

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



"CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA AÉREA EN PLANTACIONES
FORESTALES DE SHAINA *Colubrina glandulosa* Perk.
(*Ramnaceae*). EN REGIÓN SAN MARTÍN - PERÚ"

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:
ROBERTO CARLOS DEL CASTILLO UGARTE

TARAPOTO – PERÚ

2003

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL

ÁREA DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

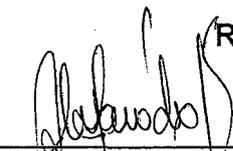
“CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA AÉREA EN PLANTACIONES FORESTALES DE SHAINA Colubrina glandulosa Perk. (Ranaceae) EN LA REGIÓN DE SAN MARTÍN – PERÚ.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

DE INGENIERO AGRÓNOMO

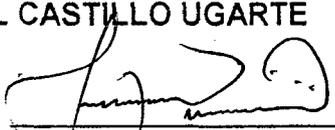
PRESENTADO POR EL BACHILLER:

ROBERTO CARLOS DEL CASTILLO UGARTE



ING. Dr. Jaime Alvarado Ramirez

PRESIDENTE



ING. Gilberto Ríos Olivares

MIEMBRO



ING. Williams Ramirez Navarro

MIEMBRO



ING. M.Sc. JORGE SÁNCHEZ RÍOS

ASESOR



BACH. ROBERTO CARLOS DEL CASTILLO UGARTE

TESISTA

TARAPOTO – PERU

2003

DEDICATORIA

A mis queridos padres, **Celina del Jesús Ugarte Arbildo, Errol del Castillo Linares**, quienes con sacrificio y esmero, hicieron posible la culminación exitosa de mi carrera profesional.

Con gratitud, a mis queridas hermanas, **María y Katherine**, quienes me brindaron su apoyo moral y esfuerzo en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

- ☐ Al Ing. M.Sc. Jorge Sanchez Ríos, Docente Adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, Asesor del presente trabajo.
- ☐ Al señor Ángel Reátegui del Águila propietario del área boscosa donde se desarrollo el trabajo de investigación
- ☐ A la Universidad Nacional de San Martín por haberme formado en sus aulas y darme la oportunidad de estudiar en ellas.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	01
II. OBJETIVOS	02
III. REVISION BIBLIOGRÁFICA	03
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	13
V. RESULTADOS	22
VI. DISCUSIONES	44
VII. CONCLUSIONES	48
VIII. RECOMENDACIONES	50
IX. RESUMEN	51
X. SUMMARY	52
XI. BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	

I. INTRODUCCIÓN

La Región San Martín, por sus condiciones geográficas, climáticas y altitudinales hacen que existan una gran diversidad de especies de la flora, enmarcados dentro de los bosques tropicales que se enfrentan a un sistema de aprovechamiento selectivo, por tal motivo siempre ha sido el origen de su aprovechamiento irracional.

Una de las causas fundamentales al abordar ésta problemática es el desconocimiento de la existencia de especies potenciales y sus probables usos. Con una cantidad elevada de especie por hectárea, la orientación siempre ha sido utilizar las más valiosas y conocidas en el mercado y desaprovechar la mayoría de ellas, cómo consecuencia de 1.0 Ha. de bosque sólo se aprovecha el 3% de la madera y ocasiona un severo impacto ambiental, que se traduce en la pérdida de ecosistemas forestales, impacto en la diversidad biológica, deterioro de suelos por erosión, alteración de los regímenes hídricos y climáticos (Díaz, 1992). Sin embargo debido a que la Región San Martín tiene mejor calidad de suelos tropicales en comparación con otros Departamentos Amazónicos, las lluvias son moderadas y sumado a la existencia de caminos, hace de que se encuentre en condiciones favorables para realizar un programa de conservación de recursos naturales y recuperación de áreas degradadas orientadas a la producción forestal sostenible.

Los resultados obtenidos de esta investigación permitió obtener un mayor conocimiento para éste tipo de ecosistema boscosa, el que podrá ser de utilidad para orientar programas silvícolas en plantaciones de *Shaina* así como planificar su producción forestal, a nivel predial, local y regional; ayudando en cierta forma a contribuir en el nivel de vida socio - económico en ésta parte de la Selva Amazónica.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Cuantificar la biomasa aérea en plantaciones forestales de la especie *Shaina* (*Colubrina glandulosa* Perk).

2.2. Específico

- a) Caracterización estructural horizontal y vertical en plantación forestal de la *Shaina*.
- b) Cuantificar la biomasa aérea existente.
- c) Desarrollar y seleccionar modelos predictores que permitan estimar el rendimiento de la especie, en términos de biomasa aérea.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. De la especie *Shaina*

Ubicación Taxonómica

DIAZ, (1991). Taxonómicamente comprende :

Familia : Ramnaceae

Genero : Colubrina

Especie : Glandulosa Perk

Nombre Común : *Shaina*

Distribución

MAGBRIDE (1973). Indica que la planta de *Shaina* (***Colubrina glandulosa Perk***) es propia de las regiones tropicales, y se encuentran distribuida en América (Brasil), en el Perú se encuentra en San Martín.

Características

DIAZ (1991), describe a la especie según las siguientes características:

Forma: Árbol grande con promedios de 15 m. de altura y diámetro de 25 a 50 cm del DAP.

Copa: Semi cónica

Hojas: Simples alternas o sub opuestas, ovadas de unos 12 a 14 cm. de longitud por 6 a 8 cm. de ancho, ápice agudo, base redonda, bordes enteros, trinervadas y curvadas.

Inflorescencia: Panicular, corimbos axilares de coloración pardo rojizo y de 2 a 2.5 cm. de longitud, y pedicelos de 1 a 2 mm. de longitud, flores de 1 a 1.5 cm. de longitud, con cáliz tomentoso con 5 sépalos dentados acuminados, corola con 5 pétalos libres, estambres cubiertos por una capa membranosa y esférica, en número de 5 con 0.5 cm. de diámetro.

Frutos y Semillas: Sub-globosa, pequeña de color marrón cápsula con dehiscencia valvar de epicarpio delgado. Semilla en número de tres con coloración negra ovoide, envueltos por una membrana transparente.

Raíz: Redonda.

Ramas: Ramificación verticiliada.

Tronco: Cilíndrico.

Corteza muerta: Ligeramente agrietada decoloración pardo negruzco.

Corteza viva: De coloración amarillenta crema, sin exudaciones, de espesor de 5 mm.

Propagación: Por semilla.

Plagas y enfermedades: En vivero es atacada por *Fusarium oxisporium*. Es apetecible por hormigas que comen las yemas tiernas de las plantas en vivero o en terrenos establecidos.

Suelos : Requieren suelos franco arenoso y fértil de buen drenaje.

Formación ecológica: A nivel de bosques secundarios; se distribuyen entre los 500 a 2000 msnm con promedios de temperatura mínima de 19°C. Y

una máxima de 31°C, precipitación total anual de 2000 mm. Se adapta en zonas de vida como bosque seco - Tropical (bs-T).

Características silviculturales: Crecimiento rápido, retoñan fácilmente, muy exigentes a la luz.

Usos: Para construcción de viviendas rurales, postes eléctricos y telefónicos, parketería, leña, pulpa para papel, para protección de cuencas, en agroforestería, etc.

3.2. De la Biomasa

Definiciones

ELLENGERG (1971) indica que, existe una apreciable cantidad de literatura sobre determinación de montos de biomasa, principalmente, concentrada en estudios ecológicos, con énfasis en los ciclos de nutrientes y en la productividad primaria anual.

PARDE (1980) menciona que la biomasa puede definirse cómo la producción de peso seco del material vivo por unidad de superficie (g/cm^2 ; Kg/m^2 ; T/ha ; mientras que productividad es la "producción de biomasa" por unidad de tiempo ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{hora}$; $\text{T}/\text{ha}/\text{año}$).

NEWBOULD (1967), conceptúa a la biomasa cómo la cantidad de materia viva presente en un momento dado en un sistema biológico, expresada por unidades de superficie.

KRUUSSELA Y NYSSONEN (1981), utilizan el término de biomasa forestal cómo el volumen total de los organismos vivos de las especies que se dan a la vez en un sistema y, se pueden dividir en tres grupos: árboles, arbustos y otra vegetación.

VALLE (1981); CAYCEDO Y NIÑO (1986), estudios realizados por ellos, denominan a la biomasa forestal con el término de fitomasa, refiriéndose más específicamente a la fitomasa aérea leñosa en pie.

PARDE (1980) manifiesta que, la importancia de los estudios de la biomasa obedecen, a las siguientes razones: Comercialización, fines científicos y dendroenergía.

TELLER (1988), indica que los estudios de biomasa son importantes para comprender el ecosistema forestal, ya que entregan la distribución de la materia orgánica en el sistema y, permiten evaluar los efectos de una explotación respecto al equilibrio mineral en el ecosistema.

También se utilizan para catalogar en forma de inventario, la cantidad de materia biológica disponible en un momento y ambiente determinado y, estimular la cantidad del combustible presente en épocas de incendios (PEDRASA, 1989).

Otros autores, (RITTENHOUSE Y SNEVA, 1977; MURRAY Y JACOBSON, 1982), manifiestan que los estudios de fitomasa son pre requisitos para la determinación de funciones de un ecosistema, tales como: ciclo de nutrientes, disponibilidad de forraje y combustible, el flujo de energía, etc.

Estructura y dasometría del bosque

La estructura del bosque, es la estratificación que éste presenta en el plano vertical, la que es dinámica y cambiante con la edad.. SCHMIDT Y URZUA, (1982).

Componentes arbóreos

YOUNG Y TRYON (1979), al hablar de los componentes de un árbol se incluye la totalidad del material vegetal, desde raicillas hasta los ramos más pequeños.

HITCHCOCK Y DONNEL (1979) y HONER (1971), sugieren definir los componentes de la biomasa de los árboles sobre una base estándar, por ejemplo expresar, una determinada fracción como un porcentaje del tronco del árbol (excluidas ramas) y libre de corteza.

FAO (1981); MADGWICK (1973) y PARDE (1980) indican que, el porcentaje del tronco sobre la biomasa total del árbol depende de varios factores, tales como: Especie, edad del árbol, tratamiento silvicultural y otros. En general, está en un rango que oscila entre 55 % y 77 %.

HITCHCOCK y MC DONNELL (1979) mencionan que, la copa está constituida por follaje más ramas. Sin embargo, otros autores sólo incluyen las ramificaciones, no comerciables (diámetros pequeños), del tronco principal (CLARCK y TARAS, 1976; WHITTAKER, 1965).

SMITH (1973) y TANNER (1980), por lo general, las especies de coníferas presentan entre el 15 % y el 20 % de la biomasa total en las copas; las latifoliadas entre el 20 % y el 25 %.

Muestreo

HITCHCOCK y DONNEL (1979) indican que, a través del tiempo se han implementado diferentes metodologías para determinar biomasa, adaptadas al tipo de formación vegetal, a su estructura y función.

NEWBOULD (1967), manifiesta, que en los métodos de muestreo es necesario dividir el ecosistema boscoso en sus distintos componentes, haciendo una evaluación de lo que hay; al nivel de los árboles, será necesario medir la densidad y dimensiones de éstos (alturas, área basal, DAP, etc.).

MADGWICK (1973), en la práctica el tamaño de la muestra puede variar de valores tan bajos como diez árboles, hasta varios centenares. Esto depende del grado de confiabilidad estadística que se desea obtener (generalmente, el 95 % y/o el 99 %) y del error permisible con que se planea trabajar para un mejor resultado.

3.3. De los métodos de estimación de la biomasa

BOWN (1992) sostiene que, el muestreo directo de la biomasa mediante la destrucción de árboles es un proceso que consume mucho tiempo y recursos económicos, lo que ha llevado a la implementación de métodos para la estimación de ella. Por lo general se utilizan el método del árbol medio y el método regresional.

MADGWICK (1973), manifiesta que el método del árbol medio consiste en buscar el árbol que presente el promedio aritmético del DAP del rodal o cualquier otra variable del estado del árbol. Este ejemplar se voltea y se determina su peso seco. Con éste valor se calcula la biomasa total acumulada en una superficie, como el producto del número de árboles por la biomasa del árbol medio.

Este método es aplicado en bosques homogéneos, como son las plantaciones, no ocurriendo lo mismo en bosques naturales, debido a la heterogeneidad estructural de ellos, diferencias de edades y de posición sociológica de los árboles.

MADGWICK (1976), un ejemplo de ecuación utilizada para relacionar el peso y el tamaño de un árbol, es el siguiente:

$$\text{Log } P = a_1 \cdot \text{Log } T + b_1$$

P : Peso del árbol.

T : Variable de estado, generalmente DAP ó DAP. h.
(h = altura)

a_1 y b_1 : Constantes.

El mismo autor (1976), indica que la estimación del peso seco de un rodal puede hallarse por el siguiente método:

$$P.R. = \sum P_e$$

P.R. : Peso seco del rodal.

P_e : Pesos estimados de los árboles a partir de regresiones.

3.4. Muestreo regresional

La determinación de ecuaciones para la estimación de la biomasa conlleva tres tipos de operaciones:

- a) La selección de los árboles a muestrear.
- b) Las mediciones a realizar en los árboles seleccionados, y
- c) La identificación de las relaciones entre las variables predictoras e independientes.

BOWN (1992), el muestreo regresional es un método que normalmente utiliza ecuaciones alométricas para predecir la biomasa total y de los componentes de los árboles. Estas son funciones del tipo doble logarítmicas. Presentan, generalmente, al DAP, cómo la única variable predictora y tienen gran flexibilidad. Las ecuaciones de la forma:

$$Y = a \cdot X^b \quad (1)$$

Y : Variable dependiente.

X : Variable independiente.

a y b : Constantes.

La forma linealizada de la ecuación anterior es:

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

PARDE (1980), indica que la transformación inversa (2) presenta sesgos, que puede ser corregidos mediante la semi suma del error cuadrático medio. Esta corrección tiene menor sesgo que el estimador no ajustado.

$$\ln Y = \ln a + b \ln X + S^2/2 \quad (3)$$

Una de las ventajas de ésta función, es su forma lineal en una escala Log/Log. Además, expresa un hecho altamente aceptado, que es la proporcionalidad entre los incrementos relativos de las dos partes de una planta.

$$dY/Y = a DX/X \quad (4)$$

3.5. Biomasa en bosques tropicales

VALLE (1981) menciona que, la evaluación del potencial forestal en ecosistemas tropicales es difícil y costosa. El volumen de madera en pie en los bosques es variado, producto de la variabilidad ambiental (suelo y clima) en que crecen y de su diversidad florística. La cuantificación de los cuantos de volumen también se ve afectada por los métodos de inventario empleados.

Comparación de variables

Las variables dasométricas y acumulación de biomasa aérea en cada fase de crecimiento de los árboles, presenta variaciones significativas, esto debido a las diferencias de dimensiones dasométricas que poseen los individuos en cada uno de ellos. VALENZUELA (1995).

WHITTAKER Y NIERING (1975) sostienen que, el componente total de fitomasa en bosques tropicales lluviosos oscila entre 60 y 800 T/ha, en bosques caducifolios entre 60 y 600 T/ha, en bosques templados entre 60 y 2000 T/ha y en bosques boreales entre 60 a 400 T/ha.

SALAS (1971), en un estudio efectuado en bosques tropicales de Colombia, mostró que la fitomasa aérea puede ser estimada con un error de aproximadamente del 5 %, si se toma un número de árboles representativos suficientemente grande. El diámetro y la altura son los parámetros esenciales en la estimación de fitomasa.

Al hacer evaluación primaria en bosques tropicales de Colombia, obtuvo resultados que se caracterizan por una productividad bastante alta, 52,5 T/ha/año, y una tasa de incremento de la fitomasa muy baja, cerca del 3 % anual. (SALAS, 1971),

CAYCEDO Y NIÑO (1986), determinaron la fitomasa aérea de un bosque natural secundario tropical de 10 años de edad en la Costa Pacífica de Colombia, encontrando un total de 73,03 T/ha. Estas se distribuyen en los siguientes componentes: troncos 47,64 T/ha (65,21 %), ramas 18,20 T/ha (24,91 %), hojas 34,16 T/ha (9,88 %).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Localización geográfica

El bosque estudiado, está ubicada en el sector "Laguna Venecia", parcela de propiedad del señor Ángel Reategui del Águila jurisdicción del Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia y Región de San Martín - Perú. Sus coordenadas geográficas son: Latitud Sur $06^{\circ}32'$ y $76^{\circ}22'$ Longitud Oeste. Se encuentra a una altitud media de 350 m.s.n.m. (Figura 01)

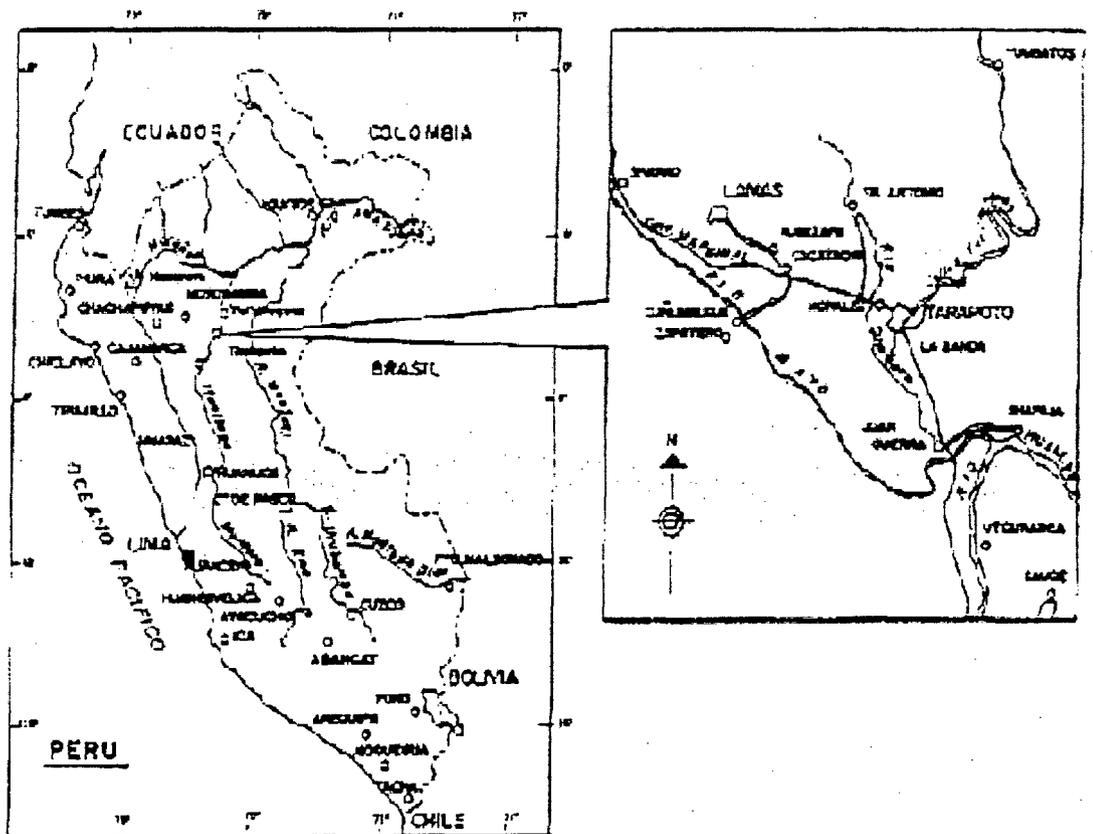


Figura 01: Mapa de ubicación del área boscosa.

4.1.2. Descripción del bosque en estudio

El trabajo se ejecutó en un bosque con plantaciones forestales de la especie *Shaina Colubrina glandulosa* Perk, de 6.5 años de establecimiento.

4.1.3. Vías de acceso

Se usa como vía principal de acceso la Carretera Tarapoto – Yurimaguas (Km. 6), margen derecha entrada a la Laguna Venecia, Km. 1,5.

4.1.4. Ecología

Se clasifica en la formación vegetal “bosque seco - Tropical” (bs - T), según las zonas de vida propuestos por HOLDRIDGE, (1987).

4.1.5. Clima

De acuerdo a informaciones proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) - Región San Martín – Tarapoto de 10 años de observaciones. Este lugar estudiado se caracteriza por poseer un clima sub húmedo. Las temperaturas máximas promedios llegan a 32.2 °C en el mes de Enero y las mínimas bajan hasta 16.4 °C en el mes de Julio. La precipitación total anual es de 1,264 mm., Marzo y Abril son los meses más húmedos con 153 y 154 mm., Julio es el mes más seco con 56 mm.

4.1.6. Fisiografía

El área boscosa estudiada presenta relieves de plano a ligeramente inclinados, las pendientes dominantes van del 2 al 6 %.

4.1.7. Drenaje

La zona presenta un buen drenaje interno, son permeables, bien retentivos para la humedad. En los periodos muy húmedos, la cantidad de agua caída, excede a la cantidad de agua infiltrada, éste exceso no se estanca, sino que fluye por la superficie. F.A.O. (1971).

4.1.8. Suelos

Estudios detallados de suelos realizados por la F.A.O.(1971) indican que, el área con plantación, pertenece a la serie Tarapoto Amarillo, cuya taxonomía está clasificado como Ultisol

Así mismo, para complementar el presente estudio se efectuaron calicatas en el área boscosa, con la finalidad de determinar las propiedades físico – químicas de los distintos horizontes de los suelos, de acuerdo a formas y métodos estandarizados de laboratorio.

4.2. Metodología

Para el bosque estudiado, se consideraron estructuras del tipo horizontal y vertical, esto para un mejor entendimiento de la arquitectura general que presenta dicho ecosistema. Los valores dasométricas y volumétricas, según su abundancia, DAP, área basal, altura y volumen; fue utilizada para relacionar las estimaciones de biomasa del bosque. Ver anexo 02.

La estimación de la biomasa de la especie *Shaina* se realizó combinando los métodos de cosecha y alométrico.

CALDENTEY (1989), indica que el método de cosecha facilita estimar la biomasa total de los árboles o parte de ellos, y el método alométrico correlaciona los pesos secos con las variables morfológicas de los árboles. Los árboles muestra se distribuyen en todos los rangos diamétricos. La metodología consideró los procesos siguientes:

- a) Elección y selección del área de estudio del rodal .
- b) Clasificación y caracterización dendrométrica del rodal.
- c) Caracterización estructural del rodal .
- d) Cuantificación de acumulación de biomasa.
- e) Desarrollo y selección de ecuaciones de biomasa.
- f) Determinación de la biomasa del bosque por unidad de área.

Seguidamente la figura 03, muestra un esquema del método de cosecha y alométrico seguido para la estimación de la biomasa.

I. TRABAJOS EN TERRENO

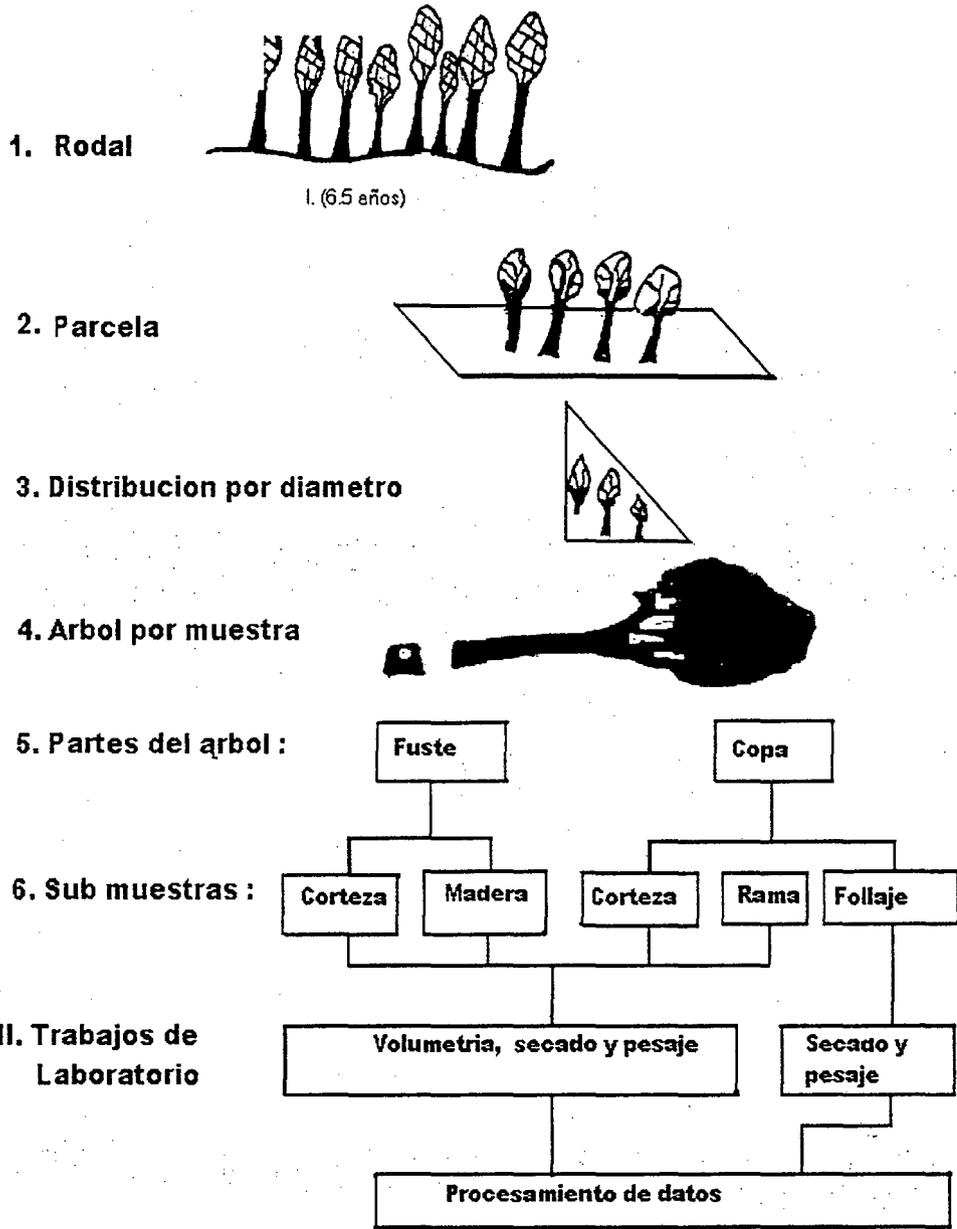


Figura 03. Esquema del método de cosecha y alométrico para la estimación de biomasa (adaptado de MAGNI, 1995)

4.2.1. Elección y selección de la plantación

Se seleccionó una plantación homogénea de la especie *Shaina* por su fácil accesibilidad y edad. El área estudiada tuvo una superficie de 1 877.4 m². Esta plantación fue establecida en el año de 1997, según su propietario Sr. Ángel Reátegui Del Águila.

El trabajo de campo consistió en el inventario de la plantación, medición de árboles muestra, tala y obtención de sub muestras de los componentes del árbol.

4.2.2. Clasificación y caracterización de la plantación

Se clasificó a la especie teniendo en cuenta las fases de crecimiento de los árboles descritos por BARNARD (1950), formadas por: Latizal Bajo Individuos de $3.0 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 5.00 \text{ cm}$. Latizal Alto: Individuos de $5.1 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10.0 \text{ cm}$., para Fustal: Individuos de $10.1 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 20.0 \text{ cm}$.

El bosque seleccionado, fue evaluado al 100%, en cada árbol, se registraron variables cualitativas: fitosanidad, formas del fuste y copa, etc. y mediciones de variables cuantitativas: DAP (cm), altura total (m), altura de copa (m), altura de inserción de la ramas en el fuste (m), diámetro de copa (m).

4.2.3. Caracterización estructural de la plantación

En la plantación se evaluó tres parcelas de inventario silvícola para efectuar perfiles de estructura, con dimensiones de 20 x 10 m; se considero la presencia de estratos, de acuerdo a los tipos de organizaciones estructurales del bosque: horizontal, vertical y específicas, descritas por ROLLET (1980)

4.2.4. Cuantificación de acumulación de biomasa

Se realizaron las siguientes actividades:

a) Selección y muestreo de árboles

Una vez obtenido los resultados del inventario del bosque, se confeccionaron tablas volumétricas; de ellas, se seleccionaron 38 árboles distribuidos en 03 parcelas a talar, considerándose en el muestreo fases de crecimiento y la distribución diamétrica de los fustes; de éstos 32 individuos se emplearon para la construcción de biomasa y los restantes se utilizaron para la validación. La forma de muestreo de los árboles seleccionados fue de tipo destructivo.

Cada individuo fue talado, se trozó los fustes y ramas a intervalos regulares para efectuar la volumetría. Como resultado de todo éste proceso se determinaron a nivel del árbol: DAP y altura; en las trozas se registraron: diámetro basal con y sin corteza, largo, espesor de corteza y xilema.

En las copas se realizó el muestreo mediante conteo de las ramas de todos los árboles talados, en ellas se registraron: diámetro basal de la rama, longitud de la rama y la altura de inserción en el fuste.

Las ramas se midieron hasta un diámetro mínimo de 2,5 cm. y cuando tuvieron un tamaño que permitían la obtención de piezas comerciales (largo superior a 1,0 m. y diámetro mínimo mayor a 2,5 cm.), se les dio un tratamiento similar al de los fustes. Las ramas menores de 2,5 cm. se considero como follaje.

Finalmente se sacaron sub muestras de maderas de los fustes y ramas (rodela) y sub muestras del follaje, para determinar el contenido de humedad, densidad y peso seco. Ambas se pesaron en terreno con una balanza digital, en forma separada para determinar pesos verdes.

b) Estimación de volúmenes

Con la información obtenida del trozado de fustes y ramas, se calcularon los volúmenes de cada árbol muestra.

El volumen de cada troza se determinó utilizando la "Fórmula de Smalian" (HUSCH, 1971). Con estos valores se desarrollaron ecuaciones volumétricas, con las cuales se estimaron los volúmenes existentes del bosque.

c) Pesos secos de las sub muestras de biomasa .

Las sub muestras de fustes, ramas y follaje, fueron llevados al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, para su proceso de secado a través de una estufa a una temperatura de 75°C., hasta la obtención de pesos constantes. Las sub muestras (fustes y ramas) fueron saturados en agua por 24 horas. Se midió su volumen por desplazamiento de agua.

Se determinó la densidad básica de la madera (g/cm^3) como la relación entre el peso seco y el volumen verde (KOLLMANN, 1968). Los valores medios de densidad obtenidos para cada troza fueron utilizados para estimar su biomasa. La suma de todos los

pesos secos de las trozas de un árbol corresponde a la biomasa de su fuste.

4.2.5. Desarrollo y selección de ecuaciones de biomasa

Se procesaron la información con el uso de Programas Estadísticos y se obtuvo funciones de biomasa para cada árbol y/o componente a partir de variables dendrométricas (DAP, diámetro de copa, altura del árbol, etc.).

Para desarrollar y seleccionar los mejores modelos predictivos (ecuaciones) se consideraron el mayor coeficiente de determinación (r^2), el menor error cuadrático medio (ECM), el análisis de varianza y el análisis de los residuos.

Todos los procesos indicados para seleccionar los mejores modelos predictivos se realizó mediante procedimientos descritos por BOWN (1992);

a) Jerarquización de variables

Utilizando el coeficiente de correlación, se ordenaron, de mayor a menor importancia, las variables predictoras de la biomasa.

b) Gráfica y selección de tendencia

Se graficaron los valores de biomasa en función de cada una de las variables predictoras, y se eligió una tendencia que la represento.

c) Selección de variables paso a paso.

Se seleccionaron variables predictoras significativas, ingresándolas en orden de importancia y transformadas de acuerdo a la tendencia de la nube de puntos.

d) Selección del mejor modelo

De los modelos derivados de la selección de variables paso a paso, se eligió el mejor, en base al mayor coeficiente de correlación, menor error estándar de estimación y sencillez estructural del modelo.

La estimación de la acumulación e incremento de biomasa existente en la plantación, se realizó aplicando las ecuaciones obtenidas a los datos provenientes de los inventarios silvícolas realizados en el bosque. Se estimó el monto total y por componente, mediante:

- Acumulación total de biomasa aérea (T/ha) = Peso seco total de biomasa aérea x superficie de área.
- Incremento medio anual de biomasa aérea (T/ha/año) = Acumulación total de biomasa aérea ÷ edad del bosque.

4.2.6. Acumulación de biomasa

Las informaciones cualitativas y resultados de la biomasa obtenidas en el bosque, fueron analizadas por fases de crecimiento y montos acumulados de bioma

V. RESULTADOS

Con la información de campo y de laboratorio obtenidos en las diferentes fases del proceso de evaluación, se presentan los resultados y en función a éstos últimos las discusiones.

5.1. Parámetros del suelo

El suelo encontrado en el bosque presenta características morfológicas, propiedades físicas y químicas, que son muy similares a los resultados de la zona de estudio determinado por F.A.O. (1971). Características de éstos suelos se presentan en el Anexo 01.

Características morfológicas

El perfil presenta una secuencia de horizontes A, B y C. El horizonte A (Ap), alcanza un espesor de 30 cm.; de color pardo oscuro; de textura franco arenoso; estructura granular y consistencia friable en húmedo. La reacción es de mediana a ácida y el contenido de materia orgánica es medio.

Sigue un horizonte B, generalmente sub dividido en B1, B2, B3; de color rojo amarillento; de textura moderadamente fina a fina; estructura granular y consistencia friable en húmedo. La reacción es muy fuerte a extremadamente ácida y el contenido de materia orgánica es muy bajo. En este horizonte se observan abundantes películas de arcillas.

El horizonte C, es de textura moderadamente fina; de color rojo amarillento; masivo (sin estructura) y de friable a muy friable en húmedo. La reacción es muy fuertemente ácida y el contenido de materia orgánica es muy bajo.

Fertilidad y aptitud agronómica

El suelo del bosque estudiado es franco arenoso, profundos, permeables; bien retentivos para la humedad y con buen drenaje interno y de fácil laboreo . Es un suelo medianamente ácido.

El contenido de Fósforo asimilable es medio, el Potasio asimilable se encuentra en muy buena cantidad (alto) . La capacidad de cambio es baja, lo mismo que el porcentaje de saturación de bases. En términos generales es un suelo poco fértil, de escasa capacidad productiva y uso agrícola limitado, quedando reducida a pocos cultivos de hábitat acidófilo.

De acuerdo al estudio de suelos que se realizó el bosque presenta promedios de materia orgánica 4.54% y pH 5.88, este tipo de suelo requiere de trabajos especiales de manejo dirigido a elevar el pH y al control de erosión en las áreas con pendientes inclinada.

5.2 Estructura y dasometría del bosque.

5.2.1 Estructura horizontal

Un resumen de los valores dasométricos del bosque por fase de crecimiento de los árboles, se presenta en el Cuadro 01.

Cuadro 01: Valores dasométricos del bosque por fases de crecimiento.

	Fases de crecimiento	VALORES DASOMETRICOS				
		N/ha	DAP (cm)	AB (m ² /ha)	HT (m)	Vol. (m ³ /ha)
BOSQUE	Latizal Bajo	442	4.4	0.73	7.5	2.7
	Latizal Alto	1646	6.6	6.73	10.6	29.2
	Fustal	69	11.4	0.74	13.5	3.6
	Total	2157	7.5*	8.20	10.5*	35.5

N/ha : Número de árboles en la hectárea.
 DAP : Diámetro a la Altura del Pecho
 VOL/ha : Volumen por hectárea
 HT : Altura Total
 AB : Área Basal
 * : Valores promedios

La figura 03 presenta para el bosque la distribución diamétrica en relación a la abundancia por hectárea, que se muestra en ella en forma disgregada.

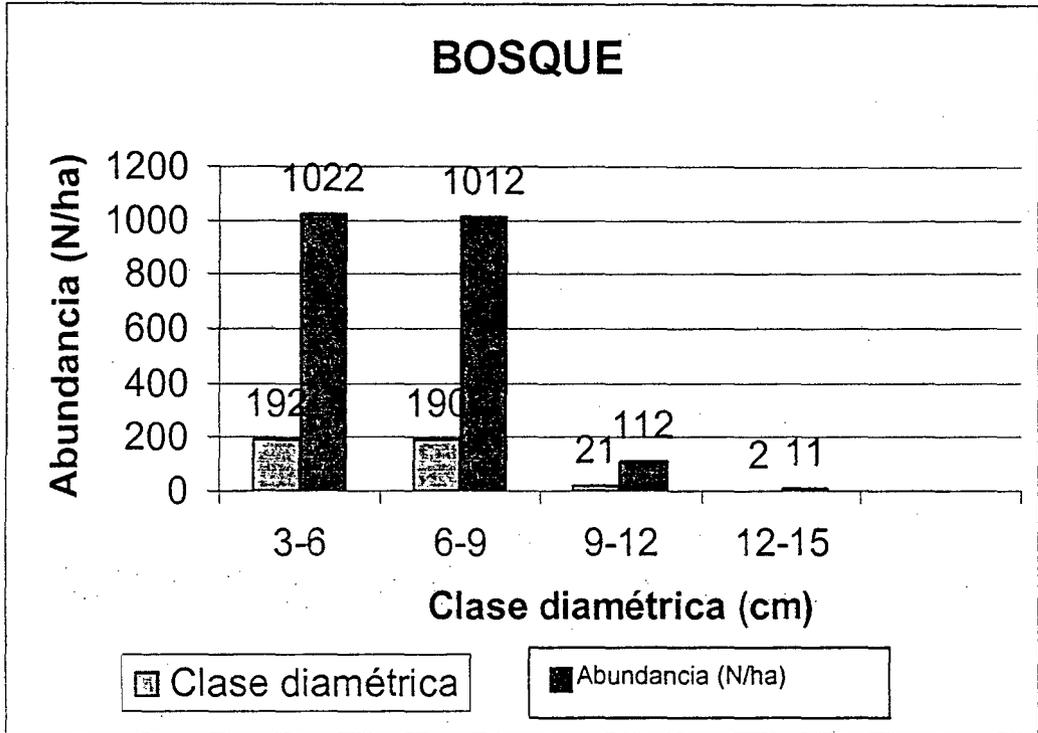


Figura 03. Distribución diamétrica y abundancia del bosque

Finalmente en las figuras 04 y 05 se presentan para el bosque el crecimiento diamétrico promedio, en relación a sus valores: diámetro versus altura, y área basal (AB) versus volumen.

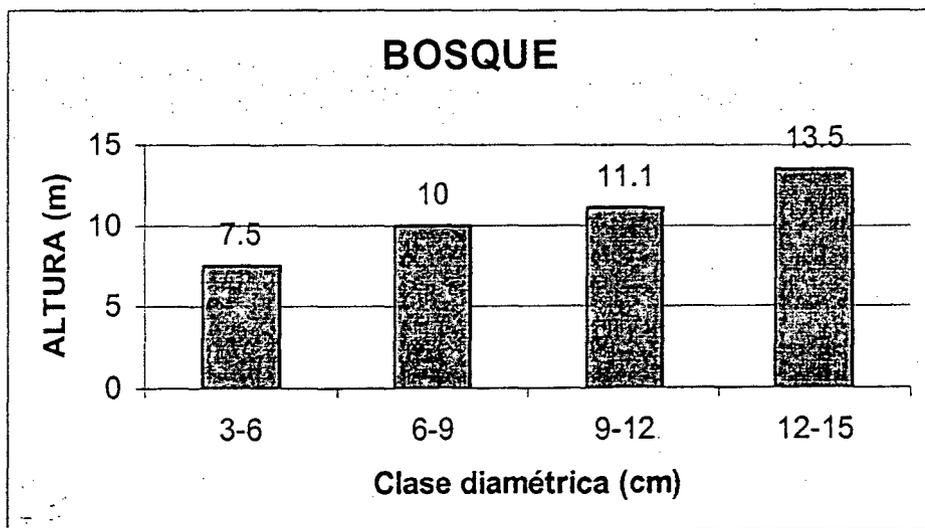


Figura 04: Crecimiento diámetro versus altura del bosque.

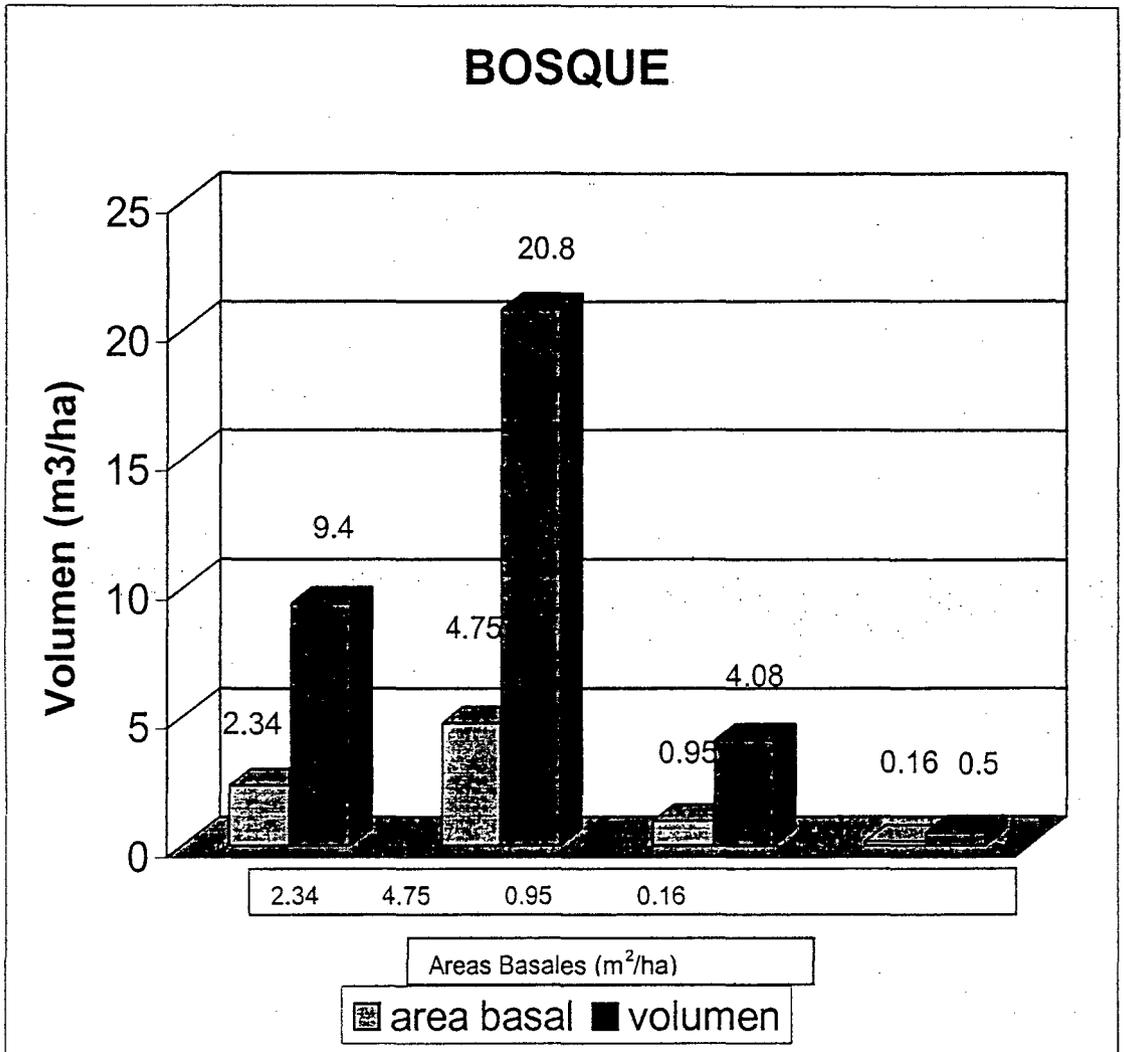
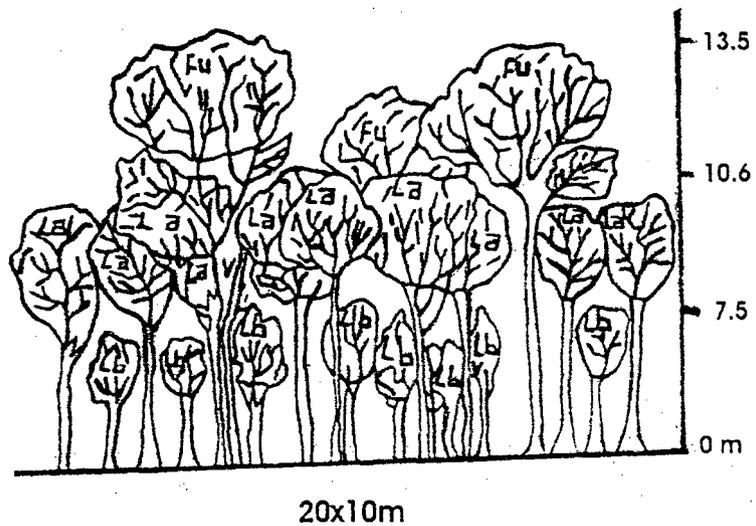


Figura 05. Crecimiento del área basal (AB) versus volumen del bosque.

5.2.2 Estructura vertical.

La representación espacial de los perfiles verticales para las parcelas del inventario silvícola del bosque en estudio se presentan en la figura 06.

Figura 06. Estructura vertical del bosque



LB : Latizal Bajo
LA : Latizal Alto
Fu : Fustal

5.2.3 Estructura específica

Los árboles encontrados en el bosque por fases de crecimiento, la mayoría presentan buen crecimiento con fustes rectos y estado sanitario adecuado

5.3. Biomasa aérea del bosque

5.3.1 Contenido de humedad

Se determinó el contenido de humedad promedio para estimar el peso seco y peso húmedo de los árboles y componentes, cuyos valores se presenta en el Cuadro 02.

Cuadro 02: Valores promedios de humedad de los diferentes Componentes del árbol.

BOSQUE	COMPONENTES	C.H. (%)	PS/PV (%)
	Fuste	69.5	59,01
Ramas	75.5	56,96	
Follaje	87.6	36,90	
Ramas + Follaje	72.3	40,05	

C.H. : Contenido de Humedad (%).

PV : Peso Verde

PS : Peso Seco

5.3.2. Densidad básica y poder calorífico

- a. **Densidad Básica.** Para la especie en estudio se determinó la Densidad Básica de la madera seca en $0,37 \pm 0,06 \text{ g/cm}^3$.
- b. **Poder Calorífico.** Se determinó el Poder Calorífico para la especie valores promedios de 4.053 kJ/kg.

5.3.3. Construcción de modelos matemáticos.

Mediante la construcción de modelos matemáticos se calculó la biomasa aérea del bosque, permitiendo de ésta manera estimar el peso seco del fuste (madera y corteza) y de la copa (ramas y follajes) de todos los árboles muestra. Se seleccionó 38 árboles, de éstos 23 individuos fueron utilizados en la construcción de los modelos matemáticos y, la restante se emplearon para la validación respectiva.

Cuadro 03. Fases de crecimiento y valores dasométricos de los árboles muestreados en el bosque

BOSQUE	Fases de crecimiento	VALORES DASOMETRICOS			
		N/ha	DAP (cm)	HT (m)	Vol. (m ³)
	Latizal bajo	29	3,0-5,0	4,7-8,4	0,110-1,080
	Latizal alto	40	5,1-10,0	9,8- 11,3	0,222-1,119
	Fustal	19	10,1-13,5	11,8-14,0	1,663-3,116

- N/ha : Números de árboles muestreados en la hectárea.
DAP : Diámetro a la Altura del Pecho(cm).
HT : Altura Total (m).
Vol. : Volúmenes con corteza (m³).

5.3.4 Ecuaciones de biomasa para ramas y follajes.

Para estimar la biomasa de la copa de los árboles se calculo los valores de pesos secos de los componentes ramas y follaje para 194 ramas de los árboles muestra del bosque, para lo cual se elaboraron ecuaciones de regresión lineal del tipo doble logaritmo.

Cómo variables dependientes se tomaron a los pesos secos de las ramas (PSR) y del follaje en función a las variables morfológicas independientes: diámetro basal de la rama con corteza (DBRC),

longitud de ramas (LR) y altura de inserción de la rama en el fuste (HIRF).

Las variables de las ecuaciones de regresión se seleccionaron mediante la técnica estadística paso a paso y a través de una serie de procesos descritos por BOWN (1992), esto teniendo en cuenta la mayor correlación que poseían las variables morfológicas con el peso seco de las ramas y el follaje.

Cuadro 04. Matriz de correlación de las ramas y variables morfológicas predictoras.

	VARIABLES	LR	DBRC	HIRF
BOSQUE	PSF	0,61	0,73	-0,27
	PSR	0,69	0,83	-0,22
	PSCOPA	0,72	0,81	-0,18

PSF : Peso seco fuste (gr)
 PSR : Peso seco ramas (gr)
 PSCOPA : Peso seco copa (gr)
 LR : Longitud de rama (m)
 DBRC : Diámetro basal rama con corteza (cm)
 HIRF : Altura de inserción rama fuste (m).

Se probaron modelos de ecuaciones diversos, encontrándose finalmente el mejor ajuste con las siguientes ecuaciones a métricas linealizadas:

$$\text{BOSQUE} : \ln(\text{PS}) = \ln a + b \ln(\text{DBRC}) + c \ln(\text{LR})$$

Donde :

PS : Peso seco (gr.)
 DBRC : Diámetro basal de la rama con corteza (cm).
 LR : Longitud de ramas (m).
 a, b y c: Constantes.

En el Cuadro 05, se presenta para el bosque los resultados finales de las ecuaciones de biomasa para las ramas, por componente, así como para las constantes de los modelos seleccionados. Los modelos ecuacionales fueron construidos con las variables morfológicas diámetro basal y largo de las ramas con corteza, según lo obtenido en los coeficientes de determinación (R^2) y el error estándar de estimación (S_x), dados en el análisis de varianza, así como por la distribución gráfica de los residuos y simplicidad del modelo.

Cuadro 05. Ecuaciones seleccionadas para estimar la biomasa de ramas, follaje, y copa del bosque.

BOSQUE	ECUACIONES GENERALES	R^2	S_x
	$\text{Ln}(\text{PSF}) = 1,32 + 0,99 \text{Ln}(\text{DBRC})$	73,2	0,58
	$\text{Ln}(\text{PSR}) = 2,36 + 1,18 \text{Ln}(\text{DBRC}) + 0,55 \text{Ln}(\text{LR})$	89,3	0,36
	$\text{Ln}(\text{PSCOPA}) = 3,15 + 1,98 \text{Ln}(\text{DBRC}) + 0,41 \text{Ln}(\text{LR})$	91,1	0,33

PSR : Peso seco de la rama (madera y corteza), (gr.)

LR : Largo ramas (m)

El valor real estimado del peso seco (biomasa) de los componentes, se determinó mediante la transformación inversa de los logaritmos naturales en cada ecuación, corregida con el valor de $S_x^2/2$ (donde $S_x^2/2$ = varianza residual de la regresión). BASKERVILLE (1972); YANDLE Y WIANT (1981) y BOWN (1992).

Se validaron las ecuaciones con una muestra de ramas que no fueron consideradas en los ajustes anteriores. Finalmente se empleó para ello el Error Cuadrático Medio (ECM.), el que indica la bondad de ajuste de la exactitud del estimador, la cual incluye la totalidad de los errores aleatorios y sistemáticos (PRADO y AGUIRRE, 1987).

5.3.5 Ecuaciones de biomasa de árboles y componentes.

Las ecuaciones de regresión lineal se determinó para la biomasa de los árboles del bosque con los pesos secos totales y por componentes. Como variables independientes se consideraron: el DAP, altura fustal (HFu), altura total (HT), área basal (AB), diámetro de copa (DC) y longitud de copa (LC).

Mediante el análisis de correlación de las variables, pesos secos totales y sus componentes, se seleccionaron a las de mayor correlación para constituir los modelos adecuados. Realizado todo el proceso se obtuvo mejores correlaciones con las variables: área basal, DAP, y en cierta forma con la altura total; por su baja correlación no se consideró a las demás variables como predictoras (Cuadro 06)

Cuadro 06. Matriz de correlación para los variables empleados.

	VARIABLES	PSM	PSC	PSFu	PSR	PSF	PS COPA	PSARB.
	BOSQUE	DAP	0,89	0,96	0,95	0,88	0,83	0,85
	AB	0,92	0,99	0,98	0,80	0,82	0,79	0,98
	HT	0,55	0,50	0,57	0,42	0,40	0,43	0,53
	Hfu	0,19	0,12	0,24	0,45	0,06	0,04	0,19
	DC	0,50	0,60	0,50	0,53	0,45	0,47	0,55
	LC	0,38	0,40	0,42	0,30	0,42	0,20	0,38

Donde:

PSM	:	Peso seco Madera fuste (Kg.)
PSC	:	Peso seco corteza fuste (Kg.)
PSFu	:	Peso seco fuste (Kg.)
PSR	:	Peso seco ramas (Kg.)
PSF	:	Peso seco follaje (gr.)
PSCOPA	:	Peso seco copas (gr.)
PSARB:	:	Peso seco árbol (Kg.)

Desarrollado varios modelos de ecuaciones, se obtuvo resultado con un mejor ajuste la ecuación alométrica linealizada siguiente:

$$\text{BOSQUE} : \text{Ln (PS)} = \text{Ln } a + b \text{ Ln (DAP)} + c \text{ Ln (HFu)}.$$

Donde:

Ln	:	Logaritmo natural
DAP	:	Diámetro a la altura del pecho
HFu	:	Altura fustal (m).
a , b y c	:	constantes
PS	:	Peso seco (Kg.).

La ecuación final de biomasa para los árboles del bosque, se presenta en el Cuadro 07, las mismas que fueron seleccionadas en base a parámetros estadísticos que se tuvo en cuenta en el análisis de regresión y por la simpleza estructural del modelo encontrado

Cuadro 07. Ecuaciones seleccionadas del bosque para estimar la biomasa del árbol y sus componentes.

	ECUACIONES DE BIOMASA		
	ECUACIONES DEL FUSTE	R ²	Sx
BOSQUE	$\text{Ln (PSM)} = -1,43 + 1,86 \text{ Ln (DAP)} + 0,66 \text{ Ln (HFu)}$	89,3	0,18
	$\text{Ln (PSC)} = -2,24 + 1,18 \text{ Ln (DAP)}$	91,5	0,28
	$\text{Ln (PST)} = -1,90 + 2,10 \text{ Ln (DAP)} + 0,63 \text{ Ln (HFu)}$	94,6	0,16
	ECUACIONES DE LA COPA		
	$\text{Ln (PSR)} = -1,80 + 2,66 \text{ Ln (DAP)}$	64,5	0,75
	$\text{Ln (PSF)} = -3,48 + 1,03 \text{ Ln (DAP)}$	56,3	0,56
	$\text{Ln (PST)} = -5,98 + 4,16 \text{ Ln (DAP)}$	78,2	0,68
	ECUACIONES DEL ARBOL		
	$\text{Ln (PSA)} = -2,66 + 1,98 \text{ Ln (DAP)} + 0,72 \text{ Ln (HFu)}$	87,4	0,06

Donde:

PSM	:	Peso seco madera fuste (Kg.)
PSC	:	Peso seco corteza (Kg.)
PST	:	Peso seco total componente (Kg.)
PSR	:	Peso seco ramas (madera y corteza), (Kg.)
PSF	:	Peso seco follaje (Kg.)
PSA	:	Peso seco total árbol (Kg.)
DAP	:	Diámetro a la Altura del Pecho (cm)
HFu	:	Altura fustal (m)

Las estimaciones adecuadas de la biomasa total de los árboles y sus componentes generalmente lo hacen las ecuaciones seleccionadas del Cuadro 07. Lo mencionado se constató mediante un proceso de validación que consistió en la aplicación de las ecuaciones a todos los árboles

muestra (06) que no se incluyeron en los ajustes y en la comparación estadística.

5.3.6 Biomasa aérea total del bosque y componentes.

Todos los árboles del inventario silvícola y la tabla de cubicación para la especie fueron aplicados a las ecuaciones de biomasa anteriormente descritas, con el objeto de calcular los montos de biomasa total y componentes acumulados en ellos, tomando en cuenta clases diamétricas y la unidad de superficie (ha).

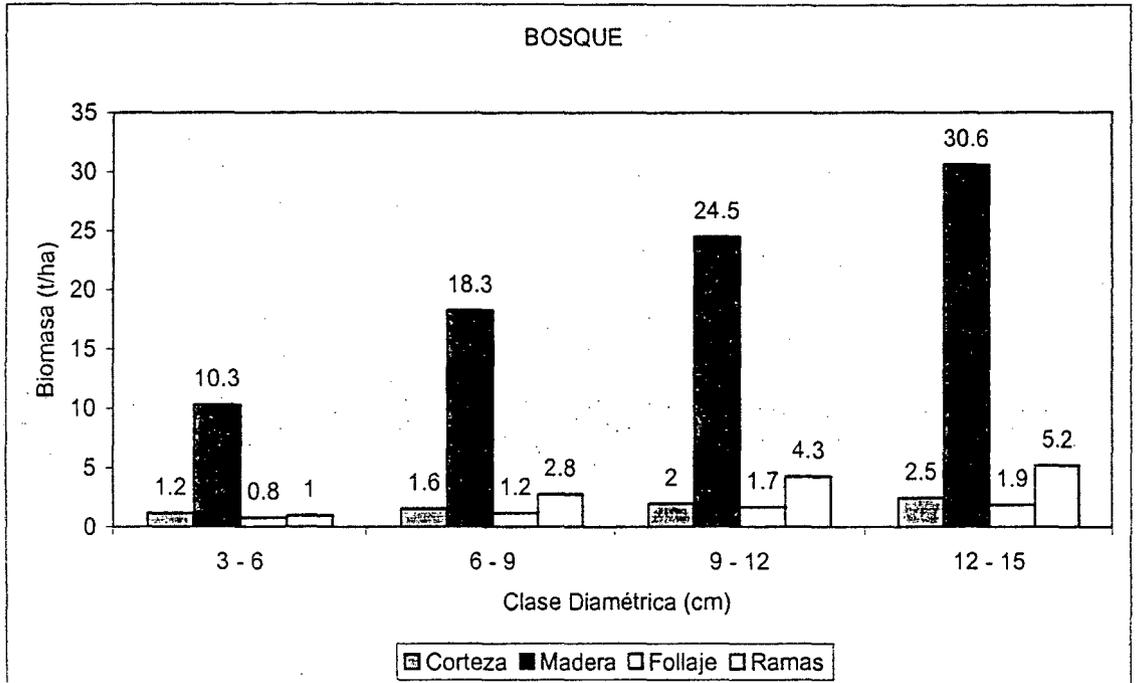
El Cuadro 08, se presenta la tabla de biomasa aérea total obtenida en el bosque y componentes de los árboles.

La distribución de la biomasa total (t/ha) en función de clases diamétricas, se puede constatar que el valor máximo de biomasa acumulada se encuentra en la clase 4 (40,2 t/ha), seguido de la clase 3 con (32,52 t/ha), y un valor mínimo la clase 1 con (13,3 t/ha).

Cuadro 08. Existencias de biomasa aérea total del bosque y componentes de los árboles.

BOSQUE	CLASE DAP (cm)	N/ha	FUSTE (t/ha)			COPA (t/ha)			TOTAL ARBOL (t/ha)
			Corteza	Madera	Total	Follaje	Ramas	Total	
	(1) 3-6	1022	1,2	10,3	11,5	0,8	1,0	1,8	13,3
	(2) 6-9	1012	1,6	18,3	19,9	1,2	2,8	4,0	23,9
	(3) 9-12	112	2,0	24,5	26,5	1,7	4,3	6,0	32,5
	(4) 12-15	11	2,5	30,6	33,1	1,9	5,2	7,1	40,2
	TOTAL	2157	7,3	83,7	91,0	5,6	13,3	18,9	109,9

La distribución de la biomasa (t/ha) según clases diamétricas (cm) y componentes del árbol para el bosque, se indica en la Figura 08.



Gráfica 08: Distribución de la biomasa (t/ha) por clase diamétrica (cm.) y componentes del árbol para el bosque.

Participación porcentual de biomasa aérea.

De acuerdo a lo indicado, en el Cuadro 09 se muestra la distribución porcentual de la biomasa total del bosque, como material no fotosintético los fustes tienen mayor contribución (83,4%) seguido de las ramas con (11,5%), mientras que las hojas sólo contribuyen con el (5,1%) como material fotosintético.

BOSQUE	CLASE DAP (cm)	FUSTE (%)			COPAS (%)		
		Corteza	Madera	Total	Follaje	Ramas	Total
	3-6	9,0	77,4	86,4	6,0	7,5	13,5
	6-9	6,7	76,6	83,3	5,0	11,7	16,7
	9-12	6,2	76,1	82,3	4,7	13,2	17,9
	12-15	6,2	75,4	81,6	4,5	13,4	17,9
	Prom.	7,0	76,4	83,4	5,1	11,5	16,6

Cuadro 09. Participación porcentual de la biomasa en el bosque.

En los gráficos 10, 11 y 12 se muestran las variaciones por clases día métricas.

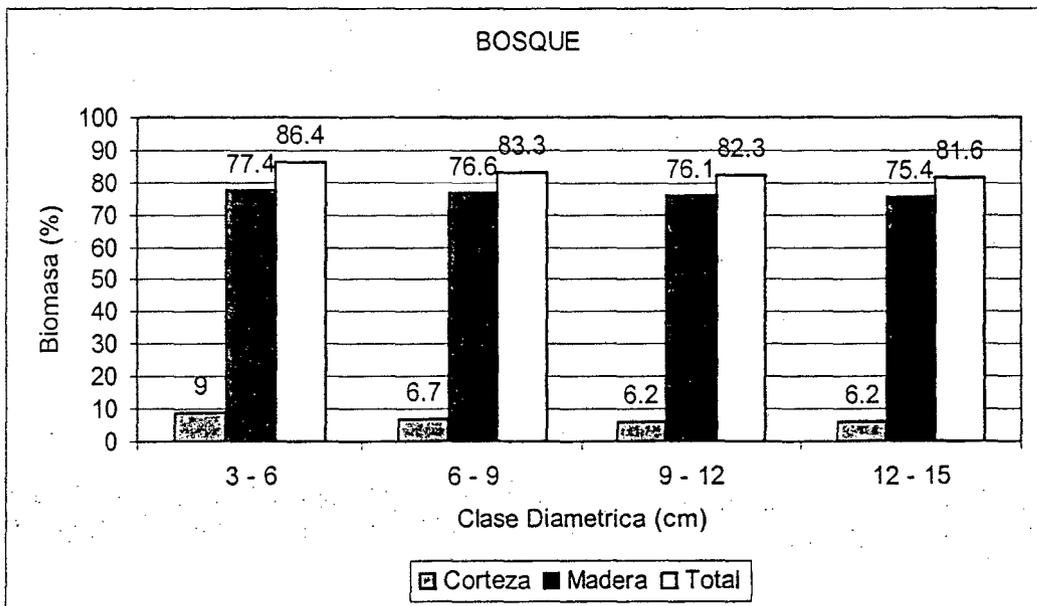


Gráfico 10: Desarrollo de la biomasa en los componentes de los fustes.

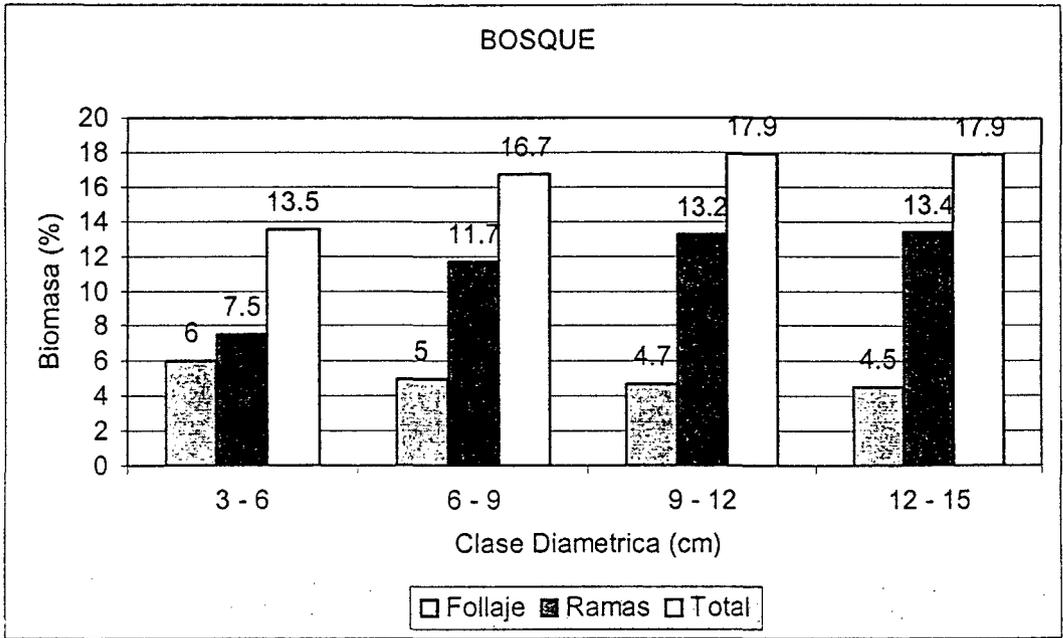


Gráfico 11: Desarrollo de la biomasa en los componentes de las copas.

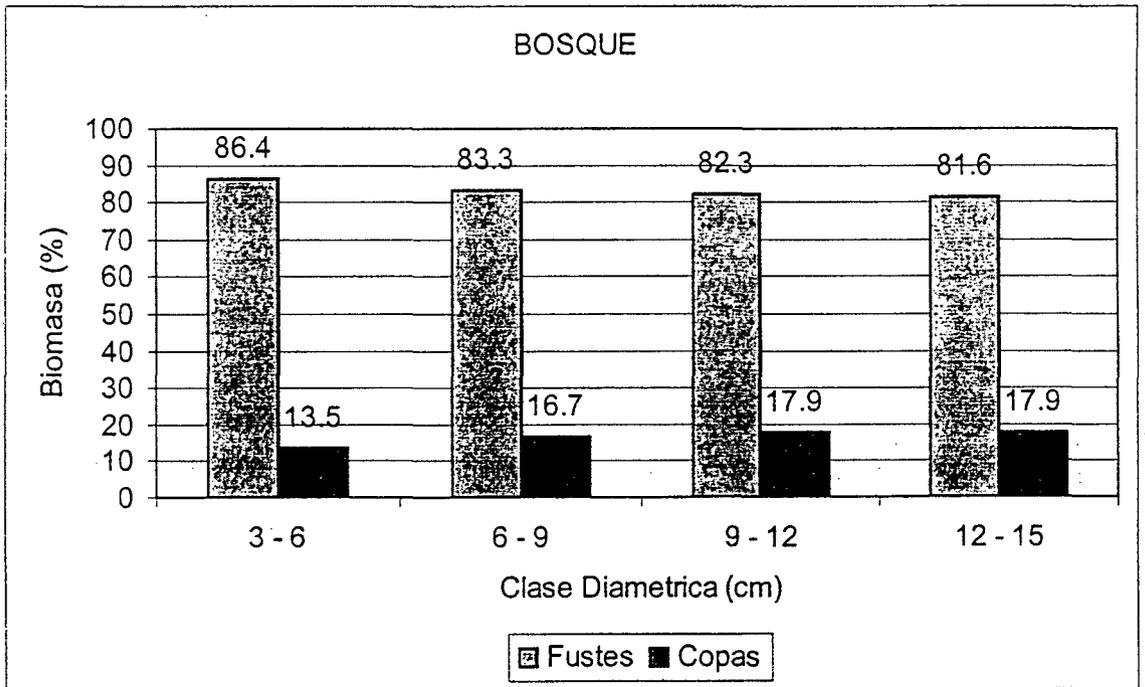


Gráfico 12: Desarrollo de la biomasa para fustes y copas de los árboles.

En el cuadro 10, se muestra la distribución de biomasa acumulada en el árbol y biomasa total en el bosque, por fases de crecimiento de los árboles.

Cuadro 10. Distribución de biomasa aérea total en el árbol por fases de desarrollo en el bosque.

BOSQUE	FASES DE CRECIMIENTO	VALORES DASOMÉTRICOS					
		N/ha	DAP (cm)	AB /ha (m ²)	HT (m)	BIOMASA	
						ARBOL (Kg/árb.)	TOTAL (t/ha)
	Latizal Bajo	442	4,4	0,73	7,5	30.1	13,3
	Latizal Alto	1646	6,6	6,73	10,6	34.3	56,4
	Fustal	69	11,4	0,74	13,5	582.6	40,2
	Total	2157		8,20			109,9

La mayor acumulación de biomasa se encuentra distribuida en la fase Latizal Alto con 51,3 %, seguido por Fustal con 36,6 % y Latizal Bajo con 12,1 %.

En el gráfico 13 se muestra el comportamiento del proceso de desarrollo del bosque basado en el número de individuos y en la biomasa que conforman las diferentes fases de crecimiento.

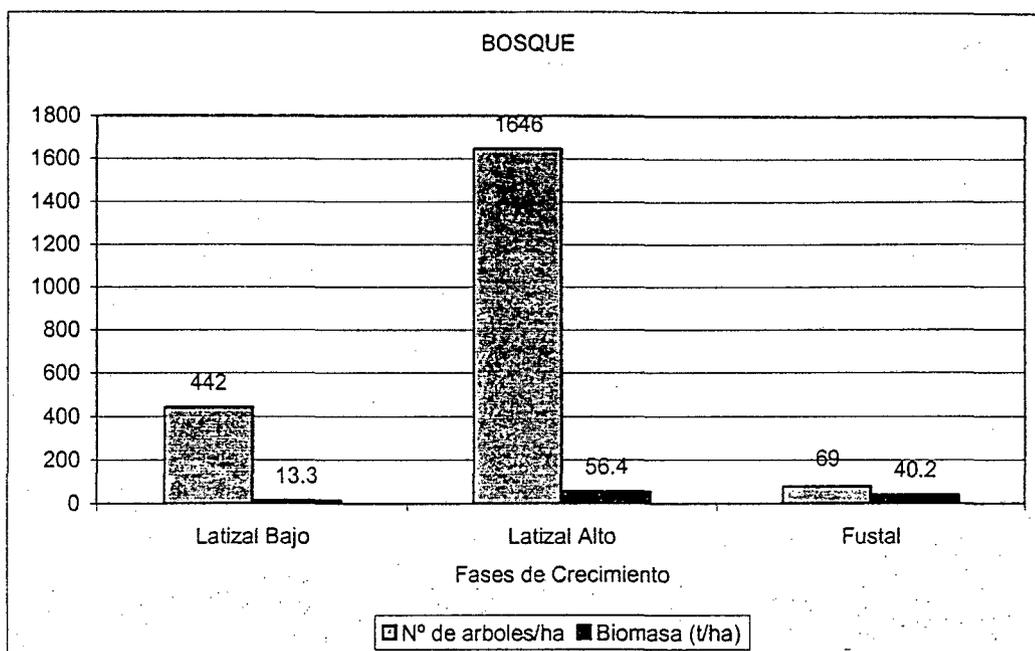


Gráfico 13: Biomasa y número de árboles por fases de crecimiento del bosque, en la hectárea.

Valores absolutos y relativos de la participación de componentes con respecto a los montos de biomasa total (t/ha) y porcentuales (%) por fases de crecimiento del bosque se presentan en los Cuadros 11 y 12 respectivamente.

Cuadro 11: Distribución de la biomasa total, componentes y fases de crecimiento de los árboles en el bosque (t/ha).

BOSQUE	FASES DE CRECIMIENTO	BIOMASA (t/ha)						ARBOL
		FUSTE			COPAS			
		Corteza	Madera	Total	Follaje	Ramas	Total	
	Latizal bajo	1,2	10,3	11,5	0,8	1,0	1,8	13,3
	Latizal alto	3,6	42,8	46,4	2,9	7,1	10,0	56,4
	Fustal	2,5	30,6	33,1	1,9	5,2	7,1	40,2
	TOTAL	7,3	83,7	91,0	5,6	13,3	18,9	109,9

Cuadro 12. Distribución porcentual de la biomasa total, componentes y fases de crecimiento en el bosque (%).

BOSQUE	FASES DE CRECIMIENTO	BIOMASA (%)					
		FUSTE			COPAS		
		Corteza	Madera	Total	Follaje	Ramas	Total
	Latizal bajo	9,0	77,4	86,4	6,0	7,6	13,5
	Latizal alto	7,4	75,9	82,3	5,1	12,7	17,7
	Fustal	6,2	75,3	81,3	4,7	12,9	17,6
	TOTAL	7,5	76,1	83,6	5,3	11,1	16,4

Participación porcentual de la biomasa por componentes y fases de crecimiento en el bosque se presenta en el Gráfico 14.

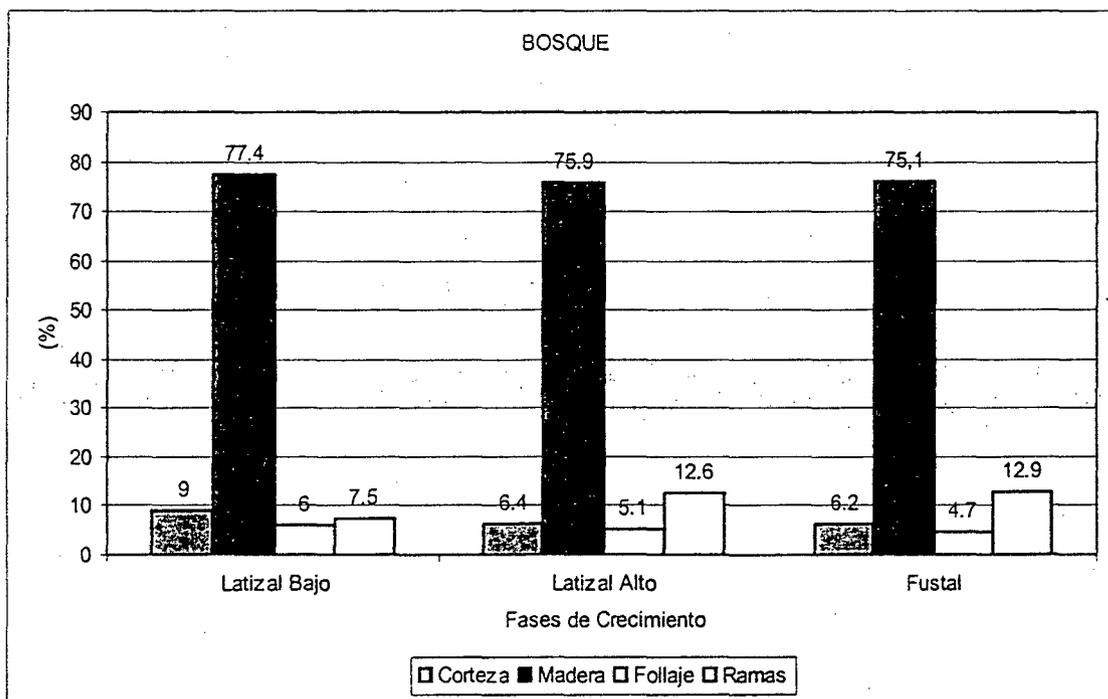


Gráfico 14: Distribución porcentual de la biomasa por componente arbóreo y fases de crecimiento en el bosque.

La participación de la biomasa total correspondiente al bosque, en el fuste disminuye desde las primeras fases de crecimiento para Latizal Bajo con 86,4 % hasta 82,3 % en la fase de Fustal; sin embargo en las copas éstos valores aumentan de 13,5 % para Latizal Bajo hasta 17,7 % para Fustal.

VI. DISCUSIONES

6.1. Estructura y Dasometría del Bosque

6.1.1 Estructura Horizontal

a) Abundancia y DAP.

Analizando al cuadro 01 referente a los valores dasométricos por fases de crecimiento de los árboles menciona lo siguiente:

Se puede indicar que por su abundancia (N/ha) el Latizal Alto es mayor, seguido Latizal Bajo y Fustal, esto se debe a que el área presenta condiciones de hábitat variados como son suelo, competencia de luz, nutrientes, humedad. Sin embargo, el DAP si esta dentro de los parámetros considerados por presentar valores en forma ascendente.

b) Áreas basales

En el Cuadro 01, se presenta un promedio de 8.20 m²/ha; se indica que el Latizal Alto es la que presenta una mayor contribución con 6.73 m²/ha, que representa el (82.1 %), esto se debe al mayor número de individuos presentes en el bosque, seguido del Fustal con 0.74 m²/ha con un (9.0 %) y Latizal Bajo con 0.73 m²/ha que representa el (8.9 %) por el menor número de individuos.

c) Distribución diamétrica

En plantaciones homogéneas, las plantas generalmente se encuentran bien representados por las mismas condiciones de establecimiento básicamente en su distanciamiento, lo que hace suponer que la distribución diamétrica es muy diferente a las condiciones de crecimiento de un bosque natural.

d) Volumen de madera

En el bosque estudiado se determinó un volumen total de madera rolliza de 35.5 m³/ha en base a sus fases de crecimiento de los árboles, valores que se encuentran distribuidos en forma descendente para Latizal Alto con 29.2 m² /ha que representa el 82.3 % seguido para Fustal con 3.6 m² /ha con 10.1 % y Latizal Bajo con 2.7 m² /ha con 7.6 % respectivamente.

6.1.2 Estructura vertical.

En la plantación se observa la presencia de tres estratos arbóreos, formados de: Latizal Alto con un mayor número de individuos; seguido del Latizal Bajo y finalmente por Fustal con menor número de individuos.

6.1.3 Estructura específica

De acuerdo a lo estudiado se nota la presencia de estructuras abiertas que es típica de las plantaciones homogéneas. En relación al desarrollo de copa de los árboles, se observa, desde el estrato inferior hasta lo superior, notándose incluso abundancia de copas no muy desarrolladas por ser característica propia de la especie,

llegándose incluso a notar fustes mejor desarrollados en comparación a las copas.

Los árboles encontrados en el bosque por sus fases de crecimiento, la mayoría presentan buen crecimiento con fustes rectos y estado sanitario adecuado.

6.2. Ecuaciones de biomasa para ramas y follajes.

Las variables mejor correlacionadas y seleccionadas para el bosque fueron, el diámetro basal de la rama con corteza y longitud de la rama; eliminándose la variable predictora altura de inserción de la rama en el fuste, debido a su baja correlación con los pesos secos.

6.3. Ecuaciones de biomasa de árboles y componentes.

Las estimaciones adecuadas de la biomasa total de los árboles y sus componentes generalmente lo hacen las ecuaciones seleccionadas del Cuadro 07. Lo mencionado se constató mediante un proceso de validación que consistió en la aplicación de las ecuaciones a todos los árboles muestra (06) que no se incluyeron en los ajustes y en la comparación estadística.

6.4. Biomasa aérea total del bosque y componentes.

Verificando la acumulación de biomasa total del bosque, se observa que posee un total de 109.9 t/ha. Encontrándose ello dentro los rangos de biomasa estimadas para bosques lluviosos tropicales, enunciadas por WHITAKER Y NIERING (1975).

6.5. Participación porcentual de biomasa aérea.

La distribución porcentual de cada componente de la biomasa total, en función de la clase diamétrica de los árboles del bosque se presenta en el mismo Cuadro 09. En el bosque se observa que si la clase diamétrica aumenta, la participación porcentual de la biomasa del fuste (corteza y madera) y copa (follaje) de un árbol individual, disminuye gradualmente desde la clase inferior hasta lo superior. Sin embargo, en la biomasa de las ramas, ocurre lo contrario, dicha participación van en aumento. Razones de éstos comportamientos se debe generalmente a las tasas de incremento de la biomasa y sus componentes en relación al aumento del DAP, puesto que la biomasa total para todos los componentes crece proporcionalmente al DAP.

6.6. Distribución y acumulación de biomasa aérea total en el árbol por fases de crecimiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro 10 muestra variaciones notorias, esto debido a las diferencias dasométricas de los árboles en cada una de ellas. La mayor acumulación de biomasa se encuentra distribuida en la fase Latizal Alto con 51,3 %, seguido por Fustal con 36,6 % y Latizal Bajo con 12,1 %.

El desarrollo de biomasa y componentes durante el proceso de crecimiento de los árboles en el bosque, muestra ciertas diferencias, debido a influencias de las tasas de crecimientos relativos de los pesos secos en cada componente arbóreo.

VII. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados y discusiones anteriormente expuestos, es posible indicar las siguientes conclusiones:

1. El bosque (6,5 años de edad) presenta como valores dasométricos: 2157 árboles/ha; áreas basales de 8,20 m²/ha; alturas total dominante de 10,5 m. y volúmenes de 35,5 m³/ha.
2. La especie posee una densidad básica media de 0,37 ± 0,06 g/cm³; y una biomasa aérea total de 109,9 t/ha, lo cual indica que es una especie que aporta buena cantidad de materia orgánica al el suelo.
3. Para el modelo de la ecuación seleccionada $Y = a \cdot X^b$; en los fustes la variable con mayor correlación con los pesos secos fue el DAP, al presentar los mejores estimadores, sin embargo no tuvo una participación determinante en los modelos seleccionados, ya que la variable altura fustal (HFu) tuvo un aporte significativo en la estimación de la biomasa de ciertos componentes. En el caso de las copas, la variable mejor correlacionado con los pesos secos de los componentes fue el diámetro basal de las ramas con corteza (DBRC) y la longitud de la rama (LR), las cuales fueron utilizados en la construcción de los modelos de biomasa.
4. Las ecuaciones del tipo alométrico determinado en el estudio para estimar las biomásas totales y por componente de los árboles, otorgan buenos resultados a nivel del árbol como del bosque.
5. La acumulación de biomasa estudiada en el bosque de shaina, están dentro los rangos de biomasa determinados para bosques tropicales lluviosos que oscilan entre 60 y 800 t/ha.

6. Es posible aseverar que *Colubrina glandulosa* Perk para la zona estudiada presenta un recurso valioso en cuanto a montos de biomasa aérea que puede ser utilizado como materia orgánica del suelo.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos de investigación con otras especies forestales para conocer la cantidad de biomasa aérea que pueden contener en una determinado aérea.
2. La Shaina por ser una especie de múltiple uso, se recomienda fomentar su propagación en la aplicación de sistemas agroforestales y forestales, por considerarlo una alternativa en la conservación de nuestros recursos, ya que asegura una sostenibilidad basada en la productividad y la conservación del suelo.
3. En las áreas desboscadas de la Región, realizar trabajos de investigación con intervalos de mayor tiempo, con la finalidad de obtener informaciones cualitativas y cuantitativas.
4. Se recomienda que los futuros trabajos de investigación a realizarse con ésta especie, tengan en cuenta parámetros cómo el DAP y altura ya que son indispensables para la obtención de biomasa.
5. Para la obtención de biomasa aérea se recomienda utilizar éste tipo de metodología por ser aplicable en plantaciones homogéneas y de ésta manera se evita la tumba de árboles en exceso.
6. Hace necesario la aplicación de enmiendas en el presente tipo de suelo estudiado, con la finalidad de mejorar la acidez del suelo.

IX. RESUMEN

El objetivo del estudio fue estimar la cuantificación de biomasa aérea en plantaciones forestales de 6,5 años de edad, multietáneos, de la especie *Shaina Colubrina glandulosa* Perk, ubicado en el sector "Laguna Venecia", Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia y Región de San Martín – Perú. Coordenadas Geográficas: 06° 32' Latitud Sur y 76°22' Longitud Oeste, altitud media de 350 msnm.

La biomasa se determinó mediante una combinación de los métodos de cosecha y alométrico. En el bosque se establecieron tres parcelas de inventario silvícola, se seleccionaron 38 árboles para un muestreo destructivo, distribuidos en tres fases de crecimiento: Latizal bajo, Latizal alto y Fustal. Cada árbol fue volteado, trozado y separado en los componentes corteza y madera del fuste, follaje y ramas de la copa, obteniéndose sus pesos secos. Con 23 árboles del bosque, se ajustaron ecuaciones alométricas que estimaron el peso seco de los componentes y total de los árboles, utilizando como variables predictoras el diámetro a la altura del pecho y la altura fustal de ellos. El resto de los árboles muestreados permitió validar esas ecuaciones. El modelo de las ecuaciones descritas fue $Y = a \cdot X^b$. Las ecuaciones de biomasa del fuste, copa y árbol total fueron aplicadas sobre tablas volumétricas del bosque en estudio, determinándose la biomasa total acumulada por árbol, componentes y para el bosque en general por hectárea.

Los valores dasométricos totales del bosque fueron: 2 157 árboles/ha; áreas basales de 8,20 m² /ha; alturas dominantes de 10,5 m y volúmenes brutos de 35,5 m³/ha.

La biomasa aérea total acumulada es de 109,9 t/ha; de las cuales el 82,8 % corresponde a fustes (6,6 % corteza y 76,2 % madera) y 17,2 % a copas (5,1 % follaje y 12,1 % ramas). La biomasa total en las fases de crecimiento del bosque: Latizal Bajo, Latizal Alto, y Fustal aportan 12,1 %, 51,3% y 36,6 % respectivamente.

SUMMARY

The objective of the study was to estimate the quantification of air biomass in forest plantations 6,5 years old, multietáneos, of the species *Shaina Colubrina glandulosa* Perk, located in the sector "Lagoon Venice", District of the Band of Shilcayo, County and Region of San Martín - Peru. Coordinated Geographical: 06° 32' South Latitude and 76°22' Longitude West, half altitude of 350 msnm.

The biomass was determined by means of a combination of the crop methods and alométrico. In the forest three parcels of inventory silvícola settled down, 38 trees were selected for a destructive sampling, distributed in three phases of growth: Latizal under, high Latizal and Fustal. Each tree was turned, trozado and separated in the component bark and wood of the shaft, foliage and branches of the glass, being obtained its dry pesos. With 23 trees of the forest, equations alométricas were adjusted that estimated the dry weight of the components and total of the trees, using how variable predictoras the diameter to the height of the chest and the height fustal of them. The rest of the trees muestreados allowed to validate those equations. The pattern of the described equations was $AND = \text{to } X$. The equations of biomass of the shaft, it surrounds and total tree was applied on charts volumétricas of the forest in study, the total biomass accumulated by tree being determined, components and for the forest in general for hectare.

The values total dasométricos of the forest were: 2 157 arbores/ha; basal areas of 8,20 m² /ha; dominant heights of 10,5 m and gross volumes of 35,5 m³/ha.

The accumulated biomass air total is of 109,9 t/ha; of which 82,8% corresponds to shafts (6,6% bark and 76,2% wood) and 17,2% to glasses (5,1% foliage and 12,1% branches). The total biomass in the phases of growth of the forest: Latizal Under, High Latizal, and Fustal contributes 12,1%, 51,3% and 36,6% respectively.

XI.- BIBLIOGRAFÍA

1. BARNARD R. 1950. "Revised standard instructions for linear regeneration sampling". Chapter XIV, Malayan Forest Manual, Kuala Lumpur. pp. 4 - 7.
2. BOWN H. 1982. "Biomasa en Bosques de Lengua Nothofagus pumilio (Poepp. et Endl.) Krasser en la Provincia de Ultima Esperanza, XII Región". Memoria Ing. For. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 63 P.
3. CAYCEDO H. Y NIÑO L. 1986. "Estimaciones de la Fitomasa Aérea en un bosque natural de segundo crecimiento en la Costa Pacífica de Colombia". Ibaqué. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Colombia. 88 p.
4. CLARCK A. Y TARAS M. 1976. "Biomass of short leaf pine in a natural sawtimber stand in northern Mississippi". Asheville, North Carolina, USDA, Forest Service, South Eastern Forest Experiment Station. 32 p.
5. DÍAZ M. 1992 . Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera Iquitos-Perú. 119 p.
6. DIAZ V. , A. y VALLES D, W. 1991 . " Respuesta de Enraizamiento de tres especies forestales aplicando fito hormonas y reguladores de crecimiento como el agua coco y la orina humana " Tarapoto- Perú , pag-2
7. ELLENGERG E. 1971. "Integrated Experimental Ecology ; Methods and results of ecosystem research in the German Sollin Project". Berlín, Springer. 214 p.

8. F.A.O. 1971. "Mapa de la Situación en Materia de leña en los países en desarrollo, escala 1 : 25.000,000". Nota Aclaratoria Roma. Pp. 27 - 32.
9. HITCHCOCK H. Y DONNEL MC. 1979. "Biomass measurement : A synthesis of the literature". División of Land and Forest Resources, T.V.A., Norris, TN. USA. 59 P.
10. HOLDRIDGE H. 1987. "Ecología basada en zonas de vida". Centro Científico Tropical. Edit. IICA. Edic. 2^{da}. San José. Costa Rica. 216 p.
11. HONER T. 1971. Weight relationships in open and forest grown balsam fir trees. IUFRO. Working group on forest biomass studies. Forest biomass studies, 1971. University of Florida, Gainesville, Florida. Oron, Maine, University of Maine. Life Sciences and Agricultural Experiment Station. Pp. 51 - 62.
12. HUSCH B. 1971. Planning a forest inventory. FAO Forestry Series N° 4. Rome 120 p.
13. KOLLMANN F. 1968. "Principles of wood science and technology". I : Solid wood. Springer Verlag. New York Inc. 592 p.
14. KRUSSELLA K. Y NYSSONEN A. 1981. "Cuantificación de la energía forestal, métodos de estimación de la biomasa". Unasyva (133). Pp. 31 - 34
15. MADGWICK H. 1973. "Biomass and productivity models of forest canopies". En : Analysis of temperate forests ecosystems. Springer Verlag, Berlin, RFA. Pp. 47 - 53.
16. MAGBRIDE. "Flora of Perú".

17. MALLEUX J. 1982. "Inventarios forestales en bosques tropicales". Universidad Nacional Agraria "La Molina". Facultad de Ciencias Forestales. Lima - Perú. Pp. 31 – 33.
18. MURRAY R. Y JACOBSON M. 1982. An evaluation of dimension analysis for predicting shrub biomass. Journal of Range Management. 35 (4) : pp. 451 – 454
19. NEWBOULD P. 1967. "Methods for estimating the primary production of forest". Oxford, Blackwell. 62 p. (IBP Hand book N° 2).
20. PARDE J. 1980. "Forest biomass". Forestry Abstracts Review Article 41 (8) ; pp. 343 - 362.
21. PEDRAZA M. 1989. "Producción de Biomasa y Circulación de Nutrientes en un Rodal de *Nothofagus alessandrii* Espinosa (Ruil) en la zona de Constitución". Memoria Ing. For. Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Agrarias y Forestales. 112 p.
22. RITTENHOUSE L. R. Y SNEVA F. A. 1977. "A technique for estimating Big Sagebrush production, Journal of Range management". 30 (1). pp. 68 - 70.
23. ROLLET B. 1980. "Organización en Ecosistemas de los Bosques Tropicales". CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 126 - 162.
24. SALAS G. 1971. "Evaluación de la Producción Primaria en Bosques Tropicales". Bogotá, Colombia. 9 p. (mecanografiado).
25. SALAZAR R. 1985. "Producción de Biomasa y Leña en un Rodal Natural de *Eugenia salamensis* Donn". En Guanacaste Costa Rica. Vol. 35. N° 1. Turrialba Costa Rica. 4 p.

26. SMITH H. 1973. "Biomass of some young red alder stands". In Young, H. E. ed. IUFRO biomass studies. Orono, University of Maine. Pp. 399 - 440.

27. SPICHIGER R. 1989. "Contribución a la Flora de la Amazonía Peruana". Los árboles del arboretum de Genaro Herrera. Vol. I, Iquitos - Perú. 359 p.

28. TANNER E. 1980. "Studies on the biomass and productivity in a series of montane rain forest in Jamaica". Journal of Ecology 68 (2) : 573 - 588.

29. TELLER A. 1988. "Biomass, productivit and wood vasten evaluation in a spruce *Pecea abies* Forest". (Strainchamps, 1983). Commonw. For Rev. 67 (2) : 129 - 147.

30. VALLE J. 1981. "Rendimiento y Crecimiento del Bosque Tropical". La productividad y la producción forestal". Medellín, Colombia. Univ. Nacional de Colombia. Fac. de Agronomía. 33 p.

31. WHITTAKER R. 1965. "Branch dimensions and estimation of branch production". Ecology 46 : 357 - 370.

32. WHITTAKER R. 1965 Y NIERING, G. 1975. "Vegetation of Santa Catalina Mountains Arizona". V. Biomass, production, and diversity along the elevation gradient. Ecology 56 : 771 - 790.

33. YOUNG G. Y TRYON T. 1978. "A national forest biomass inventory". Prepared for: IUFRO, 54.01 Forest Inventory Meeting in Bucharest, Rumania june 18 - 25. 11 p.

ANEXO

Anexo 1. Análisis físico-químico de suelo del Bosque

PARÁMETROS	RESULTADO		INTERPRETACIÓN	MÉTODO
	UNIDADES	KG/Ha		
Textura			Frac. Arenoso	
Arena	71.6%			
Arcilla	12.4%			
Limo	16.0%			
Densidad Aparente	1.5g/cc			
Conductividad Eléctrica	1.7mhos.		Bajo	Conductímetro
PH	5.88		Mediana/ Ácido	Potenciómetro
Materia Orgánica	4.54%		Medio	Walkle Blac Mod.
Fósforo disponible	11.0ppm	33.0	Medio	Acid. Ascórbico
Potasio intercambiable	0.53 meq	248.0	Alto	Tetra. Borato
Calcio +Magnesio	2.5 meq		Bajo	Titulación EDTA
Intercambiable	0.1816%	170.0	Bajo	Cálculos
Nitrógeno				
Sodio intercambiable				
CaCo3				

Anexo II . Tabla de existencia del bosque en función de sus principales valores dasométricos.

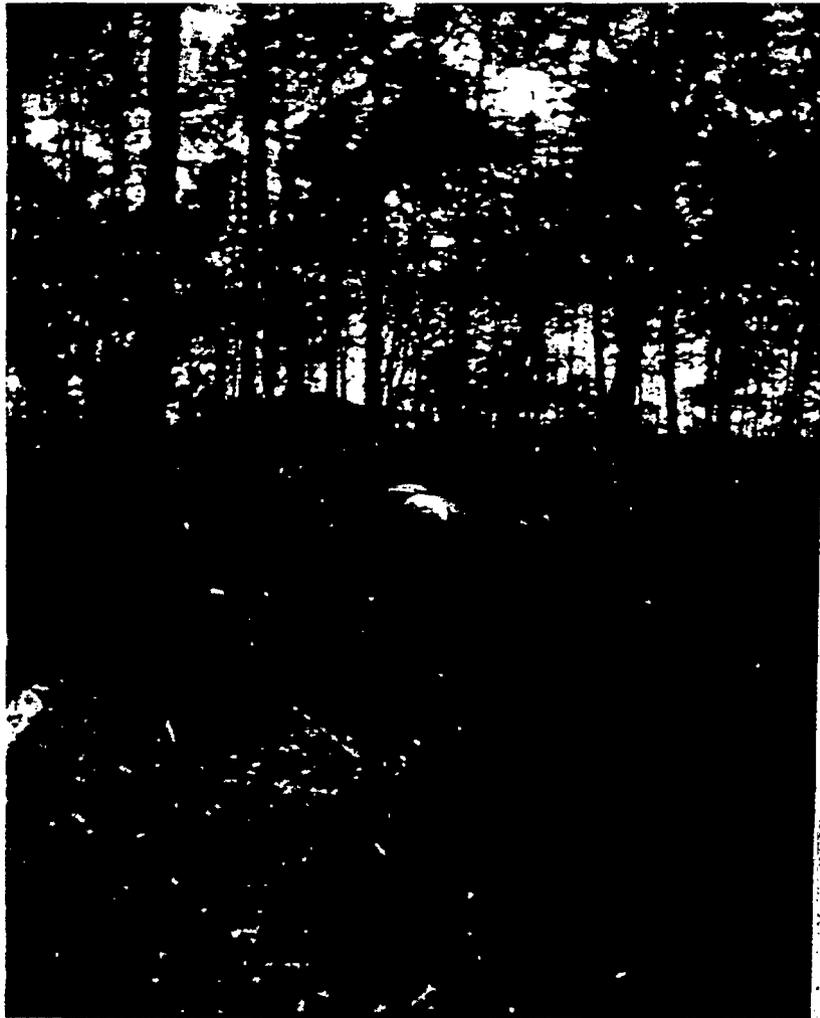
BOSQUE	CLASE DAP (cm)	VALORES DASOMETRICOS			
		N/ha	AB/ha (m ²)	HT (m)	Vcc (m ³ /ha)
	(1) 3-6	1022	2,34	7,5	9,4
	(2) 6-9	1012	4,75	10,0	20,8
	(3) 9-12	112	0,95	11,1	4,8
	(4) 12-15	11	0,16	13,5	0,5
	TOTAL	2.157	8,20	10,5	35,5

- N/ha : Número de árboles en la hectárea.
 AB/ha : Área basal por hectárea (m²/ha).
 Vcc/ha : Volumen con corteza por hectárea (m³).
 HT : Altura total media (m).

REPRESENTACION GENERAL DE AREA BOSCOSEA.



APERTURA DE CALICATAS PARA DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SUELO



MEDICIÓN DIAMETRICA DE LOS ÁRBOLES



EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS ÁRBOLES



COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DEL BOSQUE

