

## INTRODUCCIÓN

El nivel de los desechos productivos, tanto en bosque como en las plantas procesadoras, constituye un obstáculo para la sustentabilidad de los bosques y las industrias forestales (Noack 1995). En los últimos tiempos la necesidad de la estimación racional e integral de toda la biomasa forestal aprovechable, así como la predicción de los incrementos potenciales de la misma, se han convertido en un importante aspecto a tener en cuenta dada la enorme cantidad de alternativas de su uso, tanto dentro de la planificación productiva como de sus posibilidades de desarrollo científico técnico.

La biomasa forestal se ha convertido en un importante elemento en los estudios sobre los cambios que ocurren a escala mundial. A partir de la biomasa forestal se pueden calcular la concentración de carbono en la vegetación (aproximadamente del 50% de la biomasa está formada por carbono) y por consiguiente se pueden hacer estimaciones sobre la cantidad de dióxido de carbono que entra a la atmósfera cada vez que se desmonta o se quema un bosque. La biomasa es una variable que sirve también para comparar las características estructurales y funcionales de un ecosistema forestal en un amplio abanico de condiciones (FAO, 2005).

Los bosques montanos son ecosistemas muy frágiles y con elevados niveles de endemismo además de un elevado número de especies nuevas para la ciencia. Estos bosques se caracterizan por presentar altas pendientes y alta heterogeneidad ambiental, muchos bosques montanos están ubicados en laderas de pendientes pronunciadas y de acelerada colonización, que se inicia con la tala y derribe de los árboles (sin aprovechamiento de los recursos del bosque), para una posterior utilización en la agricultura y ganadería.

La tala y degradación de los bosques montanos generados por la actividad humana genera sucesión secundaria. La colonización por el ser humano en bosques montanos, incide de manera negativa en estos ecosistemas tan importantes,

provocando la disminución de extensión de los mismos y apresurando la erosión de suelos. (IPCC, 1996).

Para tomar medidas efectivas orientadas a reducir las emisiones debidas a deforestación es necesario cuantificar la distribución del carbono almacenado en los bosques. No obstante, el conocimiento espacial y temporalmente explícito de la variabilidad en la biomasa aérea es un tema crítico desde el punto de vista científico ya que es allí donde se concentran gran parte de los errores sobre las emisiones de carbono por deforestación y degradación.

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

## JUSTIFICACIÓN

En Bolivia y particularmente en el Departamento de Tarija existe carencia de información científica relacionada a la cuantificación de la Biomasa arbórea y a su magnitud potencial como sumidero de carbono que se posee en los bosques húmedos de la formación “Tucumano-Boliviano”, es por este motivo que surge la preocupación de consumir el siguiente trabajo de investigación. El realizar estos estudios permite comprender la importancia de este tipo de ecosistema que retiene carbono en su biomasa aérea, ayudando en la reducción de los gases de efecto invernadero y de esta manera brindar información de los resultados que puedan ser de utilidad para las instituciones y empresas del rubro forestal, ambiental y otras en beneficio de los productores agrícolas de la región.

Por lo tanto, la estimación adecuada de la biomasa arbórea, es un elemento de gran importancia para el Departamento de Tarija, ya que la estructura del bosque es miscelánea y las especies forestales juegan un rol fundamental en el ciclo del carbono, por un lado pueden actuar como reservorio de grandes cantidades de carbono.

La biomasa arbórea juega un rol fundamental y se estima que aproximadamente el 75% de las emisiones de los gases del efecto invernadero vienen de la quema de combustibles fósiles y también la deforestación y la quema de bosques libera CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Al reducir la extensión de los bosques de nuestro Departamento, se reduce la capacidad para absorber las emisiones locales de los gases que provocan el efecto invernadero, es por esta razón que los árboles juegan un rol importante para mitigar los gases del efecto invernadero.

Asimismo, la falta de información cuantitativa de biomasa en los bosques naturales, impiden a los actores del municipio a acceder a proyectos limpios que generen desarrollo en áreas donde los bosques están siendo aprovechados de manera inadecuada.

## **HIPÓTESIS**

“La estimación mediante la aplicación de modelos matemáticos alométricos de la biomasa aérea del bosque subhúmedo y su posible potencial como sumidero de carbono, permitirá asignar el valor de la vegetación arbórea de la Estación Experimental de Río Conchas como fuente de materia orgánica o energía natural renovable”

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Estimar la producción de biomasa aérea de la vegetación arbórea, para conocer el potencial probable de sumideros de carbono, del bosque subhúmedo de la formación “Tucumano-Boliviano” a través de la evaluación de parcelas permanentes de muestreo, en la Estación Experimental de Ríos Conchas (EERC).

### **Objetivos específicos**

- Determinar la composición de la estructura arbórea, a través del análisis de la información cuantitativa y cualitativa obtenida en las Parcelas Permanentes de Muestreo, con el fin de obtener resultados que sirvan para tomar decisiones sobre el uso y conservación de los bosques naturales de la región.
- Cuantificar la producción de la biomasa del estrato arbóreo mediante la aplicación de modelos matemáticos alométricos propuestos por Chave et al. 2001 y Brown et al. 1989.
- Determinar la importancia ecológica de las especies arbóreas, a través del Índice de Valor de Importancia.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1.- Definición de términos importantes

La definición de algunos términos y conceptos constituye la base teórica para el análisis y discusión del presente trabajo. Esto se refiere a la caracterización y otros que sean necesarios para el desarrollo del mismo.

#### a) Biomasa

La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica, esa energía la podemos recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles”. Así pues, en un sentido amplio del término, se puede definir como “biomasa al conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien evolucionados en la cadena biológica”, Se llama biomasa al combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de los recursos biológicos. La energía de biomasa procede de la madera, residuos agrícolas y estiércol, continúa siendo la fuente de energía principal en los países en desarrollo.

La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco. Es frecuente separarla en componentes, donde los más típicos corresponden a la masa del fuste, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta. (Gayoso, J. & Guerra, J. 2002).

#### b) Parcelas permanentes

En Bolivia se ha venido realizando estudios en PPMs en áreas de 1 ha (Chapi, N. 2008), en estos casos se realizó la medición de diámetro a la altura del pecho (DAP 1,3 m sobre el nivel del suelo con diámetro  $\geq 10$  cm). Este método fue desarrollado en la

universidad de Oxford, y utilizado por varias instituciones para diferentes estudios, proporcionando información cuantitativa y cualitativa de gran utilidad para el manejo y conservación de los bosques.

Las parcelas permanentes de muestreo (PPMs) son áreas de bosque demarcadas que son medidas periódicamente. Deben ser mantenidas al menos durante cinco años o frecuentemente muchas de ellas exceden este periodo proporcionando cambios en el volumen, composición y métricas básicas de los rodales. Existen diferentes tipos de instalación de parcelas, sin embargo, para este estudio fue utilizada la de forma cuadrada por su fácil levantamiento además de ser la más adecuada para el tipo de bosque del presente estudio.

#### **c) Índice de Valor de importancia (IVI).**

Formulado por Curtis & Mc Intosh (1951), es posiblemente el más conocido, se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa. Permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro del bosque. El valor del IVI similar para diferentes especies registradas en el inventario sugiere una igualdad o semejanza del bosque en su composición, estructura, calidad de sitio y dinámica. (Braun Blanquet, J. 1974).

#### **d) Área basal**

El Área Basal o Área Basimétrica, es la relación existente entre la suma de las superficies de las secciones normales de los árboles de una determinada masa forestal, expresadas en  $m^2$ , y la superficie del terreno que ocupan, expresada en hectáreas.

Se suele expresar por la letra “G” ( $m^2/ha$ ). La sección normal de un árbol es la que se encuentra a la altura del pecho, o a 1,30 m de su base. El valor de su superficie supuesta circular, que se suele expresar como “g”, se obtiene a través de la medida de su diámetro “d” y la aplicación de la fórmula que proporciona el área del círculo a través del mismo,  $g = (\pi/4)*d^2$ . Los procedimientos para determinar el área basimétrica, están

basados en la inventariación forestal, pueden ser “inventarios pie a pie”, o inventarios por muestreo estadístico. BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999.

**e) Plántula**

Se denomina plántula a la planta en sus primeros estadios de desarrollo de las plantas vasculares, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas. Anterior a la etapa juvenil. Plantita recién nacida. (FAO, 2000).

**f) Brinzal**

Arbolito que procede de semilla y no de brote. Etapa inmediata de una masa después de su nacimiento, se acostumbra a considerar como brinzales a los arbolitos que alcanzan una altura igual o mayor a 1.30 m y un diámetro mayor a 5 cm. (FAO, 2000).

**g) Latizal**

Etapa de la masa forestal, en la que los arboles alcanzan entre 5 y 10 cm de diámetro a la altura del pecho. (FAO, 2000).

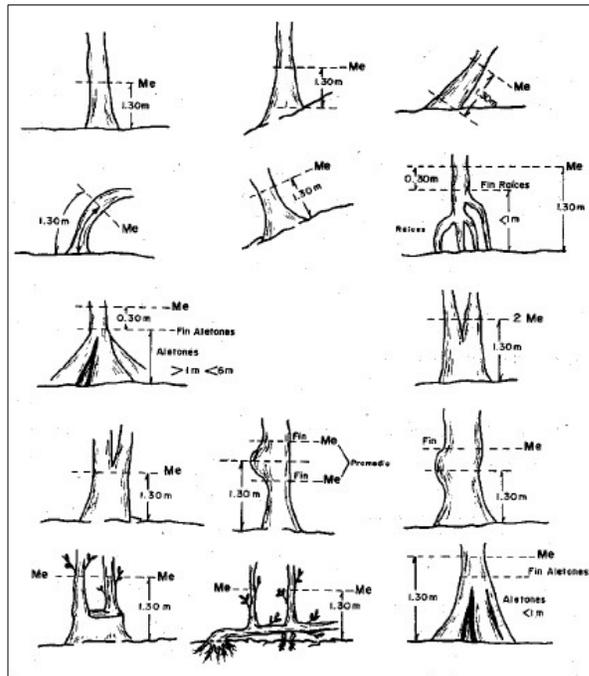
**h) Fustal**

Etapa de desarrollo de un rodal en que se alcanza la madurez de los individuos. Se termina la poda natural. La altura de los ejemplares supera los 5 m y el diámetro varía entre 10 y 20 cm a la altura del pecho. (FAO, 2000).

**1.2.- Medición del volumen en pie**

Todo el mundo mide el diámetro de un árbol en pie, por conveniente, en la altura del pecho. El DAP se encuentra a 1,30 m sobre el nivel del suelo. BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999.

Figura N° 1 Medición del diámetro en casos normales y casos especiales



Fuente: BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999

### 1.2.1.- Calidad de fuste

El fuste constituye la parte más importante del árbol como producto maderable y guarda relación con su conformación morfológica, fenotípica y su estructura. BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999. En este sentido se consideran tres calidades, a saber:

- **Calidad 1.** Sano y recto sin ningún signo visible de defectos.
- **Calidad 2.** Con señales de ataque de hongos, pudrición, heridas, curvatura, crecimiento en espiral y otras deformaciones.
- **Calidad 3.** Curvado y efectos graves en su estructura, posiblemente útil para leña.

### 1.2.2.- Alturas

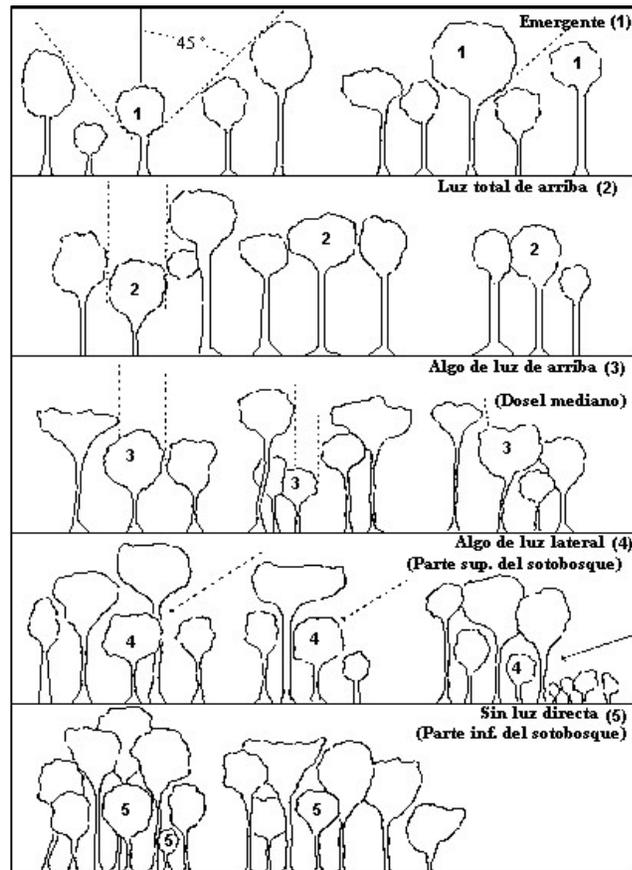
- **Altura total.** Es la distancia vertical entre la base y el ápice del árbol. La medición de esta variable se realizará subjetiva ya que es difícil identificar exactamente la parte superior de las copas de los árboles.
- **Altura de fuste.** Es la altura medida desde el nivel del suelo hasta la bifurcación principal, que marque el inicio de la copa o sea la altura comercial del árbol. Esta será la fuente básica para obtener el volumen.

### 1.2.3.- Posición de copa

Está referida a la posición de la copa con respecto a su exposición a la luz solar su clasificación fue dada por Dawkins, H. 1963, basada en cinco puntos, cuyo sistema fue modificado por otros autores. BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999.

- **Emergente.** La parte superior de la copa totalmente expuesta a la luz vertical y libre de competencia lateral, al menos en un cono invertido de 90° con el vértice en el punto de la base de la copa.
- **Plena iluminación superior.** La parte superior de la copa está plenamente expuesta a la luz vertical, pero está adyacente a otras copas de igual o mayor tamaño dentro del cono de 90°.
- **Alguna iluminación superior.** La parte superior de la copa está expuesta a la luz vertical, o parcialmente sombreada por otras copas.
- **Alguna Luz lateral.** La parte superior de la copa enteramente sombreada de luz vertical, pero expuesta a alguna luz directa lateral debido a un claro o borde del dosel superior.
- **Ausencia de luz.** La parte superior de la copa enteramente sombreada tanto de luz vertical como lateral.

**Figura N° 2 Posición de la copa**



Fuente: BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999

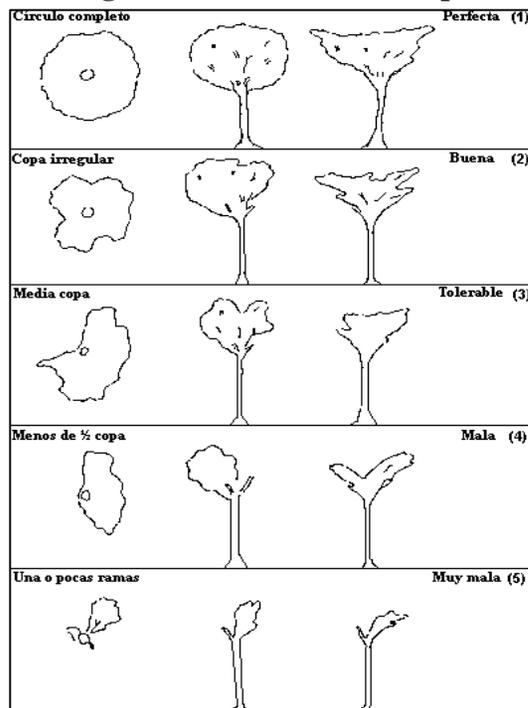
#### 1.2.4.- Forma de copa

Dentro de la población de cualquier especie, el aspecto o calidad de la copa en relación con el tamaño y estado de desarrollo del árbol está correlacionado con el incremento y el incremento potencial (Dawkins, H. 1963). Las definiciones de forma de copa que se dan a continuación deben interpretarse y aplicarse de acuerdo con las características de cada especie y del estado de desarrollo de cada árbol. BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999.

- **Perfecta.** Corresponde a las copas que presentan el mejor tamaño y forma que se observa generalmente, amplio plano circular y simétrica.

- **Buena.** Copas que se acercan mucho al anterior nivel, silviculturalmente satisfactorias, pero con algún defecto leve de simetría o algún extremo de rama muerta.
- **Tolerable.** Apenas satisfactorias silviculturalmente, evidentemente asimétricas o ralas, pero aparentemente poseen capacidad de mejorar si se les da espacio.
- **Pobre.** Evidentemente insatisfactorias, presentan muerte regresiva en forma extensa, fuertemente asimétricas y pocas ramas, pero probablemente capaces de sobrevivir.
- **Muy pobre.** Definitivamente degradadas o suprimidas, o muy dañadas pero con posibilidades de incrementar su tasa de crecimiento como respuesta a la liberación.

**Figura N° 3 Forma de la copa**

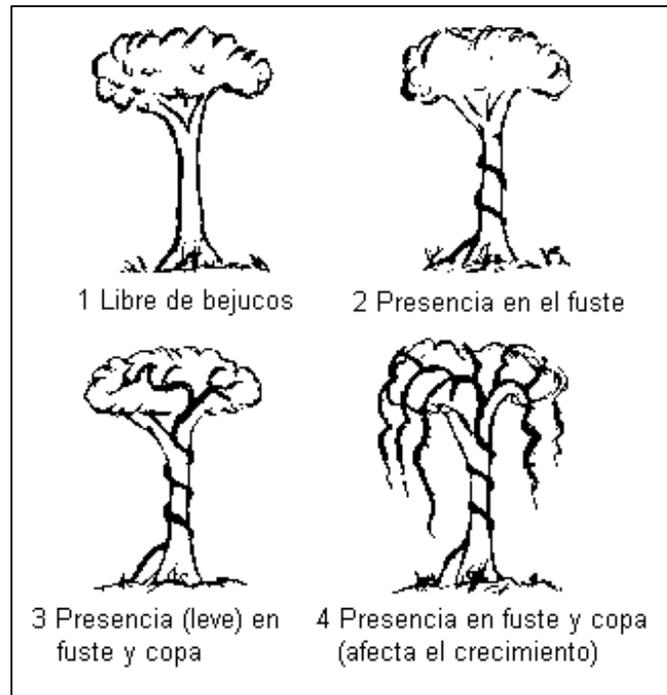


Fuente: BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999

### 1.2.5.- Infestación de bejucos

La infestación por lianas y trepadoras tiene serios efectos en el crecimiento e incremento y la forma de los árboles, lo que incide directamente en la producción futura de madera. Es un factor que merece especial atención en cuanto a su seguimiento, particularmente si la información será utilizada en modelos de crecimiento.

**Figura N° 4 Grados de infestación de lianas y bejucos**



Fuente: BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999

1. Árbol libre de trepadoras.
2. Trepadoras presentes solamente en el fuste, la copa está exenta.
3. Presencia de trepadoras en el fuste y la copa, pero no afectan el crecimiento terminal.
4. La totalidad de copa cubierta por las trepadoras y el crecimiento terminal está seriamente afectado. BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999.

### 1.3.- Bosque húmedo de la selva Tucumano-Boliviano

En el sector sur con mayor precipitación, los bosques y matorrales forman parte de la selva Tucumano-Boliviano. Según Ellenberg (1981), corresponden a la ecoregión "Bosque Semihúmedo Montañoso".

Los bosques generalmente son densos, mayormente siempre verdes, medios a altos, de estructura compleja con dos a tres estratos. El dosel superior presenta abundantes lianas, epífitas y musgos. La composición botánica se caracteriza por la presencia de 94 familias de las que sobresalen las Mimosaceae, Caesalpinaceae, Lauraceae, Mirtaceae y Meliaceae.

Las especies más abundantes y características son aguay o arazá (*Chrysophyllum gonocarpum*), guayabo (*Eugenia pseudo-mato*), suiquillo (*Diaptenopteryx sorbifolia*), laurel (*Phoebe porphyria*), laurel hojudo (*Nectandra sp.*), palo barroso (*Blepharocalyx salicifolius*), guayabo (*Eugenia sp.*), cedro (*Cedrela sp.*), nogal (*Juglans australis*), cebil (*Anadenanthera colubrina*), orteguilla (*Heliocarpus papayensis*), pata de gallo (*Trichilla sp.*). En el estrato arbustivo dominan el matico (*Piper tucumanun*), tabaquillo (*Solanum riparium*), chalchal (*Allophyllus edulis*). (ZONISIG, Tarija. 2000).

#### **1.4.- Biomasa forestal**

La biomasa forestal se define como el peso de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo, es el resultado del proceso fotosintético para obtener los elementos nutritivos existentes en el medio, utilizando la energía solar. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco (Gómez, T., & Vergara, M. 2010) afirman que, la biomasa forestal se puede clasificar en:

- a) **Natural.** Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana, y que se puede aprovechar como fuente energética. Como por ejemplo los troncos, hojas, ramas, frutos, etc.

- b) Residual seca.** Son los residuos que se generan en las actividades forestales o en la industria de la maderera y que todavía pueden ser utilizados y considerados como subproductos. Como ejemplo podemos considerar el aserrín, la cáscara de almendra, las podas de frutales, etc.

La biomasa es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego.

### **1.5.- Distribución de la biomasa en el árbol**

Una vez distribuida la biomasa del rodal entre los árboles, para cada uno hay que asignarla a cada compartimiento y repartirla a lo largo de los ejes. Para el tronco, la relación que se suele utilizar es la ley de Pressler: (i) la superficie transversal de los anillos aumenta en forma lineal desde lo alto del árbol hasta la base funcional de la copa; (ii) luego se mantiene constante desde la base de la copa hasta la base del árbol. Por lo tanto, a medida que el árbol crece, el tronco se volverá cada vez más cilíndrico puesto que la distancia entre los anillos será mayor cerca de la copa que en la base. Esta ley de Pressler no expresa una distribución promedio de la madera en el árbol. En efecto, para los árboles dominantes, la superficie del anillo puede seguir aumentando por debajo de la copa y para los dominados/suprimidos, puede disminuir mucho. En casos extremos, también es posible que el anillo no esté completo en la base del árbol, incluso puede faltar, como por ejemplo en las hayas (Nicolini, E. 2001).

Además, cualquier acción sobre la copa (densidades importantes o escasas, raleos, podas o entresacas) tendrá consecuencias en el apilado de los anillos y, en consecuencia, sobre la forma del tronco. La densidad de la madera también es diferente en la parte alta y la parte baja del árbol madera joven cerca de la copa y mayor proporción de madera madura en la parte inferior, pero también variará según las condiciones de crecimiento de los árboles (mediante los cambios de proporción entre la madera tardía y aquella temprana, o los cambios de estructura y las propiedades celulares. En consecuencia, la biomasa será diferente o no para troncos de dimensiones

iguales (altura, diámetro, edad), en función de las condiciones de crecimiento de los árboles.

Es posible que, por ejemplo, un aumento del volumen se acompañe de una baja de densidad (es el esquema clásico para las resinosas) y no resulte por tanto en grandes diferencias en la biomasa de los troncos. Para las ramas y las hojas, la biomasa dependerá mucho de la arquitectura de los árboles y, por ende, de la densidad del rodal: a dimensiones iguales (altura, diámetro y edad), los árboles que hayan crecido en rodales abiertos tendrán más ramas y hojas que aquellos que hayan crecido en rodales densos. Lo que se procura con las investigaciones actuales sobre la biomasa es determinar la parte asociada al desarrollo intrínseco del árbol (ontogenia) distinguiéndola de aquella asociada a factores ambientales. (Saint-André, 1999).

#### **1.6.- Contenido de carbono en la biomasa aérea de los bosques nativos**

El dióxido de carbono presente en la atmósfera es absorbido por las plantas, a través del proceso de fotosíntesis. Por este medio, las plantas convierten la energía de la luz solar, en energía química aprovechable para los organismos vivos. Así, los bosques almacenan grandes cantidades de carbono (C) en la vegetación y el suelo, e intercambian C con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración. (Gayoso, J. & Guerra, J. 2002).

La estimación del C almacenado en la biomasa, en general, se calcula aceptando que el contenido de C total corresponde al 50 % del peso de la biomasa seca. Sin embargo, diferentes estudios denotan la variabilidad del contenido de C según la especie y tejido del árbol. (Francis, J. 2000).

#### **1.7.- Los árboles y los bosques como fuentes y sumideros de Carbono**

Los bosques contienen más carbono que la atmósfera en su conjunto, almacenan más de 650.000 millones de toneladas de carbono: un 44% en la biomasa, 11%

en madera muerta y hojarasca, y un 45% en el suelo. La ordenación sostenible, las plantaciones y la rehabilitación de los bosques pueden conservar o incrementar los depósitos de carbono en los bosques; por el contrario, la deforestación, la degradación y la ordenación forestal deficiente pueden reducirlos. A nivel mundial, los depósitos de carbono en la biomasa forestal disminuyeron en unas 0,50 Gigatoneladas cada año entre 2005 y 2010, principalmente a causa de la reducción del área total de bosque y pese al aumento en las existencias por hectárea en algunas regiones (FAO, 2005)

En la actualidad algunos países del mundo se han dedicado a investigar la capacidad que tienen muchos sistemas forestales y agroforestales de fijar carbono en su biomasa ya sea esta aérea bajo suelo, con la finalidad de buscar una alternativa para reducir los índices de emisiones de dióxido de carbono al ambiente, y evitar su concentración en la atmósfera, para de esta manera contribuir a la reducción de la temperatura del planeta y controlar el efecto invernadero, aunque se debería analizar primero si es o no factible debido a diferentes problemas que podrían suscitarse.

### **1.8.- Cuantificación de biomasa y carbono en bosques naturales**

La cuantificación de biomasa en bosques naturales es uno de los principales temas en relación al problema del calentamiento global. El interés por estudiar la importancia de los bosques en los ciclos de elementos biogeoquímicos en especial del carbono, empezó recientemente en los últimos años, “debido a que se ha determinado que los árboles a lo largo de todo su crecimiento renuevan de materia estable parte de sus órganos a través del desfronde de hojas, ramas, flores, frutos, corteza, etc.” (Rodríguez, Jiménez, Aguirre, & Treviño, 2006)

Este proceso libera gran cantidad de carbono que se incorpora a la atmosfera como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el restante se queda concentrado en el suelo en forma de humus estable. Frente a este proceso, se produce anualmente un aumento de las

dimensiones del árbol que se da lugar a partir de la acumulación del carbono. Al momento que el dióxido de carbono atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, pasa a formar parte importante de la composición de la madera y todos los demás tejidos necesarios para el desarrollo de la planta. El balance entre el carbono capturado en la especie forestal, como resultado de su crecimiento, y el liberado de la descomposición y el desprendimiento de ramas, hojas, frutos, corteza, etc., establece la fijación neta de carbono por árbol. Para la masa forestal se puede emplear el mismo razonamiento incluyendo el balance neto de todas las especies vegetales que lo componen (Nogués, García, & Rezeau, 2010).

### **1.9.- Estimación de biomasa y carbono mediante modelos alométricos**

Se puede afirmar que los modelos alométricos son ecuaciones matemáticas que permiten estimar el volumen, biomasa y el carbono de los árboles en función de variables de fácil medición, como el diámetro a la altura del pecho (DAP) y/o la altura total de los árboles.

En este sentido para los proyectos de cuantificación de carbono en bosques, plantaciones o sistemas agroforestales es fundamental la generación de modelos alométricos locales para la adecuada estimación del carbono almacenado en estos ecosistemas. Se debe ejecutar un muestreo destructivo de manera obligatoria para el desarrollo de estos modelos. El tamaño de muestra debe ser definido de manera que el error de predicción del modelo resultante esté dentro de los rangos aceptados; en general, se estima que se obtienen valores del error aceptables con tamaños de muestra mayores a 20 individuos distribuidos sobre todo en los rangos de diámetro.

Para obtener la biomasa total de cada individuo se realiza la suma de la biomasa de los distintos componentes del árbol. Al momento de ser obtenida la biomasa total de los árboles muestreados se intenta obtener, mediante técnicas estadísticas, relaciones

directas entre la biomasa total del árbol y las variables del mismo medidas en pie. Para calcular la biomasa viva con base en ecuaciones alométricas conviene con diseñar un muestreo estadísticamente representativo en el que se midan las variables independientes de la ecuación alométrica seleccionada. Los datos finales pueden ser presentados por clase diamétrica. (Walker, W., A. Baccini., M. Nespud., N. Horning., D. Knight., E. Braun., & A. Bausch. 2011).

### **1.10.- Métodos para calcular la biomasa**

Dentro ámbito internacional se han puesto en marcha estrategias para la mitigación del calentamiento global como las negociaciones de bonos de carbono, para que estas estrategias sean una realidad dentro de proyectos forestales es necesario medir y monitorear el carbono almacenado. El cálculo de la biomasa es el primer paso para evaluar la productividad de los ecosistemas y la contribución de los bosques en el ciclo global del carbono.

Para estimar la biomasa aérea de un bosque existen los métodos directos e indirectos.

- a) **Directo.** El método directo fundamenta lo siguiente; se debe medir los parámetros básicos de un árbol (entre los más importantes el diámetro a la altura del pecho-dap, altura total, diámetro de copa y longitud de copa); derribarlo y calcular la biomasa pesando cada uno de los componentes (fuste, ramas y follaje), es denominado también método destructivo (MDL, 2008).
- b) **Indirecto.** Otra forma es calcular la biomasa aérea es de manera indirecta a través de ecuaciones y modelos matemáticos obtenidos por análisis de regresión entre las variables colectadas en terreno y en inventarios forestales (Segura, M; Andrade H. 2008).La utilización de este método básicamente consiste en cubicar los árboles y estimar volúmenes de la madera mediante la toma de muestras, se puede estimar parámetros necesarios como

el peso seco y la densidad de la madera necesarios para estimar la biomasa total.

La cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, secundarios y plantaciones forestales, casi en su totalidad asume el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50% para todas las especies en general. Éste método es utilizado cuando existen árboles de grandes dimensiones y en casos en los que se requiere conocer el carbono de un bosque sin necesidad de derribar los árboles.

### 1.10.1.- Modelos matemáticos alométricos

Estas son ecuaciones matemáticas que permiten estimar el volumen, biomasa o el carbono (VBC) de los árboles en función de variables de fácil medición como el DAP (Diámetro a la altura del pecho). El desarrollo de modelos de biomasa locales es una herramienta valiosa para proyectos de mitigación de gases efecto invernadero y para investigadores de especies leñosas perennes. (Segura, M; Andrade H. 2008.).

#### **Cuadro N° 1 Ecuaciones alométricas genéricas más empleadas para la estimación de volumen, biomasa o carbono (VBC) de árboles, arbustos y palmas.**

$VBC = a + b * dap$	Berkhout
$VBC = a + b * dap^2$	kopezky
$VBC = a + b + c * dap^2$	Hohenadl - Krenn
$\ln VBC = a + b * \ln dap$	Husch
$VBC = a + b dap^2 * h$	Spurr
$VBC = a + b *dap^2 +c dap^2 *h + d * h$	Stoate
$VBC = a + b *dap^2 + c * dap *h + d *dap^2 * h$	Meyer
$\ln VBC = a + b * \ln dap + c * \ln *h$	Schumacher-Hall

Fuente: Segura, M; Andrade H. 2008.

Notas: VBC = volumen (m<sup>3</sup> árbol-1), biomasa (kg árbol-1) o carbono (kg árbol-1); dap = diámetro a la altura de pecho (o a otra altura de referencia; cm); h = altura total o comercial (m); a, b, c, d = parámetros del modelo; ln= logaritmo base e.

### **1.10.2.- Ecuación de la biomasa**

Según Brown et al. 1989 las estimaciones de biomasa a nivel regional, nacional o mundial no deberían basarse en pocas parcelas de medición directa porque las muestras a esta escala no son representativas. En estas situaciones proponen utilizar la información de inventarios forestales los que logran suficiente cobertura de superficie para representar la población de interés. A partir de datos de inventarios forestales, se tienen dos diferentes métodos de cálculo de estimación de biomasa: el primero basado en ecuaciones matemáticas y el segundo en factores de expansión.

El método que utiliza factores de expansión, se aplica cuando no existe la información detallada de un inventario forestal con los parámetros de cada árbol individual. Consiste en multiplicar la biomasa de los fustes, por el factor de expansión de biomasa dando como resultado el valor de biomasa aérea total. La biomasa de los fustes es el producto del volumen de los fuste (volumen comercial) por la densidad básica promedio de las especies.

## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

#### 2.1.- Ubicación del área de estudio

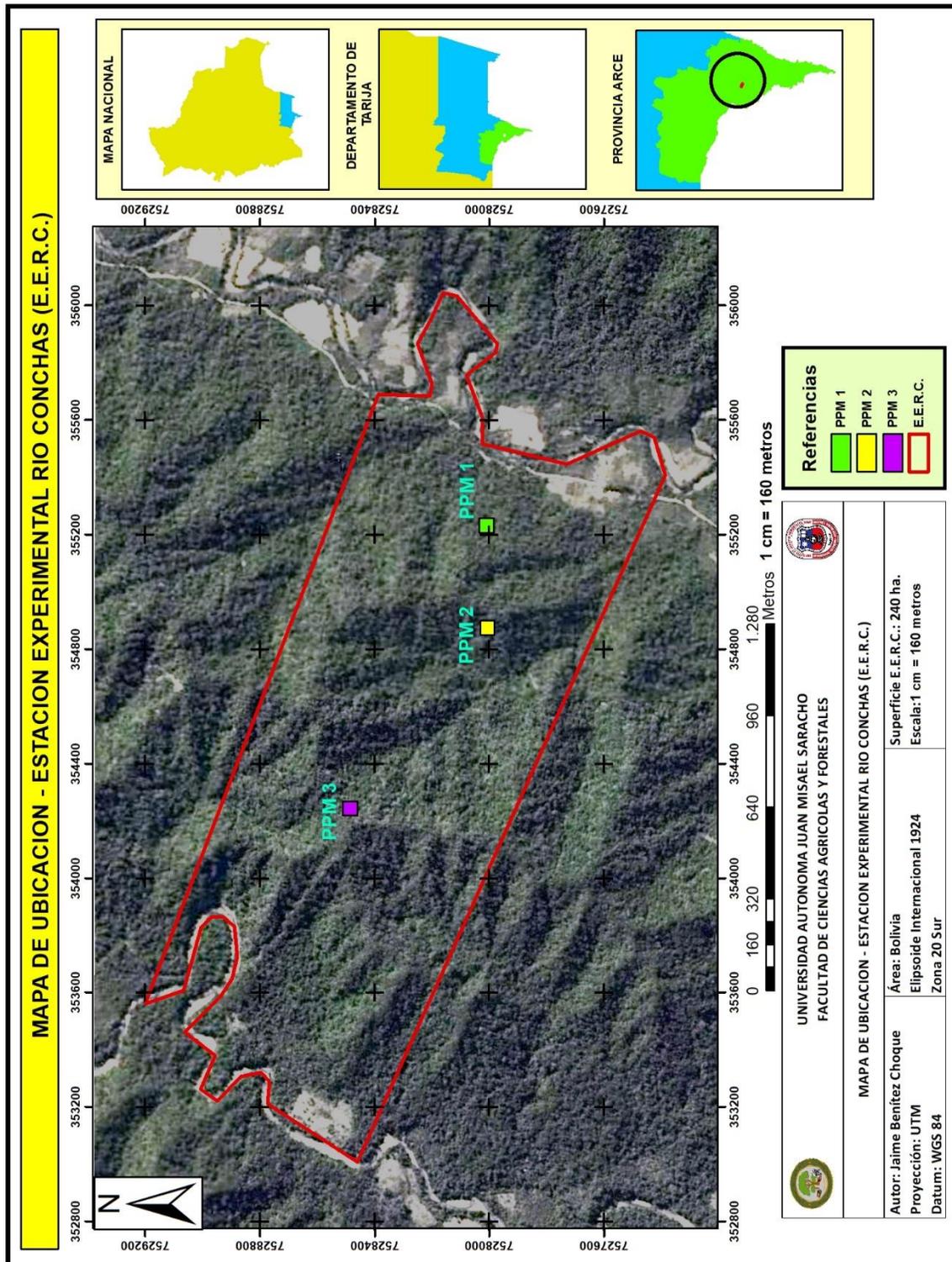
La Estación Experimental de Río Conchas (EERC) propiedad de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” UAJMS; está localizada entre los ríos Salado y Conchas y geográficamente está determinada por las siguientes coordenadas 22°20'59,44" de latitud sud 64°25'28.45" de longitud oeste y 22°19'59.21" latitud sud y 64°23'49.36" Longitud oeste, a una altitud entre 800 a 1000 msnm. La EERC se encuentra en la comunidad denominada Conchas del Cantón de Tariquía perteneciente a la Provincia Arce del Departamento de Tarija, a una distancia aproximada de 150 Km al sur de la Ciudad de Tarija. La estación Experimental de Río Conchas tiene aproximadamente 240 hectáreas que comprende un bosque húmedo subtropical. (Ramos et al. 2012)

#### 2.2.- Acceso al área de estudio

La comunicación a la EERC cuenta con una sola vía de acceso, esta cuenta con un camino que no reúne las condiciones necesarias para una buena conexión. Para ingreso a la zona de estudio de la Estación Experimental de Río Conchas, se lo hace por el cruce el Salado a través de un camino vecinal el que en épocas de lluvia se toma intransitable debido a las redes de drenaje existentes como el Río Salado y el Río Conchas, como también a los derrumbes, que se producen por las altas y constantes precipitaciones en periodo de lluvia.

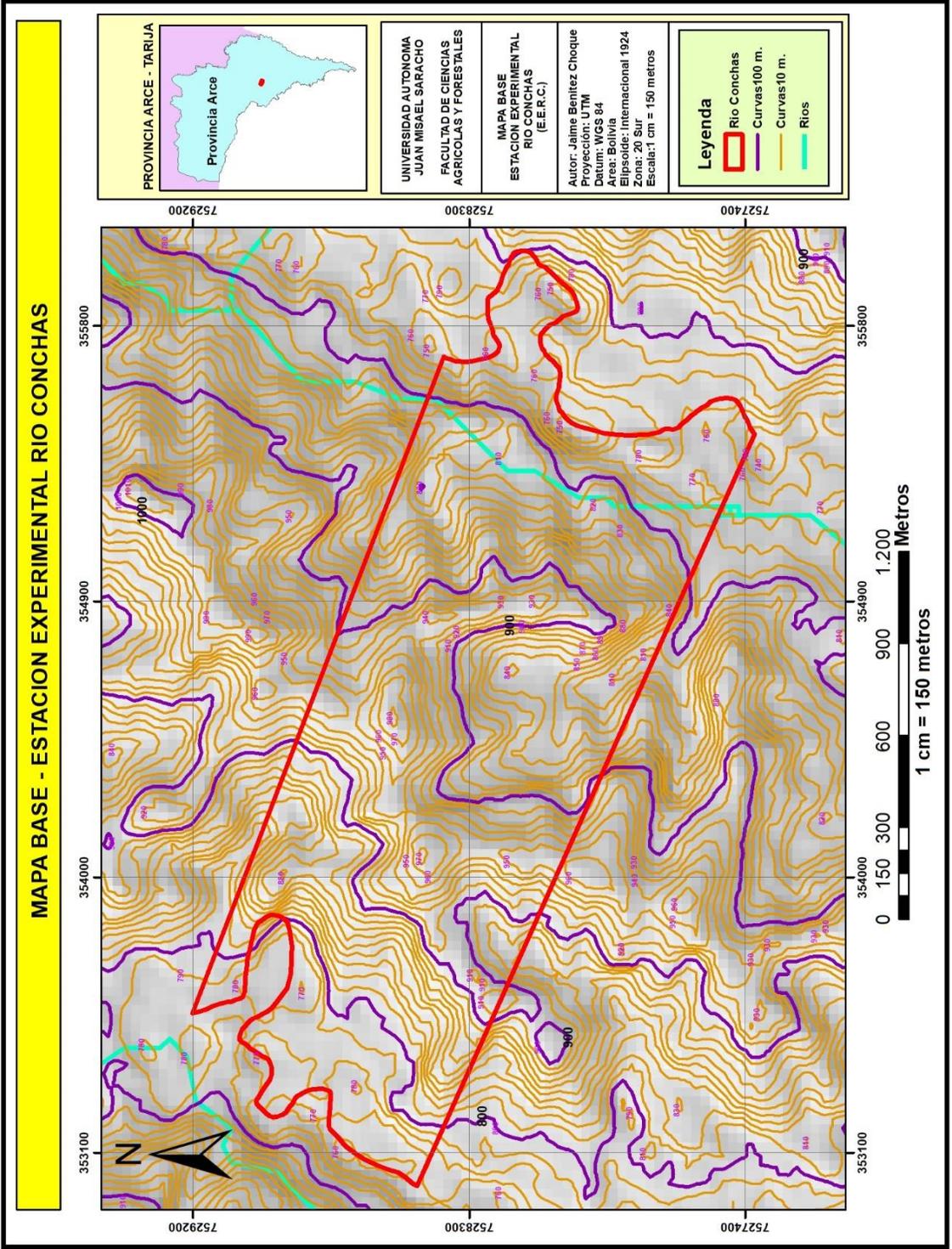
Dentro de la EERC la accesibilidad es problemática por la no existencia de un camino, conociendo que la topografía del lugar es bastante abrupta, teniendo en su recorrido pendientes mayores a los 60°, La distancia aproximada desde la carretera cruce el Salado hasta la Estación Experimental de Río Conchas es de 22 kilómetros. (Benítez Álvarez G. 2005).

Mapa N° 1 Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

### Mapa N° 2 Mapa Base del área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

### **2.3.- Población**

La población según el mapa de Densidad de población del (INE 2012) tiene aproximadamente del 0.1 a 0.2 habitantes por kilómetro cuadrado, lo cual nos da una idea de que la población es relativamente inferior a los 500 habitantes.

### **2.4.- Suelo**

Los suelos del área de estudio son superficiales a profundos de 30 a 150 cm. Excesivamente drenado a moderadamente bien drenado, materia orgánica superficial en estado de descomposición débil, con presencia de pocos fragmentos en un porcentaje del 2% de forma sub-redondeados, meteorizados de arenisca y limonitas. (ZONISIG, Tarija. 2000).

### **2.5.- Geología**

Según el mapa geológico de Tarija (ZONISIG, Tarija. 2000) el área de estudio pertenece a los periodos Cretácico, Terciario y Cuaternario. La litología dominante está compuesta por limonitas, arcillitas, areniscas, calizas y otras.

El Departamento de Tarija presenta tres tipos tectónicos de plegamientos bien definidos que corresponde a las provincias fisiográficas de la cordillera Oriental, el Sub Andino y Llanura Chaco Beniana, corresponde el área de estudio en este caso a la provincia fisiográfica del sub andino.

### **2.6.- Geomorfología**

Según el estudio hecho por el (ZONISIG, Tarija. 2000) la provincia fisiográfica del sub andino donde se encuentra el área de estudio la EERC, está constituida por un conjunto de paisajes dominados por serranías, colinas y valles.

Las serranías y colinas del sub andino están orientadas en el sentido Norte-Sur, conformado por anticlinales estrechos y valles inclinados más amplios, donde se instalan los ríos más importantes, originando valles con llanuras aluviales de pequeña y mediana amplitud. Las serranías presentan formas alargadas por cientos de kilómetros y paralelas entre sí, constituidas por rocas más resistente y homogéneas, en

tanto que los valles inclinados se hallan constituidas por rocas menos resistente y más blandas.

### **2.7.- Fisiografía**

Según el mapa fisiográfico del estudio de (ZONISIG, Tarija. 2000), el área de estudio se encuentra ubicada fisiográficamente entre: serranía medias, fuertemente disectada donde actúan procesos de remoción en masa, pendiente aluviales y coluviales son las principales geoformas que domina este paisaje. El relieve es escarpado a fuertemente escarpado, con pendiente de 50 a 200 m de longitud aproximadamente.

### **2.8.- Hidrología**

La Estación Experimental de Río Conchas, forma parte del Gran Sistema Hidrográfico de la Cuenca de la Plata, que a la vez tiene como parte de ella la cuenca del Río Bermejo y esta tiene como una de sus Sub Cuencas tributarias, la sub cuenca del Río Salado-Conchas donde se encuentra la Estación Experimental de Río Conchas

La cuenca de Bermejo en la Cordillera Oriental presenta un relieve accidentado con un gradiente longitudinal del curso de los ríos adquiere pendientes altas, mayores a 2,5% como los ríos Guadalquivir, Tolomosa, Camacho, y Santa Ana.

Como afluentes principales del río Bermejo. En el sub Andino de Cuenca del río Bermejo presenta valles amplios como se observan en los ríos de Entre Ríos, Salinas, Chiquiaca, Emborozú Conchas y Playa Ancharon gradientes menores al 2%. El patrón de drenaje para esta cuenca es variado, aunque predomina el dendrítico y sub dendrítico en la Cordillera Oriental (ZONISIG, Tarija. 2000).

### **2.9.- Vegetación**

Según el informe departamental de fitotecnia, la estación experimental de Río Conchas, presenta 4 tipos principales de vegetación: bosque nublado de la selva Tucumano-Boliviana, bosque húmedo, bosque sub húmedo tradicional y bosque xerofítico del Chaco Serrano.

El bosque de la EERC está integrado por 59 especies de plantas vasculares. El grupo taxonómico mayor representado es el de las dicotiledóneas (Magnoliopsidas) con un 90%, les siguen las monocotiledóneas (Liliopsidas) con un 8%, existiendo sólo un 2% de Pteridofitas, este grupo último puede tener especies pero por falta de material fértil no fueron consideradas. (Acosta I., 2004).

## 2.10.- Clima

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, Tarija. 2017), el clima es templado-cálido, semi-húmedo con veranos lluviosos, otoño con llovizna persistente. Los meses más secos abarcan los meses de mayo a septiembre, siendo octubre el mes en que empiezan las precipitaciones, el mes más lluvioso es enero, febrero, marzo y abril.

La temperatura media anual es de 23.3 °C, temperatura máxima extrema 46 °C y una mínima extrema de -4.0 °C y la humedad relativa de promedio es 75%. Y una precipitación anual de 1055.0 mm, al área de estudio presenta un bosque húmedo templado.

**Cuadro N° 2 Datos climatológicos de la Estación Experimental de Rio Conchas**

Índice	Unid.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
T. máx. M	°C	33,8	32,8	30,7	27,1	23,8	22,2	23,2	27,1	30,1	32,6	32,8	33,4	29,1
T. mín. M	°C	20,7	20,4	19,5	17,1	13,3	10,4	8,0	9,3	12,0	17,1	18,4	20,1	15,5
T. media	°C	27,3	26,6	25,1	22,1	18,6	16,3	15,6	18,2	21,0	24,9	25,6	26,8	22,3
T. máx. extre.	°C	44,3	42,5	40,5	36,8	36,0	32,0	35,5	43,5	44,5	46,0	45,5	45,8	46,0
T. mín. extre.	°C	11,1	11,2	10,0	0,9	1,5	-1,0	-4,0	-2,0	0,2	3,0	9,5	9,0	-4,0
D. con heladas	----	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Humedad Relativa	%	76	78	82	84	84	82	76	68	62	66	69	73	75
Presión Barométrica	hPa	965,52	965,9	967,8	969,4	971,4	971,1	971,4	970,1	968,9	966,3	965,6	964,7	968,2
Precipitación	mm	185,0	208,4	166,5	94,1	25,4	11,9	6,2	4,1	11,6	49,4	112,1	180,3	1055,0
P. max.24 hrs.	mm	137,2	108,0	126,3	97,0	32,9	11,6	10,4	6,5	50,2	56,7	131,7	94,4	137,2
Días con lluvia	----	12	12	13	11	8	6	3	2	2	6	9	11	94

Fuente: SENAMHI, Tarija. 2017

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1.- MATERIALES

Los materiales que se utilizaron son los siguientes:

#### a) Materiales de campo

- ✓ Brújula
- ✓ Clinómetro
- ✓ GPS
- ✓ Cinta métrica de 50 m
- ✓ Machete
- ✓ Martillo
- ✓ Clavos
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Planillas de campo
- ✓ Cintas flagging rojo
- ✓ Cámara fotográfica

#### b) Materiales de gabinete

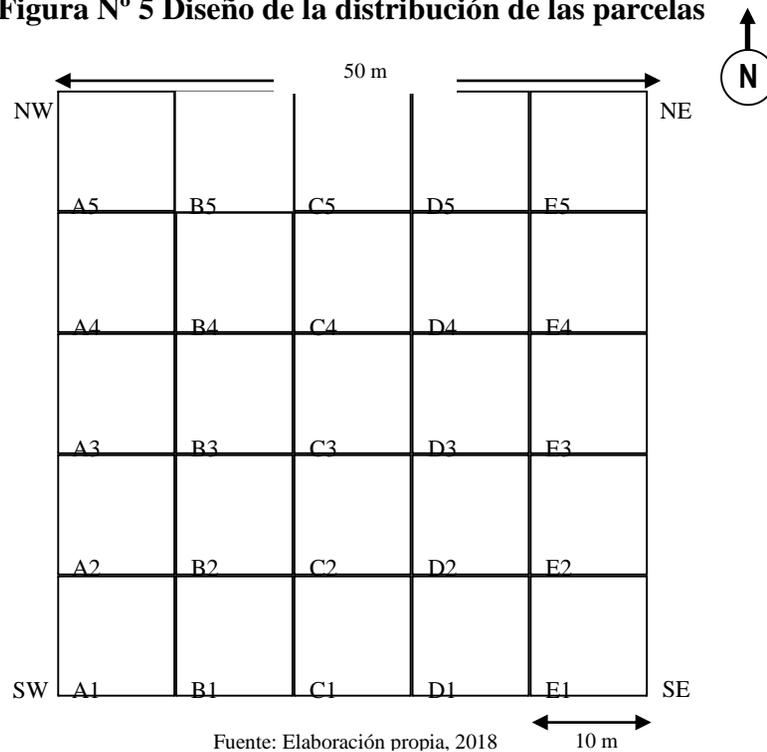
- ✓ Material de escritorio en Gral.
- ✓ Computadora
- ✓ Formato de inventarios de campo

### 3.2.- METODOLOGÍA

#### 3.2.1.- Tipo y nivel de investigación

La investigación que se realizó, fue del tipo descriptivo-correlacional. En el inventario forestal se utilizó el diseño sistemático a nivel de reconocimiento. Las parcelas de muestreo se hicieron de forma cuadrada de 0,25 ha (50 m de ancho por 50 m de largo).

**Figura N° 5 Diseño de la distribución de las parcelas**



### **3.2.2.- Remedición de los límites de la parcela**

La realización de la remedición de parcelas permanentes de muestreo del área de estudio, primero se encontró el punto 0,0 de la parcela, que generalmente está ubicado en los vértices SW (sud este) con la ayuda de una brújula, eclímetro, cinta métrica y jalones, se volvió reabrir las sendas principales a la parcela e estudio, procedió a la delimitación de la parcela, A partir del punto 0;0 se trazó dos picas una pica con rumbo Este y otra pica con rumbo norte, hasta alcanzar los 50 m., sobre las picas se dejaron estacas cada 10 metros luego se hizo la división y la delimitación de las 25 subparcelas de (10 x 10) m de igual manera, se insertaron estacas de tubo PVC color rojo en los límites de cada sub parcela. Este procedimiento se aplicó en las 3 parcelas de estudio.

### **3.2.3.- Remedición de los individuos**

La toma de datos se realizó considerando a la parcela instalada sobre un plano cartesiano (X, Y), donde cada subparcela fue muestreada con un punto 0,0 y de cada individuo censado, se obtuvo sus propias coordenadas.

El modo de desplazamiento de registro de datos se hizo De forma ordenada empezando desde el punto (0.0) en coordenadas x, y Se realizó la toma de datos de todos los individuos que presentaron un DAP  $\geq 10$  cm, esta medida se la realizó a los 1.30 m “diámetro de altura al pecho”. Con dirección al norte se clavó la respectiva placa de identificación del individuo, a una altura de 1.60m de altura al pecho con el fin de conocer el incremento dimétrico de los árboles en el transcurso del tiempo

En planillas de campo se registraron los siguientes datos de remedición de los individuos censados:

- Código de subparcela.
- Nro. de individuo.
- Coordenadas (x, y).
- Circunferencia (cm).
- Altura comercial (m).
- Altura total (m).

- Calidad.
- Posición de la copa.
- Forma de fuste.
- Estado sanitario.

### 3.2.4.- Parámetros estadísticos

Un parámetro de una población es una medida que resume o describe el comportamiento general de una población. Se estudiaron los siguientes parámetros estadísticos:

#### 3.2.4.1.- Media Aritmética

La media aritmética es la medida de posición más conocida y empleada en la práctica, la media aritmética es una medida de tendencia central, que se define como la suma de todos los valores dividido por su número.

$$\bar{X} = \sum Xi/n$$

Donde:

$X_i$ = Valor observado de la unidad

$n$  = Número de unidades en la muestra

$\sum$  = Significa que hay que sumar las “ $n$ ” de los valores “ $x$ ” en la muestra.

#### 3.2.4.2.- Desviación estándar

Otra medida de dispersión muy empleada es la desviación estándar o desviación típica. La desviación estándar se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza.

Esta medida resulta en la práctica más cómoda y por ello más difícil para expresar  $A = \pi r^2$  de los individuos de una población están próximos a la media o disperso con respecto a la misma.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar

n-1= Grados de libertad

$\bar{X}$ = Media aritmética

$X_i$ = Valores observados de la unidad

#### **3.2.4.3.- Valor Máximo**

Normalmente es utilizado para definir el máximo valor de un conjunto de datos, por ejemplo, para área basal o para volumen (Cantore, s.f.)

#### **3.2.4.4.- Valor Mínimo**

Se emplea para ubicar el mínimo valor de un conjunto o lista de datos, en el presente trabajo se utilizara para el área basal como para el volumen (Cantore, s.f.)

#### **3.2.4.5.- Coeficiente de varianza**

Se llama coeficiente de varianza al cociente de la desviación estándar maestra entre su media aritmética.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Donde:

CV= Coeficiente de varianza

S= Desviación estándar

$\bar{X}$ = Media aritmética

### 3.2.5.- Estructura de la vegetación

#### a) Características cuantitativas

Los parámetros a determinar fueron: Número de árboles/ha; diámetro normal promedio; área basal/ha y volumen/ha. Para este cometido, se realizó un análisis por especie y por clase diamétrica. El área basal se calculará aplicando la fórmula:

$$AB = \frac{\pi}{4} * d^2$$

Donde:

AB = Es el área basal del árbol en m<sup>2</sup>

d = Es el diámetro a la altura del pecho del árbol en m

La altura de los árboles se obtuvo a través de mediciones indirectas empleando un jalón de 2 m, hasta calibrar la vista mediante árboles tipo, las alturas de los demás árboles, serán estimados en el levantamiento de las PPMs con la ayuda de una regla graduada. Con esta información, se calculó el volumen total comercial utilizando la altura total, el área basal y el coeficiente mórfico de 0.65, establecido por la Ley 1700 y en la normativa vigente, mediante la fórmula:

$$V = AB * HT * 0.65$$

Donde:

V = Volumen en m<sup>3</sup>

AB = Área basal en m<sup>2</sup>

HT = Altura total en m.

0.65 = Coeficiente de forma

La estructura del bosque se analizó en función de la distribución diamétrica, a partir de los árboles con diámetros de 10 cm para luego generar tablas de frecuencia con categorías diamétricas.

Adicionalmente se determinó el cociente de mezcla. Para el cálculo de Cociente de Mezcla, se ha tomará la fórmula propuesta por (Lamprecht H. 1990)

$$CM = \text{Número de especies} / \text{Número total de individuos}$$

#### **b) Características cualitativas**

Éstas están definidas por la Calidad del fuste, Posición de la copa, Forma de la copa, etc.

#### **3.2.6.- Determinación del peso ecológico**

Los datos de composición se estudiaron en base al número de individuos (Abundancia), distribución (Frecuencia) y el Área Basal (Dominancia). Los datos fueron registrados en una planilla de campo e introducidos en una planilla electrónica para determinar el peso ecológico o Índice de Valor de Importancia.

El Índice de Valor de Importancia es un parámetro que estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad vegetal. El valor máximo es de 300, cuando más se acerca una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes. Este valor fue calculado para cada especie a partir de la suma de la Abundancia Relativa + Dominancia Relativa + Frecuencia Relativa todo dividido entre 3 para expresar en porcentaje.

$$IVI = Ar + Dr + Fr$$

En que:

IVI = Índice de valor de importancia;

Ar = Abundancia relativa

Dr = Dominancia relativa;

Fr = Frecuencia relativa;

La Abundancia es el número de árboles de cada especie dentro del rodal en estudio, (Lamprecht H. 1990) indica que la abundancia, se expresa en términos absolutos y relativos y se calcula como el porcentaje del número de individuos de una especie dada con respecto al total de los individuos.

#### Abundancia Absoluta

$$Aa = \frac{n_i}{ha}$$

Siendo:

Aa = Abundancia absoluta

n/ha = Número de árboles por ha de la especie i;

#### Abundancia Relativa

$$Ar = \frac{n_i}{N/ha}$$

Siendo:

Ar = Abundancia relativa

N/ha = Número total de árboles por ha.

La Dominancia representa la expansión horizontal dada por la proyección de sus copas sobre el suelo, sin embargo por las dificultades de superposición del follaje en la estructura vertical y dado que existe una relación entre el área basal y proyección de la copa se puede tomar como dominancia en área basal de las especies del rodal. La dominancia relativa, es la participación o porcentaje que corresponde a cada especie del área basal total siendo este último valor igual al 100 %. (Lamprecht H. 1990).

Dominancia relativa

$$Dr_i = \frac{g_i/ha}{G/ha}$$

En que:

$Dr_i$  = Dominancia relativa

$G/ha$  = Area basal total por ha

La Frecuencia relativa está relacionada con el patrón de ocurrencia de una especie en un bosque, como resultado de un muestreo. Becerra (1970) dice que, la Frecuencia de las especies mide su dispersión dentro de la comunidad vegetal. La presencia es expresada como el porcentaje del número de subparcelas en las que aparece una especie dada con relación al número total de parcelas levantadas.

$$F_r = \frac{F_{ai}}{\sum_{i=1}^n F_a} * 100$$

Siendo:

$F_{ai}$  = Frecuencia de una especie.

$\sum F_{ai}$  = Suma de la frecuencia de todas las especies.

$F_r$  = Frecuencia relativa (%)

### **3.2.7.- Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de la biomasa de la Estación Experimental de Río Conchas se empleara en siguiente modelo matemático alométrico:

- **Estimación de la biomasa aérea**

Para estimar la biomasa aérea se utilizó los datos, que son: a) la densidad específica de la madera por especie (DM) en gr/cm<sup>3</sup> o t/m<sup>3</sup>, b) la densidad promedio de la madera (DP), c) el diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm, y d) la altura total (Ht) en m. La densidad específica de la madera es definida como el peso seco en horno dividido entre el volumen húmedo.

La biomasa aérea para cada árbol se estimó utilizando la ecuación propuesta por (Chave et al. 2001).

$$\mathbf{Biomasa\ aerea\ (Kg) = \frac{DM}{DP} \exp(2.42[Ln\ DAP] - 2.00)}$$

Según Dauber et al. (2000), la ecuación de (Chave et al. 2001) la estimación de la biomasa aérea está en función al diámetro del árbol y a la densidad específica de la madera, incorporada como un simple factor de multiplicación entre la densidad específica de la madera del árbol (DM) y la densidad especifica promedio (DP). (Baker et al. 2004).

Según Brown et al. (1989), El método que utiliza:

$$\mathbf{Biomasa\ aérea\ (kg)B_t = e^{(-2.4090+0.9522*\ln(d^2*h*\delta))}}$$

Donde:

$B_t$  = Biomasa aérea total (kg)

$e$  = Base del logaritmo natural (2.718271)

$d$  = Diámetro a la altura del pecho o DAP (cm)

$h$  = Altura total del árbol (m)

$\delta$  = Densidad básica de la madera (g/cm<sup>3</sup> o t/m<sup>3</sup>)

Es importante anotar que la ecuación de regresión fue modelada con las unidades anotadas (kg, cm, m y t/m) y por lo tanto éstas son las unidades de entrada para las variables de la ecuación. Si tenemos el DAP en metros se deberán convertir a centímetros. Igualmente, si deseamos el valor de biomasa en toneladas (t), convertiremos kilogramos (kg) a toneladas.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.- RESULTADOS**

Se realizó el levantamiento de datos en campo (Ver anexos 1 al 8), utilizando planillas de campo predeterminadas (Ver anexo 11), para posteriormente realizar su procesamiento en gabinete, de acuerdo al cronograma establecido (Ver anexo 10). Los resultados obtenidos se encuentran plasmados en gráficos, cuadros y tablas, junto con su respectiva interpretación, de igual manera se encuentra señalado los anexos de cuya información y procesamiento derivan los resultados. Todos los datos recolectados en campo se procesaron en gabinete, utilizando el software Excel, hoja de cálculo que brinda resultados más precisos, así como los mapas se realizaron a través del software ArcGIS, herramienta fundamental en el procesamiento de información geográfica.

##### **4.1.- Diseño y Distribución de las Parcelas de Estudio.**

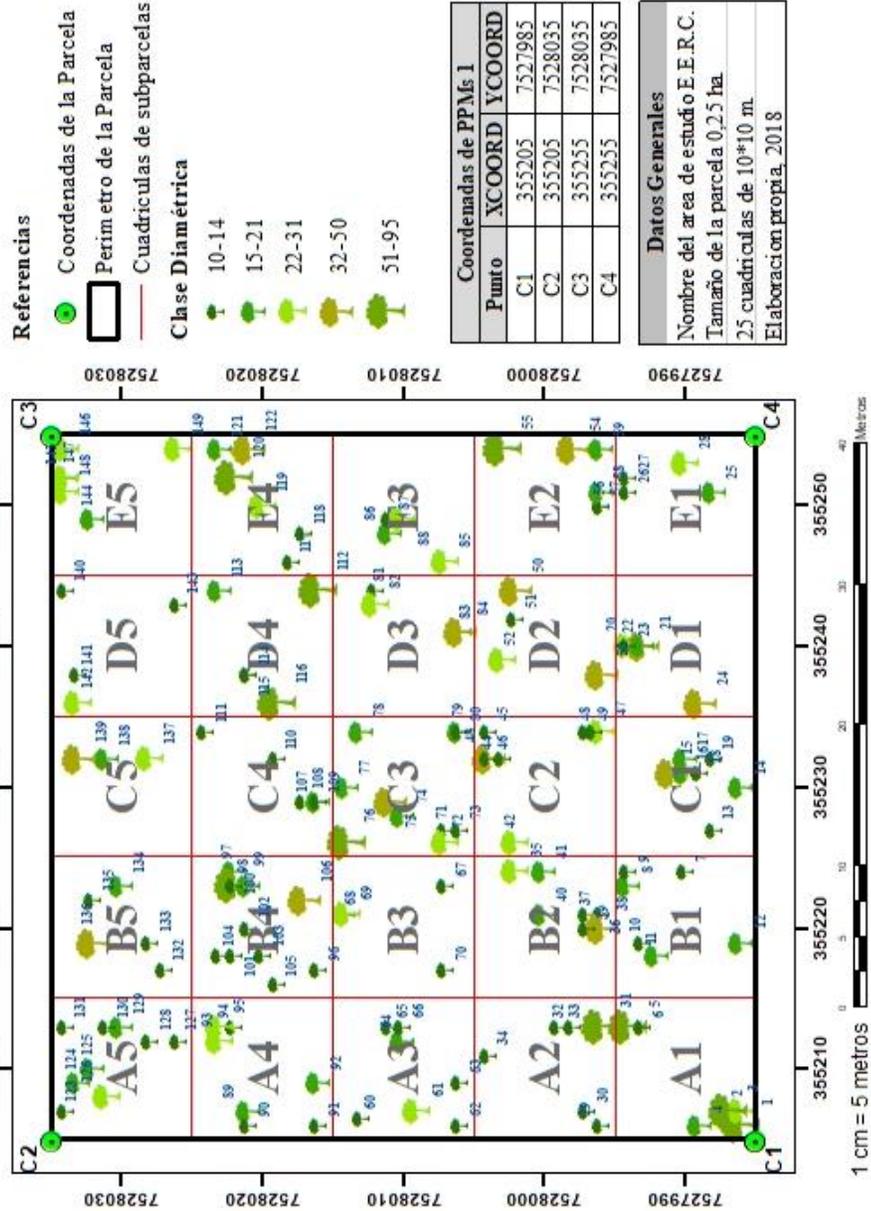
El área de estudio al estar ubicada en un bosque nativo, en las diferentes parcelas la distribución de los árboles es aleatoria, siendo la más numerosa en individuos la parcela N° 1 con 149 individuos de 25 especies, en la parcela N° 2 se contó con 131 individuos de 19 especies, y la menos numerosa es la parcela N° 3 con 114 individuos de 22 especies (Ver anexos 12, 14 y 16).

Los mapas a continuación muestran la distribución espacial de árboles por clase diamétrica:

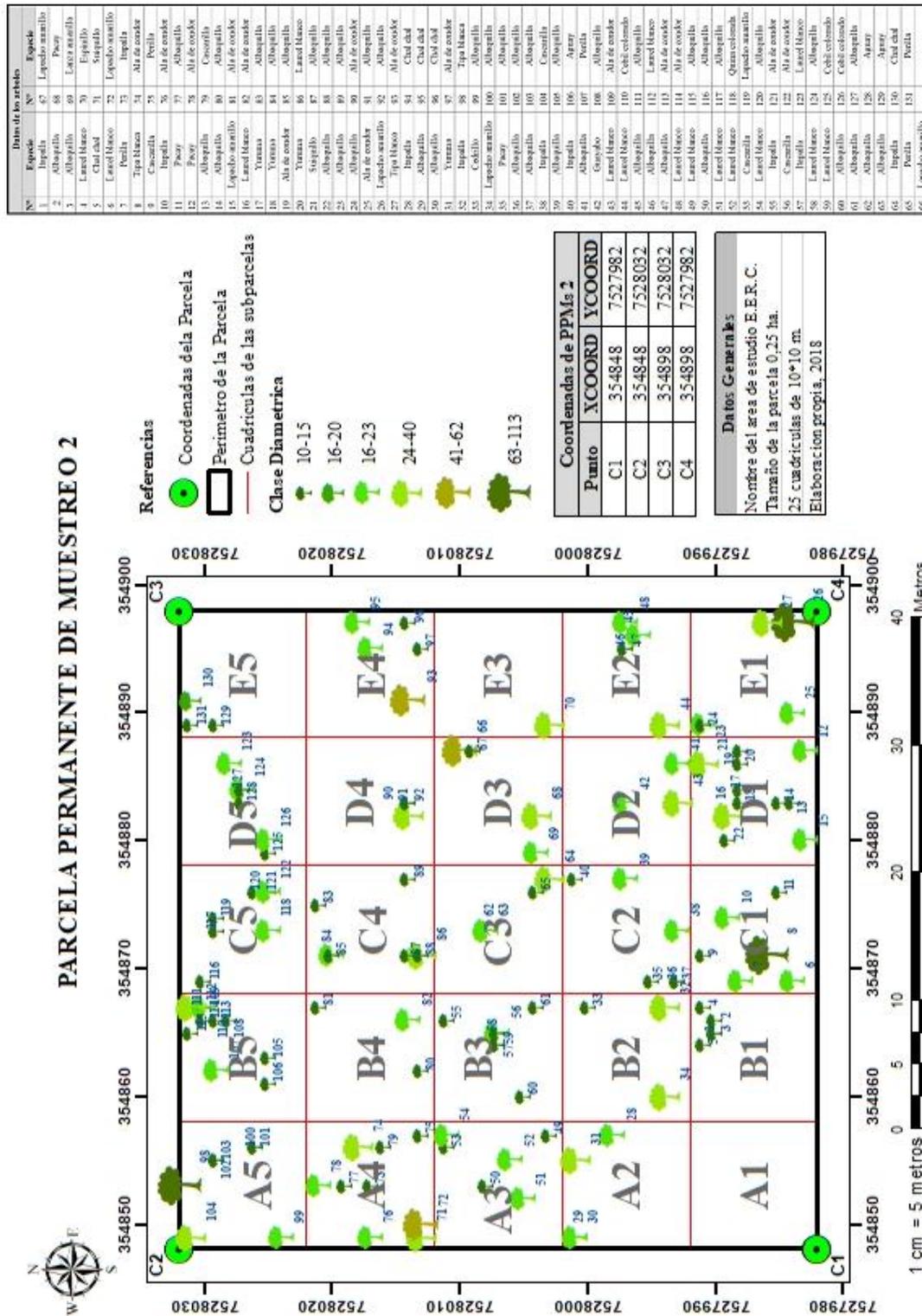
### Mapa N° 3 Diseño y distribución de subparcelas en PPM 1

Datos de los arboles	
N°	Especie
1	Urucú
2	Strognilo
3	Ala de colibrí
4	Alcaparra
5	Alcaparra
6	Alcaparra
7	Alcaparra
8	Alcaparra
9	Alcaparra
10	Alcaparra
11	Alcaparra
12	Alcaparra
13	Alcaparra
14	Alcaparra
15	Alcaparra
16	Alcaparra
17	Alcaparra
18	Alcaparra
19	Alcaparra
20	Alcaparra
21	Alcaparra
22	Alcaparra
23	Alcaparra
24	Alcaparra
25	Alcaparra
26	Alcaparra
27	Alcaparra
28	Alcaparra
29	Alcaparra
30	Alcaparra
31	Alcaparra
32	Alcaparra
33	Alcaparra
34	Alcaparra
35	Alcaparra
36	Alcaparra
37	Alcaparra
38	Alcaparra
39	Alcaparra
40	Alcaparra
41	Alcaparra
42	Alcaparra
43	Alcaparra
44	Alcaparra
45	Alcaparra
46	Alcaparra
47	Alcaparra
48	Alcaparra
49	Alcaparra
50	Alcaparra
51	Alcaparra
52	Alcaparra
53	Alcaparra
54	Alcaparra
55	Alcaparra
56	Alcaparra
57	Alcaparra
58	Alcaparra
59	Alcaparra
60	Alcaparra
61	Alcaparra
62	Alcaparra
63	Alcaparra
64	Alcaparra
65	Alcaparra
66	Alcaparra
67	Alcaparra
68	Alcaparra
69	Alcaparra
70	Alcaparra
71	Alcaparra
72	Alcaparra
73	Alcaparra
74	Alcaparra
75	Alcaparra

### PARCELA PERMANENTE DE MUESTREO I



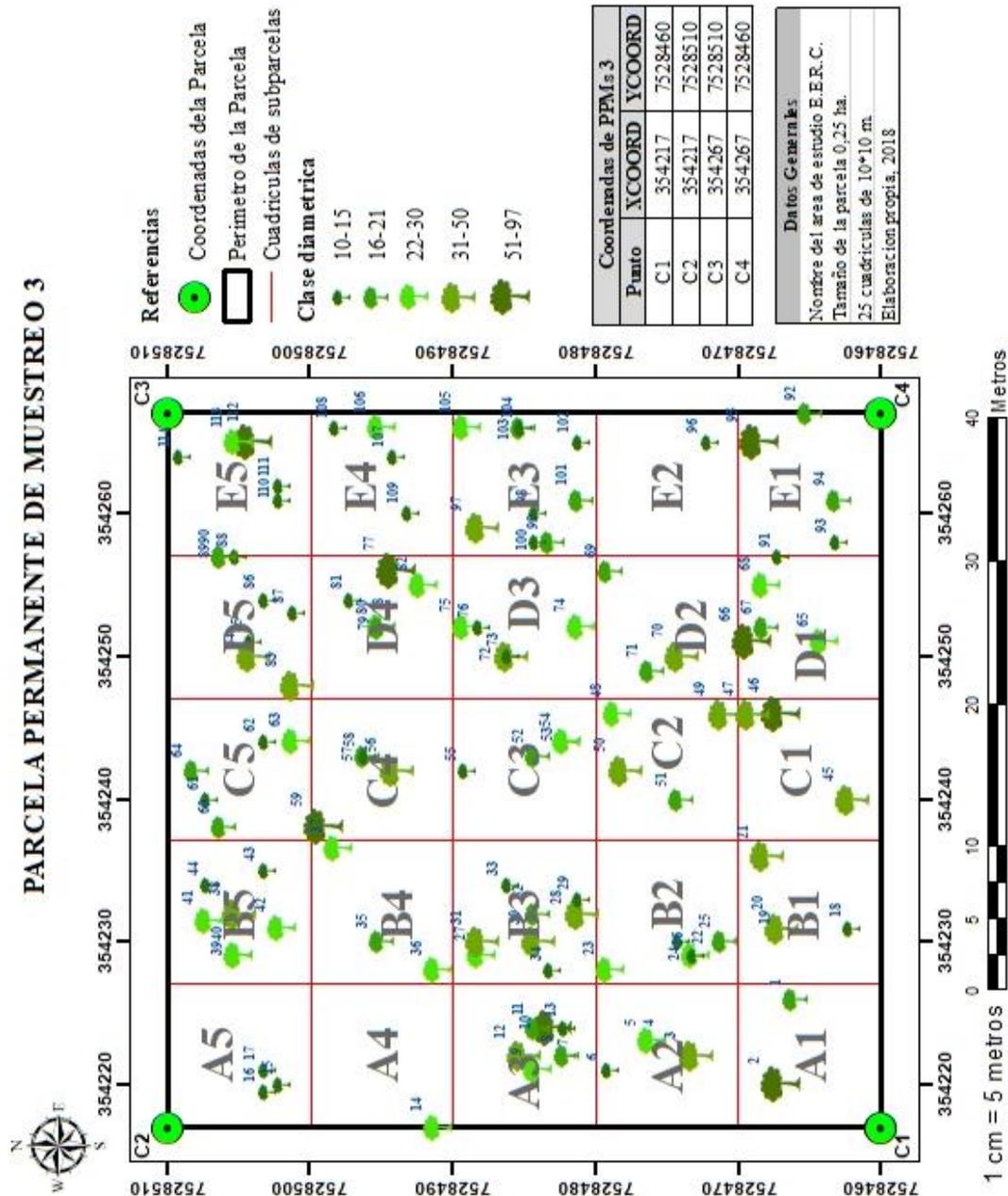
Mapa N° 4 Diseño y distribución de subparcelas en PPM 2



Mapa N° 5 Diseño y distribución de subparcelas en PPM 3

Datos de los árboles		
N°	Especie	N°
1	Alsesquía	58
2	Tija blanca	59
3	Sunguillo	60
4	Sunguillo	61
5	Sunguillo	62
6	Alsesquía	63
7	Chal chal	64
8	Chal chal	65
9	Chal chal	66
10	Tija blanca	67
11	Chal chal	68
12	Lapacho amarillo	69
13	Penilla	70
14	Tobapalillo blanco	71
15	Lapacho amarillo	72
16	Lapacho amarillo	73
17	Monteblanco	74
18	Alsesquía	75
19	Lapacho amarillo	76
20	Lapacho amarillo	77
21	Alfa	78
22	Monteblanco	79
23	Lapacho amarillo	80
24	Chal chal	81
25	Berros	82
26	Chal chal	83
27	Chal chal	84
28	Quina blanca	85
29	Penilla	86
30	Guayabo	87
31	Guayabo	88
32	Tobapalillo blanco	89
33	Alfa de condor	90
34	Alsesquía	91
35	Chal chal	92
36	Monteblanco	93
37	Chal chal	94
38	Sunguillo	95
39	Lapacho amarillo	96
40	Lapacho amarillo	97
41	Lapacho amarillo	98
42	Lanza blanca	99
43	Chal chal	100
44	Yunza	101
45	Alfa	102
46	Monteblanco	103
47	Monteblanco	104
48	Chal chal	105
49	Lapacho amarillo	106
50	Lapacho amarillo	107
51	Tobapalillo blanco	108
52	Chal chal	109
53	Alsesquía	110
54	Alsesquía	111
55	Yunza	112
56	Lapacho amarillo	113
57	Penilla	114

PARCELA PERMANENTE DE MUESTREO 3



1 cm = 5 metros

0 5 10 20 30 40 Metros

#### 4.2.- Parámetros Estadísticos

Los parámetros estadísticos sirven para sintetizar la información dada por una tabla o por una gráfica. Los gráficos a continuación presentan la información estadística obtenida en las 3 parcelas de estudio:

**Cuadro N° 3 Parámetros estadísticos en PPM 1**

<b>Parcela Permanente de Muestreo 1</b>				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>DAP (cm)</b>	<b>ALTURA (m)</b>	<b>ÁREA BASAL (m<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Muestras</b>	149	149	149	149
<b>Mínimo</b>	10	1	0,007	0,005
<b>Máximo</b>	95	15	0,716	3,963
<b>Media</b>	22	4,46	0,055	0,176
<b>Rango</b>	85	14	0,709	3,958
<b>Desv. Estándar</b>	15,600	2,772	0,099	0,428
<b>Coef. Variación</b>	70,91	62,2	178,13	243,55
<b>Error Típico</b>	1,278	0,23	0,008	0,035
<b>Error Muestreo</b>	5,81	5,1	14,593	19,952
<b>Tabla T</b>	1,282	1,645	1,036	0,842
<b>Lím. Superior</b>	29,754	1,391	0,008	0,070
<b>Lím. Inferior</b>	22,909	0,674	0,007	0,031

En la parcela N° 1 (Ver anexos 18 al 21), se registró un DAP promedio de 22 cm, y una altura promedio de 4,46 m. El área basal promedio es de 0,0055 m<sup>2</sup> y un volumen maderable de 104,9 m<sup>3</sup>/h, con una abundancia de 596 arb./ha, de 25 especies. El coeficiente de variación al ser mayor al 25%, demuestra que los datos son heterogéneos, es decir que las variables están muy dispersas. (Ver anexos 21 al 24).

Cuadro N° 4 Parámetros estadísticos en PPM 2

<b>Parcela Permanente de Muestreo 2</b>				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>DAP (cm)</b>	<b>ALTURA (m)</b>	<b>ÁREA BASAL (m<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Muestras</b>	131	131	131	131
<b>Mínimo</b>	10	1	0,007	0,008
<b>Máximo</b>	113	16	0,997	7,778
<b>Media</b>	19,22	4,481	0,046	0,238
<b>Rango</b>	103	15	0,99	7,77
<b>Desv. Estándar</b>	14,80	2,597	0,125	0,879
<b>Coef. Variación</b>	77,003	57,95	272,56	368,952
<b>Error Típico</b>	1,293	0,227	0,011	0,077
<b>Error Muestreo</b>	6,73	5,064	23,813	32,235
<b>Tabla T</b>	1,282	1,645	0,674	0,674
<b>Lím. Superior</b>	26,224	1,391	0,008	0,070
<b>Lím. Inferior</b>	22,909	0,674	0,007	0,031

En la parcela N° 2 (Ver anexo 22 al 25), se registró un DAP promedio de 19 cm, y una altura promedio de 4,48 m. El área basal promedio es de 0,046 m<sup>2</sup> y un volumen maderable de 124,7 m<sup>3</sup>/ha. la abundancia es de 524 arb./ha. de 19 especies. El coeficiente de variación al ser mayor al 25%, demuestra que los datos son heterogéneos, es decir que las variables están muy dispersas. (Ver anexos 25 al 28).

Cuadro N° 5 Parámetros estadísticos en PPM 3

<b>Parcela Permanente de Muestreo 3</b>				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>DAP (cm)</b>	<b>ALTURA (m)</b>	<b>ÁREA BASAL (m<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Muestras</b>	114	114	114	114
<b>Mínimo</b>	10	1	0,007	0,005
<b>Máximo</b>	97	19	0,745	4,843
<b>Media</b>	24	5,32	0,064	0,345
<b>Rango</b>	87	18	0,738	4,838
<b>Desv. Estándar</b>	16	3,301	0,104	0,77
<b>Coef. Variación</b>	64,8	62,04	161,906	223,558
<b>Error Típico</b>	1,46	0,309	0,010	0,072
<b>Error Muestreo</b>	6,07	5,811	15,164	20,938
<b>Tabla T</b>	1,289	1,289	1,041	0,677
<b>Lím. Superior</b>	36,913	2,042	0,011	0,074
<b>Lím. Inferior</b>	33,168	1,248	0,009	0,024

En la parcela N° 3 (Ver anexo 26 al 29), se registró un DAP promedio de 24 cm, y una altura promedio de 5,32 m. El área basal promedio es de 0,064 m<sup>2</sup> y un volumen maderable es de 157,3 m<sup>3</sup>/ha. La abundancia es de 456 arb/ha de 22 especies. El coeficiente de variación al ser mayor al 25%, demuestra que los datos son heterogéneos, es decir que las variables están muy dispersas. (Ver anexos 29 al 32).

### **4.3.- Estructura de la vegetación**

#### **4.3.1.- Características cuantitativas**

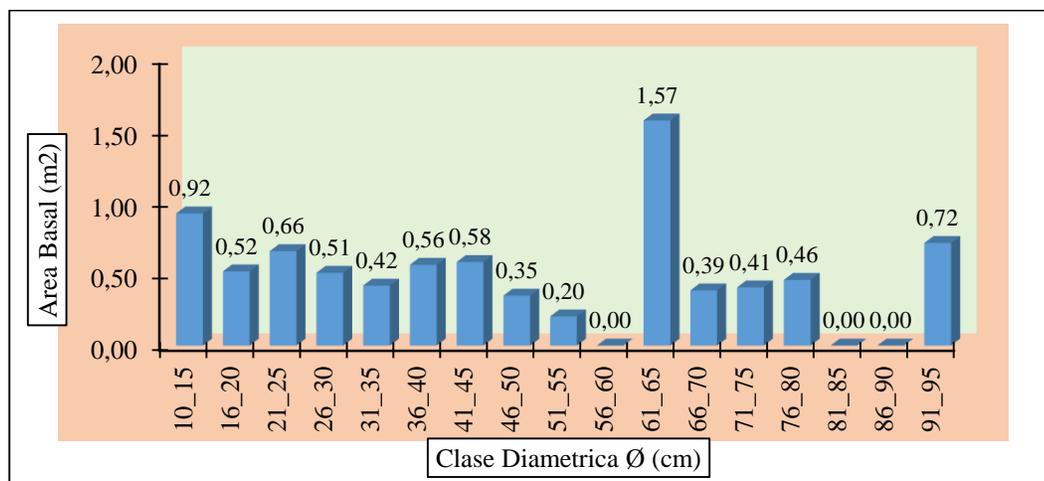
##### **4.3.1.1.- Área Basal**

El área basal, conocida como A.B. es el área de la sección horizontal de un árbol que se encuentra a 1,3 m del suelo (DAP), esta característica se obtuvo midiendo la circunferencia de los árboles y posteriormente se obtuvo el diámetro ( $C = \pi * d$ ). Los siguientes gráficos nos muestran la distribución diamétrica del área basal, en las 3 parcelas en estudio.

Cuadro N° 6 Datos de distribución diamétrica del Área Basal en PPM 1

Clase Diamétrica Ø (cm)	No. de arboles	Área Basal (m <sup>2</sup> )
10_15	78	0,922
16_20	21	0,518
21_25	16	0,659
26_30	8	0,508
31_35	5	0,419
36_40	5	0,564
41_45	4	0,583
46_50	2	0,349
51_55	1	0,204
56_60	0	0,000
61_65	5	1,569
66_70	1	0,385
71_75	1	0,406
76_80	1	0,458
81_85	0	0,000
86_90	0	0,000
91_95	1	0,716
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>8,262</b>

Gráfico N° 1 Distribución diamétrica del Área Basal en PPM 1



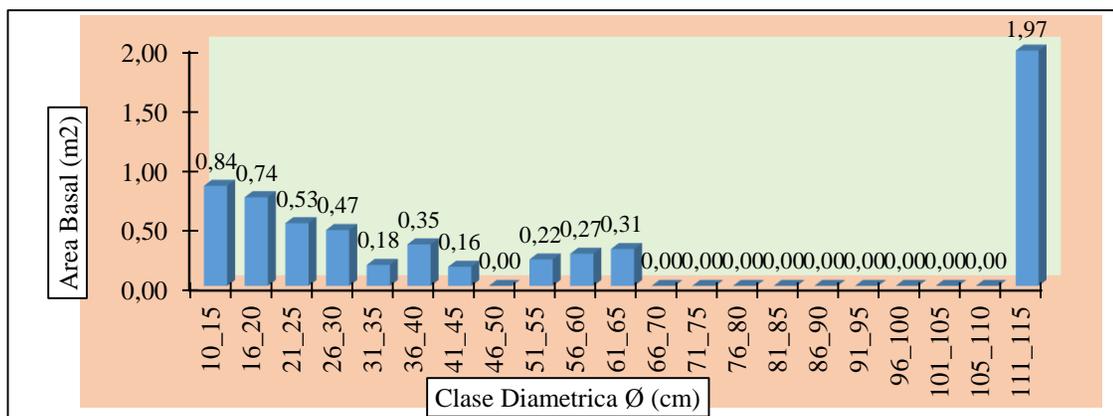
En la PPM N°1 la clase diamétrica 61-65 es la que presenta mayor área basal con 1,57 m<sup>2</sup>, en especies como el Urundel, la Quina Colorada y Tipa blanca. La clase diamétrica

51-55 es la de menor área basal registrada con 0,20 m<sup>2</sup>, con especies como la Albaquilla, Laurel blanco y Guayabo (Ver anexo 15).

**Cuadro N° 7 Datos de distribución diamétrica del Área Basal en PPM 2**

Clase Diamétrica Ø (cm)	N	AB
10_15	70	0,838
16_20	29	0,742
21_25	13	0,525
26_30	8	0,468
31_35	2	0,176
36_40	3	0,348
41_45	1	0,160
46_50	0	0,000
51_55	1	0,222
56_60	1	0,269
61_65	1	0,309
66_70	0	0,000
71_75	0	0,000
76_80	0	0,000
81_85	0	0,000
86_90	0	0,000
91_95	0	0,000
96_100	0	0,000
101_105	0	0,000
105_110	0	0,000
111_115	2	1,972
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>6,030</b>

**Gráfico N° 2 Distribución diamétrica del Área Basal en PPM 2**

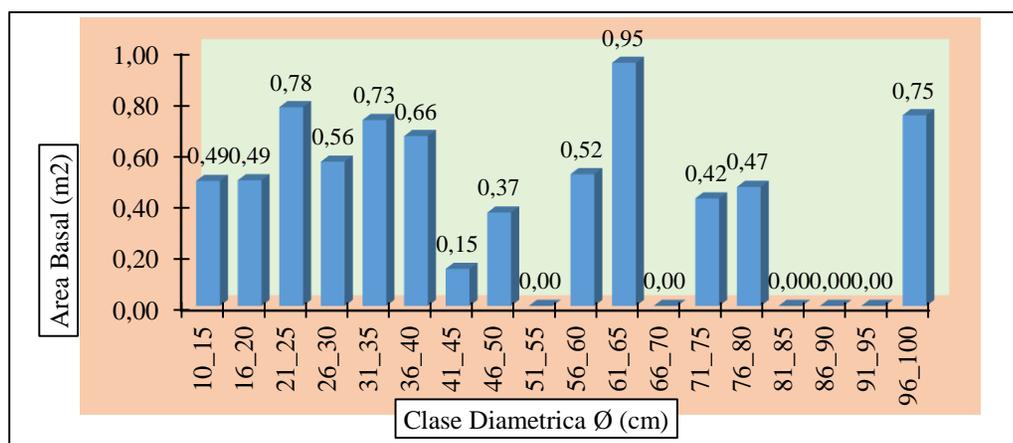


En la PPM N°2 la clase diamétrica 111-115 es la que presenta mayor área basal con 1,97 m<sup>2</sup>, en especies como la Tipa blanca, Lapacho amarillo y Ala de Cóndor. La clase diamétrica 31-35 es la de menor área basal registrada con 0,18 m<sup>2</sup>, en especies como el Aguay, Albaquilla y Cascarilla (Ver anexo 16).

**Cuadro N° 8 Datos de distribución diamétrica del Área Basal en PPM 3**

Clase diamétrica Ø (cm)	N	AB
10_15	40	0,489
16_20	20	0,492
21_25	19	0,776
26_30	9	0,564
31_35	9	0,726
36_40	6	0,664
41_45	1	0,145
46_50	2	0,365
51_55	0	0,000
56_60	2	0,516
61_65	3	0,949
66_70	0	0,000
71_75	1	0,421
76_80	1	0,466
81_85	0	0,000
86_90	0	0,000
91_95	0	0,000
96_100	1	0,745
<b>TOTAL</b>	<b>114</b>	<b>7,320</b>

**Gráfico N° 3 Distribución diamétrica del Área Basal en PPM 3**



En la PPM N°3 la clase diamétrica 61-65 es la que presenta mayor área basal con 0,95 m<sup>2</sup> en especies como Lapacho amarillo, Tipa blanca y Ala de Cóndor. La clase diamétrica 41-45 es la de menor área basal registrada con 0,15 m<sup>2</sup> en especies como Albaquilla, Chal chal y Guayabo (Ver anexo 17).

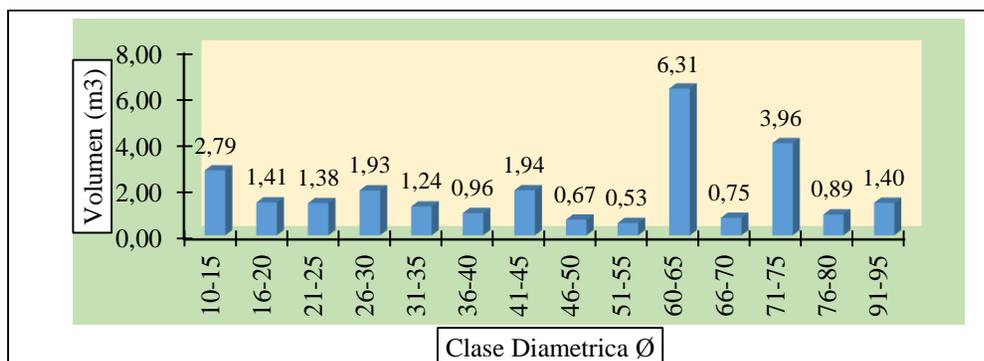
#### 4.3.1.2.- Volumen

Se realizó el cálculo de volumen a partir de los datos tomados en campo. Se trabajó con el área basal, la altura total y el coeficiente de forma. Luego se agrupó en clases diamétricas como se observa en los siguientes cuadros.

**Cuadro N° 9 Datos de distribución diamétrica del Volumen en PPM1**

Clase Diamétrica	No. De arboles	Volumen (m3)
10_15	78	2,791
16_20	21	1,414
21_25	16	1,383
26_30	8	1,934
31_35	5	1,238
36_40	5	0,957
41_45	4	1,938
46_50	2	0,674
51_55	1	0,530
60_65	5	6,313
66_70	1	0,751
71_75	1	3,963
76_80	1	0,894
91_95	1	1,397
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>26,177</b>

**Gráfico N° 4 Distribución diamétrica del Volumen en PPM 1**

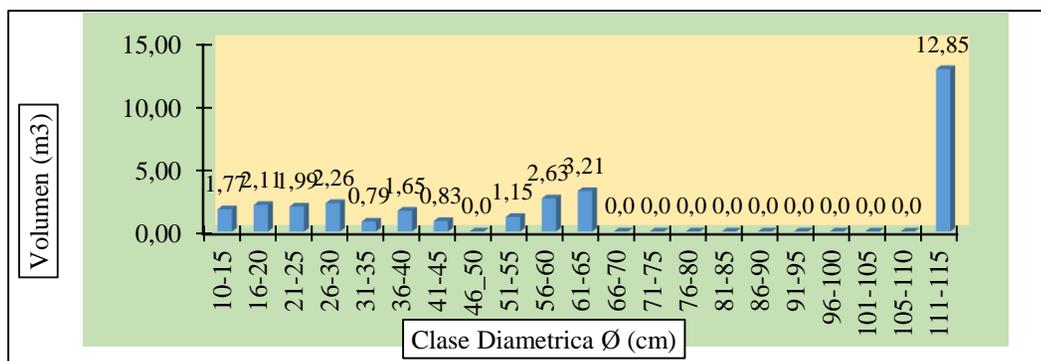


En la PPM N°1 la clase diamétrica de 91-95 con 6 individuos, es la de mayor volumen con 6,31 m<sup>3</sup>, con especies como la Quina Colorada, Urundel y Lanza Amarilla. La clase diamétrica con menor volumen es la 51-55, con 0,53 m<sup>3</sup> en especies como la Albaquilla, el Chal chal y el Guayabo (Ver anexo 15),

**Cuadro N° 10 Datos de distribución diamétrica del Volumen en PPM2**

Clase Diamétrica	No. De arboles	Volumen (m <sup>3</sup> )
10_15	70	1,766
16_20	29	2,107
21_25	13	1,985
26_30	8	2,256
31_35	2	0,790
36_40	3	1,648
41_45	1	0,834
46_50	0	0
51_55	1	1,154
56_60	1	2,627
61_65	1	3,212
66_70	0	0,000
71_75	0	0,000
76_80	0	0,000
81_85	0	0,000
86_90	0	0,000
91_95	0	0,000
96_100	0	0,000
101_105	0	0,000
106_110	0	0,000
111_115	2	12,847
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>31,227</b>

**Gráfico N° 5 Distribución diamétrica del Volumen en PPM 2**

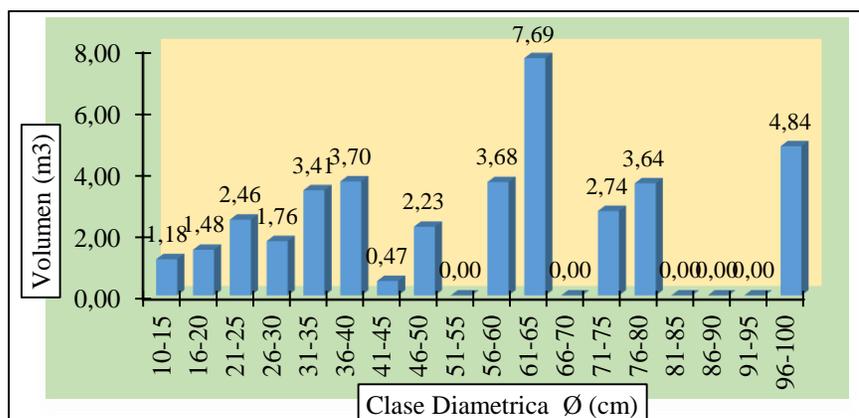


En la PPM N°2 la clase diamétrica de 111-115 es la de mayor volumen con 12,85 m<sup>3</sup>, en especies como la Tipa blanca, el Lapacho amarillo y el Ala de Condor. La clase diamétrica con menor volumen registrado es la 31-35, con 0,79 m<sup>3</sup> en especies como la Albaquill, la Itapalla y el Laurel blanco (Ver anexo 16).

**Cuadro N° 11 Datos de distribución diamétrica del Volumen en PPM3**

Clase Diamétrica Ø	No. De árboles	Volumen (m3)
10-15	40	1,176
16-20	20	1,482
21-25	19	2,459
26-30	9	1,764
31-35	9	3,415
36-40	6	3,700
41-45	1	0,470
46-50	2	2,229
51-55	0	0,000
56-60	2	3,680
61-65	3	7,686
66-70	0	0,000
71-75	1	2,740
76-80	1	3,640
81-85	0	0,000
86-90	0	0,000
91-95	0	0,000
96-100	1	4,840
<b>TOTAL</b>	<b>114</b>	<b>39,28</b>

**Gráfico N° 6 Distribución diamétrica del Volumen en PPM3**



En la PPM N°3 la clase diamétrica de 61-65 es la de mayor volumen con 7,69 m<sup>3</sup> en especies como el Menbrillo, la Tipa blanca y el Lapacho amarillo. La clase diamétrica con menor volumen registrado es la 41-45, con 0,47 m<sup>3</sup> en especies como la Albaquilla, la Itapalla y la Perilla (Ver anexo 17).

#### **4.4.- Cociente de Mezcla**

El cociente de mezcla permite tener una idea de la intensidad de mezcla de las especies, para su cálculo se tomó en cuenta el número de especies y número de individuos.

- En la Parcela N° 1 se obtuvo:

$$\text{Cociente de mezcla} = \frac{25 \text{ especies}}{149 \text{ arboles}} = 0,17=17/100$$

El resultado indica que para cada 6 árboles de la misma especie aparece una diferente.

- En la Parcela N° 2 se obtuvo:

$$\text{Cociente de mezcla} = \frac{19 \text{ especies}}{131 \text{ arboles}} = 0,14=7/50$$

El resultado indica que para cada 7 árboles de la misma especie aparece una diferente.

- En la Parcela N° 3 se obtuvo:

$$\text{Cociente de mezcla} = \frac{22 \text{ especies}}{114 \text{ arboles}} = 0,19=19/100$$

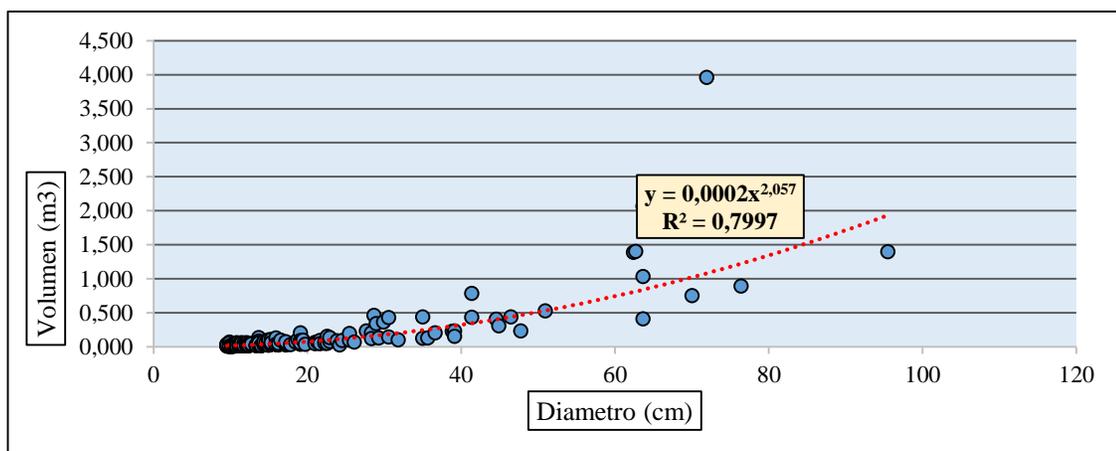
El resultado indica que para cada 5 árboles de la misma especie aparece una diferente.

#### 4.5.- Correlación del diámetro del fuste con el volumen del árbol.

La correlación se refiere a que existe un vínculo entre varios eventos o variables, una de las herramientas que nos permite inferir si existe dicho vínculo es justamente el análisis de correlación. Este procedimiento tiene por objetivo indicar si existe relación entre dos variables (Jiménez, B. 2017), en este caso una correlación entre el diámetro del fuste con el volumen de un árbol. A continuación se presentan las interpretaciones del coeficiente de correlación:

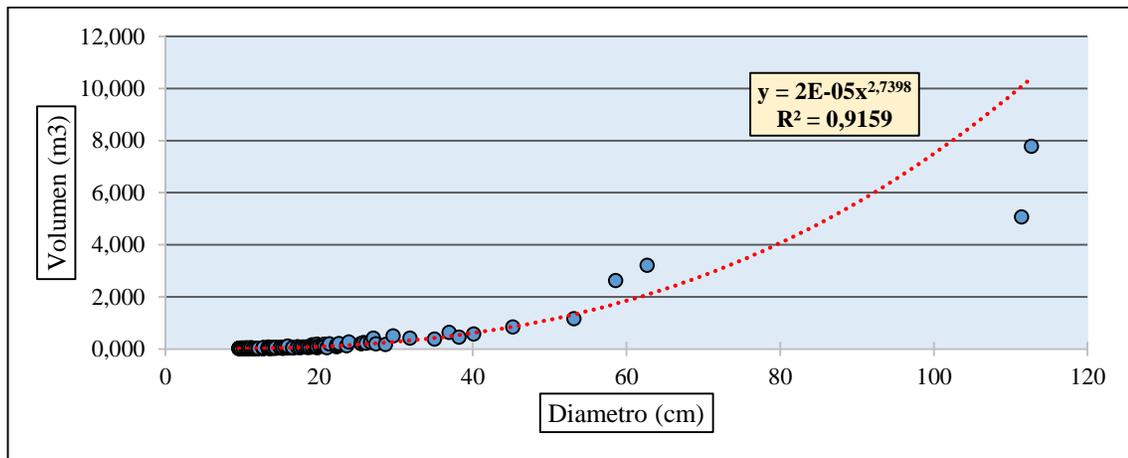
- Si  $r = 1$ , existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada *relación directa*: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si  $0 < r < 1$ , existe una correlación positiva.
- Si  $r = 0$ , no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si  $-1 < r < 0$ , existe una correlación negativa.
- Si  $r = -1$ , existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada *relación inversa*: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

**Gráfico N° 7 Correlación del diámetro del fuste con volumen del fuste en PPM 1**



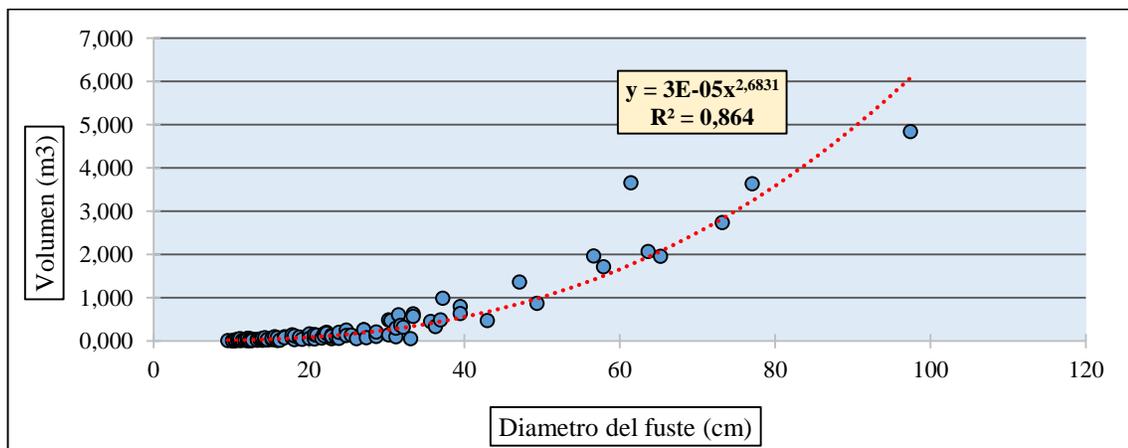
En esta parcela el valor del coeficiente de correlación  $r= 0,89$ , y cociente de determinación  $R^2= 0,7997$ , al ser mayor a 0 y menor a 1, indica una correlación positiva, por lo tanto ambas variables se correlacionan en un sentido directo, si existe incremento en el diámetro, también lo habrá en el volumen (Ver anexo 33).

**Gráfico N° 8 Correlación del diámetro del fuste con volumen del fuste en PPM 2**



En esta parcela el valor del coeficiente de correlación  $r=0,957$ , y el cociente de determinación  $R^2= 0,9159$ , al ser mayor a 0 y menor a 1, indica una correlación es positiva, por lo tanto ambas variables se correlacionan en un sentido directo, si existe incremento en el diámetro, también lo habrá en el volumen (Ver anexo 34).

**Gráfico N° 9 Correlación del diámetro del fuste con volumen del fuste en PPM 3**



En esta parcela el valor del coeficiente de correlación  $r=0,929$ , y cociente de determinación  $R^2= 0,864$  al ser mayor a 0 y menor a 1, indica una correlación es positiva, ambas variables se correlacionan en un sentido directo, si existe incremento en el diámetro, también lo habrá en el volumen (Ver anexo 35).

#### 4.6.- Características cualitativas

Las características cualitativas en este estudio, fueron determinadas de acuerdo a la literatura citada en el marco teórico, tales como Calidad de Fuste (Ver 1.2.1), Posición de Copa (Ver 1.2.3) y Forma de Copa (Ver 1.2.4).

##### 4.6.1.- Calidad del fuste

Una característica general de las 3 parcelas muestreadas en la E.E.R.C. es el bajo porcentaje de árboles con calidad 1, es decir arboles sanos rectos sin ningún signo visible de defectos, como puede verse a continuación:

**Cuadro N° 12 Calidad de árboles en PPM 1**

<b>CALIDAD</b>	<b>N° ÁRBOLES</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
1	7	4,70
2	23	15,44
3	119	79,86
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>100</b>

En la PPM N°1 la calidad 3 (*Árboles curvados, con efectos graves en su estructura*), es la que se presenta en mayor porcentaje de todos los arboles registrados, con 119 individuos representando el 79,86%. Seguidamente está la calidad 2 (*Con señales de ataque de hongos, pudrición, curvatura, y otras deformaciones*), con 23 árboles registrados, representando el 15,44%. La calidad 1 (*Sano y recto sin defectos visibles*), es la de menor porcentaje con 7 individuos, y un porcentaje de 4,70% (Ver anexo 12).

**Cuadro N° 13 Calidad de árboles en PPM 2**

CALIDAD	N° ÁRBOLES	PORCENTAJE %
1	3	2,29
2	32	24,43
3	96	73,28
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>100</b>

En la PPM N°2 la calidad 3 (*Árboles curvados, con efectos graves en su estructura*), es la que se presenta en mayor porcentaje de todos los arboles registrados, con 96 individuos representando el 73,28%. Seguidamente esta la calidad 2 (*Señales de ataque de hongos, pudrición, curvatura, y otras deformaciones*), con 32 árboles registrados, representando el 24,43%. La calidad 1 (*Sano y recto sin defectos visibles*), es la de menor porcentaje con 3 individuos, y un porcentaje de 4,70% (Ver anexo 14).

**Cuadro N° 14 Calidad de árboles PPM 3**

CALIDAD	N° ÁRBOLES	PORCENTAJE %
1	7	6,14
2	37	32,46
3	70	61,40
<b>TOTAL</b>	<b>114</b>	<b>100</b>

En la PPM N°3 la calidad 3 (*Árboles curvados, con efectos graves en su estructura*) es la que se presenta en mayor porcentaje de todos los arboles registrados, con 70 individuos representando el 61,40%. Seguidamente esta la calidad 2 (*Señales de ataque de hongos, pudrición, curvatura, y otras deformaciones*), con 37 árboles registrados, representando el 32,46%. La calidad 1 (*Sano y recto sin defectos visibles*), es la de menor porcentaje con 7 individuos, y un porcentaje de 6,14% (Ver anexo 16).

#### **4.6.2.- Posición de copa**

Dentro de los criterios de clasificación expuestos en la metodología y propuesto por BOLFOR, se tuvieron los siguientes resultados.

**Cuadro N° 15 Posición de copa en PPM 1**

POSICIÓN	N° ÁRBOLES	PORCENTAJE %
1	7	4,70
2	24	16,11
3	47	31,54
4	58	38,93
5	13	8,72
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>100</b>

En la PPM N°1 el mayor porcentaje de posición de copa es para la categoría 4 (*Alguna luz lateral*), con 58 individuos representando un 38,93%, con exposición a alguna luz lateral. Con menor porcentaje se sitúa categoría 1 (*Emergente*), con 7 individuos, siendo el 4,70% del total de individuos, que tienen luz emergente (Ver anexo 12).

**Cuadro N° 16 Posición de copa PPM 2**

POSICIÓN	N° ÁRBOLES	PORCENTAJE %
1	2	1,53
2	28	21,37
3	56	42,75
4	31	23,66
5	14	10,69
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>100</b>

En la PPM N°2 el mayor porcentaje de posición de copa es para la categoría 3 (*Alguna iluminación superior*) con 56 individuos representando un 42,75%, con exposición a alguna iluminación superior. La categoría con menor porcentaje es la 1 (*Emergente*), con 2 individuos, siendo el 1,53% del total de individuos, que tienen luz emergente (Ver anexo 14).

**Cuadro N° 17 Posición de copa en PPM 3**

POSICIÓN	N° ÁRBOLES	PORCENTAJE %
1	6	5,26
2	29	25,44
3	28	24,56
4	33	28,95
5	18	15,79
<b>TOTAL</b>	<b>114</b>	<b>100</b>

En la PPM N° 3 el mayor porcentaje de posición de copa es para la categoría 3 (*Alguna iluminación superior*) con 33 individuos representando un 28,95%, con exposición a alguna iluminación superior. La categoría con menor porcentaje es la 1 (*Emergente*), con 6 individuos, siendo el 5,26% del total de individuos, que tienen luz emergente (Ver anexo 16).

#### 4.6.3.- Forma de copa

Las parcelas en estudio, comparten una característica común en cuanto a forma de copa, y es la menor cantidad de árboles con forma 1 (*Perfecta*), ya que las características de árboles con copas del mejor tamaño y forma, son muy difíciles de conseguir en un bosque nativo.

**Cuadro N° 18 Forma de copa en PPM 1**

FORMA	N° ÁRBOLES	PORCENTAJE %
1	7	4,70
2	23	15,43
3	52	34,90
4	50	33,56
5	17	11,41
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>100</b>

En esta parcela existe un mayor número de árboles con forma 3 (*Tolerable*), con 52 individuos (34,90%), cuyas copas son evidentemente asimétricas o ralas, pero pueden

poseer capacidad de mejorar si se les da espacio. Y existen 7 árboles (4,70%), con forma 1 (*Perfecta*), con copas del mejor tamaño y forma (Ver anexo 12).

**Cuadro N° 19 Forma de copa en PPM 2**

FORMA	N° ÁRBOLES	PORCENTAJE , %
1	3	2,29
2	26	19,85
3	40	30,53
4	38	29,01
5	24	18,32
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>100</b>

En esta parcela existe un mayor número de árboles con forma 3 (*Tolerable*), con 40 individuos (30,53%), cuyas copas son evidentemente asimétricas o ralas, pero pueden poseer capacidad de mejorar si se les da espacio. Y existen 3 árboles (2,29%), con forma 1 (*Perfecta*), con copas del mejor tamaño y forma (Ver anexo 14).

**Cuadro N° 20 Forma de copa en PPM 3**

FORMA	N° ÁRBOLES	PORCENTAJE %
1	6	5,26
2	21	18,42
3	30	26,32
4	33	28,95
5	24	21,05
<b>TOTAL</b>	<b>114</b>	<b>100</b>

En esta parcela existe un mayor número de árboles con forma 4 (*Pobre*), con 33 individuos (28,95%), cuyas copas son evidentemente insatisfactorias, presentan muerte regresiva en forma extensa, son fuertemente asimétricas y con pocas ramas, pero probablemente capaces de sobrevivir. Y existen 6 árboles (5,26%), con forma 1 (*Perfecta*), con copas del mejor tamaño y forma (Ver anexo 16).

#### 4.7.- Determinación del peso ecológico

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el índice de Valor de Importancia.

Una característica de los resultados obtenidos en las 3 parcelas de muestreo, es que existe cierta relación en los cálculos de abundancia y frecuencia, ya que el primero calcula el número de especies en el área de muestreo, y el segundo, la concurrencia de una especie en las diferentes subparcelas, sin embargo no significa que sea determinante en todas las parcelas. La dominancia al realizar cálculos en base al área basal, brinda resultados ajenos a los mencionados anteriormente. Los datos necesarios para el cálculo de la Abundancia y Frecuencia, se encuentran en los Anexos 13, 15 y 17, mientras para Dominancia los Anexos 18, 19 y 20.

El siguiente ejemplo demuestra el cálculo realizado en los cuadros estadísticos. En este caso para la especie Arrayan en PPM1:

$$\textit{Abundancia relativa}(Ar) = \frac{\textit{\# de individuos de un especie}}{\textit{total de individuos de todas las especies}} * 100$$

$$Ar = \frac{2}{149} * 100$$

$$Ar = 1,34$$

$$\textit{Frecuencia relativa}(Fr) = \frac{\textit{\# de parcelas en la que ocurre una especie}}{\textit{Frecuencia de todas las especies}} * 100$$

$$Fr = \frac{1}{109} * 100$$

$$Fr = 0,92$$

$$\text{Dominancia relativa}(Dr) = \frac{\text{Area basal de una especie}}{\text{Area basal de todas las especies}} * 100$$

$$Dr = \frac{0,22}{81,54} * 100$$

$$Dr = 0,27$$

$$\text{Índice de Valor de Importancia}(IVI) = Ar + Fr + Dr$$

$$IVI = 1,34 + 0,92 + -0,27$$

$$IVI = 2,53$$

Los resultados están plasmados en los siguientes cuadros:

Cuadro N° 21 Parcela de Muestreo Permanente #1

N°	Especie	ABUNDANCIA		FRECUENCIA		DOMINANCIA		IVI (%)
		N° Ind.	Abu. Relativa (%)	Arb. en subpar.	Frec. Relativa (%)	Sum. A. Basal (m <sup>2</sup> )	Dom. Relativa (%)	
1	Arrayan	2	1,34	1	0,92	0,22	0,27	2,53
2	Afata	1	0,67	1	0,92	1,19	1,46	3,05
3	Lanza blanca	2	1,34	1	0,92	0,81	1	3,26
4	Perilla monteña	2	1,34	2	1,83	0,19	0,24	3,41
5	Tabaquillo	2	1,34	2	1,83	1,62	1,99	5,16
6	Yuruma	3	2,01	3	2,75	0,36	0,44	5,2
7	Tipa blanca	1	0,67	1	0,92	3,8	4,66	6,25
8	Barroso	1	0,67	1	0,92	4,01	4,92	6,51
9	Urundel	2	1,34	2	1,83	3,24	3,97	7,14
10	Cedrillo	3	2,01	3	2,75	2,04	2,51	7,27
11	Membrillo	3	2,01	2	1,83	3,44	4,21	8,05
12	Pacay	5	3,36	4	3,67	1,65	2,03	9,06
13	Quina blanca	6	4,03	5	4,59	2,36	2,89	11,51
14	Lapacho amarillo	7	4,7	4	3,67	2,79	3,42	11,79
15	Itapalla	7	4,7	6	5,5	2,08	2,55	12,75
16	Guayabo	8	5,37	6	5,5	1,75	2,15	13,02
17	Ala de cóndor	7	4,7	6	5,5	2,75	3,37	13,57
18	Lanza amarilla	5	3,36	5	4,59	6,05	7,42	15,37
19	Laurel de la falda	8	5,37	7	6,42	4,43	5,43	17,22
20	Quina colorada	3	2,01	3	2,75	10,29	12,61	17,37
21	Suiquillo	7	4,7	6	5,5	7,02	8,61	18,81
22	Aguay	8	5,37	6	5,5	7,23	8,87	19,74
23	Laurel blanco	10	6,71	8	7,34	4,48	5,49	19,54
24	Chal chal	16	10,74	9	8,26	3,91	4,8	23,8
25	Albaquilla	30	20,13	15	13,76	3,83	4,7	38,59
<b>TOTAL</b>		<b>149</b>	<b>100</b>	<b>109</b>	<b>100</b>	<b>81,54</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

La Albaquilla es la especie con mayor abundancia (20,13%) y frecuencia (13,765%), siendo la especie más numerosa con 29 individuos. La Quina Colorado es la especie con mayor dominancia (12,61%), siendo una especie con buen volumen comercial. Las especies Afata, Barroso y Tipa blanca, son las de menor abundancia (0,67%) y menor

frecuencia (0,92%). La Perilla Monteña es la especie de menor dominancia con el 0,24%. El mayor IVI, lo posee la especie Albuquilla con el 38,59%, y la especie Arrayan posee el menor IVI con un 2,53% del total de la población (Ver anexos 13 y 18).

**Cuadro N° 22 Parcela de Muestreo Permanente #2**

N°	Especie	ABUNDANCIA		FRECUENCIA		DOMINANCIA		IVI
		N° Ind.	Abu. Relativa (%)	Arb. en subpar.	Frec. Relativa (%)	Sum. A. Basal (m <sup>2</sup> )	Dom. Relativa (%)	
1	Cedrillo	1	0,76	1	1,19	0,075	0,13	2,08
2	Quina colorada	1	0,76	1	1,19	0,196	0,33	2,28
3	Guayabo	1	0,76	1	1,19	0,385	0,65	2,6
4	Lanza amarilla	1	0,76	1	1,19	0,385	0,65	2,6
5	Espinillo	1	0,76	1	1,19	0,528	0,89	2,84
6	Cebil colorado	3	2,29	2	2,38	0,681	1,14	5,81
7	Aguay	3	2,29	3	3,57	0,252	0,42	6,28
8	Yuruma	4	3,05	2	2,38	0,894	1,5	6,93
9	Suiquillo	2	1,53	2	2,38	2,007	3,37	7,28
10	Chal chal	5	3,82	3	3,57	1,175	1,98	9,37
11	Pacay	4	3,05	4	4,76	0,963	1,62	9,43
12	Perilla	5	3,82	5	5,95	0,902	1,52	11,29
13	Cascarilla	5	3,82	5	5,95	1,839	3,09	12,86
14	Itapalla	10	7,63	8	9,52	2,45	4,12	21,27
15	Lapacho amarillo	7	5,34	6	7,14	8,42	14,15	26,63
16	Ala de cóndor	15	11,45	8	9,52	5,515	9,27	30,24
17	Laurel blanco	15	11,45	10	11,9	5,727	9,62	32,97
18	Tipa blanca	3	2,29	3	3,57	20,143	33,85	39,71
19	Albuquilla	45	34,35	18	21,43	6,971	11,71	67,49
<b>TOTAL</b>		<b>131</b>	<b>100</b>	<b>84</b>	<b>100</b>	<b>59,51</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

La Albuquilla es la especie con mayor abundancia (34,35) y frecuencia (21,43%), siendo la especie más numerosa con 45 individuos. La Tipa Blanca es la especie con mayor dominancia (33,85%). Las especies Cedrillo, Espinillo, Guayabo, Lanza Amarilla y Quina Colorada, son las de menor abundancia (0,76%) y menor frecuencia

(1,19%). El Cedrillo es la especie con menor dominancia con el 0,13%. El mayor IVI, lo posee la especie Albuquilla con el 22,50%, y la especie Cedrillo posee el menor IVI con un 0,69% del total de la población (Ver anexos 15 y 19).

**Cuadro N° 23 Parcela Permanente de Muestreo #3**

N°	Especie	ABUNDANCIA		FRECUENCIA		DOMINANCIA		IVI (%)
		N° Ind.	Abu. Relativa (%)	Arb. en subpar.	Frec. Relativa (%)	Sum. A. Basal (m <sup>2</sup> )	Dom. Relativa (%)	
1	Pacay	1	0,88	1	1,2	0,22	0,31	2,39
2	Hoja de anta	1	0,88	1	1,2	0,27	0,38	2,46
3	Cedrillo	1	0,88	1	1,2	0,58	0,8	2,88
4	Aguay	1	0,88	1	1,2	1,06	1,46	3,54
5	Barroso	2	1,75	2	2,41	0,63	0,87	5,03
6	Lanza amarilla	1	0,88	1	1,2	2,49	3,44	5,52
7	Quina blanca	2	1,75	2	2,41	1,64	2,26	6,42
8	Afata	3	2,63	3	3,61	0,95	1,32	7,56
9	Tabaquillo blanco	3	2,63	3	3,61	1,04	1,44	7,68
10	Itapalla	4	3,51	3	3,61	0,67	0,93	8,05
11	Lanza blanca	2	1,75	2	2,41	3,52	4,87	9,03
12	Laurel blanco	5	4,39	3	3,61	1,68	2,33	10,33
13	Yuruma	5	4,39	4	4,82	1,04	1,43	10,64
14	Perilla	5	4,39	5	6,02	0,88	1,22	11,63
15	Suiquillo	5	4,39	3	3,61	5,06	7,01	15,01
16	Tipa blanca	2	1,75	2	2,41	11,51	15,93	20,09
17	Membrillo	7	6,14	5	6,02	5,79	8,01	20,17
18	Guayabo	9	7,89	7	8,43	3,87	5,36	21,68
19	Ala de cóndor	9	7,89	6	7,23	5,03	6,96	22,08
20	Albuquilla	11	9,65	9	10,84	1,81	2,51	23
21	Chal chal	17	14,91	10	12,05	5,25	7,26	34,22
22	Lapacho amarillo	18	15,79	9	10,84	17,25	23,88	50,51
<b>TOTAL</b>		114	100	83	100	72,24	100	300

En esta parcela en particular, el Lapacho Amarillo es la especie con mayor abundancia (15,79%) y dominancia (23,88%). El Chal Chal, es la especie con mayor frecuencia

(12,05%). Las especies Aguay, Cedrillo, Hoja de Anta, Lanza Amarilla y Pacay, son las de menor abundancia (0,88) y menor frecuencia (1,20). El Pacay es la especie con menor dominancia con el 0,31%. El mayor IVI, lo posee la especie Lapacho amarillo con el 16,84%, y la especie Pacay posee el menor IVI con un 0,80% del total de la población (Ver anexos 17 y 20).

#### **4.8.- Análisis Estadístico**

##### **4.8.1.- Estimación de la Biomasa Aérea**

La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo, aunque en este caso se considerara sólo la biomasa aérea. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco.

A partir de los datos de los datos obtenidos realizados se desarrolló estimaciones del volumen y la biomasa del fuste de los arboles inventariados, de aquellos que poseen un diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 10 cm. Se aplicaron las fórmulas de estimación de Biomasa según Chave et al. (2001), la cual se basa en variables como la densidad específica de la madera, la densidad específica promedio y el DAP. También se aplicó la fórmula de Brown et al. (1989), que utiliza variables como el DAP, la altura total y la densidad básica.

El siguientes ejemplo, es de la especie Afata en la PPM 1, aplicando la estimación de Biomasa según Chave y Brown.

**Según Chave:**

$$Biomasa\ aerea\ (Kg) = \frac{DM}{DP} \exp(2.42[Ln\ DAP] - 2.00)$$

Donde:

**DM:** Densidad específica de la madera en gr/cm<sup>3</sup> o t/m<sup>3</sup>. (Ver anexo 13)

**DP:** Densidad promedio de la madera en gr/cm<sup>3</sup> o t/m<sup>3</sup>. (Ver anexo 13)

**DAP:** Diámetro a la altura del pecho en cm. (Ver anexo 12)

**Ht:** Altura total en m. (Ver anexo 12)

Reemplazando valores:

$$Biomasa\ aerea\ (Kg) = \frac{0,78}{0,71} \exp(2.42[Ln\ 39,152] - 2.00)$$

$$Biomasa\ aerea\ (Kg) = 1063,439\ Kg / 1000 = 1,063\ ton.$$

**Según Brown:**

$$Biomasa\ aérea\ (kg)B_t = e^{(-2.4090+0.9522*\ln(d^2*h*\delta))}$$

Donde:

**Bt:** Biomasa aérea total en Kg.

**e:** Base del logaritmo natural (2,718271)

**d:** Diámetro a la altura del pecho o DAP en cm. (Ver anexo 12)

**h:** Altura total del árbol en m. (Ver anexo 12)

**δ:** Densidad específica de la madera en gr/cm<sup>3</sup> o t/m<sup>3</sup>. (Ver anexo 13)

Reemplazando valores:

$$Biomasa\ aérea\ (kg)B_t = e^{(-2.4090+0.9522*\ln(39,152^2*4*0,78))}$$

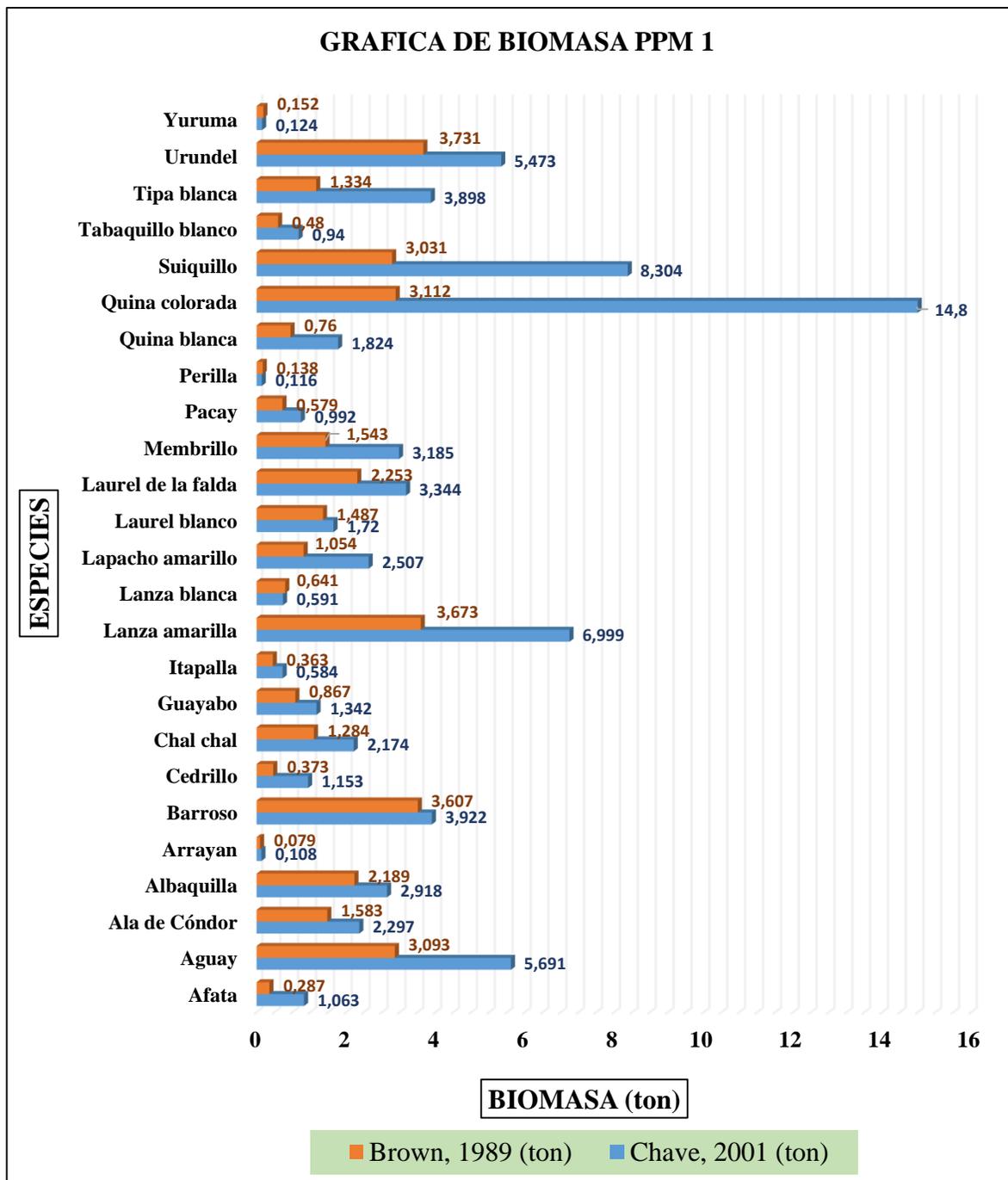
$$\text{Biomasa aérea (kg)} B_t = 286,787 \text{Kg}/1000 = 0,287 \text{ ton.}$$

Las fórmulas de estimación de biomasa, al diferenciarse en una que otra variable, dan como respuesta diferentes resultados, que pueden variar o coincidir en las especies. A continuación se muestran en los resultados en tablas por parcela:

**Cuadro N° 24 Estimación de Biomasa en PPM 1**

N°	Especie	N de ind.	Chave kg.	Chave ton.	Especie	N de ind.	Brown Kg.	Brown ton.
1	Arrayan	2	107,762	0,108	Arrayan	2	78,908	0,079
2	Perilla	2	116,070	0,116	Perilla	2	138,020	0,138
3	Yuruma	3	123,714	0,124	Yuruma	3	151,665	0,152
4	Itapalla	7	583,756	0,584	Afata	1	286,787	0,287
5	Lanza blanca	7	590,660	0,591	Itapalla	7	363,456	0,363
6	Tabaquillo blanco	2	939,534	0,940	Cedrillo	3	373,120	0,373
7	Pacay	5	991,533	0,992	Tabaquillo blanco	2	480,223	0,480
8	Afata	1	1063,439	1,063	Pacay	5	579,036	0,579
9	Cedrillo	3	1153,441	1,153	Lanza blanca	7	640,757	0,641
10	Guayabo	8	1341,918	1,342	Quina blanca	6	760,283	0,760
11	Laurel blanco	11	1719,888	1,720	Guayabo	8	867,284	0,867
12	Quina blanca	6	1823,668	1,824	Lapacho amarillo	8	1054,016	1,054
13	Chal Chal	16	2174,047	2,174	Chal Chal	16	1284,019	1,284
14	Ala de Cóndor	7	2297,112	2,297	Tipa blanca	1	1333,905	1,334
15	Lapacho amarillo	8	2507,358	2,507	Laurel blanco	11	1487,400	1,487
16	Albaquilla	29	2917,690	2,918	Menbrillo	5	1543,475	1,543
17	Menbrillo	5	3184,981	3,185	Ala de Cóndor	7	1582,636	1,583
18	Laurel de la falda	3	3344,463	3,344	Albaquilla	29	2189,002	2,189
19	Tipa blanca	1	3897,701	3,898	Laurel de la falda	3	2253,205	2,253
20	Barroso	1	3922,238	3,922	Suiquillo	7	3031,312	3,031
21	Urundel	2	5473,306	5,473	Aguay	8	3092,974	3,093
22	Aguay	8	5691,362	5,691	Quina colorada	3	3111,889	3,112
23	Lanza amarilla	2	6999,431	6,999	Barroso	1	3607,323	3,607
24	Suiquillo	7	8304,422	8,304	Lanza amarilla	2	3672,967	3,673
25	Quina colorada	3	14800,498	14,800	Urundel	2	3730,714	3,731
<b>TOTAL</b>		<b>149</b>	<b>37694,376</b>	<b>37,694</b>	<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>37694,376</b>	<b>37,694</b>

Gráfico N° 10 Gráfica de Biomasa en PPM 1



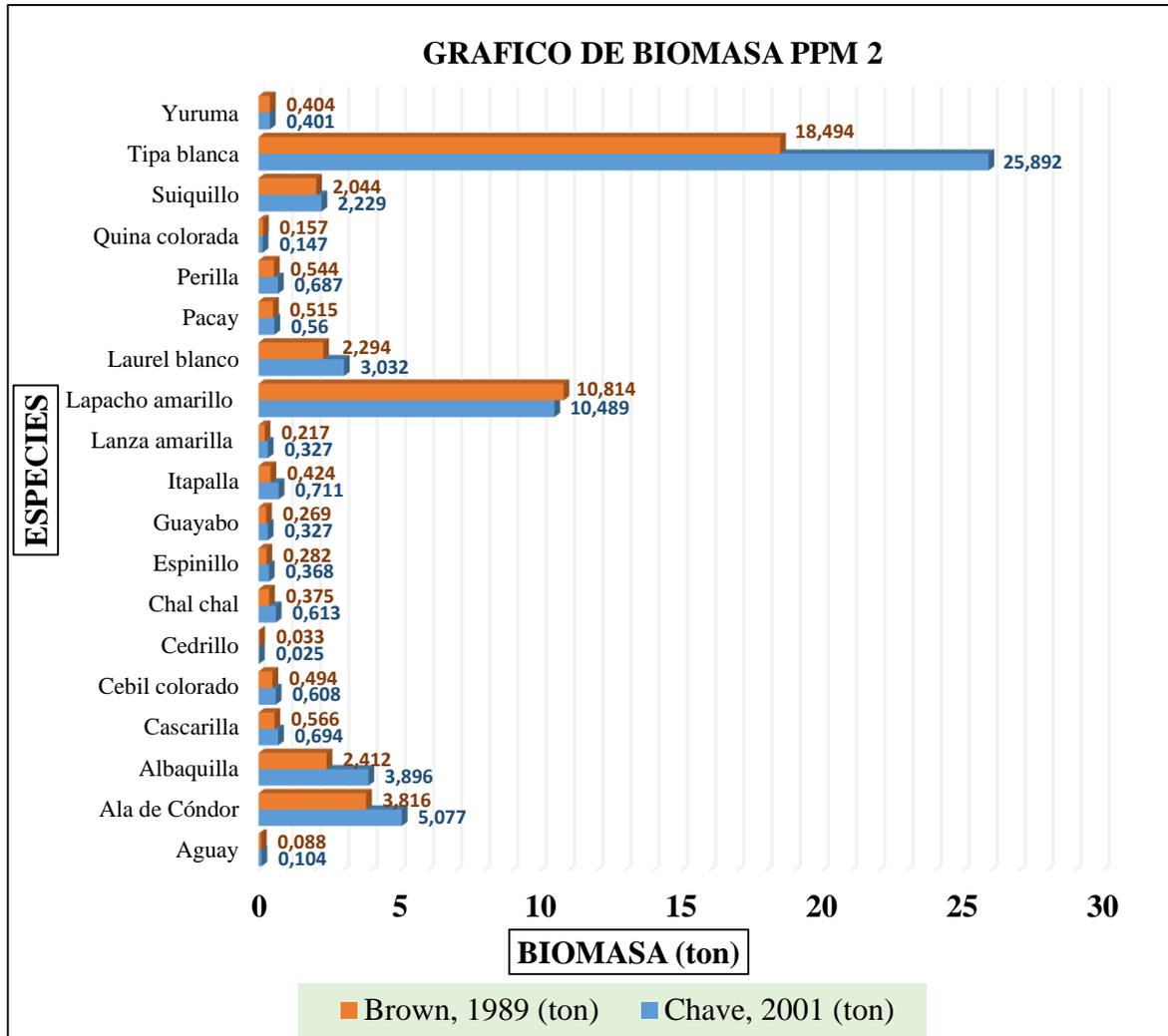
Según Chave, la especie con mayor biomasa lo presenta la Quina Colorada con 14,8 ton (14800,5 kg) en 3 individuos. La menor biomasa lo presenta la especie Arrayan, con 0,108 ton (107,76 kg) con 2 individuos. Según Brown, la especie con mayor

biomasa lo presenta el Urundel con 3,731 ton (3730,71 kg) en 2 individuos. La menor biomasa lo presenta la especie Arrayan, con 0,108 ton (107,76 kg) con 2 individuos. Como puede observarse las estimaciones en ambos cálculos, solo difieren en la especie de mayor biomasa, la cual según la fórmula de Chave sería la Quina colorada, y según Brown sería el Urundel.

**Cuadro N° 25 Estimación de Biomasa en PPM 2**

N°	Especie	N de ind.	Chave Kg.	Clave ton.	Especie	N de ind.	Chave Kg.	Clave ton.
1	Cedrillo	1	25,343	0,025	Cedrillo	1	32,563	0,033
2	Aguay	3	104,152	0,104	Aguay	3	88,147	0,088
3	Quina colorada	1	146,672	0,147	Quina colorada	1	156,726	0,157
4	Guayabo	1	327,474	0,327	Lanza amarilla	1	217,354	0,217
5	Lanza amarilla	1	327,474	0,327	Guayabo	1	268,810	0,269
6	Espinillo	1	368,193	0,368	Espinillo	1	282,117	0,282
7	Yuruma	4	400,879	0,401	Chal Chal	5	374,722	0,375
8	Pacay	4	559,529	0,560	Yuruma	4	403,545	0,404
9	Cebil colorado	3	607,510	0,608	Itapalla	10	423,655	0,424
10	Chal Chal	5	612,625	0,613	Cebil colorado	3	493,925	0,494
11	Perilla	5	687,217	0,687	Pacay	4	514,843	0,515
12	Cascarilla	5	694,189	0,694	Perilla	5	544,400	0,544
13	Itapalla	10	711,146	0,711	Cascarilla	5	566,340	0,566
14	Suiquillo	2	2228,813	2,229	Suiquillo	2	2043,880	2,044
15	Laurel blanco	15	3032,472	3,032	Laurel blanco	15	2294,476	2,294
16	Albaquilla	45	3896,493	3,896	Albaquilla	45	2412,488	2,412
17	Ala de Cóndor	15	5076,745	5,077	Ala de Cóndor	15	3816,360	3,816
18	Lapacho amarillo	7	10488,915	10,489	Lapacho amarillo	7	10813,600	10,814
19	Tipa blanca	3	25891,854	25,892	Tipa blanca	3	18494,149	18,494
<b>TOTAL</b>		<b>131</b>	<b>56187,694</b>	<b>56,188</b>	<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>44242,103</b>	<b>44,242</b>

Gráfico N° 11 Gráfica de Biomasa en PPM 2

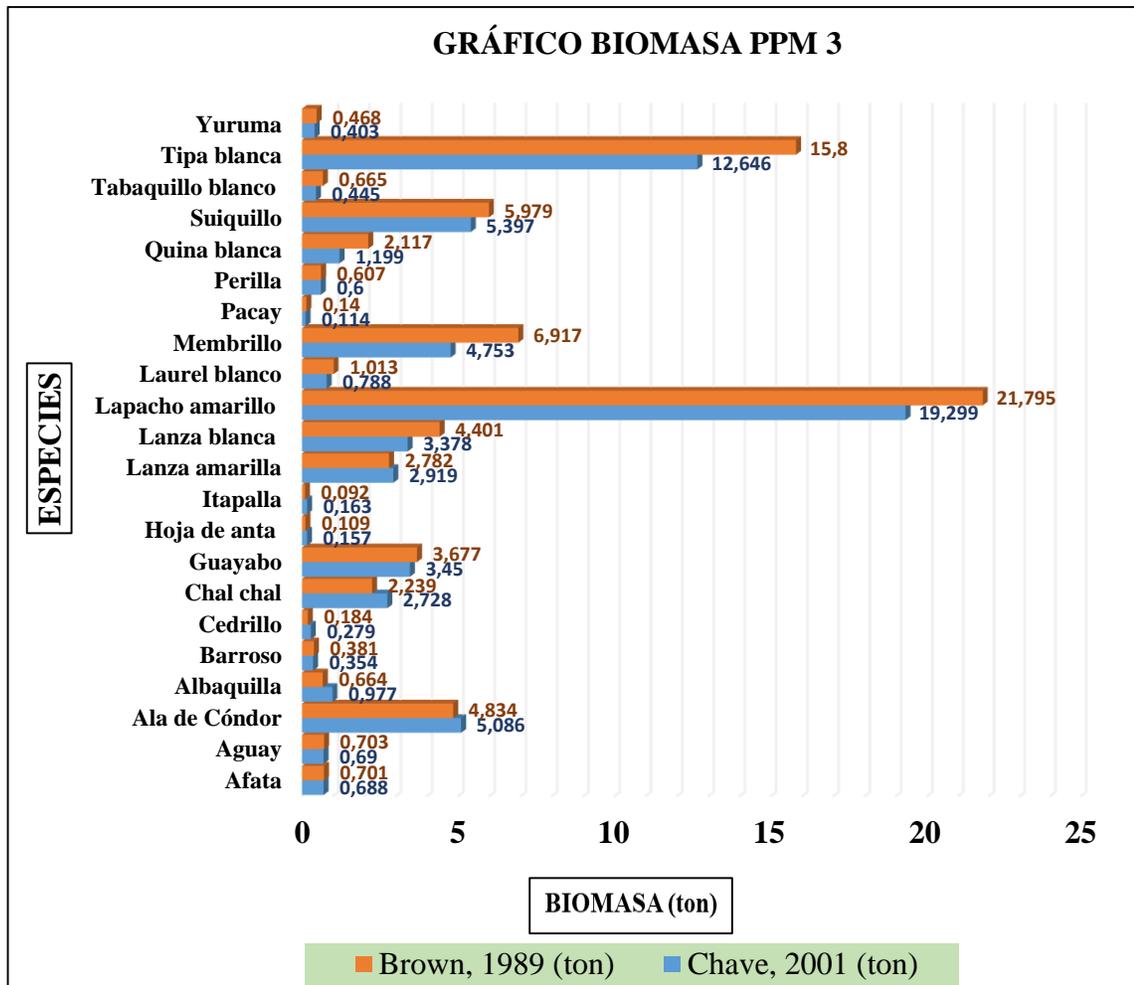


En este caso, ambos cálculos de estimación presenta a la misma especie con mayor y menor biomasa. Según Chave, la mayor biomasa la presenta biomasa lo presenta la Tipa blanca con 25,9 ton (25891,85 kg) en 3 individuos. La menor biomasa lo presenta la especie Cedrillo, con 0,025 ton (25,34 kg) con 1 individuo. Según Brown, al igual que el resultado de Chave, la mayor biomasa la presenta biomasa lo presenta la Tipa blanca con 18,5 ton (18494,15 kg) en 3 individuos. La menor biomasa lo presenta la especie Cedrillo, con 0,033 ton (32,56 kg) con 1 individuo.

Cuadro N° 26 Estimación de Biomasa en PPM 3

N°	Especie	N de ind.	Clave Kg.	Clave Ton.	Especie	N de ind.	Brown Kg.	Brown Ton.
1	Pacay	1	114,097	0,114	Itapalla	4	91,981	0,092
2	Hoja de anta	1	156,871	0,157	Hoja de anta	1	108,799	0,109
3	Itapalla	4	163,110	0,163	Pacay	1	140,116	0,140
4	Cedrillo	1	278,894	0,279	Cedrillo	1	183,802	0,184
5	Barroso	2	354,058	0,354	Barroso	2	381,236	0,381
6	Yuruma	5	402,965	0,403	Yuruma	5	468,109	0,468
7	Tabaquillo blanco	3	444,544	0,445	Perilla	5	606,527	0,607
8	Perilla	5	599,745	0,600	Albaquilla	11	663,569	0,664
9	Afata	3	688,327	0,688	Tabaquillo blanco	3	665,487	0,665
10	Aguay	1	690,435	0,690	Afata	3	700,738	0,701
11	Laurel blanco	5	788,050	0,788	Aguay	1	703,386	0,703
12	Albaquilla	11	977,445	0,977	Laurel blanco	5	1013,199	1,013
13	Quina blanca	2	1198,751	1,199	Quina blanca	2	2116,683	2,117
14	Chal Chal	17	2728,386	2,728	Chal Chal	17	2239,240	2,239
15	Lanza amarilla	1	2919,053	2,919	Lanza amarilla	1	2782,342	2,782
16	Lanza blanca	2	3378,009	3,378	Guayabo	9	3677,433	3,677
17	Guayabo	9	3450,113	3,450	Lanza blanca	2	4401,174	4,401
18	Membrillo	7	4752,709	4,753	Ala de Cóndor	9	4833,636	4,834
19	Ala de Cóndor	9	5086,019	5,086	Suiquillo	5	5979,253	5,979
20	Suiquillo	5	5397,008	5,397	Membrillo	7	6917,497	6,917
21	Tipa blanca	2	12645,624	12,646	Tipa blanca	2	15799,876	15,800
22	Lapacho amarillo	18	19299,083	19,299	Lapacho amarillo	18	21794,743	21,795
<b>TOTAL</b>		<b>114</b>	<b>66513,297</b>	<b>66,513</b>	<b>TOTAL</b>	<b>114</b>	<b>76268,827</b>	<b>76,268</b>

Gráfico N° 12 Gráfica de Biomasa en PPM 3



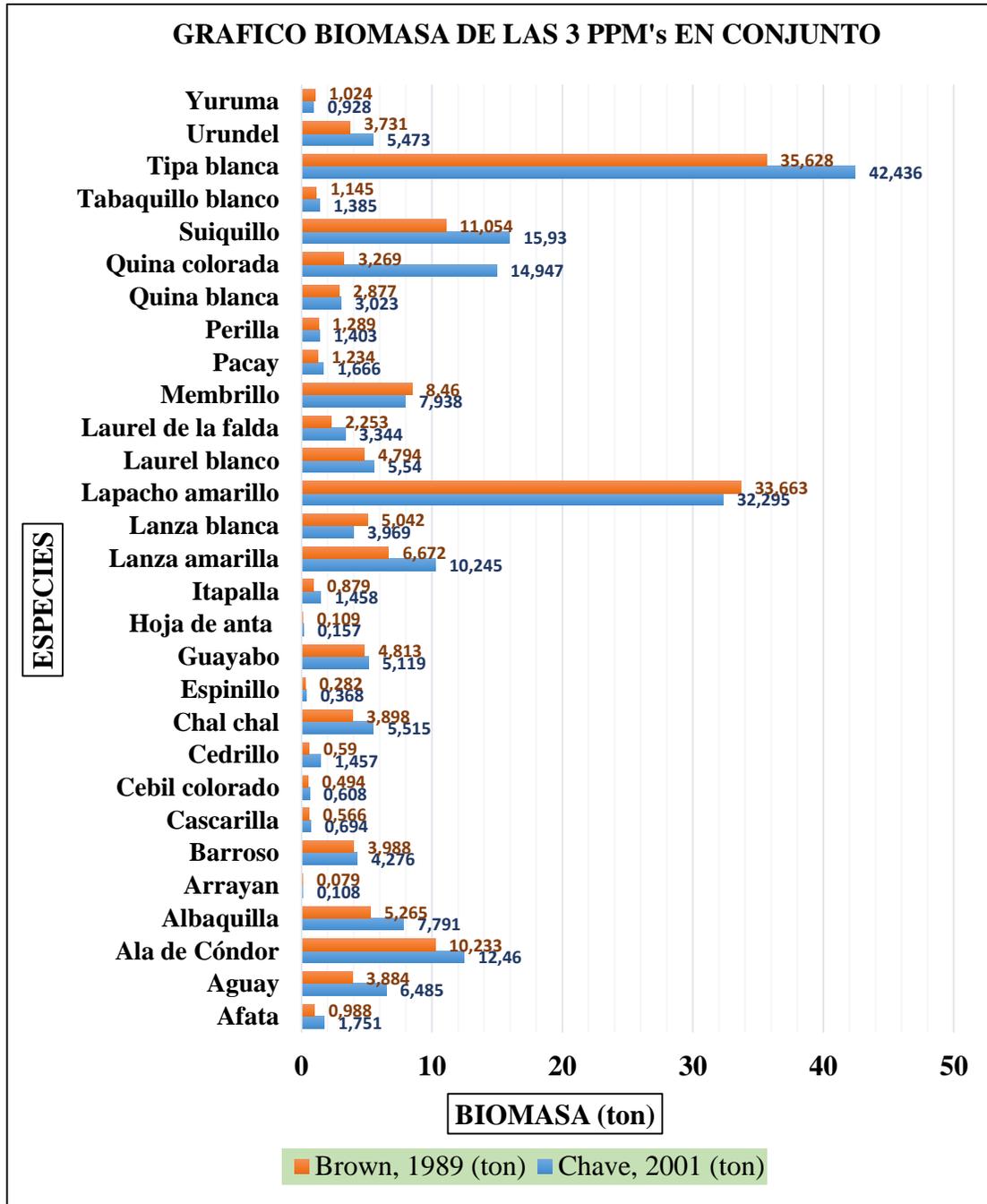
Según Chave, la especie con mayor biomasa lo presenta el Lapacho Amarillo con 19,3 ton (19299,08 kg) en 18 individuos. La menor biomasa lo presenta la especie Pacay, con 0,11 ton (114,1 kg) con 2 individuos. Según Brown, la especie con mayor biomasa lo presenta el Lapacho Amarillo con 21,79 ton (21794,74 kg) en 18 individuos. La menor biomasa lo presenta la especie Itapalla, con 0,092 ton (91,98 kg) con 2 individuos.

**Cuadro N° 27 Estimación de Biomasa en las tres Parcelas de Muestreo**

**Permanente en conjunto**

N°	Especies	N° de ind.	Chave, 2001 (kg)	Brown, 1989 (kg)	Chave, 2001 (ton)	Brown, 1989 (ton)
1	Afata	4	1751,766	987,525	1,751	0,988
2	Aguay	12	6485,949	3884,507	6,485	3,884
3	Ala de Cóndor	31	12459,876	10232,632	12,46	10,233
4	Albaquilla	85	7791,628	5265,059	7,791	5,265
5	Arrayan	2	107,762	78,908	0,108	0,079
6	Barroso	3	4276,296	3988,559	4,276	3,988
7	Cascarilla	5	694,189	566,34	0,694	0,566
8	Cebil colorado	3	607,51	493,925	0,608	0,494
9	Cedrillo	5	1457,678	589,485	1,457	0,59
10	Chal chal	38	5515,058	3897,981	5,515	3,898
11	Espinillo	1	368,193	282,117	0,368	0,282
12	Guayabo	18	5119,505	4813,527	5,119	4,813
13	Hoja de anta	1	156,871	108,799	0,157	0,109
14	Itapalla	21	1458,012	879,092	1,458	0,879
15	Lanza amarilla	4	10245,958	6672,663	10,245	6,672
16	Lanza blanca	9	3968,669	5041,931	3,969	5,042
17	Lapacho amarillo	33	32295,356	33662,359	32,295	33,663
18	Laurel blanco	31	5540,41	4795,075	5,54	4,794
19	Laurel de la falda	3	3344,463	2253,205	3,344	2,253
20	Membrillo	12	7937,69	8460,972	7,938	8,46
21	Pacay	10	1665,159	1233,995	1,666	1,234
22	Perilla	12	1403,032	1288,947	1,403	1,289
23	Quina blanca	8	3022,419	2876,966	3,023	2,877
24	Quina colorada	4	14947,17	3268,615	14,947	3,269
25	Suiquillo	14	15930,243	11054,445	15,93	11,054
26	Tabaquillo blanco	5	1384,078	1145,71	1,385	1,145
27	Tipa blanca	6	42435,179	35627,93	42,436	35,628
28	Urundel	2	5473,306	3730,714	5,473	3,731
29	Yuruma	12	927,558	1023,319	0,928	1,024
<b>TOTAL</b>		<b>394</b>	<b>198770,983</b>	<b>158205,302</b>	<b>198,769</b>	<b>158,203</b>

Gráfico N° 13 Grafica de Biomasa en las 3 Parcelas Permanentes de Muestreo en conjunto



Como se puede apreciar en la gráfica la especie con mayor Biomasa en las 3 Parcelas Permanentes de Muestreo, según ambos estimadores alométricos es la Tipa Blanca. Según Brown cuenta con 35,63 ton. y según Chave con 42,44 ton., contando con sólo 6 individuos, sin embargo los ejemplares registrados cuentan con el mayor DAP en 2 de las 3 parcelas, dándole una ventaja sobre otras especies como la Quina Colorada y el Lapacho Amarillo.

La especie de menor biomasa, según ambos estimadores, es el Arrayan. Según Brown cuenta con 0,079 ton, y según Chave con 0,108 ton, en tan solo 2 individuos registrados. Si bien los individuos presentan un bajo diámetro no es el menor de las categorías diamétricas, pero su baja abundancia lo coloca en esta posición.

De esta manera se puede observar, que la estimación de biomasa se encuentra estrechamente relacionada con el diámetro de los árboles, siendo el estimador con mayor relevancia, por sobre la densidad y la altura.

El modelo alométrico de Chave et al. (2005), tiene su base en los análisis desarrollados por Brown (et al. 1989) además que tiene la virtud de ser comparable con otros estudios realizados en parcelas permanentes (Pallqui, 2013).

El cálculo de Biomasa en ambos modelos alométricos, difieren en cuanto a resultados en algunas especies. La causa más probable de esta variación radica en los estimadores propuestos por cada uno.

Chave y sus colaboradores son muy bien aceptados por su precisión, ya que se valen principalmente del diámetro a la altura del pecho (DAP), la densidad específica y la densidad promedio. El DAP es obtenido en el campo durante el inventario y la variable de densidad básica por especie, y densidad promedio será estimada en base a información secundaria basada en referencias bibliográficas. En cuanto a Brown se vale de estimadores como el DAP, la altura total y la densidad básica.

#### 4.9.- DISCUSIÓN

Una ecuación alométrica de biomasa es una herramienta matemática que permite conocer de forma simple, la cantidad de biomasa de un árbol por medio de la medición de otras variables. El cálculo de biomasa aérea en las parcelas, se obtuvo mediante la aplicación de las formulas propuestas Chave et al. (2000), y Brown et al. (1989). La fórmula propuesta por Chave, considera las variables como densidad específica, la densidad especifica promedio y el diámetro a la altura del pecho (DAP). Brown considera en su fórmula variables como, el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total y la densidad básica. Al variar en algunas de sus variables los resultados no fueron iguales, solo en algunos casos fueron similares.

La parcela permanente de muestreo se establecen con el fin de mantenerse indefinidamente instalado en el bosque y cuya adecuada demarcación permita la ubicación exacta de sus límites y puntos de referencia a través del tiempo, así como de cada uno de los individuos que la conforman, donde todos los árboles existentes han sido identificados, medidos y etiquetados, los cuales se evalúan periódicamente permitiendo obtener la mayor información posible. (Aguilar &Reynel, 2009).

En la Estación experimental Río Conchas, se realizó la remediación de características cualitativas y cuantitativas, las cuales se tomaron en cuenta para el cálculo de biomasa, en 3 parcelas de muestreo permanente. Las medidas de las parcelas fueron de 50 x 50 m, que a su vez se subdividieron en 25 subparcelas de 10 x 10.

Se encontró una diversidad de 29 especies en las 3 parcelas en conjunto, siendo la parcela N°1 la más diversa con 25 especies. Se registraron un total de 394 árboles con el DAP igual o mayor a 10 cm en las 3 parcelas, siendo la parcela N°1 la de mayor individuos con 149 árboles. Los bosques nativos a diferencia de un bosque implantado, se caracterizan por la heterogeneidad en su composición florística, de la misma forma, las características cuantitativas registradas en las especies, resultaron en valores bastante dispersos, en cuanto a diámetro, área basal y volumen.

Una característica en común que comparten las 3 parcelas, es la escasa población de especies maderables valiosas las cuales tienen mayor volumen comercial, tales como el Urundel, Barroso y la Tipa.

La densidad de las especies, influye en los resultados de volumen en las parcelas, y no tanto así la abundancia de especies. Especies como el Urundel, Cebil Colorado y Suiquillo, fueron las especies registradas de mayor volumen, y a su vez las más escasas.

La parcela 3, si bien tiene la menor cantidad de individuos con 114 árboles, posee los más altos promedios en cuanto al diámetro, altura, área basal y volumen, esto significa que la abundancia de una especie no es determinante en los resultados de volumen. La principal razón de que esta parcela posea individuos con mejores características, puede estar relacionada con la topografía del terreno, ya que se encuentra a menor altura y con menor pendiente que las demás parcelas. Además que al haber menor cantidad de árboles, existe menor competencia por la luz solar, permitiendo un mejor desarrollo.

La parcela 2 no cuenta con la subparcela A1, debido a que en esta subparcela se produjo un desprendimiento del terreno provocando por erosión hídrica en ladera, y por ende no había especies con el DAP suficiente para ser registradas.

Los ecosistemas no son entidades estáticas, al contrario, mantienen un continuo proceso de transferencia de materia y energía. Ese flujo es ajustado o readaptado ante cualquier variación del ambiente que incida sobre ellos. Como ejemplo de esto, en las 3 parcelas en estudio, se encontraron algunos árboles tumbados en estado de descomposición, los cuales eran un valioso aporte de materia orgánica para otras especies en desarrollo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1.- CONCLUSIONES

De las diferentes variables estudiadas, se llegó a las siguientes conclusiones e interpretaciones de los resultados.

- La determinación de Biomasa aérea se realizó utilizando dos fórmulas de estimación, la de Chave (2001) y de Brown (1989). Según Chave en la PPM 1, la especie de mayor biomasa es la Quina Colorada (14,8 ton) y el Arrayan presenta la menor biomasa (0,108 ton). En la PPM 2, la especie Tipa Blanca es la de mayor biomasa (25,9 ton), y el Cedrillo, es la especie de menor biomasa (0,025 ton). En la PPM 3, el Lapacho Amarillo es la especie de mayor biomasa (19,3 ton), y el Pacay es la especie de menor biomasa (0,11 ton).
- Según Chave en la PPM 1, la especie de mayor biomasa es el Urundel (3,73 ton) y el Arrayan presenta la menor biomasa (0,108 ton). En la PPM 2, la especie Tipa Blanca es la de mayor biomasa (18,5 ton), y el Cedrillo, es la especie de menor biomasa (0,033 ton). En la PPM 3, el Lapacho Amarillo es la especie de mayor biomasa (21,79 ton), y la Itapalla es la especie de menor biomasa (0,092 ton).
- En la PPM 1, el DAP promedio es de 22 cm, la altura media es de 4,46 m, el área basal tiene un promedio de 0,055 m<sup>2</sup>, el volumen total es de 26,175 m<sup>3</sup>, y la densidad es de 596 arb/ha.
- En la PPM 2, el DAP promedio es de 19 cm, la altura media es de 4,48 m, el área basal tiene un promedio de 0,046 m<sup>2</sup>, el volumen total es de 31,227 m<sup>3</sup>, y la densidad es de 524 arb/ha.
- En la PPM 3, el DAP promedio es de 24 cm, la altura media es de 5,32 m, el área basal tiene un promedio de 0,064 m<sup>2</sup>, el volumen total es de 39,278 m<sup>3</sup>, y la densidad es de 456 arb/ha.

- Las 3 parcelas permanentes de muestreo, en sus parámetros estadísticos demuestran un coeficiente de variación mayor al 25%, demostrando que los datos son heterogéneos, cuyas variables están muy dispersas.
- El cociente de mezcla en la PPM 1 es de 0,17 o 1/6, indicando una especie diferente por cada seis árboles. En la PPM 2 fue del 0,14 o 1/7, que indica una especie diferente con siete árboles. Por último en la PPM 3 el cociente de mezcla es del 0,19 o 1/5, indicando una especie diferente por cada 5 árboles.
- La Albaquilla es la especie con mayor abundancia y frecuencia en las PPM's 1 y 2, representando un 19,46% y 34,35% de la población en sus respectivas parcelas. El Lapacho amarillo es la especie de mayor abundancia en la PPM 3 con el 15,79% de la población, y el Chal chal tiene la mayor frecuencia con el 12,05%, en esta misma parcela.
- Las especies con mayor dominancia son las siguientes: Quina colorada en la PPM 1, con el 12,61%, Tipa Blanca en PPM 2 con el 33,85% y Lapacho Amarillo con el 23,88% en PPM 3.
- En las 3 parcelas permanentes de muestreo (PPM), la calidad 3 es la de mayor porcentaje, en la PPM 1 con el 79,86%, en la PPM 2 con el 73,28% y en la PPM 3 con el 61,40%. Seguidamente esta la calidad 2, en la PPM 1 con el 15,44%, en la PPM 2 con el 24,13% y en la PPM 3 con el 32,46%. La calidad 1, es la de menor porcentaje en todas las parcelas, en la PPM 1 el porcentaje es del 4,70%, en la PPM 2 del 2,29% y en la PPM 3 del 6,14%.
- En la evaluación de posición de copa, la PPM 1 presenta mayor porcentaje de árboles en posición 4 (*Alguna luz lateral*) con el 38,93%. Tanto en la PPM 2 y la PPM 3 el mayor porcentaje es para la posición 3 (*Alguna iluminación superior*) con el 42,75% y el 28,95% respectivamente. En cuanto al menor porcentaje de Posición de Copa, las 3 Parcelas permanentes de muestreo (PPM), posicionan a la categoría 1 (*Emergente*) en este puesto, con el 4,70% (PPM 1), 11,53% (PPM 2) y el 5,26% (PPM 3).
- En cuanto a forma de copa, en la PPM 1 y PPM 2 la forma 3 (*Tolerable*), es la de mayor porcentaje con el 34,9% y el 30,53% respectivamente. En la PPM 3

el mayor porcentaje de individuos tienen forma 4 (Pobre), con el 28,95%. Al igual que las anteriores características cualitativas, la clasificación 1 es la más escasa. En este caso la forma 1 (*Perfecta*), con un porcentaje del 4,70% (PPM1), 2,29% (PPM 2) y 5,26% (PPM 3).

## 5.2.- RECOMENDACIONES

Finalizando el presente trabajo, se recomienda los siguientes puntos:

- Realizar un nuevo estudio de medición y replanteo de parcelas permanentes de muestreo, con una frecuencia de 10 años, para generar un modelo de crecimiento.
- Tener en cuenta, las especies menos abundantes del presente trabajo, puesto que algunas son de mayor valor comercial, como la Quina Colorada. Estas especies podrían ser sujetas a programas de reforestación con el fin de incrementar su población.
- Para futuras investigaciones, se podrían considerar las coordenadas de los árboles registrados en el presente estudio, con el fin de corroborar y afirmar su ubicación en las subparcelas.
- La regeneración natural debe tenerse en cuenta en próximos trabajos a realizarse en la Estación Experimental Río Conchas.
- La realización de este trabajo permitió determinar el almacenamiento de biomasa en las diversas especies registradas, en las Estación Experimental Río Conchas, de esta manera podemos entender mejor la dinámica del bosque y su importancia en la absorción del carbono.
- Las características cuantitativas y cualitativas registradas en este estudio, permitirá a futuras investigaciones discernir la importancia de especies en cuanto a las cualidades que presente.