patula*, hojarasca, carbono, biomasa seca, ecuación alométrica, fuste.

ABSTRACT

In the district of Molinopampa hamlet of Ocol, Province of Chachapoyas, Amazonas Region; at an altitude of 2407 meters. This research aims to determine the carbon retained under a native herbaceous silvopastoral system composed of patula pine (*Pinus patula*) and performed; making the characterization of the system, amount of carbon retained in the tree, herbaceous, litter and soil in order to determine the total carbon species silvopastoral system. For which the direct method is used, cutting the shaft 2 meters; from these samples of 5 cm thick equally samples cut branches and leaves and for collecting samples of leaves and grasses native quadrant method was used. These samples were brought to the laboratory for drying at 75 ° C, to constant weight, soil samples were collected in the vicinity of each plant in 3 levels (0 -10) (10 -20) and (20 - 30) depth for analysis and determination of the amount of carbon stored, such data were obtained by formulating Allometric equations and selection of the most estimated from variables such as diameter at breast height (DBH) and height of the shaft correlation.

In the silvopastoral system 92.13 t / ha of carbon stocks was obtained with a conversion factor of 3.66 337.20 t / ha of carbon equivalent was obtained.

To estimate 06 carbon copies of *Pinus patula* used under silvopastoral system, the research allowed to select the potential equation: $\text{Dry Biomass DAP} = 0.6575 * 1.1794 * 0.4057 \text{ Height Fuste}$, for estimating the amount of carbon and CO₂ in *Pinus patula*, obtaining a coefficient of determination (R²) greater than 0.91; finding that the percentage of carbon is stored as follows: in stems, branches 15.00% 71.6% and 13.5% in litter leaves 9%, showing that the silvopastoral system composed of patula pine and native grasses in the district of Molinopampa, Ocol contributes to carbon sequestration and help mitigate global warming.

Keywords: *Pinus patula*, litter, carbon, dry biomass, allometric equation, shaft.

I. INTRODUCCION

En la actualidad se reconoce que los sistemas tradicionales de uso del suelo están acelerando el deterioro de los recursos naturales que son la base ecológica de la productividad. En la región por lo menos una parte de la sociedad lo admite, que para instalar un sistema sostenible es importante el recurso “árbol” como un elemento esencial de los sistemas productivos. Esta conciencia y valoración del árbol, se ha venido generando en la última década como consecuencia de los problemas causados por la erosión hídrica que disminuye la capacidad productiva del suelo; la escasez de agua en los veranos; la dificultad para la consecución de leña y madera para trabajos domésticos; la proliferación de plagas en las pasturas tradicionales y el estrés causado al ganado por los cambios climáticos (Mahecha1, 2002).

En consecuencia de lo descrito, los sistemas silvopastoriles hacen parte del conjunto de tecnologías de cambio para el reordenamiento del uso de la tierra de los sistemas ganaderos extensivos. Estos sistemas hacen referencia a las áreas en las cuales los árboles son manejados conjuntamente con las pasturas y el ganado. Estos componentes pueden estar presentes al mismo tiempo y en la misma unidad de tierra o pueden estar en rotación temporal, de tal manera que alcancen una mayor productividad total, en un régimen sostenido (Mahecha1, 2002).

El manejo sostenible de la base de recursos naturales y la producción pecuaria, es la única forma de hacer frente a este reto. Son muchas las partes del mundo que luchan contra el deterioro del planeta, y el número de personas que padecen hambre crónica ha superado los mil millones, peor aún, los más pobres del mundo y quienes viven en inseguridad alimentaria son, a menudo, los más vulnerables a los impactos negativos del cambio climático y los que menos capacidad de adaptación tienen (AFOLU, 2005).

Existen más fuertes evidencias de que la mayor parte del calentamiento global observado en los últimos cincuenta años se debe a las actividades humanas, principalmente la quema de combustibles y la producción de animales como

ganado vacuno, se ha determinado que el CO₂, CH₄ y CO, son los principales gases de efecto invernadero y que su principal fuente de emisión tiene su origen en el sector no energético, la deforestación, si bien los escenarios exactos todavía son inciertos, son de esperar serios efectos negativos, aunque se esperan también algunos efectos positivos; por lo que es importante que sean tomadas un cierto número de medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para incrementar su captura en los suelos y en la biomasa; una opción se basa en la captura de carbono en los suelos mediante sistemas silvopastoriles para desarrollar una ganadería sostenible. (Andrasko, 1990).

La captura de carbono, a través del sistema silvopastoril permitirá beneficios a los productores mejorando su economía al obtener un pago directo por el servicio ambiental (venta de carbono capturado) y posibilitar obtener otros servicios y productos como madera, leña, para la unidad familiar, dado que los sistemas silvopastoriles, tratan de imitar la estructura y funcionalidad del bosque natural y existiendo grandes superficies deforestadas. (Jiménez et. al, 2008).

En nuestro país son muy pocos los estudios realizados sobre la cuantificación del carbono almacenado en los diferentes reservorios en ecosistemas forestales, la vegetación arbórea ha sido subvalorada en su potencial de captura y almacenamiento de carbono y ciclo de nutrientes, sin embargo, esta juega un papel de suma importancia en éstos procesos. Adicionalmente es una fuente importante de materia orgánica que después de sufrir procesos de descomposición liberan elementos nutritivos que se incorporan al suelo para ser nuevamente utilizados por las plantas. (Figuerola, 2001).

El objetivo principal de la investigación fue la determinación de las reservas de carbono por un sistema silvopastoril con *Pinus patula* y herbáceas nativas para la valoración de la especie así como la formulación de indicadores de sustentabilidad respecto a la retención del carbono en el suelo y en la planta.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

Determinar la reserva de carbono retenidos en un sistema silvopastoril compuesto por pino patula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas en el distrito de Molinopampa, provincia Chachapoyas y Región Amazonas.

2.2. Objetivos específicos:

- 1.- Caracterización del sistema silvopastoril compuesto por pino patula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas.
- 2.- Determinar el carbono retenido por la especie arbórea pino patula (*Pinus patula*).
- 3.- Determinar la cantidad de carbono retenido en las herbáceas nativas.
- 4.- Determinar la cantidad de carbono retenido en la hojarasca del sistema silvopastoril.
- 5.- Determinar la cantidad de carbono retenido en el suelo en un sistema silvopastoril.
- 6.- Determinar el carbono total del sistema silvopastoril compuesto por pino patula (*Pinus patula*) y herbáceas nativas.

III. MARCO TEORICO

3.1. Definición de términos básicos:

a).- Ciclo del carbono

El ciclo del Carbono comienza con la fijación del anhídrido carbónico (CO_2) atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis realizados por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el CO_2 y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta y el CO_2 formado se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales que también respiran y liberan CO_2 . Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo lo que da como resultados que el carbono de sus tejidos se oxide en CO_2 y regrese a la atmósfera. (AFOLU, 2005).

b).- El Carbono en ecosistemas forestales.

El CO_2 atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO_2 participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). Según Snowdon, (1998). Los agro ecosistemas acumulan carbono en cuatro grandes componentes: biomasa aérea (o biomasa sobre el suelo), hojarasca, sistema radical y carbono orgánico del suelo. La influencia de la vegetación herbácea en el almacenamiento y fijación de carbono es muy baja, por lo que puede omitirse dentro de un estudio de carbono.

Durante el tiempo en que el CO_2 se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) el CO_2 fluye para regresar al ciclo del carbono. Entre los métodos empleados para determinar la cantidad de CO_2 presente en la biomasa total, se encuentra el método del factor de conversión. Este consiste en multiplicar los datos de

biomasa por un factor de conversión o fracción de carbono que involucra la relación entre el peso de la molécula de CO₂ y el peso del átomo de carbono (C). Este factor generalmente, asume un valor de 0.5g de C con respecto a un gramo de biomasa. (AFOLU, 2005).

c).- Carbono almacenado (Ca).

Hace referencia a la cantidad de carbono que se encuentra en un ecosistema vegetal, en un determinado momento. Tiene en cuenta criterios como tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, factores de ajuste que se basan en datos de biomasa calculada a partir de volúmenes por hectárea de inventarios forestales.

Generalmente, este tipo de carbono se paga por conservación de bosques y no puede ser liberado a la atmósfera si se accede a un pago por servicios ambientales. (AFOLU, 2005).

d).- Carbono fijado (Cf).

Se refiere al flujo de carbono dentro de una unidad de área cubierta con vegetación en un lapso de tiempo dado. Su cuantificación permite predecir el comportamiento del C en cualquier momento durante el crecimiento de la población.

Este tipo de carbono depende de las características de la especie, la tasa de crecimiento y la longevidad, así como también de las condiciones del sitio, como localización, clima y rotación. (AFOLU, 2005).

e).- Gases de Efecto Invernadero (GEI).

La vida en la tierra depende de la energía que recibe del sol, cerca de la mitad de la luz que llega a la atmósfera terrestre pasa a través del aire y las nubes para llegar a la superficie donde se absorbe y luego es irradiado nuevamente en forma de calor (ondas infrarojas). De este calor el 90% es absorbido por los gases de efecto invernadero y devuelta hacia la superficie que la ayuda a

calentar hasta una temperatura promedio de 15 grados Celsius perfecto para la vida, es conocido como el efecto invernadero. (AFOLU, 2005).

f).- Los gases de efecto invernadero principales son:

El vapor de agua:

El más abundante y funciona como un gas que actúa en retroalimentación con el clima, a mayor temperatura de la atmósfera, más vapor, más nubes y más precipitaciones. (AFOLU, 2005).

Dióxido de carbono (CO₂):

Es un componente menor, pero muy importante de la atmósfera. Se libera en procesos naturales como la respiración y en erupciones volcánicas y a través de actividades humanas como la deforestación, cambio en el uso de suelos y la quema de combustibles fósiles. Desde el inicio de la revolución industrial (aproximadamente 1760) la concentración de CO₂ ha aumentado en un 43% (para el 2013). (AFOLU, 2005).

Metano:

El gas hidrocarburo que tiene origen natural y resultado de actividades humanas, que incluyen la descomposición de rellenos sanitarios, la agricultura (en especial el cultivo de arroz), la digestión de rumiantes y el manejo de desechos de ganado y animales de producción. Es un gas más activo que el dióxido de carbono, aunque menos abundante. (AFOLU, 2005).

Óxido nitroso:

Es un gas invernadero muy poderoso que se produce principalmente a través del uso de fertilizantes comerciales y orgánicos, la quema de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico y la quema de biomasa. (AFOLU, 2005).

Los Clorofluorocarbonos (CFCs):

Son compuestos sintéticos de origen industrial que fueron utilizados en varias aplicaciones, ahora ampliamente regulados en su producción y liberación a la atmósfera para evitar la destrucción de la capa de ozono. (AFOLU, 2005).

3.2.- Antecedentes de investigación:

En sectores de las diferentes cuencas ganaderas la implementación de un sistema ganadero de tipo extensivo, basado en modelos extractivistas, ha conllevado a que la actividad ganadera sea catalogada como una de las principales causas del deterioro del agro ecosistema. En épocas pasadas, así como en la actualidad, el sector financiero ha favorecido los créditos en ganadería para la producción de carne y leche, bajo la creencia de que las cuencas podía ser la despensa de estos productos, pero estas expectativas perdieron vigencia ante la rápida degradación de las pasturas y la caída abismal de la fertilidad de los suelos a causa del sistema inadecuado de manejo. (Mahecha1, 2002).

Las deforestaciones en grandes áreas resultó ser muy perjudicial para el suelo (compactación, erosión, etc.), para el microclima (aumento de temperatura y radiación solar sobre el ambiente edáfico) y para el régimen hídrico actualmente se estima que casi en su totalidad los bosques han sido transformados en pasturas, y todas están degradadas aunque con diferente intensidad. Los impactos causados sobre los recursos naturales se han evaluado de manera parcial a través de estudios socioeconómicos, ambientales y físico bióticos. (Mahecha1, 2002).

La problemática ambiental que enfrentan las naciones es cada vez más compleja y preocupante debido al desequilibrio creciente entre el crecimiento de la población y la capacidad de los recursos para sustentar el aumento en la demanda de servicios ecosistémicos (IPCC, 2007). Principalmente la preocupación radica en el inminente calentamiento de la superficie de la tierra, producido a causa de la deforestación, la producción y consumo de combustible fósil, por ello el balance natural del ecosistema en términos de estabilidad climática se ha roto, lo

que provoca que se pierdan enormes cantidades de biodiversidad y cultivos (Malhin y Grace, 2000).

El clima de la tierra depende de la composición de la atmósfera, en particular, de la concentración de gases de efecto invernadero, los cuales aumentan la cantidad de calor solar retenido. Los más importantes son el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄). Ambos se encuentran de forma natural en la atmósfera, como parte del ciclo del carbono, pero su concentración se ha incrementado mucho a causa de las actividades humanas, en particular desde la industrialización. Hay más CO₂ en la atmósfera ahora que en cualquier otro momento en los últimos 650 000 años. En 2006, la concentración promedio mundial de CO₂ en la atmósfera era de 381 partes por millón (ppm), en comparación con 280 ppm cuando empezó la Revolución Industrial, alrededor de 1750. El ritmo al que está creciendo esta concentración es el más alto desde que se le comenzó a dar seguimiento continuo en 1959 (Canadell, 2007).

A fin de mantener los aumentos de la temperatura promedio en menos de 2°C, las emisiones globales deben reducirse, para 2050, hasta 85 por ciento con respecto a los niveles del 2000, y su punto máximo no tiene que ir más allá de 2015, de acuerdo con el panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2007).

Sin embargo, en vez de disminuir, la tasa de emisiones de gases de efecto invernadero va en aumento. De acuerdo con los cálculos más recientes, en la actualidad las actividades humanas son responsables de alrededor de 10 Giga Toneladas (GT) de emisiones de carbono al año en todo el mundo; de esta cantidad, aproximadamente 1.5 GT son consecuencia del cambio en el uso del suelo Canadell et al, (2007).

Esto ha provocado una tasa anual promedio de incremento en las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera de poco menos de 2 ppm para el periodo 1995-2000, en comparación con las 1.25 ppm, aproximadamente, para el periodo 1960-1995 (IPCC, 2007).



Con la aprobación en 1997 del protocolo de Kioto (Japón) se establecieron las bases para desarrollar el mercado de carbono a nivel internacional como instrumento legal para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los países más industrializados bajo la normatividad de convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (CMNUCC, 1998). Los países más desarrollados se comprometieron a reducir sus emisiones en un 5% con respecto a las generadas en 1990 y a evaluar los resultados en el período 2008 – 2012 (OCIC, 1998).

El protocolo estableció el mecanismo de desarrollo limpio (MDL) para permitir a los países que más contaminan financiar proyectos que almacenen emisiones de GEI en países en vías de desarrollo, a través de un mercado internacional de emisiones certificadas que les permita cumplir los compromisos ante la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático (CMNUCC, 1998).

La contaminación de la atmósfera es un problema de orden mundial y el sector forestal tiene la posibilidad de contribuir a mitigarlo, no solo por la conservación de sumideros de carbono ya existentes (bosques primarios), sino por el incremento de nuevas áreas forestales, sean bosques secundarios o plantados (PNUD, 1997).

Los bosques naturales o plantados, son sumideros de carbono que tienen la capacidad de fijar en forma continua carbono, si la madera de estos es utilizada para la construcción de muebles y/o casas, ese carbono fijado queda en la estructura por largo tiempo (Alfaro, 1997).

Todos los ecosistemas terrestres almacenan alrededor de 2100 Giga Toneladas (GT) de carbono en organismos vivientes, hojarasca y materia orgánica del suelo, lo que equivale casi al triple del que se encuentra presente en la atmósfera. Los diferentes tipos de ecosistemas almacenan distintas cantidades de carbono dependiendo de la composición de sus especies, el tipo de suelo, el clima y otras características (Trumper et al, 2009).

Si se dividiese al mundo en siete muestras, se calcula que los bosques tropicales y sub tropicales almacenan la mayor cantidad de carbono, casi 550 GT, luego el bioma de bosque boreal, con reservas de carbono de 384 GT (Masera, 2001).

Sin embargo, cuando los bosques están maduros no ocurre asimilación neta de carbono, debido a que se encuentran saturados (Masera, 2001).

Determinación de la biomasa:

Según Díaz, et al (2007) se seleccionaron las muestras de *Pinus patula*, sin deformidades ni enfermedades, los cuales ya estaban marcados para aprovechamiento; se trataron de incluir todas las categorías diamétricas que se encontraron en el predio. Antes de derribar cada árbol se midió su Diámetro Normal (DN).

Después de derribarlo, su fuste fue seccionado en trozas comerciales de 2,55 m de longitud las primeras, los últimos trozos fueron de 1,25 m, que es el tamaño comercial de las trozas más pequeñas. (Díaz, et al 2007).

Antes de medir cada trozo comercial se obtuvo una rodaja de aproximadamente 5 cm de espesor, como muestra de cada trozo. La primera se obtuvo de la sección que corresponde a la parte baja del primer trozo, las demás rodajas se obtuvieron de la parte más gruesa de las demás trozos. (Díaz, et al 2007)

El procedimiento para la cubicación de la madera se realizó, esto es: comparar el volumen de la madera con el de un cono truncado, que es lo recomendado para coníferas como la de este estudio. Las ramas fueron separadas del follaje y se pesaron de manera independiente, no sin antes haber obtenido de una a cuatro muestras de cada componente de acuerdo al tamaño del árbol. El peso fresco de cada componente, y su respectiva muestra se determinaron con una báscula de reloj de 500 kg de capacidad, para pesar los trozos, las ramas y el follaje, y otra báscula de reloj de 15 kg de capacidad, para pesar las muestras de los trozos (rodajas) y las muestras de las ramas y el follaje. Toda esta actividad se realizaba en el lugar donde fue derribado cada árbol. (Díaz, et al 2007)

Los árboles pequeños ($6,0 < DN < 10$ cm) se cortaron y sin ser divididos en partes fueron transportados al laboratorio en donde fueron secados para obtener su biomasa, pesándolas directamente. (Díaz, et al 2007)

En total se obtuvieron 204 muestras del fuste (rodajas), 70 de ramas y 74 de follaje. Debido al gran volumen que representaron estas muestras, el secado en estufa no fue posible; por lo que se utilizó un microtúnel, a manera de estufa solar. El microtúnel tenía 3 m de ancho y 8 m de largo, y estaba cubierto con plástico. Para determinar el secado total del material se tomaron periódicamente muestras y se determinó la humedad en estufa de secado. Cuando se observó que el peso seco registrado era constante, se procedió a pesar todas las muestras. El peso de estos componentes ya secos se obtuvo utilizando una báscula que permitió pesar en gramos, para obtener los pesos con mayor precisión. Para determinar la biomasa total de cada componente (fuste, ramas y follaje) del árbol, se empleó el factor resultante de la relación peso seco: peso fresco de la muestra tomada de cada componente y luego se multiplicó por el peso fresco correspondiente a todo el componente. (Díaz, et al 2007).

La suma de la biomasa total del fuste (trozas) y de la copa (ramas, follaje), fue la biomasa aérea total de cada árbol, una vez obtenidos los datos de biomasa aérea total y el DN de todos los árboles muestreados, se ajustaron los modelos (1) y (2), en su forma normal y en su expresión logarítmica, respectivamente. (Díaz, et al 2007)

Este modelo se ha empleado en varios estudios para determinar la biomasa aérea de los árboles

$$Y = b * X^k \quad (1)$$

Donde:

Y es la biomasa aérea (kg), X es el DN (cm), b y k son los parámetros de la función.

La expresión del modelo (1), en su forma lineal, mediante transformación logarítmica es la siguiente:

$$\ln(Y) = \ln(b) + k \ln(X) \quad (2)$$

Donde:

Y , X , b y k tienen el mismo significado que en la ecuación (1), y $\ln(Y)$, $\ln(b)$ y $\ln(X)$ son los logaritmos naturales de Y , b y X , respectivamente.

Según la investigación de Díaz, et al (2007), afirma que la preferencia por este modelo se debe a que expresa una proporcionalidad de los incrementos relativos entre dos componentes del árbol, y además es ampliamente consistente para distintas formas de crecimiento.

3.2.- Determinación del contenido de carbono.

Se eligieron cinco plantaciones arbóreas para determinar el porcentaje de carbono de cada uno de sus componentes. La selección de estos árboles fue equitativamente, dentro del rango de diámetros que se disponía (desde 6,7 a 64,1 cm). (Díaz, et al 2007).

De las muestras de cada componente arbóreo se tomó una sub muestra de aproximadamente 50 gramos, que incluyó todo tipo de material que contenía la muestra, después éstos fueron molidos y enviados al laboratorio, y el procedimiento que se siguió a cada sub muestra para la determinación del carbono. (Díaz, et al 2007)

Para estimar el contenido de carbono en la biomasa de los componentes de cada árbol se empleó la siguiente expresión:

$$CCC = BTC * \%C$$

Donde

CCC = el contenido de carbono por componente (fuste, ramas y follaje; expresado en kg), BTC es la biomasa total del componente (kg).

$\% C$ = el porcentaje de carbono del componente determinado directamente en el laboratorio.

El contenido del carbono de la biomasa total del árbol fue la suma del carbono del fuste, ramas y follaje de cada árbol, y para la determinación de la ecuación alométrica, para estimar el carbono, se empleó el modelo alométrico que ya se mencionó anteriormente (mismo que se ajustó a los datos de biomasa) y se correlacionó el contenido de carbono y el diámetro normal. (Díaz, et al 2007).

3.3.- Sistemas silvopastoriles.

La agroforestería se entiende tradicionalmente como todos aquellos sistemas donde hay una combinación de especies arbóreas con especies arbustivas o herbáceas, generalmente cultivadas.

El sistema silvopastoril es un tipo de agroforestería considerada como una opción de producción pecuaria en donde las leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral. Los árboles pueden ser de vegetación natural o plantada con fines maderables, para productos industriales, como frutales o como árboles multipropósito en apoyo específico para la producción animal. Por lo tanto, existen varios tipos de sistemas silvopastoriles. (Mahechal, 2002).

En Colombia, se puede apreciar pastoreo en bosques naturales, pastoreo en plantaciones forestales para madera, pastoreo en huertos, pastoreo en plantaciones de árboles con fines industriales, pastoreo en plantaciones de árboles frutales, praderas con árboles y/o arbustos forrajeros en las praderas, sistemas mixtos con árboles o arbustos multipropósito para corte, cercas vivas, pastoreo en bancos forrajeros de leñosas perennes. Hasta el momento, los sistemas más estudiados y en los que existen mayor número de reportes han sido los sistemas asociados con árboles y/o arbustos leguminosos, en donde se da un mayor número de interacciones entre los componentes. No obstante, es necesario tener en cuenta que el éxito en el funcionamiento de estos sistemas depende del conocimiento que se tenga de las interacciones que se generan, las cuales darán las pautas a seguir en el correcto manejo de los mismos. (Mahechal, 2002).

3.4.- Tipos de sistemas silvopastoriles:

3.4.1.- Con especies leñosas forrajeras y maderables en potreros:

Arbustivas, arbóreas y maderables como roble, caoba, *Pinus patula* entre otras.

Este sistema aporta un micro clima en la época seca además de sombra, leña y madera. (Mahechal, 2002).

3.4.2.- Bancos de proteína:

Son sistemas de arbustos con follaje de alto contenido proteico, se maneja en ramoneo y estabulados. (Mahechal, 2002).

3.4.3.- Cercas vivas:

El más conocido y común entre los ganaderos dividen y delimitan los pastos. Son componentes arbóreos que son fuente de postes, leña, madera y frutos y en algunos casos producen follaje para los animales. (Mahechal, 2002).

3.5.- Plantaciones forestales.

Las plantaciones forestales cumplen un importante papel en el ciclo del carbono global, dado que gran parte de la biomasa está conformada por carbono (aproximadamente el 50%) (IPCC, 2007) y por lo general se consideran sumideros de carbono, a menos que sustituyan a los bosques naturales, que suelen ser más ricos en este elemento. El mayor potencial de ganancia de carbono para las plantaciones está en las tierras agrícolas poco productivas y en los suelos degradados (Lal, 2002). Las prácticas silvopastoriles pueden por lo tanto ofrecer una solución temporal, las cuales quizás podrían extenderse a través de 30 a 100 años (Andrasko, 1990).

La importancia del cambio climático ha sido reconocida por el Protocolo de Kioto, en el marco del cual se permite el desarrollo de proyectos de remoción de carbono atmosférico en países que no tienen compromisos de reducciones, comúnmente conocidos como proyectos forestales bajo los mecanismos para un desarrollo limpio (IPCC, 2007).

La estimación de carbono en estos proyectos es un aspecto de fundamental importancia, pues la unidad transferible en el mercado internacional del carbono es la reducción (o captura) de CO₂, medida en toneladas y comercializada en reducciones certificadas de emisiones (IPCC, 2007).

3.6.- Comportamiento de la biomasa en ecosistemas:

La biomasa de una comunidad de plantas se define como su masa seca total, considerándose dentro de esta, a la biomasa aérea como el compartimiento más importante en proyectos de captura de Carbono, tanto en peso como en su tasa de cambio. (Andrasko, 1990).

Su acumulación se produce cuando la cantidad de CO₂ fijado en el proceso de fotosíntesis, es exactamente igual a la cantidad de energía liberada durante la respiración (punto de compensación de la luz) y va hasta un límite en el cual un aumento en la intensidad de la luz, no ocasiona un aumento en la tasa fotosintética (punto de saturación lumínica). Ambos puntos dependen de la especie, el tipo de follaje del árbol, condiciones ambientales, nivel de nutrientes disponible y potencial hídrico. (Andrasko, 1990).

Los estudios sobre crecimiento de biomasa, tienen como fin entender los ciclos de energía y de los nutrientes. También se usan para estudiar el efecto de la vegetación en el ciclo global del CO₂. (Andrasko, 1990).

3.7.- Modelos de biomasa:

Los modelos de biomasa son modelos matemáticos (o alométricos) donde se relaciona la masa seca de algún componente o del árbol completo, con variables del tamaño del árbol (diámetro, altura, área basal y volumen).

Según Zapata (2001) el procedimiento más recomendado para estimar la biomasa en bosques tropicales, consiste en relacionar estas variables en una regresión lineal bajo las escalas logarítmicas, lo cual simplifica los cálculos e

incrementa la validación estadística al homogeneizar la varianza sobre el rango de los datos.

Según Ortiz, (1993). Recomienda construir gráficos de puntos entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes, para probar cuales modelos o ecuaciones de regresión explican mejor esta relación. Después se debe aplicar un análisis de varianza y escoger el o los modelos de mejor ajuste con la ayuda de algunos estadígrafos. (Mac Diken, 2005).

3.8.- Herbáceas nativas:

Son plantaciones arbustivas y arbóreas que se identificaran al momento de obtener las muestras para realizar un inventario de las especies existentes en las parcelas; las más comunes son: la mala yerva (*Chenopodium álbum*), la Mostaza (*Brassica Spp*), ovilla (*Dactiles glomerata*), kikuyo (*Penisetum clandestinum*), Siso (*Philoglossa mimuloides*), falaris (*Phalaris tuberosa*), ñudillo blanco (*Bouteloua simplex lag*) y en las malezas tenemos vervena (*Verbena littoras*), sacha llantén (*Acmella oppositifolia*), duraznillo (*Cuohea strigulosa Kunth*), lengua de vaca (*Rumex obtusifolius*) entre otros existentes en las parcelas. (Bompiani, 1988).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio.

Ubicación:

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Molinopampa sector "Ocol", provincia de Chachapoyas, región Amazonas.

El distrito de Molinopampa se encuentra ubicado en el departamento de Amazonas en el norte del Perú. Está conformado por 9 anexos que son: Huasacaza, Espadilla, Santa Cruz del Tingo, Ocol, San José de Dallavoz, Izcuchaca, Huamazán, Casmal y Pumarmana, este distrito presenta un clima variado.

Limita por el:

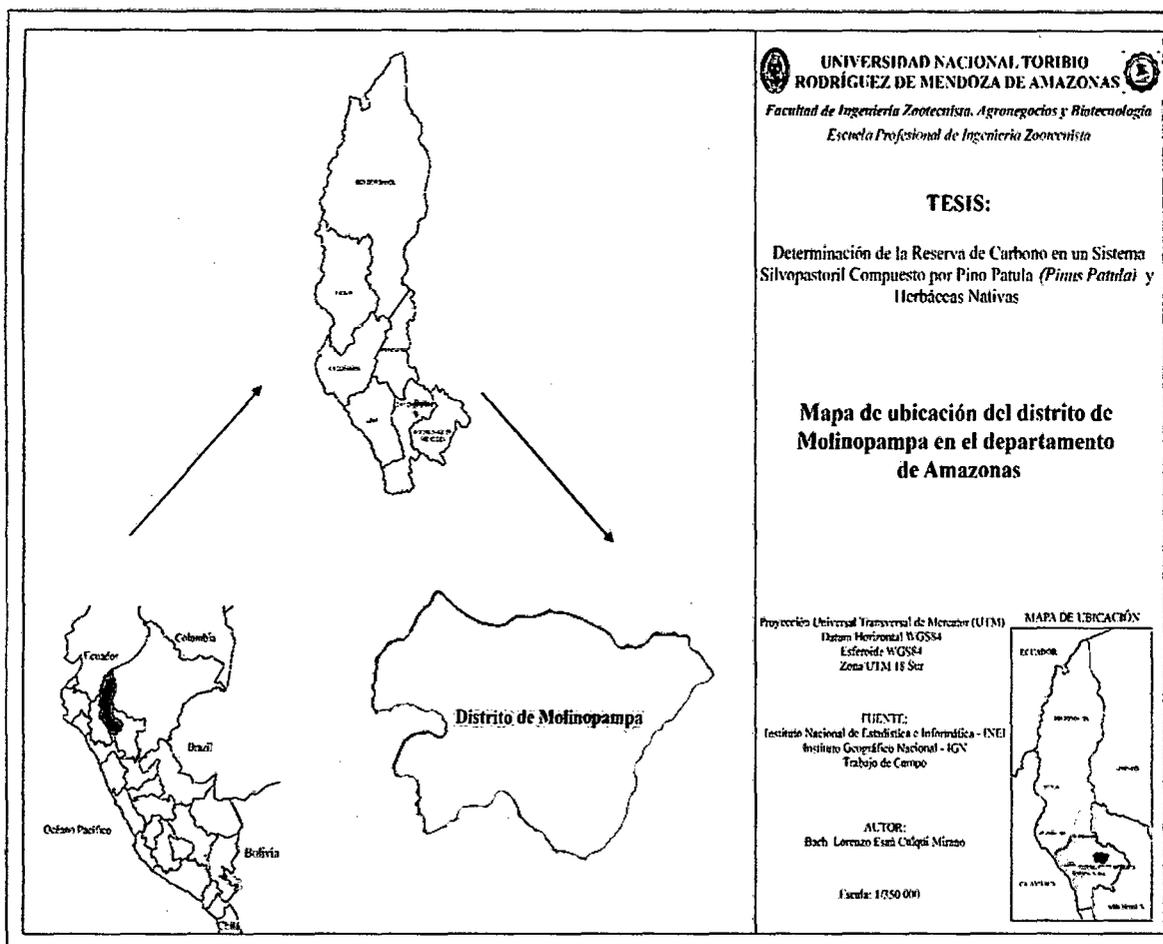
Norte con el distrito de Quinjalca y el distrito de Granada;

Sureste con la provincia de Rodríguez de Mendoza;

Suroeste con el distrito de Cheto;

Oeste con el distrito de San Francisco de Daguas y Sonche.

Mapa de ubicación del distrito de Molinopampa en el departamento de Amazonas – Perú.



Fuente: Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, UNTRM- 2015.

Geografía

Molinopampa pertenece a la provincia de Chachapoyas, en la actualidad es considerada “Fuente Blanca Orgullo de la Región Amazonas”, por su gran producción de leche y productos lácteos. Este distrito se encuentra a 42 km de la parte este de la ciudad de Chachapoyas.

Tiene una extensión territorial de 333,86 km² y se encuentra a 2 407 metros sobre el nivel del mar, a una distancia de una hora a 42 Km de la capital de la Región Amazonas.

4.2.- Materiales y equipos.

- Palana de corte,
- Cilindro, machete,
- Bolsas plásticas,
- Plumón de tinta indeleble,
- Rafia, saquetas, cinta masket
- Wincha,
- Cuaderno de campo,
- Balanza de 5 kg y de 100 kg.

4.2.1. Equipos

- GPS Navegador
- Eclímetro
- Balanza gramera y kilogramos
- Cámara fotográfica
- Estufa

4.3. - Población y muestra.

4.3.1.- Población:

Según el Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012) La población está compuesta por todo los sistemas silvopastoriles de las diferentes especies arbóreas; se identificó al sistema silvopastoril compuestos por *Pinus patula* y pastos naturales de 10 años de edad.

Las muestras de trabajo para la presente investigación fueron tomadas al azar a los árboles de pino y plantas nativas, cultivados en un sistema silvopastoril bajo las condiciones medio ambientales del distrito de Molinopampa, instaladas a 4 por 4 metros de distancia.

4.3.1.- Muestra:

Para la toma de datos, se consideró un mínimo de 06 árboles de *Pinus patula* para obtener un valor confiable para la determinación de carbono y para las

muestras de plantas nativas y la hojarasca se obtuvo por el método del cuadrante y se obtendrá el peso fresco por cada cuadrante obtenido y luego se obtendrá el promedio por hectárea de las herbáceas nativas y la hojarasca.

Para las herbáceas nativas se fueron separando especie por especie para el inventario de la composición florística.

Se tomaron muestras de los diferentes tipos de biomasa aérea para la estimación de la cantidad total de carbono en el sistema, considerando:

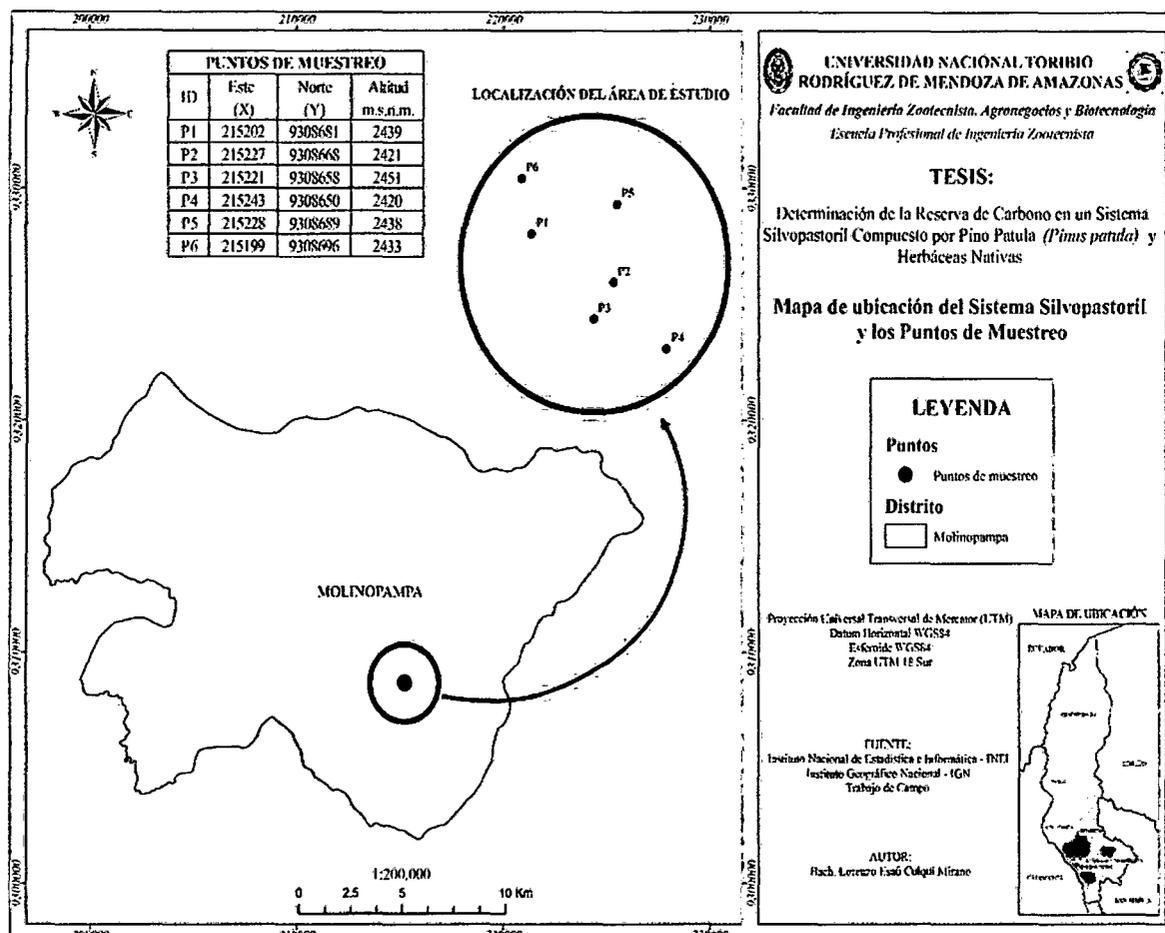
- 1) Inventario de árboles en pie (vivos o muertos)
- 2) Inventario de árboles caídos muertos.
- 3) Vegetación herbácea y arbustiva.
- 4) Hojarasca
- 5) Herbáceas nativas.

4.4.- Método de Estudio Directo en campo:

Se extrajo la parte aérea de 06 plantas, antes del derribo se realizó la medición de DAP, la altura del fuste total y altura comercial. Se seccionó el fuste y las ramas, el fuste fue seccionado en tamaños de 2 m de largo, del cual se extrajo rodajas de 5 cm de espesor, las ramas secundarias, hojas y el fuste fueron pesados en campo y fueron tomados muestras de ramas secundarias y hojas para el laboratorio.

5.- Caracterización del sistema silvopastoril.

Mapa de la localización del área de estudio.



Fuente: Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, UNRM-2015.

Ubicación.

El sistema silvopastoril compuesto por plantaciones de *Pinus patula* y plantas nativas se encuentra ubicado en la región de Amazonas, provincia de Chachapoyas, distrito de Molinopampa, sector Ocol, de propietario la Ingeniero Zootecnista Marilú Chávez Guadalupe que diez años atrás instaló plantaciones de 4 x 4 metros de distancia con el objetivo de mejorar las pasturas y generar un micro clima y además usos secundarios.

Pinus patula.

Es una especie que posee una distribución natural mundial, sin embargo ha tenido mucho éxito en plantaciones industriales a través de los trópicos y subtropicos, destacándose por su buena forma, crecimiento acelerado y gran tamaño (Gillespie, 2000).

El establecimiento de huertos semilleros, desde el punto de vista silvícola, tiene como objetivo la obtención de semillas para el establecimiento de plantaciones con ganancias genéticas a mediano plazo (Zobel, et al. 1988) y que resultan de lo más rentables en términos de inversión y tiempo, sobre todo si consideramos la precocidad mostrada por esta especie y en particular la prueba genética en estudio. Por lo tanto resulta importante generar conocimientos básicos para poder ponderar, con certeza, la potencialidad que un huerto semillero en particular tenga para producir plantaciones con ganancias genéticas mediatas a partir de su precocidad.

Características sobresalientes del árbol:

Árbol que alcanza hasta 40 m de altura y un diámetro de 2.20 m. Tronco cónico, recto. Posee ramas en verticilos, las cuales empiezan a formarse desde la base. La corteza en árboles jóvenes y ramitas es delgada y escamosa, color café rojizo. En árboles maduros es fisurada gruesa y de color café oscuro grisácea. Hojas en grupos de 3 y a veces 4, raramente 5 en algunos fascículos; de unos 15-30 cm. de longitud aciculares, delgadas, cortantes, verticalmente caídas, de color verde brillante, con bordes finamente aserrados. Flores en amentos que forman conos largamente cónicos, de 7 - 9 cm hasta 12 cm.

Usos más comunes.

Es un buen componente arbóreo para los sistemas silvopastoriles, generando así un micro clima para los animales y generando humedad al suelo; Se utiliza también para madera, leña, postes, trabajos artesanales de las ramas secundarias.

Composición florística

En este sistema silvopastoril se analizó la composición florística en función a la cantidad de especies presentes. Entre todas las especies que fueron apareciendo en las separaciones botánicas realizadas se han elegido casi la mayoría, dichas especies son ñudillo blanco (*Bouteloua simplex*), falaris (*Phalaris tuberosa*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), lino (*Paspalum bonplandianum flugge*), pasto ovilla (*Dactiles glomerata L.*) rye grass (*Lolium multiflorum*), trebol blanco (*Trifolium repens*) siso (*Philoglossa mimuloides*) y en las malezas la mayoría de las especies sin identificación, el duraznillo (*Cuphea strgulosa kunth*) y savia (*Andrews teschem*)

Características del sistema silvopastoril con pino en la zona

Interacciones árbol-pastura.

Efecto de la sombra sobre:

- Producción de biomasa.
- Cambios morfológicos y fenológicos.
- Cambios en calidad nutritiva.

Otros efectos

- Los árboles mitigan extremos de temperatura
- Mayor humedad relativa bajo la copa.
- Menos pérdida de agua en los pastos.
- Protege los pastos del efecto desecante de los vientos.
- Protege los pastos de las heladas.

Interacciones árbol-suelo

- Mayor contenido de materia orgánica.
- Bombeo de nutrientes a la superficie.

- Pueden aumentar la disponibilidad de P, Ca, K y Mg.
- Aumentar el pH y disminuir la acidez intercambiable.
- Mejorar las condiciones físicas del suelo.

Interacción animal-arbórea

a. Directas

- Protección de los animales contra las inclemencias del clima.
- Genera un micro clima
- El ganado puede ejercer efectos detrimentales sobre los árboles y arbustos.

b. Indirectas.

- Provisión de nutrientes.
- Compactación del suelo.
- Efecto sobre la calidad del forraje.

Productor pecuario

El propietario del sistema silvopastoril compuesto por *Pinus patula* y herbáceas nativas es la Ingeniero Zootecnista Marilú Chávez Guadalupe, se dedica a la ganadería sostenible y a la instalación de sistemas silvopastoriles con diferentes especies arbóreas y pastos asociados y no asociados que son un ejemplo que deben seguir todo los productores ganaderos para seguir incrementando la captura de carbono.

La gran mayoría de los agricultores se dedican a la producción pecuaria y a los sub productos como productos lácteos.

Los sistemas silvopastoriles y su importancia en la alimentación animal

La ganadería se ha caracterizado por una baja eficiencia productiva. Según el reporte de Rivas (2005). Los sistemas silvopastoriles (SSP) han demostrado su

importancia para mejorar las condiciones productivas en muchas de las áreas ganaderas (Camero 1996).

Una de las áreas donde más se ha visto su aporte es en el uso de árboles y arbustos forrajeros como complemento a la alimentación animal, sobre todo como fuentes energéticas y proteínicas (Ammour y Benavides 1987, Botero y Russo 1998, Camero 1996). El uso de especies arbóreas como fuente de alimento es una práctica conocida por muchos de los productores de América Central, reconociéndose el aporte alimenticio de muchas especies arbóreas (Rosales 1998). El valor nutricional de muchas de las especies leguminosas presentes en los potreros se debe a sus altos contenidos de proteína, superiores a los pastos sin cubierta e incluso a la mayoría de los concentrados comerciales. Así mismo, se han encontrado altos porcentajes de digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) en algunos de ellos (Benavides 1998)

Los efectos positivos en la asociación de árboles con pasturas están determinados por las condiciones agroecológicas, las densidades, la distribución, las especies, la estructura y el manejo de la cobertura arbórea (Benavides et al. 1994, Mahecha 2003).

Los sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica

Diversos trabajos han demostrado la importancia, eficiencia y rentabilidad económica de los SSP (Marlats et al. 1995, Current 1997, Camero et al. 2000, Chaparro 2005). Otros autores como Gallo (1998), Botero (1998), Jansen et al. (1997) y Chagoya (2004) han realizado estudios a través de modelos de simulación donde encontraron que la rentabilidad económica de los productores ganaderos es mejor al introducir el componente arbóreo, sobre todo especies maderables. Otro de los posibles beneficios económicos que los SSP pueden proporcionar son los derivados por el pago de servicios ambientales tales como la captura de carbono, producción de agua y conservación de la biodiversidad. Según el reporte de Pagiola et al. (2004). Es una contribución importante de los SSP son los aportes al consumo familiar, sobre todo el aprovechamiento de

productos provenientes de los árboles (leña, postes, estacas, frutos, entre otros) y que se destinan al autoconsumo, generando ingresos no en efectivo.

4.5.- En laboratorios:

Las muestras de pino, plantas y suelo fueron secadas en estufas a 75 °C, hasta un peso constante. (González, 2008),

Además se realizó un análisis de carbono en el suelo en un radio de un metro al pie de cada uno de los ejemplares, se extrajo muestras en tres diferentes niveles de 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm de profundidad.

4.6.-Trabajo de gabinete.

4.6.1.- Determinación de biomasa seca (BS):

La biomasa seca de cada componente del árbol de pino se determinó mediante la relación peso seco - peso fresco de las muestras en cada componente. (González, 2008).

$$BS \text{ componente} = (PS \text{ muestra} / PH \text{ muestra}) * BH$$

Fuente: González, 82008).

Donde:

BS = Biomasa seca del componente (kg);

PS = Peso seco de la muestra (g);

PH = Peso húmedo de la muestra (g);

BH = Biomasa húmeda del componente (kg).

La biomasa seca total de cada árbol es determinada sumando la biomasa seca de cada uno de sus componentes según (González, 2008).

$$BS \text{ total individuo} = BS \text{ fuste} + BS \text{ hojas}$$

Cálculo de carbono en el componente aéreo.

Biomasa arbórea.

En el sistema silvopastoril se tuvo el diseño a la distribución de árboles de 4 x 4 de distancia de árboles de 10 años de edad las cuales se obtuvieron 625 árboles por hectárea multiplicando por el valor de conversión obtenido en la presente investigación es de 30.99 C promedio por árbol. (ver tabla 14).

4.6.2.-Biomasa arbustiva herbácea.

Se utilizó el método del cuadrante de 1 x 1 m. Este cuadrante fue definido por un marco de madera de 1 x 1 m, en el cuadrante se cortó con machete lo más cercana posible a la tierra toda la biomasa herbaria fresca procedente de las herbáceas nativas. Se obtuvo el peso fresco total y el peso fresco de una muestra de todo el metro cuadrado, que se envió a laboratorio para que a través de una estufa hasta obtener el peso seco constante.

Para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{BAH (Tm/ha)} = ((\text{PSM}/\text{PFM}) * \text{PFT}) * 0,01$$

Fuente: (Gorbitz, 2001)

Donde:

BAH = Biomasa arbustivo/ herbácea.

PSM = Peso seco de la muestra colectada (gr)

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (gr)

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (gr).

0,01 = Factor de conversión.

4.6.3.-Biomasa de hojarasca.

Se tomó el cuadrante definido por un marco de madera de 1 x 1 m, en él se colectó toda la hojarasca acumulada, luego se obtuvo el peso fresco total y el peso fresco de toda la muestra (peso fresco) para enviarla a la estufa hasta que alcance peso seco constante.

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$Bh \text{ (Tm/ha)} = ((PSM/PFM)*PFT)*0,004$$

Fuente: (Gorbitz, 2001)

Donde:

Bh = Biomasa de la hojarasca.

PSM = Peso seco de la muestra colectada (gr).

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (gr).

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (gr).

0,004 = Factor de conversión.

4.6.4.-Calculo de la biomasa vegetal total.

$$BVT \text{ (Tm/ha)} = BA + BHA + Bh$$

Fuente: (Gorbitz, 2001)

Donde:

BVT = Biomasa vegetal total. (Tm/ha)

BA = Biomasa arbórea.

BHA = Biomasa herbácea arbustiva.

Bh = Biomasa de hojarasca.

4.6.5.- Calculo del carbono en la biomasa vegetal total.

La determinación de carbono total en la parte aérea se realizó multiplicando la biomasa seca por el factor 0.5, método utilizado por Valenzuela, (2001) en varias especies vegetales; en la especie *Pinus patula*, el factor usado fue 0.4270 según el análisis de tejido vegetal.

$$CBV \text{ (Tm/ha)} = BVT * 0,4270$$

Fuente: (Gorbitz, 2001)

Donde,

CBV = Carbono en la Biomasa Vegetal.

BVT = Biomasa Vegetal Total.

42.70 = Fracción de Carbono (0.42.70 %).

Este contenido de carbono se convirtió en equivalentes de CO₂, el factor de conversión fue de 3.666 resultado de la división entre el peso molecular del CO₂ (44) por el peso molecular de carbono (12) (Valenzuela, 2001).

4.6.7.- Estimación del carbono orgánico en el suelo de Molinopampa sector Ocol.

A continuación, en el cuadro 1 y cuadro 2, se aprecia los resúmenes de los resultados del análisis de caracterización de los suelos de las plantaciones de *Pinus patula* realizados a profundidades de 0–10 cm, 10 - 20 y 20–30cm, en ellos se aprecia que son suelos ácidos, presentan alto contenido de materia orgánica.

El C.O. Que almacenan cada sistema se calculó por hectárea, se obtuvo la siguiente forma:

$$W_s = a * p * p$$

Fuente: (Gorbitz, 2001)

Donde:

W_s = peso del suelo.

a = área (ha).

p = profundidad.

p = densidad aparente del suelo (kg/m³)

Luego:

$$\text{C.O. Tm/ha} = \text{Ws} * \% \text{ C.O.}$$

Fuente: (Gorbitz, 2001)

Donde:

C.O = Carbono orgánico; Ws: peso del suelo calculado.

C.O. = % de Carbono orgánico calculado en el laboratorio.

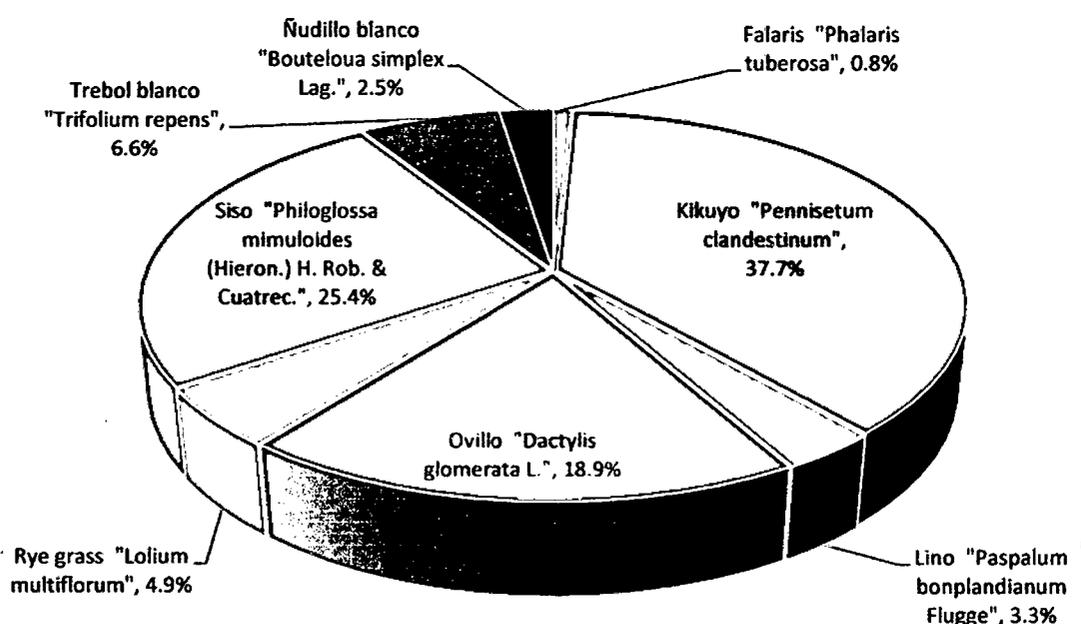
4.7.- Formulación de ecuaciones alométrica – método indirecto:

Se formuló ecuaciones, en base a variables dasométricas como altura de fuste, DAP y datos de biomasa seca. Se realizó un análisis estadístico, consistente en pruebas de regresión múltiple, con el objetivo de definir la mejor correlación (r^2) entre la variable dependiente respecto a las independientes, utilizando softwares estadísticos como SPSS 17.0, Microsoft Excel 2010, Hidro Esta, Statgraphics Plus (Brown, 1997).

V. RESULTADOS

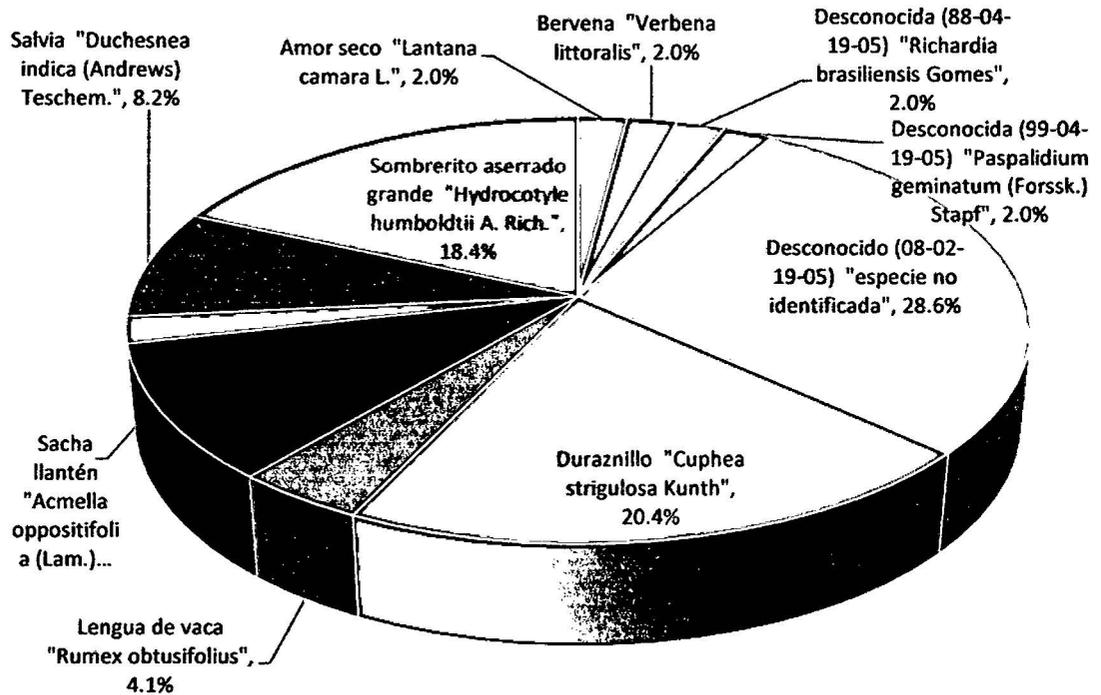
El grafico N° 01 nos muestra que en el sistema silvopastoril la composición de especies arbóreas se muestra constituida por un mayor porcentaje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), con un 37.7 %, seguido por el siso (*Philoglossa mimuloides*) 25.4 % y pasto ovilla (*Dactylis glomerata l.*) 18.9 %.

GRAFICO N° 01: Composición florística de especies herbáceas forrajeras en sistemas silvopastoriles compuesto por *pinus patula*



En el grafico N° 02, nos muestra la composición de malezas bajo el sistema silvopastoril, encontrando que un mayor porcentaje está integrado por la mayoría de las especies sin identificación con un 28.6 %, seguido por el duraznillo (*Cuphea strgulosa kunth*) con 20.4 % y Savia (*Andrews teschem*) con un 8.2 %.

**GRAFICO N° 02: MALEZAS NATURALES DEL SISTEMA SILVOPASTORIL
COMPUESTO CON PINO PATULA.**



5.1.- Cálculo de carbono en el componente aéreo y el suelo

5.1.1.- Biomasa arbórea.

Se obtuvo 19.37. Tm/ha.

5.1.2.- Biomasa arbustiva herbácea:

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$BAH = ((283/1265) * 1565) * 0.01 = 3.50. \text{ Tm/ha}$$

5.1.3.-Biomasa de hojarasca

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$Bh = ((201/324) * 1062) * 0.004 = 2.64. \text{ Tm/ha}$$

5.1.4.-Biomasa vegetal total.

Sumando la biomasa arbórea, herbaría y hojarasca se tiene 25.51 Tm/ha

5.1.5.-Carbono en la biomasa vegetal total.

Se obtiene multiplicando la biomasa vegetal total más el factor de conversión encontrados en la presente investigación de 0.4270, las cuales se tiene como resultado 10.89 Tm/ha

5.1.6.- Cantidad de carbono en los Suelos

A continuación en la tabla N° 01,02, 03 se aprecia los resúmenes de los resultados del análisis de caracterización de las plantaciones de *Pinus patula*; realizados a las diferentes profundidades se aprecia que son suelos ácidos y con alto contenido de materia orgánica.

Tabla N° 01: Caracterización del suelo de las plantaciones (0 – 10 cm).

MUESTRA	pH (1:1)	C.E. (1:1)	K	P	C	M.O	N	Análisis Mecánico		
		(ms/cm)						Arena	Limo	Arcilla
				Ppm	%	%	%	%	%	%
(0 -10)	4.04	0.04	106.96	12.56	3.95	6.82	0.34	65.00	15.95	19.05

Fuente: Análisis de datos obtenidos en laboratorios de agua y suelos de la UNTRM-A.

Tabla N° 02: Caracterización del suelo de las plantaciones (10 – 20 cm).

MUESTRA	pH (1:1)	C.E. (1:1)	K	P	C	M.O	N	Análisis Mecánico		
		(ms/cm)						Arena	Limo	Arcilla
				Ppm	%	%	%	%	%	
(10 -20)	3.91	0.05	72.59	11.84	4.19	7.22	0.36	54.00	9.95	24.72

Fuente: Análisis de datos obtenidos en laboratorios de agua y suelos de la UNTRM -A.

Tabla N° 03: Caracterización del suelo de las plantaciones (20 – 30 cm).

MUESTRA	pH (1:1)	C.E. (1:1)	K	P	C	M.O	N	Análisis Mecánico		
		(ms/cm)						Arena	Limo	Arcilla
				Ppm	%	%	%	%	%	
(20 -30)	4.03	0.03	73.71	8.97	1.74	2.99	0.15	47.33	15.95	36.72

Fuente: Análisis de datos obtenidos en laboratorios de agua y suelos de la UNTRM-A.

En la tabla N° 04 en los suelos con presencia de *Pinus patula* es elevado y el alto porcentaje de materia orgánica se debe a la acumulación de residuos de hojas y ramas en descomposición e indican mucha fertilidad en los suelos (Mc Vay y Rice 2002)

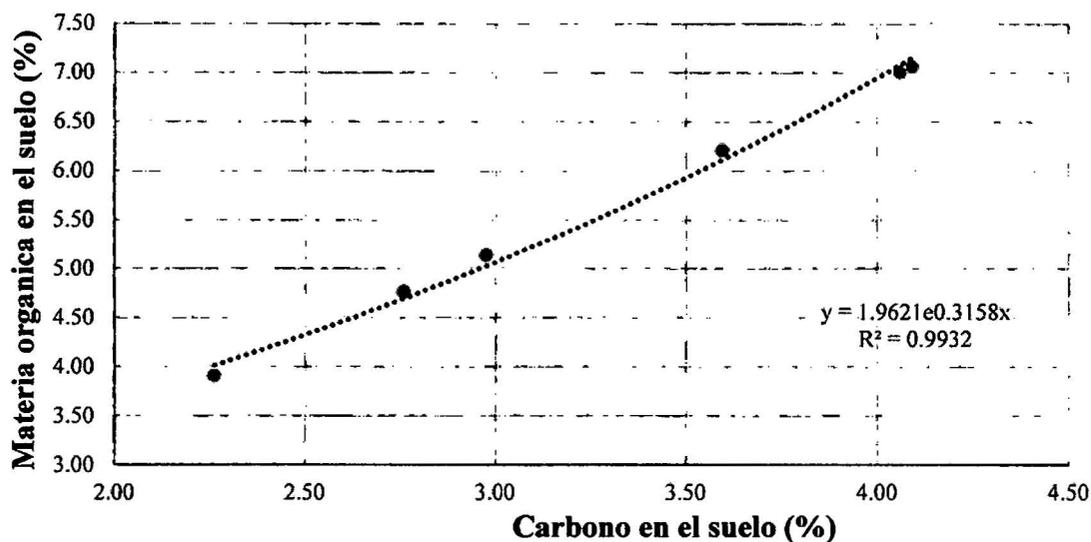
Tabla N° 04: Porcentaje de carbono en el suelo, en ejemplares de *Pinus patula* colectados en el estudio

Calicata	% Carbono en el suelo	% Materia Orgánica en el suelo
Calicata 1	2.26	3.90
Calicata 2	2.76	4.76
Calicata 3	2.98	5.13
Calicata 4	3.60	6.20
Calicata 5	4.06	7.00
Calicata 6	4.09	7.06
Promedio	3.29	5.68

Fuente: Análisis de datos obtenidos en laboratorios de agua suelos de la UNTRM-A.

En el grafico N° 03 existe correlación altamente significativa entre el porcentaje de carbono en el suelo y el porcentaje de materia orgánica, utilizando una correlación $r = 0.99^{**}$. El porcentaje de carbono orgánico se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, además la materia orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. (Martínez et al. 2008)

Gráfico N° 03: Porcentaje Materia Orgánica en el suelo



Fuente: Análisis de datos obtenidos en laboratorios de agua y suelos de la UNTRM-A

5.7.- Ecuación alométrica.

5.7.1.- Biomasa arbórea:

El tamaño muestral de árboles utilizados para la construcción de las ecuaciones alométricas de *Pinus Patula* en plantaciones de 10 años fue de 6 individuos. Se evaluaron 3 variables: DAP: Diámetro a la altura del pecho, AT: Altura Total, AC: Altura Comercial.

Se puede observar en la tabla N° 05 que las características del DAP de los árboles oscilan entre 15 cm y 122 cm, y la Altura comercial de los árboles de *Pinus patula*, oscilan entre 4.2 m y 11.6 m, asimismo se aprecia que la Altura total del árbol oscila entre 8.0 m y 16.5m.

Tabla N° 05: Estadísticas descriptivas de las variables consideradas en la medición de árboles individuales del *Pinus Patula*.

Variabes	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
DAP (cm)	65.56	15	122	19.46
Altura comercial (m)	8.77	4.2	11.6	1.49
Altura total del árbol (m)	12.68	8.0	16.5	1.92

En la tabla N° 06 se muestra los 6 árboles obtenidos de la muestra

Tabla N° 06: Características dasométricas de los árboles individuales.

Árbol	DAP	Altura total	Altura comercial
1	62	12.1	8
2	76	14.3	10.5
3	35	13.16	11.2
4	49	13.12	10.9
5	52	13.5	10.3
6	47	11.52	9.1

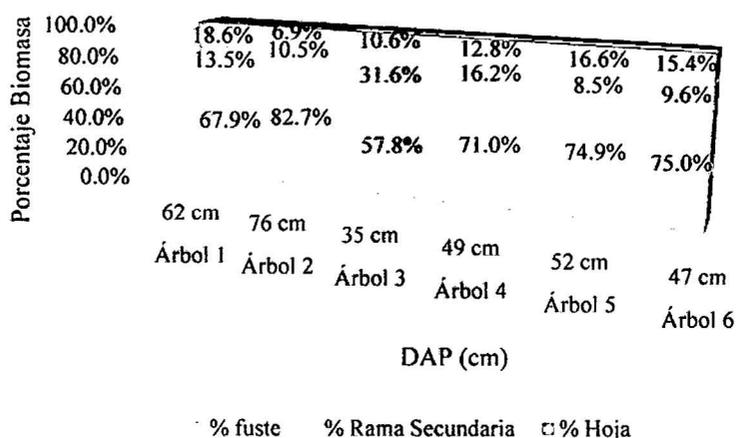
En la Tabla N° 07: se presenta el resumen de los porcentajes en biomasa que representa cada componente de la especie *Pinus patula*. El porcentaje de cada componente varió dependiendo del diámetro normal. La mayor cantidad de biomasa se encontró en el fuste, que presentó 71.6% en promedio. El segundo componente con mayor cantidad de biomasa fue en las ramas con 15.00% del total. El resto de la biomasa del árbol está representada por las hojas con 13.5 %.

Tabla N° 07: Porcentaje de biomasa en componentes de *Pinus patula*

ÁRBOL	DAP	Biomasa	% fuste	% Rama Secundaria	% Hoja
Árbol 1	62 cm	98.94	67.9%	13.5%	18.6%
Árbol 2	76 cm	104.54	82.7%	10.5%	6.9%
Árbol 3	35 cm	45.39	57.8%	31.6%	10.6%
Árbol 4	49 cm	67.27	71.0%	16.2%	12.8%
Árbol 5	52 cm	62.08	74.9%	8.5%	16.6%
Árbol 6	47 cm	57.17	75.0%	9.6%	15.4%
Promedio			71.6%	15.0%	13.5%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 04: Porcentaje de biomasa según componentes para los 6 árboles.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 08 el DAP de los árboles muestreados varió de 15 a 122 cm, y su altura total varió de 8.0 a 16.5 m, y su biomasa de 45.39 a 104.54 kg. El promedio del DAP fue de 63.45 ± 67.67 cm. Asimismo nos indica que el 50% del DAP de los 6 árboles muestreados se encuentran por encima de 68 cm, y el 50% de DAP de los árboles se encuentran por debajo de 68 cm, con una variabilidad de 29.7%.

Así mismo se observa en la tabla que el 50% de los arboles tienen altura mayores a 12.5 m, y el otro 50% de los arboles tienen alturas por debajo de 12.5 m, el promedio de la altura total se encuentra entre 12.48 ± 12.89 m, con una variabilidad de 15.1%.

Tabla N° 08: Características dasométricas de los 6 árboles muestreados de *Pinus patula*

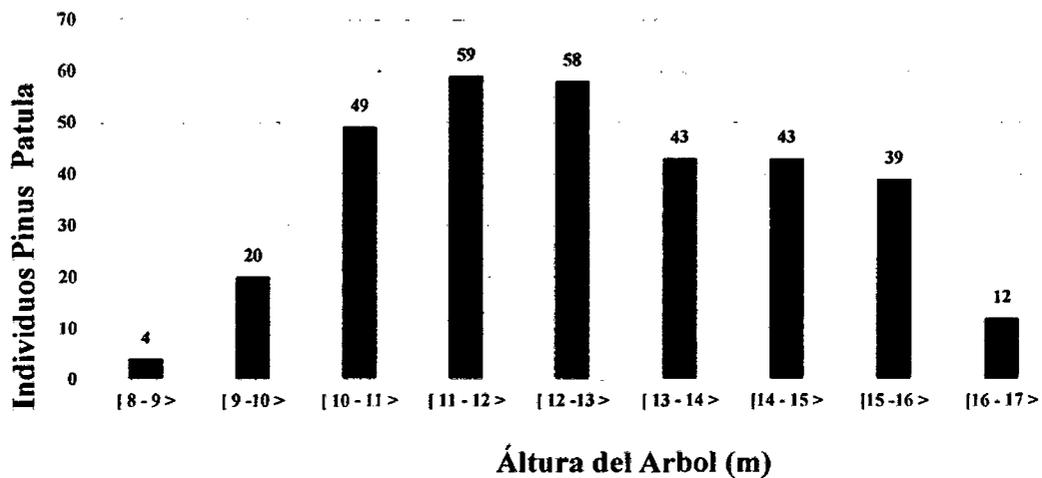
	DAP (Cm)	Altura comercial	Altura Total
Promedio	65.56	8.77	12.69
Mínimo	15	4.2	8
Máximo	122	11.6	16.5
Desviación Estándar	19.46	1.50	1.92
Mediana	68	8.5	12.5
Coefficiente de varianza	29.7%	17.1%	15.1%
Límite superior	67.67	8.93	12.89
Límite inferior	63.45	8.61	12.48

TABLA N° 09: Distribución de frecuencias de las alturas del árbol de individuos de *Pinus patula*.

Clases	Valor de clase X (m)	Tabulación	Frecuencia absoluta (f)	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia acumulada
[8 - 9 >	8.5	4	4	1.22%	4
[9 -10 >	9.5	20	20	6.12%	24
[10 - 11 >	10.5	49	49	14.98%	73
[11 - 12 >	11.5	59	59	18.04%	132
[12 -13 >	12.5	58	58	17.74%	190
[13 - 14 >	13.5	43	43	13.15%	233
[14 - 15 >	14.5	43	43	13.15%	276
[15 -16 >	15.5	39	39	11.93%	315
[16 - 17 >	16.5	12	12	3.67%	327
TOTAL		327			

Fuente: Distribución de frecuencias de las alturas del árbol de individuos de *Pinus patula*. (Noviembre 2015)

Gráfico N° 05: Histograma de distribución de frecuencias de las alturas del árbol de individuos de *Pinus Patula*.



Fuente: Histograma sobre datos de distribución de frecuencias de las Alturas del árbol de individuos de *Pinus Patula* (Noviembre 2015)

La alturas de los árboles son indicador en la edad, se usa como indicador de biomasa aérea y carbono, la concentración de individuos entre las alturas de 8 a 16.5 metros indican ejemplares adultos, entre los 10 a 12 años de edad. (Alegre et al. 2000).

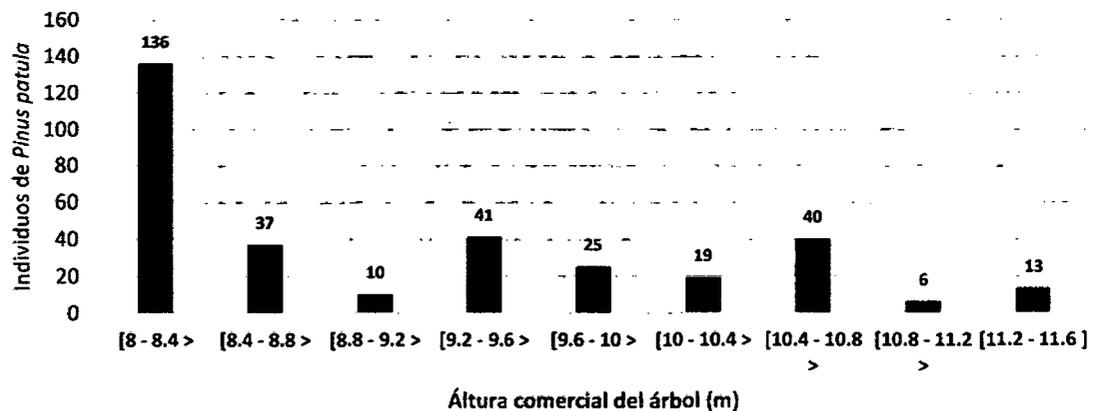
La altura de fuste es una de las variables dasométricas independiente más usadas para el cálculo de biomasa seca, genera un alto índice de correlación con la variable dependiente biomasa seca; la medición de altura en árboles es fácil y rápida, así genera un menor costo y tiempo de muestreo para la proyección de biomasa seca, carbono o CO₂ almacenado en forestales en una determinada área (Brown 1997).

Tabla N° 10: Distribución de frecuencias de la altura comercial del árbol de individuos de *Pinus patula*.

Clase	Valor de clase X (m)	Tabulación	Frecuencia absoluta (f)	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia acumulada
[8 - 8.4 >	8.4	136	136	42%	136
[8.4 - 8.8 >	8.8	37	37	11%	173
[8.8 - 9.2 >	9.2	10	10	3%	183
[9.2 - 9.6 >	9.6	41	41	13%	224
[9.6 - 10 >	10	25	25	8%	249
[10 - 10.4 >	10.4	19	19	6%	268
[10.4 - 10.8 >	10.8	40	40	12%	308
[10.8 - 11.2 >	11.2	6	6	2%	314
[11.2 - 11.7 >	11.6	13	13	4%	327
SUMA		327	327	100%	

Fuente: Distribución de frecuencias de la altura comercial del árbol de individuos de *Pinus patula*. (Noviembre 2015)

Gráfico N° 06: Histograma de distribución de frecuencias de la altura comercial del árbol de individuos de *Pinus patula*.



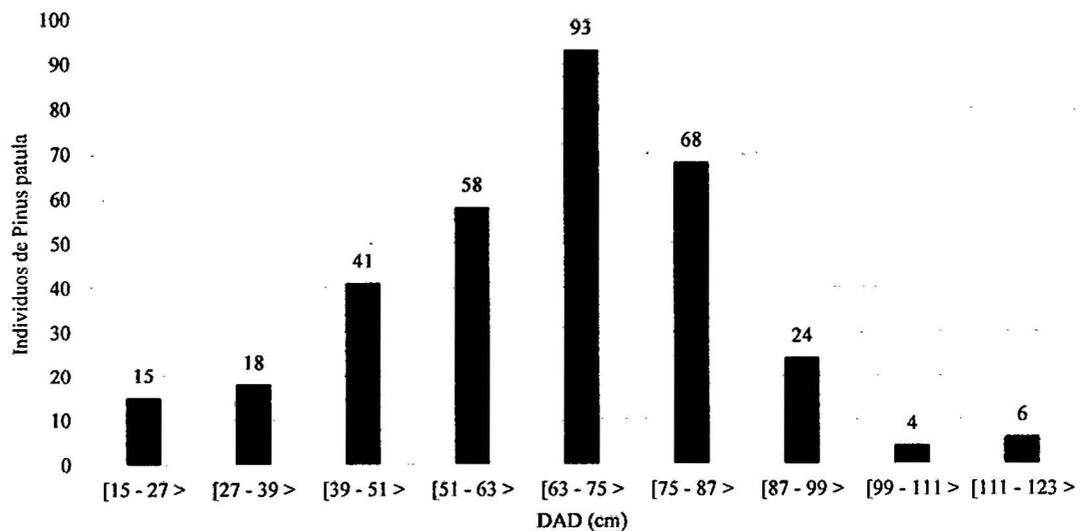
Fuente: Histograma sobre datos de distribución de frecuencias de las Alturas comercial del árbol de individuos de *Pinus patula* (Noviembre 2015)

TABLA N° 11: Distribución de frecuencias del dad (cm) del árbol de individuos de *Pinus patula*

Clases	Valor de clase X (m)	Tabulación	Frecuencia absoluta (f)	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia acumulada
[15 - 27>	21	15	15	5%	15
[27 - 39>	33	18	18	6%	33
[39 - 51>	45	41	41	13%	74
[51 - 63>	57	58	58	18%	132
[63 - 75>	69	93	93	28%	225
[75 - 87>	81	68	68	21%	293
[87 - 99>	93	24	24	7%	317
[99 - 111>	105	4	4	1%	321
[111 - 123>	117	6	6	2%	327
SUMA		327		100%	

Fuente: Distribución de frecuencias del dad (cm) del árbol de individuos de *Pinus patula*, (Noviembre 2015).

Gráfico N° 07: Histograma de distribución de frecuencias del DAP (cm) del árbol de individuos de *Pinus patula*.

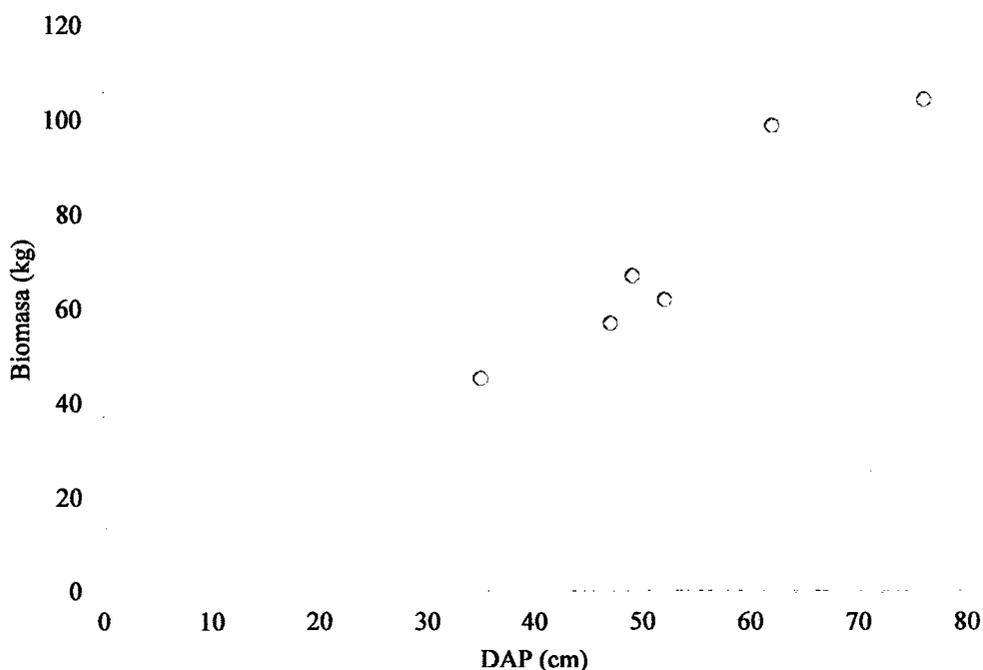


Fuente: Histograma sobre datos de distribución de frecuencias del DAP (cm) del árbol de individuos de *Pinus Patula* (Noviembre 2015).

5.7.2.-Modelo alométrico

Como primera aproximación del modelo alométrico a ser utilizado, se graficó la tendencia de las variables independientes (DAP) y la variable dependiente (biomasa total). En la gráfica N° 08, biomasa vs DAP, se aprecia que a mayor DAP, la biomasa aumenta de manera exponencial. Una característica importante que se puede apreciar, también, es que se comprueba la tendencia homocedástica de las variables, es decir, no se aprecia dispersión conforme la variable independiente aumenta, con lo que se concluye que no es necesaria la transformación logarítmica de las variables.

Gráfico N° 08: Relación entre el DAP y la Biomasa aérea total



En la gráfica 08, se observan los 06 diámetros (DAP) y las 06 alturas (H) que se utilizaron para la construcción de las ecuaciones alométricas, en ella se aprecia que a mayor DAP mayor altura, lo cual indica que la plantación se encuentra en las primeras etapas, además que presenta una correlación significativamente positiva ($P < 0,005$ y $r^2 > 0,9154$).

El porcentaje de carbono en *Pinus patula* (42,70%) detallado en el Tabla N° 12, es menor al factor encontrado por Valenzuela (2001), del 50% en especies forestales, indicador que demuestra la concentración de carbono usado como factor de conversión para la proyección de la cantidad de carbono retenido por individuos en un área.

Tabla N° 12: Porcentaje de carbono en el tejido vegetal en ejemplares de *Pinus patula* colectados en el estudio.

Árbol	% C
01	49.45
02	52.24
03	22.72
04	43.62
05	31.01
06	57.17
PROMEDIO	42.70

Fuente: Análisis de datos obtenidos.

En la Tabla N° 13: muestra también, que el modelo más sencillo para *Pinus patula*. es un modelo potencia, el cual considera solo el DAP que es una de las variables de fácil medición y mayor precisión que la altura.

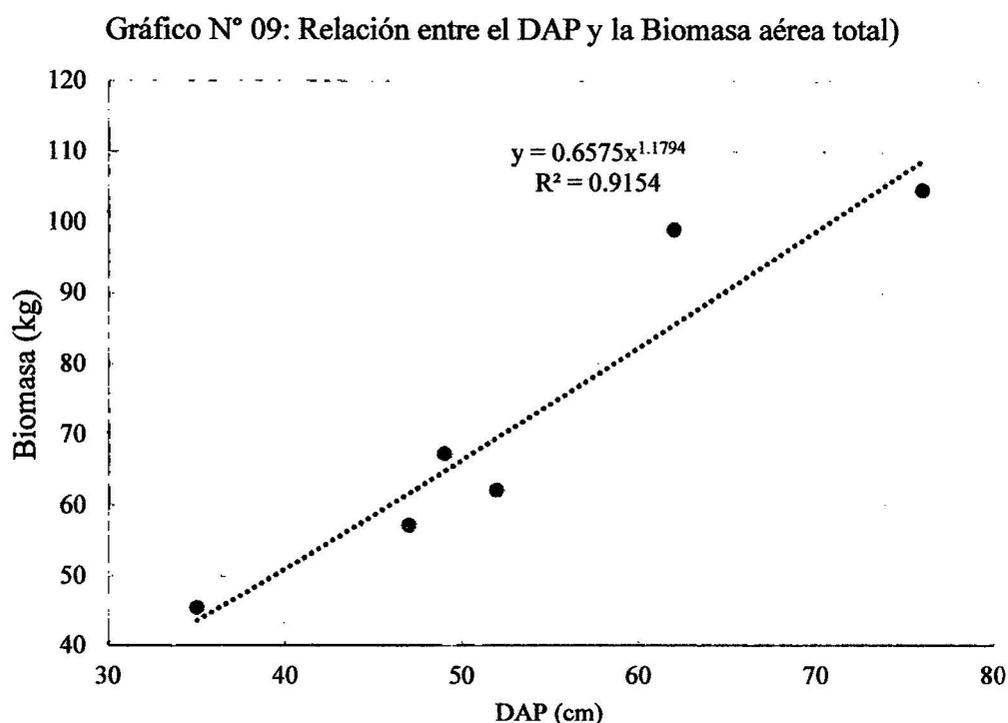
Tabla N° 13: Estadísticos de ajuste de los modelos probados para la estimación de biomasa total para *Pinus Patula*.

Tipo de ecuación	Ecuación Alométricas	r ²	P
Ecuación Logarítmica	$Bt = 85.118 \ln(D) - 263.74$	0.8839	0.005
Ecuación lineal simple	$Bt = 1.6093 * DAD - 13.534$	0.9014	0.004
Ecuación Exponencial	$Bt = 21.431 e^{0.022x}$	0.9066	0.005
Ecuación Potencia (*)	$Bt = 0.6575 DAD^{1.1794}$	0.9154	0.003
Ecuación Cuadrática	$Bt = -0.0028 DAD^2 + 1.919 DAD - 21.762$	0.9019	0.031

(*) La ecuación elegida para estimar la cantidad de biomasa aérea en plantaciones de *Pinus Patula* y su posterior estimación a carbono y CO₂, por individuo en una determinada área en el distrito de Molinopampa tiene una expresión de la forma:

BS = 0.6575 DAD^{1.1794}, esta ecuación utiliza solo el DAP como variable regresora, presentando un nivel de confianza aceptable con un R² mayor a 0,91.

En el grafico 09 se puede apreciar la relación de la biomasa con respecto al DAP, en la figura se observa la curva de la ecuación **Bt = 0.6575 DAD^{1.1794}**, la cual presenta una razón exponencial.



La ecuación logarítmica de la forma **Bt = 0.6575 DAP^{1.1794}** que incluye la variable altura presenta valores estadísticos de mejor ajuste y explica en un mayor porcentaje la relación que existe en la variación de los datos, sin embargo, en función de los valores estadísticos presentados y teniendo en cuenta los costos que representa la evaluación en campo de las distintas variables y la facilidad para su medición, la introducción de esta variable no justifica la mejoría del modelo.

Tabla N° 14: Determinación de la concentración de Carbono Total de *Pinus patula*.

Árboles	Biomasa Húmeda (Kg)	Biomasa Seca (Kg)	Biomasa*50%	Carbono Total (kg) CT = (BS *0,427016667) (*)	CO ₂ (CT * 3,666) (Kg)(**)	%(CT respecto a BH)(***)
A1	227.72	98.94	49.47	42.25	154.89	24.74
A2	248.08	104.54	52.27	44.64	163.65	26.14
A3	96.96	45.39	22.695	19.38	71.05	11.35
A4	153.45	67.27	33.635	28.73	105.32	16.82
A5	142.25	62.08	31.04	26.51	97.19	15.52
A6	130.7	57.17	28.585	24.41	89.49	14.29
	promedio		36.28	30.99	113.60	18.14

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral)

* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).

(*) El factor usado de 0.4270, fue obtenido del análisis de carbono en el tejido vegetal de *Pinus patula*.

(**) El factor de conversión 3.666 es resultado de la división entre el peso molecular del CO₂ (44) por el peso molecular de carbono (12), para la proyección de CO₂

(***) El porcentaje de carbono total respecto a biomasa húmeda, se realizó para determinar la cantidad de carbono en promedio posee un ejemplar de *Pinus patula* en pie, que es del 18.14 %.

Tabla N° 15: Comparación de la retención de carbono en especies forestales

Especie forestal	Nombre común	Contenido de carbono (%)
<i>Pinus patula</i>	Pino patula	42,70
<i>Ceroxylon peruvianum</i>	Pona	56,69
<i>Maurritia flexuosa</i> L.f	Aguaje	48,04
<i>Abies vejarii</i>	Abeto	47,35
<i>Cupressus arizonica</i> Greene	Cedro blanco	49,23
<i>Juniperus deppeana</i> Steud	Cedro	50,65
<i>Picea mexicana</i> Martínez	Ciprés	46,98
<i>Pinus arizonica</i> Engelm	Pino amarillo	49,36
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Pino negro	46,87

Fuente: Jiménez et al. (2008) y Freitas et al. (2006).

VI. DISCUSIONES

En la caracterización del Sistema Silvopastoril tiene gran importancia y beneficios para los productores debido a que les brinda: leña, postes, estacas, madera y pastos representando una importante contribución al bienestar de su familia. Según Delgado et al. (1999), esta actividad se incrementará en los próximos años, debido al aumento en la demanda de carne y leche ocasionada por el crecimiento demográfico mundial, el incremento de la urbanización y el aumento de los ingresos en los sectores medios.

El componente arbóreo en el sistema silvopastoril aportó 10.89 Tm/ha de carbono, dicho valor es menor a lo reportado por Mahechal (2002) quien menciona que la biomasa de la vegetación de bosques de los sistemas silvopastoriles se encuentra alrededor de 15 Tm/ha y varía de acuerdo a las especies de árboles, la estructura del bosque, el tipo de suelo y el clima.

La acumulación de biomasa y de carbono de *Pinus patula* aumenta gradualmente conforme el árbol adquiere mayor edad lo que concuerda con los resultados obtenidos por Wang et al. (2000), para un bosque mezclado de *Abies lasiocarpa* y *Betula papyrifera* y por Law et al. (2003) para un bosque maduro de *Pinus patula*. Estos autores mencionan que la tasa de acumulación de carbono más alta se presenta en los bosques maduros y se mantiene constante hasta que el bosque supera los 200 años de edad.

La cantidad de hojarasca en el sistema silvopastoril se obtuvo 2.64 Tm/ha de carbono. Mayor a lo reportado a la investigación de Fernández, et al. (2008). El contenido de carbono en la hojarasca presente sobre el suelo del sistema silvopastoril fue de 1,12 y 2,00 Tm/ha de carbono por lo que vemos que, al igual que sucedía con la biomasa aérea, la capacidad de acumulación de la hojarasca en el suelo depende de la densidad, al incrementarse con ella, menor a lo reportado por (Figuroa, 2010).

En el sistema silvopastoril se tiene 3.50 Tm/ha de carbono en las herbáceas nativas a los 15 a 20 días de edad; según Fernández, et al. (2008), el contenido de carbono total en la parte aérea del pasto cosechado durante el año 2005, obtuvo, 0,40 Tm/ha de carbono en las parcelas establecidas bajo cubierta de *Pinus patula*; pero en la investigación obtenida por Gordon et al., 2005 reporta mayores contenidos de carbono en la parte aérea del pasto (7,89 Tm/ha de carbono) que los datos obtenidos en la investigación, una explicación a esta gran diferencia en la fijación de C por parte del estrato herbáceo se debe a que su densidad de plantación.

El 5.68 % de contenido de materia orgánica en los suelos con presencia de *Pinus patula* y herbáceas nativas, supera el 4% de materia orgánica, considerándose como un suelo orgánico, según Fernández e, (2008); A medida que se ha ido desarrollando el sistema se ha incrementado el contenido de materia orgánica en el suelo, con mayor intensidad bajo cubierta de pino y en la densidad de plantación más elevada; paralelamente, los resultados de nuestro estudio muestran que va siendo mayor el contenido de nitrógeno en el suelo a medida que aumenta la edad de la masa arbolada, siendo este efecto más notorio en las parcelas de abedul en México.

La cantidad de carbono almacenado en el suelo se obtuvo de acuerdo a las profundidades de 0 – 10 se obtuvo 30.60 Tm/ha, de 10 – 20 se obtuvo 36.62 Tm/ha y para a una profundidad de 20 – 30 se obtuvo 14.02 sumando un total de 81.24 Tm/ha en el sistema silvopastoril compuesto por pino patula y herbáceas nativas, estos resultados son menores a lo reportado por Figueroa, (2010) quien obtuvo un promedio de 212.57 Tm/ha para los primeros 30 cm de profundidad; el segundo perfil presentó un promedio de 48.86 Tm/ha de carbono. Por otro lado, Current, (1997), estima el contenido de carbono en suelos de pradera de 192 Tm/ha de carbono, superiores a los encontrados en nuestra investigación, pero nuestros resultados concuerdan mejor con los de Macías et al. (2001) quien indica que para los suelos forestales que estima un valor del contenido de C entre 95 -100 Tm/ha, cifras del orden de las obtenidas en nuestros sistemas en el año 2005.

En el sistema silvopastoril compuesto por *Pinus patula* y herbáceas nativas se obtuvo 92.13 Tm/ha de carbono almacenado y con un factor de conversión de 3.66 según Valenzuela, (2001) obtuvo 337.20 Tm/ha de carbono equivalente. Según Gutiérrez y Lopera (2001) encontraron 68.6 Tm/ha, en plantaciones de *Pinus patula* de 6 años de edad y 223 Tm/ha de C a los 29 años. Los valores encontrados en el presente estudio puede atribuir a la diferencia de edad, clima y ubicación obtuvieron algunas diferencias.

La mayor cantidad de biomasa se encontró en el fuste, que presentó 71.6% en promedio. El segundo componente con mayor cantidad de biomasa fue en las ramas con 15. % del total. El resto de la biomasa del árbol está representada por las hojas con 13.5 %, según Bautista, (2008). La menor cantidad de biomasa se observa a la edad de 9 años y en el área natural, que corresponde al 19 y 31 %, respectivamente, del promedio de la biomasa en la vegetación del sotobosque de todos los rodales analizados.

La especie *Pinus patula* presenta un gran porcentaje de captura de carbono, de 42.70 %, menor al usado por Valenzuela (2001), que es del 50 % para diferentes especies forestales y al 50.31 % almacenado por *Pinus patula* reportado por Díaz et al. (2007), donde refiere las concentraciones de carbono por separado en follaje un 52.21 %, en ramas un 49.47 % y 49.26 % en fuste, dando como promedio 50.31 %.

De acuerdo a la ecuación de regresión potencial múltiple, presentó el mayor $r^2 = 0.9066$, donde la ecuación generada es Biomasa Seca= **Bt = 0.6575 DAP^{1.1794} * Altura de Fuste 0.4057**, que determina mayor correlación con respecto a las variables DAP y altura de fuste se ajustó a la ecuación alométrica, según Rodríguez, (2009), indica que mayor grado de significancia representado por la biomasa; $\beta = 0.892617 * (DAP^{1.84697})$ con un r^2 lo más cerca a uno $R^2 = 0.95$.

VII. CONCLUSIONES

1. En la caracterización del Sistema Silvopastoril tiene gran importancia y beneficios para los productores los árboles y las herbáceas nativas por parte del propietario son utilizados como: leña, postes, estacas, madera y pastos representando una importante contribución al bienestar de su familia.
2. La cantidad de hojarasca en el sistema silvopastoril aportó 2.64 Tm/ha de carbono.
3. Los niveles de contenido de carbono en hojarasca del sistema silvopastoril no varía significativamente esto es corroborado por la investigación de (Valenzuela 2000).
4. En el sistema silvopastoril presento un total 3.50 Tm/ha de carbono en herbáceas nativas a los 15 a 20 días de edad.
5. El componente arbóreo en el sistema silvopastoril se obtuvo 10.89 Tm/ha de carbono.
6. Los árboles muestreados presentaron un promedio de 30.99 Kg de carbono secuestrado en el tejido vegetal, equivalente a 113.60 Kg de CO₂.
7. El Sistema Silvopastoril es el que concentra el mayor número de individuos en las categorías diamétricas de 15 a 122 cm (más del 95 %), entonces se define como un bosque con alto dinamismo y con capacidad prometedora para almacenar cantidades considerables de carbono atmosférico.
8. Los sistemas silvopastoriles evaluados presentaron 5.68 % de contenido de materia orgánica, valores reportados a las cantidades como suelo orgánico que son de 4 %.

9. La cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo el sistema silvopastoril se obtuvo 36.62 Tm/ha, a una profundidad de 10 a 20 cm teniendo un total de 81.24 Tm/ha de carbono en los tres horizontes.
10. Existe correlación altamente significativa, $r = 0.9932$. Según el coeficiente de Spearman, el 5.68 % es materia orgánica y 3.29 es carbono en el suelo dicha materia orgánica proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico asimilables para las plantas.
11. En el sistema silvopastoril se obtuvo 92.13 Tm/ha de carbono almacenado y con un factor de conversión de 3.66 se obtuvo 337.20 Tm/ha de carbono equivalente.
12. La especie *Pinus patula* presenta un gran porcentaje de captura de carbono, de 42.70 %, menores a lo reportado por Valenzuela (2001).
13. La mayor cantidad de biomasa se encontró en el fuste, que presentó 71.6% en promedio. El segundo componente con mayor cantidad de biomasa fue en las ramas con 15. % del total.
14. Según la ecuación de regresión potencial múltiple, se presentó el mayor $r^2 = 0.9066$, la ecuación generada es Biomasa Seca= **Bt = 0.6575 DAP^{1.1794} * Altura de Fuste 0.4057**, que determina mayor correlación con respecto a las variables DAP y altura de fuste.
15. El 42.70 % de carbono secuestrado por el tejido vegetal *Pinus patula*, indica altas posibilidades de ser ofertado como bono de carbono a países desarrollados, a través de proyectos dentro de los mecanismos de desarrollo limpio, como parte del tratado de Kioto, en la actualidad el precio de mercado a nivel internacional es de 16,80 €/tm de CO₂ según. Seoane et al. (2011).

VIII. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados y conclusiones obtenidos en la investigación se recomienda lo siguiente:

- Continuar con la caracterización de todo tipo sistemas silvopastoriles para obtener y conocer cuál es la capacidad de retención de carbono en las diferentes especies forestales.
- Se recomienda tomar más muestras para elevar la precisión de las ecuaciones alométricas generadas aumentando el tamaño de muestra y de árboles de *Pinus patula*.
- Continuar con la determinación de carbono en los diferentes sistemas silvopastoriles con diferentes variedades y edades de los pastos instalados en el sistema.
- Realizar la determinación de carbono en la raíz de componente arbóreo del sistema silvopastoril debido a que se encuentra reportes de captura de carbono.
- Continuar con la determinación de carbono en el sistema silvopastoril en la hojarasca de pino de las diferentes edades y distancias de los arboles; para obtener mayor información.
- Dada la facilidad de aplicación de las ecuaciones alométricas generadas en la presente investigación, se recomienda su uso para la estimación de la biomasa área total a partir de la base de datos de los pinos con características biofísicas similares y para los rangos diametritos mencionados.
- Continuar con las actividades de planificación según criterios de sistema silvopastoril principalmente en la tala dirigida, impidiendo árboles de gran tamaño que pudieran generar el apareamiento de especies tolerantes a la sombra y evitar el establecimiento de especies no tolerantes a la sombra.

- Se recomienda generar proyectos para el pago de servicios ambientales (PSA) en forma conjunta, basados en investigaciones como la presente para promover la conservación de las áreas de reserva y de sistemas silvopastoriles.
- Continuar con la evaluación de la dinámica del carbono en la vegetación, hojarasca y suelo, raíz de las diferentes zonas, principalmente incluyendo la variable de edad.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta M., Vargas-Hernández, Velázquez-Martínez y Etchevers-Barra. 2001. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca. México. *Agrociencia* 36(6):725–736
- AFOLU (Agricultura Forestación y Otros Usos de Suelo) (2005). Para mitigar el cambio climático. Kyoto: Vol. 5: 6-8.
- Alegre, J; Ricse; Arévalo; Barbarán y Palm C. 2000. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU). Perú.
- Alegre, J; Arévalo; Ricse; Barbaran y Palm, C. 2000. Reservas de Carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonía Peruana. Symposium Internacional de Agroforesteria. Manaus, Brazil.
- Alfaro, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en ecosistemas forestales. *Revista Forestal Centro Americana*. 9 – 12.P.
- Ammour, T; Benavides JE. 1987. Situación de la producción caprina en Centroamérica y República Dominicana. Turrialba, CR, CATIE. 117 p. (Serie Técnica. Informe Técnico No. 114).
- Andrasko, K. (1990). El recalentamiento del globo terráqueo y los bosques: Estado actual de los conocimientos. UNASYLVA.
- Ángeles P. 1995. Efecto de la vegetación competitiva en el desarrollo inicial de *Pinus patula*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Programa Forestal. Montecillo, Texcoco, México. 114 p. Binkley, D. 1993. Nutrición forestal: prácticas de manejo. Limusa. 340 p.

- Bautista, J. 2008. Exploración de opciones silvopastoriles para la sostenibilidad del sistema de doble propósito en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 99 p.
- Benavides, J. 1998. Árboles y arbustos forrajeros una opción agroforestal para la ganadera. In: Apuntes de clase del curso cortó: Sistemas Agroforestales. Eds. F. Jiménez y A. Vargas. Serie Técnica Manual Técnico No 32. CATIE, Turrialba Costa Rica. 30 p.
- Bompiani, V. (Ed.). (1988). Diccionario Botánico (2a. ed.) (Vol. 4, pp. 101-155). Barcelona, España: Hora.
- Botero, J. 1998. Exploración de opciones silvopastoriles para la sostenibilidad del sistema de doble propósito, en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 99 p.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest. Department of Natural Resources and Environmental Sciences. University of Illinois. Illinois, USA.
- Brown, S. and Lugo, A. 1986. Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. Science 223 No. 4642: 1290- 1293.
- Cadena, M. 2006. Almacenes de carbono en el mantillo en bosques manejados de *Pinus patula* Schiede & Deppe, en el Ejido de La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. 53 p.
- Camero, A. 1996. Desarrollo de sistemas silvopastoriles y sus perspectivas en la producción de carne y leche en el trópico. In Uribe, CA. ed. Memorias de dos seminarios internacionales sobre sistemas silvopastoriles 1995-1996: Alternativas para una ganadería moderna y competitiva. Cali, CO,

CORPOICA-FEDEGAN-COLCIENCIAS-Ministerio de Agricultura y desarrollo rural de Colombia. p. 13-32.

- Canadell, J. (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 18866-18870.
- Cifuentes, M; Jobse; Watson; Kauffman. 2004. Determinación de carbono en suelos de diferentes tipos de uso de tierra a los largo de una gradiente climática en Costa Rica. Oregon State University, Centro Científico Tropical de Costa Rica, USDA Forest Service, Institute of Pacific Islands Forestry.
- Current, D. (1997). ¿Los sistemas agroforestales generan beneficios para las comunidades rurales?: resultados de una investigación en América Central y el Caribe. *Agroforestería de las Américas* 4(16):8-14.
- CMNUCC (Convención Marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático) (1998) directrices relacionados a los cambios climaticos (2da. Ed).
- Chidiak, M; Moreyra; Greco. (2003). Captura de carbono y desarrollo forestal sustentable en la Patagonia Argentina: Sinergias y Desafíos. Centro de Investigación para la transformación. Universidad de San Andrés. Buenos Aires, Argentina.
- Delgado, C; Rosegrant; Steinfeld; Ehui; Courbois. (1999). *Livestock to 2020: the next food revolution*. Food, Agriculture and Environment Discussion Paper 28. (en línea). Consultado 15 abr. 2006. Disponible en: www.ifpri.org/2020/dp/dp28.pdf.
- Diaz, R; Acosta; Carrillo; Buendía, E; Flores; Etcheves. (2007). Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham. *Madera y Bosques*, primavera, año/vol. 13, número 001 Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México, 11 p.

- Fernández-Manso, A; González; and Ramírez. (2008). Radiata pine in El Bierzo County: situation and management proposals. Proceedings of III Spanish Forestry Congress, Granada, 5:766-771.
- Figueroa N. (2001). Almacenamiento de carbono en bosques manejados de *Pinus patula* en la Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Tesis de Maestría. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados (No publicado).
- Freitas, L; Otárola; Castillo; Linares; Martínez; Malca. (2006). Servicios Ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema de aguajal en la reserva nacional Pacaya Samiria, Loreto – Perú. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú, 65 p.
- Gallo, L. (1998). Crecimiento de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea*: relaciones dosel-pradera. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 82 p.
- González, M. (2008). Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus oocarpa* var. *Ochoterenai* Mtz. y *Quercus* sp. en el norte del Estado de Chiapas, México. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 97 p.
- Gordon, A.M.; Naresh, R.P.F.; Thevathasan, V. (2005) How much carbon can be stored in Canadian agroecosystems using a silvopastoral approach? En: Mosquera-Losada, M.R., McAdam, J., Rigueiro-Rodríguez, A. (Eds.) 2004. Silvopastoralism and land sustainable management. CAB International. 210-219.
- Gorbitiz, G. (2011). Determinación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea en Plantaciones de 8 años de *Calycophyllum spruceanum* b. en el Valle del Aguaytía. Lima - Perú

- Gutierrez, V.y Lopera,G. (2001). Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales. In: memorias del simposio internacional medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia. CD.
- Gillespie, J. (2000). Pinus patula shiede and Deppe. Patula pine. U.S Department of Agriculture, forest service, southern forest experiment station U.S.A,5p.
- Hairiah, K; Sitompul, Van Noodwick; Palm. (2001). Methods for sampling carbón stocks above and below ground. International Centre for Research in Agroforestry. Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor, Indonesia. Consultado el 5 enero del 2011. Disponible en <http://www.icraf.cgiar.org/sea>.
- Holmann, F; Rivas. (2005). Los forrajes mejorados como promotores del crecimiento económico y la sostenibilidad: el caso de los pequeños productores de Centroamérica. Cali, CO, CIAT. 70 p. (Documento de trabajo 202).
- Ibrahim, M; Chacón; Mora; Zamora; Gobbi; Llanderal; Harvey; Murgueitio; Casasola; Villanueva; Ramirez. (2005). Opportunities for Carbon Sequestration and Conservation of Water Resources on Landscapes Dominated by Cattle Production in Central America. CATIE Inter-American Scientific Conference Series: Integrated management of environment services in human-dominated tropical landscape. Colombia.
- Inclán, U; (2005). Mercado de Bonos de Carbono y sus beneficios potenciales para proyectos en México. SENER-CONAE. Tijuana, Baja California.
- INEI (2012). (Instituto Nacional de Estadística e Informática).CENAGRO, 2012.

- IPCC (2007) (Intergovernmental Panel on Climate Change) Land use, Land-use Change, and Forestry. Cambridge University, Press, Cambridge, UK.
- Jansen, H; Nieuwenhuysen; Ibrahim; Abarca. (1997). Evaluación económica de la incorporación de leguminosas en pasturas mejoradas, comparada con sistemas tradicionales de alimentación en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 4(15):9-13.
- Jiménez, J; Aguirre; Yerena. (2008). Catálogo de contenido de carbono en especies forestales de tipo arbóreo del noreste de México. Comisión Nacional forestal. Departamento de Silvicultura. Facultad de ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Julca A., Meneses; Blas y Bello. (2006). La Materia Orgánica, Importancia y Experiencias de su uso en la Agricultura. IDESIA. Chile.
- Kimble, J; Follett. (2002). Agricultural practices and policies for carbon sequestration in soil. Lewis Publishers, EUA.
- Kurts, S; Euskirchen. (2004). Carbon cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age. *Global Change Biology* (10): 2052-2077.
- Lal, R. (2002). The potencial of soils of the tropics to sequester carbón and mitigate the Green house effect. *Advances in Agronomy*, 76: 1 – 30p.
- Law, B; Sun; Campbell; Van Tuyl y Thorton. (2003). Changes in carbon storage and fluxes in a chronosequence of a ponderosa pine. *Global Change Biology* 9:510–524.
- Macías, F.; Calvo; Arce; Bulnes; López. (2001) Los suelos como sumidero de carbono: materia orgánica de los suelos de Galicia. XXII Reunión Nacional de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo.

- Mahecha L. (2002). El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina Rev Col Cien Pec Vol. 15: 227-230.
- Mahecha, L. (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación, en la ganadería colombiana. *Conciencias Pecuarias* 16(1):11-18.
- Marlants, R; Denegri; Ansín; Lanfranco. (1995) Sistemas silvopastoriles: Estimación de beneficios, directos comparados con monoculturas en la Pampa Ondulada, Argentina. *Agroforestería de las Américas* 2(8):20-25.
- Malhin, Y Grace. (2000). Tropical forest and atmospheric carbón dioxide. *Trends in ecology and evolution* 15: 332 – 337.
- Mac Diken, K. (2005). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Forest Carbon Monitoring Program. S.L. Winrock International Institute for Agricultural Development. Arlington.
- Masera O. (2001). Future greenhouse emission and sequestration scenarios from land use change in Mexico. Report to UNEP from the project Mexico's country study on greenhouse gas emissions, Instituto Nacional de Ecología. Mexico City.
- Martínez, E; Fuente; Acevedo. (2008). Carbono Orgánico y Propiedades del suelo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola. Laboratorio de relación Suelo-Agua-Planta. Santiago de Chile.
- Méndez González J, Morales Carredano; Ruiz García; Nájera Luna; Graciano Luna; Návar. (2011). Ecuaciones de biomasa para fuste de *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* de la región del Salto, Durango. México. XV Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario, Campeche.

- McVay, K; Rice. (2002). El Carbono Orgánico del Suelo y el Ciclo Global del Carbono. Universidad del Estado de Kansas. Kansas, Estados Unidos.
- Mosquera, J; Ibrahim. (2001). Diversificación de fincas pecuarias: Estrategias de vida para aliviar la pobreza rural. In Conferencia electrónica: sistemas pecuarios diversificados para el alivio de la pobreza rural en América Latina. (en línea). Consultado 26 de nov. 2005. Disponible en: <http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia4/default.htm>
- OCIC, (Oficina Costarricense de Implementación Conjunta) (1998). Actividades de Implementación Conjunta. San José, Costa Rica. 6 p.
- Ordóñez B., J. A., y O. Masera. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. Madera y Bosques 7(1): 3-12.
- Ortiz, M. (1993). Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 71 p.
- Ordóñez, D. (1999). Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias. UNAM. México, D.F. 61 p.
- Pagiola, E; Bishop y Landell. (2003). La venta de servicios ambientales forestales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Comisión Nacional Forestal. México, D.F. 459 p.
- PNUD. (1997). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. P 2 – 4.

- Rivas. (2005). El binomio agricultura-ganadería en los ecosistemas mediterráneos. Pastoreo frente a “desierto verde” Actas de la XXXIX Reunión Científica de SEEP (Almería): 309-334.
- Rodríguez, L; Aguirre; Treviño. (2006). Estimación del carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas México. CIENCIA/ UANL IX(2): 179-188.
- Rodríguez, R; Laguna; Javier Jiménez Pérez; Óscar; Aguirre Calderón, Eduardo; Treviño Garza y Ramón Razo Zárate Ra Ximhai. (2009), estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la reserva de la biosfera el cielo, tamaulipas, México, Número 3 Universidad Autónoma Indígena de México Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 317-327.
- Rosales, M. (1998). Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas silvopastoriles. In Conferencia electrónica Agroforestería para la producción animal Latinoamericana. (en línea). Consultado 28 oct. 2005.
- Seoane, P; Allué; Postigo; Rábade; Cordón. (2011). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Secretaría General Técnica. Boletín mensual, España.
- Snowdon, P. (1998) Protocol for sampling tree and stand biomass. National carbón accounting system technical report No. 31 Draft-March 2001. Australian Greenhouse Office. 114 p.
- Trumper, K. (2009). ¿La Solución Natural? El papel de los ecosistemas en la mitigación del cambio climático. Evaluación rápida del PNUMA. 76p.
- UNTRM-A, (2015). (Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas). INDES-CES. 2015.

- Valenzuela, H. (2001). Estimación de secuestro de carbono en bosques naturales de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del Distrito Federal. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Wang et al (2000). Ganadería y beneficios de los sistemas silvopastoriles en la cuenca alta del río virilla, San José, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 107 p.
- Zobel T; Lotero; Díaz; Ospina. (1988). Estrategias y logros en la integración de la conservación de bosques y ecosistemas ganaderos en la zona amortiguadora del parque nacional natural los Nevados. In Uribe, A. ed. Silvopastoreo: Alternativas para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la ganadería colombiana. CO, CORPOICA-FEDEGAN-COLCIENCIAS-Ministerio de agricultura y desarrollo rural. p 57-88.
- Zapata, G. (2001) Modelos de biomasa, ecuaciones alométricas Vol. 6.

ANEXOS

ANEXO 01

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE PESO TOTAL DEL ARBOL EN KILOGRAMOS

FECHA: 29-10-2015

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	PESO TOTAL	HOJARASCA M²	PASTO M²
01	PINO	21.40	21.40	21.40	21.30	5.40		21.70	90.10	222.70	0.640	0.66
02	PINO	24.20	25.20	16.44	19.20	6.10	2.40	21.30	17.20	248.20	0.550	1.20
03	PINO	18.20	18.20	18.20	7.20	4.20		22.20	17.20	26.20	1.221	1.22
04	PINO	21.20	22.20	22.20	16.20	8.28	9.28	20.20	21.20	153.95	1.222	1.205
05	PINO	24.20	28.20	16.20	12.20	6.20	9.20	11.20	22.20	180.20	1.240	1.260
06	PINO	22.20	26.20	21.20	10.20	5.20		12.20	22.20	136.20	1.212	1.040
07												

DIAMETRO CADA DOS METROS ANTERIOR Y SUPERIOR

N°	ARBOL	MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03		MUESTRA 04		MUESTRA 05		MUESTRA 06	
		ANT.	POS.										
01	PINO	24	61	61	52	52	43	43	26	26	02		
02	PINO	40	74	74	47	47	29	29	20	20	13	13	28
03	PINO	52	34	34	28	28	26	26	21	21	17		
04	PINO	60	45	45	40	40	35	35	29	29	20	20	14
05	PINO	62	46	46	40	40	32	32	26	26	20	20	18
06	PINO	52	45	45	38	38	28	28	26	26	15		
07													

NOTA: CADA DOS METROS DEL TRONCO PRINCIPAL DEL ARBOL

DATOS GENERALES DEL ARBOL

DATO	PINO 01	PINO 02	PINO 03	PINO 04	PINO 05	PINO 06
ALTURA TOTAL	17.10	18.30	13.10	12.10	12.50	11.20
DAP	6.2	7.8	7.8	4.2	5.2	4.2
ALTURA COMERCIAL	8.00	10.50	11.20	10.20	10.20	10.10
PESO TOTAL ARBOL	222.70	248.20	26.20	153.95	180.20	136.20

ANEXO 02

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE MUESTRA PESO VERDE EN GRAMOS

FECHA: 29-10-2015

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	HOJARASCA	PASTO
01	PINO	1462	681	942	472	146		2012	1.100	209.0	1.166
02	PINO	2120	2120	401	307	128	27	2120	910.2	584.0	1.260
03	PINO	269	314	322	200	20		2375.0	294.0	242.0	1.122
04	PINO	550	622	322	384	164	108	1552.2	480.8	219.0	1.200
05	PINO	112	521	322	232	163	60	1506.0	720.0	229.0	1.240
06	PINO	1012	202	460	102	176		1033.0	530.0	284.0	1.040
07											

MUESTRA DE SUELO PARA DENSIDAD APARENTE

HORIZONTE	CALCATA					
	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06
A (0-10)	212	235	288	260	262	216
B (10-20)	212	220	287	228	225	241
C (20-30)	108	262	202	335	215	251

MUESTRA DE SUELO PARA CARBONO TOTAL

HORIZONTE	CALCATA					
	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06
A (0-10)	212	230	255	291	252	212
B (10-20)	212	240	230	285	245	206
C (20-30)	602	232	231	672	202	220

ANEXO 03

Pesado de muestras de *Pinus patula* para obtener el peso seco constante

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE MUESTRA:

PESO SECO EN GRAMOS

FECHA: 09-11-2015

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	HOJARASCA	PASTO
01	PINO	679.5	463.7	375.7	235.6	65.5		1920.1	6300.8	230.9	272.7
02	PINO	1888.3	1350.0	586.3	135.3	73.4	97.7	1730.2	3801.3	265.3	995.1
03	PINO	292.2	331.2	175.9	102.9	41.0		1185.1	215.8	299.1	371.2
04	PINO	457.1	349.5	261.9	251.8	76.4	30	953.5	261.7	150.2	671.2
05	PINO	401.2	309.1	191.3	115.1	68.1	29	750.9	212.4	200.1	385.8
06	PINO	457.4	299.4	208.9	95.4	79.2		527.3	201.5	199	302.3
07	PINO										229.3

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE MUESTRA:

PESO SECO EN GRAMOS

FECHA: 07-11-2015

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	HOJARASCA	PASTO
01	PINO	703.2	616.1	520.5	279.2	73.3		2731.7	822.4	235.3	320.9
02	PINO	2230.1	2798.4	202.5	287.3	22.6	53.8	2479	431.5	315.7	579.5
03	PINO	420.1	288.5	191.0	172.6	51.3		2310.3	369.6	273.1	459.6
04	PINO	595.4	576.7	296.3	198.9	89.7	46.3	2293.5	299.6	158.9	964.3
05	PINO	477.3	413.4	222.2	178.4	73.5	74.6	953.6	326.5	192.0	485.3
06	PINO	295.6	371.8	326.2	99.7	97.9		685.1	291.7	229.3	391.9
07	PINO										244.6

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE MUESTRA:

PESO SECO EN GRAMOS

FECHA: 10-11-2015

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	HOJARASCA	PASTO
01	PINO	699.0	319.0	277	209	6.4		1335	508	227	181
02	PINO	1487	1073.0	493	191	70	42	1066	369	249	307
03	PINO	249	143	106	91	39		1100	190	241	280
04	PINO	409	283	149	139	65	33	859	197	149	919
05	PINO	385	230	148	110	0	28	627	268	165	270
06	PINO	455	210	187	83	74		437	202	193	245
07	PINO										210

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE MUESTRA:

PESO SECO EN GRAMOS

FECHA: 11-11-2015

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	HOJARASCA	PASTO
01	PINO	621	313	272	206	63		1374	506	277	181
02	PINO	1366	902	464	195	63	42	1654	308	297	305
03	PINO	238	142	104	94	39		1097	291	239	282
04	PINO	407	262	143	179	64	30	850	196	143	419
05	PINO	309	236	147	105	65	27	690	268	166	275
06	PINO	456	216	181	82	74		494	202	193	240
07	PINO										210

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE MUESTRA:

PESO SECO EN GRAMOS

FECHA: 13-11-2015

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	HOJARASCA	PASTO
01	PINO	616	309	410	205	63	→	1300	505	275	161
02	PINO	1700	865	444	195	67	42	1033	367	246	304
03	PINO	233	147	104	97	39	→	1003	270	239	281
04	PINO	406	277	143	138	64	33	343	196	142	417
05	PINO	384	275	147	107	65	27	682	268	165	273
06	PINO	453	215	180	82	74		489	201	181	245
07	PINO										210

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE MUESTRA:

PESO SECO EN GRAMOS

FECHA: 11-11-2015

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	HOJARASCA	PASTO
01	PINO	616	307	270	205	62		1306	505	275	161
02	PINO	1176	829	440	197	67	42	1029	367	246	304
03	PINO	237	141	104	97	39		1080	270	239	281
04	PINO	405	278	143	138	63	38	841	196	142	412
05	PINO	303	234	141	107	64	27	681	268	165	273
06	PINO	453	215	180	82	74		488	201	181	245
07	PINO										210

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE MUESTRA:

PESO SECO EN GRAMOS

FECHA: 15-11-2013

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	HOJARASCA	PASTO
01	PINO	616	307	270	204	62		1304	505	225	181
02	PINO	1151	838	434	191	63	42	1022	367	246	304
03	PINO	237	141	104	97	39		1079	290	239	281
04	PINO	405	278	143	138	63	38	840	196	142	412
05	PINO	383	234	147	109	64	27	680	268	165	273
06	PINO	453	215	180	82	24		487	201	197	245
07	PINO										215

HOJA DE DATOS DE OBTENCION DE MUESTRA:

PESO SECO EN GRAMOS

FECHA: 17-12-2015

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R. SECUNDARIA	HOJA	HOJARASCA	PASTO
01	PINO	616	307	270	204	62		1303	505	225	181
02	PINO	1150	838	434	197	67	42	1023	367	246	304
03	PINO	237	141	104	97	39		1078	290	239	281
04	PINO	404	278	143	138	63	38	840	196	142	412
05	PINO	383	234	147	109	64	27	680	268	165	273
06	PINO	463	215	180	82	24		487	201	197	245
07	PINO										215

ANEXO 04

HOJA SECAS DE MATERIA SECA DE CADA ARBOL (en kilogramos)

$$MS_{muestra} = (MS_{sob.mucha} + MF_{sob.mucha}) \times MF_{muestra}$$

N°	ARBOL	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	R SECUNDARIA	HOJA	PESO TOTAL
03	PIÑO	25.22	19.94	20.59	9.07	2.35		23.32	18.45	98.94
02	PIÑO	37.62	27.85	8.88	7.03	3.37	2.77	20.56	7.17	101.54
03	PIÑO	9.21	6.44	4.75	3.83	2.01		14.35	4.30	45.39
04	PIÑO	14.51	12.22	9.98	6.69	3.18	2.14	10.37	3.62	67.27
05	PIÑO	16.17	12.59	7.59	5.79	2.90	1.45	5.27	10.32	62.08
06	PIÑO	14.50	11.63	9.54	5.03	2.20		5.48	8.79	57.27
07	PIÑO									

ANEXO 05

Análisis de proteína de las herbáceas nativas del Sistema Silvopastoril con *Pinus patula*

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE ANTONIADIS
Laboratorio de Nutrición Animal, Etimología y Alimentos Balanceados



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GANADERÍA Y BIOTECNOLOGÍA



MUESTRA	MOISTURE	FATEE	FATAD	PROTEIN	FIBRE	ASH	STARCH	SUGARS	NDF	ADF
MUESTRAS DE PASTO OVILLO										
Muestra 01	8.97	5.34	5.6	18.48	25.6	11.62	11.4	1.78	48.51	56.55
Muestra 02	6.83	5.45	5.85	17.04	25.47	11.62	11.7	1.95	49.52	58.86
Muestra 03	5.91	5.47	5.52	17.12	25.98	11.62	11.58	1.15	48.11	56.92
(PROMEDIO)	6.94	5.42	5.66	18.87	25.80	11.65	11.56	1.62	48.71	56.64

LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GANADERÍA Y BIOTECNOLOGÍA
ING. WILMER BERNAL M.
RESPONSABLE

ANEXO 06

Análisis de suelo del Silvopastoril con *Pinus patula* y herbáceas nativas.



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA*
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



0
Departamento : Amazonas
Distrito : Molinopampa
Referencia : Ocol

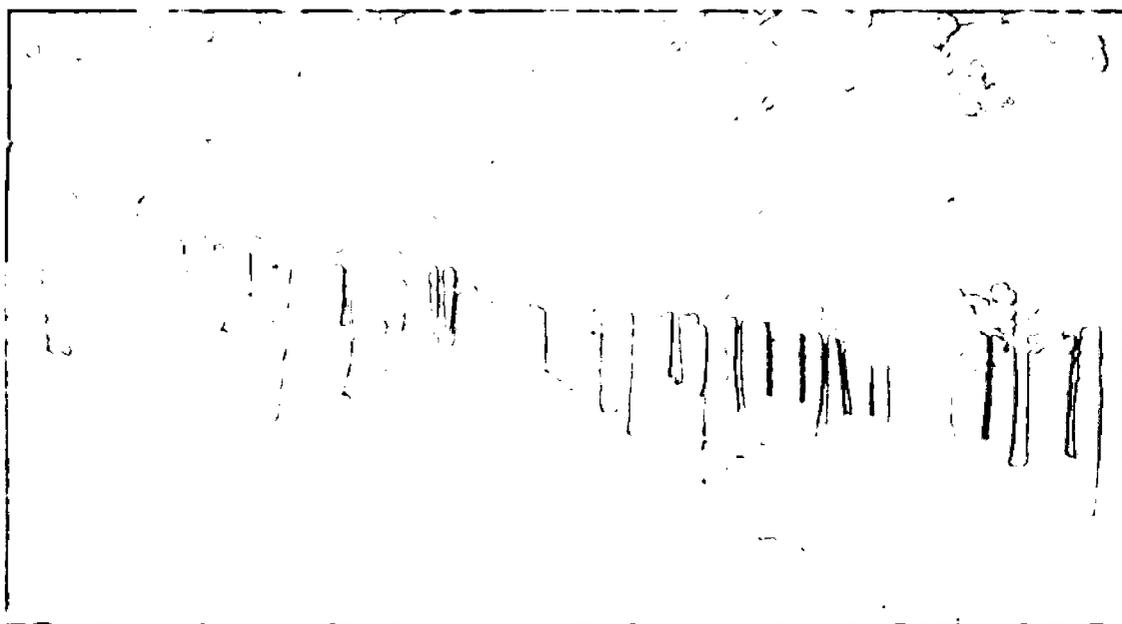
Fecha : 19/11/15
Provincia: Chachapoyas
Cel.
B.V.

calicates	Nº de Análisis	Nº de lab	MUESTRA	pH (1:1)	Análisis Mecánico									Clase textural
					C.L. (1:1)	K	P	C	M.O.	N	Análisis Mecánico			
					(ms/cm)	ppm		%	%	%	Arena	Limo	Arcilla	
	1		(0-10)	3.78	0.07	79.23	12.15	3.26	5.61	0.28	68.0	15.3	16.7	Fr. A
	2		(10-20)	3.57	0.09	93.29	13.12	1.86	3.21	0.16	54.0	11.3	34.7	Ar. A
1	3		(20-30)	4.07	0.02	138.35	1.96	3.67	2.89	0.14	40.0	9.3	50.7	Ar.
	4		(0-10)	4.12	0.03	98.53	9.66	3.91	6.74	0.34	56.0	17.3	26.7	Fr. Ar. A
	5		(10-20)	3.87	0.06	57.86	10.62	3.63	6.25	0.31	76.0	7.3	16.7	Fr. A
2	6		(20-30)	3.83	0.03	55.74	9.56	0.74	1.28	0.06	50.0	13.3	36.7	Ar. A
	7		(0-10)	3.74	0.04	142.64	14.76	4.28	7.38	0.37	54.0	19.3	26.7	Ar. A
	8		(10-20)	3.90	0.03	81.98	11.20	4.28	7.38	0.37	54.0	3.3	42.7	Fr. Ar. A
3	9		(20-30)	4.21	0.03	119.17	9.27	0.37	0.64	0.03	54.0	15.3	30.7	Fr. Ar. A
	10		(0-10)	4.46	0.04	108.42	12.45	3.72	6.41	0.32	78.0	11.3	10.7	Fr. A
	11		(10-20)	4.04	0.03	65.33	12.26	5.58	9.62	0.48	64.0	15.28	20.7	Fr. Ar. A
4	12		(20-30)	4.02	0.02	33.27	11.58	1.49	2.57	0.13	52.0	15.28	32.7	Fr. Ar. A
	13		(0-10)	3.98	0.05	126.41	12.35	2.42	4.17	0.21	68.0	15.28	16.7	Fr. A
	14		(10-20)	3.95	0.05	76.34	14.95	4.00	6.90	0.34	74.0	11.3	14.7	Fr. A
5	15		(20-30)	4.02	0.04	47.81	10.04	5.77	9.94	0.50	58.0	15.3	26.7	Fr. Ar. A
	16		(0-10)	4.15	0.03	86.53	13.99	6.14	10.58	0.53	66.0	17.3	16.7	Fr. A
	17		(10-20)	4.05	0.03	60.74	8.89	5.77	9.94	0.50	70.0	11.3	18.7	Fr. A
6	18		(20-30)	4.04	0.02	48.09	11.39	0.37	0.64	0.03	30.0	27.3	42.7	Ar.

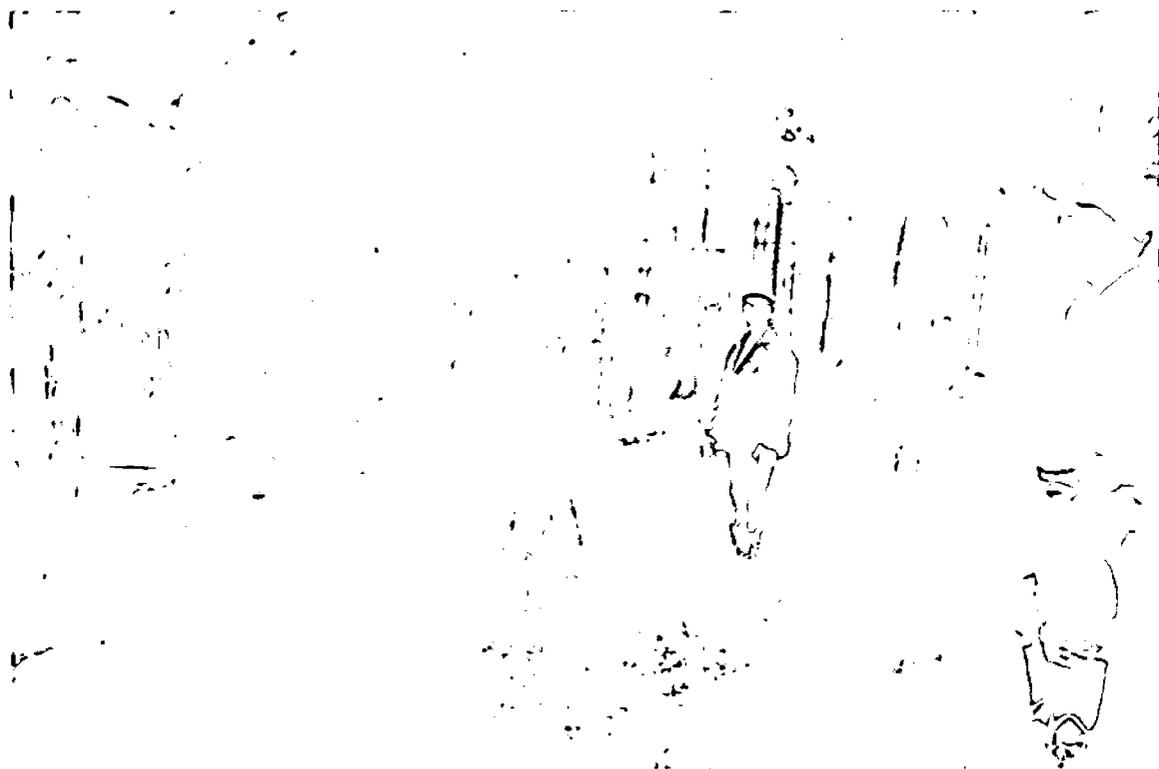
A=Arena, A.Fr=Arena Franca, Fr.A=Franco Arenoso, Fr.F=Franco, Fr.L=Franco Limoso, L=Limoso, Ar=Arcilloso
Fr.Ar.A=Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar.L=Franco Arcilloso; Fr.Ar.L.L=Franco arcillo Limoso; Ar.A=Arcillo Arenoso; Ar.L=Arcillo Limoso

Ing. Segundo Manuel Oliva Cruz
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS

ANEXO A: GALERÍA FOTOGRÁFICA



Fotografía 1. Sistema Silvopastoril compuesto por *Pinus patula* y herbáceas nativas.



Fotografía 2. Sistema Silvopastoril compuesto por *Pinus patula* y herbáceas nativas.



Fotografía 3. Como derribar el árbol.



Fotografía 4. Arbol derribado y las muestras para el laboratorio



Fotografía 5. Muestreo del suelo.



Fotografía 6. Calicata y cilindro con la muestra.



Fotografía 7. Empacado de las muestras en bolsas de plástico.



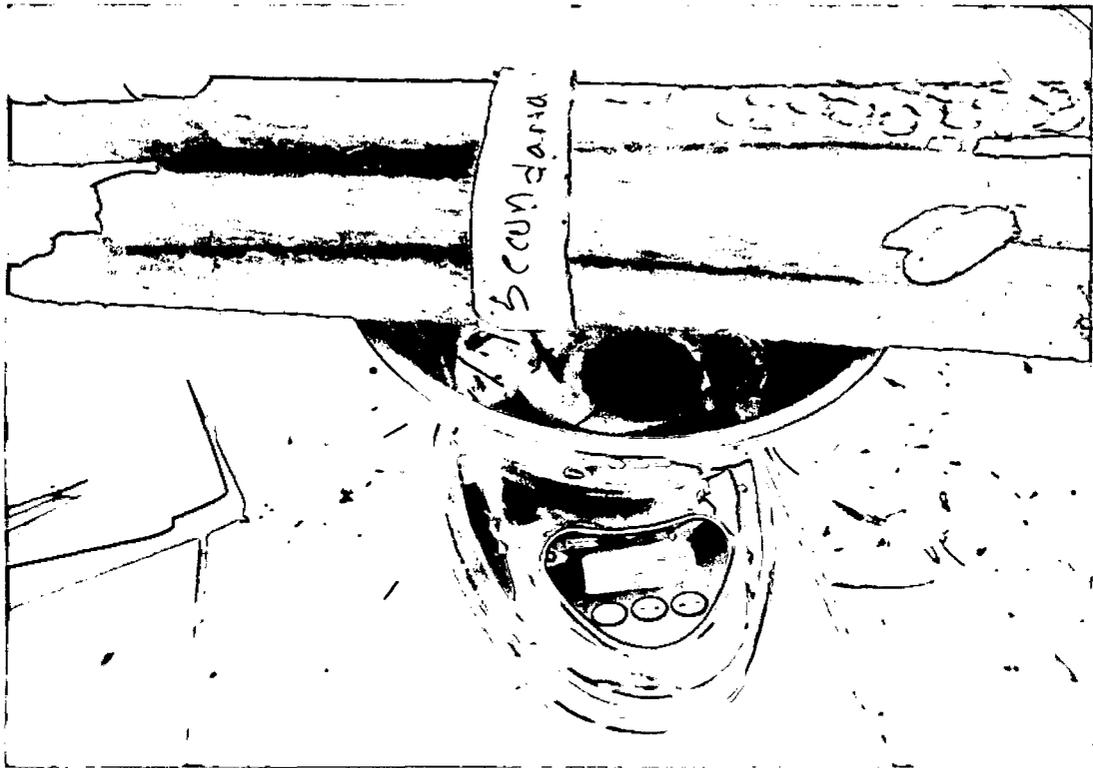
Fotografía 8 . Guardado de las muestras en bolsas de plástico.



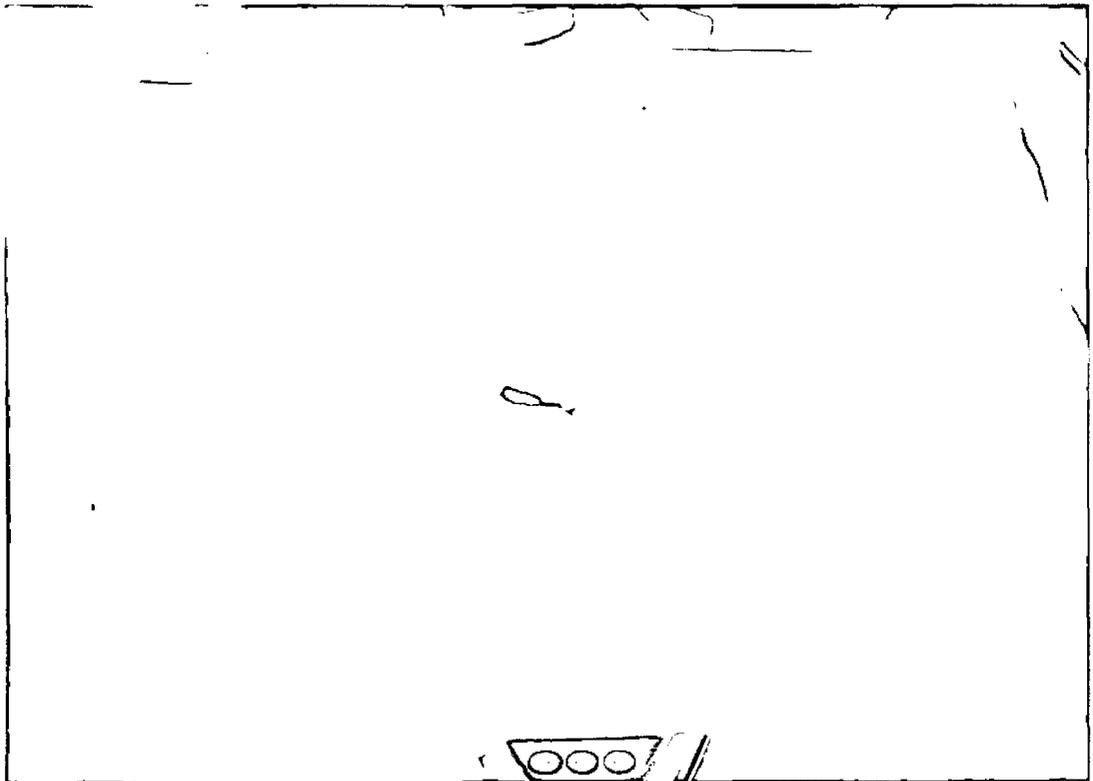
Fotografía 9. Muestras de *Pinus patula* en el laboratorio de la UNTRM para obtener el peso seco.



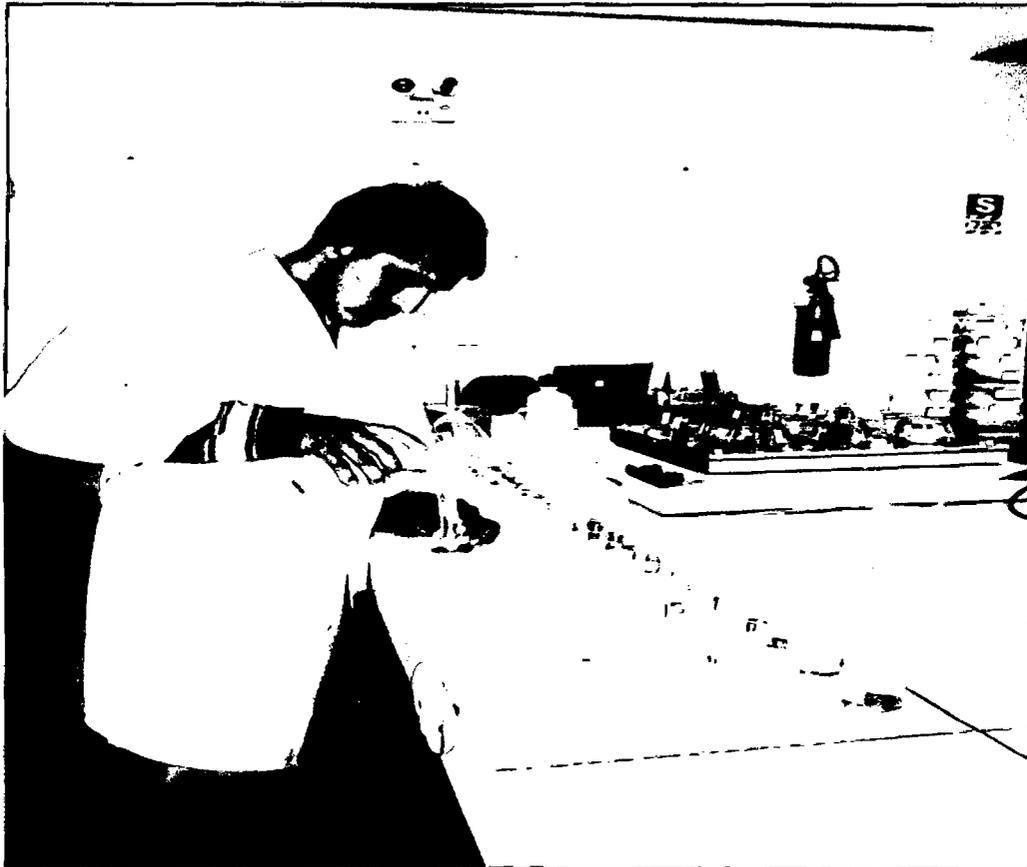
Fotografía 10. Pesado de muestras de *Pinus patula* en el laboratorio de la UNTRM para obtener el peso constante.



Fotografía 11. Pesado de muestras de rama secundaria de *Pinus patula* en el laboratorio de la UNTRM para obtener el peso constante.



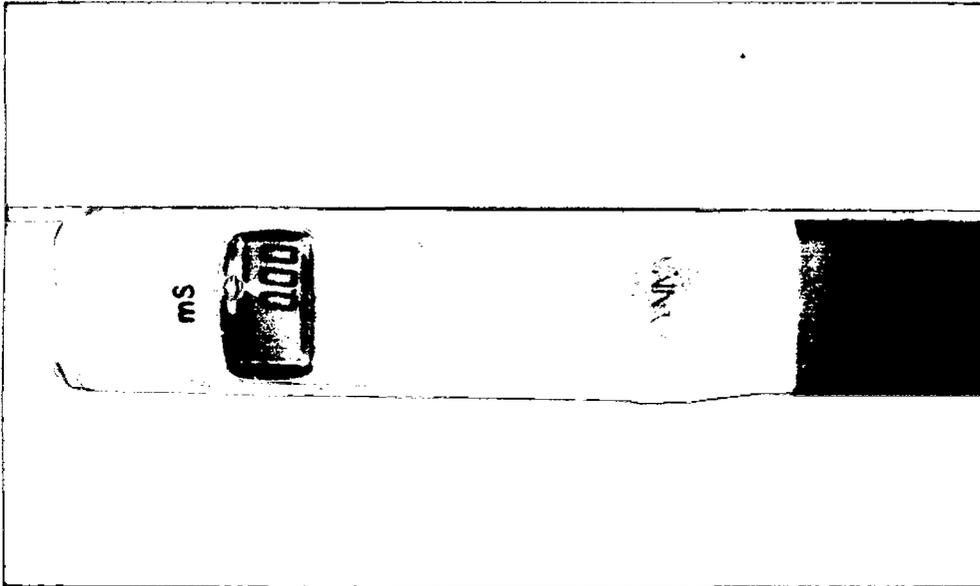
Fotografía 12. Pesado de muestras de hoja de *Pinus patula* en el laboratorio de la UNTRM-A para obtener el peso constante.



Fotografía 13. Análisis de suelo para obtener la Materia orgánica en el laboratorio de la UNTRM-A.



Fotografía 14. Análisis de suelo para obtener el pH en el laboratorio de la UNTRM-A para obtener el peso constante.



Fotografía 15. Para conductividad eléctrica del suelo



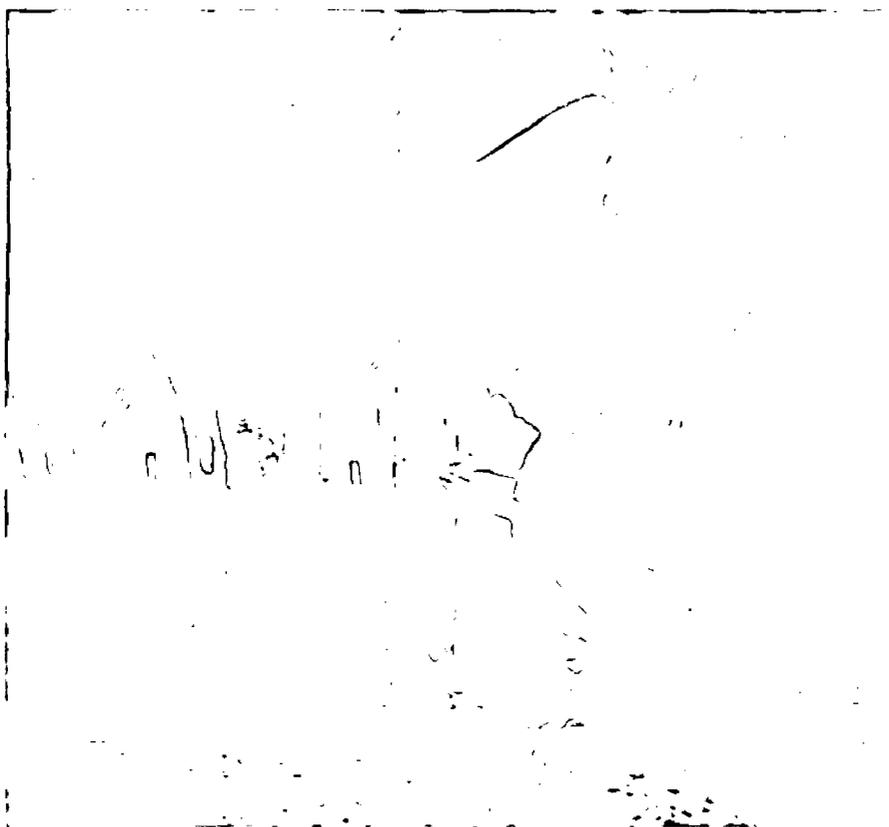
Fotografía 16. Análisis de suelo para obtener la Conductividad eléctrica en el laboratorio de la UNTRM- A para obtener el peso constante.



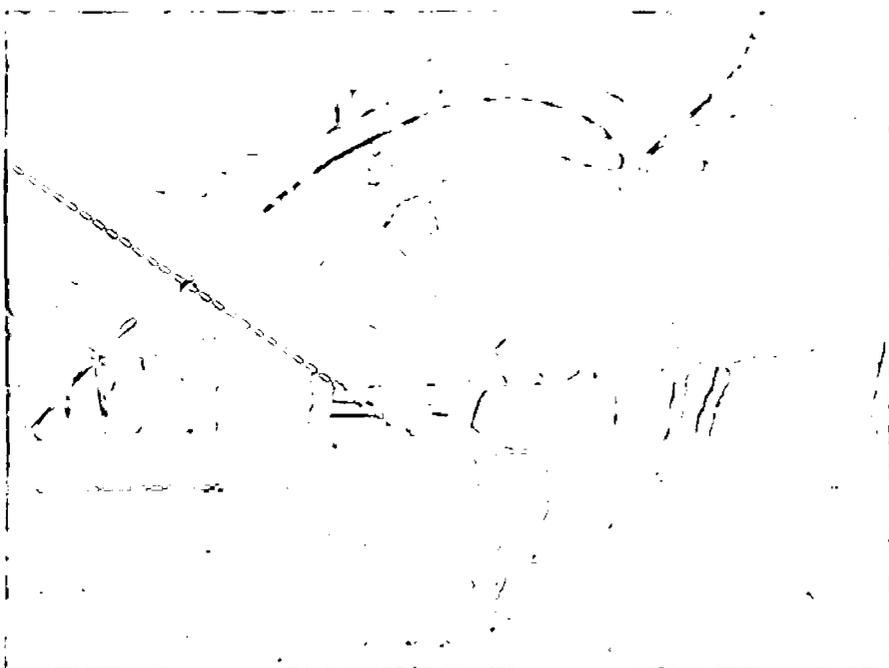
Fotografía 17. Análisis de suelo para obtener la textura en el laboratorio de la UNTRM-A.



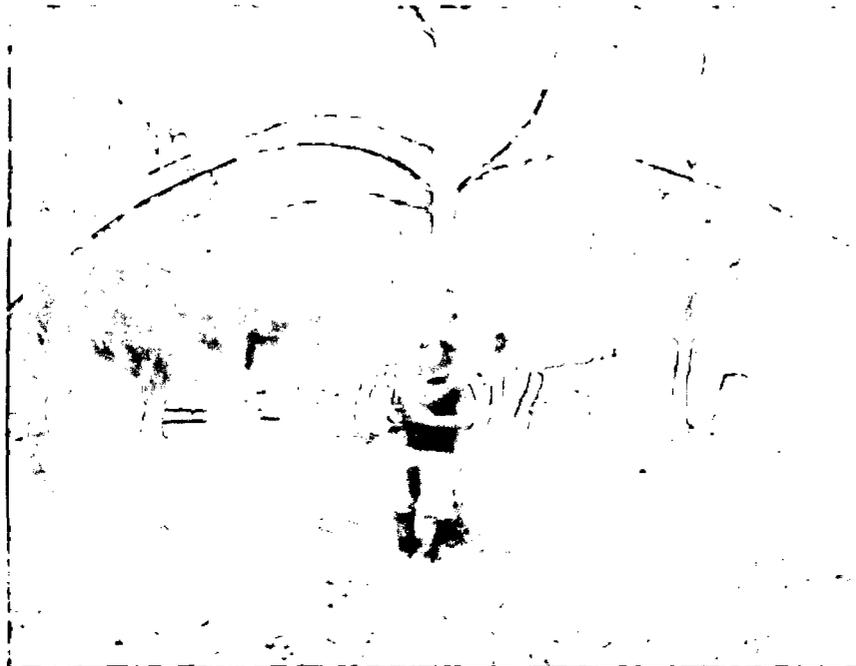
Fotografía 18. Análisis de suelo para obtener el fosforo en el laboratorio de la UNTRM-A.



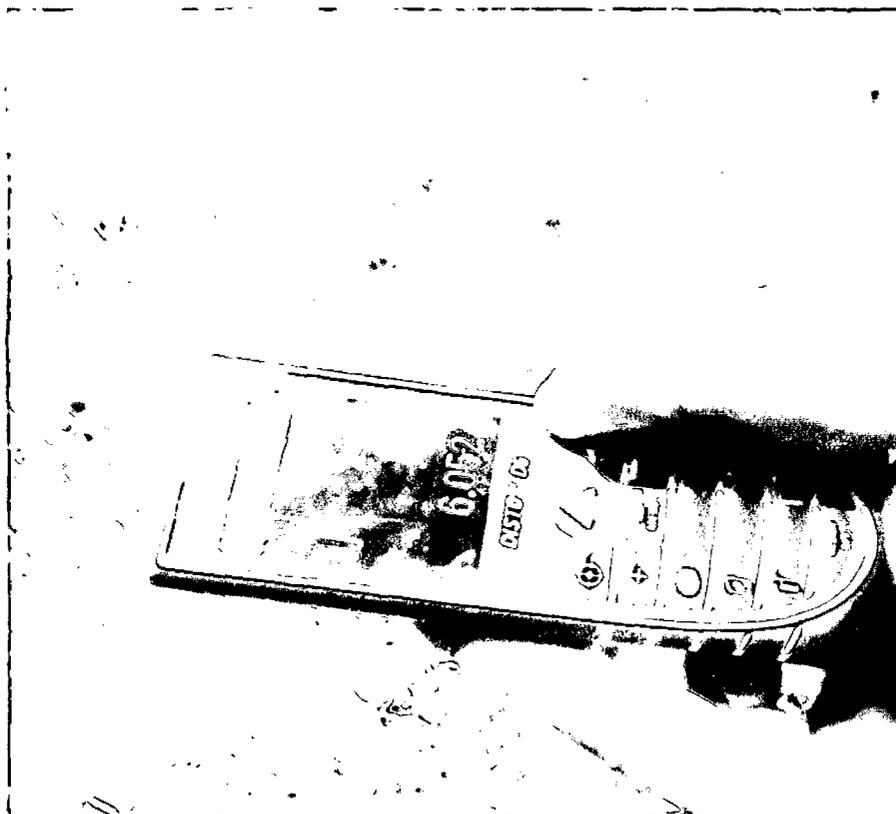
Fotografía 19. Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) para calcular la altura.



Fotografía 20. Obtención de la distancia con el Eclímetro para calcular la altura



Fotografía 21. Obtención de la distancia al fin del árbol con el Eclímetro para calcular la altura.



Fotografía 22. Obtención de la distancia con el Eclímetro para calcular de la altura.