

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

Todos los años se producen en Bolivia incendios de origen principalmente antropogénico, debido a chaqueos de nuevas tierras para la incorporación de la agricultura, la quema de grandes extensiones de pastos naturales o cultivados, fogatas de cazadores furtivos y la falta de prevención de los que aprovechan los bosques. Cuando estos fuegos son controlados no generan problemas pero cuando se descontrola se propaga provocando situaciones de desastre económico (se pierde valor del bosque por la quema de especies aprovechables), ecológicos (pérdida de fauna, sitios especiales, destrucción de la biodiversidad, etc.), sociales (pérdida de vidas humanas, viviendas, empleos y otros) y ambientales debido a la liberación de gases de efecto invernadero.

Se estima que anualmente en Bolivia se queman más de 100.000 hectáreas por año (BOLFOR 1994 citado por Pinto y Alvarado 2007). En algunos años se alcanza proporciones catastróficas, tal es el caso del daño causado por los incendios forestales en los departamentos de Santa Cruz y Beni en el año 1999, donde se cuantificó 12.749.475 hectáreas de superficie afectada por los incendios en un lapso de dos meses (BOLFOR 2000). Si bien los bosques coexisten con los fuegos en especial los bosques secos y muy poco los bosques húmedos, cuando tiene ocurrencia natural no degrada la estructura del bosque, pero cuando es frecuente altera por completo la estructura del bosque natural.

El efecto de las perturbaciones sobre los ecosistemas depende de la magnitud del agente perturbador, y la susceptibilidad del ecosistema (Manson y Jardel 2009). Los incendios forestales son considerados perturbaciones naturales de tipo abiótico sin embargo en nuestra realidad este concepto es más de tipo antrópico que natural, fruto de la magnitud del agente perturbador. Los incendios forestales en Bolivia, especialmente en los bosques tropicales constituyen un proceso ecológico importante, que tiene influencia de forma negativa en el ciclo natural de la sucesión vegetal y de los ecosistemas en cuanto a su estructura y función (Cochrane 2003, Mostacedo *et al.*

1999 citado por Rodríguez 2012). La aceleración del crecimiento demográfico y el mejoramiento de las vías de comunicación en las últimas décadas, está aumentando considerablemente la presión sobre los recursos forestales. A su vez, la ampliación del sector agropecuario y la extracción selectiva de especies madereras valiosas sin un control adecuado son factores determinantes en la creciente frecuencia y magnitud de ocurrencia de los incendios forestales. (Cats y Cardona 2006)

Se denomina resiliencia a la capacidad de un ecosistema para volver a su estado original después de una perturbación, eventos como los incendios forestales alteran a las comunidades vegetales de distintas formas, donde la sucesión es un componente esencial en la ecología de la regeneración puesto que permitirá conocer la estructura y composición de la vegetación de un determinado sitio a lo largo del tiempo (Manson y Jardel 2009). Las personas encargadas del manejo forestal deben comprender el efecto de dichos incendios, con el fin de tomar medidas apropiadas para salvaguardar la producción maderable o fomentar el crecimiento de especies deseadas (ITTO 1997 citado por Gould 1999). Ante esta situación resulta importante determinar cómo se produce la regeneración de la vegetación afectada por incendios y cómo son los ecosistemas resultantes desde el punto de vista de su composición. (Alanís *et al.* 2011)

Por todo lo anteriormente mencionado se ha propuesto realizar una evaluación del estado del bosque con énfasis en la regeneración natural en un área afectada por incendios forestales de la comunidad indígena Santa Ana, este estudio de investigación tiene como objetivo evaluar el estado de la regeneración natural, especies potenciales y árboles aprovechables comparando la composición y riqueza en sus diferentes estratos o tipos de bosque, para generar información técnica en cuanto a las condiciones de desarrollo del bosque y respuesta de la regeneración natural que nos permitan resolver numerosos problemas que se plantean en la ecología y silvicultura de nuestros bosques tropicales.

1.2. Justificación

Los incendios forestales, así como las consiguientes respuestas de las comunidades vegetales varían según el tipo de bosque, si bien el fuego es un factor muy poco entendido en nuestro medio en cuanto a su influencia en la composición y desarrollo de nuestros ecosistemas boscosos, es importante determinar la respuesta de la regeneración natural ante una perturbación de esta índole. (Mostacedo *et al* 1999)

La regeneración es quizás el paso más importante hacia el logro de la sostenibilidad a largo plazo de los bosques bajo manejo (Mostacedo y Fredericksen 2000). Desde la perspectiva del manejo forestal la información de la regeneración natural posterior a un incendio es importante, pues nos brindan información acerca de los efectos de los incendios en la regeneración del bosque, y más aún cuando la renovación de nuestros bosques está fundamentado principalmente en la regeneración a través de árboles semilleros y árboles de futura cosecha de las especies aprovechadas.

Actualmente existen muy pocos estudios técnicos que sustenten que el manejo de la regeneración natural es satisfactorio a corto, mediano y largo plazo así como el grado de daño que pueden provocar los incendios forestales, poniendo en peligro la sostenibilidad de nuestro modelo de manejo forestal. Por consiguiente el presente trabajo de investigación permitirá generar información acerca de la composición y estructura del bosque de la comunidad indígena Santa Ana posterior a un incendio forestal, priorizando en la regeneración natural actual, así como las respuestas de las mismas para tomar decisiones que permitan favorecer la continuidad y conservación de la biodiversidad de su bosque comunitario.

1.3. Planteamiento del problema

Si bien se han desarrollado políticas y estrategias para enfrentar el problema, la realidad nos muestra que los incendios han ido aumentando año a año, abarcando superficies cada vez mayores, de acuerdo a un estudio realizado por Rodríguez (2013), donde se evaluó la dinámica de los incendios entre los periodos 2000 a 2012, detectaron un total de 24.524.278 hectáreas afectadas por incendios, de las cuales el

19% (4.666.555 hectáreas) correspondieron a superficies boscosas y el restante 81% (19,857,723 hectáreas) a otras coberturas, como pastizales y sabanas, los patrones espaciales de las áreas quemadas en Bolivia mostró que la repetitividad de las áreas quemadas es dinámica, es decir, no se repiten con la misma magnitud en el mismo sitio.

Al aumentar la frecuencia de los incendios en bosques y principalmente en aquellos que evolucionaron bajo condiciones de baja incidencia de fuego como son los bosques tropicales húmedos, se pueden producir cambios marcados en cuanto a la composición de especies, la estructura y el valor económico de dichos bosques. (Holdsworth y Uhl 1997 citado por Mostacedo *et al.* 1999)

Existe muy poca información de la regeneración natural del bosque en sitios afectados por incendios, cuyos riesgos y posibles daños son particularmente altos en los bosques donde se lleva a cabo la extracción maderera, puesto que la acumulación de biomasa seca y árboles muertos caídos en el suelo, son factores suficientes para que nuestros bosques se encuentren en un estado inflamable, incrementando su intensidad potencial a un incendio. Ante esta situación resulta necesario conocer el comportamiento de la regeneración natural después de un incendio teniendo en cuenta la gran proporción de bosques designados para la producción maderera en nuestro país y el potencial de dichos bosques que pueden verse afectados por la creciente presencia y frecuencia con la que se realizan los incendios forestales.

1.3.1. Preguntas de investigación

¿Cuál es la abundancia de los diferentes estadios de la regeneración natural, árboles potenciales y aprovechables después de seis años del incendio forestal, con énfasis en especies de interés comercial?

¿Qué gremios ecológicos presentan mayor abundancia en los diferentes estadios de la regeneración natural, árboles potenciales y aprovechables de las especies de interés comercial después del incendio forestal?

¿Existe diferencias en cuanto a abundancia de los diferentes estadios de la regeneración natural, árboles potenciales y aprovechables entre los estratos más representativos del bosque del área de Santa Ana?

¿Los lineamientos técnicos de tratamientos y prescripciones silviculturales serán diferentes para cada estrato boscoso?

1.4. Hipótesis

Hipótesis biológica: "El incendio forestal favorece la dinamización de la regeneración natural en un bosque establecido"

Predicción biológica: "No es igual en los diferentes estadios de la regeneración natural, árboles potenciales y aprovechables después de seis años del incendio forestal entre los estratos más representativos del bosque comunitario de Santa Ana.

Ho: La abundancia de regeneración natural, árboles potenciales y aprovechables de los diferentes estratos boscosos del bosque de Santa Ana son iguales.

Ha: La abundancia de regeneración natural, árboles potenciales y aprovechables de los diferentes estratos boscosos del bosque de Santa Ana son diferentes.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el estado de desarrollo de la regeneración natural, especies potenciales y árboles aprovechables, mediante un muestreo en áreas afectadas por incendios forestales del bosque húmedo subtropical de la comunidad indígena Santa Ana, para desarrollar a partir de esta información lineamientos silviculturales que permitan mejorar las condiciones del bosque perturbado.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las abundancias de la regeneración natural por estrato boscoso, gremio ecológico y grupos de valor comercial para determinar la presencia de los individuos en el bosque de acuerdo al gremio y su importancia comercial.
- Evaluar las condiciones de iluminación por estadio de regeneración natural mediante el análisis de posición de copa como uno de los criterios que permiten fundamentar la silvicultura y el manejo hacia la toma de decisiones silviculturales que permitan favorecer el establecimiento de la regeneración natural.
- Determinar el grado de infestación de bejucos, a través de la determinación del porcentaje de individuos afectados, para generar información acerca de las condiciones de desarrollo que presentan la regeneración natural no establecida y la regeneración considerada como establecida.
- Calcular los índices de similaridad entre los diferentes estratos boscosos del bosque productivo de Santa Ana, para determinar el porcentaje de similitud en cuanto a la riqueza y diversidad de las especies muestreadas.
- Realizar una comparación de los resultados del muestreo del bosque húmedo subtropical de Santa Ana con los resultados del Plan General de Manejo Forestal del bosque no quemado de la concesión forestal Don Víctor, para conocer el impacto de los incendios forestales en la composición y estructura del bosque.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Incendios Forestales

Por razones conceptuales es importante mencionar que un fuego es una reacción de carácter exotérmica, es decir, una reacción química en cadena con desprendimiento de luz y calor producidos por la combustión de un cuerpo. Para que este proceso se inicie o se mantenga es imprescindible que coincidan en un tiempo y en un lugar tres elementos: el combustible, el oxígeno (comburente) y el calor. Estos tres elementos suelen representarse como lados del denominado “**Triángulo del fuego**”. Esto expresa que la supresión o disminución de cualquiera de ellos apaga el fuego mientras que el reforzamiento implica su activación (Bonilla 2001). Pero además es necesario un iniciador de la reacción, un **punto de ignición**, que lo que genera es un exceso de calor, una reacción en cadena, cerrado con la secuencia llama > Radiación de calor > Vaporización > Combustible de vapores > llama. Este cuarto elemento al unirse al triángulo conforma el llamado “**Tetraedro del Fuego**”. (Blanco *et al.* 2007)

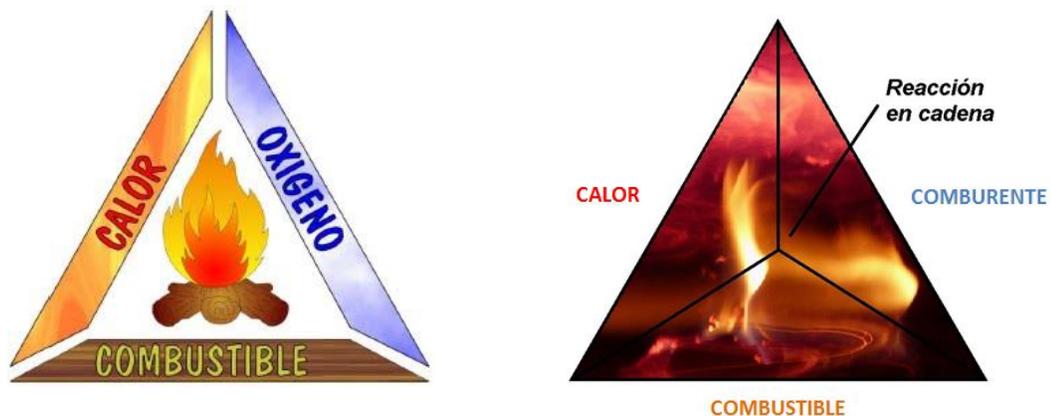


Figura 1. Triángulo y Tetraedro del fuego

El punto de ignición, es la temperatura a la que un material sólido, líquido o gaseoso se incendiara continuando en combustión sin necesidad de la fuente de calor, cuando el fuego se produce en el bosque de forma natural, accidental o intencional avanzando sin ningún control normalmente de la dirección del viento recibe el nombre de incendio forestal. (Bonilla 2001)

Por tanto los fuegos que se inician en áreas boscosas pueden ser traducidos en incendios forestales debido a que los bosques contienen abundante material combustible, árboles, resinas, ramas, hojas secas, matorrales, arbustos, hierbas, pastizales, rastrojos, pasto seco, etc. Todos ellos potencialmente incinerables que al arder se carbonizan, produciendo brazas, chispas que se queman y destruyen sin control lo que está a su paso.

2.2. Causas de los incendios forestales

De acuerdo a la Bonilla (2001), las causas de los incendios forestales son tres:

- 1) **Antrópicas:** son las causas más comunes de los incendios forestales que se da por descuidos en la utilización del fuego, entre estos se pueden mencionar las quemas agropecuarias no controladas cuando se quiere renovar pastos, quemas en áreas forestales para explotaciones forestales, también se pueden mencionar las hogueras o fogatas de excursionistas, fumadores, cazadores, maniobras militares, colmeneros, pirómanos, etc.
- 2) **Naturales:** como la caída de rayos durante las tormentas eléctricas, las condiciones climáticas y ambientales muy especiales, como el caso de la combustión espontánea de vegetales ante ciertas condiciones de humedad y temperatura.
- 3) **Accidentales:** son sucesos que producen un incendio, sin que exista voluntad deliberada de encender un fuego, tales como el escape de chispas de los vehículos, líneas eléctricas, cohetes, bombas y luces de bengala usadas en fiestas, motores y maquinarias.

2.3. Fases de la combustión

De acuerdo a Blanco *et al.* (2007), el proceso de combustión no es un proceso instantáneo, necesita de una serie de pasos más o menos rápidos en función de las condiciones atmosféricas. Si a un combustible forestal le suministramos calor, desde la temperatura ambiental hasta los 100 °C primero va perdiendo contenido de humedad y luego se va calentando, pero en este momento el combustible sigue sin arder, nos encontramos en la fase de “calentamiento previo”. “La pirolisis” o rotura

del calor es a partir de los 200 °C, también se van vaporizando las resinas acumuladas en el interior del combustible (volátil o material que pueden entrar en ignición a temperaturas no muy elevadas).

A partir de los 300 a 400 °C, los gases generados pueden llegar a auto inflamarse siendo en este momento el “punto de ignición”, donde el combustible ya se encuentra inflamado, ahora todo el calor que genere el combustible, este lo reinvierte en mantener la reacción y en generar más calor que provocara un aumento de temperatura en combustibles adyacentes.

Por tanto las técnicas de extinción de los incendios forestales están basadas en la eliminación o separación del combustible, el aislamiento del oxígeno o la reducción del calor a temperaturas inferiores a la combustión. (Bonilla 2001)

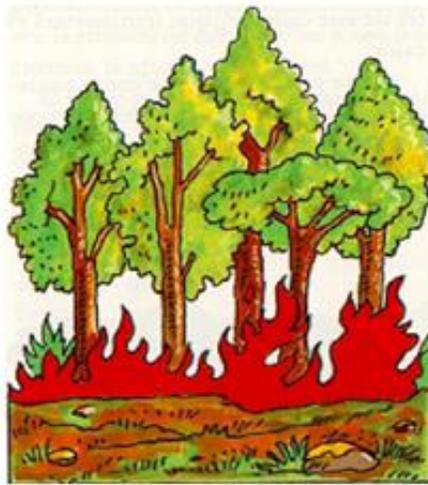
2.4. Tipos de incendios forestales

Según el estrato en donde se propaguen los incendios pueden clasificarse en tres categorías:

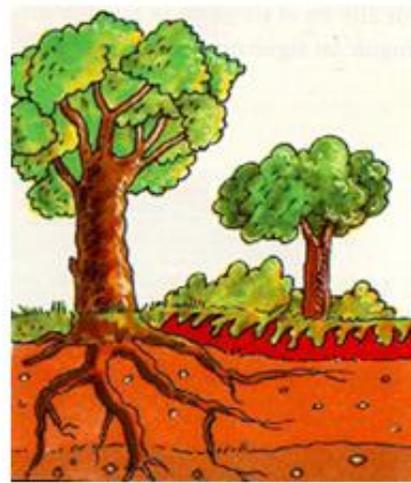
- **Incendio de superficie o de suelo:** el incendio se propaga por el combustible que se encuentra en el suelo, incluye la hojarasca sin descomponer, hierbas, arbustos y leños caídos pero no inmersos en la hojarasca en descomposición.
- **Incendio de subsuelo:** Son los que se propagan bajo la superficie alimentada por materia orgánica muerta, raíces o turba, su desplazamiento es lento, se inicia a partir de fuegos de superficie o raíces no apagadas. Progresa lentamente, sin llamas ni humo, por lo que su localización no es fácil.
- **Incendio de copas:** el cual se subdivide en tres tipos de incendios de copas:
 - **Antorcheo:** es el paso del fuego de superficie a fuego de copas pero solo de forma puntual, esto es, únicamente algunos pies.
 - **Copas pasivo:** es el fuego que avanza por la corona de los árboles, acoplado a un fuego de superficie y no independiente de él, su propagación principal es por el combustible que se encuentra sobre la superficie, si eliminamos este detenemos el fuego.

- **Copas activo:** es el fuego que avanza por las coronas de los árboles, independiente de lo que ocurre en la superficie. Básicamente para su propagación necesita vientos fuertes y proximidad de las copas.

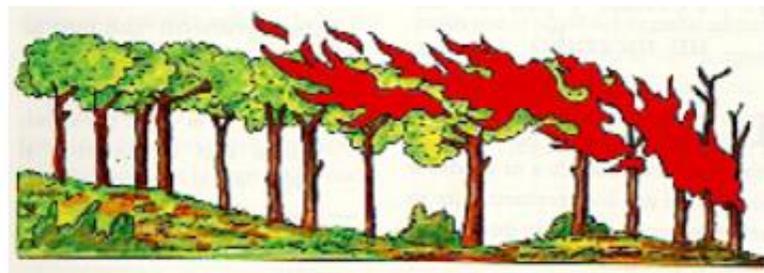
Los tipos de incendios descritos no siempre se producen en forma aislada, más por el contrario en muchas ocasiones se tendrá una combinación de ellos, la asociación más frecuente son los incendios de superficie con los incendios de copas, que se propagan simultáneamente, aunque con distinta velocidad. (Blanco *et al.* 2007)



Incendio de superficie



Incendio de subsuelo



Incendio de copas

Figura 2. Tipos de Incendios Forestales

2.5. Formas de propagación del fuego

De acuerdo a Blanco *et al.* (2007), las formas básicas de propagación del fuego al igual que el “triángulo del fuego” son tres:

- 1) **Radiación:** Es la transferencia de energía calórica a través del espacio sin contacto entre elementos. Es el calor que transmiten todos los cuerpos sin ser necesario el contacto físico, como por ejemplo el calor que nos llega del sol.
- 2) **Conducción:** Es la transferencia del calor por contacto directo entre objetos. En el caso de los combustibles forestales no es muy importante ya que son muy malos conductores térmicos.
- 3) **Convección:** Es la transmisión del calor a través de las masas de fluidos como el aire que nos rodea. Es la forma de transmisión más peligrosa, la que mayores problemas nos puede ocasionar porque permite la propagación de los incendios a gran distancia según la velocidad del viento y las corrientes de aire.

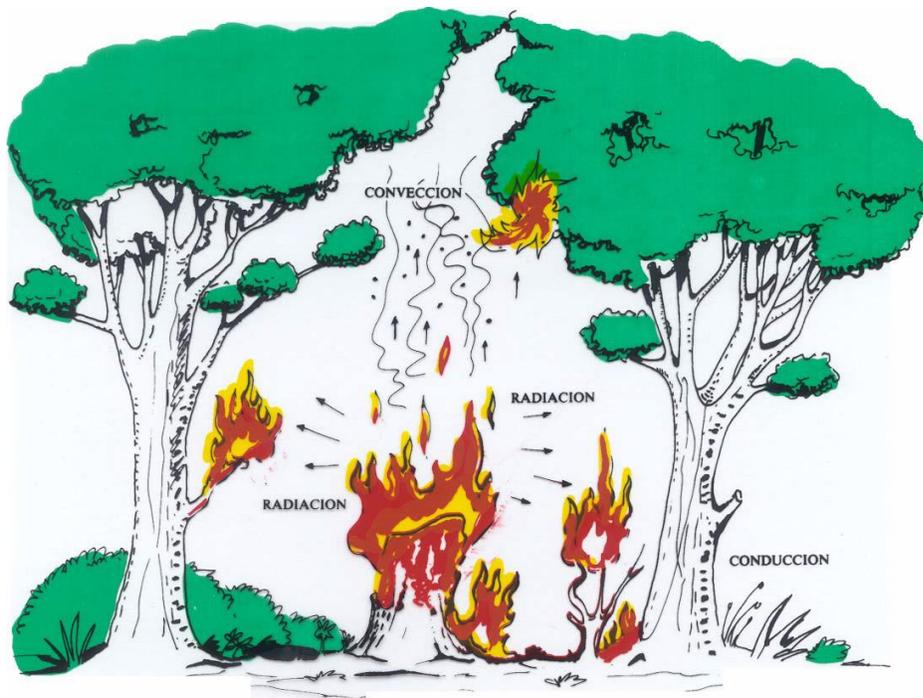


Figura 3. Formas de propagación del fuego

2.6. Efectos de los incendios forestales

Según Cots y Cardona (2006), los impactos del fuego son diversos y pueden estar manifestados por:

- **Pérdida de productividad**

Los incendios forestales conducen a la pérdida parcial o total de la cobertura vegetal y de los organismos microbianos del suelo, dejándolo expuesto a una fuerte erosión, compactación y lavado de nutrientes, con la consiguiente pérdida de capacidad para sostener cualquier tipo de producción.

- **Alteraciones del régimen hidrológico**

Los incendios provocan a la vez sequías e inundaciones, la pérdida de la cobertura vegetal se traduce en una disminución de la evapotranspiración (la principal fuente de humedad en los bosques tropicales en época seca), por lo que se reduce la humedad atmosférica local y se crean condiciones desfavorables frente a futuros fuegos.

La deforestación puede contribuir a la sequía regional al reducirse los niveles de transpiración, hecho que repercute en una disminución de la pluviosidad que puede llegar a ser de un 25 % o más. Adicionalmente, los aerosoles del humo alteran los procesos hidrológicos reduciendo la pluviosidad, contribuyendo la sequía regional. Por otro lado, con la destrucción de los bosques se pierde su capacidad de retención de agua, exacerbándose las inundaciones, la erosión y las sequías estacionales, la quema de los bosques, en definitiva, puede crear un efecto de retroalimentación positiva provocando fuegos más frecuentes e intensos que resulten en una completa deforestación.

- **Perdida de la biodiversidad**

El oriente boliviano mantiene un alto grado de diversidad biológica y se ha identificado entre las diez prioridades de conservación en el mundo. Uno de los principales peligros para esta diversidad es la quema de los bosques, que causa la

pérdida de muchas especies animales y vegetales, con un valor que va más allá de su rendimiento comercial.

- **Emisiones de gases invernadero**

Las emisiones de gases en los incendios forestales contribuyen notablemente al calentamiento global. Los principales contaminantes que se desprenden de los incendios son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, el metano y los óxidos de nitrógeno. No existen muchas estimaciones de las emisiones totales de carbono por los fuegos tropicales, pero se calcula que durante los incendios de 1997-1998 se produjeron emisiones igual a un 41 % de las emisiones globales por combustibles fósiles. Las implicaciones de la deforestación de la Amazonía sobre el cambio climático global son considerables si además se tiene en cuenta el enorme potencial para futuras emisiones. Los árboles de la región amazónica contienen 119+/- 28 Pg de carbono, lo que equivale a 1,5 décadas de emisiones antropogénicas de carbono a la atmósfera al ritmo actual.

- **Daños a la salud de la población**

Aparte de provocar muertes, accidentes y desplazamientos de población, y de causar la pérdida de ganado y de producción agrícola, los incendios tienen efectos dañinos sobre la salud de la población, dependiendo de la concentración, constitución y tiempo de exposición al humo. La contaminación con los gases tóxicos (Contaminantes Orgánicos Persistentes: dioxinas y furanos) contenidos en la ceniza y el humo impide el uso del agua para consumo humano y enrarece el aire, provocando problemas respiratorios agudos (asma, neumonía, bronquitis, laringitis), cardiovasculares, oculares (conjuntivitis, etc.) e irritaciones de la piel. Estas afecciones se incrementan considerablemente en la época de quemas.

2.7. Estructura del bosque

2.7.1. Estructura horizontal

Se entiende por estructura horizontal al arreglo espacial de los organismos, en este caso los árboles. Este arreglo no es aleatorio, pero sigue modelos complejos que lo

hacen ver como tal. En los bosques este fenómeno es reflejado en la distribución de individuos por clase de diámetro. Algunas especies presentan una distribución de J invertida. Otras no parecen presentar una tendencia identificable en su distribución debido a sus propias características. (Valerio y Salas 1997)

2.7.1.1. Distribución espacial de las especies en el bosque

De acuerdo a Valerio y Salas (1997), la distribución espacial se la puede comprender a partir de la dinámica originada por la caída natural de los árboles y todos los procesos que este fenómeno desencadena, generando los claros o chablis.

Por la variedad de microambientes que se forman, el chablis permitirá el establecimiento de diferentes especies de flora y fauna, constituyéndose en un generador de la diversidad biológica y un factor que mantiene la dinámica del bosque.

El hecho de que determinados individuos presenten una distribución en forma de una “J invertida”, es una representación de cómo sus individuos disminuyen conforme se aumenta el diámetro, esta proporción de disminución de clase a clase diamétrica es más o menos constante lo que permite ajustar una curva teórica propia para cada bosque, es así que la curva correspondiente a cada bosque está caracterizada por la dinámica natural que presente el mismo.

Las curvas que se aproximan a esta distribución son de especies que toleran sombra (esciófitas), mientras que aquellos que tienen una forma de campana con diferentes grados de asimetría o cuya pendiente sea próxima a cero, son de especies intolerantes a la sombra (heliófitas), “positivas” (de las esciófitas ya que hay abundancia de regeneración) y neutras o negativas (de las heliófitas ya que aparentemente no se regeneran). (Manta 1988)

2.7.1.2. Área Basal

El área basal es una medida que sirve para estimar el volumen de especies arbóreas o arbustivas, que junto con el volumen son expresiones del crecimiento del árbol en función al diámetro. Por definición el área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un árbol a una determinada altura del suelo

(Matteucci y Colma 1982 citado por Mostacedo y Fredericksen 2000). En los árboles este parámetro se mide obteniendo el diámetro o el perímetro a la altura del pecho (DAP a una altura de 1,30 m). En arbustos u otras plantas, que se ramifican desde la base, el diámetro o perímetro se toma a la altura del suelo. (Mostacedo y Fredericksen 2000)

El área basal es otro aspecto importante de la estructura horizontal, como esta medida es proporcional a la biomasa total de la vegetación se constituye en un indicador del grado de desarrollo del bosque y el nivel de competencia existente entre los árboles de un rodal. (Finegan 1992)

2.7.1.3. El volumen

Este parámetro es muy utilizado por los profesionales forestales para determinar la cantidad de madera, de una o varias especies existente en un determinado lugar. El volumen de la madera cosechable se obtiene a partir del área basal y la altura comercial o total del tronco de un árbol. El tronco generalmente tiene forma cónica y, por lo tanto, es necesario tomar en cuenta esto para lograr mayor exactitud en su cálculo. (Mostacedo y Fredericksen 2000)

2.7.1.4. La abundancia

Se conoce como abundancia el número de individuos por unidad de área, es decir, el número de árboles por hectárea. Se puede determinar la abundancia por especie o por grupo de especies. Por lo general se determina para especies comerciales y no comerciales. Asimismo, se puede determinar la distribución de la abundancia por categorías de diámetro. (Valerio y Salas 1997)

2.8. Estructura vertical del bosque

Según Finegan (1992), es la organización vertical del bosque y se define como las distribuciones que presentan las masas foliares en el plano vertical o las distribuciones cuantitativas de las variables medidas en el plano vertical.

Se entiende por estrato a las agrupaciones de individuos que han encontrado los niveles de energía adecuados para sus necesidades y por lo tanto han expresado

plenamente su modelo arquitectural (copas amplias), esta estructura responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones microclimáticas presentes en las diferentes alturas del perfil, y son estas diferencias de temperamento lo que permite que las especies se ubiquen en los niveles que satisfaga sus demandas de energía. (Valerio y Salas 1997)

2.9. Competencia

Dentro de una comunidad, la planta tiene que relacionarse con otros individuos de la misma especie o de otras especies. Esta relación puede ser cooperativa, donde diferentes individuos facilitan la existencia de cada uno usando recursos diferentes o transfiriendo recursos que les sobren. Las relaciones cooperativas rara vez se encuentra entre árboles aunque el hecho de que algunas especies aprovechan la sombra de otros individuos en una fase temprana de desarrollo también es una forma de cooperación. Generalmente, sin embargo, la suma de la demanda por recursos de los individuos de una organización es mayor que la disponibilidad: es decir, tienen que competir. La competencia lleva a que algunos individuos no logren captar suficientes recursos para su crecimiento y supervivencia. La competencia por lo cual resulta cuando la disponibilidad de un recurso es limitada y no es suficiente para cubrir las necesidades de todos los individuos (Louman *et al.* 2001)

2.9.1. La competencia intraespecífica

La competencia intraespecífica se da entre individuos de la misma especie. La competencia intraespecífica es causada por una alta densidad de individuos dentro una población que regula su tamaño en fases iniciales del desarrollo y en bosques dominados por una o pocas especies. Si la densidad es baja, la natalidad tiende a sobrepasar la mortalidad y la población crece, pero si la densidad es alta resulta en una mortalidad mayor que la natalidad (mayor competencia), y la población disminuye en número de individuos. En ambos casos, el tamaño de la población se mueve hacia un punto de equilibrio entre natalidad y mortalidad, o capacidad de carga “K” del sitio. (Louman *et al.* 2001)

Por su parte Finegan (1992), menciona al respecto como las distribuciones asimétricas se producen solo a densidades altas, se atribuye el fenómeno a una competencia intraespecífica. Se desarrolla una jerarquía de pocos individuos vigorosos, que consiguen una alta proporción de los recursos, y una mayoría de individuos pequeños en diferentes grados de un estado de supresión. Una distribución simétrica representa, entonces una población en la cual la competencia no es intensa, aunque este tipo de distribución puede originarse también después de una fase de competencia.

2.9.2. La competencia interespecífica

La competencia intraespecífica resulta principalmente cuando individuos de una determinada especie tienen que compartir los recursos con individuos de otras especies (competencia por explotación). Generalmente conduce a la coexistencia de las especies competidoras, pero también puede conducir a la eliminación de una especie en un sitio determinado. Este tipo de competencia es asimétrica, más que todo por diferencias en el poder de competición entre especies. Los principales efectos son la reducción en fecundidad y supervivencia y en el crecimiento de individuos de la especie en desventaja. Especies con estrategia de reproducción del tipo “K” generalmente se adaptan bien a tales situaciones. Especies con estrategia de reproducción “r”, sin embargo difícilmente podrán establecerse en un bosque cerrado y los disturbios que crean claros, los cuales reducen la competencia intraespecífica son importantes para su sobrevivencia. (Louman *et al.* 2001)

2.10. Regeneración Natural

El término regeneración es usado indistintamente por algunos autores como repoblación y reproducción. El método de repoblación puede definirse como un procedimiento ordenado, mediante el cual se renueva o establece una masa, ya sea en forma natural o artificial. Dicho proceso se lleva a cabo durante el periodo de regeneración, que empieza después de cortar la masa, es decir, al final de cada turno (Hawley y Smith 1972). La sostenibilidad se complica cuando se reportan problemas de regeneración de muchas especies tropicales.

A este punto de inicio le sigue una fase de construcción en la cual el bosque se va formando por árboles jóvenes los cuales crecen rápidamente, el incremento en altura y diámetro de los fustes están relacionados en forma lineal y finalmente una fase madura donde los árboles presentan diámetros considerablemente gruesos. Es así que el bosque no es una masa constante de estructura homogénea, si no que presenta cambios dinámicos constantes lo que permite que un bosque húmedo se constituya en un mosaico de parches de bosque en diferentes fases de ciclo. (Finegan 1992)

2.10.1. Formas de Regeneración

De acuerdo a Hawley y Smith (1972), la regeneración de los bosques puede darse de dos formas o métodos diferentes:

1. Regeneración natural: también denominada como método de reproducción, la permanencia del bosque en forma natural depende de la existencia de árboles semilleros circundantes para la producción de semillas. Una buena regeneración depende de los siguientes factores:

- Una fuente de semillas viables.
- Un terreno preparado adecuadamente.
- Un ambiente compatible para la germinación y el establecimiento de las plántulas.

Los mismos autores también mencionan que este concepto puede representarse como un triángulo de factores en los que la incompatibilidad de algunos de los elementos, da por resultado el fracaso de la regeneración.

2. Regeneración artificial: también denominada como método de repoblación, este tipo de regeneración es la aplicación directa de la siembra o bien la implantación de plántulas desarrolladas a partir de semillas y en casos más raros de estacas. Puede ser utilizado para completar o sustituir la repoblación natural.

2.10.2. Clasificación de la Regeneración Natural

Para la clasificación de la regeneración natural hay que tener en cuenta aspectos dimensionales y ecológicos, puesto que no existe consenso respecto a la clasificación de la regeneración natural entre los autores. Según Hutchinson (1993), las operaciones silviculturales aplicadas a la regeneración natural dependen del tamaño de la misma, resulta por consiguiente necesario clasificarlas en las siguientes categorías de acuerdo a su dimensión o tamaño:

- **Brinzales:** Aquellos individuos entre 0,3 m a 1,5 m de altura. Conforman la regeneración no lograda o no establecida.
- **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, constituyen la regeneración no lograda o no establecida.
- **Fustal:** Mayor a 10 cm de DAP, constituyen la regeneración lograda o establecida.
- **Potencial:** mayor a 20 cm de DAP y \leq al DMC, constituye la regeneración establecida.

2.11. Sucesión

Al igual que muchos otros conceptos de la ciencia ecológica, el termino sucesión tiene muchas definiciones. No obstante, la mayoría de ellas coinciden en referirse, a nivel general, a un proceso de cambio en la estructura y la composición de la vegetación de un determinado sitio, de manera que a lo largo del tiempo, se encuentra en dicho sitio una serie de comunidades vegetales diferentes; a menudo cada comunidad es de mayor estatura y biomasa, y contiene más especies que la anterior. (Finegan 1992)

De acuerdo a Finegan (1992), se denomina **sucesión primaria** o bosque primario a aquellos que se desarrollan sobre sustratos que nunca antes tuvieron vegetación y **sucesión secundaria** a los bosques que se desarrollan sobre sitios que son

abandonados después que su vegetación natural es completamente destruida por perturbaciones naturales o antrópicas. La estructura y composición del bosque secundario cambia ampliamente respecto al bosque primario e igualmente cambia a lo largo de la sucesión. Algunos de estos cambios, como por ejemplo el área basal o el volumen de madera son relativamente rápidos y, en general, se puede hablar de que la regeneración y crecimiento de los bosques secundarios es relativamente rápida. (Finegan 1992)

Sin embargo cualquier fenómeno natural que destruya un bosque inicia también una sucesión secundaria (Finegan 1992). Los fuegos frecuentes también pueden causar retrocesos con la gravedad que puedan causar la destrucción de la capacidad de recuperación del bosque y retroceder la sucesión en una fase herbácea. En este caso, la recuperación podría tardar cientos de años e inclusive podría conducir a una vegetación con una estructura y composición diferente al bosque original. (Louman 1987 citado por Louman *et al.* 2001)

El bosque por tanto no es una masa de estructura homogénea, sino que presenta cambios constantes debido a su dinámica interna. Según Whitmore (1984) citado por Finegan (1992), menciona que el bosque primario está formado por un mosaico de fases de regeneración cuyo ciclo comprende tres fases:

- **Fase de Claro:** Es el punto de partida donde se produce por la apertura del dosel, contiene brinzales, latizales y árboles jóvenes, la tasa de crecimiento del rodal es lenta.
- **Fase de Construcción:** Es un bosque aun de árboles jóvenes los cuales crecen rápidamente, el incremento en altura y diámetro de los fustes están relacionados en forma lineal.
- **Fase Madura:** Contiene árboles de diámetros considerablemente gruesos. Esta fase se caracteriza porque la tasa de crecimiento del rodal es mínima.

2.12. Gremios ecológicos

Los gremios ecológicos se entienden como grupos de especies que utilizan uno o varios recursos del medio ambiente en forma similar, estos gremios agrupan especies que comparten patrones similares de exigencias de radiación lumínica, regeneración y crecimiento. (Finegan 1992)

La dinámica de establecimiento, sobrevivencia y desarrollo de cada especie se encuentra íntimamente relacionada a la disponibilidad de energía radiante, agua, minerales, estrategias de escape a sus depredadores, factores importantes que se deben considerar para seleccionar las especies que se desean rescatar y qué condiciones microclimáticas se deben crear para asegurar el establecimiento de mencionadas especies. (Valerio y Salas 1997)

Una de las clasificaciones más utilizadas en la actualidad es la planteada por Finegan (1992), que contempla cuatro gremios:

- **Heliófilas Efímeras:** especies intolerantes a la sombra, es decir, que requieren luz plena para establecerse, crecer y reproducirse, se presentan en ambientes de sucesión y tiene una vida muy corta.
- **Heliófitas Durables:** especies intolerantes a la sombra de vida relativamente larga, se presentan en ambientes alterados además se poseionan en la parte alta del dosel.
- **Esciófitas parciales:** especies que toleran la sombra en la etapa temprana del desarrollo, pero requieren de un grado elevado de iluminación para alcanzar el dosel y poder pasar de las etapas intermedias hacia la madurez.
- **Esciófitas totales:** especies que se establecen a la sombra y pueden completar su ciclo sin tener acceso a la luz, pero no tienen la capacidad de aumentar significativamente su crecimiento si se abre el dosel.

Si bien la clasificación en gremios sugiere clases de grupos de especies con diferencias bien definidas en cuanto a exigencias de luz, en nuestra realidad no

existen clases discretas, sino un gradiente de niveles de exigencias lumínicas. También es importante mencionar que la agrupación en gremios cae muy bien dentro del concepto de estrategias de perpetuación, por lo general las heliófilas efímeras son especies con características típicas de especies de estrategia “r”, tienen un crecimiento rápido en buenas condiciones de luz y una vida corta. Por su parte las heliófilas durables son de vida relativamente larga, además de colonizar espacios abiertos como claros, característica típica de las especies de estrategia “k”. Las esciofitas generalmente tienen un crecimiento más lento que las heliófilas con mayor esfuerzo asignado a la producción de estructuras permanentes que favorecen una vida larga de los individuos, características muy bien diferenciadas en las especies k. (Louman *et al.* 2001)

El conocimiento anterior facilita el trabajo del silvicultor, ya que le permite determinar en qué gremio se encuentra las especies maderables de interés, que calidad de madera se puede esperar de ellas y como puede intervenir el bosque para crear aperturas en el dosel que satisfagan los requerimientos ecológicos de las especies forestales valiosas y asegurar su establecimiento.

2.13. Grados de iluminación o posición de copa

Independientemente del tamaño del tronco del árbol o de su copa, se requieren algunos índices para evaluar la posición relativa de la copa de cada árbol con respecto a sus vecinos, particularmente los de tamaño similar o mayor. Según Clark y Clark, (1987) definieron siete categorías de iluminación de copas modificadas de las cinco categorías de Dawkins (1958)

Las categorías están definidas según lo siguiente:

- **5: Emergente:** La parte superior de la copa totalmente expuesta a la luz vertical y lateral, libre de competencias laterales, al menos en un cono invertido de 90° con el vértice en el punto de la base de la copa.

- **4: Plena Luz Vertical:** La parte superior de copa está plenamente expuesta a luz vertical, pero está adyacente a otras copas de igual o mayor tamaño del cono de 90°.
- **3: Alguna Luz Vertical:** La parte superior de la copa está parcialmente expuesta a la luz vertical y parcialmente sombreada por otras copas.
- **2,5: Alta luz lateral:** La parte superior de la copa enteramente sombreada, recibe luz lateral más de medio círculo
- **2: Mediana luz lateral:** La parte superior de la copa enteramente sombreada de la luz vertical, pero expuesta a alguna luz directa lateral debido a un claro o borde del dosel superior.
- **1,5: Baja Luz lateral:** La parte superior de la copa enteramente sombreada, pero recibe baja luz oblicua lateral
- **1: Sin Luz directa:** La copa enteramente sombreada tanto de luz vertical como lateral.

2.14. Infestación de bejucos

Los bejucos son plantas trepadoras, que utilizan como apoyo el tronco y las ramas de los árboles para alcanzar en muchos casos la parte más alta del bosque (parte superior de los árboles). Para sostenerse y trepar, se sirven de diferentes mecanismos tales como espinas, zarcillos, tallos con movimientos rotatorios, etc. (BOLFOR 2002)

Los bejucos disminuyen la calidad de la madera y limitan el crecimiento de los árboles, debido a la estrangulación del fuste, al peso que representan o la competencia de luz. (Putz 1991 citado por Evans *et al.* 2003)

Según BOLFOR (2002), se estima que en los bosques tropicales de Bolivia hay más de 2000 bejucos/ha con un diámetro mayor a 2 cm. En los árboles comerciales de futura cosecha, hay un promedio de 8 bejucos cubriendo hasta un 35% de la copa del árbol. Para reducir el efecto de los bejucos en el bosque se debe cortar los bejucos de los árboles que se van a aprovechar, esto debe ser realizado con meses de anticipación

para que los bejucos se sequen y de esta manera evitar accidentes durante el aprovechamiento y daños al bosque, cortar también los bejucos de los árboles de futura cosecha (mayores a 20 cm. de diámetro) y de los árboles semilleros. De esta manera se disminuye la abundancia de bejucos de las copas de estos árboles, permitiendo un crecimiento con mayor vigor y una mayor producción de frutos. La corta de bejucos se debe hacer con machete y/o hacha, asegurándose que se cortan tanto los bejucos delgados como los gruesos, incluyendo todos los bejucos que están bajo la copa del árbol y no sólo lo que está adherido al fuste, se recomienda que la corta de bejucos sea realizado durante el censo forestal. (BOLFOR 2002)

De acuerdo a un estudio realizado por Evans *et al.* (2003), en el cual se analizaron los costos y beneficios de los tratamientos silviculturales corta de bejucos y marcado de los AFC en un bosque de la transición chiquitana-amazónica, determinaron que las tasas de crecimiento de los árboles con bejucos son menores que las tasas de crecimiento de los árboles que no tuvieron bejucos y de árboles sin bejucos debido a la aplicación de la corta de los mismos, por ejemplo en la especie bibosi el crecimiento anual en DAP de los árboles siempre libres sin bejucos es de 1,24 cm/año, en árboles con bejucos es de 0,43 cm/año, mientras que el DAP de los árboles sin bejucos debido a la corta tiene un crecimiento de 1,71 cm/año.

2.15. La Silvicultura

La silvicultura es una ciencia aplicada para mejorar los rodales del bosque con el fin de fomentar la regeneración, el crecimiento de los árboles y la reducción de impactos al bosque remanente. (Fredericksen *et al.* 2001)

La silvicultura de bosque natural es la aplicación de los principios ecológicos, necesarios para comprender los procesos naturales y para determinar o algunas veces sólo intuir, las posibles modificaciones de la estructura y función del ecosistema, para satisfacer las expectativas económicas actuales, sin amenazar la posibilidad de satisfacer las futuras. (Valerio y Salas 1997)

Por su parte Espinosa *et al.* (2000), mencionan que la práctica de la silvicultura está afectada por dos factores: **internos** (especie, sitio, etc.) y **externos** (mercado, actitud del público, etc.), provocando que la silvicultura sea cada vez más compleja y de esta manera se limite el área de toma de decisiones independientes, exigiendo entonces mayor creatividad y una mejor silvicultura.

2.15.1. Fines de la silvicultura

De acuerdo a Fredericksen *et al* (2001), los fines de la Silvicultura son:

- Inducir la regeneración natural
- Aumentar la tasa de crecimiento
- Disminuir la mortalidad
- Aumentar la abundancia de árboles valiosos
- Mejorar la forma de los fustes
- Aumentar la producción forestal

La silvicultura por tanto puede ser aplicada en cualquiera de las fases del ciclo de vida del árbol. Por ejemplo en la fase de establecimiento que va desde la germinación de la semilla hasta que alcanza el estadio brinzal se pueden aplicar tratamientos silviculturales que promuevan la regeneración. En su fase reproductiva se puede estimular a los mejores individuos para que alcancen el dosel o darles mejores condiciones para una producción mayor de frutos y semillas. (Mostacedo *et al.* 2009)

La ley Forestal 1700 en su art. 10, el reglamento de la Ley Forestal en su art. 69 y la norma técnica 248/98 que presenta un capítulo destinado a los aspectos silviculturales, mencionan que se deben aplicar tratamientos silviculturales aunque no son claros sobre cuales tratamientos silviculturales y cómo implementarlos puesto que su implementación dependerá de varios factores que pueden estar presentes en un área y no en otra. Además de que estas consideraciones no pretenden ser una “receta” sino una guía para el profesional y el productor forestal, para que la aplicación de los tratamientos silviculturales se justifique ecológica y económicamente (Mostacedo *et*

al. 2009). A fin de no atentar el principio precautorio con las especies no aprovechadas, establecido en el art. 9 de nuestra ley Forestal.

2.15.2. Plan silvicultural

La Prescripción Silvícola se denomina al listado de instrucciones que determinan lo que debe hacerse y cómo debe ejecutarse. Por ejemplo, cuántos árboles ralea, qué clase de árboles extraer, qué método de raleo aplicar, etc. Su formulación está basada en factores edáficos, económicos y de manejo involucrados en un tratamiento dado y sometida a una revisión permanente debido a los "inputs" (entradas) externos e internos que se deben incorporar en el análisis del manejo de un área forestal. Será responsabilidad del forestal encargado de un área dada, monitorear los efectos de la Prescripción Silvícola y reportar sus observaciones; pequeñas variaciones en los resultados esperados implicarán un cambio táctico en la prescripción; si las diferencias son grandes, puede ser necesario una nueva prescripción; se requiere por tanto de un **proceso permanente de retro- alimentación**. (Espinosa *et al.* 2000)

Entonces un Plan Silvicultural se debe realizar en función a los resultados de un muestreo de la regeneración natural de un bosque (por lo general mediante un muestreo diagnóstico), puesto que el mismo nos permitirá conocer la dinámica de la regeneración y determinar la prescripción silvícola más apropiada para propiciar su establecimiento y desarrollo, y de esta manera acelerar la capacidad productiva nuestros bosques. Pero para que tal función y objetivo sea realizado es necesario un seguimiento continuo y permanente de la respuesta de la regeneración natural ante el o los tratamientos silvícolas empleados, para realizar cambios en las decisiones tomadas si es que lo amerita y fortalecer el ese proceso permanente de retroalimentación.

2.15.3. Tratamientos silviculturales

La implementación de los sistemas silviculturales se hace mediante la aplicación de tratamientos silviculturales. Estos pretenden provocar variaciones en la estructura del

bosque con miras a asegurar el establecimiento de la regeneración e incrementar el crecimiento en función de un beneficio económico. (Valerio y Salas 1997)

De acuerdo a Hartshorn (1980) citado por Valerio y Salas (1997), en los bosques intervenidos el crecimiento de los remanentes es de 2 a 3 veces mayor que en los bosques inalterados. En vista de que la mayoría de los árboles del dosel requieren mayores cantidades de luz que las que se presentan naturalmente en el piso del bosque es conveniente complementar las aperturas ocasionadas por la cosecha para tener una mayor y mejor distribución de la población de árboles jóvenes que garanticen la producción de madera en el futuro. También se elimina competencia por nutrientes y cuando se elimina un árbol, los minerales contenidos en la biomasa utilizados son aprovechados por los remanentes.

Sin embargo con la aplicación de tratamientos hay riesgos de disminuir la diversidad y proporción de especies de árboles, si es que la aplicación de éstos no ha sido debidamente planificada, lo que amenaza la estabilidad del bosque. Por lo tanto un punto importante en la aplicación de los tratamientos silviculturales es que deben estar dirigidos a especies en particular, es la necesidad de personal capacitado en identificación. (Valerio y Salas 1997)

Según Hutchinson (1993) indica que un sistema silvicultural está formado por una serie de operaciones individuales cada una de las cuales contribuye a alcanzar los objetivos del sistema. A continuación se mencionan algunos de los tratamientos más conocidos:

- El Aprovechamiento.
- Eliminación de impedimentos.
- Modificaciones a nivel del suelo.
- Apertura del dosel.
- Liberación.
- Refinamiento.

- limpieza a nivel inferior del dosel.
- Muestreo Diagnostico.
- Raleo.

Los tratamientos de **liberación** en rodales maduros tienen como fin liberar los árboles de futura cosecha (fustales o de mayor tamaño) de plantas trepadoras y árboles no comerciales competidores. Los tratamientos de liberación permiten que los árboles comerciales crezcan con mayor rapidez, acortando así el período necesario para alcanzar diámetros apropiados para la corta. Estos tratamientos también ayudan a mitigar el desequilibrio causado por el aumento de especies arbóreas no comerciales debido al aprovechamiento selectivo. Los tratamientos de liberación se pueden aplicar mediante la corta de árboles competidores o el anillamiento de los mismos, la mayoría de los tratamientos de liberación incluyen el anillamiento, esta técnica causa la muerte gradual de los árboles competidores, generalmente con un daño mínimo a los árboles adyacentes. Cuando los árboles anillados mueren, sus ramas se pudren y caen durante un período prolongado de tiempo y su fuste se puede mantener en pie por varios años. La disminución gradual de la cobertura de hojas y ramas de los competidores anillados también brinda un período de transición, en el cual los árboles de futura cosecha se pueden ajustar al aumento de luz. (Fredericksen *et al.* 2001)

De acuerdo a Fredericksen *et al.* (2001), en un experimento efectuado en un bosque húmedo y un bosque seco, se observó que el anillamiento, sin aplicación de herbicida, después de un año sólo causó la muerte de 10 a 12% de los árboles tratados. Por lo tanto, es recomendable que el anillamiento sea seguido por la aplicación de herbicida, a fin de aumentar la efectividad del tratamiento.

El **mejoramiento o refinamiento** es un tratamiento silvicultural que no está enfocado en la liberación de árboles de futura cosecha, sino en la eliminación de árboles defectuosos de especies no comerciales, que ocupan un espacio que podría ser utilizado por la regeneración de las especies comerciales. Sin embargo, este tratamiento se puede usar junto con tratamientos de liberación. Las mismas técnicas

de anillamiento empleadas en la liberación, se pueden aplicar para el mejoramiento. Si bien éste puede constituir un tratamiento efectivo en los bosques bolivianos en los que el descreme ha reducido la calidad de los rodales forestales, no tiene impacto inmediato en el crecimiento de los árboles de futura cosecha y, por ende, no produce los mismos beneficios económicos directos que los tratamientos de liberación. (Fredericksen *et al.* 2001)

2.15.4. Operaciones silviculturales

Las operaciones silviculturales se encuentran en el nivel de jerarquía más específico dentro de las labores propias de la implementación de cualquier sistema silvicultural y de cualquier tratamiento; es la parte práctica de toda la planificación. Siempre el objetivo de una operación es la eliminación de árboles individuales. (Valerio y Salas 1997)

Las operaciones silviculturales más comunes para la eliminación de árboles son el anillamiento y el envenenamiento; éstas, a diferencia de la tala, permiten que el árbol muera en pie y se desintegre paulatinamente sin causar mayor daño al caer. La entrada de luz no es tan violenta, lo que da tiempo a la vegetación de los niveles inferiores del bosque a adaptarse a las nuevas condiciones. (Manzanero 2002)

2.15.5. Anillamiento y/o envenenamiento

El anillamiento consiste en la eliminación de una porción de la corteza, floema, alrededor del fuste, lo que impide el flujo de sustancias elaboradas, como azúcares, a la raíz, provocando la muerte del árbol. Hay que asegurarse que se remueva totalmente el cambium, tejido meristemático que origina el floema, por lo que es conveniente profundizar el corte en unos dos centímetros de la madera, xilema. Algunas especies son capaces de rebrotar bajo el anillo descortezado, por lo que se deben eliminar los rebrotes o aplicar algún arboricida. Para anillar se utiliza hacha o machete. (Valerio y Salas 1997)

Por ejemplo el **2-4 dicloro fenoxiacético** y el **2-4-5 triclorofenoxiacético**, conocido como 2-4-5 T, se han utilizado como arboricidas, pero no es recomendable su

aplicación por ser cancerígenos y altamente tóxicos para los mamíferos que tengan contacto con él, e incluso para el hombre. (Valerio y Salas 1997)

Los estudios indican que el anillado es eficiente hasta un 80%, por lo que no es recomendable el uso de arboricidas. (Manzanero 2002)

2.16. Valor comercial

De acuerdo a su gran demanda en el mercado actualmente las especies pueden agruparse de acuerdo a su valor comercial, esta clasificación es muy importante porque nos permite saber en qué condición y proporción se encuentran estas especies en una determinada zona de vida.

2.17. La regeneración natural en bosques tropicales afectados por incendios forestales

De acuerdo a un estudio realizado por Mostacedo *et al.* (1999), desarrollado en el bosque húmedo subtropical de la concesión forestal La Chonta, ubicada dentro de la Reserva Forestal de Guarayos, se evaluó la regeneración natural de un bosque seco y húmedo en áreas afectadas por incendios forestales y áreas adyacentes que no fueron quemadas durante la época seca después de cuatro años, determinaron en cuanto al bosque húmedo que la quema alteró la composición de especies, pero en distinto grado dependiendo del estrato o tipo de bosque, mostrando las zonas no quemadas un mayor incremento en la infestación de bejucos posterior al fuego con un porcentaje mayor de árboles afectados cubriendo las copas, en comparación con aquellas que fueron afectadas, mientras que la riqueza de especies en áreas quemadas fue menor que las zonas no quemadas.

La riqueza y diversidad de especies maduras en los sitios quemados fue menor que en los sitios no quemados, sin embargo en los estratos brinzal y latizal los sitios quemados fueron los más abundantes, dominado por géneros de especies heliófitas pioneras tales como *Urera*, *Cecropia*, *Zanthoxylum*, *Trema* y *Heliocarpus*, mientras que los árboles de la familia Lauraceae dominaron el área no quemada. La zona quemada del bosque seco mostró altas densidades de *Trema* y *Heliocarpus*.

Estos resultados se debieron principalmente a la intensidad con la que fue afectada el área de estudio, representada por la altura de carbonización en los fustes, la gran cantidad de material combustible frutos del aprovechamiento y la época en la que fue originada, creando condiciones propicias para los incendios forestales. El bosque alto de dosel cerrado experimentó una cantidad proporcionalmente mayor de daños a árboles grandes, presentó mayor proliferación de bejucos y tuvo menor reclutamiento de regeneración arbórea y herbácea que el bosque bajo, de dosel cerrado. La ausencia de especies comercialmente valiosas tanto en parcelas quemadas como no quemadas permiten afirmar que el fuego tendría un efecto positivo en el futuro valor económico del bosque y más aún cuando sabemos que los bosques húmedos se queman con menos frecuencia y están menos adaptados al fuego que un bosque seco.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Equipo de campo para formar dos grupos de levantamiento de muestras

- 5 macheteros.
- 4 materos.
- 2 planilleros.

3.1.2. Equipo de apoyo logístico

- Un camión Nissan Cóndor para el ingreso y salida personal.
- Una camioneta.
- Radio de transmisión YAESU 747.

3.1.3. Materiales de campo

- GPS.
- Cinta métrica.
- Machete.
- Plancheta y planillas de registro de datos.
- Pintura spray.
- Marcadores.
- Jalones.
- Cámara Fotográfica.

3.1.4. Material y equipo de gabinete

- Mapa tipológico.
- Calculadora.
- Lápiz.
- Material bibliográfico.

- Equipo de cómputo.

3.2. Metodología

3.2.1. Ubicación y descripción general del área de estudio

El presente estudio de investigación se realizó en el bosque húmedo subtropical del municipio de Urubichá ubicado en la provincia de Guarayos del departamento de Santa Cruz. Se tomó como zona de muestreo el área que fue destinada para uso forestal de la Comunidad Indígena Santa Ana, la misma que fue otorgada el 25 de mayo del 2010 por la COPNAG (Central de Organizaciones de Pueblos Nativos Guarayos). Antes esta superficie boscosa formaba parte de la concesión forestal Don Víctor la cual tenía un área de corte de 113.400 has, el INRA el año 2009 al emitir la Resolución de Dotación y Titulación de Tierras Comunitarias de Origen RA-ST No. 0190/2009, otorga en dotación a la COPNAG la superficie de 67.209.9596 has. que equivale al 60% del área forestal “Don Víctor”, debido a que esta concesión estaba ubicada dentro del área de la TCO Guarayos, actualmente la Concesión Forestal “Don Víctor” tiene un área de 43.708.27 has. Que equivale al 40% de su superficie original. El área de estudio tiene una superficie de 10.002,05 has y cuenta con las siguientes coordenadas:

Cuadro 1. Coordenadas UTM de la zona de estudio

Puntos	X	Y
1	533477	8361397
2	533477	8379773
3	528229	8379954
4	527894	8361397

Fuente: Solicitud área de Aprovechamiento forestal COPNAG

El área colinda al Norte con la concesión forestal “Don Víctor”, al Este la OFC “Nueva Frontera”, al Oeste la OFC “IPA” y al Sur la OFC “AISU”.

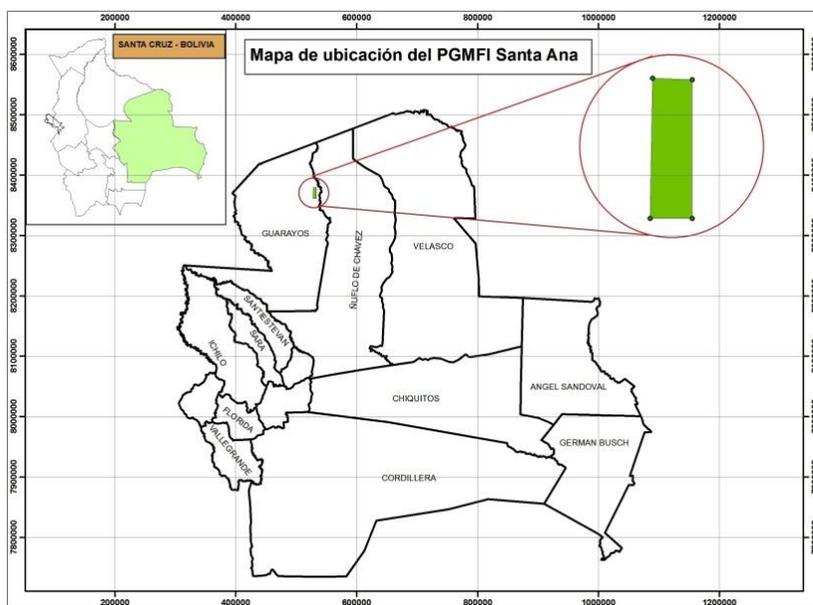


Figura 4. Ubicación del área de manejo de la Comunidad Indígena Santa Ana

3.2.2. Ubicación de las áreas de comparación Don Víctor y San Pedro respecto al área de Santa Ana

Hasta la gestión 2009 el área de Santa Ana era parte de la concesión forestal Don Víctor (como muestra la figura 5), los datos de esta área fueron tomados como el área sin afectación del incendio forestal, dato que se comparó con Santa Ana como bosque afectado por el incendio forestal. San Pedro es parte de la misma zona de vida (ver figura 5) también ha sufrido un incendio forestal hace 15 años atrás, los resultados del inventario realizado el 2013 fueron comparados con los resultados del muestreo realizado en Santa Ana.

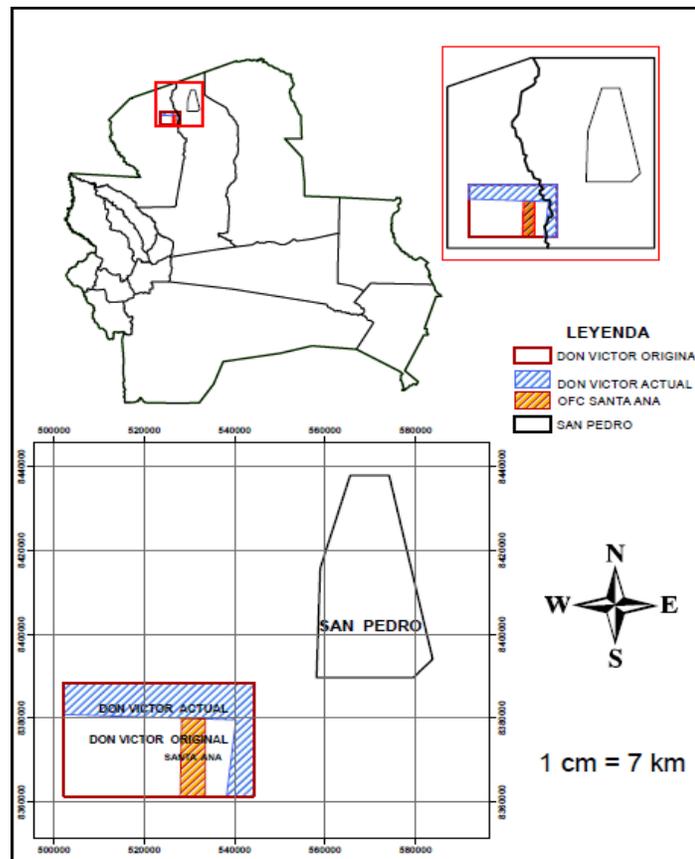


Figura 5. Ubicación de las áreas Santa Ana, Don Víctor y San Pedro

3.2.3. Características biofísicas

3.2.3.1. Temperatura y precipitación

En la zona no existe estación meteorológica, por lo que nos referiremos a la más cercana que está ubicada en la localidad de Ascensión de Guarayos, en las siguientes coordenadas: 14° 50' y 62° 32' y 267 msnm. Los datos utilizados fueron tomados del periodo de 1945-2004.

- **Régimen Mensual de Temperatura**

El régimen mensual de la temperatura ambiente de la estación presenta una distribución relativa similar en el tiempo, con valores altos en los meses de octubre a diciembre y con un máximo en el mes de octubre como consecuencia de las altas temperaturas que se registran en este mes y debido a cielos despejados durante casi

todo el día por varios días y reducida la humedad ambiental, produciendo temperaturas extremas excepcionalmente mayores que el resto del año, Las bajas temperaturas se sitúan entre los meses de mayo a junio . Las temperaturas medias más bajas tienen lugar en junio por efecto de los surazos que trae consigo aire muy frío y que va desplazándose en forma adventiva. En general, las temperaturas medias mensuales tienen un régimen estacional similar al de las precipitaciones (de tipo mono modal), y eventualmente similar en el régimen de las temperaturas máximas y mínimas, como se muestra a continuación.

Cuadro 2. Régimen Mensual de Temperatura máxima (°C) de la Estación Ascensión de Guarayos (1945-2004)

Valores	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom
Promedio	31	30	31	30	29	28	28	31	32	33	32	31	31
Máx.	32	31	32	32	31	30	31	34	34	35	34	32	35
Mín.	30	29	30	29	25	25	25	29	30	31	30	30	25

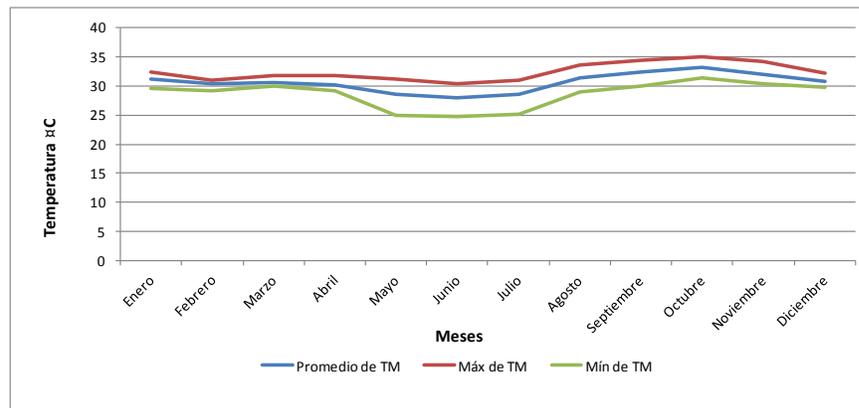
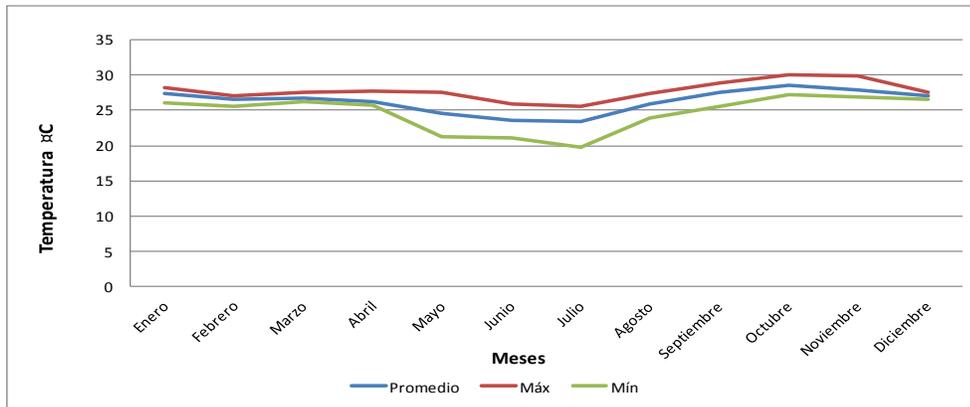


Grafico 1. Régimen térmico Máxima mensual de la estación Ascensión de Guarayos

Cuadro 3. Régimen Mensual de Temperatura Media (°C) de la Estación Ascensión de Guarayos (1945-2004)

Valores	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom
Promedio	27	27	27	26	25	24	23	26	27	29	28	27	26
Máx.	28	27	28	28	28	26	26	27	29	30	30	28	30
Mín.	26	26	26	26	21	21	20	24	26	27	27	27	20

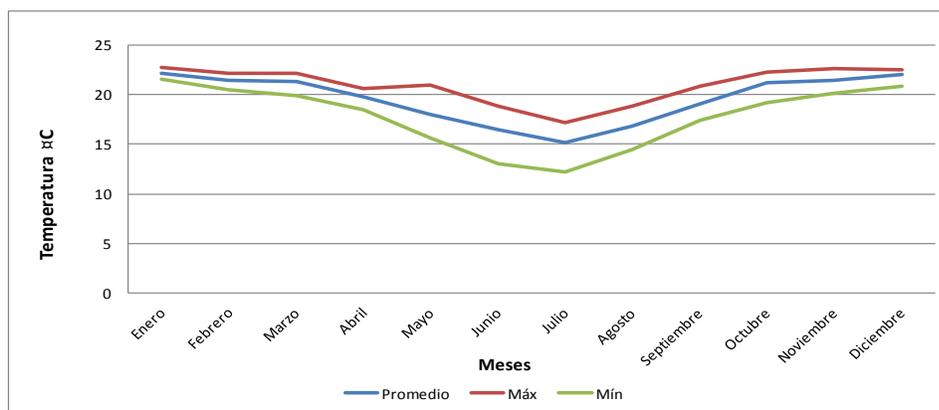
Grafico 2. Régimen térmico de la media mensual de la estación Ascensión de Guarayos



Cuadro 4. Régimen Mensual de Temperatura Mínima (°C) de la Estación Ascensión de Guarayos (1945-2004)

Valores	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom
Promedio	22	21	21	20	18	16	15	17	19	21	21	22	19
Máx.	23	22	22	21	21	19	17	19	21	22	23	23	23
Mín.	22	21	20	19	16	13	12	15	17	19	20	21	12

Grafico 3. Régimen térmico mínimo mensual de la estación Ascensión de Guarayos



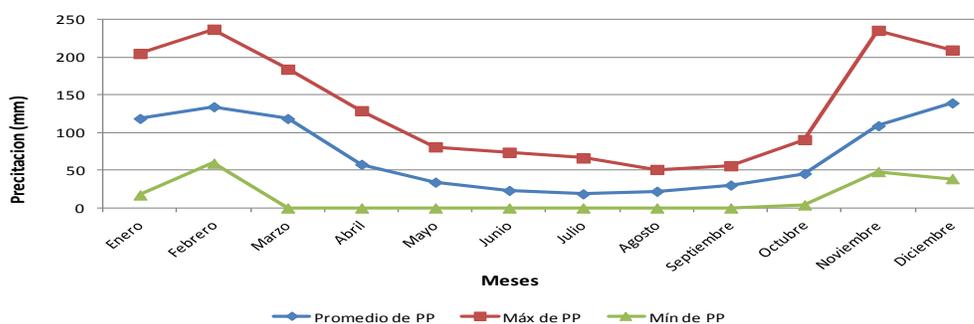
• **Precipitación**

En el cuadro siguiente se observa precipitaciones máximas, mínimas y precipitaciones promedio, datos tomados del año 1945-2004 de la estación meteorológica Ascensión de Guarayos que es la más cercana al área de la OFC Santa Ana, donde la estación lluviosa se encuentra entre los meses de noviembre a marzo. Los meses más lluviosos van de enero a febrero con un máximo en el mes de enero (debido al descenso más austral de la Zona de Convergencia Inter. Tropical, ZCIT)

Cuadro 5. Régimen pluvial mensual (mm) de la estación de Ascensión de Guarayos (1945-2004)

Valores	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom
Promedio	119	134	119	58	34	23	19	22	30	46	109	139	68
Máx.	205	237	184	129	81	74	66	51	56	91	236	210	237
Mín.	17	59	0	0	0	0	0	0	0	4	48	39	0

Grafico 4. Régimen pluvial mensual de la estación de Ascensión de Guarayos



El periodo lluvioso concentra alrededor de 70% de las precipitaciones del total anual. La estación seca (mayo a septiembre) coincide con la época de otoño e invierno austral.

3.2.3.2. Topografía

El área presenta una topografía ondulada en su generalidad, también presenta zonas sujetas a inundaciones en la época lluviosa.

El relieve de la OFC Santa Ana va de 0-12 % y de 12-45% de pendiente, considerado aptos para aprovechamiento con cierto grado de cuidado para el arrastre, y con pendientes mayores a 45% serán declaradas como de protección.

3.2.3.3. Suelos

Los suelos de esta zona se clasifican como de un área característica de bosque húmedo subtropical (bh-st) y lo que más incide en ello en el régimen de lluvias que tiene la zona. De acuerdo a los informes a datos del PLUS (1996), los suelos se tipifican de acuerdo a los accidentes orográficos que presentan en:

- Colinas bajas fuertemente disectadas: Suelos de textura mediana sobre moderadamente finas, roca metamórfica ocasionalmente poco profundo a rocoso, moderadamente bien drenados oxisoles, inceptisoles entisoles, ultisoles de baja fertilidad.
- Colinas bajas moderadamente disectadas: suelos de textura mediana a moderadamente fina, roca metamórfica y granítica, moderadamente bien drenados Oxisoles, ultisoles de baja fertilidad, ocasional acidez.
- Serranías con bosques menos erosionado: suelos de textura variable, roca metamórfica rocoso y de poca profundidad, topografía ondulada, moderadamente bien drenados, oxisoles y alisoles, inclusión de Inceptisoles, baja fertilidad y ocasional acidez.
- Serranías en bosque menos erosionado de roca calcárea: suelos de textura mediana sobre fina, rocoso y de poca profundidad, relieve muy accidentado,

moderadamente e imperfectamente drenado. Inceptisoles y alfisoles, baja fertilidad.

- Serranías altas con muchos afloramientos rocosos, Valles angostos en forma de U alineados estructuralmente: Suelos de textura mediana sobre moderadamente fina, rocas graníticas, poco profundas, topografía accidentada, moderadamente a bien drenado.

3.2.3.4. Hidrografía

El área se halla bajo la influencia de la cuenca del Río Negro de Salvatierra por el Sud y el Río Negro por el Este, el área es parte de la cuenca alta de ambos ríos pero en su mayoría los arroyos corren con rumbo Norte hacia el Río Negro, con sus diferente tributarios menores, e innumerables quebradas y arroyos que forman el sistema de drenaje que facilitan el escurrimiento de las aguas pluviales, pero a pesar de ello existen zonas bajas principalmente sobre el curso del Río Negro.

Se halla influenciada por dos cuencas del Rio Negro que es dominante en la parte noreste, la cuenca que forma el Rio Blanco en el extremo sur y en la parte noroeste se encuentra en menor medida la cuenca del Rio San Martín.

3.2.3.5. Altitud

De acuerdo a las cartas geográficas y el mapa de ubicación el área las elevaciones en m.s.n.m. del área de manejo se observa zonas bajas con mayor concentración en la parte norte y a todo lo largo de la influencia de ríos y quebradas, con una elevación de 210-250 m.s.n.m. que coincide como área inundable.

3.2.3.6. Zonas ecológicas de vida

De acuerdo al mapa ecológico de Bolivia y a los datos bioclimáticos la zona se clasifica como bosque húmedo sub-tropical (bh-st), en transición de bosque de tipo sub-tropical y las pampas con vegetación muy característica y con abundancia de gramíneas, como ser tapepe (*Hyparrhenia bracteata*), cola de gato (*Arundinella confunis*), Cola de ciervo (*Haypagynium virgatum*) y otras.

En estas asociaciones climáticas no presentan limitaciones en su desarrollo normal, por presentarse en forma muy estacional la temporada de lluvias y el periodo seco, que de todas maneras durante casi todos los meses existen alguna precipitación aunque por ello no se puede decir que existe una distribución uniforme de lluvias.

3.2.3.7. Vías de acceso

Al área forestal de la comunidad indígena Santa Ana se puede ingresar por vía terrestre mediante la siguiente ruta:

A través del camino de La Chonta - Río Negro, a partir de Ascensión de Guarayos, utilizando el camino La Chonta - Lago Rey, en una distancia aproximada de 170 Km.

3.2.4. Levantamiento de muestras

Previo al diseño del muestreo se hizo preparar el mapa base donde se clasificaron los tipos de bosques, el mismo que fue elaborado mediante la utilización de imágenes satelitales Lansat 231/R070 de la zona 20 a través el programa Arc Gis.

Cuadro 6. Resultados de la estratificación de la cobertura vegetal

Estratos	Descripción	Hectáreas
Ba	Bosque Alto	5.486,62
Bm	Bosque medio	2.619,38
Bb	Bosque bajo	1.457,47
Bg	Bosque de galería	438,583
Total		10.002,05

Fuente: Solicitud área de Aprovechamiento forestal COPNAG, 2013

3.2.5. Clasificación de las poblaciones a ser muestreadas

Se tomó en cuenta la siguiente clasificación para las poblaciones vegetales muestreadas, la cual está basada en la clasificación de regeneración ya conocida, pero al grupo de las especies potenciales también se lo conoce como árboles de futura cosecha (AFC), ya que son aquellos árboles cuyos diámetros son menores al DMC (Diámetro Mínimo de Corta), y que no deben ser aprovechados, porque en futuro

conformaran parte de la segunda cosecha y que de acuerdo a nuestra normativa N° 248/98 se establecen como especies potenciales:

- **DAP \geq DMC cm:** Clase diamétrica que corresponde a los árboles aprovechables.
- **20 \geq DAP < 40 cm:** Clase diamétrica que corresponde a los árboles potenciales.
- **10 \geq DAP < 20 cm:** Categoría fustal o regeneración natural establecida.
- **5 \geq DAP < 10 cm:** Individuos evaluados del estadio latizal, considerados como la regeneración natural no establecida
- **1,30 m altura y < 5 cm de DAP:** Individuos que pertenecen al estadio de los brinzales, considerados como la regeneración natural no establecida.

3.2.6. Método de Muestreo

El método de levantamiento de datos en el campo que se utilizó es el muestreo sistemático, el diseño correspondiente es una distribución regular con distancias iguales entre las unidades de muestreo exigidas por la Norma Técnica N° 136/97 de fecha 9 de Junio de 1997, “Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de Manejo forestal (Inventarios, Planes de Manejo, Planes Operativos, Mapas) en Tierras Comunitarias de Origen”, documento que fue aprobado por el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Se utilizó este método debido al tamaño de la superficie que es demasiado grande y de aumentar mayor intensidad se elevaría el costo y se imposibilitaría de tener datos que permitan tener una evaluación global del estado de la estructura boscosa después del incendio forestal.

3.2.6.1. Intensidad de Muestreo

La intensidad según el cuadro # 1. Intensidades mínimas y tamaño de las unidades de muestreo exigidas por la Norma técnica N° 136/97 (ver Anexo 1), se determinó que:

$$i=0,495$$

3.2.6.2. Número de Muestras

El número de muestras (n) mínimas según la Norma técnica 136/97 es de:

$$n = \frac{A * i}{100 * a} = \frac{10.002,049 \text{ has} * 0,5}{100 * 0,5 \text{ has}} = 100,02 \approx 100 \text{ muestras}$$

Dónde:

a: tamaño de las unidades de muestreo (ha).

A: Superficie total de los estratos forestales (ha).

i: intensidad del muestreo en porcentajes.

n: número total de unidades.

3.2.6.3. Tamaño de la muestra

- **Tamaño de la muestra para la evaluación de la clase diamétrica > 40 cm**

$$a = \frac{A * i}{100 * n} = \frac{10.002,05 \text{ has} * 0,495}{100 * 100} = 0,495 \text{ has.} \approx 0,5 \text{ has.}$$

El tamaño de la unidad de muestreo se determinó relacionando el área de la superficie de muestreo y la intensidad del muestreo para alcanzar las bases estadísticas válidas, recomendándose para este caso mantener el tamaño de 1 ha. Según las intensidades mínimas y tamaño de las unidades de muestreo exigidas por la Norma técnica N° 136/97 (ver Anexo 1), las dimensiones de la parcela fueron de:

Largo = 300 metros; Ancho = 20 metros

Total tamaño de la muestra = 0,6 has * 100 muestras = 60 has. muestreadas

3.2.6.4. Distribución de las unidades de muestreo

Para optimizar la distribución de las muestras dependiendo de los factores estadísticos como económicos, la distancia fue establecida con la siguiente fórmula:

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

$$d = \frac{\sqrt{100,0205\text{Km}^2}}{\sqrt{100}} = 10,0010/10 = 1 \text{ km. de distancia entre centro y centro de parcela}$$

Dónde:

d: Distancia entre los puntos centrales.

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

N: Número de unidades de muestreo.

En toda el área del bosque de Santa Ana se instalaron en total 100 parcelas (Ver Anexo 2), para su distribución sistemática se aplicó el factor 1,5 de distribución, con el cual se redujo la distancia entre las unidades de muestreo o parcelas y se utilizó el mismo factor para aumentar la distancia entre las líneas, el objetivo central fue conseguir un menor número de líneas y lograr un mejor recubrimiento de los estratos forestales del área que nos permita mejores datos para la interpretación de los resultados:

$$dl = 1 \text{ km} * 1,5 = 1,5 \text{ km} \approx 1,5 \text{ km distancia entre líneas}$$

$$dp = \frac{1 \text{ km}}{1,5} = 0,66 \text{ km} \approx 600\text{m distancia entre centro de parcela a parcela}$$

3.2.6.5. Número de muestras por línea

Se calculó con la siguiente fórmula:

$$npl = \frac{Ac}{dp} = \frac{5,58\text{Km}}{0,60\text{Km}} = 9,3 \cong 9 \text{ parcelas por línea}$$

Dónde:

npl: número de parcelas por línea.

Ac: Ancho del área en Km.

dp: distancia entre centro de parcela en Km.

3.2.6.6. Número de líneas para la ubicación de las parcelas

Fueron definidas con la siguiente formula:

$$nl = \frac{Lc}{dl} = \frac{18,37 Km}{1,6 Km} = 11,48 \cong 12 \text{ lineas}$$

Dónde:

nl: número de parcelas por línea.

Lc: Ancho del área en Km.

dl: distancia entre líneas de muestreo en Km.

3.2.6.7. Tamaño de la muestra para los estadios brinzal y latizal

Para la evaluación de los estadios latizal y brinzal se instalaron dos subparcelas dentro de cada parcela, ubicadas en ambos extremos de la misma, para el levantamiento de datos en latizales las subparcelas se establecieron de 10 x 10 m, siendo la superficie de 200 m² por parcela. Para el estadio brinzal se tomaron subparcelas de 5 x 5 m. la superficie fue de 50 m² por cada parcela.

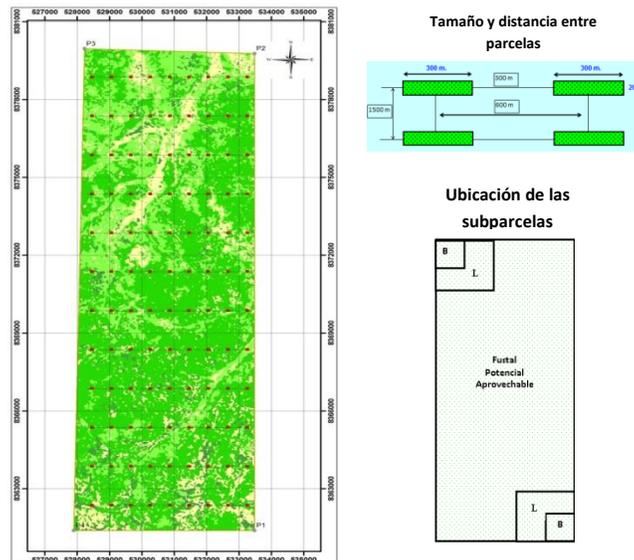


Figura 6. Distribución sistemática de las parcelas de muestreo en el área forestal Santa Ana

3.2.6.8. Mediciones y observaciones de los datos muestrales

Se realizaron las siguientes mediciones sobre las poblaciones muestreadas, las cuales fueron registradas en una planilla de campo previamente diseñada (Ver Anexo 3):

- **La especie**

Identificadas por su nombre común.

- **Estadio de regeneración natural**

Durante el levantamiento de datos se definieron los estadios de regeneración natural a la que pertenecen los individuos muestreados, tomando como base la clasificación mencionada. En el caso de los brinzales solo se realizó un conteo de los mismos presentes en las subparcelas instaladas dentro de cada parcela. (Ver Anexo 4)

- **Circunferencia a la altura del pecho**

Este dato se registró para facilitar la medición en campo para posteriormente obtener el DAP, principalmente en los estadios de regeneración natural establecida, como ser fustal, potencial y aprovechable.

- **Altura comercial y altura total**

Se realizó una estimación en metros de las mismas, considerando la altura comercial hasta la primera bifurcación, en algunos casos hasta la segunda bifurcación dependiendo de la forma y estado del fuste y la altura total hasta el extremo superior de la copa del árbol.

- **Calidad del fuste**

Se establecieron como individuos de calidad 1 cuando presentaron un fuste limpio y recto hasta la primera rama, calidad 2 cuando al menos se puede obtener una troza de cuatro metros del fuste y calidad 3 cuando el fuste es irrecuperable por ser muy tortuoso.

- **Posición de copa**

Para la categorización de la posición de la copa de los árboles se evaluó en función de los criterios de Clark y Clark (1987), definiendo cinco categorías de iluminación de copas, cuando la copa se encontró completamente expuesta a la luz directa del sol se le asignó la categoría 5, para la luz vertical plena la categoría 4, para la luz vertical parcial 3, luz lateral 2 y sin luz directa vertical ni lateral, es decir, individuo suprimido la categoría 1. (Ver Anexo 5)

- **Presencia de bejucos**

Los datos fueron registrados en función a 4 categorías de infestación (PUMA 2011 adaptado de Lowe y Walker 1977), cuando se presentaron bejucos o lianas solamente en el fuste se le asignó la categoría 1, para individuos que estaban afectados por bejucos solo en la copa se le asignó la categoría 2, la presencia de bejuco en fuste y copa fue asignado con la categoría 3, cuando los individuos estuvieron unidos a otros individuos adyacentes por sus copas debido a la presencia de bejucos se le asignó la categoría 4. (Ver Anexo 6)

3.2.7. Análisis de datos

Los datos fueron sujetos a los siguientes análisis:

- **Análisis de abundancia**

El análisis de la abundancia nos brindó información del número de individuos presentes por superficie muestreada, en este análisis se evaluó por estadio de la regeneración natural, potencial y árboles aprovechables en función a su gremio ecológico y valor comercial. Utilizando la siguiente formula:

$$arb/ha = \frac{N.t.arb}{T.sup.ha}$$

Dónde:

Arb/ha: Individuos presentes por hectárea.

N.t.arb: número total de árboles por especie.

T.sup.ha: total superficie de la unidad de muestreo.

Por ejemplo si en cada parcela la superficie de la unidad de muestreo del estadio latizal es de 200 m² (0,02 ha), en 100 parcelas la unidad de muestreo tendrá una superficie total de 2 ha. La abundancia para 563 individuos registrados en las 100 parcelas será de:

$$Ab. Latizal = \frac{563 \text{ arboles}}{2 \text{ ha}} = 281,50 \text{ arb/ha}$$

- **Análisis de volumen**

Se realizó el análisis de los datos en forma general, tomando en cuenta la necesidad de conocer el volumen de los individuos de especies con valor comercial de las especies potenciales y árboles aprovechables, donde se tomó como base la siguiente fórmula de análisis:

$$V = h * g * ff$$

Dónde:

V: volumen.

h: altura comercial.

g: área basal.

ff: factor de forma (0,65) según Heinsdijk. (Normas N°248/98 y N°136/97)

- **El análisis de posición de copa**

En cuanto a los datos de posición de copa se analizaron según la categorización de Clark y Clark (1987), de los estadios de regeneración natural y especies establecidos fustal, potencial y árboles aprovechables, para determinar la clase de iluminación que reciben las copas de los individuos.

- **El Análisis de infestación de bejucos**

Se realizó en función a las categorías ya establecidas y de acuerdo al valor comercial que estuvieron presentes en cada estrato boscoso, para determinar el porcentaje de infestación por bejucos que presentan los individuos muestreados.

- **Análisis de los gremios ecológicos**

Se analizó la abundancia (arb/ha) de los estadios de regeneración natural y árboles establecidos por estrato boscoso, en función a sus gremios ecológicos.

- **Índices de similitud**

Los coeficientes de similitud han sido muy utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares (diversidad Beta). Sin embargo, también son útiles para otro tipo de comparaciones, por ejemplo, para comparar las comunidades de plantas de estaciones diferentes o microsítios con distintos grados de perturbación

Se realizó dos análisis similitud mediante los índices de Morisita Horn y Sorensen entre los estratos boscosos alto, medio y bajo del bosque de producción de Santa Ana.

- 1) **Índice de Morisita Horn**

Este índice es calculado en base a datos cuantitativos. Del grupo de los índices basados en datos cuantitativos, este índice es el más satisfactorio. Entonces, el índice de similitud de Morisita Horn toma la expresión, este índice está fuertemente influido por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras, y tiene la desventaja de que es altamente sensible a la abundancia de la especie más abundante (Magurran 1988 citado por Moreno 2001), para datos cuantitativos el índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{2\sum(DN_i * EN_i)}{(da + db) * aN * bN}$$

$$db = \frac{\sum EN_i^2}{bN^2} \quad da = \frac{\sum DN_i^2}{aN^2}$$

Dónde:

aN: número de individuos en la localidad A.

bN: número de individuos en la localidad B.

DN_i: número de individuos de la i-ésima especie en la localidad A.

EN_i: número de individuos de la i-ésima especie en la localidad B.

Por ejemplo si comparamos el número de individuos en estrato brinzal entre el estrato alto (A) y medio (B), se tiene que en el estrato alto se registraron 243 individuos (aN) y en el estrato medio fueron registrados 468 individuos (bN). Lo cual no necesariamente corresponde a las mismas especies, es decir, unas especies pueden estar presentes en uno de los estratos y ausente en el otro. Si elevamos al cuadrado al número de individuos muestreados por especie nos da una sumatoria total de 3749 (DN de 35 especies) para el estrato alto y una sumatoria total en el estrato medio de 14804 (EN de 38 especies), reemplazando en la fórmula se tienen los siguientes resultados:

$$da = \frac{3749}{243^2} = 0,06348$$

$$db = \frac{14804}{468^2} = 0,06759$$

Realizando un producto interno entre el número de individuos del estrato alto (A) por el número de individuos del estrato medio (B) de cada especie compartida se tiene una sumatoria total de 6396 ($\sum DN * EN$), reemplazando en la fórmula el índice de Morisita Horn entre el estrato alto y medio es de:

$$IM = \left(\frac{2 * 6396}{(0,06348 + 0,06759) * 243 * 468} \right) * 100 = 85,81\%$$

2) Índice de Sorensen

Este índice es el más utilizado para el análisis de comunidades y permite comparar dos comunidades mediante la abundancia de especies en cada una de ellas. Los datos utilizados en esta investigación para este índice son de tipo cuantitativos (Magurran 1988 citado por Moreno 2001), cuya fórmula está representada por la siguiente expresión:

$$I_{Scuant} = \frac{2 pN}{aN + bN}$$

Dónde:

aN: es el número total de individuos en el sitio A.

bN: es el número total de individuos en el sitio B.

pN: sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios

Continuando con el ejemplo anterior entre los estratos alto y medio se tienen 27 especies en común (compartidas) cada una con una abundancia (N° de individuos) diferente, realizando una sumatoria total solo de las abundancias más bajas entre las especies comunes en ambos estratos se tiene un valor de 214 (pN). El índice de Sorensen calculado entre ambos estratos es:

$$IS = \left(\frac{2 * 214}{243 + 468} \right) * 100 = 60,20\%$$

3.2.8. Análisis estadístico

- **Estadística descriptiva**

Utilizando el Infostat (D. Rienzo *et al.* 2008), se realizó el análisis descriptivo de las poblaciones muestrales de abundancias (arb/ha¹) por estadio de regeneración y árboles establecidos. Se dispuso de las siguientes medidas de resumen: número de observaciones (n), Media, desviación estándar (D.E), varianza con denominador n-1 (Var(n-1)), varianza con denominador n (Var(n)), error estándar (E.E.), coeficiente de variación (CV), valor mínimo (Mín), valor máximo (Máx.), Mediana, Asimetría, Kurtosis. El objeto de este trabajo es analizar las medidas de tendencia central como la media, mediana, distribuciones de Asimetría y Kurtosis.

- **Prueba de Normalidad**

Antes de someter los datos a un análisis estadístico para la comparación de abundancias, primero se sometió a un análisis de normalidad bajo el supuesto de distribución normal, utilizando la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov el cual nos permite comprobar si la muestra analizada se ajusta a un modelo de distribución teórica, en nuestro caso la distribución normal. Para tal efecto se empleó el uso del programa estadístico de infostat (D. Rienzo *et al.* 2008), bajo la siguiente hipótesis:

H₀= los datos tienen distribución normal.

H_a= los datos no tienen distribución normal.

- **Comparación estadística de promedios de abundancias (arb/ha, área basal m²/ha y volumen m³/ha) entre el bosque quemado (Santa Ana) y el bosque sin este efecto (Don Víctor)**

Utilizando el Infostat (D. Rienzo *et al.* 2008), se estableció si hay diferencias en la variables de las abundancias (arb/ha, área basal m²/hectárea y volumen m³/hectárea), con relación a los efectos del incendio forestal al bosque de producción de la Organización Forestal Comunitaria Santa Ana, comparado con un muestreo anterior

¹ Árboles por hectárea

realizado por la empresa maderera Don Víctor como ex propietaria de los derechos forestales de la misma zona antes del incendio forestal. La comparación se realizó en los grupos establecidos como potenciales y aprovechables. Para esto se utilizó la prueba de Wilcoxon (Mann-Whitney U). Dichas pruebas son equivalentes entre sí y en ambas el contraste que se realiza es:

H₀: La abundancia (arb/ha, área basal m²/hectárea y volumen m³/hectárea) de árboles potenciales y aprovechables del bosque sin efectos del incendio forestal (Don Víctor) y el Bosque quemado (Santa Ana) son iguales.

H_a: La abundancia (arb/ha, área basal m²/hectárea y volumen m³/hectárea) de árboles potenciales y aprovechables del bosque sin efectos del incendio forestal (Don Víctor) y el Bosque quemado (Santa Ana) son diferentes.

La prueba de Wilcoxon (Mann-whitney U) se calcula como indica la siguiente fórmula:

$$w = \sqrt{\frac{n_1 * n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

Dónde: n1 y n2 son los tamaños respectivos de cada muestra.

- **Análisis estadístico de la comparación de medias (arb/ha, área basal m²/hectárea y volumen m³/hectárea) entre los estratos boscosos del bosque quemado de Santa Ana**

Utilizando el Infostat (D. Rienzo *et al.* 2008), se realizó un análisis no paramétrico de las medias por una vía de clasificación a través de un ANAVA (análisis de varianza) no paramétrica, propuesto por Kruskal Wallis, esto nos permitió comparar las esperanzas de dos o más distribuciones sin necesidad de realizar el supuesto de que los términos de error se distribuyen normalmente. La hipótesis nula y alternativa establecen que:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_a$$

Donde u_i representa la esperanza del i -ésimo tratamiento, con $i=1, 2, \dots, a$. Esta prueba se aplica cuando se tienen muestras independientes de cada población, con observaciones de naturaleza continua y las varianzas poblacionales son iguales.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^r \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Dónde:

N: total de datos de la muestra.

R_i : sumatoria de rangos de la muestra.

n: número de datos de cada muestra.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son el producto del muestreo realizado por la investigación para ver la afectación a las abundancias (arb/ha, área basal m²/hectárea y volumen m³/hectárea) por el incendio forestal ocasionado hace seis años atrás, los cuales nos permitieron generar información acerca del estado y composición actual del bosque de producción de la OFC¹ Santa Ana.

4.1. Características de la población muestral en el bosque de producción Santa Ana

Se muestrearon en total 60 ha para los árboles considerados como regeneración natural establecida fustal y los árboles maduros potencial y aprovechable, cuyos árboles poseen DAP² de 10 cm como valor mínimo registrado y diámetros máximos de 143 cm. Para la regeneración natural considerada como no establecida latizal y brinzal se levantaron 100 parcelas en 2 ha y 0,5 ha respectivamente, con especies que tienen como diámetro mínimo 3 cm y un máximo valor de 9 cm.

Por otra parte los árboles aprovechables poseen alturas comerciales que comprenden desde 8m hasta 18m, los largos menores son de individuos de la calidad 3, las alturas totales se encuentran entre 10m y 28m, las mayores alturas de los individuos corresponde a los de calidad 1. (Cuadro 7)

¹ Organización Forestal Comunitaria

² Diámetro a la Altura del Pecho

Cuadro 7. Número de muestras, superficie muestreada (ha) y valores máximos y mínimos de las variables Dap, Hc, Ht y calidad de la regeneración natural y árboles establecidos

Estado	N° muestras	Sup. Muestreada (ha)	Dap (cm)		Hc (m)		Ht (m)		Calidad 1 2 3	
			Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Brinzal	100	0,5	4	3	5	3	6	4	3	1
Latizal	100	2	9	5	10	1	15	3	3	1
Fustal	100	60	19	10	18	4	25	5	3	1
Potencial	100	60	60	20	18	5	28	7	3	1
Aprovechable	100	60	143	35	18	8	28	10	3	1

4.2. Cantidad de especies e individuos registrados por estadio de Regeneración natural y árboles establecidos encontrados en el muestreo

Mediante el muestreo realizado en el bosque de Santa Ana se identificaron 77 especies maderables y 9 especies no maderables, como se muestra en el cuadro 8, se encontraron 4761 individuos comerciales, el bosque de Santa Ana está compuesto en su mayor parte por especies en estadio brinzal (3,352 arb/ha), sin embargo la menor cantidad de individuos están presentes en los aprovechables (2,70 arb/ha). Este bosque posee una área basal total de 3,10m²/ha y un volumen total de 15,86 m³/ha del cual las especies con diámetros aprovechables poseen volúmenes de 8,27 m³/ha.

Cuadro 8. Número de especies, abundancia (arb/ha, área basal m²/ha y volumen m³/ha) para cada estadio de regeneración natural y árboles establecidos

Estadio	N° especies	N° individuos	Arb/ha	Ab m ² /ha	Vol m ³ /ha
Brinzal	57	1676	3352,00	0,01	0,02
Latizal	21	563	281,50	0,96	2,65
Fustal	51	1855	30,92	0,34	1,34
Potencial	58	505	8,42	0,67	3,57
Aprovechable	38	162	2,70	1,13	8,27
Total	77	4761	3675,53	3,10	15,86

El 47% de la masa boscosa está conformada por la regeneración no establecida (brinzal y latizal), el 34% de regeneración establecida (fustal), el 16% de potenciales y solo el 3% de árboles maduros aprovechables.

El cuadro 8 nos muestra que la mayor diversidad se encuentra en los potenciales con 58 especies, en cuanto a los estadios menores, en el estadio brinzal se encontró 57 especies diferentes, en los fustales 51 especies. Los latizales son menos diversos con 21 especies y en los aprovechables se encontraron solo 38 especies. En total se identificaron 86 especies, es más que los encontrados en el área evaluada del Rio Negro circundante al área de Santa Ana, donde se logró identificar un total de 83 especies. (FAM *et al.* 2003)

La mayor riqueza se encuentra en los estadios de brinzal, fustal y latizal, las menos ricas son los aprovechables y los potenciales. Esto nos indica que hay un sotobosque denso de plántulas y un bosque alto con abundancia de árboles potenciales y poca abundancia de aprovechables. Esto es propio de los bosques que se encuentra en el estado de sucesión secundaria, donde hay una gran densidad de plántulas en los sotobosques y un bosque con alta abundancia de árboles de poco porte. (Clements 1916)

4.3. Abundancia por especie según estadio de regeneración natural y especies establecidas

Los resultados de este análisis se presentan en el cuadro 9. Dentro del estadio Brinzal las 10 especies más abundantes son el 68,4% de su abundancia relativa, y las 47 especies restantes encontradas en este estadio son el 31,6% de la abundancia. Las especies con más del 5% de abundancia relativa son el pacay (*Inga sp.*) con el 16,2%, el ambaibo (*Cecropia concolor*) con el 12,7%, el algodoncillo (*Cochlospermum vitifolium*) con el 8,7%, el sauco (*Zanthoxylum sp.*) con el 7,9% y el bibosi (*Ficus sp.*) con el 6,0%.

Cuadro 9. Abundancia (arb/ha) de los estadios de regeneración natural y especies establecidas según muestreo en el Bosque de Santa Ana

Especie	Brinzal	%	Especie	Latizal	%	Especie	Fustal	%	Especie	Potencial	%	Especie	Aprovechable	%
Pacay	544,00	16,2	Algodoncillo	175,00	62,2	Algodoncillo	13,77	44,5	Ocorocillo	0,67	7,9	Itauba	0,40	14,8
Ambaibo	426,00	12,7	Serebo	44,00	15,6	Serebo	9,53	30,8	Aliso	0,55	6,5	Yesquero Colorado	0,33	12,3
Algodoncillo	292,00	8,7	Bibosi	16,00	5,7	Ambaibo	1,07	3,5	Pacay	0,53	6,3	Paquio	0,22	8,0
Sauco	264,00	7,9	Ambaibo	11,00	3,9	Lucuma	1,00	3,2	Yesquero Colorado	0,47	5,5	Ocorocillo	0,22	8,0
Bibosi	200,00	6,0	Gargatea	6,00	2,1	Cuse	0,57	1,8	Coloradillo	0,43	5,1	Aliso	0,15	5,6
Negrillo	146,00	4,4	Pacay	4,50	1,6	Leche Leche	0,52	1,7	Cuse	0,42	5,0	Yesquero Negro	0,13	4,9
Chocolatillo	140,00	4,2	Leche Leche	3,50	1,2	Coloradillo	0,45	1,5	Lucuma	0,37	4,4	Sauco	0,12	4,3
Picana Negra	118,00	3,5	Cari Cari	3,00	1,1	Chocolatillo	0,37	1,2	Mora	0,33	4,0	Almendrillo Amarillo	0,12	4,3
Mani	82,00	2,4	Ocorocillo	2,50	0,9	Pacay	0,35	1,1	Picana Negra	0,32	3,8	Negrillo	0,08	3,1
Piraquina	82,00	2,4	Peroto	2,50	0,9	Negrillo	0,28	0,9	Sauco	0,32	3,8	Mora	0,08	3,1
En 47 Especies	1058,00	31,56	En 11 Especies	13,50	4,80	En 41 Especies	3,02	9,76	En 48 Especies	4,02	47,72	En 28 Especies	0,85	31,48
Total General	3352,00	100,00	Total General	281,50	100,00	Total General	30,92	100,00	Total General	8,42	100,00	Total General	2,70	100,00

Dentro del estadio Latizal las 10 especies más abundantes representan el 95,2% del total de abundancia y las 11 especies restantes registradas representan el 4,8% de abundancia, las especies que tienen más del 5% de la abundancia total son el algodoncillo (*Cochlospermum vitifolium*) con el 62,2%, el serebo (*Schyzolobium amazonicum*) con el 15,6% y el bibosi (*Ficus sp.*) con el 5,7%.

Para el estadio fustal las 10 especies con mayor abundancia son el 90,2% y el 9,8% restante corresponde a las 41 especies en este estado, las especies que tienen más del 5% de abundancia son el algodoncillo (*Cochlospermum vitifolium*) con el 44,5% de la abundancia y el Serebo (*Schyzolobium amazonicum*) con el 30,8%.

Dentro del estadio potencial las 10 especies más abundantes representan el 52,3% de la abundancia total y el 47,7% restante a 48 especies encontradas en este estado, las especies con abundancias mayores al 5% son el ocorocillo (*Spondias mombim*) con el 7,9% del total registrado, el aliso (*Myrsine sp.*) con el 6,5%, el pacay (*Inga sp.*) con el 6,3%, el yesquero colorado (*Cariniana domestica*) con el 5,5% y el coloradillo (*Physocalimma scaraberrimun*) con el 5,1%.

Por otro lado los 10 primeros árboles aprovechables más abundantes son el 68,5% y las 28 especies restantes representan el 31,5% de la abundancia, las especie con abundancias mayores al 5% son la itauba (*Mezilaurus itauba*) con el 14,8% de abundancia, el yesquero colorado (*Cariniana domestica*) con el 12,3%, el ocorocillo (*Spondias mombim*) y el paquío (*Hymenea courbaril*) con el 8% ya que ambas especies tienen la misma abundancia y el aliso (*Myrsine sp.*) con el 5,6%. (Ver Anexo 7)

4.4. Abundancia (arb/ha) de la regeneración natural, especies potenciales y árboles aprovechables según su valor comercial

Los resultados del análisis de la abundancia (arb/ha) se presentan en el cuadro 10. Dentro del estadio Brinzal la suma de los porcentajes de especies sin valor comercial y Poco Valiosas representan el 72,67% de abundancia, y la suma de las Muy Valiosas y Valiosas es del 27,33%. Para el estadio Latizal las sumas de los porcentajes de especies sin valor comercial y Poco Valiosas representan el 78,15%, y la suma de las Muy Valiosas y Valiosas es del 21,85%.

Dentro del estadio Fustal la suma de los porcentajes de especies sin valor comercial y Poco Valiosas representan el 66,42%, y la suma de las Muy Valiosas y Valiosas es del 33,58%. Dentro de los árboles Potenciales las sumas de los porcentajes de especies sin valor comercial y Poco Valiosas representan el 75,25%, y la suma de las Muy Valiosas y Valiosas es del 24,75%. Dentro de los árboles Aprovechables las sumas de los porcentajes de especies sin valor comercial y Poco Valiosas representan el 48,77%, y la suma de las Muy Valiosas y Valiosas es del 51,23%.

Los resultados de la abundancia (arb/ha) general, de las especies identificadas en el bosque de Santa Ana de acuerdo a su valor comercial se presentan en el anexo 8.

Cuadro 10. Abundancia (arb/ha) de la regeneración natural, especies potenciales y árboles aprovechables según su valor comercial

Estadio de Regeneración	Estrato	Valor comercial				Total	% Respecto al Total
		Muy valiosas	Valiosas	Poco valiosas	Sin valor comercial		
Brinzal	Alto	18,00	134,00	100,00	234,00	486,00	13,22
	Medio	48,00	274,00	234,00	380,00	936,00	25,47
	Bajo	30,00	412,00	496,00	992,00	1.930,00	52,51
	Sub total	96,00	820,00	830,00	1.606,00	3.352,00	91,20
	% del estadio	2,86	24,46	24,76	47,91	100,00	
Latizal	Alto	0,00	5,50	2,00	14,50	22,00	0,60
	Medio	0,00	21,50	4,00	68,00	93,50	2,54
	Bajo	1,00	33,50	4,00	127,50	166,00	4,52
	Sub total	1,00	60,50	10,00	210,00	281,50	7,66
	% del estadio	0,36	21,49	3,55	74,60	100,00	
Fustal	Alto	0,03	2,08	0,07	2,40	4,58	0,12
	Medio	0,05	2,85	0,43	4,95	8,28	0,23
	Bajo	0,05	5,32	0,82	11,87	18,05	0,49
	Sub total	0,13	10,25	1,32	19,22	30,92	0,84
	% del estadio	0,43	33,15	4,26	62,16	100,00	
Potencial	Alto	0,02	0,08	0,13	0,07	0,30	0,01
	Medio	0,07	0,90	1,27	1,57	3,80	0,10
	Bajo	0,12	0,90	1,67	1,63	4,32	0,12
	Sub total	0,20	1,88	3,07	3,27	8,42	0,23
	% del estadio	2,38	22,38	36,44	38,81	100,00	
Aprovechable	Alto	0,03	0,12	0,03	0,02	0,20	0,01
	Medio	0,07	0,47	0,58	0,10	1,22	0,03
	Bajo	0,12	0,58	0,43	0,15	1,28	0,03
	Sub total	0,22	1,17	1,05	0,27	2,70	0,07
	% del estadio	8,02	43,21	38,89	9,88	100,00	
Total general		97,55	893,80	845,43	1.838,75	3.675,53	100,00
%		2,65	24,32	23,00	50,03	100,00	

Si sumamos la abundancia de las especies muy valiosas y valiosas de los dos estadios Brinzal y latizal son 977,50 arb/ha es muy bajo a lo encontrado para el bosque húmedo de transición, donde se reportó en promedio 5,230 plántulas de especies comerciales por hectárea, en un bosque aprovechado con intensidad normal y, un promedio de 7,750 plántulas en promedio por hectárea, entre bosques aprovechados con intensidad normal, duplicada y no aprovechada (Mostacedo 2007 citado por

Villegas *et al.* 2008). Es necesario analizar la implementación de un enriquecimiento de especies comerciales para ayudar a restaurar el bosque de Santa Ana.

4.5. Abundancia (arb/ha) de la regeneración natural, especies potenciales y árboles aprovechables según su gremio ecológico

En el cuadro 11, se presenta la información relacionada con la abundancia (arb/ha) de las especies por estadio de regeneración natural y árboles establecidos según sus gremios ecológicos. De acuerdo a Flachsenberg *et al.* (1992), con el factor fuego, la estructura del rodal resulta fuertemente perturbada, favoreciendo la regeneración de especies arbóreas heliófitas de semillas livianas en la medida en que existan partes circundantes del rodal intactos con fuentes de semilla y capacidad de diseminación.

La concesión forestal San Pedro ubicado en la parte nornaciente de Santa Ana ha sufrido un incendio forestal hace 15 años atrás, de los resultados de su inventario realizado en la gestión 2013 fueron tomados como parámetros de comparación la abundancia (arb/ha) del estadio fustal, potencial y aprovechable con el muestreo del bosque de producción de la OFC Santa Ana. San Pedro tiene una gran presencia de heliofitas efímeras (HE) y heliofitas duraderas (HD) que sumadas ambas dan un 40,79% (Cuellar 2013) de abundancia, resultado menor a lo encontrado en Santa Ana que sumadas los mismos gremios ecológicos dan un 79,70% de abundancia.

La suma de las esciofitas parciales (EP) y esciofitas totales (ET) en San Pedro alcanzo un 50,64% (Cuellar 2013), en Santa Ana la suma de los mismos gremios ecológicos es menor solo un 20,10%. Esto se debe al tiempo del evento del incendio forestal sucedido en San Pedro el cual permitió una mayor restauración del bosque. Para los bosques establecido la presencia de esciofitas tanto parcial como total para este tipo de bosque según Villegas *et al.* (2008) encontró un rango entre 75 al 87%, en ambas áreas San Pedro y Santa Ana todavía no alcanzaron su grado de madurez.

Cuadro 11. Abundancia (arb/ha) de la regeneración natural, especies potenciales y árboles aprovechables según su gremio ecológico

Estadio de Regeneración	Estrato Boscoso	Gremio Ecológico					Total
		HD	HE	EP	ET	NE	
Brinzal	Alto	184,00	158,00	102,00	30,00	12,00	486,00
	Medio	396,00	318,00	162,00	50,00	10,00	936,00
	Bajo	588,00	838,00	336,00	152,00	16,00	1930,00
	Subtotal	1168,00	1314,00	600,00	232,00	38,00	3352,00
	%	34,84	39,20	17,90	6,92	1,13	100,00
Latizal	Alto	6,00	16,00	0,00	0,00	0,00	22,00
	Medio	25,50	65,50	2,50	0,00	0,00	93,50
	Bajo	41,00	116,50	3,00	5,50	0,00	166,00
	Subtotal	72,50	198,00	5,50	5,50	0,00	281,50
	%	25,75	70,34	1,95	1,95	0,00	100,00
Fustal	Alto	2,22	1,73	0,52	0,12	0,00	4,58
	Medio	3,17	4,07	0,88	0,17	0,00	8,28
	Bajo	5,78	9,68	1,80	0,75	0,03	18,05
	Subtotal	11,17	15,48	3,20	1,03	0,03	30,92
	%	36,12	50,08	10,35	3,34	0,11	100,00
Potencial	Alto	0,17	0,05	0,05	0,02	0,02	0,30
	Medio	2,02	0,33	1,15	0,28	0,02	3,80
	Bajo	2,22	0,47	1,33	0,28	0,02	4,32
	Subtotal	4,40	0,85	2,53	0,58	0,05	8,42
	%	52,28	10,10	30,10	6,93	0,59	100,00
Aprovechable	Alto	0,05	0,00	0,03	0,12	0,00	0,20
	Medio	0,77	0,02	0,33	0,10	0,00	1,22
	Bajo	0,72	0,05	0,33	0,18	0,00	1,28
	Subtotal	1,53	0,07	0,70	0,40	0,00	2,70
	%	56,79	2,47	25,93	14,81	0,00	100,00
Total General		1257,60	1528,40	611,93	239,52	38,08	3675,53
%		34,22	41,58	16,65	6,52	1,04	100,00

4.6. Abundancia de arb/ha de las palmeras

De las palmeras solo se registro la abundancia (arb/ha), en el cuadro 12, se presentan el numero total de individuos por hectarea para cada especie.

Cuadro 12. Abundancia (árboles/ha) de las palmeras encontradas en el muestreo del bosque de Santa Ana

Nombre común	Nombre científico	Familia	Arb/ha	%
Asai	<i>Euterpe precatoria</i>	Arecaceae	2,75	11,5
Chonta	<i>Astrocaryom chonta M.</i>	Arecaceae	5,47	22,9
Chontilla	<i>Astrocaruym sp.</i>	Arecaceae	0,10	0,4
Cusi	<i>Attalea speciosa</i>	Arecaceae	11,57	48,5
Motacu	<i>Attalea phalerata</i>	Arecaceae	2,15	9,0
Pachiuba	<i>Socratea exorrhiza</i>	Arecaceae	0,95	4,0
Palma	<i>Copernicia alba</i>	Arecaceae	0,10	0,4
Palma Real	<i>Mauritia flexuosa</i>	Arecaceae	0,05	0,2
Sumuque	<i>Syagrus sancona</i>	Arecaceae	0,73	3,1
Total general			23,87	100,00

La especie cusí (*Attalea speciosa*) es la más abundante de las especies no maderables con el 48,5% de la abundancia total, esta especie se encuentra más concentrada en el bosque bajo de Santa Ana, la especie chonta (*Astrocaryom chonta M.*) posee una abundancia del 22,9% y el asai (*Euterpe precatoria*) con el 11,5% es la tercera especie no maderable más abundante registrada en el muestreo.

4.7. Análisis de la estructura Horizontal

La figura 7, nos muestra la abundancia por valor comercial de los estadios de regeneración natural y árboles establecidos.

Según la figura 7, se muestra una gran abundancia en los estadios brinzales y latizales, este parámetro es un indicador de los cambios que se produjeron en el bosque secundario durante el proceso de la sucesión. Según Brown y Lugo (1990) citado por Plana (2000), la vegetación del bosque secundario es menos compleja que la del bosque maduro y una de sus características es que poseen baja densidad de árboles que superen los 10 cm de DAP (0,84% respecto al total del cuadro 10). Los bosques que están un proceso de sucesión secundaria se caracterizan por sus abundancias irregulares por clase diamétrica, son árboles con pequeños diámetros como indica Plana (2000), los bosques en sucesión se caracterizan por ser abundantes en los árboles pequeños.

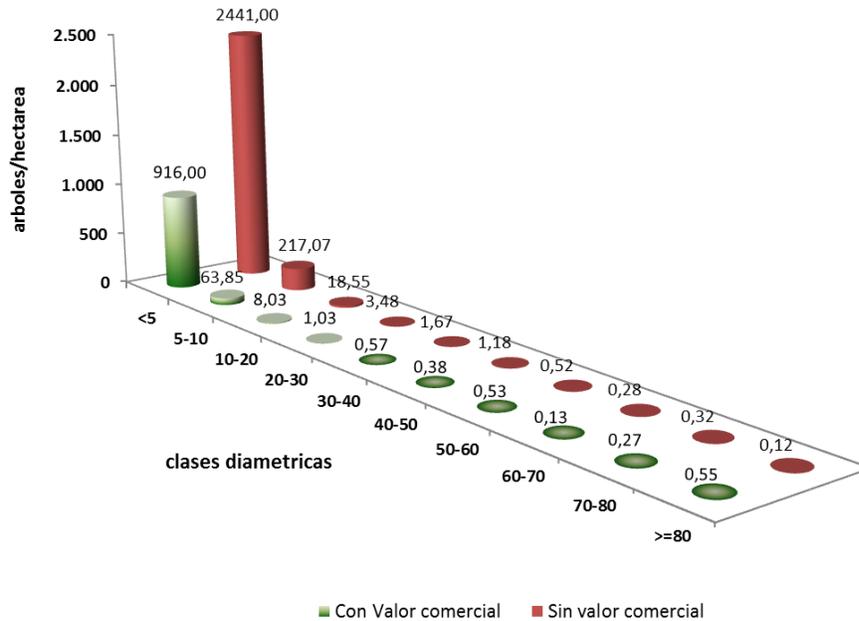


Figura 7. Comparación de abundancias (arb/ha) totales de los estadios de regeneración natural y árboles establecidos de acuerdo a su valor comercial

El incendio forestal afectó a los arboles con valor comercial y los sin valor comercial del bosque de Santa Ana, en especial en sus clases diametricas mayores a 20 cm.de DAP, en comparacion con lo encontrado en Don Victor (area no quemada), la perdida de abundancia total son el 91,48%. La abundancia de arboles por hectarea totales de Don Victor era de 121,70 y la abundancia despues del incendio en Santa Ana se redujo a 10,37 arboles/hectarea.

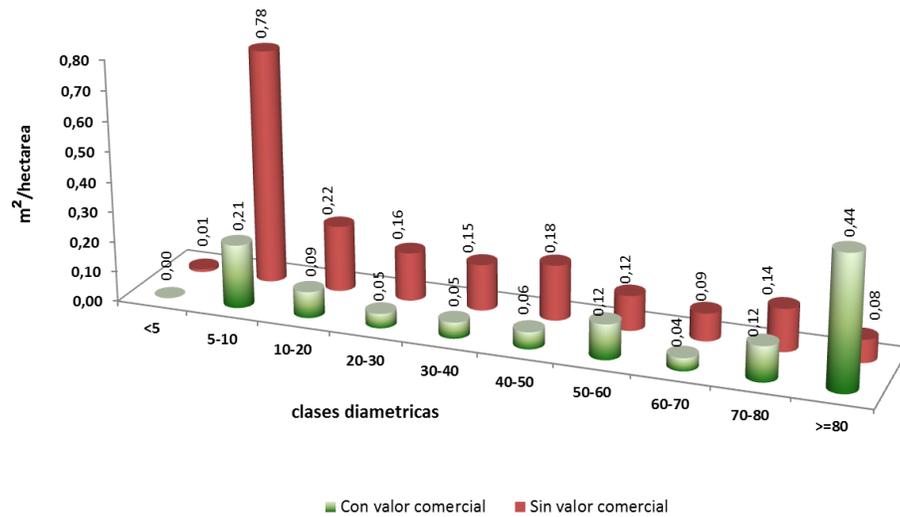


Figura 8. Comparación de abundancias (m^2/ha) totales de los estadios de regeneración natural y árboles establecidos de acuerdo a su valor comercial

Según la figura 8, se muestra una baja abundancia de área basal, el incendio forestal afectó a los árboles con valor comercial y los sin valor comercial del bosque de Santa Ana, su abundancia en área basal con clases diamétricas mayores a 20 cm. de DAP se comparó con lo encontrado en Don Víctor (área no quemada), la pérdida de abundancia en área basal total son el 94,35%. La abundancia de metros cuadrados por hectárea totales de Don Víctor era de 22,65 y la abundancia después del incendio en Santa Ana se redujo a 1,28 $m^2/hectarea$, este parámetro es un indicador de los cambios que se produjeron en el bosque secundario durante el proceso de la sucesión. Según la vegetación del bosque secundario una de sus características es que poseen baja área basal de árboles que superen los 20 cm de DAP (Brown y Lugo 1990 citado por Plana 2000).

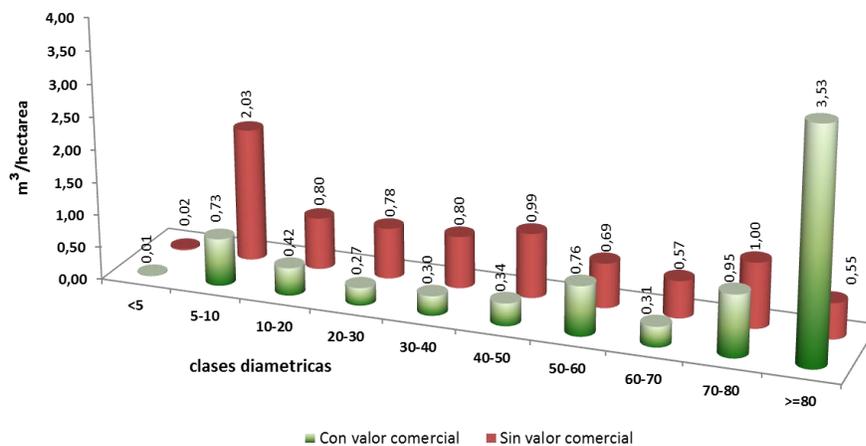


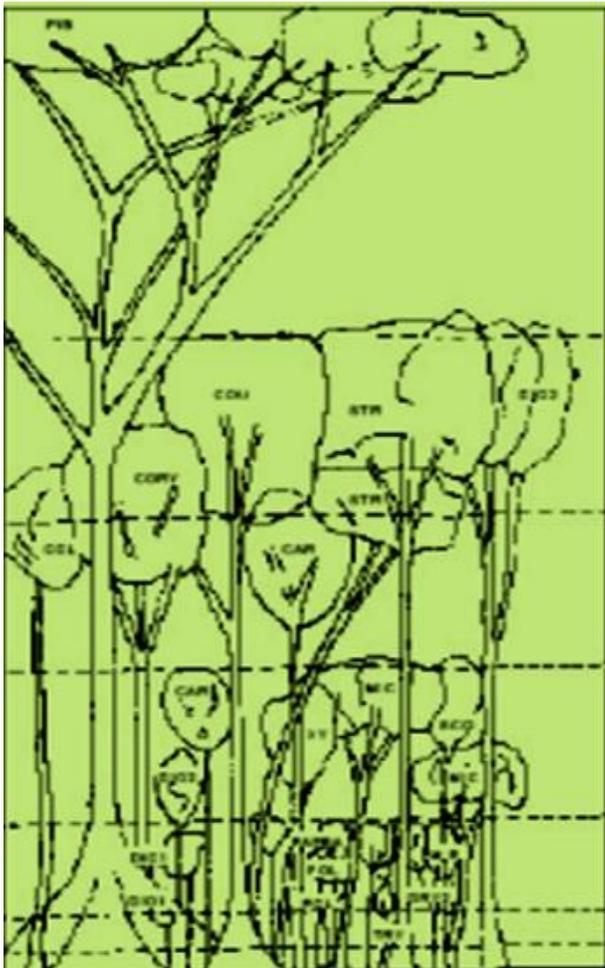
Figura 9. Comparación de abundancias (m^3/ha) totales de los estadios de regeneración natural y árboles establecidos de acuerdo a su valor comercial

Según la figura 9, se muestra una baja abundancia de volumen (m^3/ha), el incendio forestal afectó a la abundancia en volumen de los arboles con valor comercial y los sin valor comercial del bosque de Santa Ana, su abundancia en volumen (m^3/ha) con clases diametricas mayores a 20 cm.de DAP se comparo con lo encontrado en Don Victor (area no quemada), la perdida de abundancia total son el 88,08%. La abundancia en volumen totales de Don Victor era de 65,00 $m^3/hectárea$, y la abundancia despues del incendio en Santa Ana se redujo a 7,75 $m^3/hectarea$. La vegetación del bosque secundario tiene la característica de poseer volumen total bajo de madera, por tener árboles con pequeños diámetros. (Brown y Lugo 1990 citado por Plana 2000)

De acuerdo a Gonzales (2005) citado por Villegas *et al.* (2008), para que un bosque alto tropical aprovechado sea sostenible, debería tener entre 30.000 a 40.000 plántulas de especies aprovechadas por hectárea, este número parece demasiado alto en comparación con la realidad de nuestros bosques. En el bosque de Santa Ana se encontró 987,88 arb/ha sumando los brinzales, latizales y fustales inclusive es

demasiado bajo, es necesario para una restauración del bosque con especies aprovechables es necesario hacer un enriquecimiento de alta intensidad.

4.8. Análisis de la estructura Vertical



Especies con alturas entre 25 y 18 m están el copaibo, itauba, murure, paquí, aliso, bibosi, almendrillo amarillo, guitarrero, piraquina, serebo, sirari, mapajo, ajunao, amarillo, ambaibo, cedro.

Especies con alturas entre 17 a 12 m están el aguay, amargo, ambaibouva, bibosi, higuerón, canelon, chontilla, coco, curupau, gallito, guapomo, maní, negrillo, ochod, sangre de toro, verdolago, peroto, sujo, ocorocillo, entre otras.

Especies con alturas entre 11 y 7 m son el ajo, cabeza de mono, cuchi, gargatea, hoja de yuca, jacaranda, manicillo, ojoso, palma real, penoco, saguinto, entre otras.

Especies con alturas menores a 7 m, están el algodoncillo, aliso, ambaibo, lúcuma, uvilla, gabetillo, cusi, gargatea, chonta, cusi, motacu, asai, entre otras.

Especies con alturas menores a 4 m de altura son la chirimoya, toco toco, chichapi, blanquillo, cabeza de mono, gebio, guabira, hoja de yuca, jorori, momoqui, entre otras.

Grafico 5. Estructura vertical del bosque de Santa Ana

4.8.1. Estrato dominante

Se trata del estrato superior, que para este caso está conformado por las especies emergentes de copa grande que se encuentran entre los 28 y 18 m de altura, las principales especies que se encontraron ocupando este estrato son: el copaibo (*Copaifera reticulata*), itauba (*Mezilaurus itauba*), murure (*Clarisia racemosa*), paquí (*Hymenea courbaril*), aliso (*Myrsine sp.*), bibosi (*Ficus sp.*), almendrillo

amarillo (*Apuleia leiocarpa*), guitarrero (*Didymopanax spruceanum*), piraquina (*Xilopia sp.*), serebo (*Schyzolobium amazonicum*), sirari (*Copaifera chodatiana*), mapajo (*Ceiba samauma*), ajunao (*Pterogyne nitens Tul.*), amarillo (*Aspidosperma tambopatense*), ambaibo (*Cecropia concolor*), asai (*Euterpe precatoria*), cedro (*Cedrela fissilis Vell.*), coloradillo (*Physocalimma scaraberrimum*), cuse (*Casearia gossypiosperma*), cusi (*Attalea speciosa*), lúcumá (*Pouteria macrophylla*), mora (*Maclura tinctoria*), sauco (*Zanthoxylum sp.*), tajibo (*Tabebuia sp.*), sumuque (*Syagrus sancona*), taruma (*Vitex cymosa Bert.*), yesquero colorado (*Cariniana domestica*) y yesquero negro (*Cariniana estrellensis*).

4.8.2. Estrato codominante

El estrato está formado por especies de fuste largo pero de copa más pequeña, haciendo la diferencia con el estrato dominante, este estrato se caracteriza por tener especies que están entre los 17 y 12 m de altura. Las especies que se encontraron en este tipo de estrato son: aguay (*Chrysophyllum gonocarpum*), amargo (*Rawolfia praecox schum.*), ambaibouva (*Pourouma cecropiifolia C.*), bibosi higuierón (*Ficus insipida*), canelon (*Vochysia sp.*), chocolatlillo (*Theobroma speciosum*), chontilla (*Astrocaruym sp.*), coco (*Guazuma ulmiflora*), curupau (*Anadenanthera macrocarpa*), gabetillo (*Aspidosperma ramifolium*), gallito (*Erythrina falcata*), guapomo (*Salacia sp.*), maní (*Sterculia apetala*), negrillo (*Capparis capparis*), ochoò (*Hura crepitans*), sangre de toro (*Virola sebifera*), verdolago (*Terminalia sp.*), peroto (*Pseudobombax longiflorum*), sujo (*Sterculia apetala*), ocorocillo (*Spondias mombim*), palma (*Copernicia alba*), leche leche (*Sapium haematospermum*), jichituriqui (*Aspidosperma rigidiun*), yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*), entre otras.

4.8.3. Estrato suprimido

Está formado por especies con altura entre 11 y 7 metros, las especies mayormente encontradas en este estrato son: el ajo (*Gallesia integrifolia*), cabeza de mono (*Apeiba sp.*), cuchi (*Astronium urundeuva*), gargatea (*Jacaratia spinosa*), hoja de yuca (*Ceiba pentandra*), jacaranda (*Machaerium jacarandifolium*), manicillo

(*Platypodium sp.*), ojoso (*Pseudolmedia sp.*), palma real (*Mauritia flexuosa*), penoco (*Pithecelobium jupunba*), saguinto (*Xilopia sp.*), entre otras.

4.8.4. Estrato arbustivo

Formado en su mayoría por las especies conocidas como pioneras con altura total que no sobrepasan los 7 metros. Entre las especies que mayormente se encuentran en este tipo de estrato son: algodoncillo (*Cochlospermum vitifolium*), aliso (*Myrsine sp.*), ambaibo (*Cecropia concolor*), lúcuma (*Pouteria macrophylla*), uvilla (*Trema micrantha*), gabetillo (*Aspidosperma ramifolium*), cusí (*Attalea speciosa*), gargatea (*Jacaratia spinosa*), entre otras.

Este estrato también está compuesto por palmeras como ser: chonta (*Astrocaryom chonta M.*), cusí (*Attalea speciosa*), motacu (*Attalea phalerata*) y el asai (*Euterpe precatoria*)

4.8.5. Sotobosque

Es el área de un bosque que crece más cerca del suelo por debajo del dosel vegetal, la vegetación del sotobosque consiste en plántulas y árboles jóvenes. Los árboles jóvenes del dosel a menudo permanecen en ese estado durante décadas mientras esperan una apertura en la parte superior que permita su crecimiento. Entre las especies encontradas en el bosque de Santa Ana están: la chirimoya (*Annona sp.*), toco toco (*Enterolobium contortisiliquum*), chichapi (*Celtis pubescens*), blanquillo (*Terminalia argentea C.*), cabeza de mono (*Apeiba sp.*), gebio (*Albizia niopioides*), guabira (*Campomanesia aromatica*), hoja de yuca (*Ceiba pentandra*), jorori (*Swartzia sp.*), momoqui (*Caesalpinia pluviosa*), entre otras.

4.9. Efectos del incendio forestal en la merma de las diferentes abundancias del bosque de Santa Ana (muestreo después del incendio forestal) comparado con Don Víctor (muestreo antes del incendio forestal)

Se comparó las diferentes abundancias entre el muestreo antes del incendio forestal de la empresa maderera Don Víctor con el bosque de producción quemado de la OFC

Santa Ana. Tomando en cuenta que la OFC Santa Ana era parte de la concesión forestal Don Víctor.

- **Comparación de la abundancia (arb/ha) de árboles por hectárea por clase diamétrica**

Los resultados se muestran en el siguiente gráfico:

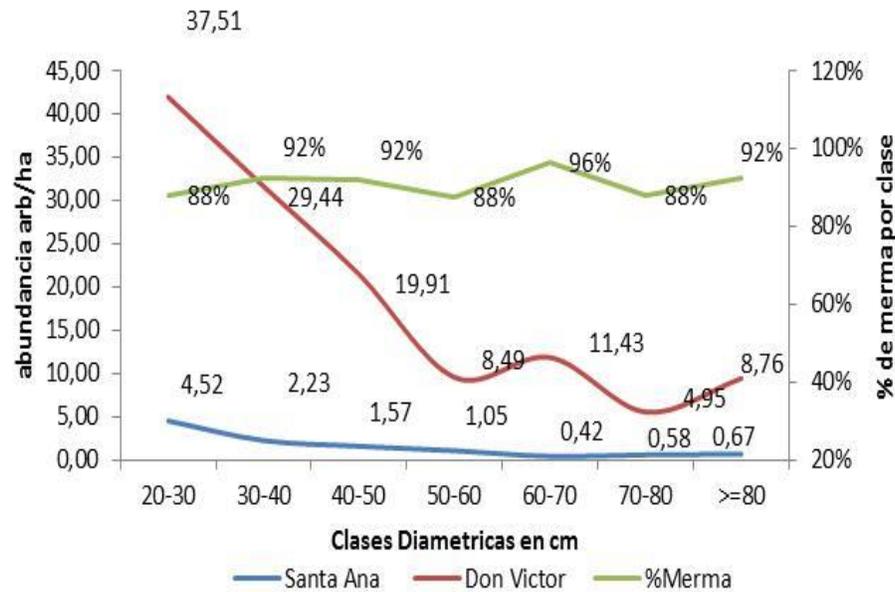


Grafico 6. Comparacion de abundancias arb/ha entre el bosque quemado de Santa Ana y el bosque no quemado de Don Victor y su % de merma por efectos del incendio forestal por clase diamétrica

El incendio forestal afectó los árboles establecidos del bosque de Santa Ana en todas sus clases diamétricas según la comparación con Don Víctor, la pérdida de abundancia total en las clases diamétricas son el 91%. Esto hace notar que el incendio fue intenso y alcanzó a destruir los árboles de grandes diámetros del bosque de Santa Ana.

- **Comparación de la abundancia de volumen (m^3/ha) por clase diamétrica**

En el siguiente grafico 7, se muestra los efectos del incendio forestal a la merma de volumen de los arboles establecidos del bosque de Santa Ana (muestreo despues del incendio forestal) en todas sus clases diametricas de acuerdo a la comparacion con Don Victor (muestreo antes del incendio forestal).

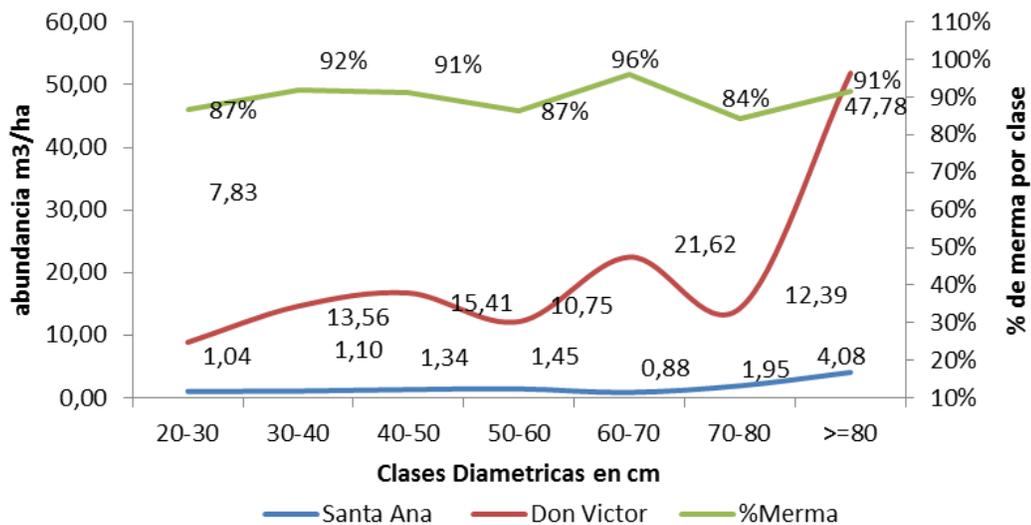


Grafico 7. Comparacion de abundancias en volumen m^3/ha entre el bosque quemado de Santa Ana y el bosque no quemado de Don Victor y su % de merma por efectos del incendio forestal por clase diamétrica

La perdida del volumen total en las clases diametricas de 20 \geq 80 cm de DAP son el 91% respecto al volumen original según el muestreo antes del incendio realizado por la empresa maderera Don Victor. Esto confirma que el incendio fue intenso, clasificado como incendio de copas pasivos (Blanco *et al* 2007), el fuego avanzo por las copas, acoplado a un fuego por la superficie para lograr el daño a la masa boscosa que alcanzo a destruir los arboles de grandes diametros del bosque de Santa Ana. (Ver Anexo 9)

4.10. Efectos del incendio forestal en la oferta de volúmenes comerciales entre bosque de Santa Ana (muestreo despues del incendio forestal) comparado con Don Victor (muestreo antes del incendio forestal)

Se definió para ambos casos las especies comerciales para el mercado tanto local como para la exportación, sin importar su viabilidad económica actual por efecto de las distancias de transporte de materia prima o producto. En ambos casos para Don Víctor (muestreo antes del incendio forestal) y Santa Ana (muestreo después del incendio forestal) se definió una canasta de especies en función a lo encontrado en sus muestreos. Las abundancias tanto en arb/ha y m³/ha son la sumatoria de las especies Muy Valiosas y Valiosas.

- **Comparación de la abundancia de la oferta comercial de los árboles por hectárea.**

Los resultados se presentan en la siguiente gráfica:

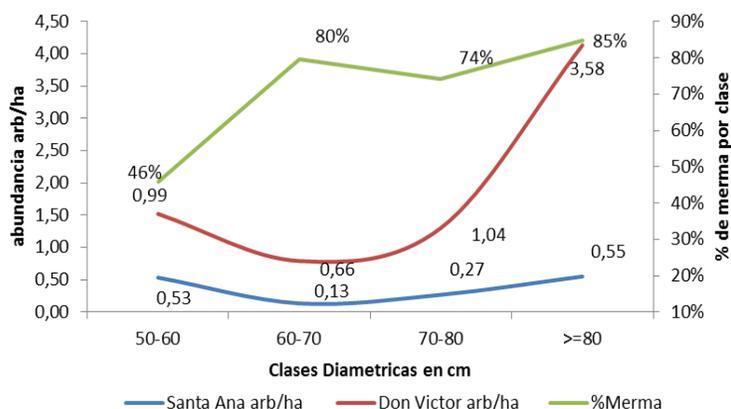


Grafico 8. Comparacion de abundancias de la oferta comercial del bosque en arb/ha entre el bosque quemado de Santa Ana y el bosque no quemado de Don Victor y su % de merma por efectos del incendio forestal por clase diametrica

El incendio forestal afectó a los arboles aprovechables del bosque de Santa Ana en sus clases diametricas comerciales o en comparacion con lo encontrado en Don Victor, la perdida de abundancia total en las clases diametricas comerciales son el

76%. La mayor afectación del incendio forestal se encuentra en la clase diamétrica ≥ 80 cm de DAP con el 85% de merma de abundancia. La oferta en arboles totales de Don Victor es de 6,26 arb/ha y la oferta después del incendio se redujo a 1,48 arb/ha. Si se reduce según la Norma 248/98 el factor de seguridad del 20% , la oferta disponible se reduce a 1,19 arb/ha. En la fase del aprovechamiento siempre hay la merma por estado sanitario, por árboles protegidos en áreas sensibles o sitios especiales para la fauna, equivocaciones en el levantamiento de la información de los censos forestales (no corresponde la especie y la falta de diámetro) sumando estas mermas alcanza a un mínimo del 15%, si se reduce esto a la oferta del bosque de Santa Ana solo quedaría para aprovechar 1,01 arb/ha.

- **Comparación de la abundancia de la oferta comercial de volumen en metros cúbicos por hectárea.**

Los resultados se presentan en la siguiente gráfica:

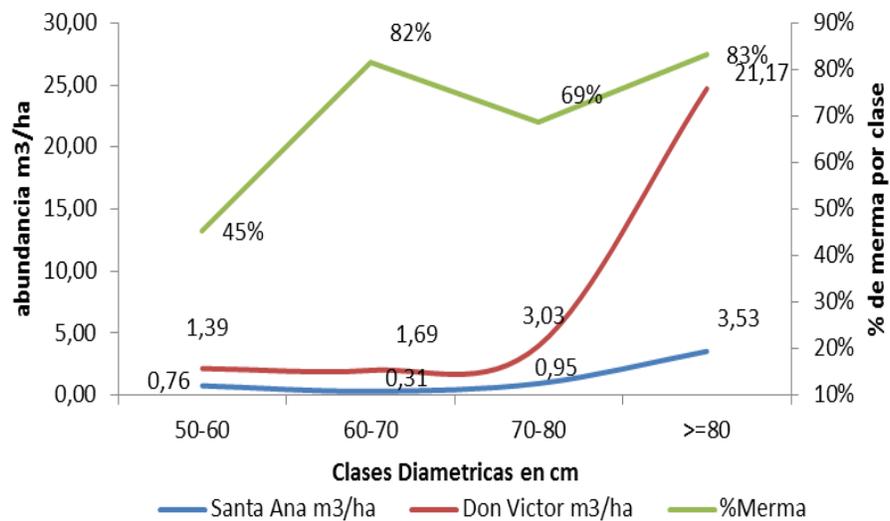


Gráfico 9. Comparación de abundancias de la oferta comercial del bosque en m^3/ha entre el bosque quemado de Santa Ana y el bosque no quemado de Don Victor y su % de merma por efectos del incendio forestal por clase diamétrica

El incendio forestal afectó a los árboles aprovechables del bosque de Santa Ana en sus clases diamétricas comerciales o en comparación con lo encontrado en Don Victor, la pérdida de volumen total en las clases diamétricas comerciales son el 80%. La mayor afectación del incendio forestal se encuentra en la clase diamétrica ≥ 80 cm de DAP con el 83% de merma en volumen. La oferta de volumen total de Don Victor es de $27,29 \text{ m}^3/\text{hectarea}$ y la oferta después del incendio se redujo a $5,55 \text{ m}^3/\text{hectarea}$. Si se reduce según la Norma 248/98 el factor de seguridad del 20% , la oferta disponible se reduce a $4,44 \text{ m}^3/\text{hectarea}$. En la fase del aprovechamiento siempre hay la merma por estado sanitario, por árboles protegidos en áreas sensibles o sitios especiales para la fauna, equivocaciones en el levantamiento de la información de los censos forestales (no corresponde la especie y la falta de diámetro) sumando estas mermas alcanza a un mínimo del 15%, si se reduce esto a la oferta del bosque de Santa Ana solo quedaría para aprovechar $3,78 \text{ m}^3/\text{hectarea}$. Es un volumen muy bajo que necesitaría hacer un proyecto de factibilidad si en estas condiciones se puede lograr el éxito económico de su Plan de Manejo de Santa Ana o se deja unos años para la recuperación volumétrica de la oferta comercial.

4.11. Infestación de bejucos de la regeneración natural, especies potenciales y árboles aprovechables según su valor comercial

La presencia de bejucos fue otro parámetro evaluado, el cual es muy necesario determinar especialmente en las especies aprovechables como también en los árboles potenciales o AFC³. De acuerdo a los resultados del cuadro 13, de un total de 4,761 individuos registrados el 61,9 % de la población está constituida por árboles libres de bejucos y el 38,1 % de los árboles mostraron algún grado de infestación de bejucos que afectan su crecimiento de una u otra manera. (Ver Anexo 10)

Las apreciaciones de presencia de bejucos en este tipo de bosque registran que el 22,4% de los individuos afectados presentan bejucos en el fuste y copa y 9,4% de los individuos poseen bejucos solo en el fuste, haciendo una sumatoria entre ambas

³ Árboles de Futura Cosecha

categorías tenemos que el 31,8 % del total de individuos afectados poseen bejucos en estas categorías. Si sumamos los porcentajes de infestación de las especies con valor comercial muy valiosas y valiosas nos da un total de 6,6 % equivalente a 313 individuos afectados, mientras que sumando también los porcentajes entre las especies poco valiosas y sin valor comercial la sumatoria de porcentaje de individuos afectados es mayor, igual a 31,6% equivalente a 1501 individuos, lo que nos demuestra que las especies más importantes en cuanto al valor comercial son las menos afectadas.

La presencia de lianas o bejucos es propio de la sucesión secundaria en los bosques tropicales (Finegan 1992), debido a la gran apertura de luz en los suelos, esto hace sotobosques impenetrables por la presencia de herbáceas y bejucos.

Cuadro 13. Infestación de bejucos de la regeneración natural según su valor comercial

Estrato boscoso	Valor comercial	Solo fuste		Solo copa		Fuste y copa		Copas unidas		Sin bejucos		Total afectados	%
		Indiv.	%	Indiv.	%	Indiv.	%	Indiv.	%	Indiv.	%		
Alto	Muy valiosas	1	0,0	1	0,0	2	0,0	0	0,0	10	0,2	4	0,1
	Valiosas	33	0,7	2	0,0	21	0,4	0	0,0	169	3,5	56	1,2
	Poco valiosas	5	0,1	0	0,0	10	0,2	2	0,0	55	1,2	17	0,4
	Sin valor comercial	8	0,2	2	0,0	141	3,0	18	0,4	142	3,0	169	3,5
	Subtotal	47	1,0	5	0,1	174	3,7	20	0,4	376	7,9	246	5,2
Medio	Muy valiosas	1	0,0	1	0,0	3	0,1	0	0,0	30	0,6	5	0,1
	Valiosas	30	0,6	14	0,3	44	0,9	0	0,0	298	6,3	88	1,8
	Poco valiosas	21	0,4	12	0,3	36	0,8	2	0,0	180	3,8	71	1,5
	Sin valor comercial	60	1,3	71	1,5	216	4,5	7	0,1	341	7,2	354	7,4
	Subtotal	112	2,4	98	2,1	299	6,3	9	0,2	849	17,8	518	10,9
Bajo	Muy valiosas	2	0,0	1	0,0	8	0,2	0	0,0	23	0,5	11	0,2
	Valiosas	59	1,2	19	0,4	71	1,5	0	0,0	569	12,0	149	3,1
	Poco valiosas	41	0,9	13	0,3	61	1,3	0	0,0	323	6,8	115	2,4
	Sin valor comercial	187	3,9	98	2,1	454	9,5	36	0,8	807	17,0	775	16,3
	Subtotal	289	6,1	131	2,8	594	12,5	36	0,8	1722	36,2	1050	22,1
Total General		448	9,4	234	4,9	1067	22,4	65	1,4	2947	61,9	4761	100,0

Según el cuadro anterior es necesario plantear un tratamiento silvicultural con el objeto de buscar inducir variaciones en la estructura del bosque, con miras a fortalecer el establecimiento de la regeneración natural e incrementar el crecimiento

de los individuos de especies comerciales. De acuerdo a lo propuesto por Quesada y Solís (2000) citado por Quesada (2003), el porcentaje de infestación por bejuco encontrado en la zona, amerita realizar el tratamiento mediante la operación corta de bejucos, porque sobre pasa el 25% de infestación a los árboles.

La intensidad del incendio forestal determina cambios en el comportamiento de la estructura boscosa, uno de los indicadores es la proliferación de bejucos advertido en varios estudios (Woods 1989 y Pinard *et al.* 1999 citado por Mostacedo *et al.* 1999), en el caso de Santa Ana alcanzo un 38,1% de todos los individuos están infestados por bejucos esto es debido a la intensidad del incendio forestal.

4.12. Posicion de copa de la regeneracion natural, especies potenciales y aprovechables

Se realizó el análisis de la posición de copa según los criterios de Clark y Clark (1987), para identificar la proyección de luz solar que tienen las copas de los individuos de la regeneración natural y árboles establecidos, esta información nos permitirá definir si es que las especies tienen necesidad de algún tratamiento silvicultural.

Como es de conocimiento los bosques están en continuo desarrollo, esto hace que las especies arbóreas se encuentren en una continua competencia en busca del dosel superior para conseguir mejor iluminación, dada esta situación los bosques se mantienen densos llegando unas veces a tener un dosel muy cerrado, por este motivo es necesario conocer el grado de iluminación con la que cuentan los individuos de interés comercial. Los resultados del análisis de la posición de copa se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 14. Posición de copa de la regeneración natural, especies establecidas fustal, potencial y arboles aprovechables según la categorización de Clark y Clark (1987)

Estadio de regeneracion	Tipo de iluminacion de copas (Luz solar)								Total	%
	Iluminacion buena			Iluminacion regular		Iluminacion mala				
	Emergente (5)	Plena vertical (4)	%	Vertical Parcial (3)	%	Iluminacion lateral (2)	Suprimido (1)	%		
Latizal	103	307	72,82	140	24,87	9	4	2,31	563	18,2
Fustal	1.019	731	94,34	98	5,28	5	2	0,38	1.855	60,1
Potencial	409	91	99,01	5	0,99	0	0	0,00	505	16,4
Aprovechable	157	5	100,00	0	0,00	0	0	0,00	162	5,3
Total general	1.688	1.134	91,47	243	7,88	14	6	0,65	3.085	100,0
%	54,7	36,8		7,9		0,5	0,2		100,0	

Según los resultados del cuadro 14, el 91,5% de los individuos poseen una iluminación buena, el 7,9 % de los individuos tienen iluminación regular y solo el 0,6% de los individuos se encuentran bajo iluminación deficiente.

Haciendo una sumatoria de los porcentajes de individuos con iluminacion buena y regular se estaria contando en general con un 99,35% de individuos que se estan desarrollando en condiciones de iluminacion aceptable. La mayor concentracion de individuos con exposicion solar es buena. Para la regeneracion latizal, regeneracion establecida fustal, los potenciales y aprovechables por su buena iluminacion no hace necesario plantear la liberacion como tratamiento silvicultural.

4.13. Índices de similitud

Se planteó realizar dos índices de similitud la primera de Sorensen basado en la presencia de especies, donde todas tienen un peso igual en la ecuación independiente de ser raras o abundantes. La segunda el índice de Morisita Horn basada en la dominancia de las especie dando mayor peso a las de más abundancia, esto se realizó para determinar la similitud entre los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana.

Cuadro 15.Resultados de los índices de similaridad cuantitativa de Morisita Horn y el índice cualitativo de Sorensen entre los estratos del Bosque de producción de Santa

Ana

Estadio de la Regeneración Natural	Comparación entre los tratamientos	aN	bN	IM (%)	IS (%)
BRINZALES	Alto-Medio	243	468	85,81	60,20
	Alto-Bajo	243	965	80,21	36,09
	Medio-Bajo	468	965	89,71	59,18
LATIZALES	Alto-Medio	44	187	97,13	35,50
	Alto-Bajo	44	332	97,21	22,87
	Medio-Bajo	187	332	99,49	67,05
FUSTALES	Alto-Medio	275	497	96,08	66,58
	Alto-Bajo	275	1083	92,60	40,06
	Medio-Bajo	497	1083	98,96	61,90
POTENCIALES	Alto-Medio	18	228	46,96	13,82
	Alto-Bajo	18	259	44,20	13,00
	Medio-Bajo	228	259	77,80	65,71
APROVECHABLES	Alto-Medio	12	73	25,57	25,88
	Alto-Bajo	12	77	47,64	24,72
	Medio-Bajo	73	77	59,32	53,33

Se encontró un alto grado de similitud según el índice de Morisita Horn basada en la dominancia de las especie entre los estratos boscosos (alto, medio y bajo) para los estadios brinzales, latizal y fustal. Comparando entre los árboles establecidos solo en los potenciales entre el bosque medio y bajo hay un cierto grado de similitud (77,80%), en los demás no hay un grado de similitud.

En el análisis de similitud según Sorensen basado en la presencia de especies, donde todas tienen un peso igual en la ecuación independiente de ser raras o abundantes se encontró que existe diferencias significativas entre la composición de especies entre los estratos alto-bajo para los estadios brinzal y fustal, entre los estratos alto-medio y alto-bajo para los estadios latizal, árboles establecidos potencial y aprovechable por ser menores al 50% de similitud. Hay cierto grado de similitud por tener índices entre el 50 al 70% en los brinzales para la comparación de los estratos alto-medio y medio-bajo, para los latizales medio-bajo, para los fustales alto-medio y medio-bajo, para los potenciales y aprovechables en los estratos medio-bajo.

4.14. Análisis estadístico

4.14.1. Estadística descriptiva

Para la realización de los análisis respectivos se tomó en consideración como parámetro principal la abundancia de la regeneración natural y árboles establecidos, los cálculos realizados consistieron básicamente en realizar un análisis descriptivo de las variables estadísticas para la comparación de los resultados entre la población muestral y conocer su distribución normal, este parámetro es muy útil para decidir el tipo de análisis estadístico a utilizar.

En el cuadro 16, se aprecia los resultados de la estadística descriptiva para cada estadio de regeneración natural y árboles establecidos, en cuanto a las medidas de tendencia central como la media y mediana, las especies en estado brinzal poseen medias de 33,60 arb/ha, 2,83 arb/ha para el estado latizal, 0,36 arb/ha en fustales y 0,20 arb/ha entre las especies potenciales y aprovechables o de clases mayores.

Se estimaron medianas de 32,00 para las especies brinzales, 2,75 para el estado fustal, 0,28 para las especies fustales y 0,14 entre las especies potenciales y aprovechables.

La asimetría es una medida que nos permite identificar si los datos se distribuyen de forma uniforme alrededor del punto central (media), para tal efecto los coeficientes de asimetría nos permitirán determinar las características de la distribución de datos y mediante la medida de kurtosis determinamos el grado de agudeza o achatamiento de la distribución la cual también se encuentra en función al grado de concentración que presentan los valores en la región central, estas dos medidas son las principales medidas de forma de la distribución de una población muestral. (Ver Anexo 11 y 12)

Cuadro 16. Estadística descriptiva de la abundancia (arb/ha) de la regeneración natural y árboles establecidos

Variables estadísticas	Brinzal	Latizal	Fustal	Pot+Apro
-------------------------------	----------------	----------------	---------------	-----------------

n	100	100	100	100
Media	33,60	2,83	0,36	0,20
Desv. Estandar	15,69	1,72	0,26	0,16
Varianza	246,22	2,96	0,07	0,03
Error	1,57	0,17	0,03	0,02
C. Variación	46,70	60,80	72,77	79,41
Mediana	32,00	2,75	0,28	0,14
Max	82,00	7,50	1,68	0,68
Min	0,00	0,00	0,00	0,00
Coefficiente de Asimetría	0,58	0,36	2,05	1,29
Kurtosis	0,17	-0,26	5,98	1,06
Probabilidad (0,05%)	14,00	0,00	0,05	0,03

De acuerdo al histograma de las medias de las abundancias, el estadio brinzal posee una asimetría positiva o a la derecha, debido a que su coeficiente de asimetría es mayor a cero ($0,58 > 0$), por lo que la distribución de los datos se encuentra más desplazados hacia la derecha de la media. En cuanto a la medida de kurtosis el estadio brinzal posee un valor menor a tres ($0,17 < 3$), por lo cual la distribución de los datos en este estadio poseen una kurtosis de tipo platicurtica con medias de abundancias que tienen un reducido grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable. (Figura 10)

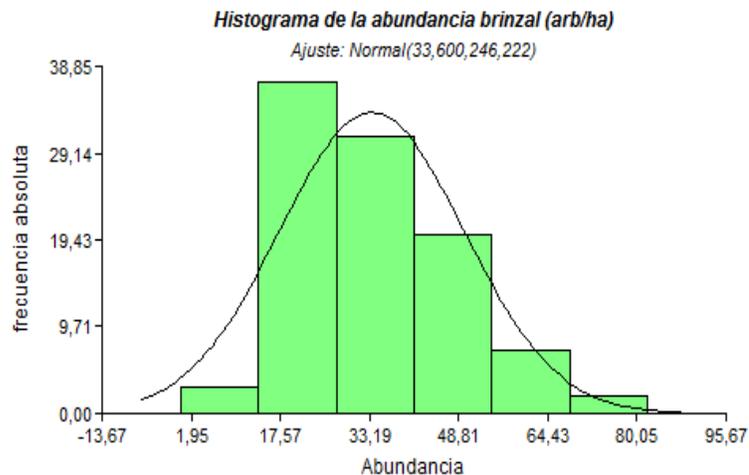


Figura 10. Histograma de las medias de las abundancias (arb/ha) del estadio brinzal

Para el estadio latizal existe una mayor concentración de datos hacia el lado derecho de la media, es decir que la distribución de los datos es asimétrica positiva, con un coeficiente de asimetría mayor a cero ($0,36 > 0$). De acuerdo al valor obtenido de la medida de kurtosis las medias de las abundancias (arb/ha) posee una distribución de tipo platicurtica ($-0,26 < 3$) con menor grado de concentración alrededor de la tendencia central de distribución (Figura 11). De acuerdo a la figura 12, el estadio fustal también presenta una asimetría positiva o a la derecha, con coeficiente de asimetría de 2,05 por tanto mayor a cero. La distribución posee una kurtosis de tipo leptocurtica, ya que la medida de kurtosis de su abundancia (arb/ha) es mayor a tres ($5,98 > 3$), dado este caso los datos presenta un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable.

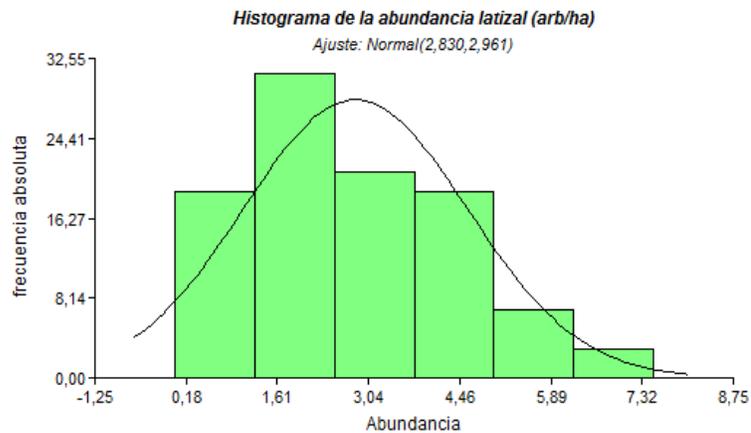


Figura 11. Histograma de las medias de abundancias (arb/ha) del estadio latizal

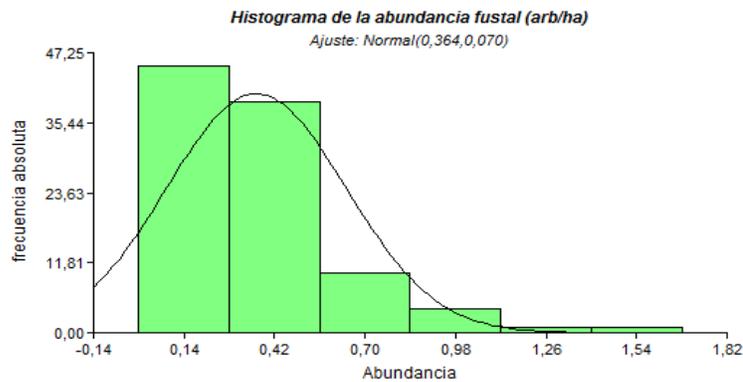


Figura 12. Histograma de las medias de las abundancias del estadio fustal

Por otra parte las medias de las abundancias entre los árboles potencial y aprovechable poseen una asimetría positiva, de acuerdo al histograma existe un mayor sesgo de la distribución hacia la derecha de la media, con coeficiente de asimetría mayor a cero ($1,29 > 0$). El valor de kurtosis para estos estados es de 1,06 puesto que es menor a 3 la distribución de la abundancia de los estados tiene una Kurtosis de tipo platicurtica. (Figura 13)

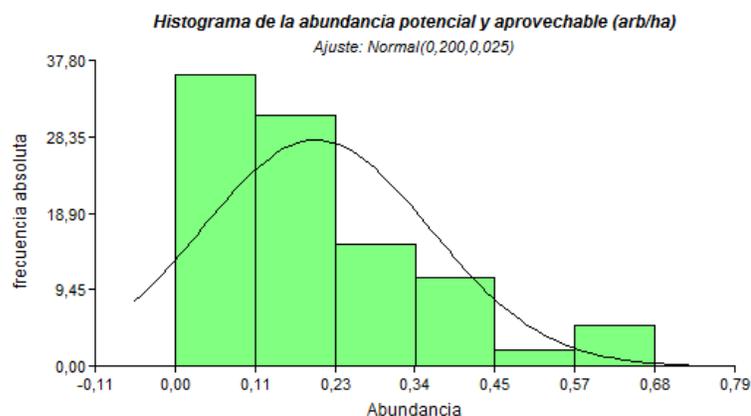


Figura 13. Histograma de las medias de las abundancias (arb/ha) entre los árboles potencial y aprovechable

Según las medidas de tendencia central y el análisis de los histogramas la población muestral no es simétrica ya que la distribución de los datos presenta un sesgo o desplazamiento positiva en todos los casos y no poseen una kurtosis mesocurtica o de concentración normal, por lo cual la población no se ajusta a una distribución normal, para comprobar este supuesto se someterán los datos a una prueba de normalidad mediante la prueba no paramétrica de Kolmogorov.

4.14.2. Prueba de Normalidad

Antes de someter los datos a un análisis estadístico para la comparación de abundancias, primero se sometieron a un análisis de normalidad utilizando la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov, bajo la siguiente hipótesis planteada:

H₀= los datos tienen distribución normal.

H_a= los datos no tienen distribución normal.

Cuadro 17. Prueba de normalidad de Kolmogorov de la abundancia (arb/ha) de los estadios de regeneración natural y árboles establecidos

Variable	Ajuste	Media	Varianza	n	Estadístico D	p-valor
Abundancia Brinzal	Normal (34,34)	33,6	246,22	100	0,32	0,0001
Abundancia Latizal	Normal (3,3)	2,83	2,96	100	0,13	0,0749
Abundancia Fustal	Normal (0,4 , 0,4)	0,36	0,07	100	0,26	0,0001
Abundancia Pot + Apro	Normal (0,3 , 0,3)	0,2	0,03	100	0,32	0,0001

Según los resultados del cuadro 17, de la prueba de normalidad de Kolmogorov a un nivel de confianza del 95%, comparando las abundancias (arb/ha) para el estadio brinzal se tuvo un valor de $P= 0,0001$ como $P < 0,05$, de acuerdo a este resultado se rechaza la hipótesis nula indicando que la población no posee una distribución normal. Comparando las abundancias (arb/ha) para el estadio latizal, se tuvo un valor de $P= 0,0749$ como $P > 0,05$, se acepta la hipótesis nula para la población de las especies en estadio latizal mencionando que la misma sigue una distribución normal.

La prueba de normalidad para el estadio fustal nos dio un valor de $P=0,0001$, como $P < 0,05$, se rechaza la hipótesis nula que indica que la población tiene una distribución normal y se acepta que la hipótesis alternativa estableciendo que su población no sigue una distribución de tipo normal. Los resultados de la prueba de normalidad para los árboles potenciales y aprovechables indican que el valor de $P=0,0001$, según este resultado $P < 0,05$, por tanto se rechaza la hipótesis nula, la población no tiene una distribución normal.

4.14.3. Comparación de medias entre un área quemada (Santa Ana) y un muestreo sin quemar (Don Víctor)

Debido a que la población muestral no posee una distribución normal se determinó aplicar un análisis estadístico no paramétrico para dos muestras independientes mediante la prueba de Wilcoxon (Mann-Whitney U) utilizando el infostat (versión 2008), a fin de comparar las abundancias (arb/ha), área basal (m²/ha) y volumen (m³/ha) de las especies potenciales y árboles aprovechables de la concesión Don Víctor, los cuales fueron tomados las muestras antes de que el bosque fuera afectado por los incendios forestales y el bosque afectado de Santa Ana después del incendio forestal.

- **Análisis estadístico de la abundancia (arb/ha), área basal (m²/ha) y volumen (m³/ha) de las especies potenciales y árboles aprovechables de la concesión Don Víctor y Santa Ana**

El análisis estadístico se realizó bajo la siguiente hipótesis:

Ho: Las muestras poseen igual abundancia, área basal y volumen entre el bosque quemado de Santa Ana y el Bosque antes del incendio forestal de Don Víctor.

Ha: Las muestras no poseen la misma abundancia, área basal y volumen entre el bosque quemado de Santa Ana y el Bosque antes del incendio forestal de Don Víctor.

Los resultados del análisis están en el siguiente cuadro:

Cuadro 18. Resultados estadísticos de la prueba de Wilcoxon (Mann-Whitney U) aplicados a la abundancia (arb/ha), área basal (m²/ha) y volumen (m³/ha) entre las zonas Don Víctor y Santa Ana

Clasificación	Variable	Don Víctor (1)	Santa Ana (2)	n (1)	n (2)	Media (1)	Media (2)	DS (1)	DS (2)	W	P
Potencial	Abundancia (arb/ha)	Bosque no quemado	Bosque quemado	98	100	0,57	0,17	0,41	0,14	12827,50	0,0001
	Área basal (m ² /ha)	Bosque no quemado	Bosque quemado	98	100	0,04	0,01	0,03	0,01	13195,00	0,0001
	Volumen (m ³ /ha)	Bosque no quemado	Bosque quemado	98	100	0,19	0,04	0,13	0,05	13490,50	0,0001

Aprovechable	Abundancia (arb/ha)	Bosque no quemado	Bosque quemado	98	100	0,08	0,03	0,06	0,03	12818,50	0,0001
	Área basal (m ² /ha)	Bosque no quemado	Bosque quemado	98	100	0,03	0,01	0,02	0,01	12489,50	0,0001
	Volumen (m ³ /ha)	Bosque no quemado	Bosque quemado	98	100	0,19	0,08	0,16	0,11	12266,00	0,0001

De acuerdo a los resultados del análisis estadístico Wilcoxon (Mann-Whitney U) del cuadro 18, con un nivel de confianza al 95%, comparando los parámetros (abundancia arb/ha, área basal m²/hectárea, y volumen m³/hectárea) de las especies potenciales y árboles aprovechables entre el bosque quemado de Santa Ana y el bosque antes del incendio forestal de Don Víctor, se tuvo un valor de $P=0,0001$ para ambos casos, como $P < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula indicando que las muestras poseen abundancias, áreas basales y volúmenes diferentes y se acepta la hipótesis alternativa. Lo que nos demuestra que los incendios forestales causaron un fuerte impacto en el bosque, especialmente en las especies con diámetros cercanos y con diámetros mayores al DMC, causando una variabilidad significativa en los valores de las variables dasométricas analizadas.

4.14.4. Análisis estadístico de la abundancia (arb/ha), área basal (m²/ha) y volumen (m³/ha) entre los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana

Para realizar una comparación de abundancias (arb/ha), área basal (m²/ha) y volumen (m³/ha) entre los estratos boscosos alto, medio y bajo del bosque de producción de Santa Ana se aplicó un análisis no paramétrico por vía ANAVA propuesto por Kruskal y Wallis utilizando el Infostat (versión 2008), mediante la siguiente hipótesis:

Ho: Las muestras de los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana poseen abundancias, áreas basales y volúmenes iguales.

Ha: Las muestras de los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana poseen abundancias, áreas basales y volúmenes diferentes.

- **Análisis de la abundancia (arb/ha) entre los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana**

Los resultados del análisis estadístico están en el siguiente cuadro:

Cuadro 19. Resultados del análisis estadístico (Kruskal Wallis) aplicado a la abundancia (arb/ha) de los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana

Variable	Estrato	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	P
Arb/ha	Alto	11	7,42	2,20	6,97	2	59,98	<0,0001
	Medio	62	1,19	0,49	1,05			
	Bajo	27	3,35	1,64	3,21			

Según los resultados del análisis estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis con un nivel de confianza al 95% se obtuvo un valor de $P < 0,05$, de acuerdo a este valor rechazamos la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que menciona que entre los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana las abundancias (arb/ha) son diferentes.

Comparación de rangos de las medias:

Estrato	Ranks	
Bajo	33,58	A
Medio	71,74	B
Alto	93,73	C

Según la comparación de los rangos de las medias de la abundancia (arb/ha) entre los estratos boscosos (alto, medio y bajo) de Santa Ana, presentan letras diferentes ($P < 0,05$) esto significa que las medias son significativamente diferentes entre sí.

- **Análisis estadístico del área basal (m^2/ha) entre los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana**

Los resultados del análisis estadístico se presentan en el cuadro 20:

Cuadro 20. Resultado del análisis estadístico (Kruskal Wallis) aplicado al área basal (m^2/ha) de los estratos boscosos del bosque producción de Santa Ana

Variable	Estrato	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	P
m^2/ha	Alto	11	0,19	0,10	0,13	2	49,91	<0,0001
	Medio	62	0,04	0,03	0,03			
	Bajo	27	0,15	0,10	0,13			

De acuerdo a los resultados del análisis estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis con un nivel de confianza al 95% aplicado a las áreas basales (m^2/ha) de los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana se obtuvo un valor de $P < 0,05$, según este resultado rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa mencionando que las áreas basales de los estratos boscosos son diferentes.

Comparación de rangos de las medias:

Estrato	Ranks	
Bajo	34,60	A
Medio	73,54	B
Alto	83,55	B

Según la comparación de los rangos de las medias del área basal (m^2/ha) entre los estratos boscosos (alto, medio y bajo) de Santa Ana, el estrato bajo es significativamente diferente con respecto a los estratos medio y alto mientras que la comparación de medias del área basal (m^2/ha) entre el estrato medio y el estrato alto no son significativamente diferentes entre sí, por lo que presentan letras comunes.

- **Análisis estadístico del volumen (m³/ha) de los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana**

El siguiente cuadro muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Kruskal Wallis aplicado al volumen (m³/ha) de los estratos boscosos alto, medio y bajo del bosque de producción de Santa Ana:

Cuadro 21. Resultado del análisis estadístico (Kruskal Wallis) aplicado al volumen (m³/ha) de los estratos boscosos del bosque de producción de Santa Ana

Variable	Estrato	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	P
m ³ /ha	Alto	11	1,34	0,89	0,86	2	53,03	<0,0001
	Medio	62	0,17	0,18	0,12			
	Bajo	27	0,83	0,60	0,74			

Como se demuestra en el cuadro 21, los resultados del análisis estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis con un nivel de confianza al 95% aplicado al volumen (m³/ha) de los diferentes estratos boscosos de Santa Ana, se obtuvo un valor de P<0,05, este resultado nos permite rechazar la hipótesis nula e indicar que entre los estratos boscosos (alto, medio y bajo) del bosque de producción de Santa Ana los volúmenes (m³/ha) son diferentes

Comparación de rangos de las medias:

Estrato	Ranks	
Bajo	34,12	A
Medio	74,19	B
Alto	84,68	B

Según la comparación de los rangos de las medias del volumen m³/hectárea entre los estratos boscosos de Santa Ana, el estrato bajo posee una media de volumen significativamente diferente a las medias de volumen de los estratos medio y alto, correspondiéndole una letra diferente, por su parte los estratos medio y alto poseen

medias de volumen (m^3/ha) que entre si no son significativamente diferentes, por efecto ambos estratos poseen letras comunes.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El bosque de Santa Ana se encuentra en un estado de sucesión intermedia de maduración, ocasionado por un factor de origen causado por el hombre como son los incendios forestales esto ha provocado la caída de los árboles maduros, generando grandes claros. Por este motivo se observa poca abundancia en árboles mayores a 50 cm de DAP y una gran presencia en las clases diamétricas menores.
- La estructura de los bosques aunque es formada por fuerzas naturales como el viento, fuego natural y la sucesión vegetal, está fuertemente relacionada con la composición florística y también es afectada por el manejo forestal (McComb *et al.* 1993 citado por Villegas *et al.* 2008). El análisis y comparación de la estructura horizontal y vertical del Bosque de Santa Ana (muestreo después del incendio) y Don Víctor (muestreo antes del incendio) junto con otros estudios han permitido concluir que este bosque ha cambiado estructuralmente por el incendio forestal.
- La estructura de la población no muestra una distribución negativa exponencial o un patrón de “J” invertida, presenta muchos árboles pequeños en las clases diamétricas menores y no tiene una disminución continua de los individuos/ha para las clases mayores de tamaño, más bien hay una disminución drástica de individuos/ha. Esto hace que sea difícil someter a una especie o grupo de especies, a un sistema policíclico donde se aprovecha cierta cantidad de árboles mayores del diámetro mínimo de corta (DMC), cuando la abundancia en los diámetros mayores es insuficiente, según Lamprecht (1990), plantea que se debe asegurar el volumen suficiente para la primera cosecha de manera de garantizar el éxito económico el primer ciclo de corta. El área no está en condiciones para ingresar en producción de forma inmediata.

- El Bosque de Santa Ana presenta poca abundancia de arboles aprovechables, en sus clases diamétricas menores solo se encontró 987,88 arb/ha sumando los brinzales, latizales y fustales es demasiado bajo, a lo encontrado en el bosque subhúmedo de transición que tiene un promedio entre 5,230 a 7,750 plántulas por hectárea de especies comerciales, entre bosques aprovechados con intensidad normal (Mostacedo 2007 citado por Villegas *et al.* 2008).
- La oferta en arboles totales de Don Víctor (muestreo en área no quemada) es de 6,26 arb/ha y la oferta después del incendio en Santa Ana (área quemada) se redujo a 1,48 arb/ha. Si se reduce el factor de seguridad del 20% , la oferta disponible es del 1,19 arb/ha a esto se aplica la reducción del 15% de merma, la oferta del bosque de Santa Ana solo quedaría para aprovechar 1,01 arb/ha esto en volumen solo es el 3,78 m³/hectárea con esto se concluye que es un área pobre de poco interés comercial.
- De los grupos comerciales las especies sin valor comercial y poco valiosas son el 73,03% de la abundancia total, mientras que las especies valiosas y muy valiosas solo representan el 26,97% de la abundancia total.
- El bosque de Santa Ana se encuentra formado en su mayoría por especie Heliofitas, sumando las Heliofitas efímeras y Duraderas su abundancia es un 75,80 %. La abundancia de las especies esciofitas parciales y totales solo representa el 23,17 %.
- La apertura de iluminación directa del 99,35% en el bosque hace notar la severidad del incendio forestal (grado de perturbación de la vegetación) en la perturbación de la masa boscosa. Pero alrededor de las zonas quemadas está cubierto de bosque y hay una disponibilidad de semillas (regeneración avanzada, rebrote, banco de semillas, inmigración de semillas) que permitirán un rápido repoblamiento y restauración del bosque. Por su buena iluminación, la liberación y refinamiento no es un tratamiento silvicultural importante a implementar en el bosque productivo de Santa Ana.

- El 61,9 % de la población está constituida por árboles libres de bejucos y el 38,1 % de los árboles mostraron algún grado de infestación de bejucos que afectan su crecimiento de una u otra manera. Este porcentaje de infestación hace necesario plantear la aplicación del tratamiento silvicultural de corta de bejucos de una forma moderada durante el proceso de la ejecución del censo forestal y el aprovechamiento.
- Se encontró un alto grado de similitud según el índice de Morisita para los estados brinzales, latizal y fustal. Comparando entre los árboles establecidos solo en los potenciales entre el bosque medio y bajo hay un cierto grado de similitud (77,80%), en los demás no hay un grado de similitud (bosque alto-bosque medio y bosque alto- bosque bajo). También se concluye que no hay similitud de árboles aprovechables entre los diferentes estratos.
- En el análisis de similitud de Sorensen se encontró que existe un cierto grado de similitud por tener índices entre el 50 al 70% en los brinzales para la comparación de los estratos alto-medio y medio-bajo, para los latizales en la comparación medio-bajo, en los fustales en la relación alto-medio y medio-bajo y para los potenciales y aprovechables en los estratos medio-bajo.
- De acuerdo a los resultados del análisis estadístico Wilcoxon (Mann-Whitney U) con un nivel de confianza al 95%, comparando los parámetros (arb/ha, área basal m^2 /hectárea, y volumen m^3 /hectárea) de los árboles potenciales y aprovechables entre el bosque quemado de Santa Ana y el Bosque antes del incendio forestal de Don Víctor, se tuvo un valor de $P= 0,0001$ para ambos casos, como $P < 0,05$, nos demuestra que los incendios forestales causaron un fuerte impacto en el bosque, especialmente en las especies con diámetros cercanos y con diámetros mayores al DMC, causando una variabilidad significativa en los valores de las variables dasométricas analizadas.
- Según Kruskal Wallis con un nivel de confianza al 95%, se comparó los parámetros arb/ha, área basal m^2 /ha, y volumen m^3 /ha de los estratos alto,

medio y bajo de Santa Ana, se tuvo un valor de $P= 0,0001$ para todos los casos, como $P<0,05$ entre los estratos boscosos se concluye que son diferentes los valores de las variables dasométricas analizadas.

- En la comparación de los rangos de las medias de la abundancia (arb/ha) entre los estratos boscosos (alto, medio y bajo) de Santa Ana ($p<0,05$) presentan letras diferentes esto significa que las medias son significativamente diferentes. Comparando las medias del área basal (m^2/ha), el estrato bajo es significativamente diferente de los estratos medio y alto. Mientras que la comparación de medias del área basal (m^2/ha), entre el estrato medio y el estrato alto estadísticamente son iguales. Comparando las medias $m^3/hectárea$, el estrato bajo posee una media de volumen significativamente diferente al resto de los estratos. El bosque alto y el bosque medio poseen medias de $m^3/hectárea$ que estadísticamente son iguales.

5.2. Recomendaciones

- Se debe mejorar la definición de los estratos para el próximo estudio debido a que en el terreno se tuvo mucha dificultad de saber cuál es bosque alto y bosque bajo, todo parecía igual debido al incendio forestal. En gabinete se decidió adjudicar en función a las coordenadas de las parcelas y a una estratificación anterior al incendio forestal.
- Se recomienda elaborar y ejecutar un plan silvicultural para el bosque de Santa Ana donde se defina las especies comerciales que se quiere favorecer, en función a dos factores importantes el primero el valor de la especie y el segundo el crecimiento. Las mismas deben ser enriquecidas y liberadas de bejucos.
- Para el enriquecimiento se debe favorecer las condiciones de los micrositios creados por la apertura de claros debido al incendio forestal, mediante una escarificación de suelos y eliminación de la vegetación competidora, asegurándose que estén cerca de un árbol semillero. Así como también efectuar el seguimiento correspondiente para controlar el desarrollo y analizar el crecimiento de las principales especies comerciales enriquecidas.
- Para financiar el plan silvicultural y evitar mayores pérdidas de las especies aprovechables en las áreas afectadas por el incendio forestal que todavía no fueron extraídas su madera, se recomienda aprovechar en corto plazo para evitar el deterioro de los árboles que aún están en pie, antes de un deterioro tecnológico de las mismas
- Es necesario evitar los incendios repetidos en los bosques de la organización forestal comunitaria Santa Ana para esto se recomienda elaborar y ejecutar un buen plan de protección, porque los incendios forestales son perjudiciales, debido a que es uno de los factores principales del empobrecimiento de la biodiversidad en los ecosistemas de los bosques.