

INTRODUCCION

INTRODUCCIÓN

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).

La determinación adecuada de la biomasa de un bosque es un elemento de gran importancia debido a que ésta; 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).

Dicho de otro modo, los bosques son el principal sumidero de carbono, por tanto, cualquier perturbación que ocurra en estos, podría afectar significativamente en el ciclo del carbono global.

Por estas razones es necesario efectuar estudios con el propósito de estimar el carbono almacenado en la biomasa forestal con la mayor exactitud posible, este aspecto se aborda en el presente trabajo aplicando métodos no destructivos mediante modelos alométricos validados.

Justificación

En el Departamento de Tarija todavía existe carencia de información científica relacionada a la cuantificación de la Biomasa arbórea y a su 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 realizar el presente trabajo de investigación que 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, pecuarios y forestales 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, porque pueden actuar como reservorio de grandes cantidades de carbono.

Finalmente, los resultados obtenidos permitirán generar una base de datos con información puntual de este año, que a su vez servirá para monitorear los posibles cambios que se produzcan en la cantidad de carbono almacenado en el bosque subhúmedo de San Telmo.

Planteamiento del problema

¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea del bosque subhúmedo de la comunidad de San Telmo?

Los bosques en si ya son sumideros de carbono, por esa razón en el presente trabajo se desea estimar la cantidad de carbono que almacena la biomasa del bosque subhúmedo así para poder responder la pregunta ya planteada.

Objetivos

Objetivo General:

Estimar la producción de biomasa aérea de la vegetación arbórea, empleando métodos alométricos, para conocer el potencial probable de sumideros de carbono del bosque subhúmedo de la formación Tucumano-boliviano en la comunidad de San Telmo.

Objetivos Específicos:

- Determinar la composición de la estructura arbórea, a través del análisis de la información cuantitativa y cualitativa obtenida en parcelas permanentes de muestreo, con el fin de caracterizar el estado actual del bosque.
- Determinar 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.

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 conocer el valor de la vegetación arbórea de la comunidad de San Telmo”.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Biomasa

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta 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.

Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad. (BUN-CA, 2002).

1.1.1 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 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.

1.1.1.1 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).

1.1.2.2 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).

1.1.2.3 Latizal

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

1.1.2.4 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 Cuantificación de biomasa y carbono en bosques naturales

La cuantificación de biomasa en bosques naturales es uno de los principales temas en relación con el 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 atmósfera como dióxido de carbono (CO₂) 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).

1.3 Parcelas permanentes

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.

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 ≥ 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.

1.4 Características estructurales del bosque

Una definición aceptada de estructura de la vegetación es aquella de Dansereau (1957), quien indica que es la organización en el espacio de los individuos que forman un rodal y por extensión un tipo de vegetación de plantas. Todo análisis estructural permite un estudio detallado de las comunidades vegetales. Este análisis debe comprender los estudios sobre la estructura horizontal (Densidad, frecuencia y dominancia). Además, se debe considerar la estructura vertical (posición sociológica) y la regeneración natural (Finol, 1971).

1.4.1 Estructura Vertical

La estructura vertical del bosque es la distribución que presenta las masas en el plano vertical, o las distribuciones cuantitativas de las variables medidas en el plano vertical, tal como la altura. La estructura vertical es la distribución de los organismos a lo alto del perfil del bosque, esa estructura responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones climáticas presentes en las diferentes alturas del perfil. (Valerio y Salas, 1997).

Según Becerra (1971), para determinar la posición sociológica que ocupa una determinada especie, es el siguiente:

- Árboles dominantes, son aquellos cuyas copas sobresalen ligeramente del dosel, de ese modo tienen sus copas bien iluminadas recibiendo luz por arriba y por todos los costados.
- Árboles codominantes, la copa recibe luz de arriba, pero tiene uno o dos lados en contacto con otras copas en los cuales no recibe luz directa.
- Árboles Intermedios, La copa recibe luz directa solamente por arriba.

- Árboles suprimidos, la copa no recibe luz directa

1.4.2 Estructura Horizontal

Se entiende por estructura horizontal al arreglo espacial de los organismos, en este caso árboles. Este arreglo no es aleatorio, pero sigue modelos complejos que lo hacen ver como tal. En los bosques este fenómeno es reflejado en la distribución de individuos por clase de diámetro. Algunas especies presentan una distribución de jota invertida. Otras no parecen presentar una tendencia identificable en su distribución debido a sus propias características.

1.4.2.1 Abundancia relativa

La abundancia relativa puede indicarse la participación de cada especie, en porcentaje, en relación con el número total de árboles de la parcela que se considera como el 100 %.

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

Siendo:

Ar = Abundancia relativa

n_i = Número de individuos de una especie

N/ha = Número total de árboles por ha.

1.4.2.2 Dominancia relativa

La dominancia relativa se calcula en porcentaje para indicar la participación de las especies en relación con el área basal total.

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

En que:

Dr_i = Dominancia relativa

g_i/ha = Área basal de cada especie i por ha

G/ha = Área basal total por ha

1.4.2.3 Frecuencia relativa

La frecuencia relativa es la suma total de las frecuencias absolutas de una parcela, que se considera igual al 100 %, es decir, indica el porcentaje de ocurrencia de una especie en relación con las demás.

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

Siendo:

$F_a i$ = Frecuencia de una especie.

$\sum_{i=1}^n F_a$ = Suma de la frecuencia de todas las especies.

Fr = Frecuencia relativa (%)

1.5 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, la frecuencia y la dominancia relativas. 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).

1.6 Área basal

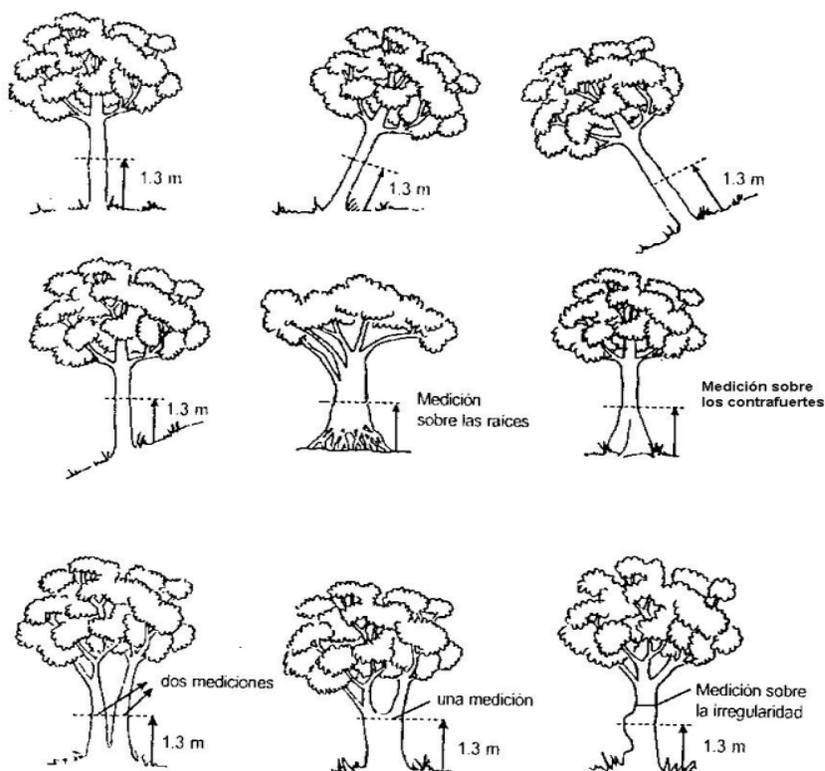
El área basal o área basimétrica, es la relación existente entre la suma de las superficies de las secciones normales de los árboles de una determinada masa forestal, expresadas en m^2 , y la superficie del terreno que ocupan, expresada en hectáreas.

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.

1.7 Altura del punto de medición del DAP

Por norma el DAP se mide a 1.30 m sobre el nivel del suelo, pero si los árboles presentan irregularidades a esta altura, entonces se mide el diámetro donde termina la deformación. BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999.

Figura 1 Medición del diámetro en casos normales y casos especiales



Fuente: Camacho, 2000.

1.7.1 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. BOLFOS/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.

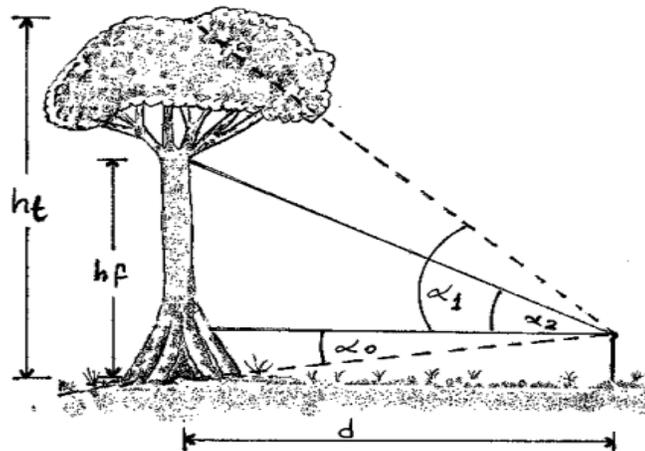
- **Calidad 3.** Curvado y efectos graves en su estructura, posiblemente útil para leña.

1.7.2 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.

Figura 2 Procedimiento para medir alturas



Fuente: BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999.

1.7.3 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.

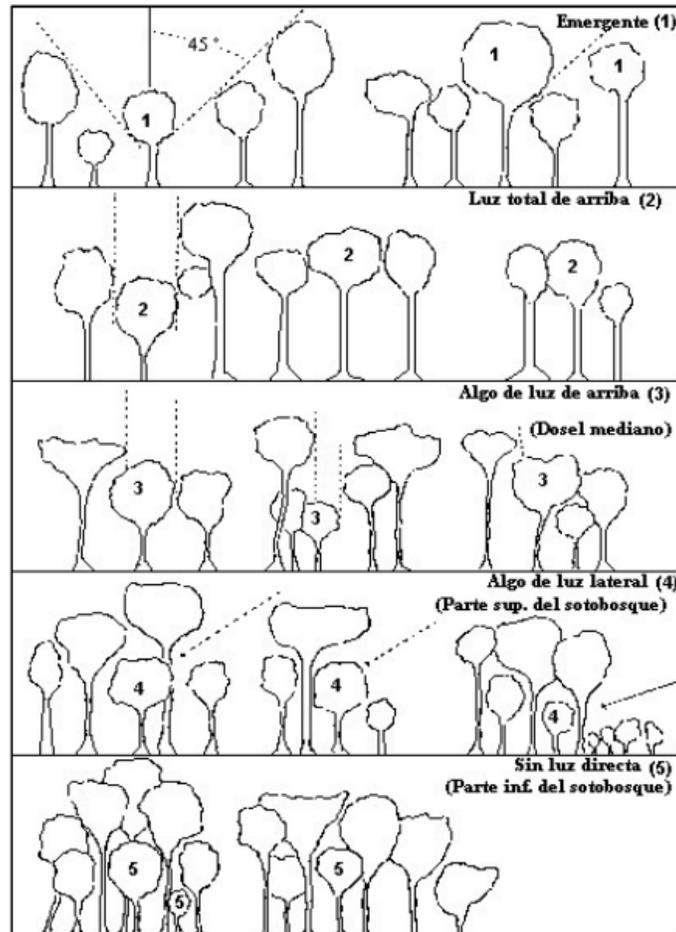
- **Plena iluminación superior.** - La parte superior de la copa está plenamente expuesta a la luz vertical, pero está adyacente a otras copas de igual o mayor tamaño dentro del cono de 90°.

- **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 3 Posición de la copa



Fuente: BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999

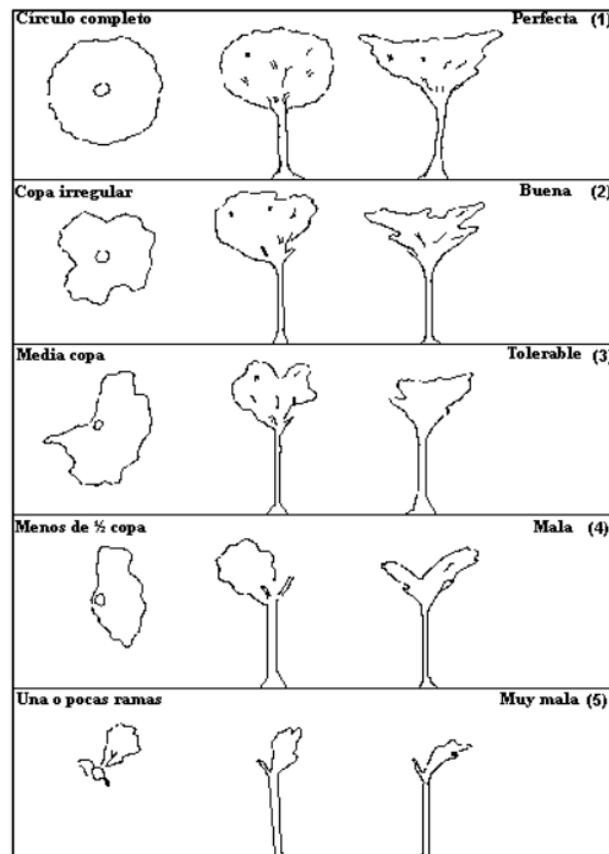
1.7.4 Forma de copa

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 4 Forma de copa

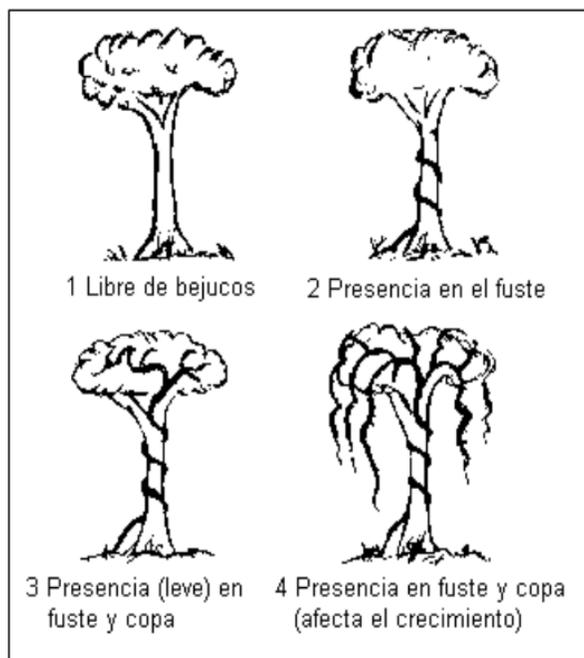


Fuente: BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999

1.7.5 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 5 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.

1.7.6 Estado sanitario del árbol y del fuste

Refleja la vitalidad del árbol, guarda estrecha relación con su crecimiento e incremento, al mismo tiempo indica la situación en que se encuentra. Para el levantamiento de datos se sigue la siguiente clasificación:

-Relacionado a todo el árbol

AS. Árbol sano, en pie, Ac. Árbol caído vivo, Aq. Árbol quemado, Ae. Árbol estrangulado por lianas, Ai. Árbol inclinado, Af. Árbol en período reproductivo (flores y/o frutos).

-Relacionado al fuste

FP. Fuste podrido, FE. Fuste con excrescencias, FH. Fuste con ataque de hongos, FM. Fuste con corteza muerta, FS. Fuste sano, FI. Fuste con ataque de insectos, FHu. Fuste hueco.

1.8 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).

1.9 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.

1.10 Selva Tucumano – boliviana

Esta ecorregión empieza en Bolivia y continúa en la Argentina, está presente en los Departamentos de Chuquisaca, Santa Cruz, norte de La Paz y Tarija en este último en las provincias Arce y O'Connor. Son áreas ubicadas entre los 800 - 3.900 metros de altitud, con temperaturas promedio anuales de 5 – 23°C influenciadas por los vientos del sur (surazos) causando temperaturas mínimas muy bajas. La precipitación media anual es de 700 - 2.000 mm con 3 - 5 meses áridos. El clima de esta región es cálido y húmedo, con lluvias principalmente estivales y heladas durante el invierno. Presenta elevados niveles de biodiversidad con importantes variaciones altitudinales motivadas por fuertes variaciones climáticas con los cambios en altitud. Soportan precipitaciones

muy intensas durante el verano y un periodo seco durante el invierno - primavera. Asimismo, presenta abundantes y variados recursos madereros y son una protección importante de las laderas montañosas durante las intensas lluvias estivales (Brown, 2009).

La selva tucumano-boliviana a la cual pertenece la zona de estudio presenta bosques nublados montanos medios que varían desde semidecíduos hasta semi siempreverdes con una predominancia de las familias Myrtaceae y Lauraceae. En el contexto biogeográfico se extiende desde Venezuela hasta la parte Noreste de la Argentina en un rango altitudinal que varía de 500 hasta aproximadamente 3500 m.s.n.m. (González et al. 1999). Además, está fuertemente influenciado por las temperaturas frescas y frías en el invierno, con niveles de humedad relativamente altos provenientes de la nieve y las lluvias, presenta una topografía pronunciada y extensa, con algunas discontinuidades desde Santa Cruz (Bolivia) hasta el Sur de Catamarca y Tucumán (Argentina) en las siguientes regiones: Santa Cruz, Chuquisaca, Tarija en Bolivia y Salta, Jujuy, Tucumán y Catamarca en la Argentina.

1.10.1 Bosque húmedo de la selva Tucumano-boliviana

En el sector sur con mayor precipitación, los bosques y matorrales forman parte de la selva Tucumano-boliviana. Según Ellenberg (1981), corresponden a la ecorregión "bosque semihúmedo montañoso". Los bosques generalmente son densos, mayormente siempre verdes, medios a altos, de estructura compleja con dos a tres estratos (símbolos: 3, 5, 15). 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 araza (*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 (*Allophylus edulis*).

1.10.2 Bosques Montanos

Los bosques montanos tropicales son ecosistemas frágiles que contienen una diversidad biológica caracterizada por su alto grado de singularidad y rareza (González et al. 1999). Estos bosques son fundamentales en el sostenimiento del clima a escala regional, ya que facilitan las funciones de regulación hídrica y mantenimiento de una alta calidad del agua.

Los bosques montanos presentan enormes patrones excepcionales en el recambio de especies y comunidades debido, en parte, a la heterogeneidad de hábitats producto de los fuertes gradientes ambientales (Cuesta et al., 2009).

1.11 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).

1.12 Métodos para calcular la biomasa

Dentro del ámbito internacional se ha 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 de 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. Este 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.

1.12.1 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 1 Ecuaciones alométricas genéricas más empleadas para la estimación de volumen, biomasa o carbono (VBC) de árboles, arbustos y palmas.

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

Fuente: Segura, M; Andrade H. 2008.

Notas: VBC = volumen (m³ 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.

1.12.2 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 del fuste (volumen comercial) por la densidad básica promedio de las especies.

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación de la Zona de estudio

San Telmo es una comunidad rural que se encuentra en el distrito 12 que pertenece al municipio de Padcaya, Provincia Arce, limita al este con la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquia, al oeste con la república Argentina, al norte con la comunidad de la Goma, al sur con la comunidad de los Pozos; geográficamente está determinada por las siguientes coordenadas latitud sur $22^{\circ} 30' 2,09''$ y $22^{\circ} 32' 42,54''$ y de longitud oeste $64^{\circ} 22' 32,24''$ y $64^{\circ} 25' 43,61''$.

El área donde se instaló las parcelas permanentes de muestreo es propiedad privada que pertenece a la familia Baldiviezo, que tiene una superficie de 17,06 has de bosque.

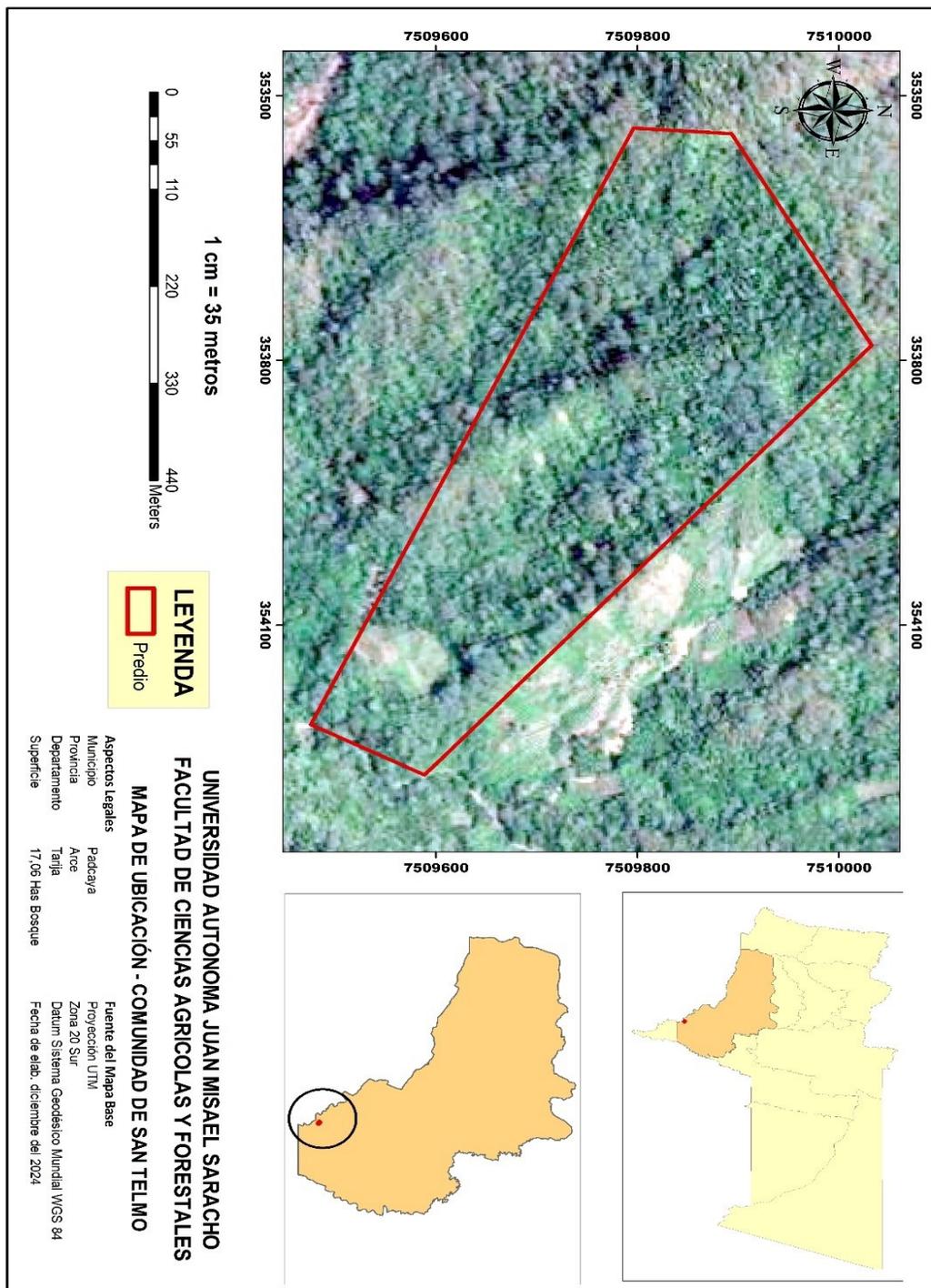
La elección del área de estudio para la instalación de las PPMs se realizó en base a criterios como la presencia de bosque maduro, accesibilidad y no presenta evidencia de alguna actividad antrópica que pueda alterar la estructura y composición del bosque que se pretende monitorear.

2.1.1 Acceso a la zona de estudio

La zona tiene buen acceso vial, porque se encuentra conectada por un camino principal asfaltado con la ciudad de Tarija y la ciudad fronteriza de Bermejo, dicho camino pertenece a la red fundamental, otorgando a la misma una ventaja para actividades de intercambio comercial.

El área de estudio se encuentra a 3 kilómetros de la carretera principal, para llegar se debe ingresar por un camino vecinal.

Mapa N° 1 Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia (2024)

2.2 Características generales de la zona

2.2.1 Clima

El clima de la zona se caracteriza por tener una precipitación media anual de 1.110 mm/año, mayormente concentrada en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, siendo el mes más lluvioso febrero con 227 mm y el mes más seco agosto con 3,2 mm de precipitación. La temperatura media anual de 22,3 °C; el mes más caliente es diciembre con 26,8 °C de temperatura media y el mes más frío julio con 15,5 °C. El tipo de clima que tiene es semihúmedo.

2.2.2 Geología

Según el mapa geológico de Tarija (ZONISIG, Tarija.2000) el área de estudio pertenece a la edad Carbónica (Paleozoico) y Triásico (Mesozoico). La litología dominante está compuesta por conglomerados, arenisca, limolita, arcillita.

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.

La zona está conformada por depósitos no consolidados de cantos, gravas, arenas, limos y arcillas del periodo cuaternario, de la época del holoceno, especialmente en el pie de monte y terrazas altas.

2.2.3 Hidrografía

La cuenca baja, está conformada por el río San Telmo como afluente principal, caracterizado por tener un cauce de tipo permanente de aguas cristalinas, intermontano y sinuoso, con varios afluentes temporales en todo su recorrido hasta su unión con el río Bermejo, afluente importante de la cuenca del Plata; presenta un buen potencial

hídrico, suficiente para ejecutar cualquier tipo de emprendimiento, dirigido hacia una agricultura bajo riego.

2.2.4 Fisiografía

En la provincia fisiográfica del Subandino se pueden diferenciar claramente dos tipos climáticos: en el sector norte la variación climática oscila de cálido árido a templado semihúmedo en un sentido este-oeste, con variaciones en la precipitación entre 500 mm y máximas de 1.150 mm, y con temperaturas medias anuales entre 17 y 22°C; el sector sur del Subandino presenta mayor humedad, variando de templado subhúmedo a cálido subhúmedo, con precipitaciones anuales entre 1.000 mm y 2.200 mm y temperaturas medias anuales entre 16 y 23°C. (ZONISIG, 2000)

El área de estudio forma parte del sector sureste del Subandino.

2.2.5 Geomorfología

Las serranías y colinas del Subandino 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. (ZONISIG, Tarija.2000).

El área de estudio está conformada por serranía media con una disección muy fuerte.

2.2.6 Suelo

Los suelos presentan una gran variabilidad de características morfológicas y son predominantemente superficiales en las montañas y serranías, moderadamente profundos en las colinas y profundos a muy profundos en los valles, llanuras,

planicies y piedemontes. Característica importante es la erosión moderada a severa, en especial en la llanura fluvio-lacustre del Valle Central de Tarija.

2.2.7 Vegetación

La vegetación natural del área de estudio se encuentra representada por las Selvas Subtropicales de Montaña, con bosques densos siempre verdes estacionales, submontanos como también semidecíduos y bosques ralos siempre verdes estacionales y submontanos según ZONISIG (2001). Por otro lado, Beck (1988), clasifica como una región fitogeográfica de bosque semihúmedo montañoso. En el estrato arbóreo predomina la especie *Nectandra* sp y *Cupania vernalis* Cambess. En el estrato arbustivo integrado en su mayoría por *Psychotria carthagenensis* Jacq. El estrato herbáceo, predominada por especies de la familia Gramíneas, Acanthaceae y Asplenidiaceae.

CUADRO 2 Estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo de bosque semihúmedo montañoso

Estrato arbóreo	Nombre científico
Laurel	<i>Nectandra sp</i>
Arco de pipa	<i>Cupania vernalis Cambess</i>
Estrato arbustivo	
Amyruca	<i>Psychotria carthagenensis Jacq</i>
Estrato herbáceo	
Acanto	<i>Acanthus sp</i>
Helecho	<i>Asplenium sp</i>

Fuente: Elaboración propia (2024)

2.2.8 Fauna

Uno de los recursos menos conocidos en el departamento de Tarija es el de la fauna. No obstante, estudios realizados en las áreas protegidas del departamento han permitido paliar al menos en parte esta situación (Dupret, 1997a, 1997b, 1999b, 2000). También otros estudios generales sobre la fauna en Bolivia nos permiten informarnos

acerca de diversas especies presentes en el departamento de Tarija, algunas se las cuales se hallan en peligro de extinción (Ergueta y Morales, 1996); el zorro (*Pseudalopex gymnocercus*), especie que se encuentra en la Llanura Chaqueña y parte del Subandino; el tigre (*Panthera onca*) y puma o león (*Felis concolor*), especies adaptadas a una variedad de ambientes, desde el bosque tropical hasta la puna. En Bolivia se tiene registros de la presencia del puma a alturas superiores a los 4.000 msnm. El anta (*Tapirus terrestres*), especie afectada por la reducción de su hábitat natural, se encuentra en todo el Subandino y Chaco; La corzuela (*Mazama gonazoubira*) y el guazo (*Odocoileus bezoarticus*) son otras especies sometidas a caza furtiva y también se encuentran en peligro de extinción. Algunos primates, tales como el mono noctámbulo (*Aotus azarae*) y mono martín (*Cebus sp*) se encuentran en el bosque del Subandino y la Llanura Chaqueña.

2.2.9 Uso actual

Según el PDM PADCAYA el uso actual de tierras de San Telmo es agropecuario extensivo.

El sistema de producción agrícola está concentrado en los valles generalmente estrechos. Últimamente hay una fuerte tendencia a la ampliación de la frontera agrícola hacia las laderas con pendientes fuertes, donde se desmonta una determinada área y quema todo el bosque. Los cultivos más importantes son el maíz, maní, caña de azúcar y cítricos. (ZONISIG, Tarija 2000)

2.3 Características socioeconómicas

2.3.1 Población

La población según el mapa de Densidad de población de (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. La comunidad cuenta con 465 habitantes.

2.3.2 Economía

Según el INE 2012 la actividad económica que se realiza en San Telmo es la agricultura, ganadería, caza, pesca y silvicultura.

2.4 Materiales

Los materiales que se utilizaron son los siguientes:

a) Materiales de campo

- ❖ Brújula
- ❖ Clinómetro
- ❖ GPS
- ❖ Cinta métrica de 50 m
- ❖ Machete
- ❖ Martillo
- ❖ Clavos
- ❖ Jalones (tubos PVC de media pulgada de diámetro y de 0.50 a 1 m de largo)
- ❖ Latas de pintura – roja en spray
- ❖ Libreta de campo
- ❖ Planillas de campo
- ❖ Cintas flaggings rojo
- ❖ Cámara fotográfica

b) Materiales de gabinete

- ❖ Material de escritorio en Gral.
- ❖ Computadora
- ❖ Formato de inventarios de campo
- ❖ Impresora

2.5 Metodología

Es el procedimiento que se debe seguir para obtener los resultados deseados.

2.5.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación realizado en este trabajo es el descriptivo.

2.5.2 Fases metodológicas

Son las fases que se toman en cuenta para poder realizar el diseño, la instalación, la recolección de datos y los resultados en el presente trabajo.

2.5.2.1 Fase de gabinete

En esta fase se realizó lo siguiente:

- ❖ Elaboración del mapa base de la zona de estudio
- ❖ Recopilación y análisis de la información secundaria
- ❖ Caracterización fisonómica de la vegetación natural, realizando recorridos de reconocimiento a fin de identificar unidades de vegetación
- ❖ Ubicación preliminar de las PPMs utilizando una imagen satelital
- ❖ Elaboración de planillas
- ❖ Elaboración del plan para la fase de campo

El bosque objeto de estudio tiene las siguientes características: Es un bosque denso siempre verde, escarpado compuesto por las siguientes especies: lapacho rosado (*Handroanthus impetiginosus*), cedro (*Cedrela sp.*), tipa blanca (*Tipuana tipu*), entre otros.

2.5.2.2 Fase de campo

En esta fase se realizó:

- ❖ Replanteo de las PPMs
- ❖ Medición de los límites de las parcelas y subparcelas
- ❖ Levantamiento de datos
- ❖ Medición de árboles

2.5.2.2.1 Tipo y nivel de investigación

La investigación que se realizó fue del tipo descriptivo. En el inventario forestal se utilizó el diseño sistemático a nivel de reconocimiento. Las parcelas de muestreo se hicieron de forma cuadrada de 50 * 50 m (0,25 ha) por ser más prácticas de estudiar que las circulares y tener menos periferia y área radial que las parcelas rectangulares, por tanto, se tienen menos problemas para decidir sobre la presencia de árboles dentro o fuera de los límites de la parcela; las subparcelas se hicieron de 10 * 10 m.

Según la Norma Técnica 248/98, si la superficie de la concesión o propiedad es menor a 20000 ha, el tamaño de las parcelas permanentes que se instalen tendrá una superficie de 0.25 ha. Para superficies más extensas, cada parcela permanente tendrá una superficie no mayor a 1 ha, no descartando la instalación de parcelas de 0.25 ha en superficies mayores a 20000 ha. (BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999)

Antes de instalar las parcelas en el campo hay que realizar un replanteo según la distribución de las mismas. Por ello, es necesario recorrer el área antes de ubicar las PPMs para evitar instalarlas en sitios donde no existan árboles, por ejemplo: si la superficie de una PPM presenta más del 50 % de su área sin árboles, o presenta curichis, pantanos, roca madre, etc. la PPM debe moverse 100 m al Norte o al Sur. (BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999)

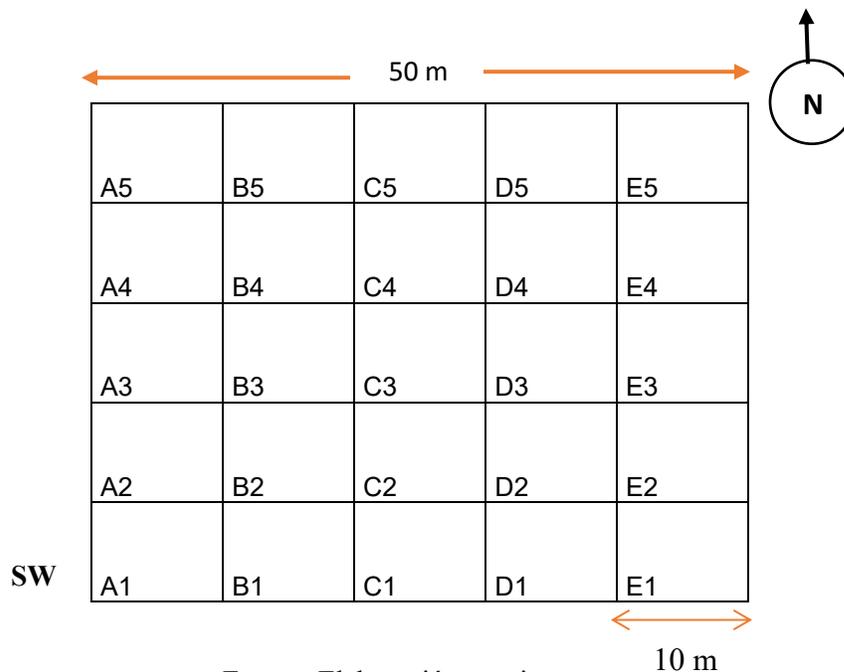
Para empezar la instalación, se debe ubicar un punto de origen, que será en el futuro el vértice o esquina SW (Sudoeste) cuyas coordenadas rectangulares serán (0;0). Se recomienda tomar las coordenadas geográficas de este punto con GPS; idealmente este punto GPS debe ser tomado en el mismo punto (0;0), pero por problemas de visibilidad no siempre es posible; por lo tanto, el punto GPS puede tomarse en el lugar más cercano al vértice, de ser así se debe determinar la distancia y azimut desde el punto (0;0) al punto GPS. En caso de no contar con un receptor de GPS se deben anotar las coordenadas, tomadas del mapa, del punto de referencia.

A partir del punto (0;0) se deben abrir dos picas, una con rumbo Este y otra con rumbo Norte hasta alcanzar los 50 o 100 m según el tamaño de la parcela. Para evitar malos cierres de la PPM, los rumbos deben ser controlados, desde el inicio, con brújula y ajustados con la declinación magnética según las indicaciones de la carta topográfica de la zona.

Sobre las picas se deben dejar jalones o estacas cada 10 o 20 m pintados o con un pedazo de cinta flagging (plástico de un color adecuado) amarrados al jalón donde se indique el valor de la distancia acumulada. Estas servirán para la demarcación de las 25 subparcelas (10 x 10 o 20 x 20 m) y también para la ubicación geográfica de los árboles. (BOLFOR/PROMABODQUE, 1999)

El método que se utilizó para realizar la investigación fue el descriptivo que consiste en describir el estado y el comportamiento de las variables.

Figura 6: Diseño de la distribución de las parcelas



Fuente: Elaboración propia

2.5.2.2.2 Medición de los límites de la parcela

Para realizar la medición de parcelas permanentes de muestreo del área de estudio, primero se encontró el punto 0;0 de la parcela, que generalmente se ubica en los vértices SW (sudeste), con la ayuda de una brújula, eclímetro, cinta métrica y jalones, 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 dejó 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 colocó estacas de tubo PVC color rojo en los límites de cada sub parcela. Este procedimiento se aplicó en tres parcelas de estudio.

2.5.2.2.3 Medición de los individuos

La toma de datos se realizó considerando a la parcela instalada sobre un plano cartesiano (X, Y), donde cada subparcela es 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 ≥ 10 cm, esta medida se realizó a los 1.30 m “diámetro de altura al pecho”. Con dirección al norte se clavó la respectiva placa de identificación del individuo con el fin de conocer el incremento diamétrico de los árboles en el transcurso del tiempo.

En las planillas de campo se registraron los siguientes datos de medición de los individuos censados (Anexo 1):

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

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

2.5.2.3 Fase de post campo

En esta fase se realizaron los cálculos y análisis de la información recolectada y la exposición de los resultados obtenidos de los parámetros estadísticos.

2.5.2.3.1 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:

2.5.2.3.1.1 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:

\bar{x} = Media aritmética

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

2.5.2.3.1.2 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

Xi= Valores observados de la unidad

2.5.2.3.1.3 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.)

2.5.2.3.1.4 Valor mínimo

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

2.5.2.3.1.5 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

2.5.2.3.2 Estructura de la vegetación

Es la distribución del componente arbóreo.

a) Características cuantitativas

Los parámetros que se determinaron fueron: Número de árboles/ha; diámetro normal promedio; área basal/ha y volumen/ha. Se realizó un análisis por especie y por clase diamétrica. El área basal se calculó aplicando la fórmula:

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

Donde:

AB = Es el área basal del árbol en m²

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, fueron 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 m³

AB = Área basal en m²

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 tomó la fórmula propuesta por (Lamprecht H. 1990):

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

b) Características cualitativas

Están definidas por la calidad del fuste, posición de la copa y forma de la copa.

2.5.2.3.3 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 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.

$$IVI = Ar + Dr + Fr$$

Donde:

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.

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

Siendo:

Aa = Abundancia absoluta

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

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

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).

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

En que:

Dri = Dominancia relativa.

G/ha = Área 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:

$F_a i$ = Frecuencia de una especie.

$\sum F_a i$ = Suma de la frecuencia de todas las especies.

Fr = Frecuencia relativa (%)

2.5.2.3.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de la biomasa en la comunidad de San Telmo se empleó el siguiente modelo matemático alométrico:

2.5.2.3.4.1 Estimación de la biomasa

Para estimar la biomasa aérea se utilizó los siguientes datos:

- a) La densidad específica de la madera por especie (DM) en gr/cm^3 o t/m^3 ,
- 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 biomasa aérea para cada árbol se estimó utilizando la ecuación propuesta por (Chave et al. 2001).

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

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 específica promedio (DP). (Baker et al. 2004).

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

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

Donde:

Bt = 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)

δ = Densidad básica de la madera (g/cm³ o t/m³)

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 III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.- Composición florística del bosque de San Telmo

Desde el punto de vista fisonómico estructural, la comunidad de San Telmo, presenta un bosque húmedo de serranías, donde se distinguen dos estratos arborescentes, uno superior de más de 15 m de altura, con follaje perennifolios y caducifolios y un dosel interrumpido, constituido por *Lonchocarpus lilloi* Hassler. (Quina blanca), *Tabebuia serratifolia* (Lapacho amarillo), *Phoebe porphyria* (Laurel de falda). Por otra parte, este bosque presenta otro estrato de árboles pequeños de 5 a 8 m de altura de follaje perennifolio y caducifolio con algunas epifitas y bejucos, con predominio del Arrayán (*Eugenia uniflora* L.) como especie dominante del sotobosque.

Para determinar la diversidad florística y las características estructurales el bosque, se empleó en el levantamiento forestal, parcelas permanentes de muestreo (PPMs), habiéndose efectuado la medición de los árboles a partir de los 10 cm de DAP.

Por tratarse el bosque, con diferentes grados de intervención, se instalaron tres parcelas permanentes de muestreo, mismos que han reportado, variabilidad en el número de árboles por hectárea, empero, no existe diferencias en la composición florística. En las PPMs, se han registrado 344 individuos en una superficie de 7500 m² compuestos por 27 especies, agrupados en 17 familias botánicas.

Entre las familias con mayor número de especies fueron Sapindaceae (20.6%), Lauraceae (10.7%) y Papilionoideae (10.7%), Meliaceae (9.4%), Myrtaceae (9.2%), Sapotaceae (6.5%), Boraginaceae (6.3%) y las demás familias presentaron porcentajes de abundancia menores a 6%, tal como se observa en el Cuadro 3.

CUADRO 3 Familias botánicas y porcentaje de abundancia (árboles con DAP ≥ 10 cm)

N°	Nombre común	Nombre científico	Familia	Arb/ha	%
1	Afata	<i>Cordia trichotoma</i>	Boraginaceae	14	3,1
2	Aguay	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Sapotaceae	29	6,5
3	Ala de cóndor	<i>Cupanea vernalis</i>	Sapindaceae	22	4,9
4	Albaquilla	<i>Ocimum selloi</i>	Labiataceae	9	2,0
5	Arrayan	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	12	2,7
6	Barroso	<i>Blepharocalyx gigantea</i>	Myrtaceae	12	2,7
7	Cascarilla	<i>Heliocarpus papayanensis</i>	Tiliaceae	10	2,2
8	Cebil colorado	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Mimosoideae	5	1,1
9	Cedrillo	<i>Cedrela sp.</i>	Meliaceae	36	8,1
10	Cedro	<i>Cedrela lilloi</i>	Meliaceae	6	1,3
11	Chal-chal	<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	36	8,1
12	Espinillo	<i>Duranta serratifolia</i>	Verbenaceae	4	0,9
13	Guayabo	<i>Eugenia sp.</i>	Myrtaceae	17	3,8
14	Itapalla	<i>Urera sp.</i>	Urticaceae	2	0,4
15	Lanza amarilla	<i>Terminalia triflora</i>	Combretaceae	13	2,9
16	Lanza blanca	<i>Patagonula americana</i>	Boraginaceae	14	3,1
17	Lapacho amarillo	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae	25	5,6
18	Laurel blanco	<i>Nectandra pichurim</i>	Lauraceae	14	3,1
19	Laurel de la falda	<i>Phoebe porphyria</i>	Lauraceae	34	7,6
20	Pacay	<i>Inga sp.</i>	Mimosoideae	22	4,9
21	Quina blanca	<i>Lonchocarpus lilloi</i>	Papilionoideae	24	5,4
22	Quina colorada	<i>Myroxylon peruiferum</i>	Papilionoideae	10	2,2
23	Suiquillo	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	Sapindaceae	34	7,6
24	Tabaquillo blanco	<i>Solanum riparium</i>	Solanaceae	5	1,1
25	Tipa blanca	<i>Tipuana tipu</i>	Papilionoideae	14	3,1
26	Urundel	<i>Astronium urundeuva</i>	Anacardiaceae	14	3,1
27	Yuruma	<i>Rapanea laetevirens</i>	Myrsinaceae	10	2,2
Total				447	100

Fuente: Elaboración propia (2024)

Como sacar arb/ha de la especie Afata:

Se suma el número de árboles que hay en cada parcela

$$PPM\ 1 + PPM2 + PPM3 = 3 + 3 + 5 = 11$$

$$11 \text{ arb} \quad \text{—————} \quad \frac{1}{4} \text{ ha}$$

$$x \quad \text{—————} \quad 1 \text{ ha}$$

$$x = \frac{11 * 1}{\frac{1}{4}}$$

$$11 * 4 = 44 / 3 = 14$$

3.2.- Parámetros estadísticos

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

CUADRO 4 Parámetros estadísticos en PPM 1

Parcela Permanente de muestreo 1				
PARÁMETROS	DAP (cm)	ALTURA (m)	ÁREA BASAL (m ²)	VOLUMEN (m ³)
N° de individuos	127			
Media	33	9	0,1119	0,6173
Desv. Estándar	18	3,4	0,1298	0,6963
Coef. de variación	55	38	116	113
Máximo	93	19	0,68	3,97
Mínimo	10	4	0,01	0,04
Rango	83	15	0,67	3,94
Error estándar	1,61	0,30	0,01	0,06
Error de muestreo	4,86	3,34	10,29	10,01
Tabla t	1,96	1,96	1,96	1,96
Lim superior	36	10	0,13	0,74
Lim inferior	30	8	0,09	0,50

Fuente: Elaboración propia (2024)

Media del DAP

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{25 + 35 + 15 + 20 + 14 + 15 + 13 + 13 + 16 + 15 \dots + 15}{127} = 33$$

Desviación estándar

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

$$S = \sqrt{\frac{41508}{127 - 1}} = 18$$

Coefficiente de variación

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

$$CV = \frac{18}{33} * 100 = 55$$

Máximo y mínimo

$$= \mathbf{MAX} (25; 35; 15; 20; 14; 15; 13; 13; 16; 15; \dots; 15) = 93$$

$$= \mathbf{MIN} (25; 35; 15; 20; 14; 15; 13; 13; 16; 15; \dots; 15) = 10$$

Rango

$$R = (Max)-(Min)$$

$$R = 93-10 = 83$$

Error estándar

$$S\bar{x} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$S\bar{x} = \frac{18}{\sqrt{127}} = 1,61$$

Error de muestreo

$$EM = \frac{CV}{\sqrt{n}}$$

$$EM = \frac{55}{\sqrt{127}} = 4,86$$

Límites de confianza

$$Lc = \bar{x} \pm t * S\bar{x}$$

$$Lc = 33 + 1,96 * 1,61 = 36$$

$$Lc = 33 - 1,96 * 1,61 = 30$$

Volumen maderable

$$\text{Vol total} = 78,3970 \text{ m}^3$$

$$78,3970 \text{ m}^3 \text{ ————— } \frac{1}{4} \text{ ha}$$

$$x \text{ ————— } 1 \text{ ha}$$

$$x = 78,3970 * 4 = 313,6 \text{ m}^3$$

Árboles por hectárea

$$127 \text{ arb} \text{ ————— } \frac{1}{4} \text{ ha}$$

$$x \text{ ————— } 1 \text{ ha}$$

$$x = \frac{127 * 1}{\frac{1}{4}}$$

$$x = 127 \text{ arb} * 4 = 508 \text{ arb/ha}$$

En la parcela N° 1 (Ver Anexos 11 y 17), se registró un DAP promedio de 33 cm, y una altura promedio de 9 m. El área basal promedio es de 0,1119 m² y un volumen maderable de 313,6 m³/ha con una abundancia de 508 arb/ha. El coeficiente de variación al ser mayor al 25%, demuestra que los datos son heterogéneos, es decir que las variables están muy dispersas.

CUADRO 5 Parámetros estadísticos en PPM 2

Parcela Permanente de muestreo 2				
PARÁMETROS	DAP (cm)	ALTURA (m)	ÁREA BASAL (m ²)	VOLUMEN (m ³)
N° de individuos	111			
Media	33	11	0,1097	0,7963
Desv. Estándar	17	4	0,1249	1,0601
Coef. de variación	50	40	114	133
Máximo	95	19	0,71	5,55
Mínimo	15	4	0,02	0,07
Rango	80	15	0,69	5,49
Error estandar	1,59	0,41	0,01	0,10
Error de muestreo	4,75	3,82	10,80	12,64
Tabla t	1,96	1,96	1,96	1,96
Lim superior	37	12	0,13	0,99
Lim inferior	30	10	0,09	0,60

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la parcela N° 2 (Ver Anexos 13 y 18), se registró un DAP promedio de 33 cm, y una altura promedio de 11 m. El área basal promedio es de 0,1097 m² y un volumen de 350,4 m³/ha con una abundancia de 444 arb/ha. El coeficiente de variación al ser mayor al 25%, demuestra que los datos son heterogéneos, es decir que las variables están muy dispersas.

CUADRO 6 Parámetros estadísticos en PPM 3

Parcela Permanente de muestreo 3				
PARÁMETROS	DAP (cm)	ALTURA (m)	ÁREA BASAL (m²)	VOLUMEN (m³)
N° de individuos	106			
Media	39	10	0,1760	1,0959
Desv. Estándar	27	4	0,2429	1,6801
Coef. de variación	68	40	138	153
Máximo	110	19	0,95	9,70
Mínimo	11	5	0,01	0,04
Rango	99	14	0,94	9,66
Error estandar	2,60	0,40	0,02	0,16
Error de muestreo	6,65	3,85	13,40	14,89
Tabla t	1,96	1,96	1,96	1,96
Lim superior	44	11	0,22	1,42
Lim inferior	34	10	0,13	0,78

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la parcela N° 3 (Ver Anexos 15 y 19), se registró un DAP promedio de 39 cm, y una altura promedio de 10 m. El área basal promedio es de 0,1760 m² y un volumen de 3627,6 m³/ha con una abundancia de 424 arb/ha. El coeficiente de variación al ser mayor al 25%, demuestra que los datos son heterogéneos, es decir que las variables están muy dispersas.

3.3.- Estructura de la vegetación

La estructura de la vegetación se refiere a la distribución del componente arbóreo, tanto en el plano horizontal como en el vertical. Básicamente, la estructura horizontal está

dada por la distribución dasométrica (área basal y volumen por categoría diamétrica); así como por la abundancia, frecuencia y dominancia.

3.3.1.- Características cuantitativas

Interpretan la información basándose en el uso de números y cifras.

3.3.1.1.- Área Basal

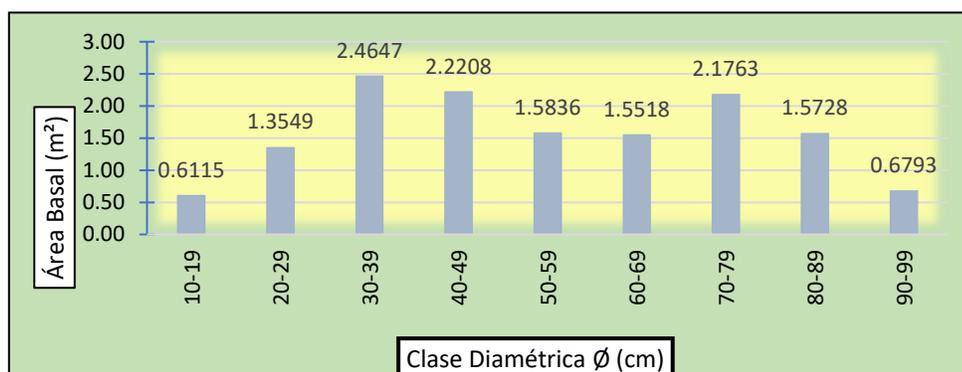
El área basal, conocida como A.B. es el área de la sección horizontal de un árbol que se encuentra a 1,3 m del suelo (DAP), los siguientes gráficos nos muestran la distribución diamétrica del área basal, en las 3 parcelas en estudio.

CUADRO 7 Distribución diamétrica del Área Basal en PPM 1

Clase Diamétrica Ø (cm)	Nº de árboles	AB
10-19	32	0,6115
20-29	30	1,3549
30-39	29	2,4647
40-49	15	2,2208
50-59	7	1,5836
60-69	5	1,5518
70-79	5	2,1763
80-89	3	1,5728
90-99	1	0,6793
TOTAL	127	14,2157

Fuente: Elaboración propia (2024)

Gráfico 1 Distribución diamétrica del Área Basal en PPM 1



Fuente: Elaboración propia (2024)

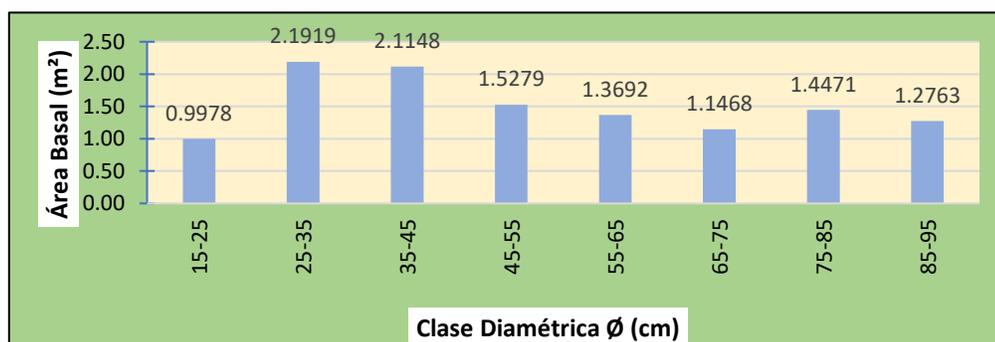
El cuadro 7 y Gráfico 1 indican en la PPM N° 1 la clase diamétrica 30 – 39 es la que presenta mayor área basal con 2,4647 m² en especies como afata, el cedrillo y el chalchal. La clase diamétrica 10 – 19 es la de menor área basal registrada con un 0,6115 m² con especies como el Aguay, el guayabo y el laurel del cerro, si bien se tienen varios individuos en esta clase, la mayoría presenta diámetros que están más cerca al límite inferior de 10 cm.

CUADRO 8 Distribución diamétrica del Área Basal en PPM 2

Clase Diamétrica Ø (cm)	N° de árboles	AB
15-25	35	0,9978
25-35	34	2,1919
35-45	19	2,1148
45-55	10	1,5279
55-65	5	1,3692
65-75	3	1,1468
75-85	3	1,4471
85-95	2	1,2763
Total	111	12,0718

Fuente: Elaboración propia (2024)

Gráfico 2 Distribución diamétrica del Área Basal en PPM 2



Fuente: Elaboración propia (2024)

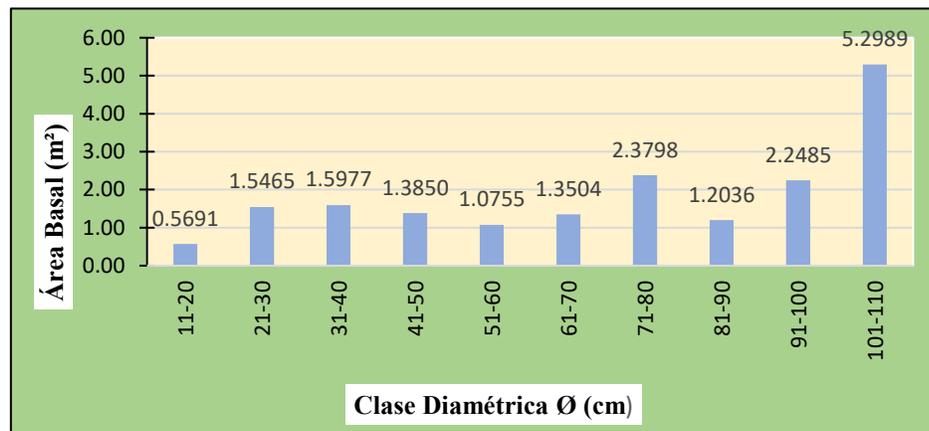
En el cuadro 8 y Gráfico 2 muestra en la PPM N° 2 la clase diamétrica 25 – 35 es la que presenta mayor área basal con $2,1919 \text{ m}^2$ en especies como el chal chal, el laurel del cerro y el suiquillo. La clase diamétrica 15 – 25 es la de menor área basal registrada con un $0,9978 \text{ m}^2$ con especies como la albaquilla, el barroso y el cebil colorado, al igual que en la PPM 1 tienen varios individuos en esta clase, pero la mayoría presenta diámetros que están más cerca al límite inferior de 10 cm.

CUADRO 9 Distribución diamétrica del Área Basal en PPM 3

Clase Diamétrica Ø (cm)	N° de árboles	AB
11-20	29	0,5691
21-30	28	1,5465
31-40	16	1,5977
41-50	9	1,3850
51-60	4	1,0755
61-70	4	1,3504
71-80	5	2,3798
81-90	2	1,2036
91-100	3	2,2485
101-110	6	5,2989
Total	106	18,6551

Fuente: Elaboración propia (2024)

Gráfico 3 Distribución diamétrica del Área Basal en PPM 3



Fuente: Elaboración propia (2024)

En el cuadro 9 y Gráfico 3 se aprecia que en la PPM N° 3 la clase diamétrica 101 – 110 es la que presenta mayor área basal con 5,2989 m² en especies como el lapacho amarillo, la quina blanca y el guayabo. La clase diamétrica 11 – 20 es la de menor área basal registrada con un 0,5691 m² con especies como el espinillo, yuruma y el pacay, se tienen varios individuos en esta clase, pero la mayoría presenta diámetros que están más cerca al límite inferior de 10 cm., en este caso sería a los 11 cm.

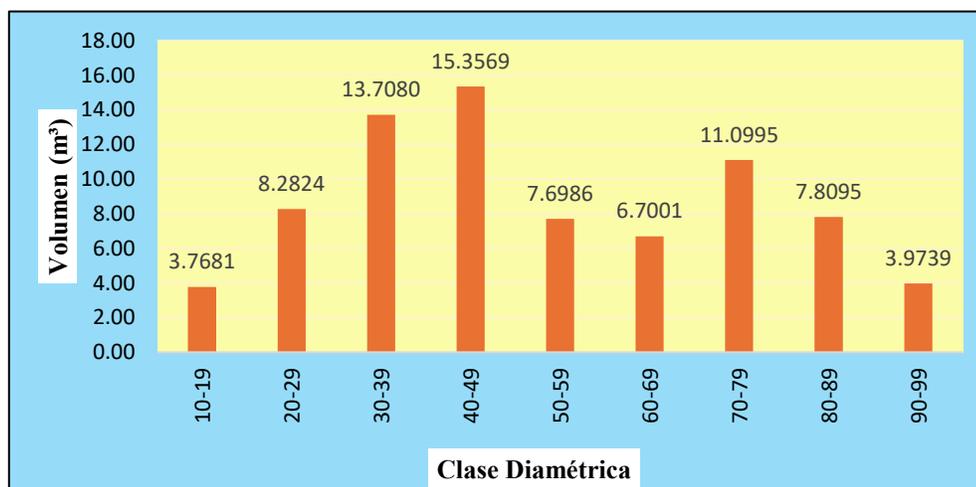
3.3.1.2.- Volumen

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 10 Distribución diamétrica del volumen en PPM 1

Clase Diamétrica	Nº de árboles	Volumen (m ³)
10-19	32	3,7681
20-29	30	8,2824
30-39	29	13,7080
40-49	15	15,3569
50-59	7	7,6986
60-69	5	6,7001
70-79	5	11,0995
80-89	3	7,8095
90-99	1	3,9739
Total	127	78,3970

Fuente: Elaboración propia (2024)

Gráfico 4 Distribución diamétrica del volumen en PPM 1

Fuente: Elaboración propia (2024)

En el cuadro 10 y Gráfico 4 indica en la PPM N°1 la clase diamétrica de 40 - 49 es la de mayor volumen con 15,3569 m³, con especies como el Aguay, Arrayan y Cedrillo.

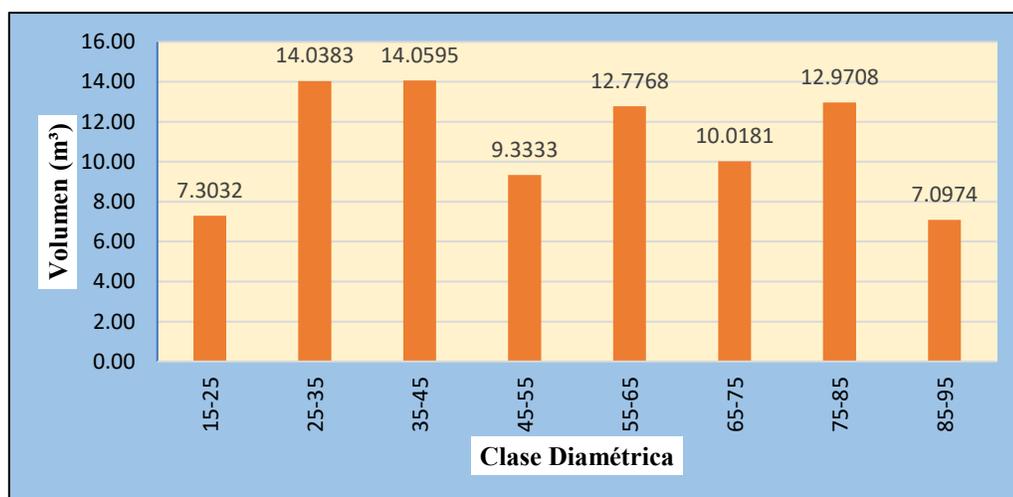
La clase diamétrica con menor volumen es la 10 - 19 con 3,7681 m³ en especies como Barroso, Cebil colorado y lanza amarilla (Ver Anexo 17)

CUADRO 11 Distribución diamétrica del volumen en PPM 2

Clase Diamétrica	Nº de árboles	Volumen (m ³)
15-25	35	7,3032
25-35	34	14,0383
35-45	19	14,0595
45-55	10	9,3333
55-65	5	12,7768
65-75	3	10,0181
75-85	3	12,9708
85-95	2	7,0974
Total	111	87,5973

Fuente: Elaboración propia (2024)

Gráfico 5 Distribución diamétrica del volumen en PPM 2



Fuente: Elaboración propia (2024)

En el cuadro 11 y Gráfico 5 muestra en la PPM N°2 la clase diamétrica de 35 – 45 y 25 – 35 son las de mayor volumen con 14,0595 m³ y 14,0383 m³ con especies como el

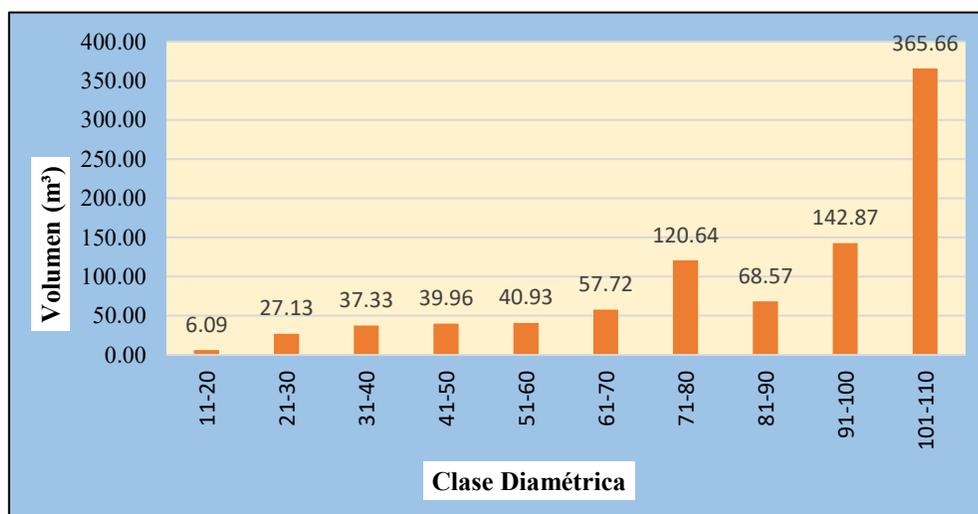
chal chal, laurel del cerro, tabaquillo blanco, tipa blanca, laurel blanco y cascarilla. La clase diamétrica con menor volumen es la 85 - 95 con 7,0974 m³ con especies como cedrillo y suiquillo. (Ver Anexo 18)

CUADRO 12 Distribución diamétrica del volumen en PPM 3

Clase Diamétrica	Nº de árboles	Volumen (m ³)
11-20	29	6,0885
21-30	28	27,1317
31-40	16	37,3285
41-50	9	39,9623
51-60	4	40,9268
61-70	4	57,7171
71-80	5	120,6386
81-90	2	68,5679
91-100	3	142,8696
101-110	6	365,6632
Total	106	906,8943

Fuente: Elaboración propia (2024)

Gráfico 6 Distribución diamétrica del volumen en PPM 3

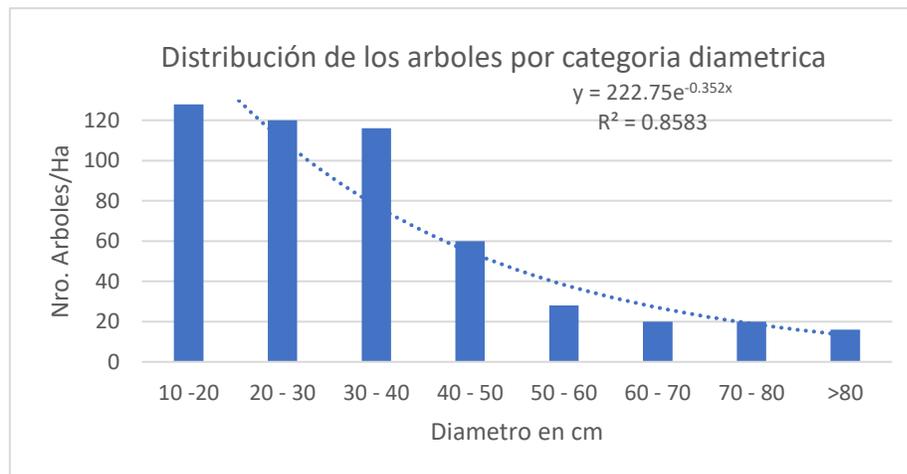


Fuente: Elaboración propia (2024)

En el cuadro 12 y Gráfico 6 se aprecia que en la PPM N°3 la clase diamétrica de 101 – 110 es la de mayor volumen con 365,66 m³ con especies como el lapacho amarillo, guayabo y quina blanca. La clase diamétrica con menor volumen es la 11 - 20 con 6,09 m³ con especies como aguay, barroso y pacay. (Ver Anexo 19)

En relación a la distribución de los individuos, la forma que presentan es la de una J-invertida, donde las frecuencias más altas se presentan en las clases diamétricas más bajas (10-20, 20-30 y 30-40). En contraste, en las clases diamétricas superiores el número de individuos es bastante bajo, especialmente a partir de la clase 70-80 donde la curva se estabiliza con un número de individuos bastante bajo.

Figura 7 Curva de Distribución de individuos por clase diamétrica



Fuente: Elaboración propia (2024)

Esta distribución se ajusta al modelo exponencial con un coeficiente de determinación bastante alto (0.9213). Este comportamiento es característico de los bosques naturales de alta diversidad florística, como es el caso de los bosques de la comunidad de San Telmo.

3.3.1.3 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

$$CM = \frac{24/1}{127/1}$$

$$Cociente\ de\ mezcla = \frac{24/24\ especies}{127/24\ árboles} = \frac{1}{5}$$

- En la parcela N° 2

$$Cociente\ de\ mezcla = \frac{26\ especies}{111\ árboles} = \frac{1}{4}$$

- En la parcela N° 3

$$Cociente\ de\ mezcla = \frac{27\ especies}{106\ árboles} = \frac{1}{4}$$

El cociente de mezcla en este bosque (relación del número de especies entre el número total de individuos) reporta un valor de 1/5 en PPM 1, 1/4 en PPM 2 y PPM 3 lo que indica que se trata de un bosque heterogéneo de alta riqueza florística, dicho de otro modo, el valor del coeficiente de mezcla, indica que, en promedio, cada especie está representado por 5 y 4 individuos, esta afirmación será corroborada por la distribución homogénea de los valores de IVI de las PPMs.

3.3.2.- Características cualitativas

Las características cualitativas en este estudio, fueron determinadas de acuerdo a la literatura citada en el marco teórico, tales como la calidad de fuste (Ver 1.7.1), posición de copa (Ver 1.7.3) y forma de copa (Ver 1.7.4).

3.3.2.1.- Calidad del fuste

Una característica general de las 3 parcelas muestreadas 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 13 Calidad de árboles en PPM 1

Calidad	N° de árboles	Porcentaje %
1	8	6%
2	61	48%
3	58	46%
Total	127	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la PPM N°1, la calidad 2 (Con señales de ataque de hongos, pudrición, heridas, curvatura, crecimiento en espiral y otras deformaciones), es la que se presenta en mayor porcentaje de todos los árboles registrados, con 61 árboles representando el 48%. Seguidamente está la calidad 3 (Curvado y efectos graves en su estructura, posiblemente útil para leña), con 58 árboles registrados, representando el 46%. La calidad 1 (Sano y recto sin defectos visibles), es la de menor porcentaje con 8 árboles representando el 6% (Ver anexo 11).

CUADRO 14 Calidad de árboles en PPM 2

Calidad	N° de árboles	Porcentaje %
1	6	5%
2	57	51%
3	48	43%
Total	111	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la PPM N°2, la calidad 2 es la que presenta mayor porcentaje de todos los árboles registrados, con 57 árboles representando el 51%; después está la calidad 3, con 48 árboles registrados, representando el 43% y la calidad 1, es la de menor porcentaje con 6 árboles representando el 5% (Ver anexo 13).

CUADRO 15 Calidad de árboles en PPM 3

Calidad	Nº de árboles	Porcentaje %
1	10	9%
2	52	49%
3	44	42%
Total	106	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la PPM N°3 la calidad 2, de igual manera que en la PPM N°2, presenta mayor porcentaje de todos los árboles registrados, con 52 árboles representando el 49%; posteriormente está la calidad 3, con 44 árboles registrados, representando el 42% y la calidad 1 también es la de menor porcentaje con 10 árboles representando tan solo el 9% (Ver anexo 15).

3.3.2.2.- Posición de copa

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

CUADRO 16 Posición de copa en PPM 1

Posición	Nº de árboles	Porcentaje %
1	5	4%
2	22	17%
3	41	32%
4	48	38%
5	11	9%
Total	127	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la PPM N°1; el mayor porcentaje de posición de copa es para la categoría 4 (Alguna luz lateral), con 48 árboles representando un 38%, con exposición a alguna luz lateral.

Después con menor porcentaje se sitúa la categoría 1 (Emergente), con 5 árboles, siendo el 4% del total de individuos, que tienen luz emergente (Ver anexo 11).

CUADRO 17 Posición de copa en PPM 2

Posición	Nº de árboles	Porcentaje %
1	8	7%
2	24	22%
3	39	35%
4	28	25%
5	12	11%
Total	111	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la PPM N°2 el mayor porcentaje de posición de copa es para la categoría 3 (Alguna iluminación superior) con 39 árboles representando un 35% y la categoría con menor porcentaje es la 1 (Emergente), con 8 árboles, siendo el 7% del total de individuos que tienen luz emergente (Ver anexo 13).

CUADRO 18 Posición de copa en PPM 3

Posición	Nº de árboles	Porcentaje %
1	5	5%
2	22	21%
3	39	37%
4	27	25%
5	13	12%
Total	106	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la PPM N°3, de igual manera que en la PPM N°2, el mayor porcentaje de posición de copa es para la categoría 3 con 39 árboles representando un 37%, con exposición a

alguna iluminación superior y la categoría con menor porcentaje también es la 1 (Emergente), con 5 árboles, siendo el 5% del total de individuos que tienen luz emergente (Ver anexo 15).

3.3.2.3.- 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 de mejor tamaño y forma, son muy difíciles de conseguir en un bosque nativo.

CUADRO 19 Forma de copa en PPM 1

Forma	Nº de árboles	Porcentaje %
1	6	5%
2	26	20%
3	46	36%
4	38	30%
5	11	9%
Total	127	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En esta parcela existe un mayor número de árboles con forma 3 (Tolerable), con 46 árboles (36%), cuyas copas son evidentemente asimétricas o ralas, pero pueden poseer capacidad de mejorar si se les da espacio; además existen 6 árboles (5%), con forma 1 (Perfecta), con copas de mejor tamaño y forma (Ver anexo 11).

CUADRO 20 Forma de copa en PPM 2

Forma	Nº de árboles	Porcentaje %
1	5	5%
2	26	23%
3	37	33%
4	32	29%
5	11	10%
Total	111	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En esta parcela también existe un mayor número de árboles con forma 3, con 37 árboles (33%), cuyas copas son evidentemente asimétricas o ralas, pero pueden poseer capacidad de mejorar si se les da espacio; además existen 5 árboles (5%), con forma 1 (Perfecta), con copas de mejor tamaño y forma (Ver anexo 13).

CUADRO 21 Forma de copa en PPM 3

Forma	Nº de árboles	Porcentaje %
1	9	8%
2	32	30%
3	29	27%
4	26	25%
5	10	9%
Total	106	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En esta parcela existe un mayor número de árboles con forma 2 (Buena), con 32 árboles (30%), cuyas copas son silviculturalmente satisfactorias, pero con algún defecto leve de simetría o algún extremo de rama muerto; además existen 9 árboles (8%), con forma 1 (Perfecta), con copas de mejor tamaño y forma (Ver anexo 15)

3.4.- 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.

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

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

$$\textit{Ar} = \frac{3}{127} * 100 = 2,36$$

$$\textit{Frecuencia relativa (Fr)} = \frac{\textit{Frecuencia de una especie}}{\textit{Frecuencia de todas las especies}} * 100$$

$$\textit{Fr} = \frac{12}{368} * 100 = 3,26$$

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

$$\textit{Dr} = \frac{0,23}{14,22} = 1,63$$

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

$$\textit{IVI} = 2,36 + 3,26 + 1,63 = 7,25$$

3.4.1 Abundancia relativa en PPM 1

La vegetación evaluada en esta unidad, presenta 127 arb/ha, siendo, las especies con mayor abundancia, el Chal chal con 9,45%, seguido por el Cedrillo con 8,66% y la especie Suiquillo con 7,87%. Las especies de menor abundancia corresponde al Cebil colorado y Tabaquillo blanco, ambas especies con 0.79%. (Ver Cuadro 22)

3.4.2 Dominancia relativa en PPM 1

La dominancia en su totalidad, arroja los siguientes datos: la especie más dominante es el Suiquillo con 12,90%, ocupando el segundo lugar el Ala de cóndor con 10,72% y el Pacay con 9.35% y con la menor dominancia se encuentra el Cebil colorado con 0,11%. (Ver Cuadro 22)

3.4.3 Frecuencia relativa en PPM 1

La frecuencia señala los siguientes valores: la especie con mayor frecuencia relativa es el Laurel del cerro 8,70%, le sigue el Aguay y el Suiquillo ambas especies con 7,61% y el Cebil colorado y el Tabaquillo blanco registran un 1,09%. (Ver Cuadro 22)

3.4.4 Índice de valor de importancia en PPM 1

Este índice permite estimar la importancia ecológica de cada una de las especies existentes, este parámetro de acuerdo a su distribución porcentual, refleja los siguientes datos: Las especies de mayor peso ecológico está constituido por Suiquillo con 28,38%, Cedrillo y Chal chal con 23,76%, Ala de cóndor con 22,45% y Laurel del cerro con 19,95%; mientras que la especie de cebil colorado esta con 1,98% que sería el índice más bajo. (Ver Cuadro 22)

CUADRO 22 Índice de Valor de Importancia en PPM 1

N°	ESPECIE	Ab	Ab rel	Do	Do rel	Fr	Fr rel	IVI
1	Afata	3	2,36	0,23	1,63	12	3,26	7,25
2	Aguay	9	7,09	0,47	3,32	28	7,61	18,01
3	Ala de cóndor	8	6,30	1,52	10,72	20	5,43	22,45
4	Albaquilla	2	1,57	0,15	1,03	8	2,17	4,78
5	Arrayan	4	3,15	0,38	2,70	12	3,26	9,11
6	Barroso	4	3,15	0,22	1,55	12	3,26	7,96
7	Cascarilla	2	1,57	0,14	0,99	8	2,17	4,74
8	Cebil colorado	1	0,79	0,02	0,11	4	1,09	1,98
9	Cedrillo	11	8,66	1,22	8,58	24	6,52	23,76
10	Chal chal	12	9,45	0,97	6,84	28	7,61	23,90
11	Guayabo	7	5,51	0,66	4,64	16	4,35	14,50
12	Lanza amarilla	5	3,94	0,15	1,06	16	4,35	9,35
13	Lanza blanca	4	3,15	1,03	7,27	12	3,26	13,68
14	Lapacho amarillo	7	5,51	0,82	5,78	20	5,43	16,72
15	Laurel blanco	5	3,94	0,21	1,50	12	3,26	8,70
16	Laurel del cerro	9	7,09	0,59	4,17	32	8,70	19,95
17	Pacay	5	3,94	1,33	9,35	16	4,35	17,64
18	Quina blanca	6	4,72	0,84	5,88	16	4,35	14,96
19	Quina colorada	2	1,57	0,13	0,90	8	2,17	4,64
20	Suiquillo	10	7,87	1,83	12,90	28	7,61	28,38
21	Tabaquillo blanco	1	0,79	0,10	0,72	4	1,09	2,59
22	Tipa blanca	4	3,15	0,84	5,94	12	3,26	12,35
23	Urundel	4	3,15	0,12	0,86	12	3,26	7,27
24	Yuruma	2	1,57	0,22	1,56	8	2,17	5,31
	Total	127	100	14,22	100	368	100	300

Fuente: Elaboración propia (2024)

3.4.5 Abundancia relativa en PPM 2

La vegetación evaluada en esta unidad, presenta 111 arb/ha, siendo, las especies con mayor abundancia, el Laurel del cerro y Suiquillo con 8,11%, seguido por el Cedrillo y Chal chal con 7,21% y las especies de Aguay y Pacay con 6,31%. Las especies de menor abundancia corresponde al Cebil colorado, la Itapalla y Tabaquillo blanco con 0.90%. (Ver Cuadro 23)

3.4.6 Dominancia relativa en PPM 2

La dominancia en su totalidad, arroja los siguientes datos: la especie más dominante es el Cedrillo con 12,40%, ocupando el segundo lugar el Suiquillo con 11,92% y Lanza blanca con 10,52% y con la menor dominancia se encuentra el Cebil colorado con 0,26%. (Ver Cuadro 23)

3.4.7 Frecuencia relativa en PPM 2

La frecuencia señala los siguientes valores: La especie con mayor frecuencia relativa es el Laurel del cerro 8,99%, le sigue el Cedrillo, el Chal chal y el Suiquillo con 7,87% y el Cebil colorado, la Itapalla y el Tabaquillo blanco registran un 1,12%. (Ver Cuadro 23)

3.4.8 Índice de Valor de Importancia en PPM 2

Las especies de mayor peso ecológico está constituido por Suiquillo con 27,90%, Cedrillo con 27,47%, Laurel del cerro con 22,22% y Chal chal con 20,41%; mientras que la especie de Cebil colorado esta con 2,28% que sería el índice más bajo. (Ver Cuadro 23)

CUADRO 23 Índice de Valor de Importancia en PPM 2

N°	ESPECIE	Ab	Ab rel	Do	Do rel	Fr	Fr rel	IVI
1	Afata	3	2,70	0,23	1,92	12	3,37	7,99
2	Aguay	7	6,31	0,44	3,66	20	5,62	15,59
3	Ala de cóndor	5	4,50	0,65	5,38	16	4,49	14,37
4	Albaquilla	3	2,70	0,19	1,59	8	2,25	6,54
5	Arrayan	3	2,70	0,23	1,87	12	3,37	7,94
6	Barroso	2	1,80	0,07	0,62	8	2,25	4,67
7	Cascarilla	3	2,70	0,64	5,33	8	2,25	10,28
8	Cebil colorado	1	0,90	0,03	0,26	4	1,12	2,28
9	Cedrillo	8	7,21	1,50	12,40	28	7,87	27,47
10	Cedro	2	1,80	0,15	1,20	8	2,25	5,25
11	Chal chal	8	7,21	0,64	5,34	28	7,87	20,41
12	Guayabo	3	2,70	0,12	1,03	12	3,37	7,11
13	Itapalla	1	0,90	0,28	2,34	4	1,12	4,37
14	Lanza amarilla	3	2,70	0,24	1,98	8	2,25	6,93
15	Lanza blanca	5	4,50	1,27	10,52	12	3,37	18,40
16	Lapacho amarillo	6	5,41	0,35	2,90	16	4,49	12,80
17	Laurel blanco	3	2,70	0,17	1,43	8	2,25	6,38
18	Laurel del cerro	9	8,11	0,62	5,12	32	8,99	22,22
19	Pacay	7	6,31	0,52	4,31	24	6,74	17,36
20	Quina blanca	6	5,41	0,84	6,93	16	4,49	16,83
21	Quina colorada	3	2,70	0,13	1,05	8	2,25	6,00
22	Suiquillo	9	8,11	1,44	11,92	28	7,87	27,90
23	Tabaquillo blanco	1	0,90	0,10	0,84	4	1,12	2,87
24	Tipa blanca	4	3,60	0,36	3,00	12	3,37	9,97
25	Urundel	3	2,70	0,09	0,76	8	2,25	5,71
26	Yuruma	3	2,70	0,76	6,28	12	3,37	12,35
	Total	111	100	12,07	100	356	100	300

Fuente: Elaboración propia (2024)

3.4.9 Abundancia relativa en PPM 3

La vegetación evaluada en esta unidad, presenta 106 arb/ha, siendo; las especies con mayor abundancia, el Cedrillo y Laurel del cerro con 7,55%, seguido por el Chal chal y Suiquillo con 6,60%. La especie de menor abundancia corresponde a la Itapalla con 0,94%. (Ver Cuadro 24)

3.4.10 Dominancia relativa en PPM 3

La dominancia en su totalidad, arroja los siguientes datos: La especie más dominante es el Chal chal con 13,06%, ocupando el segundo lugar el Lapacho amarillo con 10,19% y el Cedrillo con 10,17%, y con la menor dominancia se encuentra la Lanza blanca con 0,22% y la Lanza amarilla con 0,23%. (Ver Cuadro 24)

3.4.11 Frecuencia relativa en PPM 3

La frecuencia señala los siguientes valores: La especie con mayor frecuencia relativa es el Cedrillo y Laurel del cerro con 7,78%, le sigue el Aguay y el Chal chal ambas especies con 6,67%, la Itapalla y lanza blanca con 1,11%. (Ver Cuadro 24)

3.4.12 Índice de Valor de Importancia en PPM 3

Las especies de mayor peso ecológico está constituido por Chal chal con 26,33%, Cedrillo con 25,49%, Laurel del cerro con 24,37%, Aguay con 21,30 y Lapacho amarillo con 21,40%; mientras que la especie de Itapalla esta con 2,30% que sería el índice más bajo. (Ver Cuadro 24)

CUADRO 24 Índice de Valor de Importancia en PPM 3

N°	ESPECIE	Ab	Ab rel	Do	Do rel	Fr	Fr rel	IVI
1	Afata	5	4,72	0,29	1,54	16	4,44	10,71
2	Aguay	6	5,66	1,67	8,98	24	6,67	21,30
3	Ala de cóndor	4	3,77	1,03	5,50	12	3,33	12,60
4	Albaquilla	2	1,89	0,13	0,69	8	2,22	4,79
5	Arrayan	2	1,89	0,23	1,23	8	2,22	5,34
6	Barroso	3	2,83	0,15	0,80	8	2,22	5,86
7	Cascarilla	3	2,83	0,71	3,81	12	3,33	9,97
8	Cebil colorado	2	1,89	0,06	0,34	8	2,22	4,45
9	Cedrillo	8	7,55	1,90	10,17	28	7,78	25,49
10	Cedro	3	2,83	0,27	1,46	8	2,22	6,51
11	Chal chal	7	6,60	2,44	13,06	24	6,67	26,33
12	Espinillo	3	2,83	0,17	0,90	12	3,33	7,06
13	Guayabo	3	2,83	1,03	5,54	12	3,33	11,71
14	Itapalla	1	0,94	0,05	0,24	4	1,11	2,30
15	Lanza amarilla	2	1,89	0,04	0,23	8	2,22	4,34
16	Lanza blanca	2	1,89	0,04	0,22	4	1,11	3,21
17	Lapacho amarillo	6	5,66	1,90	10,19	20	5,56	21,40
18	Laurel blanco	3	2,83	0,63	3,36	8	2,22	8,41
19	Laurel del cerro	8	7,55	1,69	9,04	28	7,78	24,37
20	Pacay	5	4,72	0,41	2,19	20	5,56	12,46
21	Quina blanca	6	5,66	1,70	9,09	16	4,44	19,20
22	Quina colorada	3	2,83	0,50	2,68	12	3,33	8,85
23	Suiquillo	7	6,60	0,64	3,42	20	5,56	15,58
24	Tabaquillo blanco	2	1,89	0,37	1,98	8	2,22	6,09
25	Tipa blanca	3	2,83	0,24	1,29	8	2,22	6,34
26	Urundel	4	3,77	0,16	0,88	12	3,33	7,99
27	Yuruma	3	2,83	0,22	1,17	12	3,33	7,33
	Total	106	100	18,66	100	360	100	300

Fuente: Elaboración propia (2024)

3.5.- Análisis Estadístico

Es una herramienta que se utiliza para examinar y comprender los datos. Se trata de un conjunto de técnicas y métodos que permiten organizar, describir, analizar e interpretar los datos para obtener información significativa y útil.

3.5.1.- 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 obtenidos se desarrolló estimaciones del volumen y la biomasa del fuste de los árboles 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 siguiente ejemplo, es de la especie Afata que tiene 3 individuos en la PPM 1, aplicando la estimación de Biomasa según Chave y Brown.

Según Chave:

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

Donde:

DM: Densidad específica de la madera en gr/cm³ o t/m³. (Ver anexo 12)

DP: Densidad promedio de la madera en gr/cm³ o t/m³. (Ver anexo 12)

DAP: Diámetro a la altura del pecho en cm. (Ver anexo 11)

Ht: Altura total en m. (Ver anexo 11)

Reemplazando valores:

$$\mathbf{Biomasa\ aerea\ (Kg) = \frac{0,78}{0,74} \exp(2.42[\ln 32] - 2.00) = 626,23\ Kg}$$

$$= \frac{0,78}{0,74} \exp(2.42[\ln 25] - 2.00) = 344,58\ Kg$$

$$= \frac{0,78}{0,74} \exp(2.42[\ln 36] - 2.00) = 832,77\ Kg$$

Se suma los tres resultados para obtener la biomasa total de la especie:

$$\mathbf{Biomasa\ aerea\ (Kg) = 626,23 + 344,58 + 832,77 = 1803,58\ Kg}$$

$$\mathbf{Biomasa\ aerea\ (Kg) = 1803,58\ Kg / 1000 = 1,80\ ton.}$$

Según Brown:

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

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 11)

h = Altura total del árbol en m. (Ver anexo 11)

δ = Densidad específica de la madera en gr/cm³ o t/m³. (Ver anexo 12)

Reemplazando valores:

$$\text{Biomasa aérea (kg)Bt} = e^{(-2.4090+0.9522*\ln(32^2*9*0,78))} = 422,74 \text{ Kg}$$

$$= e^{(-2.4090+0.9522*\ln(25^2*17*0,78))} = 484,07 \text{ Kg}$$

$$= e^{(-2.4090+0.9522*\ln(36^2*5*0,78))} = 302,29 \text{ Kg}$$

Se suma los tres resultados para obtener la biomasa total de la especie:

$$\text{Biomasa aérea (kg)Bt} = 422,74 + 484,07 + 302,29 = 1209,10 \text{ Kg}$$

$$\text{Biomasa aérea (kg)Bt} = 1209,10 \text{ Kg} / 1000 = 1,21 \text{ ton.}$$

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 los resultados en cuadros por parcela:

CUADRO 25 Estimación de Biomasa en PPM 1

N°	Especie	N° de individuos	Chave Kg	Chave Ton	Brown Kg	Brown Ton
1	Afata	3	1803,58	1,80	1209,10	1,21
2	Aguay	9	2765,84	2,77	1956,80	1,96
3	Ala de cóndor	8	17699,11	17,70	7190,17	7,19
4	Albaquilla	2	1027,51	1,03	670,37	0,67
5	Arrayan	4	2908,63	2,91	2286,60	2,29
6	Barroso	4	1373,02	1,37	934,97	0,93
7	Cascarilla	2	480,74	0,48	292,78	0,29
8	Cebil colorado	1	111,85	0,11	65,20	0,07
9	Cedrillo	11	7354,55	7,35	4056,67	4,06
10	Chal chal	12	6155,13	6,16	3832,14	3,83
11	Guayabo	7	6813,02	6,81	4276,94	4,28
12	Lanza amarilla	5	1169,52	1,17	1015,46	1,02
13	Lanza blanca	4	9676,69	9,68	4067,18	4,07
14	Lapacho amarillo	7	9409,43	9,41	4747,17	4,75
15	Laurel blanco	5	1018,86	1,02	587,68	0,59
16	Laurel del cerro	9	4579,19	4,58	3299,96	3,30
17	Pacay	5	12261,41	12,26	4953,65	4,95
18	Quina blanca	6	7327,82	7,33	2851,88	2,85
19	Quina colorada	2	1153,11	1,15	1497,33	1,50
20	Suiquillo	10	23403,08	23,40	9565,68	9,57
21	Tabaquillo blanco	1	523,15	0,52	267,49	0,27
22	Tipa blanca	4	7472,07	7,47	3369,35	3,37
23	Urundel	4	1219,63	1,22	1004,95	1,00
24	Yuruma	2	1163,76	1,16	834,09	0,83
Total		127	128870,71	128,87	64833,61	64,83

Fuente: Elaboración propia (2024)

Una vez realizados los cálculos; según la fórmula de Chave, la especie con mayor biomasa es el Suiquillo con 23,40 ton (23403,08 kg) con 10 individuos y la menor biomasa la tiene la especie Cebil colorado con 0,11 ton (111,85 kg) con 1 individuo y según Brown, la especie con mayor biomasa es el Suiquillo con 9,57 ton (9565,68 kg) con 10 individuos y la menor biomasa la tiene la especie Cebil colorado con 0,07 ton (65,20 kg) con 1 individuo.

Como puede observarse las estimaciones en ambos cálculos, no difieren en la especie de mayor biomasa, la cual según las dos fórmulas es el Suiquillo.

CUADRO 26 Estimación de Biomasa en PPM 2

Nº	Especie	Nº de Individuos	Chave Kg	Chave Ton	Brown Kg	Brown Ton
1	Afata	3	1853,68	1,85	1519,36	1,52
2	Aguay	7	2729,96	2,73	2021,79	2,02
3	Ala de cóndor	5	6992,99	6,99	4961,02	4,96
4	Albaquilla	3	1343,98	1,34	1402,01	1,40
5	Arrayan	3	1671,32	1,67	925,17	0,93
6	Barroso	2	434,99	0,43	286,42	0,29
7	Cascarilla	3	3146,40	3,15	2688,41	2,69
8	Cebil colorado	1	272,53	0,27	128,60	0,13
9	Cedrillo	8	9821,24	9,82	4530,67	4,53
10	Cedro	2	621,20	0,62	381,72	0,38
11	Chal chal	8	4186,36	4,19	3296,47	3,30
12	Guayabo	3	1034,09	1,03	572,13	0,57
13	Itapalla	1	1208,80	1,21	1097,82	1,10
14	Lanza amarilla	3	2347,70	2,35	1538,02	1,54
15	Lanza blanca	5	12706,70	12,71	10221,08	10,22
16	Lapacho amarillo	6	3350,94	3,35	2082,12	2,08
17	Laurel blanco	3	879,34	0,88	701,48	0,70
18	Laurel del cerro	9	4746,03	4,75	3800,94	3,80
19	Pacay	7	3650,58	3,65	2115,28	2,12
20	Quina blanca	6	7531,37	7,53	5024,50	5,02
21	Quina colorada	3	1185,14	1,19	776,35	0,78
22	Suiquillo	9	19024,08	19,02	9435,97	9,44
23	Tabaquillo blanco	1	537,68	0,54	267,49	0,27
24	Tipa blanca	4	2935,22	2,94	3032,21	3,03
25	Urundel	3	930,71	0,93	712,60	0,71
26	Yuruma	3	5138,16	5,14	1753,83	1,75
Total		111	100281,19	100,28	65273,46	65,27

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la PPM 2 según la fórmula de Chave, la especie con mayor biomasa es el Suiquillo con 19,02 ton (19024,08 kg) con 9 individuos y la menor biomasa la tiene la especie Cebil colorado con 0,27 ton (272,53 kg) con 1 individuo y según Brown, la especie con

mayor biomasa es la Lanza blanca con 10,22 ton (10221,08 kg) con 5 individuos y la menor biomasa la tiene la especie Cebil colorado con 0,13 ton (128,60 kg) con 1 individuo. Como puede observarse las estimaciones en ambos cálculos, difieren en la especie de mayor biomasa ya que según Chave es el Suiquillo y según Brown es la Lanza blanca.

CUADRO 27 Estimación de Biomasa en PPM 3

Nº	Especie	Nº de Individuos	Chave Kg	Chave Ton	Brown Kg	Brown Ton
1	Afata	5	2155,47	2,16	1222,77	1,22
2	Aguay	6	15968,79	15,97	6004,05	6,00
3	Ala de cóndor	4	13767,49	13,77	6080,98	6,08
4	Albaquilla	2	876,99	0,88	721,73	0,72
5	Arrayan	2	1812,20	1,81	922,65	0,92
6	Barroso	3	966,07	0,97	781,77	0,78
7	Cascarilla	3	3334,76	3,33	1513,61	1,51
8	Cebil colorado	2	559,52	0,56	440,57	0,44
9	Cedrillo	8	13682,98	13,68	8804,48	8,80
10	Cedro	3	1250,10	1,25	913,62	0,91
11	Chal chal	7	22198,66	22,20	7913,87	7,91
12	Espinillo	3	1165,99	1,17	1017,47	1,02
13	Guayabo	3	15459,01	15,46	5062,99	5,06
14	Itapalla	1	131,63	0,13	115,68	0,12
15	Lanza amarilla	2	299,47	0,30	349,21	0,35
16	Lanza blanca	2	226,62	0,23	355,71	0,36
17	Lapacho amarillo	6	28499,48	28,50	13122,11	13,12
18	Laurel blanco	3	4655,06	4,66	1809,26	1,81
19	Laurel del cerro	8	17659,76	17,66	5342,45	5,34
20	Pacay	5	2886,85	2,89	1899,96	1,90
21	Quina blanca	6	18132,28	18,13	8607,96	8,61
22	Quina colorada	3	5942,45	5,94	2256,56	2,26
23	Suiquillo	7	7029,84	7,03	5554,02	5,55
24	Tabaquillo blanco	2	2279,45	2,28	1972,39	1,97
25	Tipa blanca	3	1866,00	1,87	1580,61	1,58
26	Urundel	4	1910,83	1,91	1215,46	1,22
27	Yuruma	3	1135,83	1,14	724,86	0,72
	Total	106	185853,58	185,85	86306,80	86,31

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la PPM 3 según la fórmula de Chave, la especie con mayor biomasa es el Lapacho amarillo con 28,50 ton (28499,48 kg) con 6 individuos y la menor biomasa la tiene la especie Itapalla con 0,13 ton (131,63 kg) con 1 individuo y de igual manera según Brown indica que la especie con mayor biomasa es el Lapacho amarillo con 13,12 ton (13122,11 kg) en 6 individuos y la menor biomasa la tiene la especie Itapalla con 0,12 ton (115,68 kg) con 1 individuo.

Las estimaciones en ambos cálculos, no difieren en la especie de mayor biomasa, la cual según las dos fórmulas es el Lapacho amarillo.

**CUADRO 28 Estimación de Biomasa en las tres Parcelas de Muestreo
Permanente en conjunto**

Nº	Especie	Nº de individuos	Chave Kg	Chave Ton	Brown Kg	Brown Ton
1	Afata	11	5812,74	5,81	3951,23	3,95
2	Aguay	22	21464,59	21,46	9982,64	9,98
3	Ala de cóndor	17	38459,60	38,46	18232,17	18,23
4	Albaquilla	7	3248,48	3,25	2794,11	2,79
5	Arrayan	9	6392,15	6,39	4134,41	4,13
6	Barroso	9	2774,08	2,77	2003,16	2,00
7	Cascarilla	8	6961,90	6,96	4494,80	4,49
8	Cebil colorado	4	943,90	0,94	634,37	0,63
9	Cedrillo	27	30858,77	30,86	17391,83	17,39
10	Cedro	5	1871,29	1,87	1295,34	1,30
11	Chal chal	27	32540,15	32,54	15042,48	15,04
12	Espinillo	3	1165,99	1,17	1017,47	1,02
13	Guayabo	13	23306,12	23,31	9912,06	9,91
14	Itapalla	2	1340,43	1,34	1213,51	1,21
15	Lanza amarilla	10	3816,68	3,82	2902,69	2,90
16	Lanza blanca	11	22610,01	22,61	14643,97	14,64
17	Lapacho amarillo	19	41259,85	41,26	19951,40	19,95
18	Laurel blanco	11	6553,26	6,55	3098,41	3,10
19	Laurel del cerro	26	26984,97	26,98	12443,35	12,44
20	Pacay	17	18798,85	18,80	8968,89	8,97
21	Quina blanca	18	32991,47	32,99	16484,34	16,48
22	Quina colorada	8	8280,70	8,28	4530,24	4,53
23	Suiquillo	26	49457,00	49,46	24555,67	24,56
24	Tabaquillo blanco	4	3340,28	3,34	2507,38	2,51
25	Tipa blanca	11	12273,29	12,27	7982,17	7,98
26	Urundel	11	4061,17	4,06	2933,01	2,93
27	Yuruma	8	7437,76	7,44	3312,77	3,31
	Total	344	415005,48	415,01	216413,88	216,41

Fuente: Elaboración propia (2024)

Como se puede apreciar en el CUADRO 27 la especie con mayor Biomasa en conjunto, según ambos estimadores alométricos es el Suiquillo ya que según Chave tiene una biomasa de 49,46 ton. y según Brown tiene 24,56 ton., contando con 26 individuos.

La especie de menor biomasa en ambos estimadores, es el Cebil colorado, según Chave cuenta con 0,94 ton. y según Brown con 0,63 ton. en tan solo 4 individuos registrados.

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.

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 fue 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.

Formula de Chave:

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

Formula de Brown:

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

3.6 DISCUSIÓN

En relación a la composición botánica de las 3 parcelas se obtuvo 447 Arb/Ha compuestos por 27 especies y agrupados en 17 familias botánicas para árboles con DAP mayores a 10 cm, los cuales son mayores a lo reportado por Acosta (2004), debido posiblemente por el tamaño y número de las parcelas de muestreo que fueron usados en este trabajo. Sin embargo, si comparamos nuestros resultados con el estudio

realizado por Sivila (2023), investigación que fue realizada en la zona de Tariquia (Tarija), donde obtuvo 34 especies y 20 familias, siendo similar en composición florística y cantidad de especies aspecto que concuerda con los resultados de la presente investigación, dando fiabilidad a la composición florística encontrado en este tipo de bosque. (Ver CUADRO 28 Y 29)

CUADRO 29 Familias botánicas y especies registradas en el bosque de la comunidad de San Telmo

N°	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Afata	<i>Cordia trichotoma</i>	Boraginaceae
2	Aguay	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Sapotaceae
3	Ala de cóndor	<i>Cupanea vernalis</i>	Sapindaceae
4	Albaquilla	<i>Ocimum selloi</i>	Labiataceae
5	Arrayan	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae
6	Barroso	<i>Blepharocalyx gigantea</i>	Myrtaceae
7	Cascarilla	<i>Heliocarpus papayanensis</i>	Tiliaceae
8	Cebil colorado	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Mimosoideae
9	Cedrillo	<i>Cedrela sp.</i>	Meliaceae
10	Cedro	<i>Cedrela lilloi</i>	Meliaceae
11	Chal-chal	<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae
12	Espinillo	<i>Duranta serratifolia</i>	Verbenaceae
13	Guayabo	<i>Eugenia sp.</i>	Myrtaceae
14	Itapalla	<i>Urera sp.</i>	Urticaceae
15	Lanza amarilla	<i>Terminalia triflora</i>	Combretaceae
16	Lanza blanca	<i>Patagonula americana</i>	Boraginaceae
17	Lapacho amarillo	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae
18	Laurel blanco	<i>Nectandra pichurim</i>	Lauraceae
19	Laurel de la falda	<i>Phoebe porphyria</i>	Lauraceae
20	Pacay	<i>Inga sp.</i>	Mimosoideae
21	Quina blanca	<i>Lonchocarpus lilloi</i>	Papilionoideae
22	Quina colorada	<i>Myroxylon peruiferum</i>	Papilionoideae
23	Suiquillo	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	Sapindaceae
24	Tabaquillo blanco	<i>Solanum riparium</i>	Solanaceae
25	Tipa blanca	<i>Tipuana tipu</i>	Papilionoideae
26	Urundel	<i>Astronium urundeuva</i>	Anacardiaceae
27	Yuruma	<i>Rapanea laetevirens</i>	Myrsinaceae

Fuente: Elaboración propia (2024)

CUADRO 30 Familias botánicas y especies registradas en los bosques de la comunidad de Pampa Grande Tariquia

Nro.	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Aliso	<i>Alnus acuminata</i> H.B.K.	BETULACEAE
2	Arrayan	<i>Eugenia uniflora</i> L.	MYRTACEAE
3	Barroso	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (H.B.K.) O.Berg	MYRTACEAE
4	Carnaval	<i>Cassia carnaval</i> Spegazzini	CAESALPINIACEAE
5	Cascarilla	<i>Heliocarpus papayanensis</i> H.B.K.	TILIACEAE
6	Cebil colorado	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell. Conc.) Benth.	MIMOSACEAE
7	Cebil gatiado	<i>Anadenanthera</i> sp.	MIMOSACEAE
8	Cedrillo	<i>Cedrela</i> sp.	MELIACEAE
9	Cedro	<i>Cedrela lilloi</i> C. DC.	MELIACEAE
10	Chanchal	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil.) Radlk. Ex Warm	SAPINDACEAE
11	Chirimolle	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roemer & Schultes)Penn.	SAPOTACEAE
12	Duraznillo	<i>Prunus tucumanensis</i> Lillo	ROSACEAE
13	Guaranguay	<i>Tecoma stans</i> Juss. ex. H.B.K.	BIGNONIACEAE
14	Guayabo	<i>Eugenia pseudo-mato</i> Legr.	MYRTACEAE
15	Jaya	INDETERM.	BORAGINACEAE
16	Lapacho amarillo	<i>Tabebuia heteropoda</i> (A.DC.)Sandw.	BIGNONIACEAE
17	Lapacho rosado	<i>Tabebuia impetiginosa</i> Standley	BIGNONIACEAE
18	Laurel amarillo	<i>Nectandra</i> sp.1	LAURACEAE
19	Laurel blanco	<i>Nectandra pichurim</i> (Kunth) Mez.	LAURACEAE
20	Membrillo	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	POLYGONACEAE
21	Mocan	INDETERM.	RHAMNACEAE
22	Nogal	<i>Juglans australis</i> Griseb.	JUGLANDACEAE
23	Palo cóndor	<i>Cupanea vernalis</i>	SAPINDACEAE
24	Quello	<i>Terminalia triflora</i> Lillo	COMBRETACEAE
25	Sauco	<i>Fagara coco</i> (Gillies & A.) Engler	RUTACEAE
26	Suiquillo	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlkofer	SAPINDACEAE
27	Supa	<i>Xylosma pubescens</i> Griseb.	FLACOURTIACEAE
28	Tarco	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.	BIGNONIACEAE
29	Timboy	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> Morong	MIMOSACEAE
30	Tipa	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	FABACEAE
31	Tusca	<i>Acacia aroma</i> Gillies ex Hook. & Arn.	MIMOSACEAE
32	Vilcaran	<i>Piptadenia excelsa</i> Griseb.	MIMOSACEAE
33	Yuruma blanca	<i>Rapanea laetevirens</i> Mez.	MYRSINACEAE
34	Yuruma colorada	<i>Rapanea</i> sp.2	MYRSINACEAE

Fuente: Sivila (2023)

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 fórmulas propuestas por Chave et al. (2001), y Brown et al. (1989). La fórmula propuesta por Chave, considera las variables como densidad específica, la densidad específica 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 establece 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 comunidad de San Telmo, se realizó la medición 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.

Si comparamos nuestros resultados de biomasa con el estudio realizado por Benítez (2019), investigación que fue realizada en la zona de la Estación Experimental de Río Conchas, donde obtuvo que la especie con mayor biomasa según ambos estimadores alométricos es la Tipa Blanca ya que según Brown cuenta con 35,63 ton. y según Chave con 42,44 ton., contando con sólo 6 individuos y la especie con menor biomasa es el Arrayan según Brown cuenta con 0,079 ton, y según Chave con 0,108 ton, en tan solo 2 individuos registrados. Sin embargo, en la presente investigación se obtuvo que la especie Suiquillo es la que tiene mayor biomasa según Chave con 49,46 ton y según Brown tiene 24,56 ton. contando con 26 individuos y la especie con menor biomasa es el Cebil colorado que según Chave cuenta con 0,94 ton. y según Brown con 0,63 ton. con solo 4 individuos. De esta manera el presente trabajo difiere en cuanto a las especies que tienen mayor y menor biomasa en el bosque de San Telmo.

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.

Dentro de la zona de estudio se encontró una diversidad de 27 especies en las 3 parcelas en conjunto, siendo la parcela N° 3 la más diversa. Se logro registrar un total de 344 árboles con el DAP ≥ 10 cm en las 3 parcelas, donde la parcela N° 1 es la que tiene mayor cantidad de individuos ya que cuenta con 127 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 los respectivos cuadros, resultaron en valores bastante dispersos en cuanto a diámetro, área basal y volumen.

Una característica que tienen en común las 3 parcelas es la escasa población de especies valiosas como ser el Cebil, Barroso y Cedro.

En la parcela 1 según Chave y Brown se determinó que el Suiquillo es el que tiene mayor biomasa, mientras que en la parcela 2 se difiere la especie ya que según Chave es el Suiquillo pero según Brown es la Lanza blanca y en la parcela 3 se indica que según ambos estimadores la especie con mayor biomasa es el Lapacho amarillo.

La parcela 3 tiene la menor cantidad de individuos con 106 árboles, posee los promedios más altos 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 a la vez menor competencia por la luz solar, permitiendo así un mejor desarrollo.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.- CONCLUSIONES

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

- ❖ La composición botánica reporta la presencia de 17 familias botánicas, 27 especies para árboles a partir de 10 cm. Asimismo, las familias con mayor peso ecológico, Sapindáceae (20.6%), Lauraceae (10,7%) y Meliaceae (9,4%).
- ❖ En la PPM 1, el DAP promedio es de 33 cm, la altura media es de 9 m, el área basal tiene un promedio de 0,1119 m², el volumen total es de 71,6 m³ con 508 arb/ha.
- ❖ En la PPM 2, el DAP promedio es de 33 cm, la altura media es de 11 m, el área basal tiene un promedio de 0,1097 m², el volumen total es de 87,6 m³ con 440 arb/ha.
- ❖ En la PPM 3, el DAP promedio es de 39 cm, la altura media es de 10 m, el área basal tiene un promedio de 0,1760 m², el volumen total es de 906,8 m³ con 424 arb/ha.
- ❖ Las 3 parcelas permanentes de muestreo, demuestran en sus parámetros estadísticos que tienen 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 1/5, indicando una especie diferente por cada cinco árboles. En la PPM 2 es 1/4, que indica una especie diferente por cada cuatro árboles. Por último y de igual manera en la PPM 3 el cociente de mezcla es de 1/4, indicando una especie diferente por cada cuatro árboles.
- ❖ En las 3 parcelas permanentes de muestreo, con respecto a la calidad de fuste, la calidad 2 (señales de ataques de hongos, pudrición, heridas, curvatura, crecimiento en espiral y otras deformaciones) es la de mayor porcentaje, en la PPM 1 con el 48%, en la PPM 2 con el 52% y en la PPM 3 con el 49%. Seguidamente esta la calidad 3 (curvados y efectos graves en su estructura,

posiblemente para leña), en la PPM 1 con el 46%, en la PPM 2 con el 43% y en la PPM 3 con el 42%. La calidad 1 (sano y recto sin defectos visibles), es la de menor porcentaje en todas las parcelas, en la PPM 1 el porcentaje es del 6,30%, en la PPM 2 del 5% y en la PPM 3 del 9%.

- ❖ En la evaluación de Posición de Copa, la PPM 1 presenta mayor porcentaje de árboles en posición 4 (Alguna luz lateral) con el 38%. Tanto en la PPM 2 y la PPM 3 el mayor porcentaje es para la posición 3 (Alguna iluminación superior) con el 35% y el 37% respectivamente. En cuanto al menor porcentaje de Posición de Copa, las 3 Parcelas permanentes de muestreo, posicionan a la categoría 1 (Emergente), con el 4% (PPM 1), 7% (PPM 2) y el 5% (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 36% y el 33% respectivamente. En la PPM 3 el mayor porcentaje de individuos tienen forma 2 (Buena), con el 30%, y 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 5% (PPM1), 5% (PPM 2) y 8% (PPM 3).
- ❖ La especie con mayor abundancia en PPM 1 es el Chal chal con 9,45%, en PPM 2 es el Laurel del cerro y el Suiquillo con 8,11% y en PPM 3 el Cedrillo y Laurel del cerro con 7,55%; la dominancia en PPM 1 está el Suiquillo con 12,90%, en PPM 2 está el Cedrillo con 12,40% y en PPM 3 está el Chal chal con 13,06%; en cuanto a la frecuencia en PPM 1 está el Laurel del cerro con 8,70%, en PPM 2 se encuentra de igual manera el Laurel del cerro con 8,99% y en PPM 3 se encuentran las especies de Cedrillo y Laurel del cerro con 7,78%.
- ❖ En el índice de Valor de Importancia (IVI) se obtuvo que en la PPM 1 y PPM 2 la especie con mayor peso ecológico es el Suiquillo con 28,38% y 27,90% respectivamente y el de menor índice es el Cebil colorado con 1,98% y 2,28%; en la PPM 3 es la especie Chal chal con 26,33% mientras que la especie Itapalla esta con 2,30% que sería el índice más bajo.
- ❖ 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 el Suiquillo (23,40 ton) y el Cebil colorado presenta la menor biomasa (0,11 ton). En la PPM 2, la especie Suiquillo es la de mayor biomasa (19,02 ton), y de igual manera el Cebil colorado es la especie de menor biomasa (0,27 ton). En la PPM 3, el Lapacho Amarillo es la especie de mayor biomasa (28,50 ton), y la Itapalla es la especie de menor biomasa (0,13 ton).

- ❖ Según Brown en la PPM 1, la especie de mayor biomasa es el Suiquillo (9,57 ton) y el Cebil colorado presenta la menor biomasa (0,07 ton). En la PPM 2, la especie Lanza Blanca es la de mayor biomasa (10,22 ton), y de igual manera la especie de menor biomasa es el Cebil colorado (0,13 ton). En la PPM 3, el Lapacho Amarillo es la especie de mayor biomasa (13,12 ton), y la Itapalla es la especie de menor biomasa (0,12 ton).
- ❖ La biomasa de las parcelas en conjunto según ambos estimadores alométricos es el Suiquillo ya que según Chave tiene una biomasa de 49,46 ton. y según Brown tiene 24,56 ton. La especie de menor biomasa, según ambos estimadores, es el Cebil colorado, ya que según Chave cuenta con 0,94 ton. y según Brown con 0,63 ton. en tan solo 4 individuos registrados.

4.2.- RECOMENDACIONES

Finalizando el presente trabajo se recomienda lo siguiente:

- ❖ Para tener mayor seguridad y confiabilidad en los datos tomados se recomienda realizar los próximos monitoreos en la misma fecha que se realizó el presente trabajo con objeto de tener cierta igualdad de condiciones para el muestreo como el registro de las distintas variables.
- ❖ En lo posible mantener el sitio de estudio como tal, evitando talar o quemar los individuos plaqueteados y codificados que nos permitirán conocer los cambios de biomasa y carbono en el tiempo, asimismo cambiar las placas que estén sueltas, también fijar las estacas que delimitan las parcelas y subparcelas.

- ❖ Tener en cuenta, las especies menos abundantes del presente trabajo, puesto que algunas son de mayor valor comercial, como el Cebil colorado; estas especies podrían ser sujetas a programas de reforestación con el fin de incrementar su población.
- ❖ Evitar la expansión agrícola ya que provoca pérdida a gran escala de la vegetación natural y la fragmentación del paisaje, además de invadir directamente los hábitats naturales.