

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 CONDICIONES DEL BOSQUE MONTANO

Los bosques montanos, de acuerdo a Hueck (1978), en América se extienden desde los 800 hasta los 3000 msnm y latitudinalmente desde el sur de México (Latitud norte) hasta el noroeste argentino (Latitud sur). Este mismo autor, afirma que los límites altitudinales de estos bosques son difíciles de definir porque están influenciados por muchas variables como el tipo de vegetación adyacente y las variaciones producidas por efectos de las interrelaciones entre latitud y altitud, factores de pluviosidad y la influencia del tamaño y altura de las montañas, además del efecto de la temperatura. Según Grubb (2004), en general el límite altitudinal inferior más frecuente de los bosques montanos es arriba de 1000 msnm y la máxima elevación cerca de los 2500 msnm.

El bosque montano a nivel de Sudamérica está sumamente amenazado y está desapareciendo más rápido que cualquier tipo de formación vegetal, por ejemplo, en México se estima que más del 50% de este bosque ya ha sido y transformado a otros usos del suelo, en Colombia reportan que solo queda intacto menos del 10% de los bosques andinos (Hendenrson, 2001), en Ecuador casi no queda nada de bosques montanos naturales y en Bolivia se desconoce el estado de conservación, aunque es evidente que la transformación del uso del suelo y la ampliación de la frontera agrícola ha repercutido negativamente en su conservación.

En lo que se refiere a Bolivia, los bosques montanos de las laderas orientales del sur que limitan con el norte de Argentina, se conocen como bosques tucumano-bolivianos. Poseen elementos florísticos, relaciones biogeográficas y una estacionalidad térmica e hídrica peculiares. Se distribuye en una estrecha franja latitudinal que va de los 550 a 3.000 m. (a veces alcanza los 3.600 m de altitud) desde el norte de Argentina hasta la latitud de Santa Cruz.

Estos bosques representan ecosistemas singulares, exclusivos de los Andes de Bolivia y Argentina, pero se encuentran en gran medida degradados. Sin embargo, tienen

especies y géneros exclusivos, probablemente, la proporción de especies endémicas de estos bosques sea menor que otras áreas, es decir, la diversidad suele ser mayor en el bosque tucumano-boliviano que en el chaco serrano.

1.1.1 SELVA TUCUMANO – BOLIVIANA

Esta ecoregión empieza en Bolivia y continúa en la Argentina, Está presente en los Departamentos de Chuquisaca, Santa Cruz 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 al cual pertenece la Estación Experimental Río Conchas, presenta bosques nublados montanos medios que varían desde semidecíduos hasta semisiempreverdes con una predominancia de las familias Myrtaceae y Lauraceae. En el contexto biogeográfico esta formación fitogeográfica es un tipo de bosque situado en la pendiente este de los andes desde Venezuela hasta la parte Noreste de la Argentina en un rango altitudinal que varía de 500 hasta aproximadamente 3.500 m.s.n.m. (González *et al.* 1999). 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 Tucumán (Argentina) en las siguientes regiones: Santa Cruz, Chuquisaca, Tarija en Bolivia y Salta, Jujuy, Tucumán y Catamarca en la Argentina.

El paisaje se caracteriza por laderas (escarpadas), valles, cimas, con vegetación compuesta por bosques semihúmedos (semi-) deciduos con Lapacho (*Tabebuia lapacho*) hasta siempre verdes en pisos inferiores (con Myrtaceae, Arrayán (*Blepharocalyx salicifolius*), *myrcianthes* spp., y Lauraceae). En pisos superiores (1.800/2.200m hasta 2.500/3.200 m) bosque siempreverde con pino (*Podocarpus parloterei*) y bosques deciduos con Aliso (*Alnus acuminata*). Más arriba, en altitudes hasta 3.900 m, se encuentran relictos de Rosal (*Polilepis crista-galli*), que podrían considerarse como parte de la ecoregión del Bosque Tucumano Boliviano; hoy consiste de matorrales y pajonales semejantes a la puna semihúmeda. Los límites altitudinales de los pisos de Myrtaceae y de pino bajan hacia el Sur.

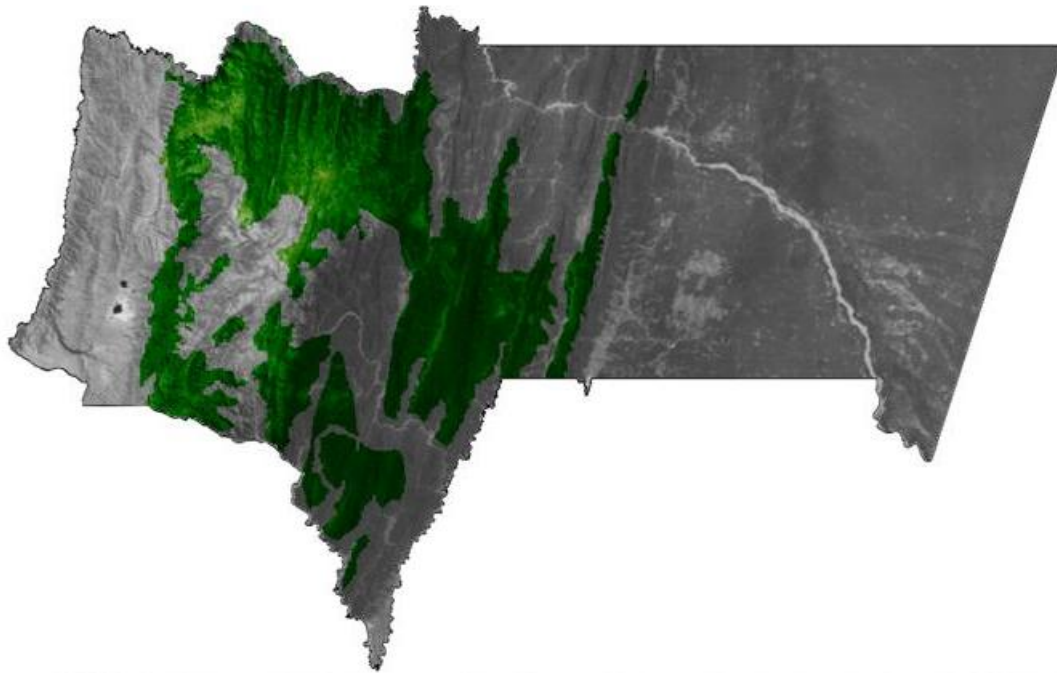


Figura 1. Mapa del Bosque Tucumano-Boliviano del Departamento en Tarija.

Ecoregiones de Bolivia de P. L. Ibisch, S. G. Beck, B. Gerkmann & A.

Las familias botánicas importantes son Lauraceae y Mirtaceae; las especies vegetales más representativas de este ecosistema son *Alnus acuminata*, Arrayán (*Blepharocalyx salicifolius*), Cedro (*Cedrela lolloi*), Laurel Tucumano (*Cinnamomum porphyria*), Nogal Criollo (*Juglans australis*), *Morella chevalieri*, Guilli (*Myrcianthes*

pseudomato), *Podocarpus parlatorei*, Sauco Austral (*Sambucus australis*), Lapacho rosado (*Tabebula lapacho*).

1.2 MANEJO FORESTAL EN BOLIVIA

En términos económicos, los bosques primarios de Bolivia tienen un importante potencial para su aprovechamiento y comercialización. Este factor y la creciente expansión agrícola pueden ser causa de una desmesurada explotación forestal, ocasionando problemas ambientales como la deforestación y degradación de los bosques, lo cual repercute negativamente sobre la diversidad biológica del país.

En muchos casos, el progreso de la industria forestal se ha presentado como una fuerza destructiva de primer orden y no como un elemento esencial en el proceso del desarrollo sostenible. La degradación de los bosques y la pérdida de ventajas ambientales, diversidad biológica y hábitats físicos y culturales se han traducido en peticiones para que la industria forestal sea comprimida. Estas demandas han generado significativos progresos, aunque todavía insuficientes, en cuanto a la mejora de técnicas de explotación e industrialización forestal, respondiendo así a las solicitudes del mercado y la sociedad, con productos de mejor calidad, extraídos bajo conceptos de aprovechamiento sostenible, protección del medio ambiente y reducción de la contaminación (FAO, 2003). Estos progresos, también se reflejan en el hecho de que el recurso bosque es cada vez más valorado por los Gobiernos, instituciones y organismos nacionales e internacionales, por su importante presencia geográfica, además de las posibilidades que ofrece respecto a la sostenibilidad, rendimiento económico, servicios ambientales y aporte social.

Las áreas destinadas a la producción forestal en Bolivia son públicas y son concedidas por el Gobierno bajo tres modalidades de derecho, éstas son: a) Concesiones Forestales en Tierras Fiscales, b) Autorización de Aprovechamiento en Tierras de Propiedad Privada, c) Contrato de Aprovechamiento a Largo Plazo. Estas modalidades de derecho están relacionadas a diferentes tipos de agentes de derecho como ser: Empresas Forestales, ASL, Investigación, Propietarios Individuales y TCOs (Quevedo, 2008).

La Ley Forestal y su reglamento reflejan la preocupación por la productividad forestal, el mantenimiento de la biodiversidad y el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales, a través de los requisitos considerados en los Planes de Manejo Sostenible, ya que éstos deben ser aplicados necesariamente por las concesiones forestales, teniendo además, previsiones para otras autorizaciones de conversión de tierras forestales, clasificadas como aptas para diversos usos. Algunas de las acciones que deben ser llevadas a cabo según los Planes de Manejo Sostenible son: la producción sostenible a largo plazo, la conservación de la diversidad a través de prescripciones silviculturales, la protección de especies forestales aprovechables en riesgo de extinción y la protección y recuperación de suelos y ambientes acuáticos para evitar su degradación. (UDAPE, 2013).

Hasta el año 2010 existían más de ocho millones en planes de manejo aprobados para los distintos usuarios del bosque. Llama la atención la participación de propietarios privados, que antes de la Ley 1700 no tenían la opción de manejar sus bosques de manera directa. De hecho, los planes de manejo de propietarios privados son los más numerosos. Durante el año 2011 la superficie de los nuevos planes de manejo forestal (> 200 ha) aprobados fueron en su gran mayoría para pueblos indígenas. En ese año la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierras (ABT, que en 2009 sustituyó a la Superintendencia Forestal) aprobó un total de 662.000 ha en planes de manejo, de los cuales 411.194 h correspondieron a 17 planes a pueblos indígenas, 216.956 h a 24 comunidades campesinas y 33.855 h a 13 propietarios privados. En consecuencia, el 62% de la superficie correspondió a pueblos indígenas y sólo el 5% a propietarios privados, lo que refleja la fuerte incorporación social en el manejo forestal en Bolivia (ABT 2012).

1.2.1 APROVECHAMIENTO FORESTAL EN BOLIVIA

Para autorizar el aprovechamiento forestal legal, la autoridad forestal competente (hoy ABT) debe aprobar los Planes Generales de Manejo Forestal (PGMF) donde se presenta la estrategia y actividades de manejo forestal, incluyendo los ciclos de corta, DMCs, AAA, árboles semilleros, volumen aprovechable, plan de intervenciones

silvícolas, monitoreo y mejora de las prácticas según los resultados del monitoreo, protección del área de manejo, protección de la fauna silvestre y de especies raras o amenazadas, y otras actividades típicas de un plan de manejo.

Sin embargo, en opinión de Quevedo (2014), luego de su aprobación, el PGMF queda prácticamente en el olvido (hasta la ejecución de una auditoría), ya que en adelante la ABT sólo aprueba y verifica anualmente las actividades de POAF, que consiste únicamente en la parte de aprovechamiento (AAA, censo, volumen, árboles de corta, semilleros y servidumbres ecológicas). En otras palabras, lo que en adelante se verifica es el plan de aprovechamiento, no así el plan de manejo.

Entonces, en términos de calidad, se puede afirmar que las operaciones de manejo certificadas cuentan con una calidad aceptable bajo los estándares de certificación internacional, no se puede afirmar lo mismo de aquellas operaciones no certificadas, ya que la Autoridad Forestal sólo supervisa en campo los aspectos relacionados con el aprovechamiento forestal.

Snook *et al.* (2007), efectuaron un estudio sobre la adopción de 14 prácticas de manejo en Bolivia para determinar cualitativa y cuantitativamente si las empresas forestales adoptan prácticas de manejo forestal, concluyendo que las más adoptadas fueron las de protección de árboles semilleros, censo, respecto de las servidumbres y protección de la concesión, mientras que las menos adoptadas fueron los tratamientos silviculturales post aprovechamiento, tratamientos silviculturales para el crecimiento, corta de lianas y protección de árboles de futura cosecha. En este estudio encontraron que la tasa de adopción de prácticas de manejo aumentó cuando la práctica era fácil de aplicar, cuando estaban definidas como obligatorias en la ley, el plan de manejo estaba certificado, los trabajadores estaban entrenados y se habían dado procesos de asistencia técnica, entre otros.

En Bolivia, en general, la intervención de aprovechamiento bajo un plan de manejo promedio consiste básicamente en la realización de actividades vinculadas con la planificación del aprovechamiento, donde ha habido un excelente avance, que se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Principales actividades realizadas en un plan de manejo promedio forestal en Bolivia.

Preparación del plan de manejo.	<p>Inventario Forestal (actualización cada 10 años)</p> <p>Preparación de mapas temáticos, incluyendo hidrográficos, topográficos, tipos de bosque, administrativos, etc.</p> <p>Elaboración del Plan General de Manejo Forestal (actualización cada 5 años), considerando entre otras cosas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un ciclo de corta mínimo 20 años. - Especies y volumen aprovechable. - Diámetros mínimos de corta exigidos por las normas. - Árboles semilleros (mínimo 20% para cada especie) - Áreas de conservación o servidumbres ecológicas.
Pre-aprovechamiento	<p>Determinación del Área de Aprovechamiento Anual (AAA)</p> <p>Censo forestal y elaboración de mapas de aprovechamiento</p> <p>Identificación de especies a aprovechar (se excluyen aquellas consideradas escasas <0.25 árb/ha DAP >20 cm)</p> <p>Instalación de parcelas permanentes de medición (PPMs)</p> <p>Formulación del Plan Operativo de Aprovechamiento Forestal - POAF (elaboración de mapas fisiográficos y de árboles, determinación del volumen, especies a aprovechar y servidumbres ecológicas)</p> <p>Mapa de árboles aprovechables.</p> <p>Mapa de árboles semilleros.</p> <p>Plaqueteado de árboles a cortar y semilleros.</p> <p>Aplicación ocasional de algunos tratamientos silviculturales como corta de lianas y marcado de árboles semilleros y de futura cosecha.</p> <p>Planificación de la extracción y construcción de caminos, pistas de arrastre, rodeos y puentes.</p>
Aprovechamiento.	<p>Corta de lianas.</p> <p>Extracción de impacto reducido.</p>
Post-aprovechamiento.	<p>Excepcionalmente escarificación o plantaciones de enriquecimiento en rodeos. Pocas empresas o responsables del manejo retornan posteriormente al área aprovechada para monitorear o aplicar tratamientos silviculturales post-aprovechamiento. Esta es la debilidad mayor del manejo forestal en Bolivia.</p>

Las actividades anteriores, en especial el censo, el ciclo de corta y la determinación de la AAA, fueron importantes avances en la fase inicial del modelo forestal boliviano, pero desafortunadamente no se ha observado un crecimiento de la calidad del manejo. Falta en este proceso, implementar un importante componente del manejo forestal que ha quedado olvidado tanto por los usuarios como por la autoridad competente de supervisar el manejo, que son los tratamientos silviculturales y el monitoreo efectivo. Como resultado, a pesar de los avances, en Bolivia aún no existe un sistema silvicultural que hubiera sido desarrollado por alguna operación de manejo forestal (Quevedo, 2014)

1.3 CARACTERÍSTICAS DEL BOSQUE NATURAL DISETANEO

Las características más sobresalientes de las masas naturales disetáneas es la multiplicidad de especies arbóreas, diversidad de tamaños, edades, características ecofisiológicas y tasas de crecimiento y producción. En consecuencia, la gestión sostenible de estos bosques tiene un mayor grado de complejidad, diferente de lo que normalmente se establece para los bosques regulares (Souza, 2004).

Si los árboles potenciales de determinadas especies toleran la sombra hasta edades muy avanzadas, habrá individuos con la misma apariencia externa, pero de edades muy diferentes, de modo que no es posible juzgar la edad por el diámetro o por cualquier otra dimensión. Cuanto mayor sea la diferencia de edades individuales, mayor será la irregularidad y la diversidad de tamaños (Mackay, 1961).

Una estructura que abarca todos los tamaños sugiere que el bosque contiene todas las edades, incluyendo la regeneración. Ello supone que el tamaño y la edad de los árboles están directamente relacionados. Sin embargo, el hecho de que los árboles más grandes sean los más viejos, no significa que la mayoría de los árboles pequeños sean jóvenes (Wadsworth, 2000).

La facultad que tienen los árboles jóvenes para mantenerse a la sombra durante un tiempo prolongado, sin que disminuya su capacidad de desarrollo, significa que, tras una compresión prolongada un árbol puede reaccionar como si fuera joven si es

liberado. La compresión parece enmascarar completamente los efectos de la edad. En consecuencia no es la edad física lo que determinará el envejecimiento de un monte, sino las dimensiones que se alcanzan. La compresión demuestra la inutilidad de la noción de edad en las masas irregulares. Árboles de idénticas dimensiones pueden presentar grandes diferencias de edad, del orden de más de 100 años, sin que influya en las facultades de desarrollo.

En el rodal irregular, la renovación del vuelo se produce en forma continua por la incorporación de nuevos ejemplares en las clases de diámetro inventariable. Al mismo tiempo se producen bajas debidas a la mortandad natural o a las cortas de entresaca. Por lo tanto, no hay un principio y fin del vuelo, lo que refuerza el argumento de que no tiene sentido hablar de edades de la masa (Mackay, 1961). Las aberturas que aparecen en el estrato superior, como consecuencia de la muerte de los grandes árboles, son ocupadas por los del estrato inmediato inferior, los que a su vez dan lugar al establecimiento de nuevos individuos, tornando heterogénea la distribución de las edades.

En condiciones naturales, el proceso de cambio sucesional se orienta al aumento de biomasa y tamaño de la vegetación. Si no existen factores limitantes se forman bosques mixtos. Su estructura, cuando no ocurren grandes perturbaciones en largos períodos, se transforma y mantiene como estructura irregular. En algunas zonas y ambientes la irregularidad puede establecerse casi pie a pie, aunque es común la irregularidad por pequeños bosquetes de tamaño variable.

En ambientes estables, las estructuras irregulares dependen de la zona afectada por la caída de los árboles maduros. El ejemplo típico es el del bosque primario amazónico, el ecosistema terrestre más complejo y de mayor biomasa. Su estructura tiene el carácter de irregular, originada por la caída o muerte en pie de individuos arbóreos. Otra de las características de un monte entresacado y del método de entresaca es el principio de la individualización de la producción. Este criterio prevalece incluso sobre las otras características como la mezcla íntima sin una distribución espacial definida, sino más bien aleatoria, de árboles de todas las dimensiones y de todos los

estadios de desarrollo. Asimismo, las copas ocupan el conjunto del espacio vital determinado por los árboles más altos, pero sin competir. El principio de persistencia implica una regeneración permanente y autárquica, es decir suficiente para compensar los aprovechamientos.

En las masas naturales irregulares las especies presentan una multiplicidad de características ecofisiológicas y tasas de crecimiento y producción (Souza y Jesús, 1994), predominando las plantas jóvenes de menor diámetro, con relación a una menor cantidad de individuos de diámetros mayores. Esta observación fue realizada por De Lioucourt a fines del siglo pasado al estudiar las distribuciones diamétricas de bosques manejados por cortas de entresaca. Efectuando la medición de los diámetros observó que existía una distribución de frecuencias decreciente en forma de J invertida. Si bien la idea original de la normalidad de una masa forestal fue concebida en términos de bosque regular, un concepto similar puede ser aplicado al bosque irregular, aunque partiendo de una base diferente (Meyer et al., 1981).

Los primeros estudios numéricos sobre este tipo de distribución fueron realizados en bosques de Francia al estudiar el patrón que sigue el número de árboles con relación a las clases diamétricas en que pueden agruparse, comenzando el análisis con la construcción de un histograma que muestra el número de árboles por clase diamétrica.

Según Meyer et al (1981), De Lioucourt observó que existe una razón casi constante cuando se efectúa el cociente entre el número de individuos de clases diamétricas consecutivas. También verificó que, aunque el valor de esa razón varíe para masas diferentes, la forma general de la distribución es la de una curva exponencial decreciente en forma de J invertida, cuyos pares de valores (N°/ha ; DAP), al ser graficados en papel semilogarítmico describen una línea recta. Así, De Lioucourt concluyó que la normalidad de una masa irregular queda determinada por la existencia de una razón constante entre el número de árboles de clases diamétricas consecutivas. Por lo tanto, para una determinada densidad del rodal, la distribución diamétrica puede ser descrita por el promedio de ese cociente.

Además observó que este cociente (q) difería entre bosques según la estación, lo que reflejaba diferencias en las características de sus distribuciones diamétricas (Leak, 1964). En algunos bosques vírgenes es posible encontrar un equilibrio entre el crecimiento y la mortalidad de los árboles. En ellos puede mantenerse una determinada distribución solo si el reemplazo desde la regeneración compensa a los que mueren o se cortan. Cuando esto ocurre por un largo período de tiempo la estructura se considera “balanceada” y el crecimiento corriente puede ser removido, anual o periódicamente, manteniendo la estructura y el volumen inicial (Meyer et al., 1981).

1.3.1 MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA

Desde que De Liocourt estableció el concepto original sobre las distribuciones diamétricas de masas irregulares se desarrollaron modelos matemáticos para describir su estructura. La curva de equilibrio ha sido uno de los modelos biométricos más estudiados en el campo de las ciencias forestales. El modelo, o Ley de “De Liocourt”, permite establecer un modelo exponencial de distribución diamétrica del tipo:

$$N_i = N_{\max} (1 + a)^{(D_{\max} - D_i)/d}$$

Dónde:

N_i = N° de pies de la clase i .

D_i = Diámetro medio de la clase i .

N_{\max} = N° de pies de la clase de diámetro máximo.

D_{\max} = Diámetro medio de la clase de diámetro máximo.

d = Intervalo de clases diamétricas.

El modelo exponencial puede formularse también con la expresión $N_i = k.e^{-q * D_i}$ donde k y q son constantes, siendo $q = 1/d * \ln(1+a)$

En la práctica el modelo de “De Liocourt” evidenció que el valor de la constante está influenciado por la calidad de la estación.

Araujo (2006), dice que se ampliaron los conceptos de “De Liocourt” para aplicarlos a masas forestales no balanceadas, analizando el valor de q en función del diámetro y no como una constante. Fijando el diámetro máximo y el área basal, desarrolló un método para calcular la distribución diamétrica utilizando una distribución experimental. La base del método es la determinación de partes proporcionales de área basal para las diferentes clases, que luego se usan para calcular un área basal correcta, distribuyendo el nivel deseado de área basal en las respectivas clases. Luego, el área basal elegida es transformada en número de árboles para construir la distribución diamétrica.

1.3.2 MODELO EXPONENCIAL

La Silvicultura y Ordenación Forestal europea han tenido una gran influencia sobre el manejo de los bosques en otras partes del mundo. Meyer (1981) fue el principal responsable de la expansión de la teoría de “De Liocourt” en los Estados Unidos. Introdujo el término "masa balanceada o distribución balanceada del diámetro" y reafirmó la importancia de contar con rodales irregulares para el manejo forestal sostenible, para lo que se necesita una distribución equilibrada de los diámetros. También observó que la distribución diamétrica de algunos bosques vírgenes y bosques manejados permanecía inalterada y sugirió que estos tipos de bosques deberían proveer la información adecuada sobre las distribuciones ideales que pueden ofrecer un rendimiento sostenido.

Probablemente ha sido en los bosques tropicales donde más se propagó el debate entre los que favorecían el mantenimiento de rodales irregulares y los que propugnaban rodales regulares. De esta discusión surgió que la mejor manera de proceder es manteniendo la flexibilidad y que la uniformidad se debe considerar solo cuando las densidades son adecuadas como para permitir escoger entre alternativas (Wasdworth, 2000).

En Brasil, la función exponencial ha sido el modelo más utilizado para determinar la intensidad de las cortas en masas naturales manejadas por el Sistema de Selección (Cortas de entresaca). Aunque no es la única función de distribución aplicable para

describir la estructura, el modelo es simple y de fácil aplicación. Aprovechando estas cualidades, Campos et al. (1983), propusieron una metodología para definir el manejo basado en la distribución diamétrica.

La función exponencial ($y = ke^{-ax}$) puede transformarse en una función lineal aplicando logaritmos, con la forma: $\ln y = \ln k - a * \ln e X$, que puede expresarse como:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_i.$$

Esta función transformada permite establecer relaciones entre el área basal (G), el diámetro máximo (D) y el cociente de “De Liocourt” q, que posibilitan calcular el coeficiente β_1 para un valor de q elegido y de β_0 para una determinada área basal. Para determinar el número de árboles por hectárea y por clase diamétrica, el silvicultor debe elegir esos parámetros de manera que sus valores sean compatibles con los observados en la estructura del monte a ser manejado. La densidad remanente, generalmente expresada en área basal (G), se fija para las clases diamétricas inferiores y medias para favorecer el crecimiento de los árboles de mayores diámetros. El diámetro máximo (D) que se quiere mantener en la masa arbórea dependerá de los objetivos del manejo y del tipo de productos a extraer.

La elección de determinados valores para esos parámetros fija la posición de la curva. El diámetro máximo marca el límite sobre el eje de las abscisas. El área basal residual determina la posición de la curva entre los ejes y la pendiente queda definida por el cociente q.

Según Daniel et al. (1989), con relación al valor de q debe tenerse en cuenta que:

- Diferentes amplitudes de clase resultan en valores diferentes de q.
- Masas con elevado número de árboles gruesos en las clases diamétricas presentan valores más bajos y un achatamiento de la curva.
- Montes que tienen una mayor proporción de árboles finos presentan altos valores de q, y la curva tiene una concavidad pronunciada.

Una vez establecidas las variables G, q y D, las mismas pueden relacionarse con la frecuencia por clase de diámetro calculando los coeficientes del modelo lineal representativo de la distribución. El modelo lineal $\ln y = \beta_0 + \beta_1 X_i$ en forma exponencial corresponde a la ecuación de “De Liocourt”.

1.4 CRECIMIENTO E INCREMENTOS

El crecimiento de los árboles, como resultado del aumento de sus dimensiones en un período de tiempo, es un fenómeno muy complejo en el que intervienen numerosas variables. La biología propia de la especie, el clima, suelo, competencia, disturbios, son determinantes.

La información referida al crecimiento es un subsidio básico para la elaboración y aplicación de un plan de manejo, es necesaria además para determinar ciclos de corta y para regular la producción del bosque. Particularmente el estudio del crecimiento diamétrico permite analizar cómo ocurre el movimiento de los árboles a través de las sucesivas clases de diámetro y estimar el número de años necesarios para que los individuos que se encuentran en una clase de tamaño pasen a la siguiente. Tales estimaciones sirven para calcular el tiempo de tránsito y el módulo de rotación o ciclo de corta, determinación fundamental para la obtención de un rendimiento sostenido y para la organización de la masa en el tiempo y en el espacio (Araujo, 2006).

El rodal irregular tiene un ritmo de crecimiento que puede ser medido por el crecimiento periódico, si se dispone de los datos de inventarios sucesivos. Este crecimiento, representa la producción bruta del vuelo. El crecimiento relativo también puede emplearse para predecir el crecimiento futuro inmediato, pero solo para un corto período de tiempo, debido a las variaciones que puede experimentar en períodos de tiempos mayores.

Un ciclo de producción comienza con la corta de una parte de las existencias, dejando siempre la reserva de crecimiento, que constituye el capital biológico de producción. Esta reserva crece durante los años del ciclo, al final del cual se corta la parte comercial de ese crecimiento.

1.4.1 PROYECCIÓN DEL CRECIMIENTO

El conocimiento de la forma en que cambian las comunidades vegetales con el tiempo es una condición básica para su manejo y conservación. Estos cambios se pueden describir en forma sencilla mediante descripciones de fases o etapas. Sin embargo, la descripción cualitativa y gráfica es apenas un punto de partida y debe ser seguido por un análisis cuantitativo. El análisis numérico describe los cambios de una manera más precisa y objetiva, permitiendo el uso de métodos estadísticos para probar hipótesis sobre los factores que influyen en los cambios de la dinámica.

Otro objetivo frecuente es proveer la información para desarrollar modelos de simulación. Estos modelos son de gran valor en la investigación y experimentación del manejo forestal. Si están fundamentados en datos e informaciones adecuadas, permiten visualizar y entender rápidamente procesos que en el bosque tardan décadas o hasta siglos para desarrollarse. Para ello se trata de determinar la masa incorporada (ingresos) o número de individuos nuevos que ingresan a la población por unidad de tiempo; el crecimiento de los individuos entre inventarios sucesivos; la mortalidad expresada por el número de individuos muertos en la unidad de tiempo; la relación entre los parámetros anteriores y características individuales de las plantas (Finegan y Guillén, 1996).

En general los modelos para predecir la dinámica de crecimiento se clasifican en:

- Modelos de rodal.
- Modelos de árboles individuales.
- Modelos de clases diamétricas.

Cualquiera de estos tres tipos puede ser utilizado para predecir el crecimiento y producción en el futuro.

Los modelos de rodal permiten obtener estimaciones del crecimiento y producción para un rodal considerado como un todo, sin relacionar el tamaño de los árboles con parámetros de la masa, tales como: edad, densidad, área basal e índice de sitio. Generalmente, los modelos se construyen mediante técnicas de regresión múltiple.

Los modelos de árboles individuales requieren información más detallada sobre las particularidades de los árboles. El diámetro es la variable más deseable, incluyéndose además la localización espacial de cada pie, altura y clase de copa (Azevedo, 1993).

Según Botkin et al. (1972), citado por Azevedo (1993), esos modelos presentan las siguientes características:

- Cada árbol se define por variables como edad máxima, diámetro máximo altura máxima, relaciones entre altura y diámetro, tasa de fotosíntesis necesidades de luz.
- Se debe contar con relaciones entre el crecimiento relativo y una medida referida al clima.
- También pueden incluirse otras variables ambientales abióticas, como profundidad del suelo, capacidad de almacenamiento de agua, porcentaje de roca, valores mensuales de temperatura y precipitación e insolación anual por encima del dosel de copas.
- Las especies se diferencian además por la probabilidad de sobrevivencia específica y por el establecimiento de nuevas plantas de acuerdo con la luz que llega al suelo del bosque.

A su vez, los modelos de árboles individuales se agrupan en dos clases, dependiendo de cómo se considera la competencia. Los de distancia independiente y de distancia dependiente, según que el modelo requiera de la localización individual de los árboles como atributo. Los de distancia independiente asumen que los pies están distribuidos uniformemente en el rodal. En los de distancia dependiente, el individuo es literalmente mapeado para determinar la distancia a sus competidores por luz, humedad y nutrientes. La principal desventaja de estos modelos es el alto costo para obtener la información necesaria y la mayor complejidad computacional.

Los modelos de clases diamétricas se usan para proyectar la distribución de los diámetros. Constituyen el método clásico para estimar el crecimiento y producción futuros, utilizando el crecimiento en diámetro y otra información referida a los

individuos arbóreos. El modelo asume que todos los árboles sobreviven en el período de proyección. La mortalidad y la corta pueden ser analizadas separadamente.

Para la aplicación del método debe definirse previamente los datos de crecimiento que se usarán y en que forma se aplicarán. Pueden utilizarse los crecimientos pasados, sin embargo, el crecimiento anterior puede no ser una buena variable predictora si cambia la estructura y condiciones de crecimiento. Resultados más aproximados a la realidad pueden obtenerse con cortos períodos de proyección, no mayores de 10 años, preferiblemente 5 años.

Según Davis y Johnson (1987), estos modelos presentan tres variantes o métodos, dependiendo de los supuestos básicos que se asuman, según se describe a continuación:

Aplicando el crecimiento medio en diámetro a la marca de clase. El método asume que: a) todos los árboles de una misma clase están creciendo a una tasa media; b) los individuos se encuentran próximos a la marca de clase. y c) no se considera el error que se comete al aplicar el crecimiento medio. Para solucionar estos problemas se desarrollaron los dos métodos siguientes.

Aplicando el crecimiento medio en diámetro considerando una distribución uniforme de los individuos dentro de la clase. Cuando no se conoce exactamente la distribución de los individuos dentro de la clase, se puede tener una aproximación asumiendo que es uniforme. Bajo este supuesto, la proporción de árboles que pasan de una clase a la siguiente puede calcularse mediante el siguiente índice:

$$m = g / i * 100$$

Dónde:

m = Índice de movimiento, expresado en porcentaje.

g = Crecimiento medio en diámetro de la clase.

i = Amplitud de la clase.

Carrón (1968) cita este método indicando su aplicación a partir de la determinación de un Índice de Crecimiento (IC), equivalente a m. Según este autor, se puede asumir que los pies que componen la masa se encuentran distribuidos en clases diamétricas, y que una fracción de esos árboles se mueve hacia las clases más altas, en tanto que otra fracción permanece en la misma clase. Esa fracción o tanto de promoción se puede expresar como un "factor de movimiento" que depende del crecimiento en diámetro y de la amplitud de clase que se ha elegido.

Araujo (2006), se refiere a este método afirmando que la fracción de árboles que se mueve anualmente a lo largo de todo el intervalo de clases, debido al crecimiento diametral, puede ser estimada por un Índice de Crecimiento (IC), calculado por la siguiente fórmula:

$$IC = I_d * P / a$$

En que:

IC = Índice de crecimiento.

I_d = Crecimiento periódico medio anual en diámetro de la clase.

P = Número de años del período considerado.

a = Amplitud de la clase de diámetro.

Cuando el valor de IC es menor < 1, indica la fracción de árboles que se mueve una clase por encima de la original. Si IC > 1, la parte decimal indica la fracción de árboles que se mueve dos clases por arriba, en tanto que los demás individuos se mueven una sola clase. El Índice de Crecimiento se calcula para cada clase diamétrica con aproximación de un dígito para facilitar su interpretación. Conceptualmente tiene el mismo significado que el tanto anual de promoción.

Conociendo las existencias medias anuales en número de individuos por clase diamétrica y el Índice de Crecimiento, es posible calcular el número de años necesarios para que todos los pies de una clase pasen a la siguiente, o el número de pies que en un año pasarán por más de una clase, y de esta manera proyectar la

distribución diamétrica. Este método cuando determina el tanto anual de promoción a partir de la información de inventarios sucesivos. Este autor propone el cálculo del *tiempo de tránsito*, dividiendo las existencias anuales por el número de árboles que pasan anualmente:

$$Na = Ea * TAP$$

$$Tt_{(i)} = Ea / Na$$

Dónde:

Na = Número de árboles que pasan anualmente.

TAP = Tanto anual de promoción.

Tt_(i) = Tiempo de tránsito para la clase i.

Ea = Existencias anuales.

Con idéntico cálculo para todas las clases diamétricas, se obtiene como resultado una escala de tiempos de tránsito correlativa de una escala de diámetros. Finalmente, se pueden relacionar las clases de diámetro con los respectivos tiempos de tránsito ajustando una ecuación de regresión que permite estimar valores medios de tiempos de paso.

Como otra variante de este método, se pueden aplicar técnicas de análisis de regresión y seleccionar un modelo que permita estimar valores de crecimiento en diámetro para estimar también el tiempo de paso (Araujo, 2006). Básicamente el método consiste en:

- Agrupar los pies en clases de diámetro.
- Calcular el crecimiento medio anual por clase diamétrica.
- Ajustar la relación entre crecimiento diamétrico y la clase de diámetro representada por su valor central.
- Aplicación de la ecuación de regresión para estimar crecimientos y edades relativas por clase de diámetro.

- Cálculo del tiempo de tránsito entre clases diamétricas por diferencia de edades relativas.

Este método es una combinación del método clásico con técnicas de análisis de regresión que, si bien parte de los mismos supuestos, permite medir el grado de confiabilidad de las estimaciones. Además, se diferencia de los métodos anteriores porque se atribuye a cada árbol el crecimiento diamétrico que genera su propio diámetro, en lugar de asignar el mismo crecimiento para todos los árboles de la clase.

Aplicando el crecimiento diamétrico a una distribución diamétrica experimental se refina el supuesto de distribución uniforme del método anterior, ya que se parte de una distribución real, obtenida de un inventario y se usan datos de crecimiento de parcelas permanentes de muestreo. Si bien el método aumenta la precisión, aún queda el supuesto de que todos los árboles de una clase están creciendo a la misma tasa (Davis y Johnson, 1987).

Según Finegan y Guillén (1996), cualquier sea el modelo o metodología que se aplique para estudiar la dinámica de la vegetación, normalmente se procura determinar los siguientes parámetros:

- El reclutamiento o número de individuos nuevos que se incorporan a la población por unidad de tiempo.
- El crecimiento de los individuos que están presentes en dos fechas sucesivas de medición.
- El número de individuos muertos por unidad de tiempo.
- La relación de las variables anteriores con las características individuales del árbol, de su ambiente físico y de su ambiente biótico.

La determinación de los reclutamientos y de la mortalidad permite el seguimiento de los cambios en el tamaño de la población, para cada especie presente en la comunidad. Si se trata de un estudio de producción maderera, se puede estimar la evolución del volumen, siempre que se disponga de las tablas de volumen para este fin. La mejor manera de conseguir toda esta información es por un seguimiento

detallado a lo largo del tiempo en parcelas permanentes de muestreo (Finegan y Guillén, 1996).

La proyección de la evolución del rodal se realiza a partir de la distribución diamétrica inicial obtenida del inventario. Luego se fija el período de crecimiento para el que se considera válido aplicar las ecuaciones que estiman los crecimientos. La duración se elige teniendo en cuenta que los resultados serán más aproximados a la realidad si no excede el lapso de tiempo en el cual se espera que los cambios en la estructura y en las condiciones de la masa no sean muy pronunciados, por ejemplo cuando se trata de especies de lento crecimiento. Las ecuaciones que estiman el crecimiento anual en diámetro se usan con los datos de DAP de cada individuo para obtener la distribución estimada en cada uno de los años.

1.4.2 INCREMENTO DEL VOLUMEN

La proyección del volumen y su distribución por categorías diamétricas puede efectuarse utilizando ecuaciones que estiman los volúmenes comerciales, por ejemplo, el modelo logarítmico de variable combinada, que incluye como variables independientes altura total (ht) y diámetro (DAP):

$$V_{cc} = e^{(-10,97613 + 1,11062 * \ln(DAP^2 * ht))}$$

Los datos de altura, necesarios para calcular el volumen en los diferentes años del período, se obtienen con las relaciones alométricas que estiman la altura en función del diámetro.

Según Araujo, (2006), el crecimiento del árbol en un periodo de tiempo determinado se llama incremento. Se deben diferenciar los siguientes: incremento del árbol en diámetro, incremento del árbol en altura e incremento del árbol en volumen. Por analogía se habla de incremento de una masa o bosque.

- Incremento corriente anual. Es el crecimiento que logra un árbol o una masa en el curso de un año.
- Incremento periódico. Es el crecimiento de un árbol o una masa en un tiempo determinado.

- Incremento total. Es el crecimiento de un árbol o una masa durante toda su vida.
- Incremento periódico anual. Es el promedio anual del incremento periódico.
- Incremento medio anual. Es el promedio anual del incremento total; se obtiene dividiendo las dimensiones de un árbol o una masa entre su edad.

Cuando se habla de incremento del árbol o de la masa, se dice que su volumen aumenta, pero cuando se habla de un área definida se dice que produce. Por lo anterior se debe tratar separadamente la producción de una parcela definida (estrato o rodal) y el incremento que experimenta la masa..

El incremento total en volumen del árbol no solo consiste de la parte leñosa, sino también del follaje, frutos, sistema radicular, etc. Por otra parte, una porción considerable del incremento se pierde a través de la transpiración. De acuerdo a lo anterior, se puede asumir que el incremento total en volumen del árbol consiste en general de tres partes: la primera se refiere a la madera propiamente dicho; la segunda al follaje, semillas y frutos, y la tercera a la parte que se pierde por medio de la transpiración. Para hacer factible la comparación del incremento anual total se puede recurrir al peso de materia seca producida por el árbol durante un periodo de crecimiento. La medida de la materia seca tiene un significado especial si se desea comparar la capacidad productiva de las especies en un mismo lugar..

La normalidad en un bosque de selección no recae en una serie de masas coetáneas, sino en una serie de árboles de varias edades (donde cada árbol va a alcanzar las dimensiones de madurez) en varias series suplementarias de árboles (que van reemplazando a los árboles cortados de los diferentes diámetros). El arreglo de las frecuencias diamétricas en una gráfica toma la forma de la llamada curva de Liocourt, por consiguiente se puede decir que la constitución de un bosque de selección permanece más o menos sin cambiar; por eso se dice que la masa de selección es siempre más o menos la misma. .

1.5 CICLO DE CORTA Y TURNO

El ciclo de corta o los años de intervalo de retorno entre aprovechamientos en una misma área es el método más común para la regulación de la extracción forestal en los bosques tropicales. Es un supuesto generalizado que, usando este método, se puede lograr un flujo sostenible de madera dividiendo el área total de corta permisible en un bosque manejado entre los años de duración del ciclo de corta. En el manejo de bosques disetáneos, tal como se practica en la mayoría de los países tropicales, los árboles aprovechables generalmente se definen mediante algún límite diamétrico (DMC). Entonces la eficiencia del ciclo de corta para asegurar un volumen aprovechable en el segundo ciclo de corta, similar al volumen extraído en el primer aprovechamiento, estará determinada por la densidad y la tasa de crecimiento de los árboles comerciales menores al DMC que quedan en el bosque después del primer aprovechamiento. El volumen aprovechable del tercer y cuarto aprovechamiento dependerán principalmente de la nueva regeneración (plántulas y brinzales) y de su consiguiente supervivencia y crecimiento.

De acuerdo a la Norma Técnica (248/98) establecidas por la Ley Forestal 1700, los ciclos de corta en Bolivia no deben ser menores a 20 años. En términos biológicos, el ciclo de corta debería ser justificado en cada plan de manejo forestal con base en las distribuciones diamétricas, obtenidas mediante datos de inventario, y en las tasas de crecimiento, obtenidas a través del monitoreo de parcelas permanentes.

Puesto que se disponía de muy pocos datos de crecimiento provenientes de bosques bolivianos, los incrementos de crecimiento que se usaron en el primer grupo de planes de manejo elaborados con base en la Ley Forestal 1700 fueron determinados subjetivamente o, en algunos casos, fueron fundamentados con datos de crecimiento de otros países tropicales. Sin embargo, la legislación forestal requiere la creación de un sistema de monitoreo para evaluar el efecto de las prácticas de manejo en el crecimiento, el rendimiento y la respuesta del bosque. Con esta finalidad, se determina en la Norma Técnica 248/98 que se deben establecer parcelas permanentes en cada área bajo manejo forestal. (Fredericksen, 1998)

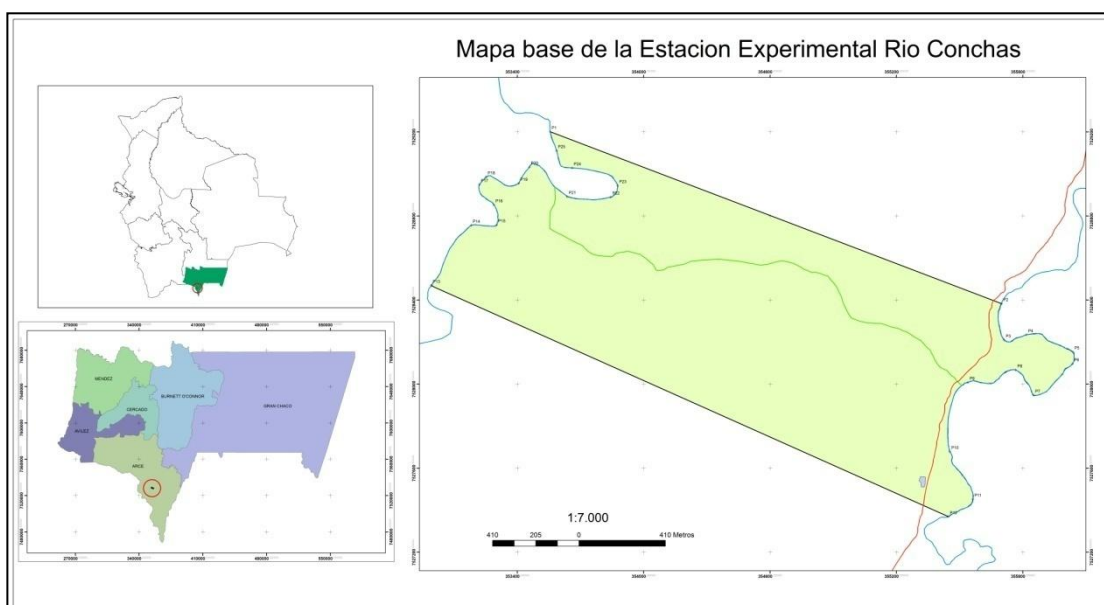
2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se encuentra en la propiedad de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” (UAJMS) denominado Estación Experimental Río Conchas (EERC), localizado al margen derecho del Río Conchas. Las coordenadas geográficas de la EERC son: 22°20'59,44" de latitud sur, 64°25'28,45" de longitud oeste y 22°19'59,21" latitud sur y 64°23'49,36" longitud oeste. Presenta una altitud que oscila entre 800 a 1000 m.s.n.m. La EERC se encuentra en la comunidad denominada Conchas del Cantón de Tariquía y dentro la Provincia Arce del Departamento de Tarija, a una distancia aproximada de 150 Km al sur de la Ciudad de Tarija.

Figura 2. Mapa de localización de la zona de estudio



Para llegar al predio “Estación Experimental Río Conchas”, se tiene como punto de referencia la comunidad Río Conchas, que se encuentra en el distrito 10, Salado Naranjal a 150 km al Sur de la ciudad de Tarija, se accede inicialmente por la carretera asfaltada ruta a Bermejo llegando hasta la comunidad de Salado Cruce, de ahí se sigue el camino de tierra rumbo a la Estación Experimental Río Conchas en una distancia aproximada de 21 Km.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Según el servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, el clima de la zona corresponde a templado a cálido, semi-húmedo, donde los veranos son lluviosos y el otoño con lloviznas persistentes. Los meses más secos comprende el periodo entre los meses de mayo a septiembre siendo octubre el mes en que empiezan las precipitaciones, el mes más lluvioso es enero, consecuentemente los meses más lluviosos corresponde al periodo diciembre marzo.

De acuerdo con el mapa Ecología de Bolivia, el área de estudio se encuentra en una zona transicional del Bosque húmedo templado. La temperatura media de acuerdo a isotermas es de 21 a 22°C, con una temperatura máxima extrema 40°C y una mínima extrema de – 5.5°C con una humedad relativa promedio de 72%.

Cuadro 2. Resumen climático de la zona de estudio

Índice	Un	E.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S	O	N	D	ANUAL
Temp. máx/med	°C	31	30.4	28.7	24.9	21.6	21.2	20.3	25.9	28.3	29.6	30.2	29.7	26.8
Temp.min/med	°C	18.4	18	18.5	15.9	12.6	9	5.9	7.9	10	14.8	15.5	17.3	13.3
Temp media	°C	24.7	24.2	23.6	20.4	17.1	15.1	13.1	16.9	19.2	22.2	22.8	23.5	20.2
Temp.máx/extr	°C	39	40	36	35.5	32	31.5	35	40	42.5	42	43	41	43
Temp min/extr	°C	11	9	10	8	6	-5	-3	-2	-1	5	7	10	-5
Días c/helada		0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	4
Precipitación	Mm	458.2	360.2	399.7	192	67.1	39	28	12.8	45.6	110.9	206.4	298.7	2.219
Pp máx. 24 hrs	Mm	180	165	136.5	81	63	35	47	16	85	57	150.5	123.5	180
Días c/lluvia		18	18	20	16	11	9	6	4	6	10	12	15	144

Fuente: SENAMHI, citado por Zeballos, 2009

2.1.3 GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio forma parte de la provincia fisiográfica del Subandino, que está conformada por un conjunto de paisajes dominados por serranías, colinas y valles. Las serranías y colinas del Subandino están orientadas en el sentido Norte-Sur, conformado por anticlinales estrechos y valles sinclinales más amplios, dónde 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 resistentes y homogéneas, en tanto que los valles sinclinales se hallan constituidos por rocas menos resistentes y más blandas.

Según estudios realizados por ZONISIG (2000), los suelos dentro del área de estudio son superficiales a profundos de 30 a 150 Cm. Excesivamente drenado a moderadamente bien drenado, con materia orgánica superficial en estado de descomposición débil con frecuencia de fragmentos en su porcentaje del 2% de formas sub – redondeadas meteorizado de areniscas, limonitas y lutitas. La textura de estos suelos pertenece al grupo medio como: franco, franco arcilloso y franco arenoso, la conductividad eléctrica es muy baja con PH de moderado a fuertemente ácido.

2.1.4 VEGETACIÓN

Según el informe del departamento de Fitotecnia, la Estación Experimental Río Conchas, presenta 4 tipos principales de vegetación: Bosque nublado de la selva Tucumano-Boliviano, Bosque Húmedo de la selva Tucumano Boliviano, bosque subhúmedo transicional y bosque xerofítico del chaco serrano.

En el sector sur con mayor precipitación los bosques y matorrales forman parte de la selva Tucumano-Boliviano, según Ellenberg (1981) corresponde a la ecoregión bosque semihúmedo montañoso.

Los bosques son generalmente densos, mayormente siempre verdes, medios altos, de estructura compleja con dos o tres estratos. El dosel superior presenta abundante lianas, epifitas y musgos. La composición botánica se caracteriza por la presencia de 94 familias de las que sobresalen las *Mimisaceas*, *Caesalpinacea*, *Lauraceae*, *Mirtaceas* y *Meliaceas*. Las especies más abundantes y características son: Aguay o Araza, Guayabo, Suiquillo. (Acosta, 2004).

De este análisis se deduce que la vegetación existente en la EERC corresponde a: Bosque denso siempre verde semideciduo submontano. Presentando los siguientes estratos de vegetación:

a) Estrato arbóreo

En la EERC se registran 32 especies arbóreas mayores a 10 cm. de Dap, pertenecientes a 20 familias botánicas. Las especies con mayor número de individuos por hectárea es *Chal chal* y *Nectandra sp* en el orden de los 66.6%, por otra lado se tiene un total de 468 individuos por hectárea.

Concuerda estos resultados, con los individuos por Pillea (1993) quien afirma que el género *Allophylus*, se encuentra disperso en bosques montanos de los andes, el mismo autor manifiesta que *Nectandra sp* habita en los bosques de la provincia Arce del departamento de Tarija en las comunidades de Emborozú, Sidras y otras.

La vegetación a los 970 msnm se caracteriza por ser un bosque ralo de ladera inferior escarpada, con una densidad de 320 individuos por hectárea, a 1000 msnm se encuentra un bosque semidenso de ladera muy escarpada con 570 individuos por hectárea, y a 1120 msnm también encontramos un bosque semidenso superior escarpada a muy escarpada, con 520 individuos por hectárea. (Acosta, 2004).

b) Estrato arbustivo

El estrato arbustivo se encuentra disperso en la parte del bosque, obteniendo un 22% de cobertura y una densidad de 2.342 individuos por hectárea como promedio general. Integrado en su mayoría por *Psychotria carthagenencis* Jacq; con 1.714 individuos por hectárea.

Esta especie está distribuida en áreas tropicales y subtropicales en casi todo el mundo (Cabrera, 1993), corroborado por el documento de levantamiento florístico preliminar de la EERC de la UAJMS, ya que la zona de estudio está dentro de las áreas que indica este autor. La densidad y cobertura de las especies presentes demostraron ser descendentes de acuerdo al piso altitudinal. En la parte más baja de evaluación a los 970 msnm, existen 3.200 individuos por hectárea y un 36.6% de cobertura, a los 1.000 msnm, hay 2.200 individuos por hectárea con una cobertura, a los 1.000 msnm, hay 2.200 individuos por hectárea con una cobertura de 15.1%.

c) Estrato herbáceo

La cobertura de este estrato es del 10.3% y una densidad de 84.167 individuos por hectárea, integrados por la familia Gramínea, *Acantaceas* y *Asplenidiaceae*, destacándose *Oplismenus*

hirtellus (L) Brauv. Con 24.167 individuos por hectárea siendo muy consumido por el ganado bovino, de aspecto postrado y tallos tenues que les hace accesibles al pastoreo de los animales, habita en todos los lugares sombríos del bosque, sempervirente de la estación experimental Río Conchas.

Las especies *Justicia goudotti* V A W Granham, se presentan con 20.000 individuos por hectárea la misma tiene mayor cobertura y frecuencia, por las observaciones realizadas que es también muy consumida por el ganado bovino encontrándose adaptadas para soportar el ramoneo de los animales. (Acosta, 2004).

La cobertura y densidad de las especies tiene un ascenso en cuanto a los pisos altitudinales: a 970 msnm existe 26.666 individuos por hectárea y 4% de cobertura 1000msnm existe 110.000 individuos por hectárea hay en un 16.5% de cobertura respectivamente, estos resultados se deben a las condiciones de relieve que lo habitan (Acosta, 2004).

2.2 MATERIALES

- Carta geográfica del Instituto Geográfico Militar a escala 1:50000.
- Mapas del área de trabajo.
- Imagen satelital.
- Computador.
- GPS (sistema de posicionamiento global).
- Brújula.
- Clinómetro.
- Hipsómetro.
- Planillas de campo.
- Cinta métrica de 25 m.
- Cuerda (50 m.)
- Machetes.
- Marcadores de tinta indeleble color negro.
- Lapiceras y lápices.
- Botiquín de primeros auxilios.

2.3 MÉTODOS

2.3.1 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se ejecutó cumpliendo estrictamente los requerimientos mínimos para la planificación y ejecución de inventarios forestales de reconocimiento que son usados en la elaboración de planes de manejo, establecido en la norma técnica, de la siguiente manera:

1. Se realiza el muestreo con parcelas de tamaño fijo distribuidas sobre el área a investigar.
2. La intensidad mínima del muestreo se fija en función de la superficie total del área a inventariar, de manera que para superficies menores a 200 hectáreas la norma reconoce una intensidad mínima de 2% con parcelas iguales a 1000 m². En este caso, se aplica la relación:

$$\text{Intensidad de muestreo} = \frac{\text{Área total de parcelas}}{\text{Área total bosque}} * 100$$

3. Basado en la intensidad de muestreo y el número mínimo de parcelas se calcula el tamaño referencial de la unidad de muestreo. Estos tamaños se ajustan en el diseño por aspectos prácticos, redondeando el tamaño de la unidad de muestreo al décimo de hectárea más cercano, siempre manteniendo la intensidad de muestreo, de la siguiente forma:

$$Ap = AT * IM$$

Por ejemplo, el área total de cobertura boscosa es 135.9 hs y la intensidad de muestreo que indica la norma técnica es 5%, por tanto, el área de las parcelas será:

$$Ap = 135.9 * 0.05 = 6.8 \approx 7 \text{ hectáreas}$$

Para fines prácticos se redondea a 7 hectáreas. Teniendo en cuenta que deben ser 100 parcelas rectangulares de 20 m de ancho, por tanto, la superficie de cada parcela será 700 m², es decir la parcela tendrá 20 m de ancho y 35 m de largo.

2.3.2 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES MADERABLES

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 es calculado para cada especie a partir de la suma de la Abundancia Relativa + Dominancia Relativa + Frecuencia Relativa.

La Abundancia es el número de árboles de cada especie dentro del rodal en estudio y se expresa en términos absolutos y relativos. La Abundancia Relativa se calcula como el porcentaje del número de individuos de una especie, respecto al total de los individuos de la población.

$$\text{Abundancia Relativa} = \frac{\text{Número de Árboles por Especie}}{\text{Número de Árboles para Todas las Especies}} \cdot 100$$

La frecuencia es la probabilidad de encontrar la especie en una unidad muestral y se expresa como el porcentaje del número de unidades muestrales en las que la especie aparece en relación con el número total de unidades muestrales. En estudios de vegetación, Becerra (1971) dice que la frecuencia ayuda a dar una expresión aproximada de la homogeneidad de un rodal o cubierta vegetal a inventariar. Por su parte, Lamprech (1990), relaciona la frecuencia relativa con el patrón de ocurrencia de una especie en el bosque. La frecuencia relativa se calcula sobre la base de la suma total de las frecuencias absolutas de un muestreo, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Frecuencia Relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta de la especie}}{\text{Total de la frecuencia absoluta}} \cdot 100$$

Lamprech (1990), llama dominancia a la sección determinada en la superficie del suelo por el haz de proyección horizontal del cuerpo de la planta, lo que equivale en el análisis forestal a la proyección de las copas de los árboles en el suelo. Sin embargo en el bosque resulta a menudo imposible determinar dichos valores, debido a la existencia de varios doseles dispuestos uno encima de otro y la entremezcla de las copas de unas con otras. Para salvar este inconveniente, se usa el área basal de los árboles en sustitución de la proyección de las copas. El valor del área basal, expresado en metros cuadrados para cada especie, será dominancia absoluta. La dominancia relativa es el porcentaje que corresponde a cada especie del área basal total.

$$\text{Dominancia Relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta de la especie}}{\text{Total dominancia absoluta}} 100$$

2.3.3 DISTRIBUCIONES DIÁMETRICAS DE LAS ESPECIES MADERABLES

La importancia de las distribuciones diamétricas es evidente si se tiene en cuenta que el diámetro es una variable que correlaciona en forma satisfactoria con la mayoría de los parámetros susceptibles de cuantificación en los árboles, como son la altura, el volumen, biomasa, entre otros (Villa *et al*, 2005).

En el sentido estricto de la palabra, una distribución diamétrica es una relación entre diámetros y su frecuencia respectiva en un bosque o rodal, referido a un área determinada. Generalmente se acude al agrupamiento por clases diamétricas, siendo esta un importante punto de partida en la solución de muchos problemas de planes de manejo forestal (Lema, 2003).

Los bosques maduros tienden a una distribución por clases diamétricas en forma de J invertida, indicando un flujo adecuado de regeneración hacia los diámetros mayores. Las distribuciones diamétricas decrecientes presentan esta forma, con un gran número de individuos que se están regenerando (brinzales y latizales), cuya frecuencia decrece a medida que se incrementa el diámetro, lo cual garantiza una supervivencia del ecosistema (bosque disetáneo)

2.3.4 ANÁLISIS MATEMÁTICO DE DISTRIBUCIONES DIAMÉTRICAS

Para el ajuste de las distribuciones diamétricas se ensayan los modelos de Meyer, Distribución Binomial Negativa y Distribución Polinómica de Goff y West, con la ayuda del software InfoStat y Microsoft Excel, donde se evalúan los ajustes por medio de la prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrado (χ^2).

a) Función exponencial negativa - Meyer

Meyer hace uso de la ley de Liocourt, la cual expresa que el cociente entre las frecuencias sucesivas de los diámetros en bosques de selección permanece constante, es decir, el cambio en el número de árboles (x) debido a un cambio en el diámetro se puede considerar proporcional al número de árboles (y):

$$\frac{dy}{dx} = -by$$

Dónde dy es la variación en el número de árboles, dx la diferenciación en las clases diamétricas y b una constante de forma, de tal manera que estableciendo clases pequeñas del diámetro X se vuelva continua. La relación entre X e Y se expresa como.

$$y = k * e^{(-b.Dap)^m} \quad \text{Con } k, b \text{ y } m > 0$$

Dónde:

y = número de árboles.

x = clase diamétrica.

k y b = constantes.

m = corrección al sesgo, cuando $m = 1$ Meyer I, $m = 2$ Meyer II, $m \neq 1$ y 2 Meyer III.

b) Distribución binomial negativa

Según Lema (2003), la distribución binomial negativa es una función discreta que responde a valores enteros de 0 a n . Surge de un escenario binomial a un número de ensayos independientes con una probabilidad constante de éxito (p), en vez de fijar un número determinado de ensayos n y encontrar un número de éxitos k , es decir, se busca una variable aleatoria que represente el número de ensayos n hasta lograr los k éxitos. Por lo que la probabilidad de tener $(k-1)$ éxitos en $(n-1)$ ensayos, donde el último es un éxito. Se describe con la siguiente ecuación:

$$P(n; k; p) = \binom{n-1}{k-1} p^k (1-p)^{(n-k)}$$

c) Prueba de bondad de ajuste Chi - Cuadrado (χ^2)

Es una medida de desviación entre una distribución observada y una ajustada mediante un modelo matemático, el cual se define con la siguiente ecuación.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{c=1}^k (fo - fe)^2}{fo}$$

Dónde:

f_o = frecuencia observada.

f_e^{\wedge} = frecuencia estimada.

k = número de clases diamétricas.

Cuando la Hipótesis nula es cierta, se establece la igualdad de tales distribuciones, es decir la distribución estimada es estadísticamente igual a la distribución observada. Aceptándose cuando χ^2 tabla $>$ χ^2 calculado.

2.3.5 TIEMPO DE PASO

Se parte del cálculo del índice de valor de importancia, el cual es usado para seleccionar las especies maderables más importantes por su peso ecológico dentro del bosque. Una vez seleccionadas las especies, se procede a establecer la estructura diamétrica por especie por medio del software *Microsoft Excel e Info Stat* para posteriormente determinar las tasas de crecimiento para cada especie.

Conocer las tasas de crecimiento para los árboles bajo manejo, es un factor importante, sin embargo, para la zona de estudio, solo se cuenta con una mediación de Parcelas Permanentes de Muestreo realizada a los árboles a dos años después de la primera medición realizada por Altamirano y Arias. Para el presente trabajo se determinó la tasa de crecimiento del bosque, con base en la primera y segunda medición. Una de las técnicas más utilizadas en los bosques no coetáneos es el Tiempo de Paso, que se define como el tiempo necesario para que un individuo o un árbol pase del límite inferior de una clase, al límite superior de la misma clase, o el tiempo necesario para pasar de una clase a las clases superiores, por ejemplo, para responder la pregunta ¿cuántos años tardará un árbol que tiene 30 cm en alcanzar los 40 cm?

La técnica consiste en:

1. En una hoja electrónica de Excel, se crea columnas, donde, en la primera se coloca el valor del dap1 y en la segunda el valor del dap2.
2. Se determina el incremento, mediante la diferencia entre el dap2 y el dap1, y colocarlo en la tercera columna. Si se encuentran valores negativos o incrementos muy altos (por ej. ≥ 5 cm) hay que desecharlos.

3. Luego calcular el ICA, dividiendo el incremento entre el tiempo que transcurrió entre la primera y segunda evaluación
4. Los valores deben ser organizados en columnas por distribuciones diamétricas, para cada especie con su respectivo ICA promedio calculado.
5. Con los valores del punto medio de la clase diamétrica y el ICA promedio, se hace una gráfica, colocando los valores del punto medio en X y en el eje Y los valores del ICA.
6. En la gráfica de la curva se encuentra el mejor ajuste de los puntos, es decir una curva donde la distancia de los puntos a la curva sea mínima, esta curva generada se llama ICA ajustado.
7. Con el ICA ajustado se determina el tiempo de paso que resulta de dividir el ancho de la clase entre el ICA ajustado.

2.3.6 PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE INCREMENTOS

Para determinación de Incremento Corriente Anual (m^3/h) se parte de los datos iniciales de DAP y compararlos con la segunda medición de los mismos individuos, ya que estos permiten una fácil medición del incremento corriente anual en diámetro y altura. Con la información de campo levantada, y una vez estimados los parámetros correspondientes, el cálculo del incremento corriente anual (m^3/h y %) e incremento anual medio anual (m^3/h y %) para cada clase diamétrica. Los pasos a seguir son:

En la columna 1, se anotan las categorías diamétricas

En la columna 2, se anota el volumen de árbol tipo por categoría.

En la columna 3, se obtiene la diferencia en volumen del árbol, que se supone es el incremento en volumen del árbol tipo al pasar de una categoría diamétrica a la siguiente.

En la columna 4, se anotan los tiempos de paso medio por categoría diamétrica, que se obtienen, al sacar la media armónica de todos los tiempos de paso individuales.

En la columna 5, se obtiene el incremento anual del árbol regular, dividiendo la diferencia del volumen, (Columna 3) entre el tiempo de paso medio armónico (Columna 4).

En la columna 6, se anota el número de árboles por hectárea.

En la columna 7, se obtiene el incremento corriente anual total por hectárea de cada categoría, multiplicando el incremento anual del árbol regular (Columna 5) por el número de árboles por hectárea (Columna 6) la suma de estos valores por categoría diamétrica proporciona el ICA m^3/ha . Para el cálculo del Incremento Corriente Anual en porcentaje, se determina el porcentaje en volumen por categoría diamétrica y se multiplica por el ICA m^3/ha .

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Se ha levantado la información de dos maneras, por una parte, los datos provienen de parcelas de muestreo para árboles con diámetros entre 10 cm y menores a 40 cm y por otro lado, se instalaron parcelas de 20 x 35m; donde se ha efectuado la medición de los árboles a partir de los 40 cm de DAP. En el primer caso, se han registrado 26 familias botánicas, 40 géneros y 43 especies. Las familias con mayor abundancia fueron Sapindaceae con 17.8%, Mimosoideae con 12.3%, Lauraceae participa con 10.9%, Urticaceae con 9.7%, Sapotaceae con 7.1%, Myrtaceae con 6.1%, Papilionoideae con 5.2% entre las familias con mayor abundancia de individuos.

En el caso de los árboles con diámetros mayores a 40 cm, se han registrado 24 familias botánicas, 35 géneros y 37 especies. Las familias de mayor abundancia fueron Mimosoideae con 20.2%, Papilionoidea con 17.5%, Boraginaceae con 10.9%, Bignoniaceae con 9.8%, Sapindaceae con 7.3%, Meliaceae con 6.4%, Polygonaceae con 5.1% y otras familias presentaron porcentajes menores al 5%.

La familia Mimosoideae está influenciada fundamentalmente por *Anadenanthera colubrina* (cebil colorado) y por *Piptadenia viridiflora* (vilcaran). En cambio, la familia Papilionoideae tiene una buena abundancia por *Tipuana tipu* (tipa blanca) y en menor grado por *Myroxylon peruiferum* (quina colorada). Finalmente, la familia Boraginaceae tiene una buena presencia debido a *Patagonula americana* (lanza blanca) y en menor grado por *Cordia trichotoma* (afata).

3.2 CALCULÓ DEL ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA

El Índice de Valor de Importancia (IVI) para los árboles con diámetros de 10 a 39.9 cm, indica que la especie Cóndor (*Cupanea vernalis*) presenta el mayor peso ecológico con un IVI de 7.73%; seguido de las especies Itapalla (*Urera* sp.), Aguay (*Chrysophyllun gonocarpum*), Laurel de falda (*Phoebe porphyria*), Cebil (*Anadenanthera colubrina*), y Guayabo (*Eugenia* sp.). En cambio, las especies

Tecoma stans y *Xylosma pubescens* se encuentran en la categoría de otras especies con valores bajos de IVI.

Cuadro 3. Índice de Valor de Importancia (IVI) para árboles de 10-39.9 cm de DAP

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI	
	N/ha	Rel.	m ² /ha	Rel.	Abs.	Rel.	Sum	(%)
Cóndor	30,25	9,92	0,86	7,66	56,11	5,61	23,19	7,73
Itapalla	29,75	9,75	0,85	7,59	56,30	5,63	22,98	7,66
Aguay	21,75	7,13	0,96	8,58	51,66	5,17	20,88	6,96
Laurel de falda	24,00	7,87	0,91	8,15	32,73	3,27	19,30	6,43
Cebil colorado	18,25	5,98	0,84	7,53	36,92	3,69	17,20	5,73
Guayabo	16,00	5,25	0,49	4,41	54,35	5,43	15,09	5,03
Pacay	15,50	5,08	0,46	4,14	49,65	4,97	14,19	4,73
Chal-chal	16,25	5,33	0,32	2,87	49,19	4,92	13,11	4,37
Tabaquillo blanco	12,25	4,02	0,44	3,90	44,65	4,46	12,38	4,13
Suiquillo	8,00	2,62	0,47	4,21	44,47	4,45	11,28	3,76
Membrillo	11,00	3,61	0,39	3,49	35,03	3,50	10,60	3,53
Afata	6,25	2,05	0,38	3,36	43,95	4,40	9,80	3,27
Quina colorada	7,75	2,54	0,30	2,67	39,14	3,91	9,12	3,04
Albaquilla	10,75	3,52	0,24	2,15	29,48	2,95	8,62	2,87
Pata de anta	6,75	2,21	0,22	1,97	16,92	1,69	5,88	1,96
Laurel blanco	8,50	2,79	0,22	1,97	10,66	1,07	5,82	1,94
Tipa blanca	6,50	2,13	0,24	2,15	15,34	1,53	5,82	1,94
Lapacho amarillo	3,75	1,23	0,22	1,93	18,99	1,90	5,05	1,68
Crotón	5,00	1,64	0,21	1,88	11,79	1,18	4,70	1,57
Otras especies	46,75	15,33	2,16	19,38	302,66	30,27	64,97	21,66
Total	305							100,00

Cabe hacer notar, que el mayor peso ecológico de estas especies está dado por la alta abundancia y dominancia, indicando buena regeneración, aunque por su posición en la estructura vertical en el bosque hace ver que se trata de árboles intermedios, de condiciones heliófilas que no necesariamente se trata de árboles clasificados como valiosos desde el punto de vista maderero, con excepción del Cebil. Las especies consideradas valiosas como el Cedro, Cedrillo, Urundel, Quina Colorada y otras ni siquiera aparecen, indicando que hay dificultades en la regeneración natural.

Cuadro 4. Índice de Valor de Importancia (IVI) para árboles \geq de 40 cm DAP

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI	
	N/ha	Rel.	m ² /ha	Rel.	Abs.	Rel.	Sum	(%)
Tipa blanca	3,19	14,07	1,58	26,04	100,00	5,61	45,72	15,24
Cebil colorado	3,15	13,88	0,74	12,14	100,00	5,61	31,63	10,54
Lanza blanca	1,99	8,75	0,58	9,52	96,55	5,42	23,69	7,90
Lapacho amarillo	2,15	9,47	0,47	7,76	100,00	5,61	22,84	7,61
Vilcaran	1,35	5,93	0,36	5,95	100,00	5,61	17,49	5,83
Cedrillo	1,43	6,29	0,31	5,04	100,00	5,61	16,94	5,65
Suiquillo	1,52	6,71	0,30	4,88	93,10	5,22	16,81	5,60
Membrillo	1,09	4,80	0,25	4,16	86,21	4,84	13,80	4,60
Urundel	0,96	4,25	0,30	4,94	79,31	4,45	13,64	4,55
Laurel blanco	1,00	4,41	0,17	2,84	82,76	4,64	11,89	3,96
Aguay	0,93	4,12	0,18	2,92	86,21	4,84	11,88	3,96
Quina colorada	0,65	2,89	0,17	2,75	82,76	4,64	10,28	3,42
Lanza amarilla	0,66	2,92	0,16	2,55	72,41	4,06	9,53	3,18
Afata	0,50	2,20	0,09	1,46	75,86	4,26	7,92	2,64
Barroso	0,39	1,72	0,11	1,89	41,38	2,32	5,93	1,98
Cascarilla	0,32	1,43	0,05	0,77	55,17	3,09	5,29	1,76
Huancar	0,23	1,01	0,04	0,70	48,28	2,71	4,42	1,47
Cóndor	0,14	0,62	0,02	0,39	44,83	2,51	3,52	1,17
Guayabo	0,12	0,52	0,02	0,32	41,38	2,32	3,16	1,05
Perilla	0,11	0,49	0,03	0,47	37,93	2,13	3,09	1,03
Quina blanca	0,13	0,58	0,03	0,49	34,48	1,93	3,00	1,00
Tabaquillo blanco	0,12	0,52	0,02	0,29	34,48	1,93	2,74	0,91
Pacay	0,10	0,42	0,02	0,26	31,03	1,74	2,42	0,81
Mandor	0,07	0,32	0,01	0,22	27,59	1,55	2,09	0,70
Espinillo	0,07	0,29	0,02	0,28	24,14	1,35	1,92	0,64
Lapacho rosado	0,09	0,39	0,02	0,30	17,24	0,97	1,66	0,55
Laurel de la falda	0,05	0,23	0,01	0,14	13,79	0,77	1,14	0,38
Itapalla	0,03	0,13	0,00	0,07	13,79	0,77	0,97	0,33
Cedro	0,04	0,16	0,01	0,14	10,34	0,58	0,88	0,29
Duraznillo	0,02	0,10	0,00	0,07	10,34	0,58	0,75	0,25
Yuruma	0,02	0,10	0,00	0,06	10,34	0,58	0,74	0,24
Nogal	0,01	0,06	0,00	0,05	6,90	0,39	0,50	0,17
Palo blanco	0,01	0,06	0,00	0,05	6,90	0,39	0,50	0,17

Chal-chal	0,01	0,06	0,00	0,03	6,90	0,39	0,48	0,16
Aliso	0,01	0,03	0,00	0,03	3,45	0,20	0,26	0,10
Pacara	0,01	0,03	0,00	0,02	3,45	0,19	0,24	0,08
Sauco	0,01	0,03	0,00	0,02	3,45	0,19	0,24	0,08
TOTAL	22,68							100,0

En el cuadro 2, se presenta el IVI para árboles con diámetros a partir de 40 cm, donde las especies con mayores pesos ecológicos son *Tipuana tipu* con 15.24%, *Anadenanthera colubrina* con 10.54%, *Patagonula americana* con 7.90%, *Tabebuia heteropoda* (7.61%), *Piptadenia viridiflora* (5.83%), *Cedrela* sp. (5.65%) y *Diatenopteryx sorbifolia* (5.6%); mientras que las restantes especies presentan valores de IVI inferiores a 5%. En cambio, las especies con los menores pesos ecológicos fueron: *Alnus acuminata* (0.10%), *Enterolobium contortisiliquum* (0.08%) y *Fagara coco* (0.08%).

Otro aspecto a resaltar de estos resultados es que no necesariamente son las mismas especies que reportan el mayor peso ecológico entre las categorías diamétricas de 10 a 39.9 cm de DAP con respecto a los árboles con DAP > a 40 cm, con esto, se demuestra que cada especie tiene su posición fitosociológica específica dentro del bosque, es decir, algunas son pioneras heliófitas mientras que otras especies requieren de condiciones ecológicas especiales para su regeneración.

Con el propósito de comparar estos resultados, se ha consultado trabajos de investigación de Aguilar (1999) y Mancilla (2002) efectuadas en bosques húmedos de la Reserva Biológica de Flora y Fauna de Tariquia, en donde reportan al arrayán (*Eugenia uniflora* L) como la especie de mayor IVI seguido de especies de la familia Fabaceae (Leguminosas) características de esta región. Vega (1998), determina que el Cebil (*Anadenanthera macrocarpa* Benth) y Lanza amarilla (*Terminalia triflora* Griseb.) son las especies de mayor importancia ecológica. En el presente trabajo se confirma y corrobora que los bosques húmedos del Bosque Tucumano Boliviano están constituidos por las especies indicadas, aunque las investigaciones mencionadas tomaron en cuenta también especies menores a 10 cm de DAP para sus cálculos.

En resumen las especies arbóreas de mayor importancia, tanto en dominancia como en abundancia se encuentran las leguminosas (Fabaceae) y las Mirtáceas. Otras especies importantes principalmente por su amplia distribución son las Bignoniáceas y Lauráceas. Este aspecto puede sugerir la correlación de la abundancia con el peso ecológico de las especies de mayor IVI.

El cociente de mezcla en los bosques de la EERC (relación del número de especies entre el número total de individuos) es aproximadamente $1/8$, lo que indica que se trata de un bosque heterogéneo, puesto que el promedio de cada especie está representada por ocho individuos, esta afirmación es corroborada por la distribución homogénea de los valores de IVI.

3.3 DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS

El modelo que describió la relación diámetro - frecuencia, para diámetros en el rango de 10 a 39.9 cm, fue el modelo Meyer tipo I (Cuadro 3), mientras que los diámetros mayores a 40 cm se ajustaron a la binomial negativa (Cuadro 4), encontrándose 327.7 árboles por hectárea, como valor promedio para diámetros mayores a 10 cm. Los individuos con diámetros menores a 40 cm representan el 93.1%, lo que muestra la existencia de una reserva importante para las especies que pueden llegar a ocupar el estrato superior de árboles en el bosque.

Se encontró una densidad para individuos maderables, ($DAP > 10$ cm) de 327.7 árboles por hectárea, si se compara con los bosques de las tierras bajas de Santa Cruz, donde normalmente se encuentra un rango entre 503 y 549 árboles por hectárea aproximadamente (BOLFOR, 2003), se observa que el número de árboles encontrados está por debajo de este rango, sin embargo, si se tiene en cuenta que son especies de otro ecosistema que poseen un valor importante dentro del bosque por su uso maderable, dicho valor se considera significativo.

Cabe notar que el 6.9% de los árboles tienen un diámetro superior a los 40 Cm, los cuales serían aptos para el aprovechamiento según la (Norma 248/98), mientras que el

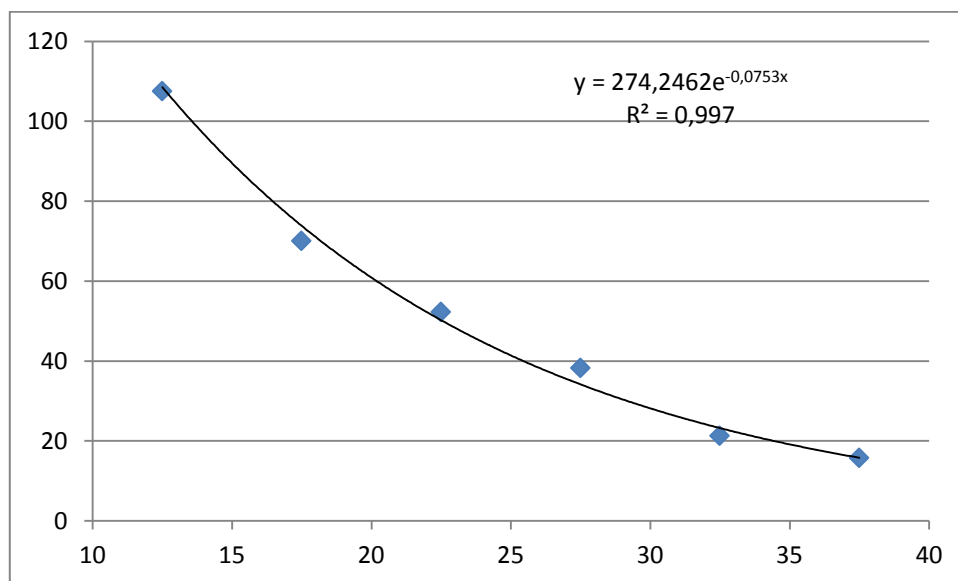
11.3% de los árboles se encuentran en el intervalo 30 – 40 cm, representando la reposición para el estrato superior.

El área basal es una medida de densidad que muestra el grado de ocupación del bosque. En los bosques tropicales de Santa Cruz, se ha reportado un área basal, con un rango entre 3.857 y 5.412 m² por hectárea para diámetros mayores a 10 cm para árboles maderables (BOLFOR, Documento Técnico 75/99). En la zona de estudio se encontró un Área Basal de 5.931 m², para el total de las especies.

Cuadro 5. Distribución diamétrica para diámetros en el rango 10 – 39.9 cm, por medio de la función Meyer I (valores promediados a una hectárea).

Clase	Marca de Clase (cm)	Frecuencia observada	Frecuencia estimada	Chi cuadrada
1	12,5	108	107,0	0,002
2	17,5	70	73,4	0,160
3	22,5	52	50,4	0,069
4	27,5	38	34,6	0,389
5	32,5	21	23,7	0,259
6	37,5	16	16,3	0,018
TOTAL		305	305,4	0,897

Gráfico 1. Distribución diamétrica para diámetros en el rango 10 – 39.9 cm

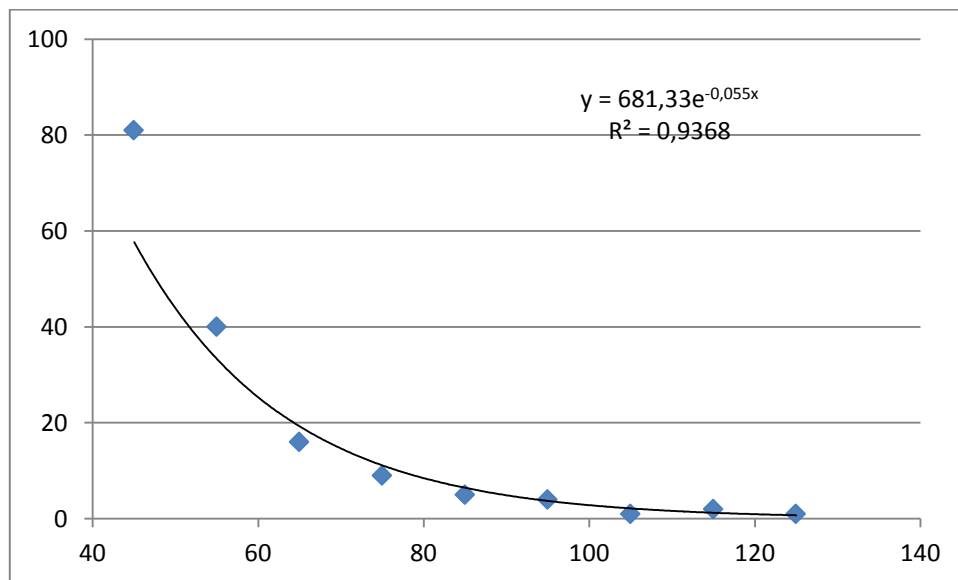


Al realizar la prueba de bondad de ajuste de la distribución Meyer tipo I se obtuvo un χ^2 tabular de 11.07 ($\alpha = 0.05$ y 5 g l), superior al χ^2 calculado 0.897, lo que indica que los datos se ajustan satisfactoriamente a la distribución Meyer tipo I. Las constantes para el ajuste de la distribución Meyer, fueron $K = 274,2462$; $b = - 0,0753$; $m = 1$, y un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,997$

Cuadro 6. Distribución diamétrica para diámetros > 40 cm, por medio de la función Meyer I, para un área de muestreo de 7 has.

Clase	Marca de Clase DAP	Árboles observados	Árboles estimados	Chi cuadrada	AB (m ² /ha)
1	45	81	71,81	1,1765	1,840
2	55	40	43,55	0,2900	1,358
3	65	16	26,42	4,1076	0,758
4	75	9	16,02	3,0780	0,568
5	85	5	9,72	2,2907	0,405
6	95	4	5,89	0,6088	0,405
7	105	1	3,58	1,8548	0,124
8	115	2	2,17	0,0131	0,297
9	125	1	1,32	0,0755	0,175
TOTAL		159	180,47	13,4952	5,931

Gráfico 2. Distribución diamétrica para árboles con diámetros > 40 cm



La prueba de significancia del ajuste a la distribución Meyer indica un χ^2 tabular de 15.507 ($\alpha = 0.05$ y 8 g l), escasamente superior al χ^2 calculado 13.495, lo que indica que los datos se ajustan con ciertas restricciones como lo demuestra la línea de tendencia del gráfico 2, que no alcanza al primer dato.

Cuadro 7. Distribución diamétrica, para diámetros mayores a 40 cm, por medio de la función binomial negativa, en un área de muestreo de 7 ha.

Clase	Marca de Clase (cm)	Arboles observados	Probabilidad	Arboles estimados	Chi cuadrada	N/ha
0	45	81	0,514	81,726	0,006	11,68
1	55	40	0,2302	36,602	0,315	5,23
2	65	16	0,1176	18,698	0,389	2,67
3	75	9	0,0625	9,938	0,088	1,42
4	85	5	0,0339	5,390	0,028	0,77
5	95	4	0,0186	2,957	0,368	0,42
6	105	1	0,0103	1,638	0,248	0,23
7	115	2	0,0057	0,906	1,320	0,13
8	125	1	0,0073	1,161	0,022	0,17
TOTAL		159	1,000	159,02	2,786	22,72

Al evaluar el ajuste que poseen los datos a través de la prueba de bondad de ajuste, se obtuvo un χ^2 tabular de 15.507 ($\alpha = 0.05$ y 8 g l), siendo éste mayor que el χ^2 calculado, demostrando de esta manera que los datos se ajustan significativamente a la distribución binomial negativa. Los parámetros para el ajuste son: Media = 1,05037; Varianza = 2,46357; q = 0,1637; p = 0,8363; K= 0,78069

En resumen, los diámetros en el rango 10 – 39.9 cm presentan una clara distribución en J invertida, lo que asegura el flujo de individuos a las clases diamétricas superiores, en cambio los árboles maduros con diámetros mayores a 40 cm, tienden a distribuirse en J invertida pero con pocos individuos en las categorías superiores, de ser eliminados estos árboles afectaría considerablemente su comportamiento.

Con el propósito de efectuar el análisis integral de todas las categorías diamétricas, se compiló en una sola tabla los datos de abundancia para los árboles mayores a 10 cm de DAP y se pudo detectar que la ecuación de Meyer pese a presentar una ecuación con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,973$ no se ajusta significativamente, ya

que el valor de χ^2 tabular de 19.675 ($\alpha = 0.05$ y 11 g l), es menor al χ^2 calculado 34.601, lo que indica que los datos no se ajustan al modelo de Meyer.

Cuadro 8. Distribución diamétrica para diámetros > 10 cm, por medio de la función Meyer I, para valores promedios por hectárea.

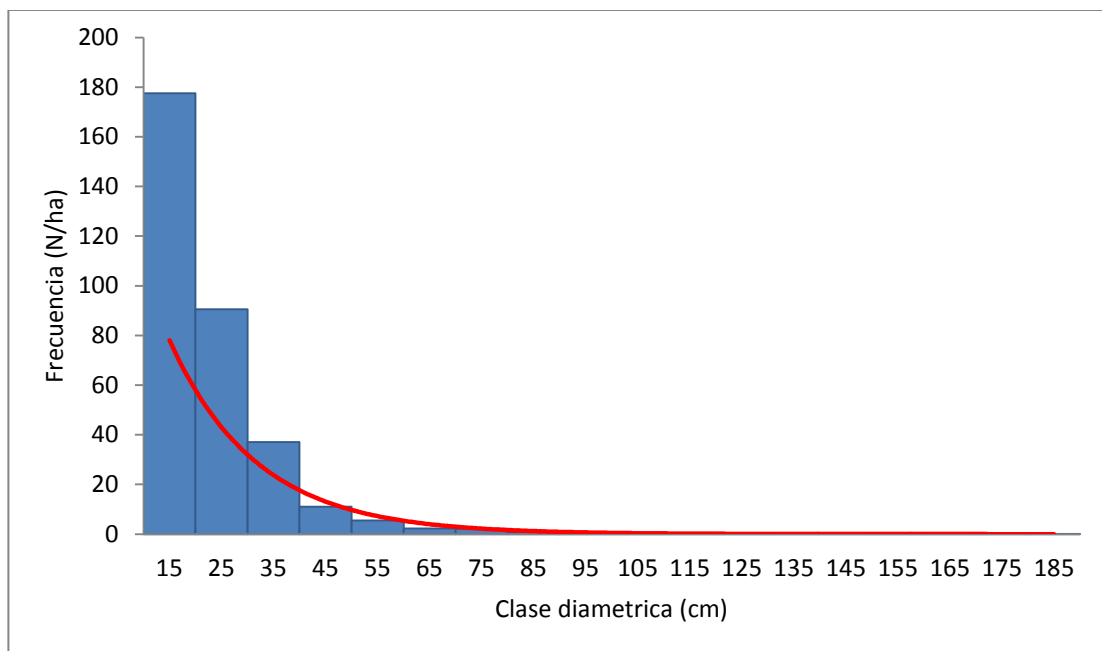
Clase	Marca de Clase (cm)	Arboles observados	Arboles estimados	fo-fe	(fo-fe) ²	Chi cuadrada
1	15	177,500	131,28	46,22	2136,1642	16,2717
2	25	90,500	72,05	18,45	340,4494	4,7253
3	35	37,000	39,54	-2,54	6,4576	0,1633
4	45	11,675	21,70	-10,03	100,5110	4,6317
5	55	5,229	11,91	-6,68	44,6324	3,7476
6	65	2,671	6,54	-3,86	14,9376	2,2854
7	75	1,420	3,59	-2,17	4,6978	1,3097
8	85	0,770	1,97	-1,20	1,4367	0,7298
9	95	0,422	1,08	-0,66	0,4329	0,4007
10	105	0,234	0,59	-0,36	0,1289	0,2173
11	115	0,129	0,33	-0,20	0,0384	0,1180
12	125	0,166	0,18	-0,01	0,0002	0,0009
TOTAL		327,717	290,75			34,6013

Cuadro 9. Distribución diamétrica, para diámetros mayores a 10 cm, por medio de la función binomial negativa, con valores promedio para una hectárea

Clase	Marca de Clase (cm)	Arboles observados	Frecuencia relativa	Probabilidad	Arboles estimados	Chi cuadrada
0	15	177,500	0,5416	0,5626	184,373	0,256
1	25	90,500	0,2762	0,2455	80,454	1,254
2	35	37,000	0,1129	0,1076	35,262	0,086
3	45	11,675	0,0356	0,0472	15,468	0,930
4	55	5,229	0,0160	0,0207	6,784	0,356
5	65	2,671	0,0082	0,0091	2,982	0,032
6	75	1,420	0,0043	0,004	1,311	0,009
7	85	0,770	0,0023	0,0018	0,590	0,055
8	95	0,422	0,0013	0,0008	0,262	0,098
9	105	0,234	0,0007	0,0003	0,098	0,187
10	115	0,129	0,0004	0,0001	0,033	0,285
11	125	0,166	0,0005	0,0001	0,033	0,540
TOTAL		327,717	1,000	1,000	327,651	4,090

El valor de χ^2 tabular es 19.675 ($\alpha = 0.05$ y 11 g l), y el valor de χ^2 calculado es 4.090, lo que indica que los datos se ajustan función binomial negativa. Los parámetros para el ajuste son: Media = 0,78211; Varianza = 1,412218; $q = 0,210584$; $p = 0,789416$; $K = 0,970759$.

Gráfico 3. Número de árboles por hectárea para cada clase diamétrica para todos las especies forestales presentes en los bosques de la EERC



3.4 INCREMENTO CORRIENTE ANUAL

El Incremento Corriente Anual (ICA) en diámetro de las especies forestales, fue calculado sobre la base de los reportes de Parcelas Permanentes de Muestreo efectuado en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía por Mancilla (2002) y las Parcelas Permanentes de Muestreo instalado en la EERC por Altamirano (2007). Para determinar la ecuación del ICA Ajustado se efectúa regresiones no lineales, pero en este caso se ha usado el modelo propuesto por Von Vertalanffi, adoptado por BOLFOR (1999), donde el ICA ajustado se obtiene considerando las variables dasométricas y las dimensiones de los árboles, con la siguiente ecuación:

$$ICA = a + b * DAP + c * DAP^{0.67}$$

ICA = Incremento Corriente Anual.

DAP = Marca de clase de la clase diamétrica.

a, b, c = parámetros que describen el modelo matemático.

0,67 = Potencia que propone Von Bertalanffy para relacionar la dimensión del organismo con su área de ocupación.

El cuadro 8, muestra que el mayor incremento en diámetro se halla en la clase 80-90, debido a la presencia de Tipa blanca y Cebil que alcanzan diámetros que sobrepasan los 100 Cm de DAP, esta afirmación es corroborada con los valores de ICA ajustado, dónde los mayores incrementos se observan en las máximas clases diamétricas.

Cuadro 10. Valores promedios de ICA calculados para determinar el ICA Ajustado para todas las especies con diámetros mayores a 10 cm.

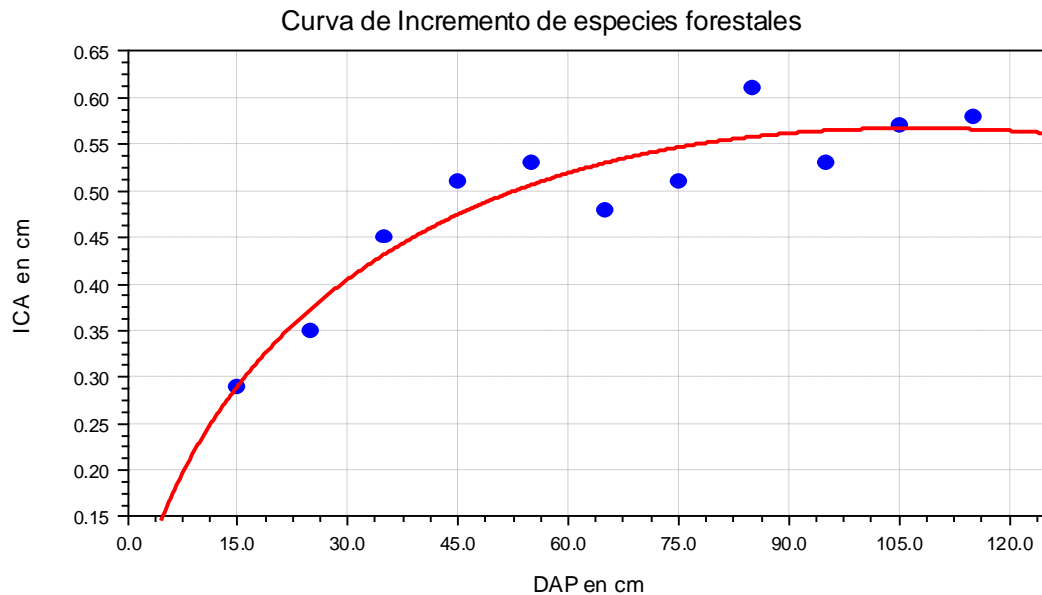
Clase	Marca de Clase DAP	ICA (cm/año)	ICA_A (cm/año)
1	15	0,29	0,291
2	25	0,35	0,374
3	35	0,45	0,432
4	45	0,51	0,475
5	55	0,53	0,507
6	65	0,48	0,530
7	75	0,51	0,547
8	85	0,61	0,558
9	95	0,53	0,564
10	105	0,57	0,567
11	115	0,58	0,566

Variable	N	CMError	Coef Corr	R ²	Iteración
ICA	11	0,001329	0,941863	0,88710591	5
Parámetros	Val.Ini.	Estimación	E.E.	T	p-valor
a	0,001	-0,017499	0,106972	-0,163587	0,8741
b	0,001	-0,011091	0,00409	-2,712057	0,0266
c	0,001	0,077374	0,023198	3,335428	0,0103

La ecuación obtenida para el ICA Ajustado, muestra un 89% de asociación entre las variables analizadas y un Error Estándar de 0,0364529.

$$ICA = -0.017499182 - 0.011091293 * DAP + 0.077373957 * DAP^{0.67}$$

Gráfico 4. Incremento diamétrico para las especies forestales de la EERC



3.5 TIEMPO DE PASO

El “tiempo de paso” representa el número de años que le toma al árbol promedio de una clase diamétrica, para pasar desde el límite inferior de su clase hasta el límite superior de la clase siguiente.

De acuerdo a los cálculos realizados permite señalar que un árbol de 10 cm para alcanzar o tener un diámetro de 20 cm requiere de 34 años. La última columna es la suma acumulada de los tiempos de paso; sus valores indican el tiempo que necesita un árbol de 10 cm, para alcanzar un diámetro mayor cualquiera, por ejemplo, si se desea saber cuánto se debe esperar para que un árbol logre 50 cm de DAP, (La Norma Técnica 248/98, sostiene que en bosques montano y montano el diámetro de mínimo de corta es de 50 cm), nos remitimos a la última fila y ésta indica que debe transcurrir 105 años.

Cuadro 11. Determinación de los tiempos de paso por clases diamétricas para las especies forestales de la EERC.

Clase Diamétrica (cm)	Marca de Clase	Arb/ha	ICA_A (cm)	Tiempo de paso (años)	Edad límite sup. (años)
10_20	15	177,50	0,291	34,36	34,36
20_30	25	90,50	0,374	26,75	61,11
30_40	35	37,00	0,432	23,14	84,25
40_50	45	11,68	0,475	21,06	105,32
50_60	55	5,23	0,507	19,74	125,06
60_70	65	2,67	0,530	18,87	143,93
70_80	75	1,42	0,547	18,29	162,22
80_90	85	0,77	0,558	17,93	180,15
90_100	95	0,42	0,564	17,72	197,86
100_110	105	0,23	0,567	17,64	215,50
> 110	115	0,30	0,566	17,67	233,17

3.6 TASA DE CRECIMIENTO DIAMÉTRICO DE LAS ESPECIES DE MAYOR PESO ECOLÓGICO

Se partió del cálculo del índice de valor de importancia realizado para todas las especies forestales con diámetros mayores a 10 Cm, el cual se utilizó para seleccionar las diez especies maderables más importantes por su peso ecológico dentro del bosque. Una vez seleccionadas las especies, se procedió a establecer la estructura diamétrica por especie por medio del software *Microsoft Excel* y *Statgraphics plus 3* para posteriormente determinar las tasas de crecimiento para cada especie.

Se puede advertir que las especies de mayor peso ecológico ocupan también los primeros lugares en la tasa de crecimiento rápido, superiores a 0.5 Cm/año como promedio. En este mismo cuadro, se muestra un segundo grupo de especies de crecimiento regular con valores de ICA entre 0.41 a 0.49 Cm/año catalogados como de crecimiento regular, finalmente hay otro grupo de especies de crecimiento lento con incremento en diámetro menores de 0.4 Cm/año, como son el Urundel, lanza blanca y Laurel blanco, posiblemente esto explicaría su condición de maderas duras las de crecimiento lento, mientras que las especies de crecimiento rápido son consideradas en el mercado como maderas valiosas.

Cuadro 12. Especies forestales de mayor peso ecológico con sus respectivos Incrementos Corrientes Anuales (ICA) en cm/año

Especie	Nombre científico	IVI (%)	ICA	Tipo de crecimiento
Cedrillo	<i>Cedrela sp.</i>	5,65	0,699	Rápido
Cebil colorado	<i>Anadenanthera colubrina (Vell. Conc.) Benth.</i>	10,54	0,667	Rápido
Tipa blanca	<i>Tipuana tipu (Benth.) Kuntze</i>	15,24	0,507	Rápido
Vilcaran	<i>Piptadenia viridiflora (Kunth.) Benth.</i>	5,83	0,492	Regular
Suiquillo	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	5,60	0,475	Regular
Membrillo	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	4,60	0,464	Regular
Lapacho amarillo	<i>Tabebuia heteropoda</i>	7,61	0,435	Regular
Lanza blanca	<i>Patagonula americana L.</i>	7,90	0,392	Lento
Urundel	<i>Astronium urundeuva (Fr. & All.) Engl.</i>	4,55	0,385	Lento
Laurel blanco	<i>Nectandra pichurim (Kunth) Mez.</i>	3,96	0,358	Lento

Conocer las tasas de crecimiento para los árboles, es un factor importante, sin embargo, para la zona de estudio, solo se contó con datos provenientes de parcelas permanentes de muestreo recolectados por diferentes investigadores que no detallaron la mortandad ni el reclutamiento, posiblemente por el deterioro de las placas de identificación, que a su vez han repercutido en la variabilidad de los incrementos y ha conducido a la eliminación de varios datos dudosos. No obstante, dichas tasas de crecimiento se asemejan a otros investigadores que han determinado incrementos en ecosistemas, los cuales varían de acuerdo a la especie, edad, condiciones físicas, entre otros factores ambientales.

Entre los trabajos referentes se cuenta con el estudio dendrocronológico de cinco especies forestales de Tarija (Leytón 2002), dónde indica un incremento promedio de 0.76 cm/año para el Cedro. Por su parte, Ávila (2003) sobre tiempos de paso en especies nativas en la comunidad de Morteritos ha obtenido un incremento corriente anual de 0.37 cm/año para el Vilcaran, 0.33 Cm/año para el *Astronium urundeuva*, para el lapacho (*Tabebuia impetiginosa*) un incremento de 0.37 cm/año, mientras que para el Cebil (*Anadenanthera colubrina*) obtuvo un incremento corriente anual de 0.40 cm/año.

Por su parte, Mancilla (2002) ha determinado un incremento en diámetro de 0.57 cm/año para las especies maderables de alto valor comercial y 0.39 cm/año para las especies poco valiosas de los bosques de Tariquía, si comparamos con el ICA promedio obtenido en este trabajo de 0.49 cm/año, se considera un intermedio que corrobora el crecimiento regular en diámetro.

Adicionalmente, estos resultados están corroborados con la investigación de Fessy (2007) que ha obtenido un incremento promedio de 0.46 cm/año para bosques montanos de La Paz. En resumen, la tasa determinada en el presente estudio, es similar a las tasas encontradas en bosques húmedos, y otras formaciones boscosas de Bolivia.

3.7 TURNO E INCREMENTO MEDIO ANUAL DE LOS ÁRBOLES

El cálculo del turno, es una de las medidas silviculturales que se utilizan para realizar aprovechamientos y garantizar de manera rápida la recuperación del bosque a su estado anterior o al estado deseable silvicultural y ecológico. Este sistema, solamente admite el aprovechamiento de los árboles gruesos. Para las especies de interés económico, desde el punto de vista de la calidad de la madera, se fija un diámetro mínimo de corta, mediante la conservación de las clases diamétricas medias y bajas, esperando poder garantizar siempre una regeneración suficiente y que con ello, se consolide un cierto tipo de producción natural forestal sostenida.

El turno está sustentado por la estructura diamétrica del bosque, la cual constituye una consideración básica para el manejo silvicultural orientado a la cantidad, calidad y continuidad de los rendimientos, además de los aspectos económicos según los fines del aprovechamiento y las exigencias del mercado. Según la legislación boliviana, en la elaboración de instrumento de manejo forestal comercial las especies de bosques montanos que no cuentan con el DMC, según la norma técnica 248/98, deben ser aprovechadas con un DMC de 50 cm.

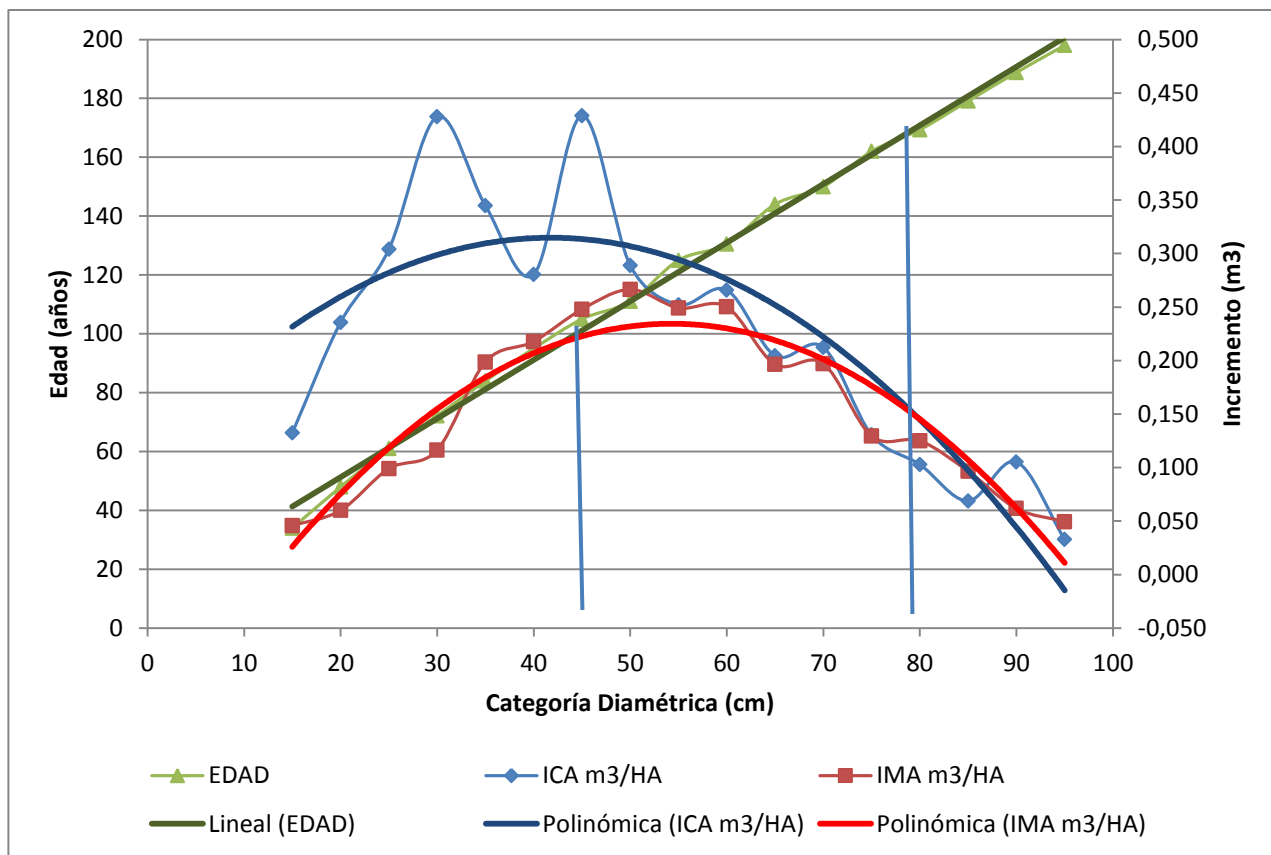
Para determinar el turno, se trabajó con datos de edad de todas las categorías diamétricas calculados en los tiempos de paso, partiendo de 15 Cm y hasta 100 Cm de las especies de la EERC.

Cuadro 13. Promedios totales de especies forestales de mayor peso ecológico con sus respectivos Incrementos Corrientes Anuales (ICA) e Incremento Medio Anual (IMA) del Volumen por categoría diamétrica de árboles en pie

CAT. DIAM (cm)	VOLUMEN Ha/CD	ICA (m ³ /Ha)	ICA (%)	EDAD (años)	IMA (m ³ /Ha)	IMA (%)
15	1,570	0,1326	0,084	34	0,0457	0,029
25	6,056	0,3040	0,192	61	0,0991	0,063
35	16,741	0,3448	0,218	84	0,1987	0,126
45	26,108	0,4289	0,271	105	0,2479	0,157
55	31,164	0,2522	0,160	125	0,2492	0,158
65	28,267	0,2045	0,129	144	0,1964	0,124
75	21,008	0,1307	0,083	162	0,1295	0,082
85	17,291	0,0689	0,044	179	0,0966	0,061
95	9,801	0,0329	0,021	198	0,0495	0,031
	158,007	1,8995			1,3126	

Posteriormente, se determinaron los valores del Incremento Medio Anual (IMA) a partir de las tasas de crecimiento en diámetro. Con estos parámetros y la edad se realiza una gráfica en Microsoft Excel, ajustando las curvas de los incrementos calculados con una línea de tendencia polinomial y la curva de edad con una de tendencia lineal. Obteniendo con este procedimiento un turno absoluto que se localiza en la intercepción de las líneas de ajuste de las curvas de ICA e IMA, de 170 años con un diámetro de 80 cm. Partiendo de este indicador se define un diámetro deseable de extracción forestal, siendo este de 50 cm (según Norma Técnica 248/98), con este diámetro se define el turno técnico, interceptando el diámetro con la línea de ajuste de la edad. Con este procedimiento se tiene un turno técnico de 110 años para un diámetro de 50 cm y aunque este método es una aproximación porque no toma en cuenta la mortandad ni el reclutamiento, pero, este cálculo ayuda a determinar una edad aproximada de corte y un ciclo de corta estándar que contribuye en la elaboración de los instrumentos de manejo forestal.

Gráfico 5. Proyección de turno para las especies forestales de la EERC



La gráfica indica que el incremento de ICA e IMA se manifiestan en dos direcciones hasta interceptarse, ajustado por una función polinómica, dónde puede advertirse tres fases: una fase joven con muy poco incremento en volumen por la presencia de árboles de fustes delgados, la segunda fase, con incremento acelerado y una tercera fase, con incremento en reducción originada por la vejez de los árboles.

En Bolivia, los Planes de Manejo Forestal se contemplan un ciclo de corta de 20 años (tiempo teórico razonable para la recuperación de volúmenes extraídos), para DMC de 50 cm, sin embargo, por la gráfica anterior, se observa que el cruce de las curvas de ICA e IMA se produce a los 80 Cm que define un turno teórico de 170 años, y el turno técnico queda definido en 45 cm, que alcanza a una edad promedio de 100 años, observándose una diferencia de 70 años. Tomando en cuenta estos resultados, para el manejo de los bosques de Río Conchas, se considera un turno técnico de 100 años,

con 5 Áreas Anuales de Aprovechamiento y ciclos de corta de 20 años, para ser consecuentes con la legislación boliviana.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

El estrato inferior del bosque, conformado por árboles con diámetros entre 10 cm y 40 cm, ha reportado 26 familias botánicas, 40 géneros y 43 especies, mientras que el estrato superior del bosque con árboles de diámetros mayores a 40 cm, ha registrado 24 familias botánicas, 35 géneros y 37 especies; donde las familias de mayor abundancia fueron Mimosoideae, Papilionoidea, Boraginaceae, Bignoniaceae, Sapindaceae y Polygonaceae.

Las especies forestales del estrato superior del bosque con mayores pesos ecológicos son *Tipuana tipu*, *Anadenanthera colubrina*, *Patagonula americana*, *Tabebuia heteropoda*, *Piptadenia viridiflora*, *Cedrela* sp. y *Diatenopteryx sorbifolia*; mientras que las restantes especies presentaron valores de IVI inferiores a 5%.

El modelo que describe la relación diámetro - frecuencia, para diámetros en el rango de 10 a 39.9 cm, presenta un ajuste a la función exponencial negativa de Meyer I, mostrando una tendencia en *J* invertida, lo cual sugiere la estabilidad del bosque, debido a la existencia de individuos en varios estadios de desarrollo, asegurando de esta manera su regeneración, mientras que árboles con diámetros mayores a 40 cm se ajustaron a la distribución binomial negativa, con pocos individuos en las categorías superiores, que induce a inferir la posible eliminación de estos árboles afectaría considerablemente la sostenibilidad.

La tasa de crecimiento por categoría diamétrica, está dada por la ecuación $ICA = 0.077374 * DAP^{0.67} - 0.011091 * DAP - 0.017499$; con 89% de asociación entre las variables analizadas y un Error Estándar de 0,036.

Se pudo comprobar que las especies de mayor peso ecológico experimentan tasas de crecimiento rápido, superiores a 0.5 cm/año; asimismo, hay un segundo grupo de especies de crecimiento regular con valores de ICA entre 0.41 a 0.49 cm/año catalogados como de crecimiento regular, finalmente hay otro grupo de especies de crecimiento lento con incremento en diámetro menores de 0.4 cm/año. El promedio

de tasa de crecimiento encontrada para el bosque en general es 0.49 cm/año. En resumen, la tasa determinada en el presente estudio, es similar a las tasas encontradas en bosques húmedos, y otras formaciones boscosas de Bolivia.

A partir de esta estimación, se puede inferir, que los árboles que se encuentran en la clase 40 cm se demoran en promedio 21 años para pasar a la siguiente clase diamétrica y para alcanzar el diámetro mínimo de corta de 50 cm establecido por la legislación boliviana, debe transcurrir 105 años desde su establecimiento en el bosque.

El turno teórico de aprovechamiento, determinado por la intercepción de las líneas de ajuste de las curvas de ICA e IMA, indica un diámetro de 80 cm que alcanza a los 170 años, sin embargo, el turno técnico queda definido en 45 cm, por la intercepción del diámetro con la línea de ajuste de la edad, que alcanza un promedio de 100 años. Tomando en cuenta estos resultados, para el manejo de estos bosques, se considera un turno técnico de 100 años, con 5 Áreas Anuales de Aprovechamiento y ciclos de corta de 20 años, para ser consecuentes con la legislación boliviana.

Mediante el análisis del ICA e IMA de volumen de árboles por categorías diamétricas para todas las especies arbóreas, el incremento se manifiesta en dos direcciones, ajustado por una función polinómica y que además tienen tres fases: una fase joven con muy poco incremento, la segunda fase, con incremento acelerado y una tercera fase, con incremento en reducción originada por la edad de los árboles.

4.2 RECOMENDACIONES

Para las especies de alto valor comercial como el Cedro y la Quina Colorada que presentan valores bajos en Índice de Valor de Importancia en el bosque, es necesario implementar sistemas de enriquecimiento, con el objeto de que se incremente la regeneración de las especies que se encuentran en un alto grado de afectación, además de que es muy importante preservar individuos de grandes tamaños, a los cuales se les considera de gran potencial como fuentes semilleros.

Continuar y dar regularidad a las acciones de monitoreo de la vegetación en las parcelas permanentes de muestreo, instaladas en el Predio de la Universidad, para obtener un mayor número de datos en todas las clases diamétricas para estudios posteriores.

Se debe mejorar la codificación actual de los árboles en las parcelas permanentes de muestreo para garantizar la confiabilidad de los datos a recolectar, puesto que no hay registro de reclutamiento en las parcelas, además las placas de identificación se hallan deterioradas.