

## INTRODUCCIÓN

### 1. Antecedentes.-

La Ley Forestal N.º 1700 aprobada el 12 de julio de 1996 ha cambiado el sistema de aprovechamiento forestal anterior y creó un nuevo modelo de aprovechamiento, ya en estos dieciséis años justifica ajustar este modelo de aprovechamiento forestal con información existente, producto de experiencias propias de las empresas, de información existente de las parcelas permanentes de muestreo (PPM) o de las investigaciones hechas por instituciones como BOLFOR, IBIF, y otras preocupadas en la sostenibilidad de los bosques.

El éxito de los Planes de Manejo en Bolivia pasa fundamentalmente por el éxito económico del mismo, que haga atractiva la actividad forestal para el usuario del bosque, donde las utilidades puedan reinvertirse en los bosques con actividades de protección de invasiones de ilegales e incendios forestales, implementación de planes silviculturales, y garantice mayor empleo en el área rural, que el manejo de bosques pueda convertirse en una herramienta que permita combatir la pobreza.

La continuación del proceso en la búsqueda de la sostenibilidad del aprovechamiento forestal, no sólo debe ser ecológica sino también económica y social, se hace necesario evaluar las intensidades de aprovechamiento forestal definido en los planes generales de manejo por los usuarios del bosque en estos trece años.

Los operadores del manejo forestal plantean la necesidad de hacer modelaciones de aprovechamiento no sólo considerando el crecimiento como única fuente de sostenibilidad sino una estrategia de mercado, que permitan revisar los diámetros mínimos de corta, para tener una estrategia de aprovechamiento forestal por especie que garantiza su sostenibilidad.

## 2. Justificación.-

- Es necesario conocer cuál es el futuro de las especies que hoy se están aprovechando intensamente, si existe o no el riesgo de entrar en una economía en extinción<sup>1</sup> para estas especies y definir cuál de ellas entra en ese proceso.
- El conocimiento exacto del futuro de las especies aprovechadas permitirá al usuario forestal mantener o re proyectar su plan de negocios para el próximo ciclo de corta.



---

<sup>1</sup> Una economía de extinción, implica que como ya hay pocos individuos de una determinada especie cada vez los buscan más porque adquieren más valor.

### 3. Objetivos.-

#### 3.1. Objetivo general.-

Determinar la sostenibilidad productiva del morado (*Machaerium scleroxylon Tul*), roble (*Amburana cearensis (Allemão) A. C. Smith*), tajibo (*Tabebuia serratifolia (Vahl) G. Nicholson*), sirari (*Copaifera chodatiana Hassl.*) y curupaú (*Anadenanthera colubrina (Vell. Conc.) Benth.*), en los diferentes ciclos de cosecha, bajo un sistema de aprovechamiento policíclico en un bosque seco subtropical de la Concesión Forestal Marabol.

#### 3.2. Objetivos específicos.-

- Analizar y comparar el Diámetro Mínimo de Corta (DMC) de las especies forestales aprovechadas, a través de la ley de De Liocourt, tomando en cuenta los datos del inventario de reconocimiento con los datos del muestreo intensivo en un área piloto de 880 has.
- Analizar la estructura de la población de las especies en estudio a través de las curvas de la comparación de la distribución diamétrica teórica y observada del inventario de reconocimiento y del muestreo en el área piloto, con el fin determinar si se ajustan al modelo de la “j” invertida.
- Proponer una intensidad de aprovechamiento y un ciclo de corta de las especies morado (*Machaerium scleroxylon Tul*), roble (*Amburana cearensis (Allemão) A. C. Smith*), tajibo (*Tabebuia serratifolia (Vahl) G. Nicholson*), sirari (*Copaifera chodatiana Hassl.*) y curupaú (*Anadenanthera colubrina (Vell. Conc.) Benth.*) en los diferentes turnos de cosecha, con el fin de garantizar la sostenibilidad en este tipo de bosque.
- Determinar y analizar los costos de producción de las especies estudiadas para cada ciclo de corta con el fin de determinar la rentabilidad económica por ciclo de corta.

#### **4. Hipótesis.-**

El sistema de aprovechamiento forestal policíclico empleado en la Concesión Marabol garantiza la sostenibilidad productiva de las principales especies forestales del bosque seco subtropical de la formación chiquitana de Santa Cruz

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 1.1. DINÁMICA DEL BOSQUE

##### 1.1.1. Renovación del bosque natural

En general los bosques tropicales presentan procesos dinámicos muy activos debido a diferentes perturbaciones, como la caída de un árbol que ocasiona la apertura de un pequeño claro, dando lugar a una serie de cambios que influyen en la aparición de un grupo de especies allegadas a esta condición ecológica. Estos espacios abiertos en el bosque favorecen el proceso de renovación mediante la dinámica de regeneración (Ashton 1980).

Valerio y Salas, (1998), indican que para asegurar una futura población de individuos de especies forestales se debe tomar en cuenta el intercambio genético, esto quiere decir la polinización entre ellos, donde la dinámica de una población dependerá de dos puntos importantes: las exigencias ambientales y estrategias de perpetuación de las especies, característica y estructura del bosque. Para Gomes–Pompa y del Amo, (1985), la alteración del bosque por diversas causas marca el comienzo de cambios drásticos, dando como resultados una gama de acciones al perturbar la dinámica del bosque.

Durante los procesos dinámicos, las fases de regeneración del bosque constituyen el estado del ciclo de regeneración o estado sucesional del micrositio de regeneración, el cual tiene estrecha relación con la iluminación que pudiera llegar a este micrositio; sin embargo la iluminación sobre cada individuo en particular puede ser muy variable en un mismo claro de bosque en reconstrucción dentro de una eco-unidad (Clark y Clark 1992). De acuerdo con Whitmore (1978), las etapas de la regeneración se presentan en tres fases:

- a) Fase de claros, que se refiere a la apertura del dosel por la caída de los árboles y que son los que inician el proceso de renovación.

- b) Fase de reconstrucción, que consiste en árboles jóvenes, en su mayoría especies intolerantes a la sombra, que crecen rápidamente para poblar la apertura y alcanzar la altura del dosel superior.
- c) Fase de madurez, formado por un dosel superior intacto de árboles grandes.

En la dinámica del bosque un indicador de la importancia de los claros es la proporción de las especies existentes (75%) que depende de los claros para regenerarse exitosamente. Por su parte, Fredericksen *et al.* (2001), indican que entre el 1 al 5 % del dosel se abre cada año debido a las caídas naturales de los árboles, donde la formación constante de estos claros brinda la oportunidad y continuidad para que nuevos árboles y/o especies pioneras se eleven hacia el dosel superior dentro del bosque.

En un estudio realizado por Asquith (2002) sobre dinámica del bosque, se encontró que el grado de alteración incide en el patrón de la regeneración y éste no sólo debe ser tomado como un simple punto de partida de un proceso de reconstrucción de diversidad, sino como un proceso dinámico que opera a largo plazo, por lo que algunos investigadores sugieren que las perturbaciones naturales y la diversidad del bosque tropical se encuentran indisolublemente ligadas. El conocimiento de la dinámica del bosque (crecimiento, regeneración, estructura horizontal y vertical) y de los niveles de iluminación que los diferentes gremios ecológicos requieren, son elementos determinantes para el manejo silvicultural (Manzanero y Pinelo 2004).

### **1.1.2. Aperturas de dosel como factor que induce a la regeneración natural**

Las aperturas o claros ocurridos en el dosel del bosque juegan un papel muy importante en la dinámica del bosque y son causados por varios factores, como la caída total o parcial árboles a raíz de su muerte natural por vejez o vientos fuertes; muchas veces al caer un árbol tumba otros árboles vecinos. Biológicamente un claro implica cambios multidimensionales, estructurales, microclimáticos, edáficos y bióticos (Hartshorn 1980).

Las aperturas del dosel también pueden ser causadas por el aprovechamiento, generando tamaños mucho mayores que las causadas de forma natural, pero favoreciendo también al establecimiento de especies maderables heliófitas, lo mismo que para las especies no comerciales (árboles y lianas) que en muchas ocasiones impiden el establecimiento o rápido desarrollo de la regeneración de especies comerciales (Pariona y Fredericksen 2000).

Los claros juegan un papel muy importante para el mantenimiento y crecimiento de la diversidad de diferentes especies. Para Asquith (2002) existe una relación directa entre el dinamismo del bosque y la riqueza de especies, también afirma que cuanto más rápido crece un bosque, más pronto morirán sus árboles, más rápido será la formación de claros y la tasa de recambio (vida media) del rodal. Rojas (1999) realizó un estudio en doseles superiores y medios, notó la predominancia de heliófitas de rápido crecimiento (especies efímeras y durables) y que las heliófitas de crecimiento regular que tenían una baja intensidad y a la vez poca abundancia de regeneración natural del bosque.

(Sandoval, 2005) encontró en un bosque húmedo tropical en Bolivia una abundancia baja en cuanto a regeneración natural debido a que la condiciones de iluminación para la regeneración de heliófitas durables en los bosque naturales son muy adversas y rara vez se les presentan condiciones favorables, teniendo pocas oportunidades que le permitan alcanzar el dosel. Las aperturas del dosel en un bosque natural producidas por caídas de un árbol no son tan abundantes como las condiciones de dosel cerrado.

### **1.1.3. Gremios ecológicos**

Existen dos estrategias generales de reproducción: la de las especies, que tienen altas tasas de producción de semilla y que colonizan sitios de variedad amplia de condiciones ambientales, y de las especies de estrategia k, que toleran la sombra y que pueden formar poblaciones densas sin mayor demanda de recursos. Las especies de ambas estrategias se complementan para responder a las características de la dinámica del bosque (Hallé et al. 1978).

Dependiendo de su estrategia, las especies tienen ciertas características que las identifican.

Las características predecibles de estos individuos selectos son, además del tamaño grande, reproducción retardada, reproducción en varias oportunidades, una baja asignación reproductiva, descendientes grandes (y poco numerosos) con más cuidado parental. Los individuos generalmente invierten en incrementar la sobrevivencia (y no la reproducción); aunque en la práctica, debido a la intensa competencia, muchos de ellos tendrán vidas muy cortas (Hallé et al. 1978).

Las dos estrategias definidas anteriormente nos conducen a un mejor entendimiento de los gremios. Un gremio es definido como un grupo de especies que explota la misma clase de recurso del medioambiente de una manera similar. Este término fue usado para referirse a cuatro grupos de plantas, las que dependen de otras plantas para su existencia: lianas, epifitas, saprófitas y parásitas. Este uso del término gremio no llegó a establecerse en su momento y pudo ser considerado obsoleto o arcaico.

Se usa la palabra gremio en un nuevo sentido debido a que éste parece ser el más evocativo y sucinto para grupos de especies teniendo similares modelos de explotación (Root 1967).

#### **1.1.3.1. Concepto de gremio**

El término gremio (traducido del inglés 'guild') se define como un grupo de especies que explota la misma clase de recursos del medioambiente de una manera similar. El gremio agrupa especies que solapan significativamente en sus requerimientos de nicho, sin considerar la posición taxonómica (Root, 1967).

Debido a que la luz es reconocida como el factor ambiental que presenta mayor variación, las especies forestales se clasifican en función a su respuesta a la variación de este recurso. Acompañando al gradiente del recurso luz en el ambiente, las especies han desarrollado dos estrategias biológicas extremas básicas conocidas como esciofitismo o tolerancia a la sombra y heliofitismo o intolerancia (Whitmore, 1998).

Las especies difieren en sus necesidades ecológicas en cuanto a recursos ambientales tales como nutrientes del suelo, agua y luz. Las especies arbóreas también varían en otros aspectos, a saber sus tasas de crecimiento, tiempo de vida, producción de semillas y forma de crecimiento. El conocimiento de dichas diferencias es esencial para el manejo los bosques tropicales que se caracterizan por su diversidad de especies. No obstante, sería difícil manejar específicamente cada una de las especies del bosque. Por consiguiente, las especies generalmente se organizan en grupos, de acuerdo a sus semejanzas en cuanto a requerimientos ambientales. Dichos grupos de especies arbóreas se denominan “gremios ecológicos”. (Fredericksen, et al, 2001).

Las especies tolerantes a la sombra presentan tasas fotosintéticas bajas aún en intensidades lumínicas altas, un punto de compensación bajo, reducidas tasas de respiración en la oscuridad y bajo punto de saturación del aparato fotosintético a intensidades bajas de luz. Las bajas tasas de respiración a la oscuridad y consecuentemente el bajo punto de compensación lumínico, hacen posible que estas especies puedan mantener un balance positivo de carbono aún en muy bajas condiciones de iluminación (Bazzaz y Pickett, 1980; Finegan, 1993).

Las especies intolerantes a la sombra, cuando se encuentran con buena iluminación, presentan tasas fotosintéticas muy elevadas, un alto punto de compensación lumínico, y altas tasas de respiración en la oscuridad. Cuando las condiciones de iluminación no son adecuadas, su rendimiento fotosintético puede ser inferior al de las esciófitas y puede tolerar por muy poco tiempo un balance negativo de carbono resultante de las altas tasas de respiración en la oscuridad (Bazzaz y Pickett, 1980; Bjorkman, 1968; Fetcher et al., 1987).

Las especies de un mismo gremio comparten no solamente patrones generales de regeneración natural y potencial de crecimiento, sino también de propiedades de madera y usos generales. El análisis de los gremios de especies forestales, al integrarse con los conocimientos de las gradientes que presentan los recursos y las condiciones del ambiente, permite una mayor comprensión de los bosques naturales y su dinámica (Finegan, 1996).

### 1.1.3.2. Clasificación de los gremios ecológicos

El propósito de la clasificación de especies en grupos relativamente homogéneos es particularmente necesario porque muchas especies son representadas por muy pocos individuos en cualquier área de estudio. Para clasificar las especies en grupos o gremios, se impone un grado de simplificación que reduzca el contenido de información pero revele los patrones generales y facilite las predicciones acerca del proceso del bosque (Swaine y Whitmore, 1988).

A continuación según Swaine y Whitmore se describen las características generales de las heliófitas y esciófitas.

Gremio	Descripción	Ejemplos en Bolivia
Heliófitas efímeras	Especies muy intolerantes a la sombra que se presentan en ambientes de sucesión temprana y sobreviven por corto tiempo.	Ambaibo ( <i>Cecropia</i> spp.) Pica-pica ( <i>Urera</i> spp.) Balsa ( <i>Ochroma</i> spp.) <i>Helicocarpus</i> spp. <i>Trema micrantha</i>
Heliófitas durables	Especies intolerantes a la sombra que se establecen en ambientes alterados, pero que son de larga vida y ocupan posiciones en la parte alta del dosel del bosque.	Mara ( <i>Swietenia macrophylla</i> ) Cedro ( <i>Cedrela</i> spp.) Tajibo ( <i>Tabebuia</i> spp.) Curupaú ( <i>Anadenanthera</i> spp.) Picana ( <i>Cordia</i> spp.) Serebó ( <i>Schizolobium</i> spp.)
Esciófitas parciales	Tolerantes a la sombra, en cierto grado, pero dependen de la pronta formación de claros para sobrevivir y crecer en el dosel del bosque.	Ochoó ( <i>Hura crepitans</i> ) Momoqui ( <i>Caesalpinia</i> spp.) Tasaá ( <i>Acosmium cardenasii</i> ) Sirari ( <i>Ormosia</i> spp.)
Esciófitas totales	Tolerantes a la sombra, capaces de sobrevivir varios años bajo el dosel del bosque y hasta crecer en estas condiciones.	Ojoso ( <i>Pseudolmedia</i> spp.) Mururé ( <i>Clarisia racemosa</i> )

Los dos grandes gremios que se reconocen son las especies esciófitas (que toleran sombra) por un lado y por otro las heliófitas (que requieren luz). Sin embargo, la simple división en estos grupos es muy amplia, y a veces contradictorio debido a que la dinámica del bosque puede exponer al árbol a cambios drásticos de regímenes lumínicos durante su vida (Whitmore 1984). Finegan (1997) identifica tres gremios:

**Heliófitas efímeras (HE):** Son también conocidas como pioneras y muy demandantes de luz. Se encuentran especies de los géneros Cecropia, Heliocarpus, Ochroma y Trema. Sus características juegan un papel fácilmente reconocible en la rápida colonización y ocupación de sitios abiertos; producción a una edad precoz de una gran cantidad de semillas ampliamente diseminadas y presentes, vivas y enterradas, en el banco de semillas del suelo tanto de bosques primarios como de parcelas cultivadas; alta capacidad fotosintética en buena iluminación permitiendo un crecimiento muy rápido con la asignación de una proporción relativamente alta de los recursos conseguidos a la producción de más hojas y al reproducción; madera liviana, suave y de poco resistencia; vida relativamente corta (10 – 15 años).

**Heliófitas durables (HD):** Son representadas por especies bien conocidas como Cedrela, Switenia, Huracrepitans, Eucaliptus y Pinus. Son demandantes de luz, pero en menor grado que las HE. Se desarrollan en claros y también en sitios abiertos después de que las efímeras desaparecen y los ocupan por un periodo largo. El tamaño de los individuos es de grande a muy grande y de vida relativamente larga, su madera es moderadamente liviana a suave.; buena capacidad fotosintética si hay luz, semillas pequeñas a livianas y de vida más corta que las HE además de fuerte diseminación por viento, aves y murciélagos; las plántulas pueden sobrevivir a la sombra por periodos cortos, no se regeneran bajo su propia sombra.

**Esciófitas (E):** Son especies tolerantes a la sombra, representado por especies como las del género Virola, Carapa, Aspidospermas, Minquartia y Machaerium. Son de crecimiento más lento que las HD y presentan fotosíntesis saturable a baja iluminación; tienen mayor asignación de recursos que les permitan una vida larga, sus semillas son medianas a grandes, alta reserva alimenticia en los cotiledones, baja capacidad de tolerar altas temperaturas y condiciones de suelo seco. Pueden regenerarse bajo su propia sombra, así como en cualquiera de las fases en que se encuentre y en cualquier momento. Su madera es moderadamente pesada a pesada.

### **1.1.3.3. Utilidad de los gremios ecológicos**

La utilidad de los gremios ecológicos se deriva de su capacidad para resumir información sobre los requerimientos de las especies arbóreas en los bosques manejados, a fin de facilitar la determinación de tratamientos silviculturales. Por ejemplo, si la mayoría de las especies de un bosque manejado son heliófitas, se necesitarán grandes aperturas del dosel para brindar suficiente luz para su regeneración. Estas condiciones se pueden ofrecer mediante un aprovechamiento de alta intensidad y, quizás, aplicando tratamientos adicionales que proporcionen suelo abierto para la germinación de dichas especies o control de la vegetación competidora en los años posteriores al aprovechamiento para mantener ambientes abiertos e iluminados. Por el contrario, si la mayoría de las especies manejadas son esciófitas, las grandes aperturas no serán necesarias ni deseables (los claros grandes estimulan el crecimiento de heliófitas, que compiten por la luz con las esciófitas). En estas circunstancias, será preferible aplicar un aprovechamiento selectivo y de menor intensidad. Frecuentemente, las especies deseadas para la producción constituyen una mezcla de heliófitas y esciófitas. En este caso, el profesional forestal deberá usar un enfoque equilibrado, creando claros grandes en partes del bosque, pero manteniendo pequeñas aperturas en otras, a fin de generar condiciones apropiadas para ambos gremios. Cabe notar que la mayor parte de las especies comerciales valiosas de Bolivia son heliófitas durables. (Fredericksen, et al, 2001).

### **1.1.4. La regeneración natural**

Desde el punto de vista dinámico, Rollet (1971) y Gómez – Pompa y del Amor (1985) definen regeneración natural como el conjunto de procesos mediante los cuales el bosque se restablece por medios naturales, dando lugar a un nuevo bosque constituido por individuos más sanos, vigorosos y adaptados al sitio o medio.

Desde el punto de vista estático, existen muchas definiciones. Por ejemplo, (Morales 2000) indica que el término regeneración incluye todos los individuos por debajo del diámetro mínimo comercial, mientras que Sáenz y Finegan (2000) definen como regeneración natural a toda aquella vegetación que se encuentra por debajo de 10

cm. DAP.

La capacidad de la regeneración natural de la especie depende mucho de los caracteres ecológicos de la semilla y las condiciones que presenta el bosque, estos son los principales factores involucrados que determinan la abundancia de plántulas. De otra manera, las plántulas determinan la futura abundancia de los árboles maduros es por eso que Mostacedo y Pinard (2001) determinan como etapa crítica la fase de semilla y plántulas las cuales se deben tomar como un punto muy importante antes de realizar un aprovechamiento forestal.

Para Fredericksen et al. (2001) la floración y la producción de semillas de los árboles maduros es el inicio de la regeneración. El ritmo del florecimiento y fructificación de las plantas se denomina fenología. Es necesario considerar la fenología de los árboles del bosque para la toma de decisiones silviculturales, puesto que mediante ésta se puede determinar la época más apropiada para el aprovechamiento, y a su vez el establecimiento de árboles semilleros.

El establecimiento de plántula es una parte importante de la dinámica del bosque para determinar la composición de la población futura, por lo tanto una regeneración adecuada es de gran importancia para el aprovechamiento sostenible de especies maderables comerciales (Boesen y Schitoz 2003).

La regeneración natural de las especies de los árboles a aprovechar dependen mucho de su fenología o sea fructificación y diseminación de sus semillas, mediante esta información se puede determinar cuando es la época más apropiada para el aprovechamiento forestal (Fredericksen et al. 2001).

De acuerdo con Pariona y Fredericksen (2000) para poder asegurar la regeneración natural en un bosque ya intervenido es necesario dejar árboles semilleros para favorecer el establecimiento de especies con escasez o carencia de regeneración sobre todo aquellas con mayor porcentaje de aprovechamiento, es muy probable que después de algunos ciclos de corta, las especies deseables ya no tengan una representatividad adecuada en estas zonas.

Cuando ocurren aperturas se da inicio a un proceso dinámico de su ocupación por parte de las especies. Hartshorn (1978) menciona los siguientes factores que afectan el establecimiento exitoso de la regeneración en las aperturas:

- a) La época en que ocurre la apertura, que debe coincidir con la producción de semillas de las especies, o en su defecto la semilla debe presentar mecanismo de latencia.
- b) La distancia entre la semilla y la apertura, donde los mecanismos y capacidades de dispersión de la diáspora es muy importante.
- c) Las condiciones del sustrato, lo cual influenciará la germinación y el establecimiento de brinzales.
- d) El tamaño de la apertura, del cual dependerá qué especies colonizan o no la apertura en función a la demanda de luz de la especie.
- e) La relación planta-herbívoro, vinculado con la capacidad de la especie de evadir el ataque de depredadores.

Adicionalmente, Finegan y Delgado (1997) mencionan que el clima, suelo y topografía juegan un rol importante para el establecimiento de la regeneración natural según la zona de vida, además de los factores de micrositios (unidad o sitio de muestreo) a escala pequeña de las condiciones y recurso que presenta el sustrato.

#### **1.1.4.1. Clasificación de la regeneración natural**

##### **1.1.4.1.1. Clasificación dimensional**

Considerando que las operaciones silviculturales aplicadas a la regeneración natural dependen del tamaño de la misma, resulta necesario clasificarla en las siguientes categorías de acuerdo a su dimensión. (Robin aus der Beek; Grace Sáenz, 1.992).

- Brinzales: Individuos DAP <5cm y h>1.3cm.
- Latizal: Individuos DAP 5cm,>DAP<9,9cm.
- Fustal: Individuos DAO 10cm.>DAP<DMC.

#### **1.1.4.1.2. Clasificación ecológica**

Desde el punto de vista ecológico, la luz es uno de los principales factores que afectan las posibilidades de establecimiento y crecimiento de la regeneración por esta resulta necesario clasificar las especies en función de su temperamento.

Esta clasificación es uno de los elementos fundamentales para elegir la técnica silvicultural de regeneración mas apropiada (Schütz, 1984).

Con fines prácticos para determinar el sistema de regeneración más apropiado a una especie consideramos adecuada la clasificación, la cual toma en cuenta no sólo las exigencias para el establecimiento, sino también para el crecimiento de la regeneración. La cual hace la siguiente distinción:

- Heliofitas efímeras (se establecen y crecen solamente en claros grandes).
- Heliofitas durables (se establecen bajo dosel pero requieren de claros para crecer).
- Eciofitas parciales (se establecen y crecen bajo dosel, pero exigen luz directa para pasar de la etapa de fuste joven a fuste maduro).
- Eciofitas totales (se establecen y crecen bajo dosel).

#### **1.1.4.2. Establecimiento de la regeneración natural**

Una de las bases fundamentales del manejo sostenible de los bosques tropicales, es el mantenimiento de la regeneración natural. Esta forma de manejo, requiere que las especies maderables aprovechadas, regeneren de forma natural para mantener sus poblaciones y asegurar la futura productividad del bosque (Bawa & Seidler, 1998; Mostacedo & Fredericksen, 1999).

No es fácil determinar cuanta regeneración está “adecuada” especialmente sin contar con datos recolectados sobre ésta (desde plántulas hasta árboles con dap<20 cm.) durante los censos o inventarios. Los profesionales forestales bolivianos deberían encargarse de recolectar dichos datos y analizarlos para poder diagnosticar el estado de regeneración de los bosques. El número exacto de plántulas, brinzales y latizales

necesarios para la buena regeneración de un rodal generalmente depende de las tasas de crecimiento y mortandad de cada especie. (Fredericksen, et al, 2001).

#### **1.1.4.3. Efectos del aprovechamiento forestal en la regeneración natural**

El aprovechamiento de especies maderables, tiene varias consecuencias para la regeneración natural, algunas con efectos opuestos. Por un lado, los daños y mortalidad de los individuos, la reducción considerable de la producción de frutos, y el aumento de la disponibilidad de luz en el bosque residual (Chapman & Chapman, 1997; Curran et al., 1999; Dickinson et al., 2000; Jackson et al., 2002; Van Rheenen et al., 2003). Por otro lado, se ha encontrado que el aprovechamiento forestal y otras actividades antropogénicas, podrían influenciar la distribución espacial de las especies del bosque (Clark et al. 1995; Rivas et al, 2005); incluso puede alterar significativamente la abundancia y modificar la distribución espacial de la regeneración natural de las especies aprovechadas y remanentes. Sin embargo, a nivel de especies, aún no se conoce a ciencia cierta, cuál es el grado de impacto que ocasiona la remoción de una alta proporción de árboles semilleros y cómo se configura la estructura espacial, ante un escenario pos aprovechamiento con menos árboles semilleros y más distanciados entre sí, cuyos temperamentos y estrategias reproductivas son diversos. Este tipo de información es necesaria, para mejorar las prescripciones genéricas de manejo forestal existentes.

El impacto integrado de estos efectos, se puede evaluar solamente algunos años después del aprovechamiento forestal. Frecuentemente, los estudios de los efectos del aprovechamiento sobre la regeneración natural de algunas especies, han sido realizados inmediatamente después del aprovechamiento (Fredericksen & Mostacedo, 1999; Pariona et al., 2003; Schiotz et al., 2006). Pero dichos estudios, no contemplan el impacto del aprovechamiento forestal a largo plazo. Además, para una gran mayoría de las especies forestales comerciales, la información es aún escasa y en otros casos inexistente (Fredericksen & Mostacedo, 1999).

#### **1.1.4.4. Éxito de la regeneración natural**

El éxito de la regeneración natural es considerado como la clave para el manejo sostenible de los bosques tropicales. Asegurar el remplazo de individuos aprovechados ha sido una preocupación constante para los ecólogos y especialistas forestales, con el fin de mantener la estructura y composición de los bosques. Esta preocupación se manifiesta en la gran información generada en los últimos años. Autores como Álvarez-Buylla y García-Barrios (1991), Brandani et al. (1988), Brokaw (1987), Martínez-Ramos et al. (1988), Martínez-Ramos (1994), Mostacedo et al. (1998), Núñez-Farfán y Dirzo (1988), Schupp et al. (1989), Uhl et al. (1988) y Whitmore (1989), han generado información sobre la dinámica de los claros naturales o de origen antrópico. Otros autores como Augspurger y Franson (1988), Bodmer (1991), Chambers y MacMahon (1994), Garwood (1989), Guariguata y Azocar (1988), Guariguata y Pinard (1998), Guevara y Gómez-Pompa (1972), Holthuijzen y Boerboom (1982), Howe y Smallwood (1982), Janzen (1971), Loiselle et al. (1996), Sinha y Davidar (1992), Uhl y Clark (1983), Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1982a, 1982b, 1993), Whitmore (1983), Young et al. (1987) y Álvarez-Buylla y Martínez-Ramos (1990) han enfocado sus estudios sobre la ecología de semillas. Asimismo, muchos estudios se han efectuado para determinar los efectos de los tratamientos silviculturales en la abundancia y crecimiento, especialmente, de especies comerciales (Budowski 1988, Buschbacher 1990, Finegan 1992, Finegan et al. 1999, Fredericksen 2000a, Gr et al. 1999, Guariguata, 1999, Hutchinson 1988, 1993, Lamprecht, 1990, Larsen, 1995, Martínez-Ramos y Samper 1998, Peralta 2000, Uhl y Vieira 1989, Valerio y Salas 1996, Valerio 1996).

La investigación silvicultural efectuada en el país está produciendo información sobre opciones para la prescripción y aplicación de tratamientos silviculturales, incluyendo su eficacia, costos e impactos ecológicos (Fredericksen, 2000b, Howard et al. 1996, Pariona y Fredericksen 1999, Pariona y Fredericksen 2000). Estudios preliminares han detectado muchos problemas de regeneración de especies forestales (Mostacedo y Fredericksen 1999) que es necesario solucionar para asegurar cohortes de categorías

jóvenes. Los problemas de regeneración de especies pueden deberse a distintas causas y, por ello, las soluciones también deben ser diversas. La falta de regeneración puede tener muchas causas, como la falta de árboles semilleros, producción irregular de semillas, altas tasas de depredación de semillas y herbivoría en individuos jóvenes, bajas tasas de germinación, falta de suficiente luz, y/o la excesiva competencia de lianas (Mostacedo y Fredericksen 1999).

En este sentido, la silvicultura es una ciencia que puede ayudar a solucionar dichos problemas mediante el manejo de los bosques y la aplicación de ciertos tratamientos que permitan un desarrollo acelerado de las plantas.

## **1.2. APROVECHAMIENTO FORESTAL**

El aprovechamiento forestal constituye el principal tratamiento silvicultural en el manejo forestal, su aplicación puede causar tanto trastornos positivos, como negativos en el bosque. Por ello, el conocimiento de las condiciones del bosque y sus necesidades son importantes para que la implementación del manejo permita alcanzar los objetivos previstos.

La principal regulación que se ha usado en los bosques tropicales bolivianos, ha sido la definición de un Diámetro Mínimo de Corta (DMC) para las especies de mayor aprovechamiento.

Por muchos años, ésta ha sido la única forma de control de aprovechamiento del bosque. El DMC se ha empleado por su facilidad de fiscalización, tanto por parte del Estado como de los usuarios del bosque. No obstante, se ha podido establecer que el DMC, por sí solo, no garantizará una producción sostenible, sino está acompañado por otras medidas como semilleros, intensidad de corta, áreas de protección y otros. (Fredericksen, et al, 2001).

### **1.2.1. Análisis de los diámetros mínimos de corta**

El DMC es uno de los aspectos que regulan la producción de madera, fijar un DMC no garantiza un buen manejo y generalmente, se requiere de tratamientos silviculturales, después de la cosecha, para asegurar que el bosque remanente sea

sano y vigoroso y tenga una buena composición. Fijar un DMC sin tratamientos adicionales puede derivar en una producción de madera sostenible, sólo cuando a) existe una buena distribución de los árboles de las especies aprovechadas, b) se deja algunos de los mejores individuos como semilleros durante el aprovechamiento y c) se aplica un aprovechamiento de bajo impacto. (Louman, 1998)

Los DMCs son muy usados en bosques tropicales y también en bosques templados porque:

- ✓ El concepto es muy fácil de entender.
- ✓ Es más fácil controlar las troncas que salen del bosque por aspectos legales.
- ✓ Existe la percepción de sostenibilidad mediante el uso de DMCs.
- ✓ Se perciben como una imitación de las perturbaciones naturales.
- ✓ El bosque se mantiene relativamente cubierto por dosel.
- ✓ Muchas veces, los mercados están restringidos a productos elaborados con madera de troncas de diámetros gruesos.

Sin embargo, existen desventajas en el uso de DMCs:

- ✓ Se asume que los árboles grandes son más viejos.
- ✓ La naturaleza no sólo elimina los árboles grandes y, por lo tanto, la corta basada en DMCs no se parece a los disturbios naturales.
- ✓ Se pierde la posibilidad de ajustar la distribución diamétrica para normalizar el flujo de madera.

Lamprecht, (1990) indica que sólo es posible garantizar una producción maderera sostenible, fijando un DMC, cuando:

- ✓ Existe suficiente número de árboles gruesos para un aprovechamiento rentable.
- ✓ El DMC ha sido fijado en un diámetro suficientemente alto.
- ✓ Las especies explotadas presentan una distribución diamétrica regular.

En cambio, Louman (1998) indica que la aplicación de los DMC depende de varios factores, a saber:

- ✓ El valor de la madera.
- ✓ La tasa de crecimiento de la especie.
- ✓ La distribución diamétrica de las especies
- ✓ La cantidad total de individuos de la especie en el bosque bajo manejo.
- ✓ La reproductividad de la especie.
- ✓ Las posibilidades de vender madera de tamaños menores.

Cuando se cortan sólo los mejores fustes de las especies más valiosas, sin aplicar tratamientos silviculturales para eliminar árboles defectuosos o fustes de especies no comerciales, el bosque es dominado gradualmente por especies no comerciales (Smith 1986, Redhead y Hall 1992, Lamprecht 1990, Dawkins y Philip 1998). Así mismo, el uso de límites diamétricos puede causar complicaciones a los encargados del manejo que deseen ajustar las distribuciones diamétricas de las especies que aprovechan. Además, los DMC pueden suprimir el desarrollo de mercados en los que se usan fustes de diámetros menores (Fredericksen et al. 2001).

Según Lamprecht (1990), los DMC deben usarse sólo cuando existe una cantidad suficiente de árboles grandes para un aprovechamiento rentable, cuando existe la certeza de que el límite diamétrico es suficientemente alto y cuando las especies aprovechadas tienen una distribución diamétrica en forma de “J” invertida, o una distribución uniforme entre clases diamétricas. Lamentablemente, en los Diámetros Mínimos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia la mayoría de los bosques tropicales estas condiciones se cumplen sólo para una pequeña fracción de las especies comerciales.

La designación directa de un DMC para una especie podría formularse teóricamente sobre la base de varios factores, como ser el valor relativo de la madera en diferentes clases diamétricas, los productos finales, las tasas de crecimiento y las distribuciones

diamétricas de la especie, y los requerimientos para árboles semilleros (Fredericksen et al. 2001). No obstante, en la mayoría de los casos es más conveniente calcular ciclos de corta y usar el DMC como herramienta para alcanzar el volumen permitido para cada especie, de acuerdo al ciclo de corta proyectado.

Para justificar la modificación del DMC, se debe partir de los resultados del inventario forestal y generar un cuadro de distribución diamétrica en clases de 10 cm., además de establecer el número de individuos por cada clase diamétrica. Esto se debe realizar para cada especie que se desea justificar, además se debe determinar el gremio ecológico y la madurez tecnológica de las mismas. Esta información se puede determinar mediante observaciones realizadas durante la corta, puesto que todos los árboles, al llegar a cierto grosor y edad, pierden vigor y empiezan a manifestar putrefacción de la madera, lo que se refleja como árboles huecos. (Fredericksen, Contreras, Pariona, 2001).

Existen casos en los que se fija el DMC y el diámetro máximo de corta, atendiendo precisamente, a lo que se señaló en el párrafo anterior. Es decir que los árboles delgados no pueden ser cortados debido a que la norma técnica así lo define ya que los rendimientos son bajos en el aserrío, además de que los árboles gruesos presentan huecos, lo cual repercute también en el rendimiento. (Fredericksen, et al, 2001).

#### **1.2.1.1. Como determinar el diámetro mínimo de corta**

A pesar que el DMC está establecido en las normas técnicas, éste debe ser analizado y justificado, no sólo con el propósito de cumplir con un requisito exigido por la ley o la evaluación de la Superintendencia Forestal, sino para conocer si existe el número suficiente de árboles en las diferentes clases diamétricas y establecer si se contará con la abundancia suficiente para el aprovechamiento al final de cada ciclo de corta. El análisis de los DMCs debe realizarse para cada una de las especies propuestas en el plan de manejo y éste debe estar acompañado por la información anteriormente citada sobre gremio ecológico y madurez tecnológica.

En caso de no contar con información sobre el DMC en las normas técnicas, su justificación y análisis deben ser más detallados, para su análisis se debe recopilar todos los datos provenientes de otros inventarios forestales o parcelas permanentes ejecutados en la misma región productiva.

Como se indicó anteriormente, el análisis se debe realizar con datos provenientes del inventario forestal (DAP 20 cm.). Asimismo, los inventarios contienen otros datos dasométricos (como las alturas totales y comerciales), que también pueden ser analizados para una mejor justificación. (Fredericksen, et al, 2001).

### **1.2.1.2. Ajuste del diámetro mínimo de corta**

#### **1.2.1.2.1. Consideraciones sobre la calidad de la madera**

Los DMC que se presentan en las Normas Técnicas parecen haberse seleccionado, en su mayoría, con base en el tamaño de fuste que las especies alcanzan normalmente. Por ejemplo, las especies que alcanzan diámetros mayores, como bibosi (*Ficus glabrata*) y ochoó (*Hura crepitans*), tienen DMC superiores a las especies que no alcanzan dimensiones tan grandes. Aparte de este aspecto, los DMC que establecen las Normas Técnicas parecen haberse seleccionado subjetivamente y, en general, no corresponden debidamente a los usos y propiedades físico mecánicas de la madera, con respecto al diámetro. En algunos casos, los DMC no tienen una lógica que coincida con las capacidades de aserrío, ni las demandas del mercado.

Los DMC deberán considerar varios aspectos relacionados con los cambios en el valor económico de la madera a medida que aumenta el diámetro de los árboles. Primero, existen ciertas ineficiencias económicas inherentes a la corta y el transporte de árboles pequeños. Aprovechar fustes pequeños deja de ser rentable, en cierto momento, puesto que éstos no contienen suficiente volumen de madera como para cubrir los costos de extracción. Por otra parte, los árboles de grandes diámetros de algunas especies de madera dura serán difíciles de extraer del bosque.

Segundo, muchas especies tienden a tener límites mínimos y máximos con respecto a calidad de la madera. Por ejemplo, el tasaá (*Acosmium cardenasii*) es muy abundante

en la Chiquitanía y produce madera de calidad buena. Sin embargo, el fuste de esta especie generalmente desarrolla deformidades y es difícil encontrar troncas sanas mayores al diámetro mínimo de corta (40 cm). Otro ejemplo es la mara que, en algunas regiones, desarrolla pudriciones en la albura, en árboles con diámetros mayores a 80 cm. En estos ejemplos, los DMC deben acomodarse a la corta de árboles de diámetros menores que se encuentran en el punto óptimo de su valor comercial. En ciertos casos, como el Chaco, los DMC son demasiado altos para la mayoría de las especies, si se toma en cuenta las tasas de crecimiento de la región. Se observa una tendencia opuesta en las especies cuya calidad aumenta con la edad debido al incremento en la proporción de duramen con respecto a la albura. Algunos ejemplos de estas últimas son: bibosí, ochoó y cambará (*Erismia uncinatum*). En estos casos, los DMC actuales pueden fomentar la corta de árboles que aún no han alcanzado su valor comercial óptimo. Finalmente, los DMC deben considerar el uso de las especies en la elaboración de productos. Especies como cuchí (*Astronium urundeuva*) y muchas especies del Chaco se usan para postes de cercos.

Los DMC altos pueden impedir, o al menos complicar, el aprovechamiento de especies para la elaboración de productos de diámetros pequeños. En general, los DMC pueden reducir la eficiencia del aprovechamiento al desincentivar el uso de ramas y la corta de madera para usos secundarios (leña, carbón, torneado), que podrían complementar los ingresos provenientes del aprovechamiento de especies maderables. (Proyecto BOLFOR – The Forest Management Trust, 2003).

### **1.2.2. Los Ciclos de Corta**

Se han definido dos sistemas principales de manejo, en uno de ellos, denominado monocíclico, se contempla el aprovechamiento de toda la masa comercial disponible y la espera de un lapso necesario para el establecimiento y maduración de la nueva cosecha, a este lapso se le conoce como turno o edad de rotación. Por otra parte, en los sistemas policíclicos se aprovecha sólo una parte de la masa comercial, reteniendo parte de la población para que complete su madurez, produzca semillas y para conservar la estructura del bosque, de manera que se mantengan las funciones

ecológicas, los procesos de regeneración y de control del clima, así como los ciclos y flujos de minerales, agua y energía. (Valerio, 1997)

A través de la historia del manejo del bosque natural en la Región Tropical se han probado diferentes lapsos entre cosechas, algunos corresponden con el turno y otros con verdaderos ciclos de corta. En Nigeria se propuso un ciclo de corta de 100 años y un DMC de un metro, sin embargo al llevar a la práctica el esquema se encontró que a estructura del bosque no respondía con el dinamismo que se esperaba. (Neil, 1981).

En muchas oportunidades los grupos de poder económico han presionado para que se reduzcan los ciclos de corta, tal como lo indica François (1977) al analizar la reducción del ciclo de corta, de 25 a 15 años, implementada en Ghana en 1970. Esta reducción se hizo con fines comerciales, para incrementar la disponibilidad de volúmenes de madera y los efectos negativos en la calidad de la masa son evidentes.

La sostenibilidad de los planes de manejo forestal está basada en una serie de prácticas de manejo obligatorias, como ser límites cuantitativos para los ciclos de corta, límites diamétricos y conservación de árboles semilleros. La normativa actual prevé así mismo, una evaluación de las respuestas del bosque a la intervención humana a través del monitoreo de parcelas permanentes. Por lo tanto, los datos provenientes del monitoreo pueden ser utilizados para evaluar en forma cuantitativa las consecuencias de las decisiones adoptadas en los planes de manejo en cuanto a ciclos de corta y diámetros mínimos de corta (DMC). (Proyecto BOLFOR – The Forest Management Trust, 2003).

#### **1.2.2.1. Aspectos conceptuales sobre ciclos de corta**

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 disetaneos, 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 Ciclos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia aseguran un volumen aprovechable en el segundo ciclo de corta, similar al volumen extraído en el primer aprovechamiento, está 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 dependerá principalmente de la nueva regeneración (plántulas y brinzales) y de su consiguiente supervivencia y crecimiento.

#### **1.2.2.2. Factores determinantes del ciclo de corta**

Los principales factores que determinan el ciclo de corta son: 1) el restablecimiento de los ciclos de nutrimentos e hidrológico, 2) la dinámica normal de la silvigénesis, 3) que se haya alcanzado el nivel original de biomasa mediante la producción neta y 4) que se haya alcanzado el volumen original de las especies aprovechadas. Una de las amenazas para la estabilidad de los ecosistemas del trópico húmedo es la pérdida de los minerales, esenciales para la vida, llamados nutrimentos. Estos nutrimentos son arrastrados por el agua hacia capas profundas del suelo, mediante el proceso de lixiviación y a partir de determinada profundidad las raíces de los árboles ya no son capaces de absorber los minerales y estos se pierden. (Valerio, 1997).

#### **1.2.3. Intensidad de cosecha.-**

Las áreas de bosque húmedo la primera operación de cosecha ha sido de carácter selectivo, en la que el maderero aprovecha los árboles de las especies más valiosas y de mejor forma, este "descreme" no se puede considerar manejo.

Cuando se corta un árbol, se elimina del ecosistema un arreglo particular de información genética que difícilmente se presenta en otros árboles, cuanto mayor es la intensidad del aprovechamiento, mayor es el riesgo de perder información. Esta información le permite a la especie adaptarse a ambientes cambiantes; si la diversidad

de juegos de información se disminuye, también se disminuye la capacidad adaptativa de la población y se aumenta el riesgo de la extinción de la especie y del drenaje genético. (Baur, 1964)

En la mayoría de los árboles del bosque tropical se presenta dioicismo o mecanismos de autoincompatibilidad, que obligan a la existencia de diversos individuos para hacer posible su reproducción, ya sea porque hay árboles que producen exclusivamente flores hembra o macho, en el caso del dioicismo; o porque, aunque un árbol presente flores hembra y macho existen barreras fisiológicas o estructurales que impiden la autopolinización, como en el caso de las especies que presentan autoincompatibilidad. Este hecho es doblemente detrimental para las poblaciones que ven disminuido el número de árboles en edad reproductora. Por ejemplo, el pilón, *Hyeronima oblonga*, es una especie dioica y, en forma natural, presenta poblaciones de baja densidad, por es doble.

El aislamiento, o el fraccionamiento del bosque en porciones pequeñas o la reducción artificial de una población provocan la endocria, cruce entre parientes cercanos. El cruce entre genotipos emparentados conduce hacia la homocigosis, cuando para un determinado carácter se recibe información idéntica del padre y de la madre, en contraste con la heterocigosis en la que las informaciones, transmitidas en el polen y el óvulo, son diferentes. La homocigosis permite la manifestación de caracteres recesivos, en algunos casos estos caracteres presentan fallas de adaptación o se manifiestan como enfermedades congénitas. Se ha observado la disminución de determinadas poblaciones, por ejemplo la mara o caoba, *Swietenia macrophylla*, que por la importancia en el mercado internacional de la madera, ha sufrido un proceso de degradación que amenaza su perpetuación en diferentes bosques neo tropicales. La regeneración natural de caoba, observada en algunos sitios del Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica, presenta una respuesta muy pobre al ataque de la polilla barrenadora del brote apical, *Hypsiphila grandela*; es posible que este hecho se pueda explicar por la estrecha y pobre base genética de la población, el reducido número de

árboles y, que los que no fueron talados, presentan muy mala forma; recorriendo el parque se pueden verificar estas condiciones. Bawa et al (1991)

Lamprecht (1990), indica que el sistema del Diámetro Mínimo de Corta (DMC) conduce a una selección desfavorable, porque afecta a los árboles de mejor crecimiento de cada especie, con lo que inevitablemente se arruinará el bosque. Por otra parte, Baidoe (1970) hace referencia a los efectos disgénicos de un sistema de diámetro mínimo, en los rendimientos de un segundo ciclo de corta en la Reserva Forestal Pra-Annun, en Ghana. Palmer (1975) indica que todos los sistemas de corta policíclicos con diámetro límite de corta son genéticamente detrimentales y señala que aún un pequeño número de ciclos tendrán un efecto sustancial en reducir la proporción de los árboles de crecimiento más rápido, pone como ejemplo el régimen de corta propuesto en 1971 para la especie *Mora excelsa* en Trinidad e indica que, de acuerdo a la intensidad y frecuencia de cortas propuesta, se teme que al término de tres ciclos de 25 años la especie desaparezca de ese bosque.

La intensidad de cosecha de cada especie se define como un porcentaje de la población inventariada, este porcentaje es el mismo para todas las especies por aprovechar. Se pueden probar diferentes intensidades de manera que la cosecha total sea de alrededor de seis árboles por hectárea; se ha observado que la intensidad del daño del aprovechamiento con una cosecha de esta magnitud, es aceptable si se han observado normas de tala dirigida, planificación de caminos, etc. Por otra parte, seis árboles por hectárea constituyen una cosecha rentable. La intensidad debe responder a la robustez del bosque. (Valerio y Salas, 1997).

### **1.3. HERRAMIENTAS PARA ESTABLECER UNA COSECHA SOSTENIBLE**

Para alcanzar una producción forestal sostenible, se debe obtener del bosque volúmenes iguales en superficies más o menos parecidas. Esto no siempre es posible y entre las herramientas que pueden emplearse para determinar si el aprovechamiento es sostenible en el tiempo se tiene:

### 1.3.1. Ley de de Liocourt

La ley de de Liocourt, expresa la distribución teórica del número de árboles por clase diamétrica en bosques de edad no uniforme (disetáneos).

Matemáticamente, la ecuación que describe esta ley, es:

$$N = k * e^{-a*d}$$

Donde:

N = Número de árboles por hectárea

k = Coeficiente que representa el número de árboles por hectárea cuando el dap es cero.

e = Constante neperiana

a = Pendiente de la distribución, que controla la tasa de cambio del número de árboles entre las clases diamétricas

d = Punto medio de las clases diamétricas

Además, se puede establecer el cociente de reducción q, mediante la expresión matemática:

$$q = \frac{N_n}{N_{n+1}}$$

Siendo N el número de árboles teórico en las diferentes clases.

En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo de aplicación de la ley de de Liocourt. En este cuadro, se presenta tanto el número observado (establecido en el campo), como el número teórico determinado en forma teórica (aplicando la ecuación matemática) para un grupo de especies, este mismo cuadro se puede preparar para una sola especie.

Clase	Número No/ha		q
	Observado	Teórico <sup>1</sup>	
5-10	0	402.4	2.37
10-20	0	169.9	2.37
20-30	46.898	71.8	2.37
30-40	34.684	30.3	2.37
40-50	16.112	12.8	2.37
50-60	6.565	5.4	2.37
60-70	2.378	2.3	2.37
70-80	0.983	1.0	2.37
80-90	0.445	0.4	2.37
>90	0.13	0.2	1

Los resultados del número observado no muestran valores en las clases 5-10 y 10-20, esto es debido que en el inventario sólo se colectó datos a partir de un dap mayor o igual a 20 cm. En cambio, aplicando el modelo matemático, se puede obtener valores mayores o menores al dap establecido.

La información generada se utiliza para conocer cuantos árboles, teóricamente, debe tener cada clase diamétrica, para así lograr cosechas sostenibles. Esto significa que para tener por lo menos 0.2 árboles por hectárea mayores a 90 cm., se debe contar con un mínimo de 402 árboles por hectárea en la clase 5-10 cm.

En la última columna del cuadro está el valor del cociente de reducción de la distribución. Este valor indica que en la medida que avanza la distribución, ésta se reduce en 2.7. Es decir que si se toma el valor de la primera clase y se divide entre el cociente se tendrá:

$$402.4 / 2.7 = 169.8 \text{ valor que corresponde a la segunda clase.}$$

### 1.3.2. Tasa de Incremento Corriente (TIC)

Martins (1996) indica que con la TIC se determina el movimiento de árboles hacia las clases diamétricas mayores y, además, señala que este movimiento es proporcional a la relación del crecimiento diamétrico del período o ciclo de corta y el ancho de clase.

<sup>1</sup> Ecuación del modelo:  $N = 619,23 * \exp(-0,0862 * d)$ ,  $R^2 = 0,988$

Matemáticamente, la TIC se expresa de la manera siguiente:

$$\text{TIC} = \frac{\text{Tasa de Crecimiento del Período (TCP) o ciclo de corta (cm)}}{\text{Tamaño de la clase diamétrica (cm)}}$$

Para aplicar la TIC, primero se debe determinar la TCP para ello se debe contar con información del ciclo de corta y el Incremento Corriente Anual (ICA) esta información puede ser tomado del plan de manejo propuesto. Por ejemplo:

Datos:

Período o ciclo de corta = 20 años

ICA en dap = 0.5 cm

**Pregunta:**

¿Cuántos centímetros crecerán los árboles en 20 años y con el ICA mencionado?

**Respuesta:**

Para ello se debe multiplicar el ciclo de corta por el incremento, entonces:

$$\text{TCP} = 20 \text{ años} * 0.5 \text{ cm/año} = 10 \text{ cm}$$

Todos los árboles en el período señalado crecerán 10 cm en diámetro.

Con la obtención de la TCP, se aplica la TIC, tomando en cuenta que el ancho de clase de la distribución diamétrica es de 10 cm:

$$\text{TIC} = \frac{10 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 1$$

El 1 significa que el 100% de los árboles de una clase pasan a la siguiente clase.

Con referencia al cuadro anterior, se puede determinar que:

Clases	No/ha actual	No/ha futuro
20-30	46.898	
30-40	34.684	46.898
40-50	16.112	34.684
50-60	6.565	16.112
60-70	2.378	6.565
70-80	0.983	
80-90	0.445	
>90	0.13	

Como se observa en el anterior cuadro, todos los individuos de una clase pasan a la siguiente clase. De esta manera se puede determinar si los árboles que fueron cortados serán reemplazados por las categorías inferiores. Por ejemplo, si se corta a partir de un DAP de 60 cm. se podrán aprovechar tres árboles (cortando sólo el 80% de lo disponible) y se observa que después de 20 años hay más de seis árboles que pasan a esta categoría, con lo que se garantiza una producción sostenible.

En un segundo ejemplo, se determinó la TIC para un ciclo de corta de 35 años, con el mismo ICA. El TCP para dicho período será de 17.5 cm, el que dividido por el tamaño de clase dará como resultado una TIC de 1.75. Esto significa que el 100% de los árboles de una clase pasa una clase y el 75% de éstos pasan dos clases, en otras palabras: 75% pasa dos clases y 25% una clase. A partir del cuadro anterior se puede derivar lo siguiente:

Clases	No/ha actual	No/ha futuro		
		1 clase	2 clases	Total
20-30	46.898			
30-40	34.684	11.725		
40-50	16.112	8.671	35.173	
50-60	6.565	4.028	26.013	
60-70	2.378	1.641	12.084	13.725
70-80	0.983		4.923	4.923
80-90	0.445			
>90	0.13			
				18.648

Con un ciclo de corta de 35 años, se incorporará un mayor número de individuos para la corta; en este caso serán 15 árboles, si se corta el 80%, lo que aumenta considerablemente el número de árboles de la primera cosecha.

No obstante, se debe considerar en todo momento la mortandad natural. Existe una fórmula, propuesta por Martins (1996), para determinar el número de árboles sobrevivientes al final del período o ciclo de corta. La expresión matemática es la siguiente:

$$N_s = N_a * (1-m)^c$$

Donde:

$N_s$  = Número de árboles sobrevivientes al final del ciclo

$N_a$  = Número actual de árboles

$m$  = Mortandad en porcentaje

$c$  = Ciclo de corta en años

Aplicando la fórmula anterior a los resultados del Cuadro, se tendrá que:

$$N_s = 18.6 * (1-0.01)^{35} = N_s = 13 \text{ árboles}$$

Por lo tanto, sólo existe la probabilidad de aprovechar 10 árboles si se corta un 80% de lo disponible.

### 1.3.3. Tiempos de paso

El tiempo de paso es el tiempo que transcurre para que los árboles de una clase diamétrica pasen a la siguiente clase o pasen del límite inferior de la clase al límite superior de la misma. Para su aplicación, se debe conocer el ICA en diámetro. En el siguiente cuadro se presentan los resultados del tiempo de paso para cada clase y la edad al límite superior.

Clase	Punto medio	Frecuencia	Incremento Corriente Anual			Tiempo de paso	Edad al límite superior
			Menor	Mayor	Promedio		
10-20	15	59	0	2,3	0,57	18	18
20-30	25	68	0,8	1,5	0,66	15	33
30-40	35	56	0	1,35	0,57	18	50
40-50	45	52	0	4,13	0,56	18	68
50-60	55	28	0	2,25	0,6	17	85
60-70	65	4	0	0,75	0,55	18	103

En el cuadro, se puede evidenciar que un individuo que se encuentra en la clase 10-20 requiere de 18 años (ciclo de corta) para pasar a la siguiente clase. Con este método, se puede determinar el tiempo que se debe esperar para que el bosque recupere su abundancia, considerando un determinado DMC. En este caso, también, se debe aplicar la fórmula para determinar el número de árboles sobrevivientes.

En la última columna del anterior cuadro, se muestra el tiempo necesario para que un árbol de la clase 10-20 pase a las siguientes clases; por ejemplo, para alcanzar 65 cm. un árbol requiere entre 85 y 103 años.

El Proyecto BOLFOR, mediante una serie de experiencias e investigaciones, ha desarrollado varios de modelos de crecimiento, éstos sirven para simular el tiempo de paso y calcular el volumen de las distintas clases de tamaño. Estos modelos han sido incorporados en un programa para procesar datos de inventarios forestales.

#### **1.3.4. Modelos de simulación**

Dauber (2003) indica que los modelos de simulación para la proyección de la sostenibilidad del manejo de bosques se basan en datos provenientes de las PPM y su monitoreo comprendido en dos clases de incremento: el incremento promedio y el incremento bajo condiciones óptimas en cuanto al factor luz y liberación de lianas. La comparación de los resultados obtenidos con el incremento promedio y óptimo permite evaluar el posible efecto de tratamientos silviculturales (liberación de los árboles de futura cosecha de la vegetación competitiva y bejucos).

#### **1.3.5. Mortandad natural de los árboles**

El crecimiento de los árboles en los bosques tropicales está disminuido por la mortalidad natural e inducida. Ambos parámetros entran en forma de un porcentaje anual. De acuerdo a valores calculados en estudios anteriores y referencias bibliográficas (Lieberman et al. 1985; Nevel et al. 2001) el modelo supone una mortalidad natural de 1.6% por año con referencia al área basal. La mortalidad inducida, causada por el aprovechamiento, está definida como función logarítmica que presenta la mortalidad inducida en función de la intensidad de aprovechamiento.

En trabajos con simulación no es muy realista esperar una sustitución total del área basal originalmente aprovechada con los ciclos de corta y DMCs, utilizados en la práctica del manejo forestal más bien hay que considerar la cosecha del primer ciclo como algo excepcional, un bono de la naturaleza, que se debe al desarrollo del bosque sin mayor intervención humana durante mucho tiempo, para poder trabajar con los ciclos de corta y DMCs usados en la práctica, por lo tanto es necesario introducir una variable de entrada que definiera el porcentaje de recuperación esperado para la segunda cosecha con referencia a la primera (Dauber et al. 2003).

#### **1.3.6. Recuperación en Volumen para la segunda cosecha**

Hay que recalcar que el ciclo de corta no es una variable de entrada, más bien es una variable calculada que resulta de ciertas combinaciones del DMC y del porcentaje de recuperación anteriormente mencionado. Para obtener cierto ciclo de corta hay que

partir de cierto DMC y en un proceso de interacción variar el porcentaje de recuperación hasta alcanzar el ciclo de corta buscado.

Las especies de uso actual en la chiquitania a pesar de una distribución diamétrica favorable solamente permiten alcanzar una cosecha moderada en el segundo ciclo. El posible efecto de tratamientos silviculturales también es moderado porque la diferencia entre el incremento promedio de los árboles de futura cosecha y el incremento bajo condiciones optimas en cuanto al factor luz y lianas es relativamente pequeña. El factor limitante de la Chiquitania efectivamente es el bajo incremento de las especies (Dauber 2003).

La transición Chiquitana Amazónica ofrece mejores condiciones para alcanzar la sostenibilidad del recurso forestal. Considerando todas las especies de uso actual, el porcentaje de recuperación de la cosecha en el segundo ciclo es relativamente alta en comparación con las otras regiones y bajo condiciones óptimas de incremento (alcanzables a través de tratamientos silviculturales), se puede recuperar hasta un 100% con ciclos de 30 años (Dauber 2003).

Los resultados de la Amazonia se asemejan a los de la chiquitania, los porcentajes de recuperación en la segunda cosecha no son muy altos y el posible efecto de tratamientos silviculturales también es moderado. Este hecho y la distribución diamétrica poco favorable constituyen los factores limitantes en esta región. Por otro lado, hay que recalcar que por la superficie reducida de parcelas permanentes en esta región hay que tener especial cautela en la interpretación de los resultados.

Basando la simulación solamente en un grupo de especies de acuerdo al manejo actual de los bosques, el porcentaje de recuperación sigue siendo bajo. Trabajando con diferentes grupos de especies, el porcentaje de recuperación en el segundo ciclo teóricamente puede variar de grupo en grupo pero en promedio alcanzará el valor calculado para el total de especies de uso actual (Dauber 2003).

## 1.4. CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO POR GRUPO COMERCIAL

En esta fase y de acuerdo al objetivo del presente estudio, se ordenaron las especies clasificándolas en dos grupos de acuerdo a su importancia comercial.

### 1.4.1. Especies valiosas.-

Se denominan especies comerciales valiosas a aquellas que tienen gran demanda en el mercado, y por ser fuente principal de materia prima de la empresa. Para el presente trabajo de investigación se tomaron cuatro especies de principal interés para la Empresa de Servicios y Constructora Roda (E.S.C.R).

#### Clasificación taxonómica de especies valiosas.-

Nombre Común	Nombre científico	Familia
roble	<i>Amburana cearensis</i>	Fabaceae (Leguminosae)
morado	<i>Machaerium scleroxylon</i>	Fabaceae (Leguminosae)
tajibo amarillo	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae

#### 1.4.1.1. Roble.-

**NOMBRE COMÚN:** ROBLE

**NOMBRE CIENTÍFICO:** *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith

**FAMILIA:** LEGUMINOSAE (Fabaceae)



Hojas nuevas



Plántula de rebrote

**Fuente:** Mostacedo, (1993)

- **Características dendrológicas.-**

Según (Mostacedo, 1993) es un árbol grande de hasta 40 m. de alto y 150 cm. de DAP, copa redonda, el follaje poco denso, de color verde grisáceo, las ramas ascendentes poco ramificadas. Fuste cilíndrico-cónico, recto y limpio. Corteza externa lisa, marrón rojiza, con exfoliaciones papiráceas, corteza interna amarillenta de textura granular y con olor fuerte, exuda goma viscosa y amarillenta. Cuya madera y semillas despiden perfume a cumarina. Hojas de 6-15cm de largo con 7-12 foliolos alternas, orbiculares, elípticos, herbáceos, sin puntuaciones glandulosas, pinatinervios, de 2-5 cm. de largo. Racimo de 2-4 cm. de largo, fasciculados en las extremidades de las ramitas. (Mostacedo, 1993), Flores amarillo- blanquecinas, dispuestas en racimos axilares. Fruto legumbre leñosa, alargada, con 1 a 3 semillas de aspecto samaroide.

- **Distribución.-**

Según, (Mostacedo, 1993) se encuentra **ampliamente** distribuida en los departamentos de Pando, Beni, La Paz y Santa Cruz. Desde los 200 m.s.n.m. a los 1200 m.s.n.m.

- **Uso de la madera.-**

Es usada en carpintería y ebanistería fina, laminado y parquet. En Bolivia es una de las especies más importantes para la exportación de madera, (Timothy J.K, 1993).

- **Ecología.-**

Especie emergente, decidua, parcialmente demandante de luz, común en el bosque latifoliado semideciduo, bosque amazónico y zonas de transición a bosque montano húmedo. Generalmente en suelos poco profundos, bien drenados, cerca de afloramientos rocosos. Florece de marzo a mayo; los frutos maduran entre julio y septiembre. Semillas dispersadas por el viento (Mostacedo, 1993).

#### 1.4.1.2. Morado.-

**NOMBRE COMÚN:**

**MORADO**

**NOMBRE CIENTÍFICO:**

*Machaerium scleroxylon Tul*

**FAMILIA:**

**FABACEAE-(LEGUMINOSAE)**



Frutos



Plántula

**Fuente:** Mostacedo, (1993)

#### - Características dendrológicas.-

Según, (Timothy J.K, 1993) es un árbol de 8 m., coleccionado con frutos en mayo, en bosque semideciduo chiquitano, especie maderable con alto valor comercial, siendo la base de la explotación de la Chiquitania. (Mostacedo, 1993), Fuste cilíndrico, algo acanalado en la base, con aletones pequeños, ramas con espinas levemente recurvadas en pares. Corteza externa café, algo escamosa, exfoliándose en placas irregulares, con lenticelas, corteza interna crema, con savia rojiza. Hojas alternas, compuestas, foliolos alternos, con nervadura reticulada notable, ápice indentada, flores azul liláceas, aromáticas, en inflorescencias racimosas. Fruto sámara alada, indehiscente y comprimida, con semilla basal y el ala distal con reticulaciones, a veces curvado en semicírculo, con una semilla.

#### - Distribución.-

Según, Timothy J.K, (1993), se distribuye en Santa Cruz, Velasco, San Juancito, 27 Km. Al N de San Ignacio.

- **Uso de la madera.-**

Por su estructura resistente y coloración llamativa, la madera es utilizada para la producción de láminas, (Timothy J.K, 1993).

- **Ecología.-**

Especie semidecidua, parcialmente tolerante a la sombra, muy frecuente en el bosque semideciduo seco de la Gran Chiquitania, con preferencia en suelos lateríticos y areno-limosos. Florece en noviembre y diciembre, y las semillas son dispersados por el viento, entre junio y agosto, (Mostacedo, 1993).

**1.4.1.3. Tajibo amarillo.-**

**NOMBRE COMÚN:** TAJIBO AMARILLO

**NOMBRE CIENTÍFICO:** *Tabebuia serratifolia* (Vahl) G. Nicholson

**FAMILIA:** BIGNONIACEAE



Plántula



Floración

**Fuente:** Mostacedo, (1993)

- **Características dendrológicas.-**

Según (Mostacedo, 1993), es un árbol grande, de hasta 40 m. de alto y 100 cm. de DAP, fuste cilíndrico, aletones poco destacables. Copa irregular hasta cilíndrico-cupular, corteza externa marrón amarillenta, fisurada, o martillada, corteza interna amarilla clara, que se oxida a café oscuro, de textura laminar. (M. CORO, 1994),

Hojas compuestas de 5 foliolos, digitados, oblongos o subovados o suborbiculares, aserrados de 10-15 cm. de largo. Flores amarillas de 5-6 cm. de largo dispuestas en amplias panojas terminales. (Mostacedo, 1993), Fruto cápsula bivalva dehiscente (falsa legumbre) conteniendo numerosas semillas membranosas y aladas.

**- Distribución.-**

Se presenta en los Departamentos de Beni, Ballivián, San Borja, 64 Km. hacia Espíritu, La Paz, Nor Yungas, 7 Km. sobre el camino de Caranavi, Pando, Cobija, 19Km hacia Porvenir, Santa Cruz, Ichilo, Río Ibabo, Reserva Forestal Choré. Se encuentra en altitudes de 670-1250 m s n m, (Timothy J.K, 1993).

**- Uso de la madera.-**

La madera es utilizada para construcción de orcones, postes, y ejes de ruedas, (Timothy J.K, 1993).

**1.4.2. Especies comerciales alternativas**

En este grupo se eligieron dos especies, de acuerdo a sus características mecánicas son menos requeridas que las otras:

**Clasificación taxonómica de especies sustitutas.-**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>
Sirari	<i>Peltogine sp.</i>	Caesalpiniaceae (Leguminosae)
Curupau	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Mimosaceae (Leguminosae)

**1.4.2.1. Sirari.-**

**NOMBRE COMÚN:** SIRARI

**NOMBRE CIENTÍFICO:** *Peltogine sp.*

**FAMILIA:** CAESALPINIACEAE -(LEGUMINOSAE)



Corteza de árbol maduro



Plántula

**Fuente:** Mostacedo, (1993)

**- Características dendrológicas.-**

Según (Mostacedo, 1993), es un árbol de 25 m. de alto y 80 cm. de DAP, copa redondeada a irregular, proporcionalmente más grande que el fuste; las ramas son rectas, el follaje denso y de color verde intenso. Fuste cilíndrico, cónico, generalmente inclinado, con aletones poco destacables, corteza externa color gris oscuro, agrietada en placas cuadrangulares. Hojas alternas, bifolioladas, flores pequeñas dispuestas en panículas axilares, fruto legumbre dehiscente con una sola semilla de color rojo y un arilo<sup>2</sup> color blancuzco.

**- Distribución.-**

La especie está enteramente restringida a la región chiquitana del departamento de Santa Cruz, en las provincias Velasco, Ñuflo de Chávez y Chiquitos. Se encuentra en altitudes de 200 a 500 m.s.n.m, (Mostacedo, 1993).

**- Uso de la madera.-**

Esta madera es apreciada para la fabricación de objetos de adorno y finos acabados, (Timothy J.K, 1993).

**- Ecología.-**

Especie del sub dosel, semidecidua, parcialmente tolerante a la sombra, restringida al bosque chiquitano, del cual es un bioindicador. Crece sobre topografía y suelo

---

<sup>2</sup> Un arilo (o arillus) es una cobertura carnosa de ciertas semillas

variable, florece a comienzos de la estación de lluvias entre noviembre y enero, y fructifica entre junio y agosto. Semillas auto dispersadas, a veces por animales atraídos por el color llamativo que éstas tienen, (Mostacedo, 1993).

#### 1.4.2.2. Curupau.-

**NOMBRES COMUNES:** CURUPAU, CEBIL, CURUPAU BLANCO

**NOMBRE CIENTÍFICO:** *Anadenanthera colubrina* (vell. conc.) benth.

**FAMILIA:** MIMOSACEAE-(LEGUMINOSAE)



Inflorescencia



Plántula

**Fuente:** Mostacedo, (1993)

#### - Características dendrológicas.-

Según (Mostacedo, 1993), es un árbol de 30 m. de altura y 80 cm. de DAP, fuste cilíndrico, recto, con las ramas ascendentes casi erectas, copa irregular y poco densa. Corteza externa de color grisáceo o negruzco, lisa, con ornamentaciones leñosas que cubren la base del fuste, corteza interna anaranjado- rosada, laminar, sin olor característico, que secreta resina color miel. (Timothy J.K, 1993), Hojas alternas, con foliolos pequeños, numerosos con una glándula en el pecíolo y generalmente otras entre los últimos pares de pinnas. Flores dispuestas en cabezuelas, pequeñas, estambres 10, con anteras desprovistas de glándula apical, ovario sésil. Fruto vaina, ancha aplanada, coriácea, recta o algo arqueada, dehiscente solamente por el margen inferior, las semillas aplanadas, discoidales, no aladas.

- **Distribución.-**

COCHABAMBA, Campero, 27 Km. hacia el Palmar, LA PAZ, Sub Yungas, Valle del Río Tamampaya, SANTA CRUZ, 4 Km. al SSE de Espejitos y 0.5 Km. al E del Río Surutu, TARIJA, O'Connor de la Cuenca de San Simón, (Timothy J.K, 1993).

- **Uso de la madera.-**

En Santa Cruz la corteza se utiliza para curtir cuero y el producto es conocido como "Zumaqui", la madera se usa en construcción y para leña, (Timothy J.K, 1993).

- **Ecología.-**

Especie decidua, estrictamente demandante de luz, que se regenera abundantemente a través de semillas en claros y caminos. Se encuentra en una gran variedad de bosques secos y bosques sub-húmedos estacionales. En gran variedad de suelos, desde pedregosos hasta suelos arcillosos muy pesados; en topografía generalmente accidentada. Florece de octubre a diciembre; sus frutos maduran y se dispersan entre junio y agosto, (Mostacedo, 1993).

**1.5. ELEMENTOS PARA EL CÁLCULO DE COSTOS.-**

Es la cantidad de dinero, tiempo, trabajo, etc. que se requiere para obtener algo. (Corcorán W.1987), citado por Toledo, (2002).

**1.5.1. Costos Fijos.-**

Son aquellos que no varían con la producción. Un término más apropiado sería "costos constantes", ya que se refiere al costo de los factores fijos de la producción, aquellos cuya cantidad empleada es constante. Hablando estrictamente, sería necesario añadir "dentro de ciertos límites de la producción (Seldon y Pennance, 1986), citado por Toledo, (2002).

**1.5.1.1. Depreciación.-**

La palabra depreciación significa en términos generales reducción de valor en el mercado del costo inicial, o pérdida de valor para el propietario por efecto de uso de la máquina.

Para el análisis del costo inicial y valor de compra debe considerarse los derechos de importación, impuestos, transporte, y otros.

Aunque existen varias opciones, el método más utilizado para calcular los costos por depreciación es el método de la línea recta, que asume una tasa de depreciación fija por año. Toledo, (2002).

La fórmula para el cálculo de la depreciación es la siguiente:

$$D = \frac{P - S}{N}$$

**Donde:**

**D** = Tasa de depreciación

**S** = Valor de rescate o residual

**P** = Inversión inicial

**N** = Vida útil en años y/u horas

#### **1.5.1.2. Inversión Inicial.-**

Corresponde al costo de compra del equipo o de la máquina, incluyendo derechos de importación, impuestos, transporte al lugar pactado de compra, sin importar si se compró con o sin descuento. Toledo, (2002).

#### **1.5.1.3. Valor de Rescate o Residual.-**

Es el monto por el cual se espera vender el equipo al final de su vida útil. Este monto se ve afectado por la oferta y la demanda del mercado, así como por el estado del equipo o máquina. La estimación de este monto es variable y como práctica general cuando se trata de maquinaria pesada, liviana, eléctrica y electrónica, se asume entre un 20 y 25% de la inversión inicial como valor de rescate. Toledo, (2002).

#### **1.5.1.4. Vida Útil.-**

Es el periodo durante el cual la máquina puede operarse a un costo y productividad aceptable, dentro de lo posible al definir la vida útil se debe utilizar la experiencia

local. En caso de que no se tenga datos precisos se puede las siguientes vidas útiles, en horas efectivas y asumiendo que la máquina se usa bajo condiciones normales (Toledo, 2002).

**Cuadro No 1.- Vida normal de las máquinas.**

<b>TIPO DE MÁQUINA</b>	<b>VIDA NORMAL EN HORAS EFECTIVAS</b>
Tractor oruga	10000
Tractor de llantas	10000
Motosierra	1500
Camión	15000 o 250000 Km.

**Fuente:** Anaya H, (1986).

El siguiente cuadro muestra la depreciación de los bienes (costos fijos).

**Cuadro No 2.- Valores para cálculo de depreciación.**

<b>BIENES</b>	<b>DURACIÓN EN AÑOS (VIDA ÚTIL)</b>	<b>% O COEFICIENTE DE DEPRECIACIÓN ANUAL SOBRE EL VALOR</b>
Edificaciones	40	2.5
Muebles	10	10
Maquinaria en general	8	12.5
Equipos e instalaciones	8	12.5
Vehículos automotores	5	20
Maquinaria agrícola	4	25
Herramientas en general	4	25
Equipos de computación	4	25

**Fuente:** Anaya H., (1986).

**1.5.2. Costos Variables.-**

El costo variable es la parte del costo total que se modifica con variaciones de la variable independiente. Naturalmente un rubro de costo puede ser fijo para una variable independiente (Frank G. 1980), citado por Toledo, (2002). Entre éstos tenemos:

### 1.5.2.1. Mantenimiento y Reparación.-

En general son muy difíciles de estimar, pues no se puede anticipar lo que suceda en el futuro. Varían de acuerdo a las condiciones bajo las cuales trabaja una máquina y el trato que recibe del operador. Si no se cuenta con información más precisa, es corriente estimar estos costos con base en los costos de depreciación. Aunque esta suposición en realidad no es la más recomendable, sin embargo, se toma como punto de partida para su estimación.

### 1.5.2.2. Combustible.-

El consumo de combustible va a depender de la potencia de la máquina, cargas usadas, condición del equipo, el operador, la condición del terreno y otras imponderables.

El costo por hora estará determinado por el consumo de combustible por hora y el costo por litro o galón.

### 1.5.2.3. Lubricantes.-

Dentro de los lubricantes se incluye el aceite de motor, de transmisión, los mandos finales o hidráulicos, grasa y filtros.

Si no se cuenta con información detallada se puede usar la siguiente fórmula para aproximar este costo.

$$Q = \frac{HP(0.65 * 0.006)}{7.4} * C/T$$

**Donde:**

**Q** = Galones/hora de aceite.

**HP** = Caballos de fuerza neto, potencia.

**0.65** = Proporción de H neto – H disponible

**0.006** = Libras de aceite consumido entre cambios de aceite por hora.

**7.4** = Peso (libras) de aceite por galón.

**C** = Capacidad.

**T** = Total de horas entre cambios

Esta fórmula se puede usar para consumo de lubricantes de motor y considerar el resto de los lubricantes agregando un 50% de lo que resulte Q. El costo de los filtros es aproximadamente un 10% de costo de los lubricantes. (Jonsson, 1997).

#### **1.5.2.4. Llantas.-**

La duración o vida útil de las llantas varían de acuerdo al operador, condiciones del terreno y mantenimiento que reciban. La vida útil varía entre 1200, 3000 y 4800, en condiciones difíciles y fáciles de trabajo respectivamente.

#### **1.5.2.5. Costos Mano de Obra.-**

Se refiere al salario directo de los operadores más el monto correspondiente a las cargas sociales, (Toledo C., 2002).

### **1.6. 'Q-Q Plots'**

Este gráfico permite la comparación de la distribución de frecuencias de una variable con una distribución teórica. Una de estas distribuciones es la distribución normal, en ese caso se habla de 'Q-Q plot' normal. El nombre proviene del hecho de representar en él los cuantiles muestrales versus los cuantiles teóricos (quantil to quantil plot). Así, si se presupone que la distribución de la variable altura de hipocótilo de una especie de *Prosopis* es una variable normal, se podría verificar esto gráficamente mediante un 'Q-Q plot'. Este gráfico no es más que un diagrama de dispersión donde los valores de los ejes X e Y se obtienen según el siguiente algoritmo. (Di Rienzo et al, 2005).

- a) Ordenar la muestra de menor a mayor y designar al valor con la posición i-esima como  $x[i]$ . Sean  $\bar{x}$  y S, la media y la desviación estándar muestrales correspondientes,
- b) Para cada observación ordenada obtener las coordenadas (X,Y) para construir el 'Q-Q plot' siendo:

$X_i = x[i]$  (el primer elemento de  $X$  es el dato más pequeño de la muestra,  $x[1]$ , y el último elemento es el mayor valor observado,  $x[n]$ ).

$Y_i = \Phi^{-1}((i-0.5)/n)$ .  $S + x$ , donde  $\Phi^{-1}$  es la función inversa de la función de distribución normal estándar. Los resultados de esta función se obtienen de una tabla de distribución normal (Tabla Normal del Apéndice) buscando el argumento en la columna que dice  $P(Z \leq z)$  y como resultado el valor de  $z$  correspondiente.

### 1.7. PRUEBA CHI-CUADRADO

La prueba estadística para determinar la significatividad de la diferencia en las frecuencias observadas es la prueba llamada Chi Cuadrada.

Esta prueba puede utilizarse incluso con datos medibles en una escala nominal. La hipótesis nula de la prueba Chi-cuadrado postula una distribución de probabilidad totalmente especificada como el modelo matemático de la población que ha generado la muestra.

Para realizar este contraste se disponen los datos en una tabla de frecuencias. Para cada valor o intervalo de valores se indica la frecuencia absoluta observada o empírica ( $O_i$ ). A continuación, y suponiendo que la hipótesis nula es cierta, se calculan para cada valor o intervalo de valores la frecuencia absoluta que cabría esperar o frecuencia esperada ( $E_i = n \cdot p_i$ , donde  $n$  es el tamaño de la muestra y  $p_i$  la probabilidad del  $i$ -ésimo valor o intervalo de valores según la hipótesis nula). El estadístico de prueba se basa en las diferencias entre la  $O_i$  y  $E_i$  y se define como:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}.$$

Este estadístico tiene una distribución Chi-cuadrado con  $k-1$  grados de libertad si  $n$  es suficientemente grande, es decir, si todas las frecuencias esperadas son mayores que 5. En la práctica se tolera un máximo del 20% de frecuencias inferiores a 5.

Si existe concordancia perfecta entre las frecuencias observadas y las esperadas el estadístico tomará un valor igual a 0; por el contrario, si existe una gran discrepancia entre estas frecuencias el estadístico tomará un valor grande y, en consecuencia, se

rechazará la hipótesis nula. Así pues, la región crítica estará situada en el extremo superior de la distribución Chi-cuadrado con  $k-1$  grados de libertad. (Di Rienzo, et al, 2005).

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y METODOLOGÍA

#### 2.1. Descripción general del área de estudio

##### 2.1.1. Ubicación de la zona de estudio

El presente estudio ha sido realizado en el compartimento AAA/2002-2-4 denominada La Curva W, la misma que tiene una superficie de 880 has., es una zona semiondulada existen pequeños cursos de aguas de carácter estacional y que son parte del sistema de drenaje natural, (Caba, 1997).

La ubicación geográfica del compartimento AAA/2002-2-4 es la siguiente:

#### **Cuadro No 3.- Coordenadas de la poligonal del compartimento AAA/2002-2-4.**

Puntos	Coordenadas UTM (WGS-84)	
	X	Y
P1	703757.7	8096405.5
P2	705802.1	8096374.7
P3	705791.2	8092010.2
P4	703772.8	8092020.7

**Fuente:** Departamento Forestal Empresa Cimal

##### 2.1.2. Ubicación de la Concesión Marabol.-

Según el Plan de Manejo de la Empresa MARABOL S.R.L., (1.997) la Concesión Forestal denominada Marabol - Velasco 03B, se encuentra ubicada en la Provincia Velasco, del Departamento de Santa Cruz, perteneciente al Municipio de San Miguel de Velasco se halla delimitada por la siguiente poligonal:

#### **Cuadro No 4.- Coordenadas de la poligonal de la Concesión Marabol.**

<i>PUNTOS</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
P1	715000	8118000
P2	686000	8118000
P3	686000	8092000
P4	715000	8092000

**Fuente:** Departamento Forestal Empresa Cimal (2.003)

Teniendo como colindantes al Este con el una área de Aserradero Simbol, al el Sud con el área devuelta, al Norte con área devuelta y al Oeste el área de ASL.

### **2.1.3. Superficie de la unidad de manejo y bosque.-**

Según el Plan de Manejo de la Empresa MARABOL S.R.L., (1.997), la superficie total de la concesión es de 75.400 has, de las cuales han sido clasificadas como productivas 73.697 has en función de su cobertura vegetal.

El bosque está constituido por los estratos de bosque alto, medio y bajo (Ver en Anexo 1, Mapas 2, 3 y 4).

La concesión de Marabol presenta la siguiente división administrativa de uso de bosques:

#### **Cuadro No 5.- División administrativa del bosque en la Concesión Marabol.**

<b>SUPERFICIES</b>	<b>MARABOL –VELASCO ( ha)</b>
Superficie total	75.400,00
Superficie Aprovechable	73.697,00
Superficie de protección	1.703,00
Otros usos	0.00

**Fuente:** Departamento Forestal Empresa Cimal (2.003)

### **2.1.4. Infraestructura de vías de acceso.-**

#### **2.1.4.1. Vía Terrestre.-**

Es la vía más importante de comunicación entre la capital del departamento y el área de la concesión, a las concesiones es posible llegara a través de:

##### **2.1.4.1.1. Primer camino.-**

Partiendo de Santa Cruz y siguiendo por Pailón - Los Troncos - San Ramón - San Javier - Concepción - San Ignacio – San Miguel (530 km.); se desvía por un camino vecinal del tramo y que fue mejorado por la empresa en una distancia de 60 Km. el mismo que tiene sus limitaciones en la época de lluvia. La distancia total desde Santa Cruz hasta la concesión es de 590 Km. (Caba, 1997).

#### **2.1.4.1.2. Segundo camino.-**

Partiendo de Santa Cruz, y siguiendo por Pailón – Tres Cruces – Quimome – San José de Chiquitos – San Rafael, San Miguel, para luego continuar por la ruta descrita en la primera opción. Esta segunda ruta solo puede ser utilizada en época seca, debido al mal estado de los caminos entre Pailón y San José de Chiquitos. La distancia total entre Santa Cruz y la concesión es de 566 Km.

San José es además una estación ferroviaria de importancia porque vincula las ciudades de Santa Cruz – Corumbá y Yacuiba accediendo a dos fronteras, ésta situación es expectante para futuros planes. (Caba, 1997).

#### **2.1.4.2. Vía Aérea.-**

Existen también servicios aéreos desde Santa Cruz hasta la localidad de San Ignacio de Velasco, llegando servicios aéreos particulares (avionetas) hasta la localidad de San Miguel y las poblaciones vecinas. (Caba, 1997).

#### **2.1.5. Uso actual de la tierra.-**

La totalidad del área de la concesión se encuentra cubierta de bosque, sobre la cual no se registra ninguna zona destinada a la actividad agrícola o ganadera. Sin embargo es una zona que en sus alrededores se encuentran establecidos algunas comunidades o personas dedicadas especialmente a la agricultura y ganadería, constituyéndose como una amenaza para el desarrollo de Plan de Manejo propuesto por la empresa. (Caba, 1997).

De acuerdo a los estudios realizados por el Plan de Uso del Suelo del departamento de Santa Cruz (PLUS, 1996), la zona se tipifica como de uso Forestal y Ganadero Reglamentado. En general la concesión se halla cubierta por bosques presentándose algunas áreas bajas, principalmente sobre el deslinde Oeste, que determinan áreas con características edafológicas y topográficas especiales con otro tipo de vegetación como son las pampas islas o sabanas.

En la zona dentro de lo que hoy se propone como nueva área de la concesión no existe ninguna otra actividad que no sea la forestal, puesto que con el proceso de

apertura de deslindes y la ejecución del inventario forestal de reconocimiento se ha determinado aquellas áreas que pudiesen haber originado conflictos de superposición de derechos y por supuesto de actividad. Las reducciones que sufrió la concesión se debió precisamente a la última situación señalada, (Caba, 1997).

#### **2.1.6. Topografía.-**

El área presenta una topografía ondulada, con colinas y serranías del Precámbrico, pronunciándose más al Sud-Este, donde el terreno se muestra quebrado a muy quebrado por la presencia de pequeñas serranías, más propiamente son lomeríos que están orientadas de Sud a Norte.

En la zona central se presenta la parte alta del área formando una divisoria de aguas que dan origen a pequeñas cañadas de carácter temporal.

(Caba, 1997).

#### **2.1.7. Suelos.-**

En general la zona presenta una topografía, según informes del PLUS (1996), de colinas bajas o de relieve ondulado formando valles angostos en forma “V”, hasta zonas casi planas, con formaciones vegetales de bosque alto, mediano y sabanas arboladas. Capacidad de uso VI.

Se pueden tipificar tres tipos de suelos de pendiendo de la topografía de los terrenos:

1. Colinas bajas, que se presentan de fuerte a ligeramente disectadas, sobre roca madre de tipo metamórfica a granítica. Los suelos presentan una textura que varía entre mediana a fina, con un drenaje que fluctúa entre moderado a imperfecto; con presencia de Mollisoles e Inceptisoles, que se caracterizan por su baja fertilidad.
2. Colinas bajas, casi planas, se caracterizan por presentar suelos de textura moderada a fina, en valles con capas u horizontes cementados, sobre roca madre granítica o de origen arenisco, el drenaje varía entre moderado a bien drenado, con presencia de Oxisoles y Alfisoles que determinan una

baja fertilidad; son suelos neutros, ocasionalmente pueden presentar cierta acidez. En áreas que conservan humedad se presentan los Mollisoles.

3. Llanura de transición al Pantanal, son áreas que se ubican en el fondo de los valles y próximas a los cursos de aguas con una topografía casi plana; los suelos presentan una textura entre moderadamente gruesa a mediana; por lo general tienen un buen drenaje (interno), aunque se trata de zonas inundadizas; se caracterizan por la presencia de Inceptisoles. Todas condiciones determinan una baja fertilidad.

#### **2.1.7.1. Suelos del complejo cristalino Chiquitano.-**

Complejo de suelos de textura moderadamente gruesa a moderadamente fina, ocasionalmente poco profundo, relieve ligeramente disectado, imperfectamente hasta algo excesivamente drenados. Inceptisoles, Oxisoles, y Alfisoles, baja fertilidad, ocasional acidez. (Caba, 1997).

#### **2.1.8. Zonas ecológicas de vida.-**

De acuerdo al mapa ecológico de Bolivia (Unzueta, 1975) y a los datos bioclimáticos, basado en el sistema de clasificación de Holdridge, el área de la concesión de Marabol se clasifica como Bosques seco subtropical (bs – st), en transición al tipo de vegetación del escudo brasilero.

Estas asociaciones climáticas no presentan limitaciones para el desarrollo normal del bosque, por presentarse en forma muy estacional la temporada de lluvias y el periodo seco, que de todas maneras en casi todos los meses existe alguna precipitación aunque por ello no se puede decir que la distribución de las lluvias es uniforme.

#### **2.1.9. Clima.-**

La información climática fue tomada de la estación meteorológica localizada en la Provincia Velasco, estación San Ignacio a 16°22' N y 60°45' W a una altitud de 410 m.

El clima es muy variable en la zona, con temperaturas altas que oscilan hasta 31 °C,

precipitaciones que sobrepasan los 1175 mm en época de verano, siendo adecuada la germinación de semillas y crecimiento de las mismas, pero la humedad almacenada no es suficiente, produciendo una sequía invernal con temperaturas mínimas extremas que llegan hasta los 18 °C, el suelo se deseca hasta grandes profundidades, eliminando la posibilidad de sobrevivencia de la mayoría de las especies que se regeneran en forma natural.

#### **2.1.10. Hidrografía y Fisiográfica.-**

La zona de la concesión de Marabol tiene pocos ríos de considerable importancia; se encuentra atravesada por una quebrada cuyo curso es de sur a norte con un régimen estacional, las mismas echan sus aguas al río San Nicolás o más conocidos por los palmares. La quebrada El Zaa o quebrada Las Guariquias es la de mayor recorrido y de mas afluente que se encuentra en el área de la concesión. También existen, pero son muy escasos, los depósitos de agua pluvial formando los comúnmente denominados curichis, llegando a constituirse en la única alternativa para la provisión de agua durante todo el año. (Caba, 1997).

Con respecto al relieve que presenta la zona va de ligeramente ondulado a ondulado atravesadas por numerosas cañadas de régimen estacional donde frecuentemente se presentan afloramientos rocosos. (Caba, 1997).

#### **2.1.11. Intervenciones o disturbios.-**

Según el Plan de Manejo de la Empresa MARABOL S.R.L., (1.997), la zona se halla ubicada próxima a la carretera troncal que vincula San Ignacio, San José, existiendo una antigua concesión entre esta vía, también se tiene un camino de tipo vecinal que vincula San Miguel con San Juan de Lomerío, el mismo que ha sido mejorado por la actividad de las empresas madereras en ambos casos existe posibilidad de invasión de la concesión.

La empresa realizo trabajos de aprovechamiento forestal en forma tradicional con la utilización de contratistas, este tipo de trabajo afecto a las zonas más próximas al camino de acceso de la concesión con la localidad de San Miguel, y a los zonas

próximas al camino a San Juan de Lomerío.

La concesión Marabol fue objeto de aprovechamiento forestal a nivel tradicional con poco impacto principalmente de la especie morado y la especie roble, por lo tanto la concesión en la actualidad presenta un bajo grado de perturbación.

#### **2.1.12. Vegetación.-**

De acuerdo a la descripción del mapa tipológico y lo observado en el campo durante la ejecución del Inventario Forestal se puede establecer que en esta zona se identifican tres tipos de estratos: dominante, codominante e inferior, encontrándose una gama de especies que dominan algún estrato. La masa forestal está compuesta por latifoliadas, característica de los bosques subtropicales, asimismo el sotobosque en general es denso. (Caba, 1997).

##### **2.1.12.1. Estrato dominante.-**

Está compuesto por las especies que tienen mayor altura, los cuales ocupan el dosel superior, llegando algunas especies a alcanzar hasta los 25 m de altura en algunos casos, entre estas especies tenemos:

- Morado        *Machaerium scleroxylon Tul*
- Roble        *Amburana cearensis (Allemão) A. C. Smith*
- Curupau     *Anadenanthera colubrina (Vell. Conc.) Benth.*

##### **2.1.12.2. Estrato codominante.-**

Este estrato está compuesto por las especies que tienen menor altura, los cuales ocupan el dosel intermedio, llegando algunas especies a alcanzar hasta los 18 metros de altura, entre estas especies tenemos:

- Cuta        *Phyllosthylon sp.*
- Jichituriqui

### 2.1.12.3. Estrato inferior.-

Este estrato está constituido por las especies que se encuentran suprimidas en el dosel inferior del bosque con alturas inferiores a 15 m., entre estas especies tenemos:

- Cari cari      *Acacia lorentensis*
- Cuse            *Cassearia sylvestris*
- Tasaa          *Poeppigia procera*

### 2.1.13. Fauna Silvestre.-

La fauna existente en el área de estudio se halla representada por todas las especies típicas de este tipo de bosque, la misma que se encuentra dispersa por toda la zona.

La actividad humana es muy reducida, previendo el control de ingreso de armas de fuego a la zona como la terminante prohibición de cualquier forma de cacería, también se puede mencionar que la mayoría de las especies pueden ser susceptibles a impacto por las actividades del maderero, pero de estas algunas son más susceptibles como las aves grandes, debiéndose adoptar medidas tendientes a la conservación de la biodiversidad mediante procedimientos que minimicen el impacto sobre ésta.

El manejo de bosque propuesto, incluye prácticas que minimizan el impacto sobre la fauna, sus hábitats críticos y su alimentación con base en las investigaciones realizadas. (Caba, 1997).

### Cuadro No 6.- Lista de reptiles, anfibios, aves y mamíferos de la Concesión Marabol y su estatus en el Libro Rojo de Bolivia según las categorías de UICN y CITES.-

TAXONOMIA	NOM. CIENTIFICO	NOM. VULGAR	OBSERVADO	UICN	CITES
PECES	<i>Leiarius sp.</i>	Bagre	O		
	<i>Hoplias malabaricus</i>	Benton	O		
	<i>Serrasalmus sp.</i>	Palometa	E		
	<i>Serrasalmus sp.</i>	Piraña	E		
	<i>Prochilodus nigricans</i>	Sábalo	E		
	<i>Potamorhyna sp.</i>	Sardinas	E		

	<i>Hoplerythrinus initaeniatus</i>	Yayu	O		
<b>REPTILES</b>					
Orden quelonia	<i>Testudinidae</i> <i>Geochelone carbonaria</i> <i>Geochelone denticulata</i>	Peta Peta	E OE	VU *	II *
Orden Ophidia	<i>Elapidae</i> <i>Micrurus sp.</i> <i>Viperidae</i> <i>Bothrops sp.</i> <i>Crotalus durissus</i> <i>Lachesis muta</i> <i>Boidae</i> <i>Boa constrictor</i>	Coral Yoperojobobo Cascabel Chono Cascabel puga Boye	E E E E E	* * * * LR	* * * * II
<b>AVES</b>					
Orden Struthioniformes	<i>Rheidae</i> <i>Rhea Americana</i>		E	LR	II
Orden Tinamiformes	<i>Tinamidae</i> <i>Tinamus sp.</i> <i>Crypturellus undulatus</i> <i>Crypturellus sp.</i>	Macuca Fonfona Fonfona	O OE O	* * *	* * *
Orden Pelecaniformes	<i>Anhingidae</i> <i>Anhinga anhinga</i>		O	*	*
Orden Ardeiformes	<i>Ardeidae</i> <i>Tigrisoma lineatum</i> <i>Sirigma sibilatrix</i> <i>Pilherodius pileatus</i> <i>Ardea cocoi</i> <i>Casmeodius albus</i> <i>Egresia thula</i> <i>Threskiomithidae</i> <i>Mesembrinibis</i> <i>cayennensis</i> <i>Platalea ajaja</i> <i>Cinoniidae</i> <i>Mycteria americana</i> <i>Jabiru mycteria</i>		O O O O O O O O O O O O	* * * * * * * * * * * *	* * * * * * * * * * * *
Orden Anseriformes	<i>Antidae</i> <i>Cairina moschata</i>		E	VU	II
Orden	<i>Cathartidae</i>				

Falconiformes	<i>Coragyps stratus</i> <i>Cathartes aura</i> <i>Sarcoramphus papa</i> <i>Accipitridae</i> <i>Ictinea plumbea</i> <i>Busarellus nigricollis</i> <i>Buteo nitidus</i> <i>Falconidae</i> <i>Polyborus plancus</i> <i>Milvago chimachima</i> <i>Falco sp.</i>	Sucha Sucha Cóndor de llanura	O O O  O O O  O O O	* * *  * * *  * * *	* * *  * * *  * * *
Orden Galiformes	<i>Cracidae</i> <i>Pepelope sp.</i> <i>Ortalis sp.</i> <i>Mitu tuberosa</i> <i>Pipile pipile</i> <i>Crax fasciolata</i> <i>Phasianidae</i> <i>Odontophorus sp.</i>	Pava coto colorado Guaracachi Pavichi-Mutun Pava Campanilla Pava pintada Perdiz	OE O E OE OE O	* * * * * *	* * * * * *
Orden Gruiformes	<i>Rallidae</i> <i>Aramides cajanea</i> <i>Heliornithidae</i> <i>Heliornis álica</i> <i>Eurypygidae</i> <i>Eurypiga helias</i> <i>Cariamidae</i> <i>Cariama cristata</i>		O  O  O  O	*  *  *  *	*  *  *  *
Orden Columbiformes	<i>Columbidae</i> <i>Columba plumbea</i> <i>Columbina sp.</i>	Paloma Chay	OE O	* *	* *
Orden Psittaciformes	<i>Psittacidae</i> <i>Ara auricollis</i> <i>Aratinga sp.</i> <i>Amazona sp.</i> <i>Brotogeris sp.</i> <i>Pyrrhura sp.</i>	Loro chuto Cotorrita Loro barsino	O O OE E OE	* * * * *	* * * * *
Orden Cuculiforme	<i>Cuculidae</i> <i>Piaya cayana</i> <i>Crotophaga ani</i>	Cocinero Mahuri	O O	* *	* *

	<i>Dromococcyx sp.</i>		O	*	*
	<i>Guira guira</i>	Serere	O	*	*
Orden	<i>Strigidae</i>				
Strigiformes	<i>Otus sp.</i>		O	*	*
	<i>Pulsatrix sp.</i>		S	*	*
	<i>Glaucidium sp.</i>		O	*	*
Orden	<i>Caprimulgidae</i>				
Caprimulgiformes	<i>Nyctidromus albicollis</i>		O	*	*
	<i>Caprimulgus sp.</i>	Cuyabo	O	*	*
Orden	<i>Trochilidae</i>				
Trochiliformes	<i>Phaethornis sp.</i>		O	*	*
	<i>Thalurania furcata</i>		O	*	*
Orden	<i>Trogonidae</i>				
Trogoniformes	<i>Trogon sp.</i>	Aurora	O	*	*
Orden	<i>Momotidae</i>				
Coraciformes	<i>Momotus momota</i>	Burgo	O	*	*
	<i>Alcedinidae</i>				
	<i>Ceryle torquata</i>		OE	*	*
	<i>Chloroceryle americana</i>		O	*	*
	<i>Chloroceryle inda</i>		O	*	*
Orden Piciformes	<i>Bucconidae</i>				
	<i>Monasa nigrifrons</i>		O	*	*
	<i>Galbulidae</i>				
	<i>Galbula ruficauda</i>		O	*	*
	<i>Ramphastidae</i>				
	<i>Pteroglossus castonotis</i>	Tucanillo	OE	*	*
	<i>Ramphactos toco</i>	Tucan	OE	*	*
	<i>Picidae</i>				
	<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero	OE	*	*
	<i>Celeus flavus</i>	Carpintero	O	*	*
	<i>Campephilus sp.</i>	Carpintero	OE	*	*
Orden	<i>Dendrocolaptidae</i>				
Passeriformes	<i>Dendrocincla fuliginosa</i>		O	*	*
	<i>Dedrocolaptes sp.</i>		OS	*	*
	<i>Xiphorhynchus guttatus</i>		O	*	*
	<i>Furnariidae</i>				
	<i>Furnarius rufus</i>	Hornero	OE	*	*
	<i>Ochetorhynchus sp.</i>		O	*	*
	<i>Thamnophilidae</i>				

	<i>Myrmeciza sp.</i>		O	*	*
	<i>Tyrannidae</i>				
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Atrapa mosca	OS	*	*
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Atrapa mosca	OS	*	*
	<i>Megarynchus pitangua</i>				
	<i>Corvidae</i>				
	<i>Cyanocorax chrysops</i>		OS	*	*
	<i>Cyanocorax cyanomellas</i>		OS	*	*
	<i>Thraupidae</i>				
	<i>Dacnis cayana</i>		O	*	*
	<i>Tersina viridis</i>		O	*	*
	<i>Troglodytidae</i>				
	<i>Donacobios atricapillus</i>				
	<i>Icteridae</i>				
	<i>Cacicas sp.</i>	Tojo	OS	*	*
	<i>Psorocolius bifasciatus</i>	Tojo	OS	*	*
	<i>Icterus sp.</i>	Tojo	O	*	*
<b>MAMIFEROS</b>					
Orden Marsupialia	<i>Didelphidae</i>				
	<i>Didelphys marsupialis</i>	Carachupa	HE	*	*
Orden Edentata	<i>Dasypodidae</i>				
	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Tatu	H	*	*
	<i>Priodontes maximus</i>	Pejichi	E	VU	I
Orden Primates	<i>Cebidae</i>				
	<i>Alouatta seniculus</i>	Manechi	E	DD	II
	<i>Cebus apella</i>	Silbador	OE	*	*
	<i>Aotus sp.</i>	Cuatro ojos	OR	*	*
	<i>Callitrichidae</i>				
	<i>Callithrix argentala</i>		O	DD	I
Orden Carnívora	<i>Canidae</i>				
	<i>Cerdocyon thous</i>	Zorro	OHS	*	*
	<i>Speothos venaticus</i>	Perrito de monte	E	DD	I
	<i>Chrysocyon brachyurus</i>	Borochi	E	VU	II
	<i>Procyonidae</i>				
	<i>Nasua nasua</i>	Tejon	OHE	*	*
	<i>Procyon cancrivorus</i>	Zorrino	E	*	*
	<i>Potos flavus</i>	Mono michi	E	*	*
	<i>Mustelidae</i>				
	<i>Eira bárbara</i>	Melero	E	*	*

	<i>Galictis vittata</i>	Huron	E	*	*
	<i>Felidae</i>				
	<i>Felis pardales</i>	Gato	HE	VU	I
	<i>Felis concolor</i>	León	HE	DD	II
	<i>Pantera onca</i>	Tigre	HE	VU	I
Orden	<i>Tapiridae</i>				
Perissodactyla	<i>Tapirus terrestres</i>	Anta	HE	VU	II
Orden Artiodactyla	<i>Tayassuidae</i>				
	<i>Tayassu pecari</i>	Tropero	HE	VU	II
	<i>Tayassu tajacu</i>	Taitetú	HE	VU	II
	<i>Cervidae</i>				
	<i>Mazama americana</i>	Huaso	OHE	DD	*
	<i>Mazama gouazoubira</i>	Urina	HE	DD	*
Orden Rodentia	<i>Sciuridae</i>				
	<i>Sciurus spadiceus</i>	Masi	OHE	*	*
	<i>Sciurus ignitus</i>	Masi	OE	*	*
	<i>Ctenomyidae</i>				
	<i>Ctenomys sp.</i>	Cujuchi	HE	*	*
	<i>Agoutidae</i>				
	<i>Agouti paca</i>	Jochi pintado	HE	DD	*
	<i>Dasyproctidae</i>				
	<i>Dasyprocta sp.</i>	Jochi calucha	HE	*	*
Orden Lagomorpha	<i>Laporidae</i>				
	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Tapiti	OHE	*	*

**Fuente:** Libro rojo de los vertebrados de Bolivia, 1996.

**LEYENDA:**

| Registros a través de: O = Observación directa, H = Huellas y E = Entrevistas.  
Estatus: VU = Vulnerable, DD = Datos indeterminados y apéndice I y II.  
LR = Menor riesgo; \* = Especies no amenazadas

## 2.1.14. Aspectos Socioeconómicos y Demográficos.-

### 2.1.14.1. Presión sobre la Tierra y posible Impacto en el Manejo.-

Según el Plan de Manejo de la Empresa MARABOL S.R.L., (1.997), El área que la empresa devolvió del antiguo contrato de aprovechamiento a largo plazo, en parte fue debido a la presión sobre la tierra que ejercían algunas comunidades, llegándose a la fecha de que las áreas devueltas al dominio del estado se encuentran invadidas por personas que realizan actividades de chaqueo y aprovechamiento forestal informal.

Por otra parte el área que Marabol convirtió al régimen de Concesión, también sufrió en inicio la invasión de cortadores informales (denominados “piratas”), que dificultaban el normal desarrollo de las actividades planificadas en el Plan de Manejo.

El posible impacto del aprovechamiento informal en el área puede llegar a constituirse en una gran limitante, para lo cual se tomaron las acciones más aconsejables en las actuales circunstancias, para lo cual se recibió el apoyo legal de las Instituciones llamadas para este efecto.

#### **2.1.14.2. Comunidades Indígenas y Asentamientos Campesinos.-**

Según el Plan de Manejo de la Empresa MARABOL S.R.L., (1.997), en el área de la Concesión otorgada a la Empresa no existen comunidades indígenas ni asentamientos campesinos.

Actualmente la empresa instaló un puesto de control con su tranca respectiva a la entrada de la Concesión Forestal Marabol, esto con objetivo de controlar el ingreso de terceros al área y de esta manera acabar de manera total con las actividades de pirateo en la zona y de esta manera poder garantizar la sostenibilidad del bosque a través del plan de manejo forestal propuesto.

#### **2.1.15. Cantidad y Características de la Mano de Obra Disponible.-**

Según el Plan de Manejo de la Empresa MARABOL S.R.L., (1.997), las poblaciones más próximas a la Concesión es, San Miguel de Velasco y San Ignacio de Velasco distantes aproximadamente a unos 70 y 100 Km. respectivamente, y son de estos centros poblados que la Empresa contrata la mayor parte del personal que se involucra en todas las actividades de aprovechamiento forestal.

La cantidad de oferta de mano de obra en los centros poblados mencionados es importante (cubre casi el 100 % del requerido por la Empresa), en tanto que las características de su formación es a nivel de apoyo como del conjunto de las operaciones de aprovechamiento (motosierristas, ayudantes, etc.).

## **2.2. Materiales.-**

### **2.2.1. Material Biológico.-**

Las muestras fueron extraídas de la Concesión Marabol del compartimento AAA/2002-2-4 que se encuentra en la provincia Velasco del Departamento de Santa Cruz, geográficamente localizada a 17° 00' 43.5" de latitud Sur y 60° 58' 49.3" de longitud Oeste que según el mapa ecológico de Bolivia y los datos bioclimáticos de la zona se clasifica como Bosque Seco Subtropical (b.s.h).

### **2.2.2. Herramientas e Instrumentos de Campo.-**

- Pintura spray
- Brújulas
- Cintas diamétricas
- Machetes
- Flexómetros
- Cuerdas
- Wincha
- Planillas de Campo
- G P S
- Cinta Flagging
- Martillo
- Clavos
- Laminas offset

### **2.2.3. Material y Equipo de Gabinete.**

- Mapa tipológico de la zona
- Cartas geográficas del área de estudio

- Material de dibujo
- Computadora
- Calculadora
- Cámara Fotográfica

Se contrato cuatro personas para realizar el trabajo de levantamiento de datos el mismo que fue capacitado por parte de la Empresa CIMAL.

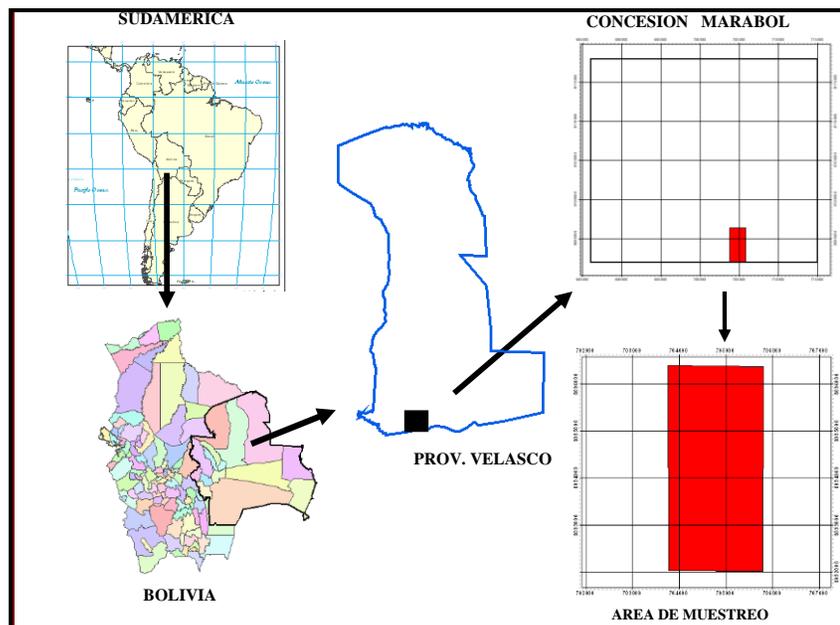
### 2.3. Metodología.-

#### 2.3.1. Selección del Área de Estudio.-

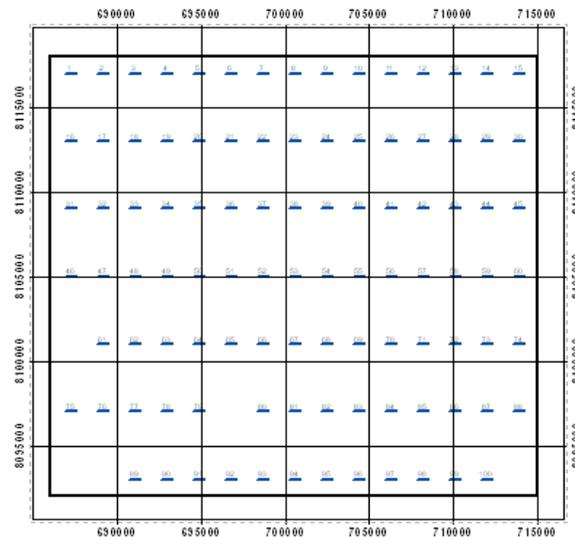
Se selecciono un compartimiento de aprovechamiento dentro de la Concesión, el mismo que fue denominado como Área Piloto, el cual fue sujeto a un Censo Forestal de los individuos de la Canasta de Especie de la Empresa Cimal y un Muestreo Sistemático de Regeneración Natural, en una superficie de 880 hectáreas, el muestreo fue realizado sobre los carriles que dejo el Censo Forestal. (Ver Anexo 1, Mapa 5).

Para fines de comparación se utilizo los datos del Inventario Forestal que tiene la Concesión Marabol.

#### Grafico No 1.- Ubicación de la zona de estudio.



**Grafica # 2.- Distribución de las muestras en el inventario forestal 100 parcelas con intensidad del 0.16 %.**



### **2.3.2. Datos de Inventario Forestal de la Concesión Marabol.-**

#### **2.3.2.1. Distribución, Dimensiones y forma de las parcelas de Muestreo.-**

La Unidad de muestreo se denominó Parcela, constituida por un rectángulo de 20 m. de ancho por 600 m. de longitud, separadas cada una en 1.200 m. y de centro a centro de parcela, 1.800 m, siendo la superficie de cada parcela de 1.2 hectáreas. Las parcelas se distribuyeron en fajas de dirección de Este a Oeste, teniendo cada una numeración correlativa y espaciadas sistemáticamente en el bosque comercial prometedor, considerando este último como las formaciones del tipo de Bosques.

#### **2.3.2.2. Intensidad de muestreo.-**

La intensidad del muestreo se determinó tal como establece la norma técnica de manejo forestal, la misma establece que el tamaño de la muestra corresponde al 0.16 %, del total del bosque aprovechable o sea de 120 hectáreas. (Ver Anexo 2.1).

<b>Tamaño de parcela</b>	1.2 ha.
<b>Numero de parcelas</b>	100 muestras
<b>Distancia entre líneas</b>	4.0 km. Promedio

**Distancia entre parcelas** 1.2 km.

**Distancia entre centros de parcela** 1.8 km.

### 2.3.2.3. Distribución de las muestras por estrato.-

Una vez colocadas las líneas y la muestras en el plano de cobertura forestal en forma sistemática tal como se estableció en el párrafo anterior, en el terreno se obtuvo la siguiente distribución para cada estrato, además se decidió solo considerar tres tipos de bosques, tomando en cuenta el detalle de la topografía tal como se plantea en el plano Tipológico, el resultado es el siguiente:

<b>ESTRATO</b>	<b>Nº DE MUESTRAS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Estrato B1	64	66.7 %
Estrato B2	30	31.3 %
Estrato B3	2	2,0 %
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>100.0 %</b>

### 2.3.2.4. Levantamiento de Datos.-

El numero de parcelas para el inventario forestal y para el muestreo son de 100 para cada estado de regeneración natural, potenciales y aprovechables.

De los datos del inventario forestal, la información utilizada fue la presencia de las especies morado (*Machaerium scleroxylon Tul*), roble (*Amburana cearensis (Allemão) A. C. Smith*), tajibo (*Tabebuia serratifolia (Vahl) G. Nicholson*), sirari (*Copaifera chodatiana Hassl.*) y curupaú (*Anadenanthera colubrina (Vell. Conc.) Benth.*), realizado por Cava, 1.997, bajo una intensidad de muestreo de:

- **Brinzales:** Aquellos individuos entre 1.30 m a 5 cm de diámetro a la altura del pecho de altura en el caso del inventario en parcelas de 2\*2 m.
- **Latizal:** De 5 cm. a 9.9 cm. de diámetro. Tomados en las parcelas en parcelas de 5\*5 m.

- **Fustales:** En el caso del muestreo se incorporo en las parcelas grandes para aumentar la intensidad de muestreo de esta clase diamétrica, en el inventario se tomó de 10 cm. hasta 19.9 cm. de diámetro en parcelas de 10\*10 m.
- **Fustal más potenciales y aprovechables:** Mayor a 10 cm de diámetro. Constituyen la regeneración lograda o establecida en parcelas de 20\*600 m. en el muestreo separadas entre parcelas por 1.2 km., de E-W.

### 2.3.3. Diseño de Muestreo en el Área Piloto.-

Para fines de comparación se utilizó los datos del Inventario Forestal y se realizó un muestreo de mayor intensidad en un área piloto de 880 hectáreas.

Se realizo un muestreo intenso para la *Amburana cearensis* bajo dos modalidades:

1. La inventariación del 100% a través del Censo Forestal de los árboles de Roble con DAP. mayores e iguales a 40 cm. esto con el objetivo de:
  - Poder tomar los mayores a 50 cm. de DMC. como aprovechables
  - Los de 40 – 49 cm. de DAP como los potenciales altos a saltar a la siguiente clase diamétrica para la segunda cosecha.
2. Muestreo sistemático de los diámetros menores a 40 cm. en toda el área piloto de 880 hectáreas.

### 2.3.4. Diseño de Muestreo para árboles $\geq 40$ cm. de DAP.-

Para realizar este estudio se selecciono un compartimiento de la Concesión Marabol y se realizo en coordinación con la Empresa Cimal un Censo Forestal Comercial el cual incluye lo siguiente:

#### 2.3.4.1. Metodología del Censo Forestal Comercial.-

El censo comercial de los árboles pertenecientes al compartimiento, se realizo utilizando el método sistemático con barrido total, trazando una línea base de 4.4 Km. al centro del compartimiento, con orientación de S – N y los carriles se hallaron en

forma transversal cada 250 m, delimitando fajas con dirección Oeste, de 2 Km. de longitud sobre estas fajas y de carril a carril se trazaron picas de paso a cada 100 m, haciendo un total de 880 hectáreas censadas.

#### **2.3.4.2. Levantamiento Topográfico.-**

Los datos que se tomaron fueron sobre la Línea Base, Carriles, Picas y deslindes y tiene por objeto crear la red de amarre de todo el sistema además de georeferenciar los árboles con respecto al terreno. Por otro lado, se tiene la información necesaria para la planificación de caminos, rodeos y carriles de arrastre. La información a levantar es la distancia, rumbo y nivel.

Para el levantamiento de los datos se utilizó un formulario de levantamiento topográfico. (Ver anexo 2.6.).

#### **2.3.4.3. Levantamiento de Datos Dasonométricos.-**

La información de los árboles se tomó a partir de 40 cm. DAP para la especie *Amburana cearencis* y a partir del Diámetro Mínimo de Corta para las demás especies que están dentro la canasta de especies que tiene la Empresa con la utilización de flexómetros y la colocación de plaquetas metálicas de identificación de cada árbol en el pie, el registro que se hizo fue:

- Numero del árbol
- El nombre común de la especie
- Diámetro
- Altura comercial
- Calidad
- Estado sanitario
- Observaciones como árboles muertos y huecos.

Para el levantamiento de los datos se utilizó un formulario de levantamiento dasonométrico. (Ver anexo 2.5.).

### **2.3.5. Diseño de Muestreo para árboles $\geq 10$ cm. DAP $\leq 40$ cm. DAP.-**

#### **2.3.5.1. Método de Muestreo.-**

El método de levantamiento de datos en el campo utilizado fue el **muestreo sistemático**, el diseño correspondiente es una distribución regular con distancias iguales entre las unidades de muestreo.

Las dimensiones de las parcelas fueron de:

Largo = 50 metros

Ancho = 20 metros

#### **2.3.5.2. Intensidad de Muestreo para árboles $\geq 10$ cm. DAP $\leq 40$ cm. DAP.-**

La intensidad fue calculada en base a la interpolación de datos que se fija en base a la superficie total a inventariar según la Norma Técnica para la Elaboración de Instrumentos de Manejo Forestal en propiedades privadas o Concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas. (Ver Anexo 2,1 y 2,2).

El resultado encontrado para 880 hectáreas declaradas como productivo según la tabla fue de:

$$i = 1.62\%$$

Para efectos de un mejor análisis de los datos se decidió duplicar la intensidad de muestreo y se la adecuo para tener un número total de parcelas de 340, es decir que el resultado encontrado para 880 hectáreas, declaradas como bosque productivo según la tabla y tomando en cuenta la duplicación que se le dará, se obtuvo:

$$i = 3.86\%$$

#### **2.3.5.3. Número de Muestras para árboles $\geq 10$ cm. DAP $\leq 40$ cm. DAP.-**

El número mínimo de muestras fue definido en base a la Norma Técnica para la Elaboración de Instrumentos de Manejo Forestal en propiedades privadas o Concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas. (Ver Anexo 2,1).

La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$n = \frac{A * I}{a * 100}$$

$$n = \frac{880.00Has * 3.86\%}{0.1Ha. * 100} = 340 \text{ parcelas}$$

Donde:

n = numero de muestras

a = Tamaño de la muestra.

A = Superficie total a ser muestreada.

I = Intensidad.

#### **2.3.5.4. Tamaño de la Muestra para árboles $\geq 10$ cm. DAP $\leq 40$ cm. DAP.-**

El tamaño de la unidad de muestreo se determinó, relacionando el área de la superficie de muestreo y la intensidad del muestreo, su cálculo se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$a = \frac{A * I}{n * 100}$$

$$a = \frac{880.00has. * 3.86\%}{340\% * 100} = 0.099 \text{ Has.} \approx 1Ha.$$

Donde:

n = Número de muestras

a = Tamaño de la muestra.

A = Superficie total a ser muestreada.

I = Intensidad.

### 2.3.5.5. Distribución de las unidades de muestro para árboles $\geq 10$ cm. DAP $\leq 40$ cm. DAP-

Para optimizar la distribución de las muestras dependiendo de los factores estadísticos como económicos, el documento de referencia, recomienda la utilización de la siguiente fórmula:

$$d = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{n}}$$

$$d = \frac{\sqrt{8.80Km^2}}{\sqrt{340}} = 0.161km.$$

Donde:

$d$  = Distancia entre los puntos centrales.

$A$  = Superficie total de los estratos forestales en  $Km^2$ .

$N$  = Número de unidades de muestreo.

Con la aplicación de un factor 1.5 de distribución se aumento la distancia entre las líneas y se redujo la distancia entre las unidades, con lo que tenemos:

$$dl = 0.161 km * 1.5 = 0.2415 km \approx 0.25 km \text{ distancia entre líneas}$$

### 2.3.5.6. Numero de muestras por línea para árboles $\geq 10$ cm. DAP $\leq 40$ cm. DAP.-

El número de parcelas por línea se calculó con la siguiente fórmula:

$$npl = \frac{n}{nl} = \frac{340}{17} = 20 \text{ parcelas por línea}$$

Donde:

$Npl$  = Número de parcelas por línea

$N$  = Número de muestras.

Nl = Número de líneas.-

**2.3.5.7. Número de líneas para la ubicación de las parcelas para árboles  $\geq 10$  cm. DAP  $\leq 40$  cm. DAP.-**

El número de líneas para la ubicación de las parcelas se calculó con la siguiente fórmula:

$$nl = \frac{Lc}{dl} = \frac{4.4Km}{0.25Km} = 17.5 \approx 17 \text{ líneas}$$

Donde:

Nl = Número de líneas

Lc = Largo de la concesión en Km.

DI = Distancia entre líneas en Km.

**2.3.5.8. Separación entre parcelas para árboles  $\geq 10$  cm. DAP  $\leq 40$  cm. DAP.-**

La separación entre parcelas se calculó con la siguiente fórmula:

$$dp = \frac{Ac}{npl} = \frac{2.0Km}{20} = 0.1Km \approx 100m$$

Donde:

Npl = Número de parcelas por línea

Ac = Ancho de la concesión en Km.

Dp = Distancia entre parcelas en m

**2.3.5.9. Diseño de Muestreo para Latizales, árboles  $\geq 1.5$  m. ht  $\leq 5$  cm. de DAP y  $\geq 5$  cm.  $\leq 10$  cm. DAP.-**

El levantamiento de datos se realizó instalando sobre las parcelas de muestreo para fustales dos subparcelas para evaluación de latizales cuyas dimensiones fueron de 5

m. \* 5 m. cada una, haciendo una superficie de 25 m<sup>2</sup> por parcela y un total de 50 m<sup>2</sup> de evaluación por cada parcela de muestreo para esta clase diamétrica, recabándose datos como ser especie, altura comercial calidad y DAP.

**2.3.5.10. Diseño de Muestreo para brinzales árboles  $\geq 0.3$  m. de altura  $\leq 1.55$  m. de altura.-**

El levantamiento de datos se realizó instalando sobre las parcelas de muestreo para fustales ( $\geq 40$  cm.  $\leq 50$  cm. DAP), dos subparcelas para evaluación de brinzales cuyas dimensiones fueron de 2 m \* 2 m cada una, haciendo una superficie de 4 m<sup>2</sup> por parcela y un total de 8 m<sup>2</sup> de evaluación por cada parcela de muestreo para esta clase diamétrica, recabándose datos como ser especie, altura comercial y calidad.

Respecto a las características generales del área se levanto información puntual en cada parcela tomando en cuenta datos como tipo de bosque, sotobosque, color de suelo, textura además del número de línea y número de parcela.

**2.3.5.11. Instalación de las Parcelas de Muestreo.-**

Las parcelas fueron instaladas sobre los carriles del censo forestal con una orientación de Este a Oeste, con una separación de centro a centro de parcela de 100 m. de distancia. La forma y ubicación de las parcelas de muestreo para los estados de brinzal, latizal y fustal están representadas a través de un croquis. (Ver Anexo 2.4.).

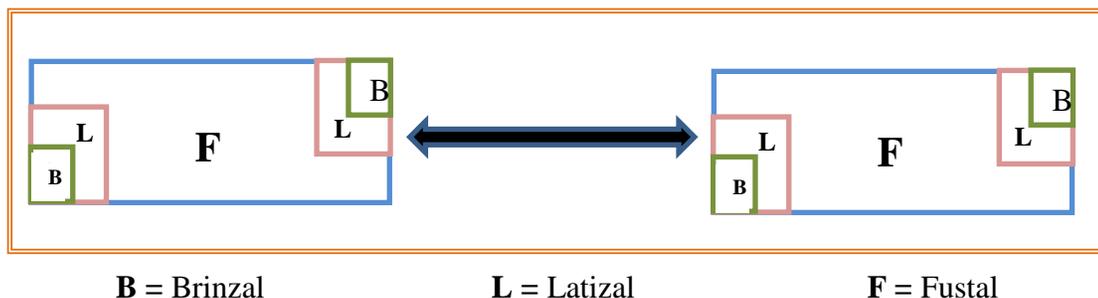
**2.3.5.12. Levantamiento de la Regeneración Natural en las Parcelas de Muestreo.-**

Para el levantamiento de datos en las parcelas de muestreo se tomó en cuenta sus tres estadios de regeneración natural y considerando el tamaño de la misma, resulto necesario clasificarla en las siguientes categorías de acuerdo a su dimensión.

- Brinzales: aquellos individuos entre 0.3 m a 1.5 m de altura.
- Latizal bajo: de 1.5 m de altura a 4.9 cm. de DAP.
- Latizal alto: de 5.0 cm. a 9.9 cm. de DAP.
- Fustal: individuos mayores a 10 cm. DAP y menores a 40 cm DAP.

Para el levantamiento de los datos se utilizó un formulario de levantamiento de regeneración natural. (Ver anexo 2.3.).

**Grafico # 3.- Distribución y tamaño de las parcelas.**



**2.3.6. Análisis de los resultados.-**

Para el análisis de las estructuras arbóreas estos datos fueron ordenados a través de categorías diamétricas en rangos de diez en diez cm, iniciando con la clase de 10 cm y terminando con la de > 90 cm. Este arreglo presenta el número de árboles promedio por ha registrados en cada una de las siete clases diamétricas. De esos datos se generaron nuevas variables tales como: densidad expresada en número de árboles por unidad de superficie, área de cobertura de copa por unidad de superficie expresada en m<sup>2</sup>, y existencias maderables en términos de volumen (m<sup>3</sup>).

La relación existente entre el número de árboles en cada categoría diamétrica es considerada como la constitución de la estructura arbórea, la cual para su análisis se modeló a través de la ecuación desarrollada por De Liocourt.

El análisis de los resultados del presente estudio se realizó tomando en cuenta cada uno de los siguientes factores:

**2.3.6.1. Aplicación de Ley de De Liocourt.-**

Por medio del modelo de De Liocourt se obtuvo la curva que describe la tendencia de la estructura diamétrica denominada de bosque normal o de estructura balanceada, cuya característica descriptiva es a través de una relación conocida como j-invertida, mostrando de esa manera un modelo exponencial negativo. Esta curva describe la tendencia del arbolado a través de cada clase diamétrica, reconocida como factor “q”,

o de disminución, que para cada tipo de bosque resulta una relación diferente, obteniéndose para la estructura analizada los coeficientes (valores “K” y “a”), del modelo que describen su comportamiento y tendencia por medio del arreglo en las siete clases de diámetros encontrados.

La Ley de De Liocourt, expresa la distribución teórica del número de árboles por clase diamétrica en bosques de edad no uniforme (disetaneos).

Matemáticamente, la ecuación que describe esta ley es:

$$Y = K * e^{-ax}$$

Donde:

Y = Número de árboles por hectárea para una clase diamétrica dada.

X = Punto medio de las clases diamétricas en cm.

K = Coeficiente que representa el número de árboles por hectárea cuando el DAP es cero.

e = Constante neperiana, (base de los logaritmos naturales)

a = Pendiente de la distribución, que controla la tasa de cambio del número de árboles entre las clases diamétrica.

En este modelo la constante “a” determina la tasa por la cual se expresa el número de árboles que disminuyen en las clases diamétricas sucesivas, y el factor “k”, representa o indica la densidad relativa del rodal por cada clase diamétrica. De esta manera “a” puede ser considerada la pendiente o tasa del coeficiente de cambio y “k” el intercepto en “Y”, siendo este el valor de “Y” cuando “X” es igual a 0.

Además, se puede establecer el cociente de reducción, este factor se calculó tomando en cuenta la estimación del número de árboles por categoría diamétrica (valores predichos) mediante el uso de la siguiente relación:

$$q = N_i - 1/N_2,$$

Donde:

q = factor a calcular

$N_i - 1$  = representa al número de árboles en la categoría diamétrica dada.

$N_2$  = es el valor dado por el número de árboles de la clase diamétrica inmediata superior.

El número de árboles considerados para los valores en  $N_i$  y  $N_2$  son aquellos calculados mediante el uso de la ecuación proporcionada por el modelo de De Liocourt, para la estructura arbórea estudiada.

#### **2.3.6.2. Determinación de la tasa de incremento corriente (TIC).-**

Para determinar los tiempos de paso para cada especie se determino primero las tasas de incremento corriente según Martins (1996) indica que con la TIC se determina el movimiento de los árboles hacia las clases diamétricas mayores, además, señala que este movimiento es proporcional a la relación del crecimiento diamétrico del periodo o ciclo de corta y el ancho de clase.

Matemáticamente, la TIC se expresa de la manera siguiente:

$$TIC = \frac{\text{Tasa de Crecimiento del Periodo(TCP) o ciclo de corta(cm)}}{\text{Tamaño de la clase diamétrica(cm)}}$$

Para aplicar la TIC, primero se debe determinar la TCP; para ello se debe contar con información del ciclo de corta y el Incremento Corriente Anual (ICA), esta información puede ser tomada del Plan de Manejo propuesto.

Matemáticamente, el TCP se expresa de la siguiente manera:

$$TCP = \text{Ciclo de corta (años)} * ICA \text{ (cm/año)}$$

**Cuadro No 7.- Incremento corriente anual de las especies de la canasta forestal según datos del Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF).**

Especie	Incremento Corrente Anual ICA (cm/año)								
	10 - 19.9	20 - 29.9	30 - 39.9	40 - 49.9	50 - 59.9	60 - 69.9	70 - 79.9	80 - 89.9	> 90
morado	0,138	0,222	0,241	0,272	0,198	0,178	0,260	0,206	0,206
roble	0,232	0,318	0,284	0,26	0,336	0,248	0,318	0,301	0,301
tajibo	0,238	0,139	s/d	0,049	0,101	s/d	s/d	s/d	s/d
Sirari	0,142	0,116	0,135	0,134	0,052	0,138	0,177	0,272	0,272
curupau	0,304	0,339	0,245	0,175	0,203	0,242	0,114	1,319	1,319

**Fuente:** Instituto Boliviano de Investigación Forestal, IBIF, 2008

### 2.3.6.3. Tasa de mortandad.-

Se asumió una tasa de mortalidad de 1% en bosques maduros con la fórmula propuesta por Martins, (1996); el criterio de mortandad en bosques maduros que oscila entre 1 y 2% (Lieberman et. al 1990) se asumió el mínimo tomando en cuenta las características del bosque seco subtropical que el grado de iluminación en la mayor parte del año es alta.

La expresión matemática es la siguiente:

$$N_s = N_a * (1 - m)^c$$

Donde:

$N_s$ . = Número de árboles sobrevivientes al final del ciclo.

$N_a$ . = Número actual de árboles.

$m$  = Mortandad en porcentaje.

$c$  = Ciclo de corta en años.

### 2.3.6.4. Proyección de frecuencias por clases diamétricas.-

En base a la proyección de crecimiento y pérdida por mortandad se realizó una nueva proyección de distribución diamétrica, determinando la frecuencia de individuos por clase diamétrica para cada ciclo según el número de años para cada alternativa (10-15-20-20-25-30-35-40-45), se calculó el número de árboles que pasa del diámetro de

corta (DMC) y su respectivo volumen estimado del 80 % que se dispone para el aprovechamiento.

Los datos fueron comparados con las diferentes alternativas de diámetros mínimos de cortas como de ciclos de corta. Posteriormente se comparó la abundancia y el volumen por especie para la primera y segunda cosecha según el Área Anual de Aprovechamiento, para proponer las mejores opciones de ciclo de corta.

#### **2.3.6.5. Condiciones para el análisis.-**

Se tomo en cuenta el análisis de Lamprecht (1990) que indica que sólo es posible garantizar una producción maderera sostenible, fijando un DMC cuando:

- Existe suficiente número de árboles gruesos para un aprovechamiento rentable.
- El DMC ha sido fijado en un diámetro suficientemente alto.
- Las especies explotadas presentan una distribución diamétrica regular

Para decidir el tema de aprovechar o no una especie es necesario que el planificador deba tomar en cuenta que el objetivo es buscar el éxito económico si arriesgar el éxito ecológico de la especie ni la productividad del bosque, por lo tanto en su análisis debe tomar en cuenta los tres enemigos del manejo de bosques:

- La falta del éxito financiero del Plan de Manejo
- Los incendios forestales
- La falta de políticas a largo plazo que garantice la seguridad jurídica y las inversiones al bosque.

#### **2.3.6.5.1. Especies sin árboles grandes.-**

Especies que presentan una abundancia menor de 0.30 árboles/ha en las clases superiores a 40 cm para el morado, tajibo y sirari, de 45 cm. el curupaú y el roble de 50 cm. DAP. De estas especies se puede pensar en bajar el DMC si en el bosque

existe una buena distribución diamétrica en las clases menores y se dejan árboles semilleros abundantes y bien distribuidos.

#### **2.3.6.5.2. Especies sin regeneración.-**

Grupo de especies que no están claramente representadas en las clases diamétricas inferiores (<0.5 árboles/ha entre las clases 10 a 29.9 cm. DAP). Estas especies se pueden aprovechar sin necesidad de que se piense en remplazar el área basal a cortar, para lograr el éxito económico del manejo en la primera cosecha y observar a lo largo del ciclo de corta como responde al efecto de los impactos su crecimiento si no responde bien se lo declara extinción económica temporal y el plan silvicultural debe favorecer su regeneración. Hay que dejar suficientes semilleros y dar seguimiento a la regeneración natural de la especie.

#### **2.3.6.5.3. Especies con distribución diamétrica irregular.-**

Especies que tienen una o varias clases intermedias sin o con poca representación, particularmente especies de aprovechamiento restringido si son de especies de gran volumen, si no cumplen esa condición serán declaradas especies claves con la posibilidad de aprovechamiento para la próxima cosecha.

#### **2.3.6.5.4. Especies con buena distribución diamétrica.-**

Especies que presentan una distribución diamétrica similar a la ‘J invertida’. Estas no tienen problemas para el manejo silvicultural

#### **2.3.6.6. Alternativas de estudio.-**

**Cuadro No 8.- Alternativas de diámetros mínimos de corta.**

Especie	Diámetros Mínimos de Corta (cm.)			
	Alt. 1. 1er. ciclo	Alt. 1. 2do. ciclo	Alt. 2 1er. ciclo	Alt. 2 2do. ciclo
<b>Morado</b>	50	40	40	40
<b>Roble</b>	60	50	50	50
<b>Tajibo</b>	50	40	40	40
<b>Sirari</b>	50	40	40	40
<b>Curupau</b>	55	45	45	45

- 1ra. Alternativa del aprovechamiento de las cinco especies aumentando 10 cm. más al Diámetro mínimo de corta
- 2da. Alternativa del aprovechamiento según la Resolución Ministerial N° 248/98, se establecen los Diámetros mínimos de corta por zona de vida.

#### **2.3.6.7. Análisis Estadístico.-**

El tipo de diseño de investigación para este tipo de estudio fue de carácter exploratorio que tiene por objeto esencial estudiar un tema novedoso o escasamente estudiado. Será el punto de partida para estudios posteriores de mayor profundidad tomando muchas más variables.

**Para probar la hipótesis de investigación se realizara el análisis estadístico. “ $\chi^2$ ” con la siguiente fórmula:**

$$\chi^2 = \sum_m^r \sum_n^k \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Donde:

$O_{ij}$ = Denota a las frecuencias observadas. Es el número de casos observados clasificados en la fila i de la columna j.

$E_{ij}$ = Denota a las frecuencias esperadas. Es el número de casos esperados correspondientes a cada fila y columna. Se puede definir como aquella frecuencia que se observa si ambas variables fuesen independientes.

**Para el análisis de varianza el modelo es factorial 2x2x5x8 con interacciones completamente aleatorizados en el modelo actúan los siguientes factores:**

- Los dos tipos de muestreo el silvicultural y el inventario con diferentes intensidades cada uno (factor A).
- Los tipos de diámetros aprovechados el primero con 10 cm. Mayores al DMC y el segundo con 10 cm. más al DMC (factor B).

- Las cinco especies en estudio morado roble, tajibo, sirari y curupaú. (factor C).
- Los ocho ciclos de corta expresado en años 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 (factor D).

El modelo experimental será el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \epsilon_{ij}$$

con  $i=1,2$ ;  $j=1,2$ ;  $k=1,2,3,4,5$ ;  $l=1,2,3,4,5,6,7,8$

Donde:

$Y_{ijkl}$ : representa la respuesta al  $i$ -ésimo nivel del factor A.

$j$ -ésimo: nivel de factor B.

$k$ -ésimo: nivel de factor C.

$l$ -ésimo: nivel de factor D.

$\mu$ : representa la media general de la abundancia de  $m^3/ha$ .

$\alpha_i$ : el efecto que produce el  $i$ -ésimo nivel del factor A.

$\beta_j$ : representa el efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor B.

$\gamma_k$ : representa el efecto del  $k$ -ésimo nivel del factor C.

$\delta_l$ : representa el efecto del  $l$ -ésimo nivel del factor D.

$\epsilon_{ij}$ : es el error aleatorio asociado a la observación  $ij$ -ésima. Los valores  $\epsilon_{ij}$  usualmente se suponen normales, independientes, con esperanza cero y varianza común  $\sigma^2$ .

#### **2.3.6.8. Cálculo de costos de producción y determinación de utilidades.**

- Se realizó el cálculo de costos por ciclo de corta para las 5 especies y las tres elegidas por sus abundancias.
- Los costos son calculados como una proyección real de tiempos, movimientos insumos, requerimientos de personal de equipos variables para cada ciclo de corta según su volumen de madera.

- El cálculo de costos no tiene ni ajuste de inflación ni aumento de precios al futuro.
- Se comparó los costos con precios de mercado la tronca de 41 \$us/m<sup>3</sup> puesto aserradero de distancia de 35 km. monte aserradero
- Los rendimientos utilizados para la conversión a tabla para las duras (tajibo, morado, sirari y curupaú) 90 p<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> y el roble a 220 p<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> para muebles.
- Los precios de madera aserrada para la entrega interna a fabricas de la empresa puesto en Santa Cruz para morado 1.89 \$us/p<sup>2</sup> larga y corta a 0.70 \$us/p<sup>2</sup>, roble a 1.2 \$us/p<sup>2</sup> la larga y 0.65 \$us/p<sup>2</sup> la corta el tajibo, sirari y curupaú a 1.53 \$us/p<sup>2</sup> la larga y la corta a 0.70 \$us/p<sup>2</sup>.

**Cuadro No 9.- Costos de madera aserrada y rendimientos.**

Especies	Rendimiento	Precio \$us/p <sup>2</sup>		Tipo
	p <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Larga	Corta	Producto
Roble	220	1.89	0.70	Mueble
Morado	90	1.20	0.65	Lamina
Tajibo	90	1.53	0.70	Piso
Sirari	90	1.53	0.70	Varios
Curupau	90	1.53	0.70	Varios
<b>Distancia (km)</b>	35.00			
<b>\$us/m<sup>3</sup>tr</b>	41.00			

#### 2.3.6.9. Preguntas Centrales del Estudio.

- ¿Las curvas observadas se ajustan a la curva de ajuste teórico según Liocourt de sostenibilidad de las especies aprovechadas?
- ¿Existen diferencias significativas en los volúmenes por hectárea producto del crecimiento en la segunda cosecha por cada ciclo de corta planteado?
- ¿Las especies morado, roble, tajibo sirari y curupaú a que diámetro mínimo y ciclo de corta son sostenibles ecológica y económicamente bajo este sistema policíclico de aprovechamiento forestal?

- ¿Las especies aprovechadas en el presente ciclo de corta serán parte de la canasta de especies en la segunda cosecha o cual de ellos están en riesgo de extinción económica temporal?
- ¿Seguirá percibiendo utilidades económicas en la segunda cosecha sólo con la recuperación en volumen de las especies que hoy estamos aprovechando?

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Rangos de Crecimiento.

Se determinó los rangos máximos y mínimos de crecimiento en función a los ciclos de corta propuestos esquematizados en el siguiente cuadro.

**Cuadro No 10.- Rangos de crecimiento máximo y mínimo de los diámetros en cm. de la canasta de especies para la Concesión Forestal Marabol.**

Especie	crecimiento maximo anual (cm)	ciclo de corta actual (anos)	crecimiento durante ciclo (cm)	mayor ciclo de corta (anos)	crecimiento durante ciclo (cm)
Morado	0,27	20	5,46	45	12,29
Roble	0,32	20	6,34	45	14,27
Tajibo	0,16	20	3,24	45	7,29
Sirari	0,19	20	3,72	45	8,37
Curupau	0,31	20	6,26	45	14,09

**Fuente:** Elaboración Propia a partir de datos de crecimiento del Instituto Boliviano de Investigación Forestal, IBIF, 2008

Según este cuadro analizando sólo las especies en estudio, para el ciclo actual que es de 20 años podemos observar que se tiene un crecimiento mínimo en la especie tajibo y sirari y un crecimiento máximo en las especies curupau, roble y morado.

Contemplando un ciclo de corta de 45 años los de menor crecimiento son el tajibo y sirari y los máximos son el curupau, roble y morado en ese orden.

La idea de este cuadro es de ir definiendo que especies en los diferentes ciclos de corta planteados para las dos alternativas proyectan un mayor aporte en crecimiento independiente de la abundancia de árboles por hectárea.

### 3.2. Estructura diamétrica de las zonas en estudio.

**Cuadro No 11<sup>1</sup>.- Abundancia por clase diamétrica de los datos del Inventario Forestal y sus potencialidades de aprovechamiento actual según alternativas propuestas y su disponibilidad de abundancias para el crecimiento.**

Especie	(+) 10 cm DMC (arb. /ha)	> DMC cm (arb. /ha)	Clases Diametricas arb./ha								Abundancia disponible para crecimiento		DMC segun PGMF
											>20 DAP < 40 DAP (arb/ha)	>20 DAP < 50 DAP (arb/ha)	
			20-29,9	30 - 39,9	40 - 49,9	50-59,9	60-69,9	70-79,9	80-89,9				
Morado	0.593	2.075	2.827	3.110	1.482	0.473	0.092	0.016	0.012	5.937	7.419	40	
Roble	0.164	0.697	2.217	2.366	1.234	0.533	0.144	0.020	0.000	5.817	6.350	50	
Tajibo	0.160	0.929	3.125	2.530	0.769	0.132	0.016	0.012	0.000	5.655	6.424	40	
Sirari	0.376	1.378	3.378	2.485	1.002	0.244	0.116	0.012	0.004	5.863	6.865	40	
Curupau	0.320	2.151	12.381	7.381	1.831	0.304	0.016	0.000	0.000	19.762	21.593	40	

**Cuadro No 12<sup>2</sup>. Abundancia por clase diamétrica de los datos del Muestreo Silvicultural y sus potencialidades de aprovechamiento actual según alternativas propuestas y su disponibilidad de abundancias para el crecimiento.**

Especie	(+) 10 cm DMC (arb. /ha)	> DMC cm (arb. /ha)	Clases Diametricas arb./ha								Abundancia disponible para crecimiento		DMC segun PGMF
											>20 DAP < 40 DAP (arb/ha)	>20 DAP < 50 DAP (arb/ha)	
			20-29,9	30 - 39,9	40 - 49,9	50-59,9	60-69,9	70-79,9	80-89,9				
Morado	0.012	0.041	6.382	4.588	0.029	0.011	0.001	0.000	0.000	10.971	11.000	40	
Roble	0.192	1.026	4.294	3.382	1.752	0.833	0.154	0.032	0.007	9.429	10.262	50	
Tajibo	0.148	0.534	5.794	2.353	0.385	0.125	0.020	0.003	0.000	8.147	8.532	40	
Sirari	0.191	0.523	5.088	2.206	0.332	0.151	0.032	0.007	0.001	7.294	7.626	40	
Curupau	0.037	0.215	9.794	4.500	0.179	0.034	0.003	0.000	0.000	14.294	14.473	40	

En los cuadros anteriores la segunda columna de la izquierda representa la abundancia actual disponible para cosechar en el presente ciclo de corta aumentando 10 cm el DMC de todas la especies, al aumentar 10 cm el DMC, es decir si aprovechamos a partir de 60 cm. de DAP para el caso del roble y de 50 las otras especies se puede observar que se tiene una abundancia muy baja de árboles por

<sup>1</sup> Ver Anexo 2.8.: Distribución de la abundancia por clase diametrica de las especies guías según el Inventario Forestal

<sup>2</sup> Ver Anexo 2.9: Distribución de la abundancia por clase diametrica de las especies guías según el Muestreo en el Área Piloto

hectárea para la cosecha en ambos casos tanto del inventario como del muestreo. La segunda columna de la derecha muestra la abundancia de árboles por hectárea disponibles para dar el salto cualitativo de crecimiento para la segunda cosecha que para esta alternativa se nota abundante en ambos tipos de muestreo tanto en el inventario y el silvicultural, esto nos indica que las especies que componen estos bosques no son de grandes diámetros, poniendo en riesgo la primera cosecha, pero recuperando para tener una cosecha abundante la segunda cosecha.

En los cuadros anteriores la tercera columna de la izquierda representa la abundancia actual disponible para cosechar en el presente ciclo de corta, si la cosecha se realiza según los DMC de la Norma 248/98 y la propuesta de diámetros mínimos de corta del Plan General de Manejo de la Concesión Marabol, en este caso se observa que sube la abundancia de árboles por hectárea respecto a la alternativa anterior para la cosecha en ambos casos tanto del inventario como del muestreo silvicultural. La segunda columna la penúltima de la derecha muestra la abundancia de árboles por hectárea disponibles para dar el salto cualitativo de crecimiento para la segunda cosecha que para esta alternativa se nota casi la misma abundancia en ambas alternativas, esto indica que no hay individuos en gran cantidad en la clase diamétrica de 50 cm. Esto confirma a Marabol como la zona de un bosque de arboles de menor porte de la Chiquitania.

El hallazgo más importante de este cuadro es el comportamiento del curupaú, puesto que el aprovechamiento de acuerdo a su DMC según datos del inventario es viable en la primera cosecha y muy abundante en la segunda cosecha. En el caso del muestreo silvicultural los volúmenes de madera en el curupau no son viables para la primera cosecha para sostener mercados exigentes en cantidades de madera porque su abundancia solo es de 0.215 arb/ha, esto nos demuestra que esta especie no es de diámetros grandes mayores a 45 cm., manteniendo el DMC según la Norma 248/98 pone en riesgo la primera cosecha, la segunda cosecha es abundante con 14,294 arb/ha.

El subir 10 cm. al Diámetro Mínimo de Corta a este grupo de especies el caso del roble (*Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith) y tajibo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) G. Nicholson) no son viables para un aprovechamiento económico en la primera cosecha, lo que nos demuestra que para estas dos especies su abundancia esta en clases diamétricas menores.

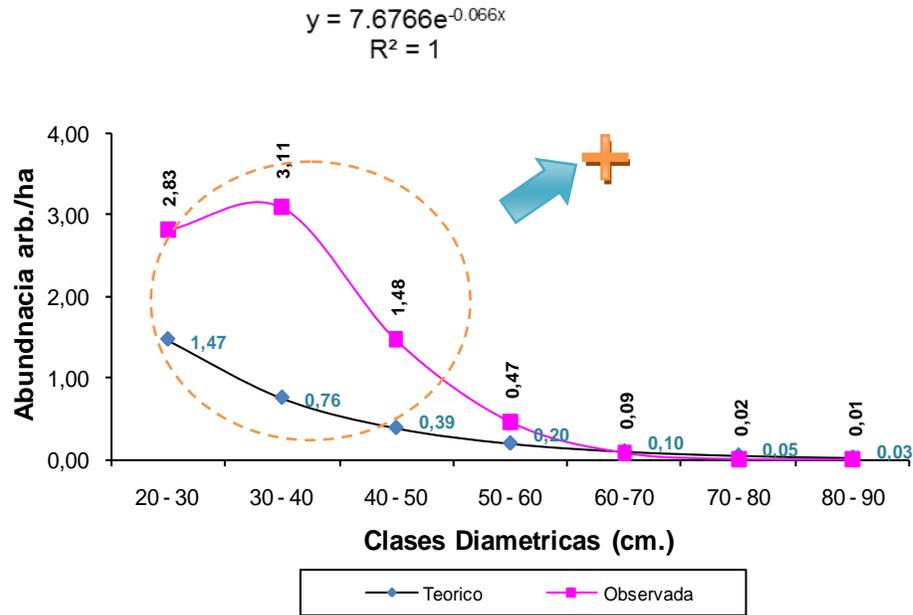
### **3.3. Análisis de distribución diamétrica.**

Después de definir las abundancias por hectárea por cada clase diamétrica para cada especie, se determino las curvas teóricas con la ecuación de la Ley de De Liocourt y se comparo con la observada que es producto de los resultados del inventario forestal y el muestreo silvicultural.

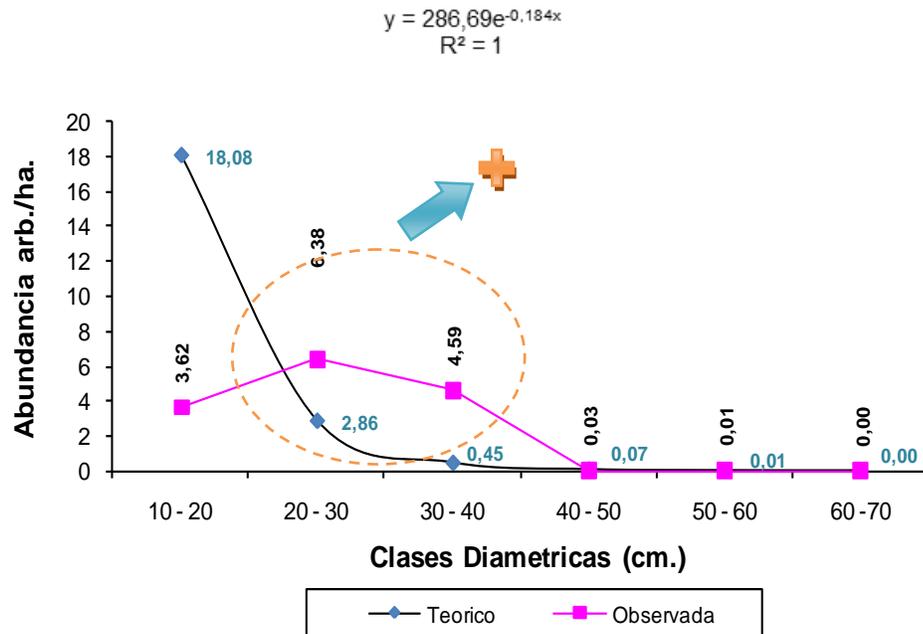
La curva observada de sostenibilidad del morado se ajusta con la curva teórica de De Liocourt tanto para el inventario ( $r=0.940$ ) como para el muestreo ( $r=0.935$ ), con sus características particulares de ser una especie de baja abundancia aprovechable, presenta una mayor abundancia en la clase diamétrica 30 - 40 cm. para el inventario 3.11 arb/ha y para el muestreo es 4.59 arb/ha. Para el muestreo es mayor la abundancia en la clase diamétrica 20 - 30 cm. Con 6.38 arb/ha. Y para el inventario tiene una ligera menos abundancia de 2.83 arb/ha. Pero en las demás clases diamétricas menores disminuye la abundancia que la requerida según la curva de De Liocourt

En las clases diamétricas mayores a 40 cm. en el inventario de reconocimiento es de 1,96 árboles/hectárea y muestreo 0.031 árboles/hectárea es menos en el área muestreada que lo encontrado en el inventario forestal, esto inviabiliza el aprovechamiento en la primera cosecha por su baja abundancia para sostener mercados, el inventario forestal muestra más abundancia pero no toma muy en cuenta el tema de calidad en el momento del levantamiento como se lo hizo el segundo muestreo que fue riguroso en ese aspecto, la calidad genética de la especie está en riesgo por su intenso aprovechamiento en el pasado.

**Gráfico No 4.- Distribución diamétrica del morado teórica y observada según inventario forestal.**



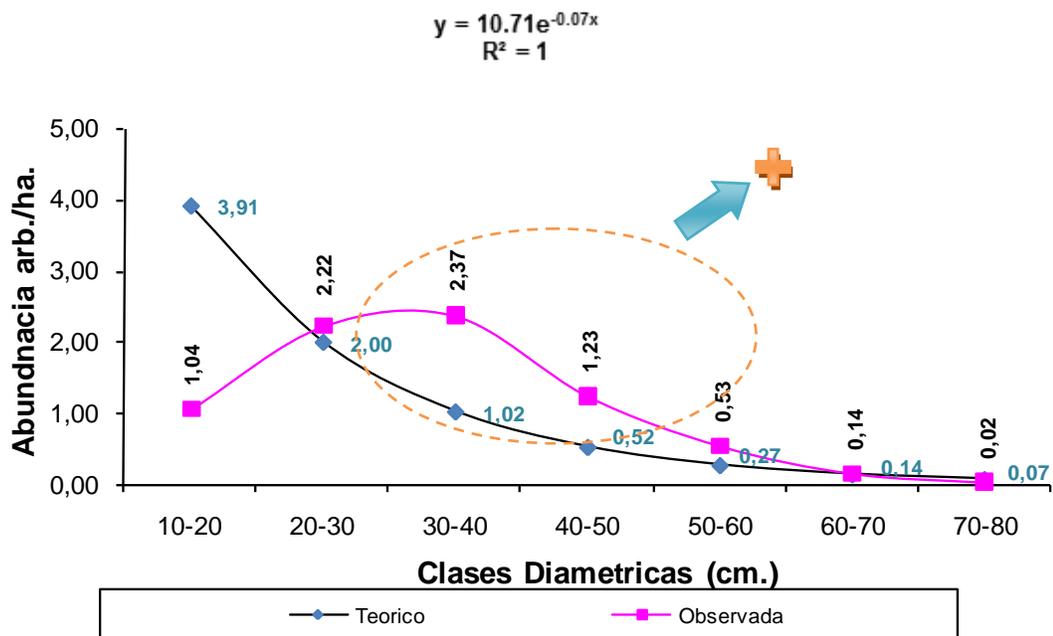
**Gráfico # 5.- Distribución diamétrica del morado teórica y observada según muestreo silvicultural.**



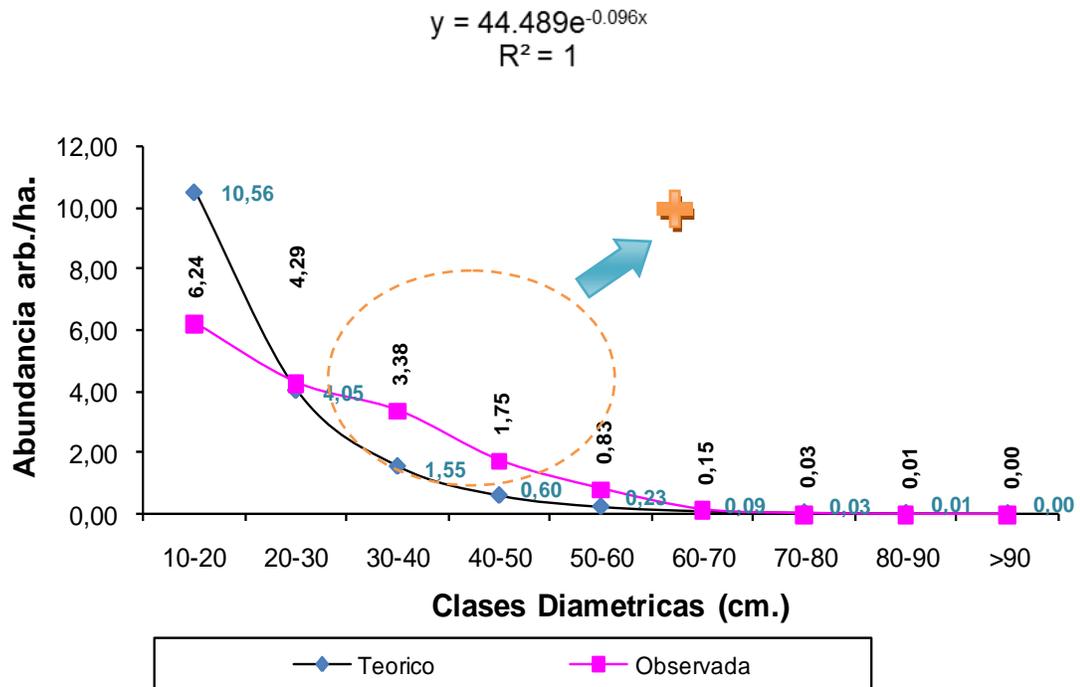
La curva observada de sostenibilidad del roble se ajusta con la curva teórica de De Liocourt para el inventario ( $r=0.707$ ), para el muestreo silvicultural se observa un muy alto ajuste con la curva exponencial ( $r=0.935$ ), con sus características particulares de ser una especie de buena abundancia, presenta una mayor frecuencia en la clase diamétrica 20 - 30 cm., 30 - 40 cm. y 40 - 50 cm. para el inventario y una mayor en las mismas clases diamétricas para el muestreo, respecto a la exigida en la curva teórica indicando que la especie estará presente en los próximos tres ciclos de corta, una menor frecuencia se observa en la requerida en la clase diamétrica de 10-20 cm. que la exigida por la curva teórica de sostenibilidad de De Liocourt.

En la suma de clases diamétricas de 30 - 40 cm. y 40 - 50 cm. en el inventario 0.69 árboles/hectárea y el muestreo 1.02 árboles/hectárea es más que la expectativa de corte del presente ciclo de corta, la especie tiene un buen crecimiento promedio esto definirá si esta especie se incorpora a la próxima cosecha.

**Gráfico No 6.- Distribución diamétrica del roble teórica y observada según inventario forestal.**



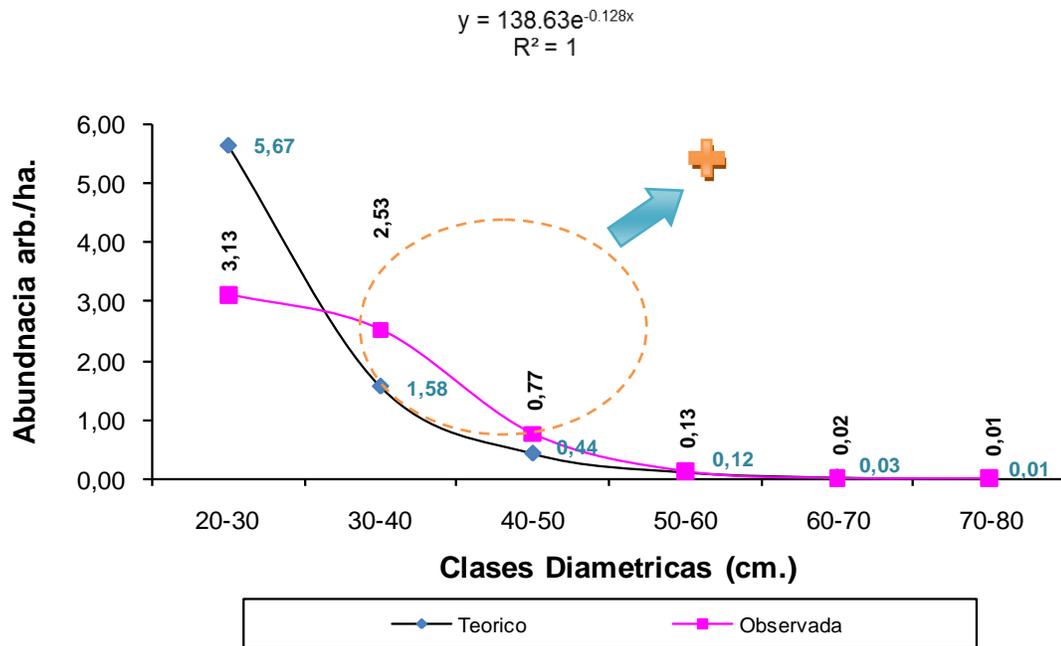
**Gráfico No 7.- Distribución diamétrica del roble teórica y observada según muestreo silvicultural.**



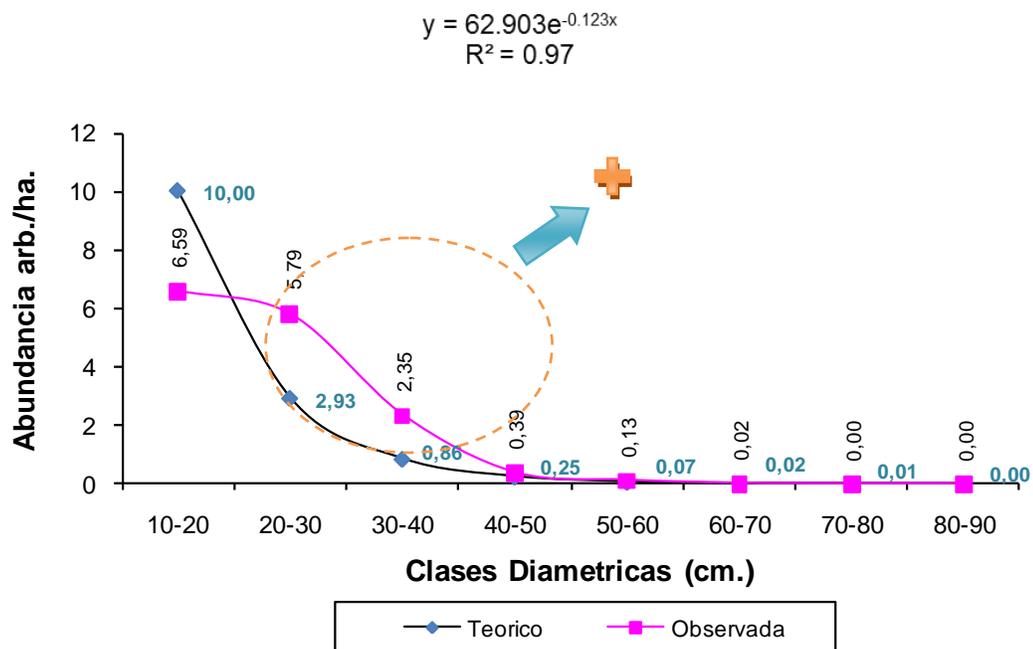
La curva observada de sostenibilidad del tajiño se ajusta con la curva teórica de De Liocourt para el inventario ( $r=0.949$ ), para el muestreo silvicultural hay un buen ajuste ( $r=0.964$ ), con sus características particulares de ser una especie de buena abundancia, pero de lento crecimiento presenta ligeramente una mayor abundancia en la clase diamétrica de 30 - 40 cm. Para el muestreo presenta una gran abundancia de 2.35 arb/ha y para el inventario de 2.53 arb/ha con 0.84 arb. /ha, la oferta de crecimiento de la clase diamétrica inmediata menor es más que la oferta de bosque para su aprovechamiento, para datos del muestreo es de 0.54 arb. /ha., y para el inventario es 0.93 arb./ha para este ciclo de corta.

La abundancia en la clase potencial a dar el salto cualitativo del tajiño es la clase diamétrica 30 - 40 cm. según los rangos máximos y mínimos de crecimiento de la especie, su bajo crecimiento promedio definirá si esta especie se incorpora a la próxima cosecha, en el análisis de tiempos de paso

**Gráfico No 8.- Distribución diamétrica del tajiño teórica y observada según inventario forestal.**



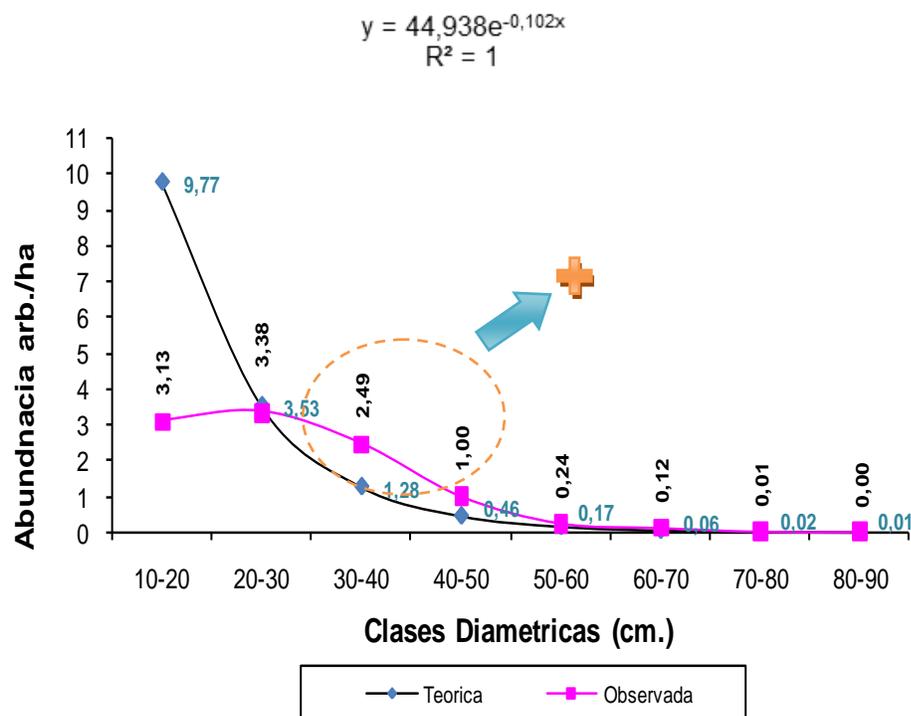
**Gráfico No 9.- Distribución diamétrica del tajiño teórica y observada según muestreo silvicultural.**



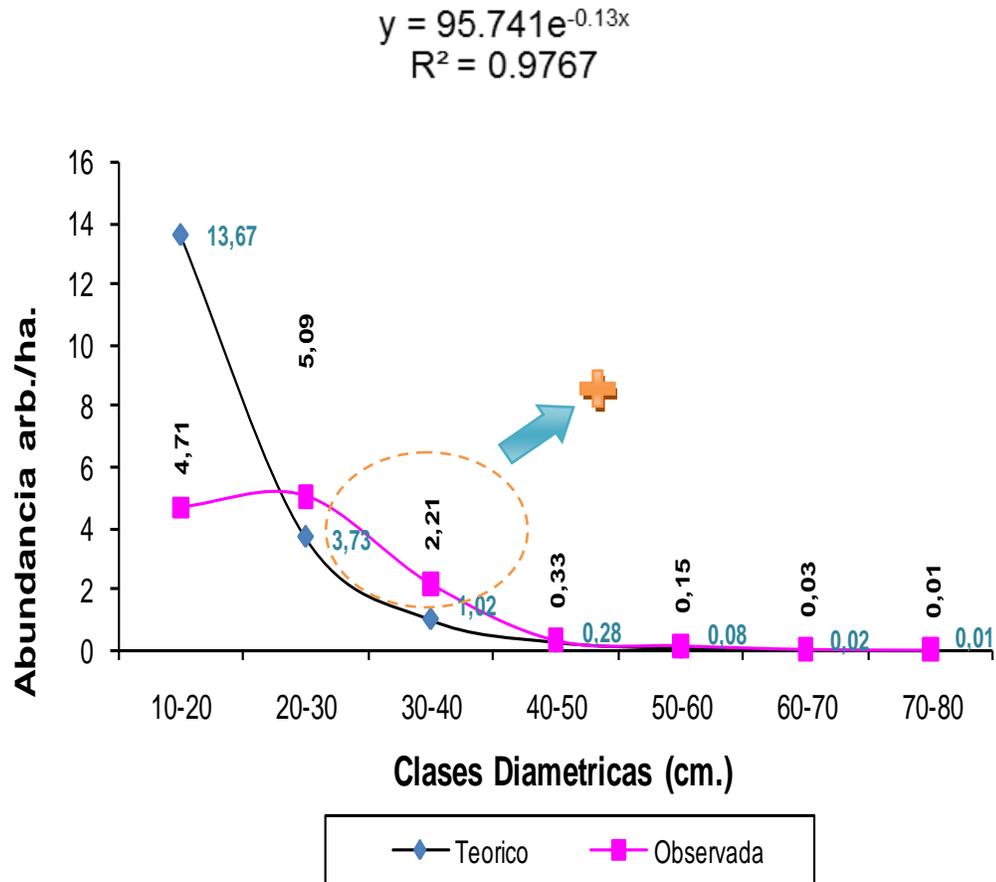
La curva observada de sostenibilidad del sirari se ajusta con la curva teórica de De Liocourt para el inventario ( $r=0.920$ ), para el muestreo silvicultural hay un regular ajuste ( $r=0.976$ ), en esta especie los datos presentan diferencias significativas en la cosecha actual el inventario presenta 1,37 arb./ha y el muestreo presenta 0.52 arb./ha., pero una gran similitud en la abundancia de la clase 30-40 cm. Para el inventario es 2.49 arb./ha., y para el muestreo presenta 2.21 arb/ha denominada la potencial a crecer para segunda cosecha, esta especie es de lento crecimiento.

La clase potencial a dar el salto cualitativo para la próxima cosecha del sirari es la clase diamétrica 30 - 40 cm. Según los rangos máximos y mínimos de crecimiento de la especie, su abundancia en esta clase diamétrica es el doble de la oferta para el caso de los datos del inventario, y menor a los datos del muestreo silvicultural, es una especie de bajo crecimiento promedio esto definirá si esta especie se incorpora a la próxima cosecha.

**Gráfico No 10.- Distribución diamétrica del sirari teórica y observada según Inventario Forestal.**



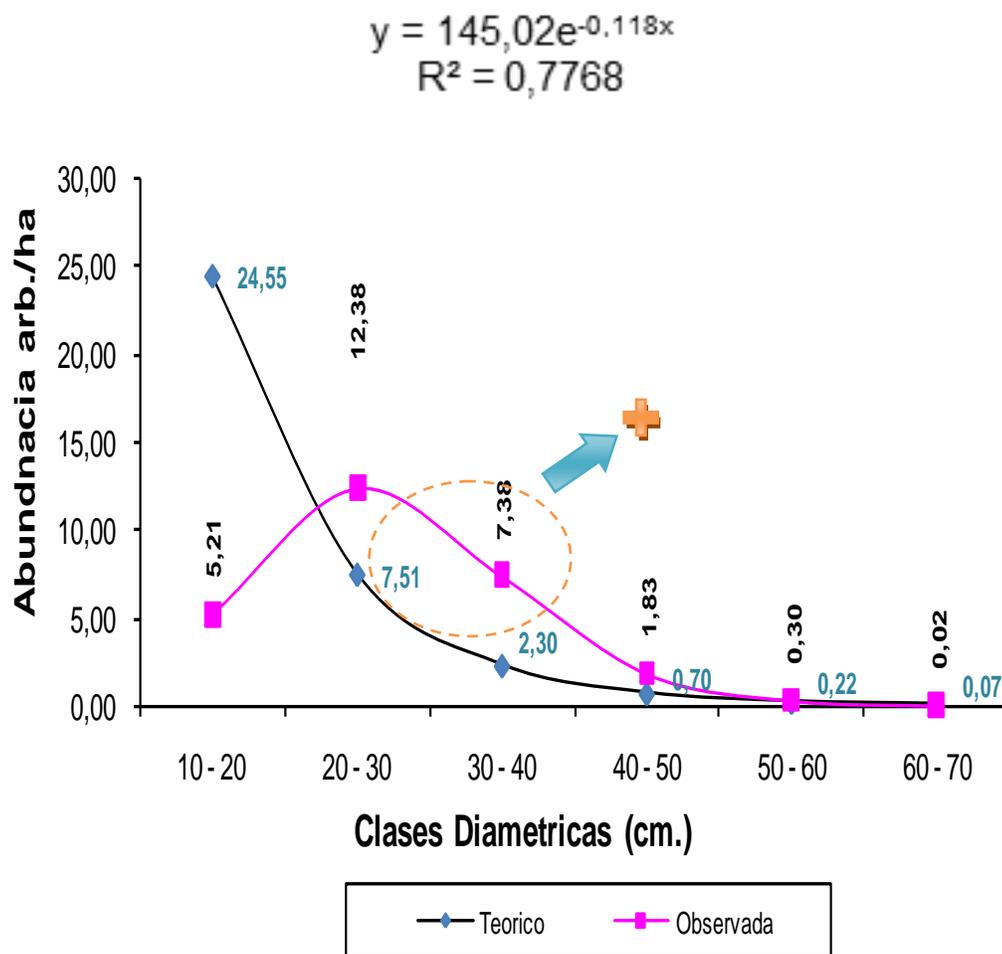
**Gráfico No 11.- Distribución diamétrica del Sirari teórica y observada según muestreo silvicultural.**



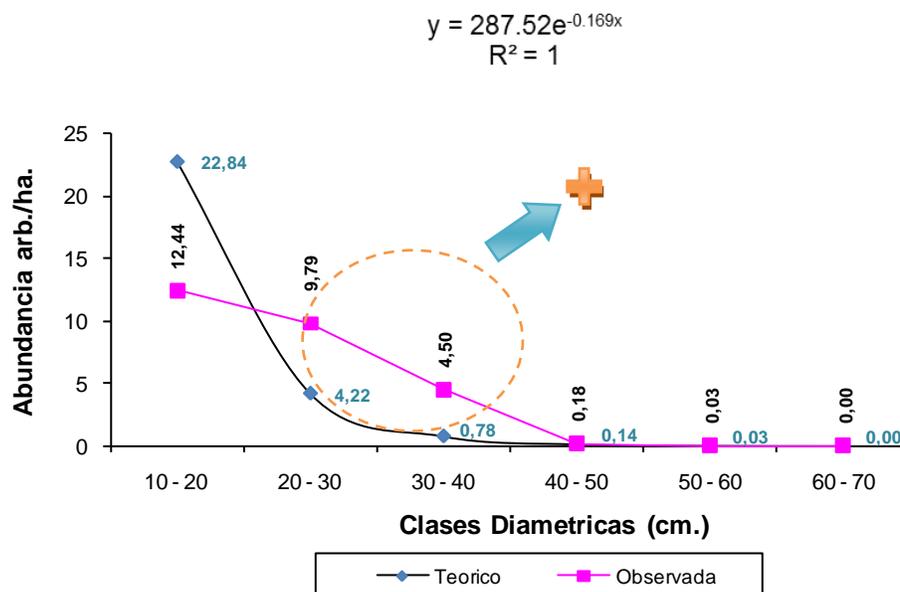
La curva observada de sostenibilidad del curupaú se ajusta con la curva teórica de De Liocourt para el inventario ( $r=0.776$ ), para el muestreo silvicultural hay un buen ajuste ( $r=0.958$ ), en esta especie los datos presentan diferencias significativas en la cosecha actual, para los datos del inventario forestal presenta una alta oferta del bosque de 2,15 arb./ha., y para el muestreo silvicultural presenta una muy baja oferta del bosque de 0,21 arb./ha. esta diferencia se manifiesta debido a los grandes impactos que tuvo esta zona y favoreció el desarrollo de esta especie. Pero presenta similitud en su gran abundancia en las clases de 20 – 30 cm y 30 - 40 cm. en ambos tipos de muestreo.

Las clases potenciales a dar el salto cualitativo para la próxima cosecha del curupaú son las de 30 - 40 cm. y 40 - 50 cm., según los rangos máximos y mínimos de crecimiento de la especie, sumando las abundancias de estas clases diamétricas es de 19.76 arb/ha disponibles a crecer para incorporarse a la segunda cosecha para los datos del inventario, y del muestreo silvicultural es de 14.29 arb/ha, es una especie de buen crecimiento promedio. La especie curupaú presenta los dos factores determinantes a favor para la sostenibilidad de la especie uno la abundancia grande en clases potenciales menores y buen crecimiento de seguro esta especie se incorpora a la próxima cosecha el ciclo de corta definirá cuanto será su aporte volumétrico.

**Gráfico No 12.- Distribución diamétrica del curupaú teórica y observada según Inventario Forestal.**



**Gráfico No 13.- Distribución diamétrica del curupau teórica y observada según muestreo silvicultural.**



### 3.4. Volúmenes esperados por ciclo de corta según datos del inventario.

En los gráficos siguientes se establece comparaciones de volumen actual y la cosecha proyectada a los diferentes ciclos de corta.

**Cuadro No 13.- Oferta de volumen para la primera alternativa con corte con 10 cm. más al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual al DMC. según datos del inventario forestal.**

AAA: 3,386 has		Total: 67,720 has							
ESPECIE	Ciclos de corta								
	Ciclo Actual m³	10 años m³	15 años m³	20 años m³	25 años m³	30 años m³	35 años m³	40 años m³	45 años m³
morado	1,460	6,554	4,942	4,086	3,535	3,140	2,835	2,589	1,896
roble	655	5,088	3,865	3,212	2,791	2,494	2,384	2,379	2,366
tajibo	504	3,634	2,558	2,039	1,702	1,468	1,294	1,157	1,047
Sirari	991	4,210	3,021	2,406	2,022	1,754	1,553	1,395	1,266
curupau	989	14,006	11,034	9,547	8,485	7,898	8,896	9,448	9,516
<b>Total</b>	<b>4,599</b>	<b>33,492</b>	<b>25,420</b>	<b>21,290</b>	<b>18,535</b>	<b>16,754</b>	<b>16,963</b>	<b>16,969</b>	<b>16,091</b>
m³/ha	1.36	9.89	7.51	6.29	5.47	4.95	5.01	5.01	4.75

Esta alternativa reduce la oferta del bosque para la cosecha actual de todas las especies, lo que confirma que el bosque de Marabol es de especies de poco porte

volumétrico, con un promedio de 1.36 m<sup>3</sup>/ha para un total de 3.386 hectáreas con un volumen total de 4.599 m<sup>3</sup>, todas las proyecciones de cosecha no son solo producto del crecimiento de las especies sino se bonifican con los individuos dejados con 10 cm. menos del DMC en la primera cosecha, los volúmenes aumentan demasiado para todos los ciclos de corta. Esto nos demuestra que en base al muestreo del inventario forestal el bosque de la concesión forestal Marabol es de arboles de poco porte, subir el Diámetro Mínimo de Corta atenta contra el éxito económico de la Operación Forestal.

Esta alternativa tiende a inviabilizar el éxito financiero de la operación forestal en el primer ciclo de corta, uno de los principales enemigos del Manejo de Bosques es la falta de generar utilidades en la actividad forestal, esto generaría un riesgo para los bosques y por consiguiente la posibilidad de un cambio en el uso del suelo, cambiando hacia una actividad más rentable (ganadería o agricultura).

**Cuadro No 14.- Segunda alternativa con corte igual al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del inventario forestal.**

AAA: 3,386 has		Total: 67,720 has							
ESPECIE	Ciclos de corta								
	Ciclo Actual m <sup>3</sup>	10 años m <sup>3</sup>	15 años m <sup>3</sup>	20 años m <sup>3</sup>	25 años m <sup>3</sup>	30 años m <sup>3</sup>	35 años m <sup>3</sup>	40 años m <sup>3</sup>	45 años m <sup>3</sup>
morado	3,451	3,004	2,537	2,261	2,063	1,907	1,777	1,663	1,526
roble	2,229	2,531	2,171	1,953	1,793	1,675	1,561	1,752	1,811
tajibo	1,934	1,435	1,166	1,015	912	833	769	715	713
Sirari	2,535	1,750	1,421	1,235	1,109	1,012	934	868	811
curupau	4,610	8,150	7,263	6,675	6,215	6,032	7,320	8,091	8,330
<b>Total</b>	<b>14,759</b>	<b>16,870</b>	<b>14,559</b>	<b>13,139</b>	<b>12,092</b>	<b>11,459</b>	<b>12,361</b>	<b>13,089</b>	<b>13,190</b>
m <sup>3</sup> /ha	4.36	4.98	4.30	3.88	3.57	3.38	3.65	3.87	3.90

Esta alternativa aumenta la oferta del bosque para la cosecha actual (c a) de todas las especies pero demasiado poco para el curupau, la misma tiene un DMC de 45 cm. para esta alternativa es muy alto su DMC, la especie tienen concentración en clases diamétricas menores. En los censos realizados para un total de 3.430.60 has en la zona la media a partir de 45 cm. es de 0.22 arb. /ha. la abundancia total y aprovechables solo de 0.17 arb./ha., esta especie es de bajo volumen por árbol una vez dimensionado para su aprovechamiento de 0.68 m<sup>3</sup>/árbol, su abundancia

volumétrica se reduce a 0.038 m<sup>3</sup>/ha aprovechable, el volumen disponible aplicando un factor de pérdida por calidad según del 15% en los censos se obtiene el siguiente volumen 337.69 m<sup>3</sup> de esta especie en cada AAA de 3.436.71 (Informe ESCR-SA, 2008), es necesario analizar la posibilidad de bajar a 40 cm. de DAP esta especie. Esto confirma que el bosque del Marabol es de especies de poco porte volumétrico, con un promedio de 4.36 m<sup>3</sup>/ha para un total de 3.386 hectáreas con un volumen total de 14.759 m<sup>3</sup>, todas las proyecciones de la segunda cosecha son solo producto del crecimiento de las especies, el curupau y roble son los que más volumen recuperan en la segunda cosecha en todos los ciclos de corta propuestos, y no así el sirari y el tajibo que tiende a disminuir mientras aumenta el ciclo de corta, en el caso del morado se observa una leve pérdida de volumen mientras aumenta el ciclo de corta.

### 3.5. Volúmenes esperados por ciclo de corta según datos del muestreo.

**Cuadro No 15.- Primera alternativa con corte con 10 cm. más al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual DMC, con datos del muestreo forestal.**

AAA: 3,386 has		Total: 67,720 has							
ESPECIE	Ciclos de corta								
	Ciclo Actual m <sup>3</sup>	10 años m <sup>3</sup>	15 años m <sup>3</sup>	20 años m <sup>3</sup>	25 años m <sup>3</sup>	30 años m <sup>3</sup>	35 años m <sup>3</sup>	40 años m <sup>3</sup>	45 años m <sup>3</sup>
morado	19	1,879	1,769	1,674	1,587	1,506	1,430	1,359	1,088
roble	559	6,339	4,803	3,985	3,457	3,084	2,926	2,882	2,859
tajibo	345	2,206	1,623	1,345	1,156	1,021	917	835	766
Sirari	380	1,992	1,548	1,307	1,149	1,033	942	867	803
curupau	83	4,328	3,907	3,630	3,398	3,348	4,360	4,985	5,241
<b>Total</b>	<b>1,386</b>	<b>16,745</b>	<b>13,650</b>	<b>11,942</b>	<b>10,747</b>	<b>9,993</b>	<b>10,576</b>	<b>10,928</b>	<b>10,757</b>
m <sup>3</sup> /ha	0.41	4.95	4.03	3.53	3.17	2.95	3.12	3.23	3.18

Para la zona de muestreo el aumentar a 60 cm. de DAP el roble (559 m<sup>3</sup>) tiende a disminuir notablemente su oferta en volumen, la misma hace a esta especie poco atractiva económicamente para esta cosecha, para las especies sirari (380 m<sup>3</sup>) y tajibo (345 m<sup>3</sup>) subiendo a 50 cm. de DAP es bajo su volumen, el curupau es la especie que en la cosecha actual su volumen es inviable económicamente (83 m<sup>3</sup>), esto nos demuestra que en base al muestreo de la zona piloto el bosque de la concesión forestal Marabol es de árboles de poco porte, subir el Diámetro Mínimo de Corta

atenta contra el éxito económico de la Operación Forestal, este resultado confirma lo encontrado por los resultados del inventario forestal con un promedio de 0.41 m<sup>3</sup>/ha para un total de 3.386 hectáreas con un volumen total de 1.386 m<sup>3</sup>

Esta alternativa muestra un gran volumen para todos ciclos de corta 10, 15, 20,25 y 30 años, tendiendo a bajar especialmente para las especies sirari, tajibo, morado y roble a partir del ciclo de corta de 35 años adelante, la recuperación en volumen es menor a la perdida de superficie por el crecimiento del ciclo disminuye la superficie aprovechable, en el caso del curupau al aumentar el ciclo de corta aumenta el volumen.

**Cuadro N 16. Segunda alternativa con corte igual al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del muestreo forestal.**

AAA: <b>3,386 has</b>		Total: <b>67,720 has</b>							
ESPECIE	Ciclos de corta								
	Ciclo Actual m <sup>3</sup>	10 años m <sup>3</sup>	15 años m <sup>3</sup>	20 años m <sup>3</sup>	25 años m <sup>3</sup>	30 años m <sup>3</sup>	35 años m <sup>3</sup>	40 años m <sup>3</sup>	45 años m <sup>3</sup>
morado	50	1,826	1,732	1,645	1,563	1,486	1,413	1,343	1,283
roble	2,707	2,997	2,566	2,306	2,116	1,976	1,834	2,057	2,135
tajibo	1,146	1,099	932	833	761	704	656	615	578
Sirari	993	1,153	1,003	910	840	782	733	689	650
curupau	431	3,801	3,569	3,373	3,195	3,181	4,220	4,865	5,135
<b>Total</b>	<b>5,327</b>	<b>10,877</b>	<b>9,803</b>	<b>9,066</b>	<b>8,475</b>	<b>8,129</b>	<b>8,855</b>	<b>9,568</b>	<b>9,781</b>
<b>m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>1.57</b>	<b>3.21</b>	<b>2.90</b>	<b>2.68</b>	<b>2.50</b>	<b>2.40</b>	<b>2.62</b>	<b>2.83</b>	<b>2.89</b>

Para la zona de muestreo el aprovechar según lo establecido en la Norma 248/98 todas las especies aumenta su oferta volumétrica para la primera cosecha, pero se observa un volumen menor de curupau debido a que esta especie no es de grandes diámetros la Norma 248/98 define su DMC a 45 cm. Esta especie se concentra en diámetros menores a 40 cm se debe pensar en bajar el DMC para viabilizar económicamente esta especie en la primera cosecha, el morado se inviabiliza económicamente en la primera cosecha no solo por el Diámetro Mínimo de Corta sino también por la calidad de la especie, la diferencia de oferta de madera entre los datos del inventario forestal y el muestreo en el área piloto es por la definición de

calidad aprovechable que se toma en el censo, y en el inventario no se definió la calidad.

Esta alternativa es la más óptima para todas las especies se observa una recuperación en volumen aceptable para todos los ciclos de corta

### 3.6. Determinación de Abundancias en porcentaje en árboles/hectárea y volumen m<sup>3</sup>/ha para los diferentes ciclos de corta para el Inventario y el Muestreo Silvicultural.

En los siguientes cuadros se determino en porcentaje la recuperación en abundancia y volumen por hectárea para las dos alternativas.

**Cuadro No 17.- Recuperación en volumen Primera alternativa con corte con 10 cm. más al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual DMC con datos del inventario forestal.**

Especie	Recuperacion en volumen m <sup>3</sup> por hectarea de las diferentes ciclos de corta en años							
	10	15	20	25	30	35	40	45
Morado	224%	254%	280%	303%	323%	340%	355%	292%
Roble	388%	442%	490%	532%	571%	637%	726%	812%
Tajibo	361%	381%	405%	422%	437%	449%	459%	467%
Sirari	212%	229%	243%	255%	265%	274%	281%	287%
Curupau	708%	837%	966%	1073%	1198%	1575%	1911%	2166%

Especie	Recuperacion en arboles por hectarea de las diferentes ciclos de corta en años							
	10	15	20	25	30	35	40	45
Morado	358%	395%	428%	456%	480%	501%	519%	442%
Roble	115%	129%	142%	153%	163%	180%	204%	224%
Tajibo	586%	618%	650%	675%	697%	714%	728%	739%
Sirari	340%	362%	380%	396%	410%	421%	430%	438%
Curupau	1047%	1233%	1409%	1559%	1741%	2316%	2830%	3138%

Los porcentajes abundantes en árboles por hectárea y volumen en m<sup>3</sup>/ha para el inventario no son producto del crecimiento sino más bien de lo dejado 10 cm. menos del DMC permitido por la norma para ser aprovechado en la segunda cosecha, si bien hay una recuperación aparente de forma abundante esta alternativa no ofrece

volúmenes que garanticen el éxito financiero de la operación en el primer ciclo de corta.

**Cuadro No 18.- Recuperación en volumen Segunda alternativa con corte igual al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del Inventario Forestal.**

Recuperación en abundancia en la segunda cosecha en arb./ha por ciclo de corta en años								
Especie	10	15	20	25	30	35	40	45
Morado	51%	64%	75%	86%	95%	103%	110%	108%
Roble	22%	28%	33%	38%	42%	46%	59%	67%
Tajibo	41%	50%	58%	65%	71%	76%	81%	85%
Sirari	40%	49%	56%	63%	69%	74%	79%	82%
Curupau	94%	126%	154%	179%	209%	297%	375%	423%
PROMEDIO	50%	63%	75%	86%	97%	119%	141%	153%

Recuperación en % del volumen por hectarea del bosque en la segunda cosecha por AAA según ciclo de corta en años								
Especie	10	15	20	25	30	35	40	45
Morado	44%	55%	66%	75%	83%	90%	96%	99%
Roble	57%	73%	88%	101%	113%	123%	157%	183%
Tajibo	37%	45%	52%	59%	65%	70%	74%	83%
Sirari	35%	42%	49%	55%	60%	64%	68%	72%
Curupau	88%	118%	145%	169%	196%	278%	351%	407%
PROMEDIO	52%	67%	80%	91%	103%	125%	149%	169%

La recuperación en abundancia de árboles por hectárea y volumen  $m^3/ha$  para la segunda alternativa cortando la primera cosecha y la segunda según la Norma 248/98, los datos del inventario nos muestra que las especies roble, sirari y tajibo tienen la recuperación porcentual baja para todos los ciclos de corta propuesto, sus valores para la abundancia de árboles por hectárea el menor es el roble para el ciclo de 10 años va de 22% y una recuperación máxima de 67% para 45 años hay una recuperación en abundancia mayor que la total de las especies morado y curupau para los ciclos propuestos.

El comportamiento en las abundancias por volumen en  $m^3/$  hectárea se diferencia porque está influenciado directamente por el crecimiento en porte de las especies, la

especies de menos recuperación en volumen es el tajibo y sirari por su poco crecimiento diamétrico, la de mayor recuperación en volumen es el curupau y se observa una relación directamente proporcional el aumento en volumen por el aumento del ciclo de corta, la segunda especie de mayor recuperación en volumen es el roble al ciclo actual recupera un 88%, el tercero es el morado.

**Cuadro No 19.- Recuperación en volumen Primera alternativa con corte con 10 cm. más al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual DMC con datos del muestreo silvicultural.**

Especie	Recuperación en arboles por hectarea de las diferentes ciclos de corta en años							
	10	15	20	25	30	35	40	45
Morado	0%	12158%	15344%	18188%	20716%	22953%	24921%	22481%
Roble	619%	690%	752%	806%	856%	948%	1064%	1169%
Tajibo	386%	428%	470%	505%	534%	560%	582%	600%
Sirari	316%	367%	413%	453%	488%	519%	546%	568%
Curupau	3182%	4315%	5340%	6249%	7392%	11276%	14763%	17079%

Especie	Abundancia en volumen m <sup>3</sup> por hectarea de las diferentes ciclos de corta en años							
	10	15	20	25	30	35	40	45
Morado	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Roble	454%	516%	570%	619%	662%	733%	825%	921%
Tajibo	255%	282%	312%	335%	355%	372%	387%	399%
Sirari	210%	245%	276%	303%	327%	348%	388%	381%
Curupau	2079%	2815%	3488%	4082%	4825%	7331%	9580%	11330%

Los porcentajes abundantes en árboles por hectárea y volumen en m<sup>3</sup>/ha para el muestreo no son producto del crecimiento sino más bien de lo dejado 10 cm. menos del DMC permitido por la norma para ser aprovechado en la segunda cosecha, si bien hay una recuperación aparente de forma abundante esta alternativa no ofrece volúmenes que garanticen el éxito financiero de la operación en el primer ciclo de corta.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Todos los Cálculos realizados y presentados del cuadro 17 al 19, por ser muy extensos en su desarrollo se encuentran adjuntos al presente documento en formato digital en los **Anexos 3.2 y 3.3.**

**Cuadro No 20.- Recuperación en volumen Segunda alternativa con corte igual al DMC en el primer ciclo y en el Segundo ciclo de corta con datos del muestreo silvicultural.**

Especie	Recuperación en abundancia en la segunda cosecha en arb./ha por ciclo de corta en años							
	10	15	20	25	30	35	40	45
<b>Morado</b>	2435%	3465%	4389%	5213%	5946%	6595%	7166%	7068%
<b>Roble</b>	58%	74%	89%	102%	114%	123%	157%	179%
<b>Tajibo</b>	55%	70%	83%	95%	106%	115%	123%	130%
<b>Sirari</b>	70%	91%	109%	126%	141%	154%	166%	176%
<b>Curupau</b>	481%	677%	853%	1010%	1207%	1870%	2464%	2860%
<b>PROMEDIO</b>	620%	876%	1105%	1309%	1503%	1771%	2015%	2083%

Especie	Recuperación en % del volumen por hectarea del bosque en la segunda cosecha por AAA según ciclo de corta en años							
	10	15	20	25	30	35	40	45
<b>Morado</b>	1814%	2582%	3270%	3884%	4430%	4913%	5338%	5739%
<b>Roble</b>	55%	71%	85%	98%	109%	119%	152%	177%
<b>Tajibo</b>	48%	61%	73%	83%	92%	100%	107%	113%
<b>Sirari</b>	58%	76%	92%	106%	118%	129%	139%	147%
<b>Curupau</b>	441%	621%	782%	926%	1107%	1713%	2256%	2680%
<b>PROMEDIO</b>	483%	682%	860%	1019%	1171%	1395%	1599%	1771%

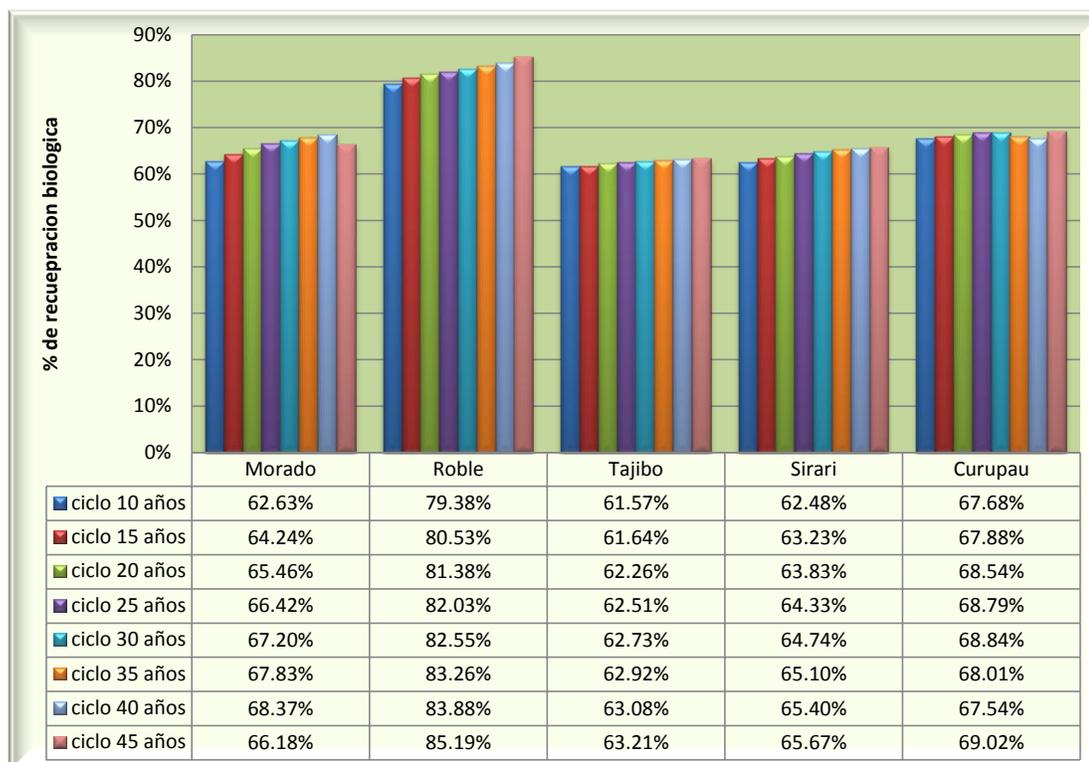
La recuperación en abundancia de árboles por hectárea y volumen m<sup>3</sup>/ha para la segunda alternativa cortando la primera cosecha y la segunda según la Norma 248/98, los datos del muestreo silvicultural nos muestra que las especies tajibo y roble tienen la recuperación porcentual baja para todos los ciclos de corta propuesto, sus valores para la abundancia de árboles por hectárea el menor es el tajibo para el ciclo de 10 años va de 55% y una recuperación máxima de 179% para 45 años similar a los datos del inventario forestal, no hay una recuperación en abundancia total de la especie para ninguno de los ciclos propuestos. El segundo más bajo es el sirari para el ciclo de 10 años va de 70% y una recuperación máxima de 176% para 45 años no hay una recuperación en abundancia total de la especie para ninguno de los ciclos propuestos. El tercero es el roble para el ciclo de 10 años va de 58% y una recuperación máxima de 179% para 45 años no hay una recuperación en abundancia total de la especie para ninguno de los ciclos propuestos. El curupau para el ciclo de 10 años va de 481% y una recuperación máxima de 2860% para 45 años, debido a la

gran abundancia hay en las clases diamétricas menores entre 20-30 cm hay 9.79 arb./ha. Y entre 30-40 cm. Hay 4,50 arb./ha. Esta recuperación se nota exagerada deja de serlo por qué se compara con una abundancia actual por encima del diámetro mínimo de corta es de 0.183 árboles por hectárea, en el caso del morado es similar su análisis la abundancia actual es muy baja.

Con esta alternativa la recuperación en volumen por hectárea es alta para todas las especies para el ciclo actual de 20 años, en los ciclos de corta mayores alcanza el 100% de recuperación por volumen.

### 3.7. Recuperación del porte de los árboles por ciclo de corta según datos del inventario forestal y el Muestreo Silvicultural<sup>4</sup>.

**Gráfico No 14.- Recuperación en porte Primera alternativa con corte con 10 cm. más al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual DMC con datos del inventario forestal.**

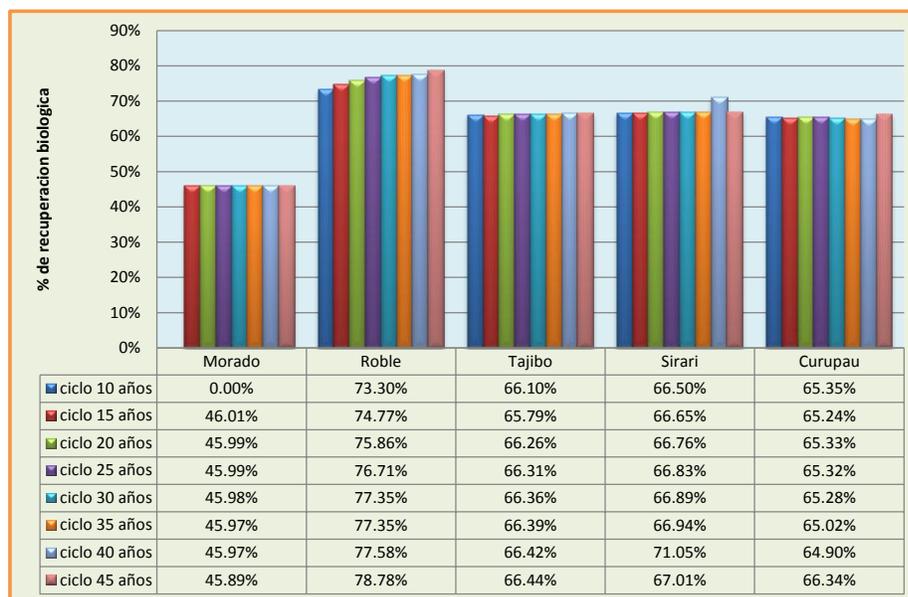


<sup>4</sup> Todos los Cálculos realizados y presentados del grafico 18 al 21, por ser muy extensos en su desarrollo se encuentran adjuntos al presente documento en formato digital en los **Anexos 3.2 y 3.3.**

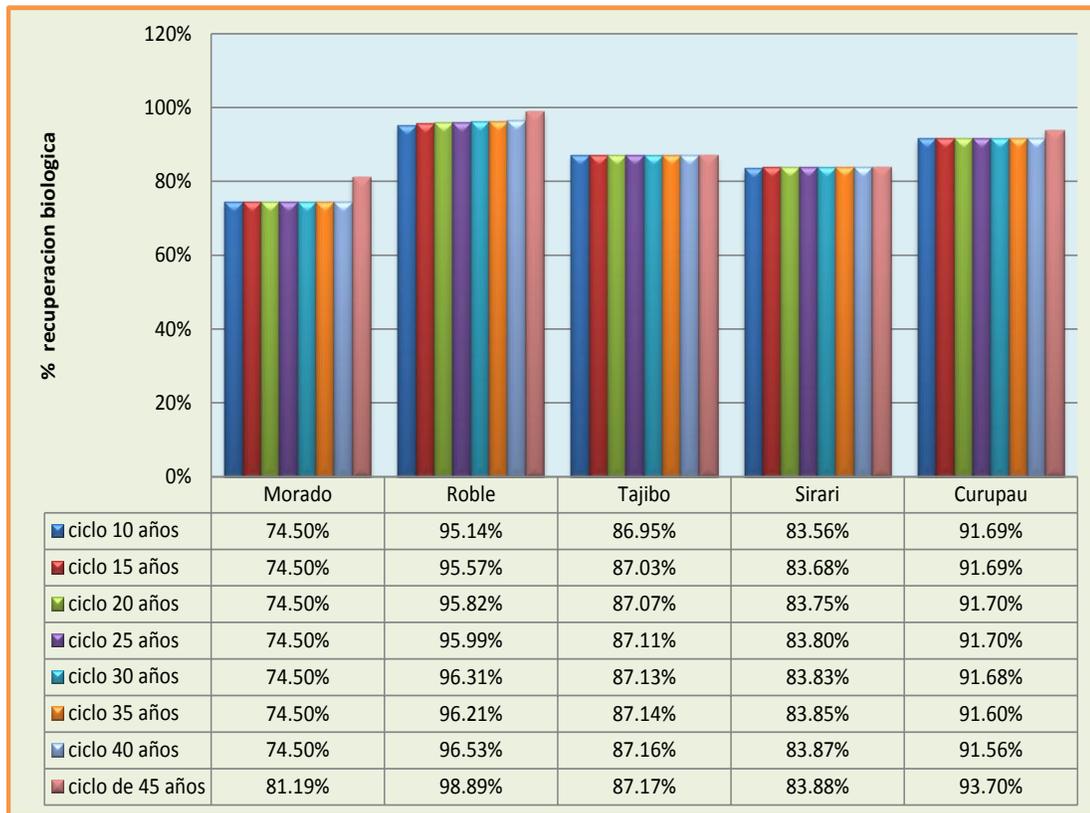
**Gráfico No 15.- Recuperación en porte Segunda alternativa con corte igual al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del inventario forestal.**



**Gráfico # 16.- Recuperación en porte Primera alternativa con corte con 10 cm más al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual DMC con datos del muestreo silvicultural.**



**Gráfico No 17.- Segunda alternativa con corte igual al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del muestreo forestal.**



Los gráficos 18 y 20 donde se plantea el corte con 10 cm. más al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual al DMC con datos del Inventario Forestal y Muestreo Silvicultural, se observa que la recuperación en porte de los árboles no alcanza el 100% porque es más difícil alcanzar el volumen de los árboles de 50 cm. de DAP, las especies de mayor recuperación en porte de los árboles son el roble y el curupau.

En los gráficos 19 y 21 se observa que los árboles remanentes no todos recuperan el volumen igual a los árboles cosechados en el primer ciclo de corta. La especie que más recupera su volumen original por árbol es el roble a los 45 años alcanza 95 % para el inventario y el muestreo respectivamente.

### 3.8. Resultados estadísticos.

#### 3.8.1. Hipótesis Estadística.

- **(H<sub>0</sub>):** La calidad de los árboles de las especies curupaú, sirari, roble y tajibo no son independientes.
- **(H<sub>a</sub>):** La calidad de los árboles de las especies curupaú, sirari, roble y tajibo son independientes.

**Cuadro No 21<sup>5</sup>.**- Cuadro de resultado de la prueba estadística “Chi Cuadrados, ( $\chi^2$ ). Aplicado a los datos del inventario forestal comparando la distribución de la curva Liocourt y curva observada de abundancias de arb/ha.

Especie	Chi-cuadrado		Chi-cuadrado Aceptacion		
	calculado	G.L	p	tabulado	H <sub>0</sub>
Morado	0,450	6	1%	10,64	acepta
Roble	2,610	6	1%	10,64	acepta
Tajibo	0,950	5	1%	9,24	acepta
Sirari	3,220	7	1%	12,02	acepta
Curupau	16,180	5	1%	9,24	rechaza

El estadístico  $X^2$  que se obtiene para cada especie según los datos del inventario para una seguridad del 99% ( $\alpha = 0.01$ ) el valor la distribución ji-cuadrado con diferentes grados de libertad para cada especie, es menor en comparación con el tabulado, podemos concluir que las dos distribuciones de De Liocourt y la observada no son independientes para las especies morado, roble, tajibo, sirari y curupau, esto nos indica que están asociadas ( $p < 0.001$ ). Por lo tanto, a la vista de los resultados, aceptamos la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) y rechazamos la hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>) para el caso del curupau se acepta la hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>) es decir que ambas curvas de distribución diamétricas no están asociadas.

<sup>5</sup> **Ver Anexo 2.14.:** Calculo del Test Chi-Cuadrado para tablas de contingencia 2 x 4, 5 especies según el inventario forestal.

**Cuadro No 22<sup>6</sup>.**- Cuadro de resultado de la prueba estadística Chi Cuadrados, ( $\chi^2$ ). Aplicado a los datos del muestreo silvicultural comparando la distribución de la curva Liocourt y curva observada de abundancias de arb./ha.

Especie	Chi-cuadrado		Chi-cuadrado Aceptacion		
	calculado	G.L	p	tabulado	H <sub>0</sub>
Morado	13,570	7	1%	12,02	rechaza
Roble	9,410	9	1%	14,68	acepta
Tajibo	8,420	9	1%	14,68	acepta
Sirari	3,940	9	1%	14,68	acepta
Curupau	17,390	8	1%	13,36	rechaza

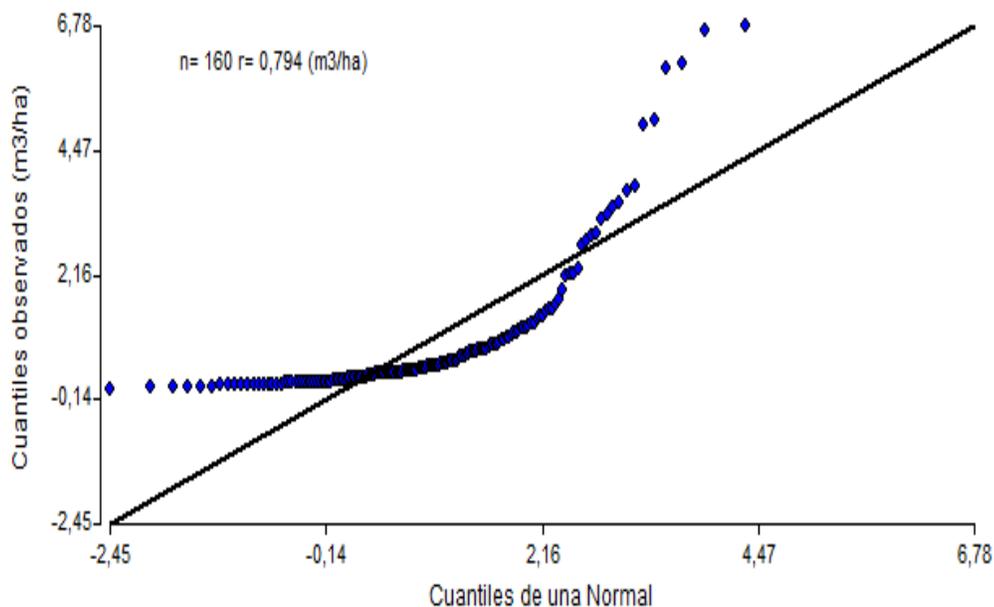
El estadístico  $X^2$  que se obtiene para cada especie según los datos del muestreo silvicultural para una seguridad del 99% ( $\alpha = 0.01$ ) el valor la distribución ji-cuadrado con diferentes grados de libertad para cada especie, es menor en comparación con el tabulado, podemos concluir que las dos distribuciones de De Liocourt y la observada no son independientes, sino que están asociadas ( $p < 0.001$ ). Por lo tanto, a la vista de los resultados, aceptamos la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) la curvas de cada especies se ajusta a la curva de sostenibilidad teórica y rechazamos la hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>), para el caso del curupau se acepta la hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>) es decir que ambas curvas de distribución diametricas no están asociadas

Verificar el cumplimiento de los supuestos (QQ-plot, Shapiro-Wilks, Levene, Bartlett y otros).

Se observa que en el QQ-plot un diagrama de dispersión de los residuos obtenidos versus los cuantiles teóricos de una distribución normal. La distribución de los residuos sus puntos no se alinearon sobre una recta a 45° indica que no se cumple el supuesto de normalidad.

<sup>6</sup> **Ver Anexo 2.15.:** Calculo del Test Chi-Cuadrado para tablas de contingencia 2 x 4, 5 especies según el muestreo forestal.

*Análisis de la Distribución normal de m<sup>3</sup>/ha a través del QQ plot para los dos tipos de muestreo en Marabol*



### 3.9. Oferta de madera en tronca para el cálculo de costos con datos del inventario forestal.

Para realizar proyecciones de costos se tomo los datos del inventario forestal tomando en cuenta que son los más bajos respecto a los datos del muestreo silvicultural, y además el aprovechamiento del curupaú desde 40 cm. de diámetro como primera alternativa y la segunda aprovechando solo las tres especies que no tienen riesgos de extinción económica temporal en la segunda cosecha como es curupaú, roble y morado, sus abundancias se presentan en los cuadros anteriores.

**Cuadro No 23.- Primera alternativa con corte de curupau de 40 cm. de diámetro y las otras 4 especies según DMC con datos del inventario forestal.**

ESPECIE	Actual	10 años	15 años	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	45 años	50 años
	m <sup>3</sup>									
morado	1,180.28	2,102.94	1,776.12	1,582.68	1,444.41	1,335.13	1,243.55	1,164.02	1,067.89	1,047.33
roble	2,512.74	4,286.42	3,255.75	2,706.00	2,350.74	2,100.67	2,008.62	2,004.09	1,993.07	1,961.61
tajibo	1,717.00	1,209.00	983.00	855.00	768.00	702.00	648.00	602.00	601.00	0.00
Sirari	1,792.00	1,474.00	1,197.00	1,041.00	934.00	853.00	787.00	731.00	683.00	0.00
curupau	3,337.39	6,865.64	6,118.19	5,622.92	5,235.84	5,081.47	6,166.38	6,815.60	7,016.78	10,108.14

**Cuadro No 24 Segunda alternativa con corte de curupau de 40 cm de DAP y las otras dos especies (roble y morado) según el DMC con datos del inventario forestal**

ciclos de corta	ca	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ESPECIE	Actual	10 años	15 años	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	45 años	50 años
	m <sup>3</sup>									
morado	1,180.28	2,102.94	1,776.12	1,582.68	1,444.41	1,335.13	1,243.55	1,164.02	1,067.89	1,047.33
roble	2,512.74	4,286.42	3,255.75	2,706.00	2,350.74	2,100.67	2,008.62	2,004.09	1,993.07	1,961.61
tajibo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sirari	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
curupau	3,337.39	6,865.64	6,118.19	5,622.92	5,235.84	5,081.47	6,166.38	6,815.60	7,016.78	10,108.14

El aporte en volumen de las dos especies sirari y tajibo es muy bajo su recuperación en volumen para la segunda cosecha, para el ciclo de corta de 10 años es el mayor aporte de 2.683 m<sup>3</sup> entre las dos especies, para el ciclo de corta de 20 años el aporte es de 1.895 m<sup>3</sup> y para el ciclo de corta de 45 años es de 1.283 m<sup>3</sup>, este aporte volumétrico se reduce conforme aumenta el ciclo de corta por que disminuye AAA.

La incidencia de la perdida en porcentaje del volumen por no aprovechar las especies sirari y tajibo en la segunda cosecha para el ciclo de corta de 10 años es la mayor pérdida un 16.83% entre las dos especies, para el ciclo de corta de 20 años baja al 16.05 % y para el ciclo de corta de 45 años baja a un 11.30 %, no es significativo respecto al volumen comparado si aprovechamos las 5 especies.

**Cuadro No 25.- Diferencia de volumen en las dos alternativas planteadas para la segunda cosecha con el corte de las cinco especies y la otra con solo tres.**

Ciclos de corta en (anos)	Volumen Total 5 especies (m <sup>3</sup> )	Volumen 3 especies, s/tajibo, sirari (m <sup>3</sup> )	Diferencia Volumen (m <sup>3</sup> )	Perdida Volumen (%)
10	15,938	13,255	2,683	16.83
15	13,329	11,150	2,179	16.35
20	11,807	9,912	1,895	16.05
25	10,733	9,031	1,702	15.86
30	10,072	8,517	1,555	15.44
35	10,853	9,419	1,434	13.21
40	11,317	9,984	1,333	11.78
45	11,361	10,078	1,283	11.29

### 3.10. Estructura de Costos de tronca.

**Cuadro # 26. Comparación de costos de producción de madera en tronca para el aprovechamiento en la primera alternativa de 5 especies y la segunda alternativa de 3 especies.**

CICLO DE CORTA	ACTUAL	10 años		15 años		20 años		25 años		30 años		35 años		40 años		45 años	
	C/te	C/te	S/t,s														
VOLUMEN EN M <sup>3</sup>	10,540	15,938	13,255	13,329	11,150	11,108	9,912	10,733	9,031	10,072	8,517	10,853	9,419	11,317	9,984	11,631	10,078
PRODUCCION	\$US/M <sup>3</sup>	\$US/M <sup>3</sup>															
COSTO DE EXPLORACION	0.87	0.97	1.17	0.84	1.01	0.77	0.92	0.73	0.87	0.7	0.83	0.59	0.68	0.53	0.6	0.5	0.56
COSTO SENDEO	0.92	0.81	0.86	0.88	0.93	0.92	0.99	0.96	1.05	0.99	1.08	0.96	1.02	0.93	0.99	0.92	0.97
COSTO CORTE	3.48	3.16	3.19	3.28	3.33	3.37	3.47	3.45	3.56	3.51	3.63	3.44	3.52	3.37	3.46	3.29	3.36
COSTO BRECHA	3.07	3.09	3.72	2.85	3.41	2.74	3.26	2.7	3.21	2.65	3.14	2.31	2.67	2.11	2.39	2.02	2.28
COSTO RODEO MONTE	7.74	6.91	6.59	6.82	6.65	6.85	6.72	6.87	6.74	6.89	6.76	6.83	6.73	6.79	6.68	6.55	6.45
COSTO TRANSPORTE MONTE	4.42	4.2	4.29	4.28	4.38	4.35	4.46	4.41	4.53	4.45	4.58	4.4	4.5	4.38	4.46	4.37	4.45
COSTO CARGUIO	3.34	2.57	2.87	2.85	3.21	3.08	3.48	3.29	3.72	3.44	3.88	3.26	3.61	3.18	3.47	3.17	3.44
COSTO MANEJO FORESTAL	2.17	1.43	1.72	1.71	2.05	1.93	2.3	2.13	2.53	2.27	2.68	2.1	2.42	2.02	2.29	2.01	2.26
COSTO CENSO FORESTAL	4.85	4.3	5.17	4.38	4.96	4.34	5.24	4.44	5.56	4.58	4.46	4.19	4.84	3.93	4.56	3.92	4.44
COSTO APOYO LOGISTICO	4.5	2.9	3.55	3.5	4.26	3.98	4.84	4.42	5.36	4.73	5.71	4.35	5.11	4.17	4.79	4.15	4.74
COSTO SANEAO	4.39	3.87	3.72	3.84	3.79	3.89	3.85	3.92	3.91	3.95	3.94	3.9	3.89	3.87	3.84	3.74	3.72
COSTO AGUA MONTE	0.73	0.39	0.54	0.51	0.7	0.62	0.84	0.72	0.98	0.79	1.06	0.7	0.9	0.66	0.82	0.66	0.81
<b>COSTO BRUTO</b>	<b>40.47</b>	<b>34.6</b>	<b>37.37</b>	<b>35.74</b>	<b>38.67</b>	<b>36.85</b>	<b>40.37</b>	<b>38.03</b>	<b>42.01</b>	<b>39.85</b>	<b>42.75</b>	<b>37.03</b>	<b>39.88</b>	<b>35.94</b>	<b>38.34</b>	<b>35.29</b>	<b>37.49</b>
PATENTE FORESTAL	0.32	0.42	0.51	0.34	0.4	0.29	0.34	0.25	0.3	0.22	0.27	0.18	0.21	0.15	0.17	0.13	0.15
COSTO CON PATENTE	40.8	35.03	37.88	36.08	39.08	37.13	40.71	38.29	42.31	39.17	43.01	37.21	40.08	36.09	38.51	35.42	37.64
TASA DE REGULACION FORESTAL	1.94	2.56	3.08	2.04	2.44	1.73	2.06	1.52	1.81	1.35	1.6	1.07	1.24	0.9	1.02	0.8	0.9
TRAMITES CEFOS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
COSTOS ADMINISTRATIVOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GASTOS IVA TRANSACCIONES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GASTOS FINANCIEROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>COSTO TOTAL + GASTOS</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>43</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>37</b>	<b>39</b>
<b>VENTAS</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
<b>UTILIDADES</b>	<b>14%</b>	<b>24%</b>	<b>17%</b>	<b>23%</b>	<b>16%</b>	<b>21%</b>	<b>13%</b>	<b>19%</b>	<b>11%</b>	<b>18%</b>	<b>10%</b>	<b>22%</b>	<b>16%</b>	<b>25%</b>	<b>20%</b>	<b>20%</b>	<b>22%</b>

C/te = se refiere al aserraje de las 5 especies.

S/t,s = sin el aserraje de tajibo y sirari.

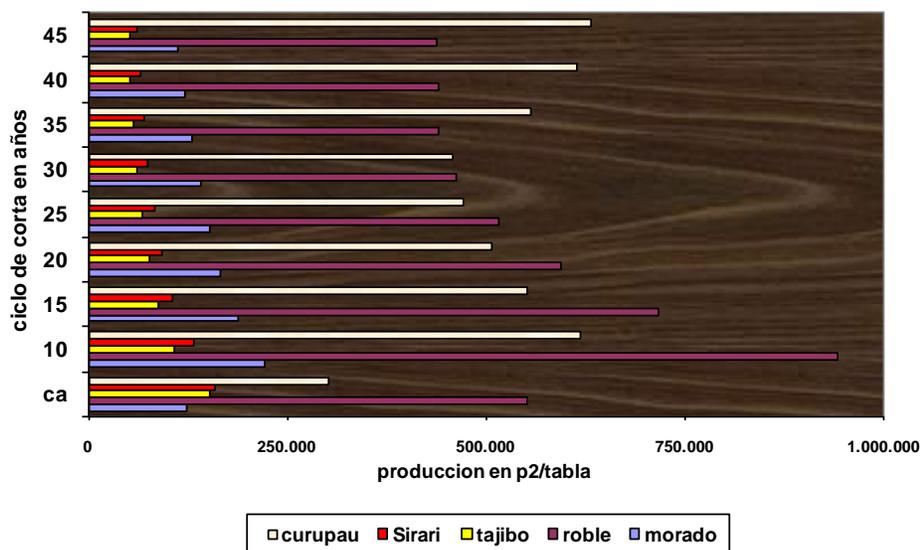
La variación de costos de producción para todos los ciclos de corta y entre los ciclos de corta no hay variaciones significativas, esto se debe a la poca variación de volumen entre la primera alternativa con las cinco especies (morado, roble, tajibo, sirari y curupau) a cortar y la segunda alternativa con el corte de solo tres especies sin el tajibo y sirari. El aporte de volumen de madera del curupau es elevado en la segunda cosecha que mantiene los volúmenes de madera casi iguales o parecidos.

Para el ciclo de corta de 20 años los costos de producción baja en un 9.30% en el segundo ciclo para la alternativa de cortar todas las especies, para el corte menos del sirari y el tajibo se mantiene el costo esto se debe al aumento del volumen del curupau y del morado.<sup>7,8</sup>

### 3.11. Volumen de Producción proyectado de madera en tabla para los diferentes ciclos de corta. -

Los gráficos siguientes muestran la influencia de cada especie en la producción de madera simplemente aserrada según su volumen presente en la segunda cosecha.

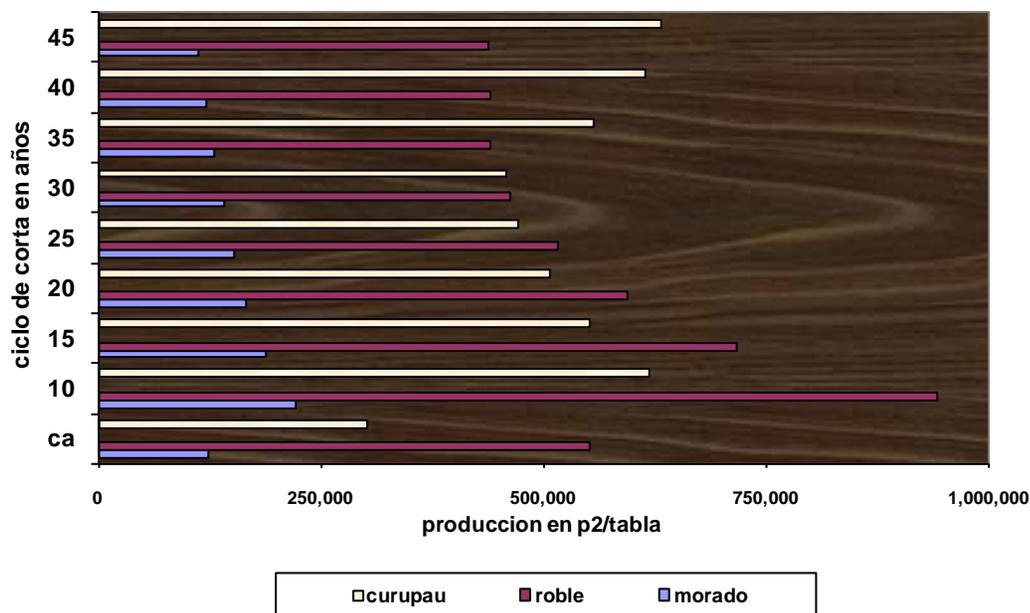
**Gráfico No 18.- Aprovechamiento de 5 especies en tabla por ciclo de corta.**



<sup>7</sup> Ver Anexo 2.16.: Estructura de costos tronca por centro de costo según el inventario forestal

<sup>8</sup> Ver Anexo 2.17.: Estructura de costos tronca por centro de costo según el muestreo forestal

**Gráfico No 19.- Aprovechamiento de tres especies en tabla por ciclo de corta.**



Para la segunda cosecha (gráfico 24, 25) las especies roble y curupau las dos especies son las que ofrecen volúmenes en tabla que pueden sostener mercados de transformación primaria en todos los ciclos de corta, el tajibo, sirari y morado ofrece buenas recuperaciones volumétricas en tronca pero poco producto debido a su poco rendimiento de transformación solo es 21.23% su aporte en tabla para todas estas especies es muy bajo, es necesario esta especie aprovecharla en productos con mayor valor agregado como láminas o chapas decorativas que permitan un mejor uso de la especie y una mayor utilidad económica.

### 3.12. Costos de Aserrío.

En el siguiente cuadro mostramos los costos de aserrío proyectados para cada ciclo de corta y su relación con el volumen de producción.

El costo de conversión oscila entre 0.40 \$us/p<sup>2</sup> a 0.48 \$us/p<sup>2</sup> (varía entre un 20%) y un poco más en los ciclos más grandes debido a que baja el volumen del roble y aumenta el aserrío de maderas duras, por este motivo aumenta el costo de conversión por disminución de productividad.

**Cuadro No 27.- Comparación de costos de producción de madera en tabla para el aprovechamiento en la primera alternativa de 5 especies y la segunda alternativa de 3 especies.**

Ciclo de corta	Ca	10 años		15 año		20 años		25 años		30 años		35 años		40 años		45 años	
Costos	\$us/p2	\$us/p2															
	C/te	C/te	S/t,s														
Materia prima	0.36	0.30	0.31	0.32	0.33	0.33	0.34	0.34	0.36	0.35	0.37	0.34	0.36	0.33	0.34	0.33	0.34
Mano obra	0.19	0.17	0.15	0.18	0.16	0.16	0.17	0.19	0.17	0.19	0.18	0.19	0.18	0.20	0.19	0.20	0.19
Costos directos	0.23	0.21	0.19	0.22	0.20	0.23	0.21	0.23	0.22	0.24	0.22	0.24	0.23	0.25	0.24	0.25	0.24
Costos indirectos	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Administracion	0.14	0.09	0.10	0.11	0.13	0.13	0.15	0.14	0.16	0.15	0.18	0.15	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16
Transporte	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Impuestos	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Costo total	1.14	0.99	0.98	1.05	1.04	1.09	1.09	1.12	1.14	1.15	1.17	1.15	1.16	1.14	1.15	1.13	1.14

**C/te** = se refiere al aserraje de las 5 especies.

**S/t,s** = sin el aserraje de tajibo y sirari.

La variación de los costos es muy baja principalmente por los volúmenes de madera a aserrar, esto absorbe todos los costos que no participan en forma directa en la producción como el de apoyo logístico y de servicios, debido a una producción a dos turnos que son atendidos por el mismo equipo.

En el cuadro No 21 se hace un análisis de las pérdidas en utilidades si dejamos de aprovechar el sirari y el tajibo, su incidencia en el éxito económico del Manejo de Bosques.

**Cuadro No 28.- Diferencia de utilidades en la producción de madera en tabla para el aprovechamiento en la primera alternativa de 5 especies y la segunda alternativa de 3 especies.**

ciclos de corta en años	utilidad 5 especies	utilidad sin/taj.,sira	Diferencia	% de
	\$us.	\$us.	\$us.	utilidades
10	653.870,21	588.009,65	65.860,55	10,07%
15	469.687,10	416.151,43	53.535,67	11,40%
20	365.875,93	316.194,10	49.681,83	13,58%
25	294.384,94	247.929,66	46.455,28	15,78%
30	246.269,44	205.398,04	40.871,41	16,60%
35	264.271,14	226.648,04	37.623,10	14,24%
40	282.238,49	246.963,72	35.274,77	12,50%
45	287.784,09	253.676,05	34.108,05	11,85%

Las utilidades no disminuyen en forma drástica debido al poco aporte de volumen de las especies sirari y tajibo a la producción en la segunda cosecha, las utilidades disminuyen en el rango de 10.07% hasta el 16.60% no muy significativo.

### **3.13. Comportamiento de las utilidades, recuperación en volumen (%) y oferta de madera en tronca para cada ciclo de corta.**

En el gráfico 20 se observa que hay una relación positiva entre los ciclos de corta expresado en años y la recuperación porcentual para la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste exponencial y se representa en una ecuación  $Y = 0.648e^{0.163x}$ , el coeficiente de determinación es muy fuerte  $R^2=0.994$ , esto indica una alta correlación entre el aumento del ciclo y la recuperación en porcentaje del volumen de las especies.

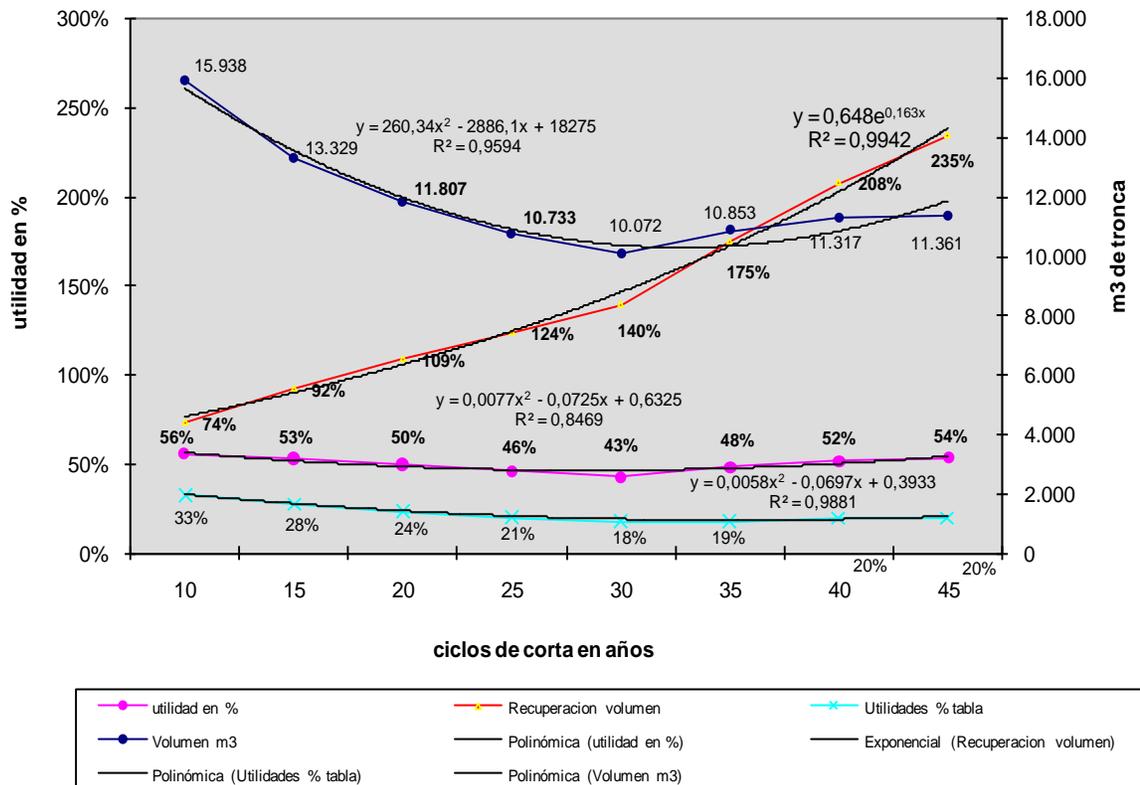
En el gráfico 20 se observa que hay una relación entre los ciclos de corta expresado en años y la oferta en volumen en  $m^3$  para la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste polinomial y se representa en una ecuación  $Y = 260.34x^2 - 2886.1x + 18275$ , el coeficiente de determinación es muy fuerte  $R^2=0.9594$ , esto indica una alta correlación entre el aumento del ciclo de corta y la oferta en volumen  $m^3$  de las especies.

En el gráfico 20 se observa que hay una relación entre los ciclos de corta expresado en años y la utilidad económica expresada en porcentaje en la producción de tabla en la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste en una ecuación polinomial y se representa en una ecuación  $Y = 0.00058x^2 - 0.0697x + 0.3933$ , el coeficiente de determinación es muy fuerte  $R^2=0.988$ , esto indica una alta correlación entre el aumento del ciclo y la utilidad económica en la producción de tronca.

En el gráfico 20 se observa que hay una relación entre los ciclos de corta expresado en años y la utilidad económica expresada en porcentaje en la producción de tabla en la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste en una ecuación polinomial y se representa en una ecuación  $Y = 0.0077x^2 - 0.0725x + 0.6325$ , el coeficiente de determinación es fuerte  $R^2=0.8469$ , esto indica una buena correlación entre el

aumento del ciclo de corta y el porcentaje de utilidad económica en la producción de tabla.

**Gráfico No 20. Primera alternativa con corte de curupaú de 40 cm. de diámetro y las otras 4 especies según DMC.**

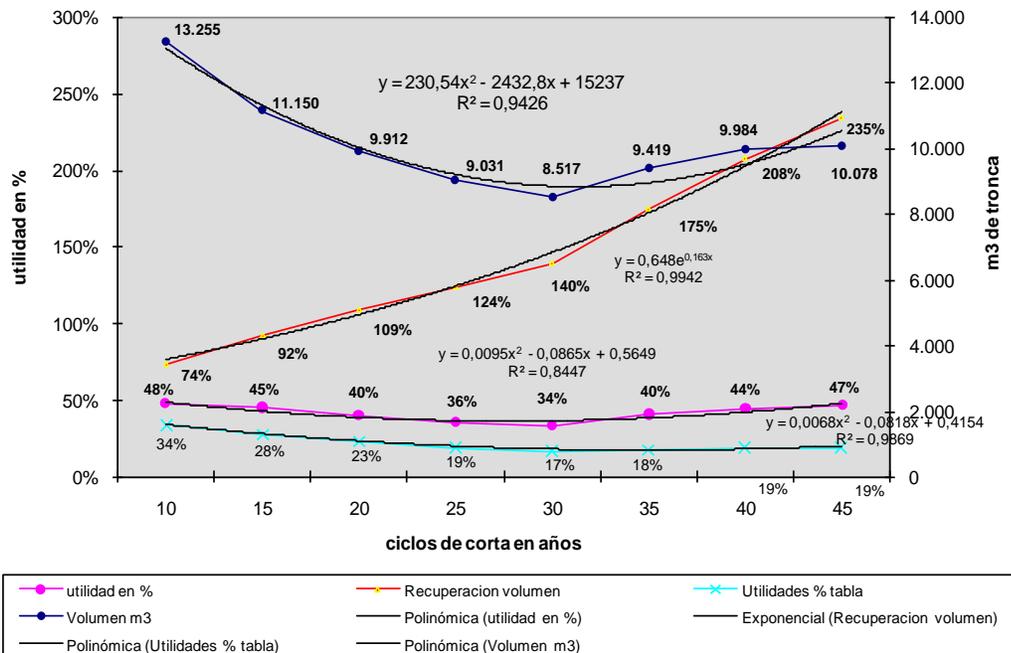


En el gráfico 21 se observa que hay una relación positiva entre los ciclos de corta expresado en años y la recuperación porcentual para la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste polinomial y se representa en una ecuación  $Y = 0.648e^{0.163x}$ , el coeficiente de determinación es muy fuerte  $R^2=0.9942$ , esto indica una alta correlación entre el aumento del ciclo y la recuperación en porcentaje del volumen de las especies. Similar al anterior caso.

En el gráfico 21 se observa que hay una relación entre los ciclos de corta expresado en años y la oferta en volumen en m<sup>3</sup> para la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste polinomial y se representa en una ecuación  $Y = 230.54x^2 - 2432.8x + 15237$ , el coeficiente de determinación es muy fuerte  $R^2=0.9426$ , esto indica una alta

correlación entre el aumento del ciclo de corta y la oferta en volumen m<sup>3</sup> de las especies.

**Gráfico No 21.- Segunda alternativa con corte de curupaú de 40 cm. diámetro y las otras dos especies según DMC.**



En el gráfico 21 se observa que hay una relación entre los ciclos de corta expresado en años y la utilidad económica expresada en porcentaje en la producción de tabla en la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste en una ecuación polinomial y se representa en una ecuación  $Y=0.0068x^2-0.0818x+0.4154$ , el coeficiente de determinación es fuerte  $R^2=0.9669$ , esto indica una buena correlación entre el aumento del ciclo y la utilidad económica en la producción de tronca.

En el gráfico 21 se observa que hay una relación entre los ciclos de corta expresado en años y la utilidad económica expresada en porcentaje en la producción de tabla en la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste en una ecuación polinomial y se representa en una ecuación  $Y=0.0095x^2-0.0865x+0.5649$ , el coeficiente de determinación es fuerte  $R^2=0.8447$ , esto indica una alta correlación entre el

aumento del ciclo de corta y el porcentaje de utilidad económica en la producción de tabla.

### **3.14. Discusión.**

De acuerdo al análisis de Lamprecht (1990) para garantizar una producción sostenible fijando un Diámetro Mínimo de Corta, debe garantizar una buena cosecha en el primer ciclo y los diámetros deben ser elevados sin perjudicar una buena cosecha los siguientes ciclos de corta, el subir 10 cm. al DMC según la primera alternativa ninguna de las especies ofrece volúmenes comerciales aceptables para la primera cosecha.

Es necesario mantener los DMC y revisar la posibilidad de bajar al curupaú hasta los 40 cm. de DAP, esto debido a los límites de calidad de la especie definida por su diámetro, a mayores diámetros mayor la probabilidad de encontrar daños sanitarios, la especie está concentrada en las clases diamétricas 20-30 y 30-40 cm. de DAP, que superan en ambos tipos de muestreo según inventario es 19.76 arb/ha., según muestreo es 14.28 arb/ha., es casi igual que lo encontrado por M. García. (2006) para las dos clases diamétrica para el Encanto fue de 21.31 arb/ha, todos los datos de la misma zona de vida esto nos hace ver que la especie es de bajos diámetros.

El curupaú es una especie sin muchos árboles grandes con un volumen aprovechable de 989 m<sup>3</sup> si se corta de acuerdo al DMC, y según el muestreo es de 83 m<sup>3</sup> si se corta con diámetros de 40 cm. La disponibilidad según el inventario hay un volumen disponible de 4.610 m<sup>3</sup> y según muestreo sólo a 431 m<sup>3</sup> esta especies no es de gran porte es necesario bajar su diámetro aprovechable.

En las diferentes alternativas de ciclos de corta, ninguna de las especies alcanza el volumen m<sup>3</sup>/árbol de la primera cosecha debido a las bajas tasas de crecimiento por año, propia de los bosques secos chiquitanos el rango alcanzado va desde 67.78 al 70.77% en los diferentes ciclos de corta para la alternativa de corte según la norma 248/98, dato similar a D. Guever Jurado (2007), para el mismo tipo de bosque y especies.

El Plan General de Manejo de la concesión plantea un ciclo de corta de 20 años; con esta alternativa se tiene volúmenes aceptables en la primera cosecha las cinco especies con 14.759,23 m<sup>3</sup> y en la segunda cosecha 13.138,85 m<sup>3</sup> con una recuperación en volumen del 89%; este análisis es con los DMC según la Norma 248/98 por especies, es el ciclo de corta más recomendable, esto es debido a que se concentra un aumento en volumen en la especie curupau. Si comparamos con lo encontrado por Dauber (2003), quien en su análisis partió de los valores normalmente fijados en los planes de Manejo, 25 años de ciclo de corta y 40 cm. de DMC la recuperación de recuperación estima en un porcentaje 12,7%, es mucho mejor por la influencia del curupau.

Una recuperación en volumen de la especie sirari según muestreo para un ciclo de 25 años para datos del inventario forestal es de 55% en Marabol y según M. García (2006) en estudio realizado en la concesión forestal EL ENCANTO para sus datos del inventario forestal determinó un 49% para un ciclo de corta de 25 años es muy parecido en ambos casos, esta especie para ambos casos no fue anteriormente aprovechada, la especie es de poca frecuencia por clase diamétrica en clases diamétrica menores y su baja tasa de crecimiento pone en duda su permanencia en la canasta de especies aprovechables para la segunda cosecha.

Una recuperación en volumen m<sup>3</sup>/ha. de la especie morado según muestreo para un ciclo de 25 años da un 3.884 % y para datos del inventario forestal 75 %, presenta grandes diferencias a lo encontrado por D. G. Jurado (2008) en estudio realizado en la concesión forestal CIMAL A.S. para sus datos del inventario el 365% y del muestreo de 66% para un ciclo de corta de 25 años, M. García (2006) en estudio realizado en la concesión forestal EL ENCANTO para sus datos del inventario el 64% y del muestreo de 54% para un ciclo de corta de 25 años los datos del inventario salen mayores recuperaciones en árboles por hectárea porque hay mayores frecuencias en clases diamétricas menores en el inventario forestal porque no se considero un alto rechazo por calidad de la especie, considerados en los muestreos con la experiencia que se tiene en trabajar esta especie.

Una recuperación en volumen de la especie tajibo según muestreo para un ciclo de 25 años da un 83 %, para datos del inventario forestal y un 59%, presenta diferencias a lo encontrado por, M. García (2006) en estudio realizado en la concesión forestal EL ENCANTO para sus datos del inventario el 31% y del muestreo de 41% para un ciclo de corta de 25 años, también diferente a lo encontrado por Erhard Dauber (2003), quien planteo una simulación tratando de acercarse más a la práctica actual del manejo e hizo una simulación con la especie roble y cedro manteniendo un Diámetro Mínimo de Corta de 40 cm.; para un ciclo de corta de 25 años el porcentaje de recuperación encontrado es de 10,4%,. En el caso óptimo aplicando tratamientos silviculturales este porcentaje sube a 10,8%. Esto se debe fundamentalmente a las diferentes riquezas de cada zona en las zonas del Portón con múltiples intervenciones lo hace distinto a la zona del Portón bosque con cortes de primera generación y pocos disturbios.

Según Erhard Dauber (2003) en general, se puede decir que en la Chiquitania ni tratamientos silviculturales, ni un cambio del ciclo de corta o del DMC mejora sustancialmente la situación de cosecha en el segundo ciclo de corta, con lo encontrado en estas zonas se puede decir que depende de tres factores uno de la abundancia de la clase diamétrica menores, de la tasa de crecimiento de las especies, y de la influencia de los anteriores impactos (iluminación, disminución de nutrientes, espacios para el desarrollo del árbol, etc.), a la masa boscosa que quedó como remanente por lo tanto estos sitios tienen influencia positiva o negativa en las especies y definen la viabilidad económica para la segunda cosecha.

En los costos de producción de troncas no se detectan grandes cambios en la segunda cosecha si se aprovechan todo el potencial del bosque, especialmente el curupau por que presenta grandes volúmenes en la segunda cosecha y hay una recuperación en volumen aceptable de roble.

En los costos de producción de tabla se observa que al disminuir el volumen de roble y aumentar en volumen las maderas duras, se tiene una baja producción pt/hora lo que ocasiona un aumento ligero en su costo de producción.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Todos los Cálculos referidos a costos de producción, por ser muy extensos en su desarrollo se encuentran adjuntos al presente documento en formato digital en los **Anexos 3.5 y 3.6.**

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones.-

- Las cuatro especies (tajibo, sirari, morado y roble) se ajustan a la curva teórica de sostenibilidad de De Liocourt, esta hipótesis de investigación para los dos tipos de muestreo el inventario forestal y del muestreo silvicultural se realizó a través del análisis estadísticos  $X^2$  ( $p < 0.001$ ) con el cual se concluyó que las dos distribuciones de liocourt y la observada no son independientes, sino que están asociadas, sólo el curupaú presenta diferencias significativas, las dos distribuciones de liocourt y la observada son independientes. Por lo tanto, a la vista de los resultados, aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ) y rechazamos la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) para el caso del curupau se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) es decir que ambas curvas de distribución diamétricas no están asociadas.
- Para que la producción del bosque sea sostenible se deben cortar en la primera cosecha al roble de 50 cm. DAP, curupau de 40 cm. DAP, al morado de 40 cm. DAP. El sirari y el tajibo se debe prever un cambio en el DMC en la segunda cosecha por otras especies.
- El comportamiento de las especies aprovechables en el muestreo silvicultural y el inventario forestal presentan una buena recuperación en volumen del 170% y según el inventario es de 89% en un ciclo de 20 años como está en el Plan General de Manejo, pero con cambios en sus Diámetros Mínimos de Corta del curupau bajar a 40 cm., y la posibilidad de entrar en una extinción económica temporal del tajibo y sirari en su aprovechamiento en el segundo ciclo de corta.
- Los volúmenes de morado son bajos en el presente ciclo de corta y en los próximos ciclos de corta proyectado tienen un ligero aumento, las mayores utilidades se logran con valor agregado, esta especie debe aprovecharse con preferencia como chapa decorativa para la producción de multilaminado, para

cubrir mercados internos de manera que siga siendo una especie guía del aprovechamiento forestal del Plan de Manejo.

- El roble es una especie tradicional su recuperación volumétrica para las zonas recién aprovechadas y para el ciclo de 20 años es de 73% según muestreo y 88% según inventario, garantizando un volumen aceptable comercialmente para la segunda cosecha, esta especie es parte de la canasta de especies guías del aprovechamiento para la segunda cosecha. Su aprovechamiento debe ser dirigido a productos con mayor valor agregado como chapa decorativa, muebles exteriores e internos que permitan mayores utilidades.
- El tajibo y el sirari recién entraron en producción hace dos años atrás por lo tanto los próximos 20 años esta madera estará en el mercado sin problemas, los datos del inventario los califica con una extinción económica temporal y el muestreo también lo ratifica, es necesario desarrollar políticas de venta con mayor valor agregado y de acuerdo a exigencias de mercado si el mercado no es exigente cortar individuos de mayor diámetro de lograrse esto se aseguraría el aprovechamiento de esta especie como lo indica la alternativa uno aumentando 10 cm. al DMC de estas especies, de manera de aprovechar cuando la especie tenga mejores ventajas competitivas en el mercado y mayor precio.
- Existe una relación positiva entre los ciclos de corta expresado en años y la recuperación porcentual en volumen para la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste y se representa en una ecuación  $Y = 0.648e^{0.163x}$ , el coeficiente de determinación es muy fuerte  $R^2=0.994$ , esto indica una alta correlación entre el aumento del ciclo y la recuperación en porcentaje del volumen de las especies. Para el aprovechamiento del curupaú a 40 cm. de DAP y las demás especies según la Norma 248/98.
- Existe una relación entre los ciclos de corta expresado en años y la oferta en volumen en  $m^3$  para la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste polinomial y se representa en una ecuación  $Y = 260.34x^2 - 2886.1x + 18275$ , el coeficiente de determinación es muy fuerte  $R^2=0.9594$ , esto indica una alta correlación entre el

aumento del ciclo de corta y la oferta en volumen  $m^3$  de las especies. Para el aprovechamiento del curupaú a 40 cm. de DAP y las demás especies según la Norma 248/98.

- Existe una relación entre los ciclos de corta expresado en años y la utilidad económica expresada en porcentaje en la producción de tabla en la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste en una ecuación polinomial y se representa en una ecuación  $Y=0.00058x^2-0.0697x+0.3933$ , el coeficiente de determinación es muy fuerte  $R^2=0.988$ , esto indica una alta correlación entre el aumento del ciclo y la utilidad económica en la producción de tronca. Para el aprovechamiento del curupau a 40 cm. de DAP y las demás especies según la Norma 248/98.
- Existe una relación entre los ciclos de corta expresado en años y la utilidad económica expresada en porcentaje en la producción de tabla en la segunda cosecha, esta relación tiene un ajuste en una ecuación polinomial y se representa en una ecuación  $Y=0.0077x^2-0.0725x+0.6325$ , el coeficiente de determinación es fuerte  $R^2=0.8469$ , esto indica una buena correlación entre el aumento del ciclo de corta y el porcentaje de utilidad económica en la producción de tabla. Para el aprovechamiento del curupau a 40 cm. de DAP y las demás especies según la Norma 248/98.

#### **4.2. Recomendaciones.-**

- El estudio de sostenibilidad deben realizarse por AAA tomando en cuenta que se conoce con exactitud la fecha del impacto y del retorno al área para definir la riqueza esperada, por lo menos tomar en cuenta de un grupo de iguales abundancias.
- Se debe incentivar los enriquecimientos como tratamiento silvicultural en la concesión forestal, como una prescripción silvicultural sujeta a una metodología de bajo costo que permita su ejecución y éxito.
- Se debe continuar censando los individuos potenciales de las principales especies aprovechadas para guardar como un banco de datos, que permitan en el futuro

analizar su riqueza por Área Anual de Aprovechamiento, de manera que permita planificar la marcha sistemática de la segunda cosecha con volúmenes proyectados aproximados.

- Para que la producción del bosque sea sostenible se debe realizar un análisis de los DMC para cada ciclo de corta, esto con el objetivo de asegurar la presencia de las especies en el tiempo y obtener volúmenes similares para cada ciclo de corta.
- Se debe incentivar la producción con valor agregado para las diferentes especies, especialmente las que presentan una baja abundancia en comparación con otras, esto con el objetivo de generar mayores utilidades sin realizar un aprovechamiento intensivo de estas especies, ocasionando su extinción de las mismas, y de esta manera lograr que las mismas sigan formando parte como especies guías del Plan de Manejo Forestal propuesto.
- El curupaú es una especie abundante para el próximo ciclo de corta, se debe profundizar el conocimiento tecnológico de la especie para evitar pérdidas en su transformación y almacenamiento, además de encontrar la tecnología adecuada para su conversión que permita mejorar rendimientos de producción en la industria, por lo tanto durante el ciclo de corta que queda se debe invertir en esto y además en la consolidación de mercados para esta especie.