

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO FORESTAL PARA  
FINES DE APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DEL  
BOSQUE COMUNAL DE LA ALDEA LA CONCORDIA,  
TOTONICAPÁN”.

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por

Jeremías José Tumax Alvarez

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología

Agroforestal

Guatemala

2016



“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO FORESTAL PARA  
FINES DE APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DEL  
BOSQUE COMUNAL DE LA ALDEA LA CONCORDIA,  
TOTONICAPÁN”.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO FORESTAL PARA  
FINES DE APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DEL  
BOSQUE COMUNAL DE LA ALDEA LA CONCORDIA,  
TOTONICAPÁN”.

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por

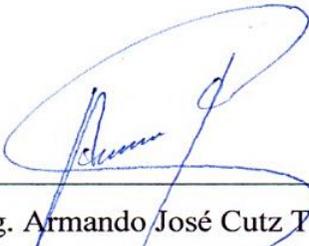
Jeremías José Tumax Alvarez

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología  
Agroforestal

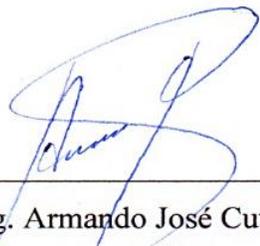
Guatemala

2016

Vo. Bo.:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Armando José Cutz Tax  
Asesor de tesis

Tribunal Examinador:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Armando José Cutz Tax  
Asesor de tesis

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Edwin Valentín Gómez Tihuilá  
Primer examinador de terna

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Alberto Olmó Lapeña  
Segundo examinador de terna

Fecha de aprobación: Guatemala 16 de noviembre de 2016.

## PREFACIO

La realización del presente trabajo surgió a través de la problemática del uso irracional de los recursos naturales en la aldea La Concordia del departamento de Totonicapán, dado a la falta de información sobre manejo forestal, los pobladores desconocen la importancia de preservar el bosque como fuente de bienes y servicios. Cabe mencionar que el bosque no ha recibido ningún tratamiento silvícola que permita la sostenibilidad de los recursos naturales. Debido a esta necesidad se toma la iniciativa de proponer un plan de manejo forestal como un aporte técnico que oriente a los pobladores sobre las prácticas silviculturales como método de uso racional de los recursos naturales de la comunidad.

Este documento va dirigido para las autoridades comunales para impulsar la cultura de conservación de bosques, garantizando la disponibilidad de los recursos naturales en el futuro. Con este aporte se tiene la satisfacción de promover cambios a nivel comunitario y a nivel nacional como un reto de todos.

Primeramente agradecido con Dios como dador de la sabiduría y por la oportunidad de llevarse a cabo este trabajo, al asesor de tesis Ing. Agr. Armando Cutz por sus conocimientos y experiencias aportadas al enriquecimiento de este trabajo, al señor alcalde comunal Juan Francisco García García, al señor vice-alcalde comunal Juan Ismael Say Huitz, al señor secretario comunal Dregar Francisco Salinas Say por la oportunidad brindada durante el proceso, de la misma manera agradezco a mis padres, hermanos, abuelos y amigos que me han apoyado incondicionalmente durante mi formación académica.

# CONTENIDO

	Página
PREFACIO.....	vi
CONTENIDO.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
A. General.....	2
B. Específicos.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. COBERTURA FORESTAL EN CENTRO AMÉRICA.....	4
1. Los servicios forestales en Centro América.....	4
2. Iniciativas para la formulación de planes de manejo en Centroamérica.....	5
3. Normativas de elaboración de planes de manejo en Centro América.....	6
4. Implementación del manejo forestal en los países de Centro América.....	7
B. MANEJO FORESTAL.....	9
1. Naturaleza y objetivos del manejo forestal.....	10
2. Principios y conceptos para propiciar el manejo forestal sostenible.....	10
3. El bosque normal o ideal.....	11
4. Persistencia, rentabilidad y máximo rendimiento.....	14
5. La función de producción y valoración.....	14
6. División natural del bosque.....	15
7. División administrativa.....	17
8. Edad de rotación.....	18
9. El crecimiento, rendimiento e incremento.....	18
10. La densidad final.....	19
11. La calidad de sitio.....	19
12. Formulación del plan de manejo forestal.....	19
13. Silvicultura.....	24
14. El plan de manejo forestal.....	30

C.	LA FORESTERÍA COMUNITARIA EN GUATEMALA.....	32
1.	¿Qué es la forestaría comunitaria?.....	32
2.	Definición de forestería comunitaria.....	32
3.	Teoría de bienes comunes.....	32
4.	Experiencias de forestería comunitaria.....	33
5.	Parcialidad Ajpacajá: Gestión del territorio y gobierno local.....	34
6.	Retos de la forestaría comunitaria frente a la legislación vigente.....	35
7.	Normas y principios aplicados en la forestaría comunitaria.....	37
8.	Uso y manejo de los recursos naturales.....	38
9.	Protección y conservación de los recursos naturales.....	38
10.	Alternativas para la permanencia y producción de los bosques.....	39
D.	DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS ZONAS DE MONTAÑA.....	39
E.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ALDEA LA CONCORDIA, TOTONICAPÁN.....	40
1.	Topografía.....	40
2.	Hidrología.....	40
3.	Flora.....	40
4.	Fauna.....	41
5.	Recursos edáficos.....	42
6.	Manejo y aprovechamiento de los recursos naturales de la comunidad.....	42
V.	METODOLOGÍA.....	43
A.	Localización del área de estudio.....	43
B.	Diseño experimental.....	45
1.	Modelo estadístico.....	45
2.	Distribución sistemático de parcelas de muestreo.....	46
3.	Distribución de bloques.....	47
VI.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	49
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
A.	Inventario forestal del área de estudio.....	50
B.	Análisis estadísticos del DAP, altura, volumen y área basal.....	53
C.	Propuesta del programa de mitigación de los riesgos potenciales en el bosque natural.....	57
1.	La mitigación de deslaves.....	57
2.	Medidas de prevención y mitigación de incendios forestales.....	59
3.	Protección contra plagas y enfermedades.....	63

D.	Propuesta de un plan de repoblación forestal para la protección de fuentes hídricas.....	68
1.	Los conocimientos ancestrales.....	68
2.	Adaptación a los conocimientos ancestrales.....	68
3.	Lineamientos técnicos para la repoblación forestal.....	68
4.	Recomendaciones técnicas para la repoblación forestal.....	69
E.	Propuesta para el establecimiento de un vivero comunal con especies autóctonas.....	71
1.	Se recomienda contar con las siguientes áreas.....	71
2.	Establecimiento del vivero.....	72
3.	Preparación del sitio.....	72
VIII.	CONCLUSIONES.....	79
IX.	RECOMENDACIONES.....	80
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	81
XI.	ANEXOS.....	84

## LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Cobertura forestal de Centro América.....	4
Cuadro 2. Los servicios forestales en Centro América.....	5
Cuadro 3. Normativas vigentes de preparación de planes de manejo en Centro América.....	6
Cuadro 4. Estratificación propuesta por FAO.....	15
Cuadro 5. Estratos o clase de desarrollo.....	16
Cuadro 6. Dimensiones de parcelas según tamaño y forma.....	22
Cuadro 7. Tamaño de parcela según clase de desarrollo y estructura del bosque.....	22
Cuadro 8. Especificaciones técnicas de construcción de camino (camino principal).....	29
Cuadro a. Profundidad de balastre necesaria.....	29
Cuadro 9. Especificaciones técnicas de construcción de camino (vías de saca).....	30
Cuadro 10. Especificaciones técnicas de construcción de camino.....	30
Cuadro 11. Principios que permiten la permanencia de los recursos de propiedad común.....	32
Cuadro 12. Principios y definiciones para la gestión de recursos de propiedad común.....	33
Cuadro 13. Parcialidad Ajpacajá: Principios y definiciones de la gestión comunitaria.....	35
Cuadro 14. Descripción de flora de la aldea La Concordia, Totonicapán.....	40
Cuadro 15. Descripción de fauna de la aldea La Concordia, Totonicapán.....	41
Cuadro 16. Distribución de bloques.....	48
Cuadro 17. Resultados obtenidos en campo respecto al inventario forestal.....	50
Cuadro 18. Cálculos matemáticos sobre árboles/ha y volumen en m <sup>3</sup> /ha.....	51
Cuadro 19. Resultados del incremento corriente y medio anual.....	52
Cuadro 20. Volumen proyectado y valor económico de las especies forestales.....	53
Cuadro 21. Resultados obtenidos de los DAP.....	53
Cuadro 22. Análisis de varianza para DAP.....	53
Cuadro 23. Resultados obtenidos de altura de árboles.....	54
Cuadro 24. Análisis de varianza para altura.....	54
Cuadro 25. Prueba de medias de Tukey acerca de la altura.....	54
Cuadro 26. Presentación de resultados de la prueba de medias de Tukey.....	55
Cuadro 27. Resultados obtenidos en cuanto a volumen.....	55
Cuadro 28. Análisis de varianza para volumen.....	55
Cuadro 29. Resumen de cálculos estadísticos respecto a volumen de madera de cada rodal.....	56
Cuadro 30. Resultados obtenidos respecto al área basal.....	56

Cuadro 31. Análisis de varianza para área basal.....	56
Cuadro 32. Cronograma de actividades para la mitigación de riesgos potenciales.....	67
Cuadro 33. Protección de recursos hídricos.....	68
Cuadro 34. Presupuesto para la repoblación de un área de 1000 m <sup>2</sup> .....	71
Cuadro 35. Calendario para la recolección de semilla.....	74
Cuadro 36. Costo estimado de producción de 75,000 plantas forestales.....	76
Cuadro 37. Calendario de actividades en el vivero forestal.....	78

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Ejemplificación genérica de un sistema silvícola.....	11
Figura 2. Curva de distribución diamétrica ponderada.....	12
Figura 3. Representación esquemática de un bosque normal o ideal.....	13
Figura 4. Representación de un bosque normal en función del volumen.....	13
Figura 5. Tipo de manejo del bosque e intensidad de uso.....	33
Figura 6. Niveles de gobernanza comunitaria del bosque.....	34
Figura 7. Diagrama sobre el marco legal que ampara la forestaría comunitaria en Guatemala.....	37
Figura 8. Ubicación del bosque comunal estudiado.....	44
Figura 9. Diseño de distribución sistemático de parcelas de muestreo.....	47
Figura 10. Diseño de sistema de siembra al tresbolillo.....	58
Figura 11. Trazado de línea guía a través de la pendiente.....	58
Figura 12. Trazo de líneas para el triángulo.....	58
Figura 13. Trazado de triángulos.....	59
Figura 14. Elementos del triángulo de fuego.....	59
Figura 15. Sistema de siembra al tresbolillo.....	69
Figura 16. Sistema de siembra cuadrado.....	69

## RESUMEN

La finalidad de este trabajo es proponer un plan de manejo forestal con fines de aprovechamiento sostenible que integre los aspectos económicos, ambientales y socioculturales en la aldea La Concordia del departamento de Totonicapán. Para este estudio se utilizó el diseño estadístico en Bloques al Azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones. El área total del bosque natural es de 305,400 m<sup>2</sup>, dividiéndose en tres rodales, donde el rodal A ocupa un área de 32,500 m<sup>2</sup>, el rodal B ocupa un área de 122,600 m<sup>2</sup> y el rodal C ocupa un área de 150,300 m<sup>2</sup>, estableciendo 62 parcelas circulares de muestreo de forma sistemática con dimensiones de 1000 m<sup>2</sup> a una intensidad del 20%. De acuerdo a la información obtenida en cuanto a Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), Altura, Volumen y Área Basal, estas variables fueron sometidas al análisis de varianza (ANDEVA) y en algunos casos a la prueba de medias mediante la metodología de Tukey. De acuerdo a los análisis de varianza efectuada, se determinó que el DAP no presenta significancia entre cada rodal, debido a que el valor de la constante F es de 1.88 y que se encuentra por debajo del valor crítico de la F tabulada al 5%, la cual es de 3.81. Asimismo se determinó que la altura de los árboles presenta alta significancia entre rodales, debido a que el valor de F es de 5.47 mayor que el valor de F tabulada al 5%. Los resultados del ANDEVA mostraron que no es significativa la diferencia de volumen de los árboles entre los rodales, esto debido al valor de F (2.49) que se encuentra por debajo del valor crítico de F tabulada y se indica que el área basal de los árboles entre cada rodal no presenta diferencia significativa, debido a que el valor de F calculada es de 0.93 que se encuentra por debajo del valor crítico de F tabulada. De esta manera se hacen las propuestas del programa de mitigación de los riesgos potenciales en el bosque natural, la propuesta de un plan de repoblación forestal para la protección de fuentes hídricas y la propuesta para el establecimiento de un vivero comunal con especies autóctonas.

# I. INTRODUCCIÓN

La planificación del manejo forestal se ve limitada por la escasez de información técnica, que sustenta el conocimiento sistemático de la dinámica de crecimiento y productividad del bosque de la aldea La Concordia; por ello se pretende generar una herramienta con información concreta que oriente a los pobladores sobre el aprovechamiento sostenible en cuanto a los bienes y servicios que el bosque puede proveer.

El objetivo principal del estudio es proponer un sistema de manejo que integre los aspectos económicos, ambientales y socioculturales para la protección del bosque. Mediante la conservación de los bosques naturales se busca mantener las especies autóctonas, las fuentes de agua y de diversidad biológica. Los bosques juegan un papel importante en la lucha contra el cambio climático, porque se reducen los índices de contaminación ambiental.

La metodología se dividió en tres fases: la primera fase consistió en el trabajo de gabinete para la recopilación de información geográfica, edafoclimática e hídrica de la aldea La Concordia, delimitando el área con cobertura forestal, la que tiene una extensión de 30.54 Has o 305,400 m<sup>2</sup>, a través de la visualización con el apoyo de las siguientes herramientas: ortofotos, imágenes satelitales y shapefiles. La segunda fase consistió en el trabajo de campo para la delimitación y georeferenciación definitiva del área de estudio utilizando GPS, identificación y establecimiento de rodales o estratos de bosque tomando en cuenta las delimitaciones naturales como: especies, densidad, barrancos, cuerpos de agua y brechas para la realización de divisiones dentro del bosque. La tercera fase consistió en el análisis de datos en hojas de cálculo para lo siguiente: área total del bosque, diámetro a la altura del pecho, edad del bosque, especies dominantes, altura media del bosque, estimación de volúmenes por producto forestal, incremento corriente y medio anual, medición de volúmenes, número de árboles por hectárea, medición del área basal. Para la elaboración del plan de manejo forestal se utilizará el Formato del Consejo Nacional de Áreas Protegidas para la presentación de Planes de Manejo Forestal de fincas mayores a 15 hectáreas con bosque de conífera y mixto.

## II. OBJETIVOS

### A. General

Proponer un sistema de manejo que integre los aspectos económicos, ambientales y socioculturales para la protección y producción del bosque comunal de la aldea La Concordia.

### B. Específicos

1. Realizar un inventario forestal del área de estudio.
2. Generar un documento para orientar a las autoridades, comité de agua potable, guarda-recursos y pobladores en general, sobre el uso sostenible del bosque, mediante el manejo sistematizado del mismo.
3. Proponer un programa de mitigación de los riesgos potenciales que puedan suceder en el área de influencia tales como: deslaves e incendios forestales, a través de la protección del bosque natural y proyectos de reforestación.
4. Proponer un plan de repoblación forestal para proteger las fuentes de agua con especies adecuadas.
5. Proponer el establecimiento de un vivero forestal comunal con especies autóctonas del bosque bajo estudio.

### III. JUSTIFICACIÓN

Ante la continua amenaza bajo la cual se encuentran los recursos naturales renovables de la localidad, el manejo forestal constituye la mejor alternativa de conservación y utilización sostenible de los mismos. Los planes de manejo forestal son los instrumentos que orientan las actividades forestales a realizar en un determinado período de tiempo. En este contexto, se pretende contribuir con un soporte técnico al fomento del manejo forestal sostenible, en el cual se establecen criterios para la mitigación específica del impacto ocasionado por la tala de árboles y de manera muy general disminuir los impactos de extracción y arrastre de los mismos.

Uno de los retos es conciliar la protección de los recursos naturales con el uso de estos, atendiendo en forma directa algunas necesidades humanas, destacando como potencialidades de la aldea, el manejo adecuado de los recursos mediante un plan de manejo forestal. Se deben unir esfuerzos para el mejoramiento de la interacción entre el ser humano y la naturaleza, a fin de realizar actividades apropiadas y justas para el uso y aprovechamiento del bosque y de los recursos naturales. Mediante la aplicación de conocimientos se garantiza un mayor control en el aprovechamiento sostenible del bosque, la vida de los recursos y las necesidades de la población. La sostenibilidad del sector forestal depende del manejo de suelo, agua y biodiversidad. En este sentido, el bosque es reconocido como un regulador de ciclos hidrológicos locales, protector de suelos y generador de otros servicios ambientales.

En el *Plan Maestro de la Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán (2,006-2,010) para las Zonas de Bosques Protectores* (2006) se establecen criterios que garantizan la sostenibilidad de los recursos forestales maderables y no maderables, la prohibición del cambio de uso del suelo en áreas con cobertura boscosa natural y la prohibición de la extracción forestal mediante el método de tala rasa.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. COBERTURA FORESTAL EN CENTRO AMÉRICA

“Centro América posee una gran diversidad de ecosistemas forestales que cubren en conjunto una superficie de 22.411.000 Ha, en su mayor parte de bosques de latifoliadas (hoja ancha). Este patrimonio forestal está representado no sólo por bosques naturales, sino también por plantaciones forestales. Estimaciones recientes indican una tasa anual de deforestación del 2% equivalente a unas 416.158 Has, siendo la mayor causa el cambio de uso del suelo para fines agropecuarios. A pesar de los diferentes estudios llevados a cabo en la región, no es posible clasificar las tierras de vocación forestal, debido a las diferentes metodologías de clasificación del uso potencial de la tierra, utilizadas en los distintos países.” (FAO. 2008, p. 2).

“Los datos sobre cobertura forestal varían de acuerdo con las fuentes consultadas porque no se cuenta con un programa de control y seguimiento regional, elaborando cada país sus propias estadísticas. El Cuadro 1 presenta las cifras basadas en dos fuentes de información regional, resultando evidentes algunas diferencias significativas en cuanto a algunas cifras nacionales.” (FAO. 2008, p. 2).

Cuadro 1. Cobertura forestal de Centro América

País	Superficie terrestre (Ha)	Cobertura forestal (Ha)	Porcentaje de cobertura (%)	Aprovechamiento anual autorizado (m <sup>3</sup> /año)	Bosques certificados (Ha)	Plantaciones forestales (Ha)
Guatemala	10,843	3,938	36.3	800,000	512,321	133,000
Belice	2,283	1,653	72.5	60,145	104,888	3,000
El Salvador	2,072	298	14.4	300,000	-	3,000
Honduras	11,189	4,648	41.5	920,200	49,151	37,112
Nicaragua	12,140	5,189	42.7	210,720	20,766	5,513
Costa Rica	5,106	2,391	46.8	446,363	76,547	52,038
Panamá	7,443	4,294	51.7	95,000	11,680	42,124
<b>Total</b>	<b>51,073</b>	<b>22,411</b>	-----	<b>2,832,428</b>	<b>777,362</b>	<b>275,787</b>

Fuente: *Forest Stewardship Council (FSC) Certified Forests*; marzo de 2007. PROARCA. 2005. Centro América en el límite forestal. CCAD/EFCA.

1. “Los servicios forestales en Centro América. Los países de la región centroamericana presentan una gran diversidad en cuanto a instituciones forestales. A partir de las décadas de los años 80 y 90 una serie de iniciativas de modernización de las administraciones gubernamentales incluyeron una creciente reestructuración de los servicios forestales.” (FAO. 2008, p. 2).

“El Cuadro 2 muestra la institucionalidad de los servicios forestales de Centro América. Como se puede observar, la mayoría de ellos han estado sujetos a cambios administrativos que han definido la forma de aprovechamiento de sus recursos forestales. En algunos casos esto ha llevado a la simplificación de la normativa del manejo forestal.” (FAO. 2008, p. 2).

Cuadro 2. Los servicios forestales en Centro América

País	Institucionalidad Forestal Nacional	Año de creación	Legislación relevante
Guatemala	Instituto Nacional de Bosques (INAB)	Decreto 106-96	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reglamento de la Ley Forestal Resolución del INAB 01-43-2005</li> <li>2. Reglamento de Regentes Forestales Resolución del INAB 02-43-2005</li> <li>3. Reglamento de Transporte de Productos Forestales Resolución INAB 01-13-2004</li> <li>4. Reglamento de Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) Resolución JD-01-01-2007</li> <li>5. Ley de Áreas Protegidas Decreto No. 4-86.</li> <li>6. Reformas ley de Áreas Protegidas Decreto No. 110-96.</li> </ol>

Fuente: *Forest Stewardship Council (FSC) Certified Forests*; marzo de 2007. PROARCA. 2005. Centro América en el límite forestal. CCAD/EFCA.

2. “Iniciativas para la formulación de planes de manejo en Centroamérica. Se conocen varias iniciativas para el desarrollo de un modelo de plan de manejo forestal a nivel regional. Uno de los principales factores que favorecieron estas iniciativas fue la introducción de algunos cambios en la legislación forestal de ciertos países que dan carácter oficial a la elaboración de un plan de manejo para todo aprovechamiento forestal. La aceptación de los Planes de Manejo como instrumento para el uso racional de los recursos forestales que generan beneficios económicos, demuestra las preocupaciones sociales por este tema, que comienzan a considerarse en algunos países de la región.” (Astorga, L. 1993. Citado por: FAO. 2008, p. 6).

“Otra iniciativa partió del mandato del Primer Congreso Forestal Centroamericano, celebrado en El Peten, Guatemala, que a través del Plan de Acción Forestal Tropical para Centro América (PAFT-CA) desarrolló un modelo para la elaboración de planes de manejo sencillos y prácticos, para bosques latifoliados (CATIE, 2002. Citado por: FAO. 2008). En 1994 se elaboraron las primeras recomendaciones sobre propuesta y estructura general de los planes de manejo, que fueron presentadas a los servicios forestales de la región para su adopción y adaptación a las condiciones legales y administrativas de cada país. El resultado de esta iniciativa fue la preparación del documento *Modelo de Simplificación de Planes de Manejo para Bosques Naturales Latifoliados en la Región Centroamericana*, que adquirió carácter oficial con su publicación en agosto de 1994.” (CATIE. 1994. Citado por: FAO. 2008, p. 6).

“En el año de 1995 el Programa Regional Forestal para Centro América (PROCAFOR), inició un procedimiento de preparación de planes de manejo en bosques de pino utilizando una metodología básica de prescripciones a nivel de rodales. Este sistema además, permitió aplicar el uso de tablas volumétricas y crecimiento en base a estudios de parcelas de medio permanentes. Un aspecto importante de esta modalidad ha sido vincular las actividades con costos e ingresos en cada uno de los años establecidos en el plan. En la gran mayoría de los países de la región existen experiencias de este procedimiento y hasta ahora están vigentes en las normativas forestales de Guatemala, El Salvador, Honduras y Panamá.” (Heikkinen, E. 1994; Turtiainen, M. 1995. Citado por: FAO. 2008, p. 6).

3. “Normativas de elaboración de planes de manejo en Centro América. En todos los países existen normativas para la elaboración de planes de manejo forestal de las principales formaciones forestales. En general, éstas se refieren a bosques de coníferas y de latifoliadas. Además, hay otras modalidades (Cuadro 3) que, por la escasa representatividad de las masas forestales, no se consideran comerciales.” (FAO. 2008, p. 6).

“Es de hacer notar que la gran mayoría de las normas regulan los métodos de muestreo sistemático y una intensidad con base a errores de muestreo máximos de hasta un 15%. Debido a la estructura de los bosques de coníferas existe una preferencia a usar parcelas circulares como unidad de muestreo. Las intensidades de muestreo regularmente permitidas están entre 2-5%.” (FAO. 2008, p. 6).

“Los procedimientos consultados para bosques latifoliados indican que la tendencia es para inventarios al 100%, debido a la reducida distribución florística de especies de alto valor comercial y el cálculo de las existencias volumétricas por estratos. Este inventario es realizado principalmente para las especies comerciales, incluyendo los árboles a ser aprovechados y en cierta medida a los árboles de un futuro aprovechamiento al completarse el periodo de rotación.” (FAO. 2008, p. 6).

Cuadro 3. Normativas vigentes de preparación de planes de manejo en Centro América

País	Normativa	Vigencia
Guatemala	Áreas < 5 ha Áreas 5 – 15 ha Áreas 14 – 45 ha Áreas 45 – 100 ha Área > 100 aplicar Modelo Simplificado y/o Modelo PROCAFOR	ND
Belice	Forest Management Plan	ND
El Salvador	No existen normas de elaboración específicas, sin embargo, puede ser utilizada las normas técnicas descritas por el Modelo PROCAFOR.	ND

Continuación Cuadro 3

País	Normativa	Vigencia
Honduras	Normas Técnicas y Reglamentarias para la elaboración de planes de Manejo en Bosque de Conífera y Formatos para su Elaboración.	
	Normas Técnicas y Reglamentarias para la Elaboración de Planes de Manejo Forestal en Bosques de Coníferas, Mixtos y Plantaciones (Modelo PROCAFOR).	Resolución No. GG-057-95
	Normas Técnicas y Reglamentarias para la elaboración de Planes de Manejo y Planes Operativos de Bosque Latifoliado.	Resolución GG-PMF-011/02
Nicaragua	Plan de Reposición Forestal (Áreas boscosas menores a 10 ha) Plan Mínimo de Manejo Forestal (Áreas boscosas de 10 a 50 ha) Plan General de Manejo Forestal Plan Operativo Anual (Áreas boscosas mayores a 50 ha)	ND
Costa Rica	Permiso Pequeño (PP); hasta 10 árboles Inventario Forestal (IF); más de 10 árboles Plan de Manejo Forestal (PMF) Certificados de Origen (PF y SAF)	ND
Panamá	Plan General de Manejo Forestal (PGMF)	ND

Fuente: *Forest Stewardship Council (FSC) Certified Forests*; marzo del 2007. PROARCA. 2005. Centro América en el límite forestal. CCAD/EFCA.

4. “Implementación del manejo forestal en los países de Centro América. Como parte de una estrategia se buscó la mejor manera de encontrar la información adecuada. La dificultad de realizar un análisis de los diferentes parámetros contenidos en los diferentes planes operacionales, por la falta de dicha información, requirió buscar algunos indicios en actividades tales como las evaluaciones de certificación forestal y en los reportes de auditorías como las que en la actualidad se están implementando en Honduras y Nicaragua por parte de la iniciativa del Monitoreo Forestal Independiente (MFI). Estas iniciativas por lo regular utilizan los planes de manejo forestal como la principal herramienta de información sobre las condiciones del manejo y aprovechamiento.” (FAO. 2008, p. 8). La información correspondiente a Guatemala referente al manejo forestal, es la siguiente:

a. “Guatemala. El Instituto Nacional de Bosques (INAB) es el encargado de velar por la administración forestal en Guatemala. Creado en 1999 como un cuerpo autónomo y posiblemente sea uno de los servicios forestales de la región con una de las más modernas y nuevas legislaciones forestales.” (FAO. 2008, p. 8).

“El aprovechamiento forestal de los bosques en Guatemala tiene la peculiaridad que es ejercido de acuerdo a la ubicación. Para aprovechamientos de bosques dentro de áreas protegidas el CONAP es el responsable de su aprobación y seguimiento. Para aquellos sitios fuera de áreas protegidas el INAB es el encargado de su aprobación. En ambos casos la metodología de preparación de planes de manejo puede ser la misma. En Guatemala, existe la figura del Regente Forestal quien es el encargado de velar por un adecuado aprovechamiento y uso forestal.” (FAO. 2008, p. 8).

b. “Normativa del manejo forestal en Guatemala. En el caso de los bosques de coníferas de Guatemala, el PROCAFOR definió un modelo para la elaboración de planes de manejo y planes operativos basados en una descripción detallada por rodal. Este procedimiento se considera como uno de los más exhaustivos de su género, aplicados en el manejo forestal, por la composición específica de los pinares, que en las partes altas de Guatemala contienen, por lo menos, 21 especies de pino.” (FAO. 2008, p. 8).

“Como un reflejo de las políticas que se estuvieron empleando en el país, en muchas oportunidades a los planes de manejo se les ha visto como requisitos que incluyen la legislación, previo a lograr las aprobaciones para realizar el aprovechamiento de los productos forestales existentes en los bosques. En ese sentido, muchos de los planes de manejo tendían a reflejar únicamente los productos aprovechables presentes, sin considerar aspectos técnicos que guiaran adecuadamente las intervenciones en los bosques. La falta de evidencias que manifestaran la existencia de procesos de aprovechamiento racional y sostenible de los recursos forestales en Guatemala, originó la necesidad de enfocar los esfuerzos de lograr un modelo de utilización que efectivamente pudiera ser viable para su utilización en el país.” (Escobedo, M. *et al.* 2006).

“En Guatemala se inició un proceso orientado a promover e impulsar el manejo forestal sostenible, apoyado por diversas instancias, y para el efecto se le instruyó al PROCAFOR y al CATIE, que enfocaran sus esfuerzos para solventar estas situaciones. Se inició el desarrollo de metodologías simplificadas para la formulación de planes de manejo forestal, tanto en bosques de coníferas como en latifoliadas, teniendo como características principales, la utilización de los parámetros silviculturales como base para planificar y definir claramente las acciones a desarrollar para lograr la mejora del bosque. Estos criterios de simplificación deberían ser aplicables a los procesos de toma de datos en el campo, como para la presentación de los mismos, en lenguajes comprensibles, tanto para los técnicos forestales como para los propietarios de los bosques.” (FAO. 2008, p. 9).

“Con el desarrollo de las metodologías, el INAB y el CONAP, propusieron la adopción de estas para la elaboración de planes de manejo forestal sostenibles: 1) la generada por el CATIE para los bosques latifoliados, conocida como *Modelo Simplificado de Planes de Manejo para Bosques Naturales Latifoliados* (modelo adaptado para Guatemala) y 2) la generada por medio del apoyo del proyecto Programa Regional Forestal para Centro América, conocida como *Modelo Centroamericano para la Formulación de Planes de Manejo en Bosques de Coníferas*. Con el reconocimiento de estas metodologías por parte de los entes administradores de los recursos forestales, se inicia un nuevo giro en los conceptos del manejo forestal, especialmente al no conceptuarse únicamente como el acto de extracción de los productos forestales, sino al valorar más la recuperación y protección de las áreas bajo manejo.” (FAO. 2008, p. 9).

“Junto a este reconocimiento y con base al reglamento de la Ley Forestal, se elaboraron formatos simplificados para el manejo de áreas pequeñas (menores de 45 Ha), en las cuales no es posible aplicar los mismos conceptos de sostenibilidad. Para el diseño de los formatos mínimos, se tomaron de base las metodologías reconocidas por los entes administradores de los recursos forestales del país, generados por el CATIE y el PROCAFOR. Con esta base, se han desarrollado procedimientos y requisitos que permitan incorporar mayores áreas al manejo forestal sostenible.” (FAO. 2008, p. 10).

“En resumen, se puede decir que en la actualidad los planes de manejo forestal en Guatemala, se formulan con base a las características dasométricas del bosque, en donde el crecimiento del bosque es el que define la capacidad de intervención del mismo, como base para lograr la sostenibilidad de los recursos forestales (con excepción en áreas pequeñas).” (FAO. 2008, p. 10).

“Una de las iniciativas que posiblemente están aportando grandes experiencias de planificación y ordenación forestal, con fines de aprovechamiento y manejo sostenible es la realizada en la RBM, en la que a través de planes de manejo de inventarios forestales se toman en cuenta productos no maderables, a fin de determinar su aprovechamiento. El diseño del inventario utilizado en esta iniciativa es quizás uno de las variables de mayor importancia, por considerarse el mejor sistema de muestreo estratificado aplicado en bosques latifoliados en el país. Este procedimiento es aceptado y aprobado por el CONAP pero solamente para aquellas áreas dentro de la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya en el Petén. Las zonas bajo manejo comprenden unas 600,000 Has en calidad de concesiones a trece asentamientos locales y dos industrias forestales.” (Pinedo, G. 2004. Citado por: FAO. 2008, p. 10).

## B. “MANEJO FORESTAL

El manejo forestal se define como el aprovechamiento sostenible de los productos deseados y de los servicios ambientales que provee el bosque, sin reducir sus valores inherentes, ni su productividad futura.

En términos simples, el manejo forestal se puede definir como la planificación y ejecución del aprovechamiento, recuperación y protección del bosque. Los criterios que se utilizan son: MF = Planificación y ejecución del aprovechamiento + recuperación + protección. Aprovechamiento = Utilización de los productos y servicios que el bosque provee. Recuperación = Técnicas silvícolas que trata de retornar al bosque a su estado original próximo antes del aprovechamiento. Protección = Técnicas para proveer al bosque y recursos conexos, de las condiciones necesarias para apoyar la producción de bienes y servicios.

Para lograrlo es necesario lograr que el manejo de los bosques naturales se haga de tal modo que sea económicamente rentable, socialmente viable y ambientalmente sostenible.

La secuencia de decisiones en el proceso del manejo forestal se fundamenta con la información recopilada en el campo, a través del inventario forestal (caracterización de la situación del bosque), seguidamente se interpreta la caracterización para definir la capacidad productiva, a través de la determinación de la corta permisible (diagnóstico), y finalmente la elaboración del documento técnico que sirva de guía para la intervención del bosque (planificación del manejo).” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 5).

1. “Naturaleza y objetivos del manejo forestal. Definido en su forma más simple, los bosques constituyen una asociación de organismos animales y vegetales (macro y micro), en estrecha relación con el medio físico: geomorfología, clima, suelo, etc.

Un bosque ha sufrido un proceso evolutivo con el acompañamiento del medio físico que le sirve de sostén. Este proceso evolutivo se define como sucesión vegetal, estimándose que el bosque viene a constituirse como la etapa última del proceso. No obstante, en la actualidad se reconoce que esta etapa última, identificado como clímax, mantiene un permanente dinamismo.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 5).

“De este proceso evolutivo se desprenden una serie de interrelaciones que generan productos y servicios, identificados inicialmente como beneficios directos e indirectos del bosque.

Con base en la gama de beneficios y posibilidades del bosque, se ha desarrollado toda una ciencia del manejo forestal, orientada al desarrollo de la producción y al mismo tiempo a su conservación, para lograr la persistencia del recurso.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 6).

## 2. “Principios y conceptos para propiciar el manejo forestal sostenible

a. **Sistemas silvícolas.** Los sistemas silvícolas son esquemas de cosecha y manejo a largo plazo diseñados para optimizar la recuperación, el crecimiento y el manejo de determinados tipos forestales, a fin de obtener un suministro de productos forestales perpetuo y constante.

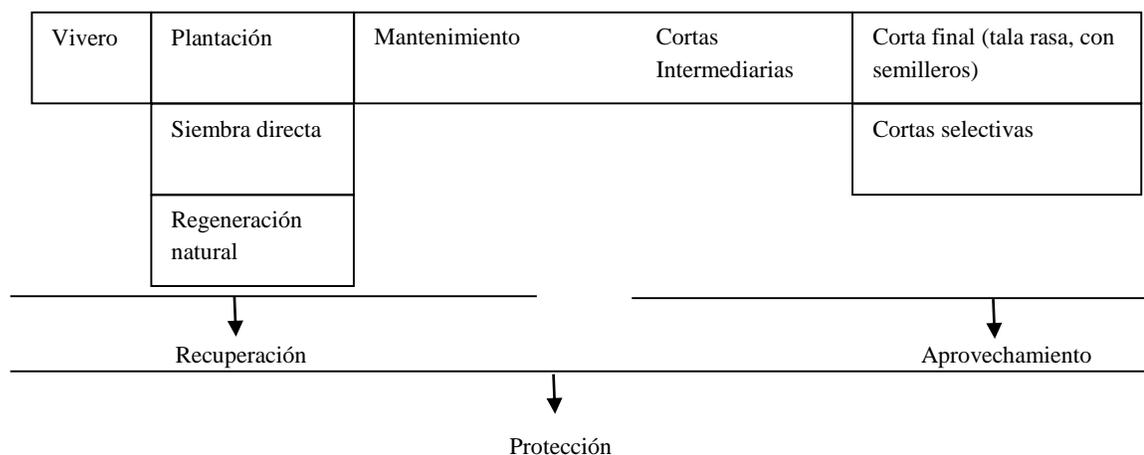
Los sistemas silvícolas definen los aspectos que el planificador forestal debe conocer con relación a las intervenciones que se desarrollan en un bosque desde su establecimiento hasta la corta final, ello implica las actividades que a continuación se describen:” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 6).

“1) La recuperación del bosque, la cual se puede llevar a cabo a través de regeneración natural, siembras y plantaciones. 2) Luego la recuperación de un área, se inicia el mantenimiento mediante la realización de una serie de acciones orientadas a prodigarle cuidados a la nueva masa forestal. Entre las actividades de mantenimiento se mencionan: las limpias, la posibilidad de fertilización, la prevención y control de incendios forestales, el control fitosanitario, principalmente. 3) Logrado el establecimiento de la masa forestal, la silvicultura define actividades orientadas a guiar el crecimiento y desarrollo de las mismas, con base a los objetivos predeterminados. Los tratamientos silviculturales más comunes son definidos dentro de la

denominación de cortas intermedias. Entre las cortas intermedias más importantes se mencionan: las cortas de liberación, cortas de mejoramiento, cortas de recuperación, las podas y los raleos. 4) Finalmente, cuando la masa forestal alcanza su etapa de madurez, se procede a realizar su aprovechamiento y posterior recuperación, para cumplir con el concepto de persistencia del manejo forestal. La corta selectiva es un tipo especial de corta final aplicada en bosques maduros irregulares, o que se encuentran en tierras con problemas de susceptibilidad a la erosión u otros factores físicos adversos, que impiden la realización de cortas totales.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 7).

En la Figura 1 se presenta un esquema de agrupación de las diferentes actividades y tratamientos de un sistema silvícola en particular.

Figura 1. Ejemplificación genérica de un sistema silvícola



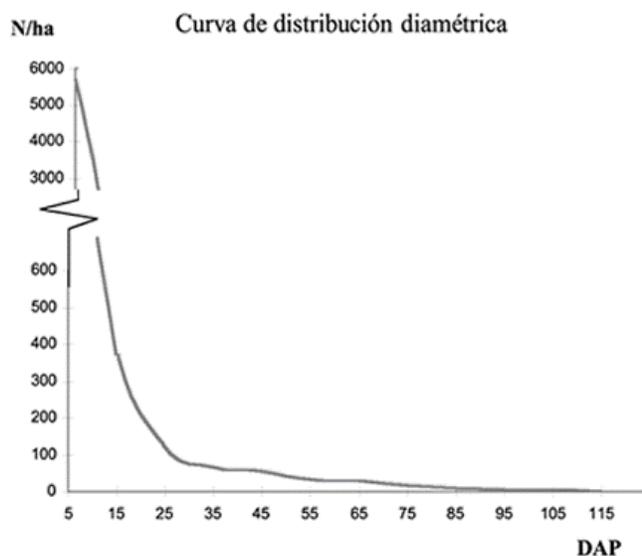
3. El bosque normal o ideal. “El bosque normal es un concepto teórico, definido en las ciencias forestales; se utiliza como guía o modelo del bosque que debería existir, para su manejo sostenible. En la realidad es sumamente difícil encontrar un bosque con las características del bosque normal, no obstante se utiliza como referencia.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 7).

“El bosque normal o ideal se define como aquel bosque guía o modelo que debería existir para su manejo sostenible y que tiene tantas clases de edad como años de rotación tenga la especie.” (CONAP, 2012, p. 18).

La superficie ocupada por cada fase de desarrollo asume proporcionalmente al área basal de la fase de desarrollo frente al área basal total. Para lograr una mejor desagregación de las fases se utiliza la nomenclatura de estados de desarrollo para bosques coetáneos (VITA, A. 1996), modificada de la siguiente forma:

- a. Regeneración: individuos menores a 30 centímetros de altura. Presente en zonas donde existe desmoronamiento de grandes individuos que abren claros de luz, o en sectores donde han ocurrido deslizamientos provocados por la nieve u otro evento similar.
- b. Monte bravo: individuos mayores a 30 centímetros de altura y diámetros menores a 10 centímetros, caracterizados por crecer a alta densidad (más de 2,500 n/ha).
- c. Latizal: diámetros entre 10 y 30 centímetros.
- d. Fustal joven: diámetros entre 30 y 50 centímetros.
- e. Fustal maduro: diámetros entre 50 y 70 centímetros.
- f. Fustal viejo: diámetros entre 70 y 80 centímetros.
- g. Sobre maduro: diámetros mayores a 80 centímetros, caracterizados por presentar pudrición central.

Figura 2. Curva de distribución diamétrica ponderada



Fuente: Donoso. 1993.

La figura dos proyecta la distribución de clases diamétricas con base a la nomenclatura de estados de desarrollo para las diferentes especies arbóreas de una masa forestal, que permite evaluar su estado ecológico y de conservación; en particular permite detectar la falta de regeneración o bien el envejecimiento de las masas.

“También se define como la organización del vuelo que permite una cosecha anual de igual cantidad y calidad, como resultado de un vuelo donde hay tantas clases de edad como años tenga el turno.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 8).

Oedekoven describe “un bosque de tal manera distribuido en lo que respecta al diámetro o edad que cada año el mismo número de árboles alcanza la edad o diámetro final de rotación y pueden ser cortados. A cada

corte le sigue inmediatamente una reforestación o regeneración. El bosque de esta manera equilibrado proporciona el mismo rendimiento, persistentemente en madera”. Este modelo de representación idealizada del bosque, pretende servir como un esquema mental de comparación entre lo que debería ser el bosque bajo manejo y su condición actual. (Citado por: INAB-PROCAFOR, 2001, p. 8).

En la Figura 3 se presenta una descripción esquemática de la representación de un bosque normal o ideal.

Figura 3. Representación de un bosque normal en función de su distribución de edades

		1	2	3	4	5	6		
7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	
		25	26	27	28	29	30		

= clases de edad

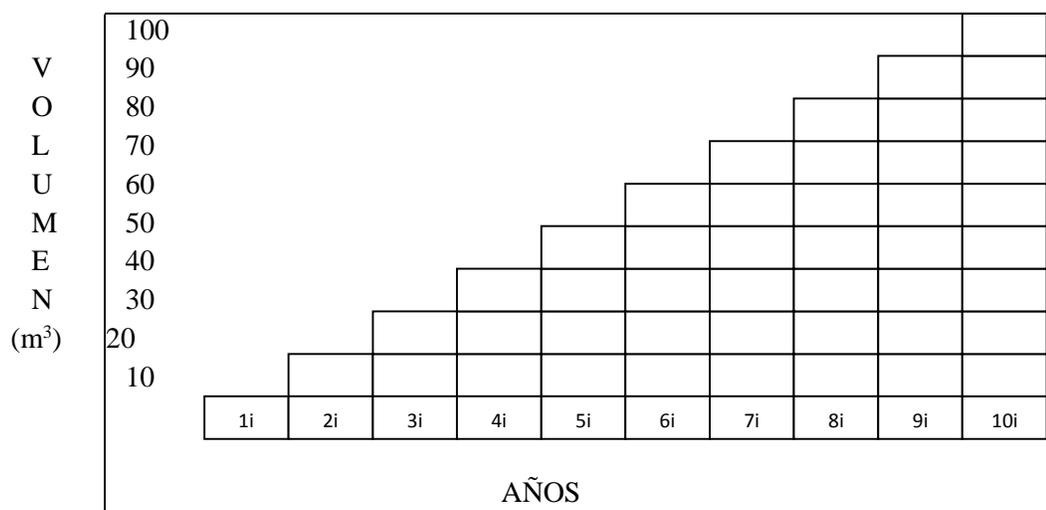
1 – 6 años, etapa de regeneración.

16 – 24 años, etapa de bosque medio.

7 – 15 años, etapa de bosque joven.

26 – 30 años, etapa de bosque maduro.

Figura 4. Representación de un bosque normal en función del volumen.



La figura 4 proyecta el incremento anual de  $10\text{m}^3$  de una parcela de una hectárea, por ejemplo, en tres años, en un rodal de 3 hectáreas bajo estas condiciones de crecimiento, se estaría produciendo  $30\text{m}^3$  de madera.

“Si tenemos un incremento anual (i) de  $10\text{m}^3$  para cada rodal de 1 hectárea, se tendría el siguiente valor.

Masa forestal =  $10 + 20 + 30 + 40 + 50 + 60 + 70 + 80 + 90 + 100 = 550 \text{ m}^3$

- a. En el ejemplo se cumplen las condiciones que requiere un bosque normal:
- b. El volumen del vuelo a la edad  $t$  es igual al crecimiento anual de todos los rodales del bosque,
- c. El volumen medio/Ha del bosque normal es igual a la mitad del volumen/Ha del vuelo de edad “ $t$ ”.

La importancia de la teoría del bosque normal es debido a la forma simple de representación de un bosque ordenado, lo que permite comprender y representar gráficamente las relaciones entre masa forestal (lo que se tiene), crecimiento (dinámica) y posibilidad (con base en lo anterior, lo que se puede aprovechar).” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 9).

#### 4. “Persistencia, rentabilidad y máximo rendimiento

- a. Persistencia: busca mantener a perpetuidad la capacidad productiva de los bosques.
- b. La rentabilidad: es el efecto económico que tiene por objetivo, alcanzar el mayor éxito de la empresa, con un mínimo de costos.
- c. Máximo rendimiento: es una función de la especie, el método de aprovechamiento, la forma de la masa, edad de madurez, medio físico y una realidad económica, sin infringir la condición de persistencia.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 9).

#### 5. “La función de producción y de valoración

- a. La función de producción. Es una herramienta por lo general de tipo matemático, mediante la cual se obtienen pronósticos de rendimiento, crecimiento y cambios de la estructura de un rodal, cuando es sometido a ciertas prácticas de manejo.

La función de producción sirve de guía para establecer una comparación entre lo que debería ser el bosque y lo que actualmente posee. Con base en este análisis, se planifican las actividades que se deben desarrollar para lograr una masa forestal de acuerdo con su potencial.

La función de producción adoptaba un formato tabular y se le denominaba “tabla normal de producción”. Las primeras tablas normales de producción se elaboraron a partir de datos epidométricos de rodales cultivados que se consideraron cercanos a la normalidad. Estas tablas fueron obtenidas de rodales coetáneos en su totalidad, por lo que las tablas resultantes sólo representaban el rendimiento de sistemas silvícolas regulares.” (Mendoza, Briceño. 1985. Citado por: INAB-PROCAFOR. 2001, p. 10).

“El desarrollo de tablas de producción en la actualidad va estrechamente ligado a los conceptos de calidad de sitio. Las características silvícolas y dasométricas de los sitios muestreados, dispuestas según la secuencia de desarrollo del rodal, constituyen la esencia de las tablas de producción. Los avances logrados por la Dasonomía actual simplemente se limitan a proveer de una serie de herramientas estadísticas, matemáticas y de cómputo, las cuales permiten que las nuevas funciones de producción sean más precisas,

exactas y completas que las realizadas con anterioridad.” (Mendoza, Briceño. 1985. Citado por: INAB-PROCAFOR. 2001, p. 11).

b. “La función de valoración. Es un mecanismo matemático financiero que permite la comparación de características económicas de dos o más bienes, actividades de producción, actividades de intercambio u oportunidades de inversión, crédito o ahorro.

Para la actividad forestal, la función de valoración se puede interpretar como un mecanismo de comparación económica entre diferentes sitios forestales, masas forestales, bosques, tratamientos silvícolas, regímenes de cultivo, intensidades de manejo, métodos de extracción, empresas forestales, inversiones forestales, flujos de cosecha, etc.

De todos estos posibles usos de la función de valoración, el relevante al manejo forestal es el de comparación de tecnologías de cultivo, dadas ciertas condiciones de sitio, constitución de la masa y características de los mercados y productos.” (Mendoza, Briceño. 1985. Citado por: INAB-PROCAFOR. 2001, p. 11).

## 6. “División natural del bosque

a. Estratos. Los estratos son divisiones realizadas en un área forestal, segregadas con base en características similares que las distinguen de áreas continuas. La estratificación se refiere a la división por estratos del bosque. El propósito inicial de la división es para la planificación del inventario forestal.

Se mencionan entre algunos de los criterios de estratificación: la densidad expresada en número de árboles o cobertura de copas, la altura y la edad.

Esquemas utilizados para la definición de estratos:

1) El Proyecto FAO/PNUD, en los años 70, desarrolló una serie de estudios dendrométricos en los bosques de coníferas de Guatemala, proponiendo una metodología de estratificación, en función de la especie, la altura y la densidad de copa.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 12).

Cuadro 4. Estratificación propuesta por FAO

Tipo de bosque	Clase de altura (en metros)	Densidad de copa	Código
Coníferas	Menor de 6	Alta	111
		Media	112
		Baja	113
	De 6 a 20	Alta	121
		Media	122
		Baja	123
	Mayor de 20	Alta	131
		Media	132
		Baja	133

Continuación Cuadro 4

Tipo de bosque	Clase de altura (en metros)	Densidad de copa	Código
Mixto	Menor de 6	Alta	211
		Media	212
		Baja	213
	De 2 a 20	Alta	221
		Media	222
		Baja	223
	Mayor de 20	Alta	231
		Media	232
		Baja	233
Fronosas			3

Fuente: PROCAFOR. 1995.

Criterio para la densidad de copa:

- a. Alta de 70 – 100 % de cobertura de copas.
- b. Media de 40 – 70 % de cobertura de copas.
- c. Baja, menor de 40 % de cobertura de copas.

2) “Otro esquema de división natural del bosque, que utiliza como criterio de estratificación, la especie, la edad o clase de desarrollo. Se incluyen a los bosques mixtos y a las fronosas asociadas a las coníferas.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 13).

Cuadro 5. Estratos o clase de desarrollo

Código	Denominación
C0	Regeneración no adecuada
C1	Regeneración adecuada
C2	Bosques jóvenes
C3	Bosques medianos
C4	Bosques maduros
C5	Bosques tratados para la regeneración natural
C6	Bosques de baja productividad

Fuente: Manual para inventarios forestales. 1995. Citado por: INAB-PROCAFOR. 2001

b. Rodales. “Es un criterio de división natural y se define como la unidad mínima geográficamente continua de bosque, que tiene como características: misma especie dominante, clase de edad, clase de altura, clase de pendiente, calidad de sitio, principalmente.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 14).

“Dentro de un estrato pueden existir varios rodales. Se considera que la superficie mínima del rodal es de 1 hectárea, aunque puede variar dependiendo del tamaño del bosque.” (INAB. 2014, p. 9).

“Las dimensiones de un estrato pueden variar, dependiendo del tamaño del bosque, desde menos de 1 ha hasta más de 50 ha.” (INAB. 1999).

7. “División administrativa. La división administrativa del bosque, se define con el término Dasocracia. La división administrativa del bosque persigue la agrupación de áreas con características homogéneas, en cuanto a su estructura forestal, características del terreno, caminos y período de intervención, como base para la ordenación forestal del sitio que se pretende manejar”. “Mediante la subdivisión del bosque en unidades dasocráticas se crea la posibilidad de un mayor control sobre la asignación de tratamientos en el calendario de ejecución.

Mendoza Briceño. 1985. (citado por INAB-PROCAFOR. 2001, p. 14), en su libro “*Conceptos básicos de manejo forestal*”, indica una terminología utilizada para la división administrativa del bosque, que se incluye a continuación:

a. “Rodal. Unidad básica de manejo, debe comprender una condición forestal homogénea en cuanto a sitio y estructura. El rodal también es la unidad mínima operativa que debe tener una dimensión de 1 Ha, a la que se le aplica un tratamiento. De aplicar un tratamiento dado a cierta porción de un rodal, omitiéndolo en el resto o aplicándolo con otras especificaciones o en otro periodo de actividad, generará distintas estructuras en ambas porciones y con ello creará dos rodales.

b. Afectación. Se entiende como un conjunto de rodales en los que se ejecutan varias actividades culturales diferentes en un mismo período de operación. También se denota como área de corta.

c. Cuartel. El cuartel será el conjunto de rodales de una misma condición que reciben un tratamiento silvícola semejante, el cual puede efectuarse en el mismo periodo o en varios periodos sucesivos.

d. Compartimiento. Agrupa a los rodales del bosque que estarán sujetos a un mismo régimen de cultivo de regulación de corta. Es deseable que el área del compartimiento sea de una misma calidad de estación. También es común que se trate de una entidad geográficamente continua definida por un patrón particular de acceso.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 14).

8. “Edad de rotación. Se define como el tiempo que transcurre entre el establecimiento de la regeneración natural o la plantación, hasta el aprovechamiento de corta final. Corresponde a la edad de corte de los árboles, es decir, el tiempo que les tome en alcanzar su madurez. La edad de madurez es el intervalo comprendido desde el inicio del ciclo hasta que alcance su plenitud productiva y es objeto de aprovechamiento. La edad de rotación varía según el objetivo de producción, la especie y la calidad de sitio.

Es necesario conocer para cada especie y sitio, la edad de rotación, según el objetivo de producción. Para Guatemala, la edad de rotación de las coníferas del género *Pinus* se estima entre 25 a 50 años, para la producción de madera para aserrío.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 16).

9. “El crecimiento, rendimiento e incremento. El crecimiento es el aumento gradual en el tamaño de un organismo (árbol), población (bosque) en un período de tiempo. Este aumento se produce por la actividad fisiológica de la planta. El ritmo o tasa de crecimiento está determinado por factores internos (genéticos), externos (sitio) y por el tiempo. El crecimiento del árbol y del bosque es similar, diferenciándose en que el crecimiento del bosque como en toda población, interviene un nuevo factor que es la mortalidad consecuencia de la ley de la competencia.

a. El rendimiento. Es la acumulación de productos a una edad determinada, estando en función de la especie y la calidad de sitio.

b. Es necesario conocer cuál es el rendimiento de la masa forestal y el incremento, con base en esta información se determina el estado actual del bosque (buen desarrollo o estancamiento), si existe necesidad de intervención y que volumen se espera obtener en caso de aprovechamiento.

c. El incremento. Consiste en la diferencia de tamaño entre el comienzo y final de un período de crecimiento.

1) Tipos de incremento. Para hablar de incremento en la masa forestal, se hace mención que el turno de corta juega un papel importante en el periodo de tiempo que las especies forestales necesitan para establecerse y crecer hasta alcanzar una condición de madurez, esto se refiere al periodo que ocurre desde el establecimiento de la regeneración hasta su aprovechamiento, cumpliendo con el diámetro, altura, área basal o volumen, haciendo énfasis el incremento en cuanto al volumen.

a) Incremento corriente anual (ICA). Corresponde al incremento producido en un año de intervalo. Se calcula haciendo la diferencia entre el valor final del año menos el valor al inicio del año.

b) Incremento medio anual (IMA). Corresponde al promedio de incremento hasta el momento actual. Se calcula dividiendo el valor actual entre el tiempo transcurrido o edad.

c) Incremento periódico (IP). Corresponde al incremento producido en un período de tiempo mayor de un año. Los períodos usados pueden ser 5 o 10 años. El crecimiento periódico dividido entre el número de años del período se llama incremento periódico anual (IPA) o incremento corriente periódico anual y se usa como sustituto del incremento corriente anual.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 17).

10. La densidad final. “Corresponde al número de árboles por hectárea que el silvicultor desea tener al final de la edad de rotación. En estos árboles se espera que se haya concentrado el potencial de producción del sitio. El problema radica en determinar con la mayor precisión, cuál debería ser la densidad final para cada especie y calidad de sitio.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 17).

“Para Guatemala, se estima una densidad final con fines de aserrío para el género *Pinus* de 100 a 300 árboles por hectárea. Nuevamente las condiciones de sitio y la especie determinan la densidad específica.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 18).

11. “La calidad de sitio. Es un concepto que expresa el potencial de productividad de un área. Se estima mediante la máxima cosecha de madera que el bosque produzca en un tiempo determinado. No es posible tomar decisiones validas de tipo silvicultural si no se hace referencia a la calidad del sitio.

La calidad de sitio es la suma de los factores ambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de una especie, como lo son el suelo, clima, nutrientes, etc. Se ha utilizado comúnmente el índice de sitio, como una medida de determinación de la calidad del mismo. El índice de sitio parte de la noción de que los sitios más fértiles para una especie dada pueden producir a una cierta edad base, árboles de mayores dimensiones que los sitios menos fértiles.

La calidad de sitio influye en la edad de rotación, crecimiento, rendimiento e incremento, densidad final, entre otros aspectos. Cada especie tiene sus requerimientos particulares para su crecimiento y desarrollo, por lo que la información debe ser generada en forma específica.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 18).

12. “Formulación del plan de manejo forestal. El plan de manejo, como el medio técnico que le sirve al propietario para utilizar en forma sostenible el bosque.

El proceso lógico de formulación del plan de manejo se instituye mediante las siguientes actividades:

a. División natural del bosque para planificar el inventario. La división del bosque para el inventario pretende determinar las condiciones específicas de cada sitio dentro del área forestal, para planificar el proceso de toma de datos de campo y su manejo posterior. Los criterios de estratificación ya mencionados, son los más utilizados en el medio, los cuales parte de la especie, altura, densidad de copa, clase de desarrollo, según el caso. Esta división normalmente se efectúa a través de procesos de fotointerpretación. En áreas pequeñas, se puede hacer directamente en el campo.

b. Cuantificación de masa forestal. El inventario es el procedimiento de cuantificación y calificación de la masa forestal, que permite obtener información suficiente para determinar el mejor tratamiento que se debe dar al bosque. Es el método más usado para medir, registrar y procesar datos del bosque; con el propósito de obtener información de la cantidad y calidad de los árboles y características del área boscosa.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 19).

1) “Principios a considerar en la realización del inventario

a) La información que se debe coleccionar en cada subdivisión de muestreo, además de su extensión y ubicación, será la mínima necesaria para operar la función de producción.

b) La medición incluirá todos los datos conducentes a la estimación del rendimiento y para planificación de las labores silvícolas.

c) Se deben cuantificar los factores de producción necesarios en las labores silvícolas y los impactos posibles ecológicos.” (Mendoza, Briceño. 1985. Citado por: INAB-PROCAFOR. 2001, p. 19)

c. “Clasificación de los inventarios según la forma de tomar datos

1) Inventario totales o al 100%. Todas las unidades de la población son medidas.

2) Por muestreo: con base a datos obtenidos de una porción se infieren datos del total de la población.

En los inventarios al azar o sistemáticos, normalmente se estratifica o rodaliza. La población se divide en estratos, sub poblaciones o rodales, y se selecciona una muestra de cada estrato en forma sistemática o al azar.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 19-20).

d. Muestreo. “Consiste en realizar una selección de una parte de la población, expresada en parcelas o unidades de muestreo. El total de parcelas seleccionadas con algún procedimiento adecuado forma la muestra.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 20).

1) Error de muestreo. Las entidades gubernamentales establecen intensidades de error muestral en sus metodologías, resaltando que a mayor número de muestras menor será el error en los cálculos estadísticos y de inventario. El error muestral se determina después de haber tomado los datos en campo para la obtención de estimadores estadísticos como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Para el cálculo del error muestral se multiplica el porcentaje del coeficiente de variación por el valor que aparece en la tabla de la T de Student que se consigue dependiendo de la precisión que se quiera utilizar (por ejemplo 95%) y el número de parcelas intervenidas en el inventario forestal -1 que sería el grado de libertad, y toda esta operación se divide dentro de la raíz cuadrada del número total de parcelas y se expresa en porcentaje.

2) “Tamaño y forma de las parcelas. Para bosques mixtos el área mínima por unidad de muestreo será de 1,000 metros cuadrados y en bosques de coníferas de 500 metros cuadrados.

Para bosques latifoliados con superficie menor a 50 Has se deben realizar unidades de muestreo de 1,000 metros cuadrados (20m \* 50 m); superficies a partir de 50 Has y menores a 1,000 Has el área de las unidades de muestreo será de 5,000 metros cuadrados (20m \* 250m); y cuando las áreas son a partir de 1,000 Has el área de las unidades de muestreo será 10,000 metros cuadrados (20m \* 500m).” (CONAP. 2012, p. 53).

“La principal guía para elegir el tamaño de parcela es que ésta sea tan grande como para incluir un número representativo de 10 a 14 árboles, pero que sea lo suficientemente pequeña de modo que el tiempo de medición requerido no sea excesivo.

Las condiciones topográficas en un bosque irregular por lo general presentan pendientes muy pronunciadas que se deben considerar como bosques de protección, llegando a establecer parcelas de muestreo que tradicionalmente se utilizan las circulares, cuadradas y rectangulares. Entre ellas, la circular ha prevalecido por su facilidad de ejecución en campo (solamente se necesita una cinta métrica), tiene menor perímetro y por consecuencia menor número de árboles límites. Estos árboles límites son una fuente de error en las mediciones de campo. En el Cuadro 6 se indican valores de superficie, radios y lados para diferentes formas y tamaño de parcelas.

Cuadro 6. Dimensiones de parcelas según tamaño y forma

Circular		Cuadrada		Rectangular	
Superficie en m <sup>2</sup>	Radio	Superficie en m <sup>2</sup>	Lados en m.	Superficie en m <sup>2</sup>	Lados en m.
1000	17.84	1000	31.62	1000	50 x 20
900	16.92	900	30	900	45 x 20
800	15.96	800	28.28	800	40 x 20
500	12.62	500	22.36	500	25 x 20
200	7.98	200	14.14	200	20 x 10
50	3.99	50	7.07	50	10 x 5

Fuente: Manual para inventarios forestales. 1995. Citado por: INAB-PROCAFOR. 2001.

Para establecer parcelas cuadradas y rectangulares se necesita además de una cinta métrica, una brújula para medir los ángulos de 90°.

El modelo centroamericano utiliza los mismos criterios de tamaño y forma de la parcela, agregando un adicional, que se refiere a la clase de desarrollo del bosque, para integrar el tamaño y forma. En el cuadro 7 se describe lo establecido por el modelo centroamericano.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 21).

Cuadro 7. Tamaño de parcela según clase de desarrollo y estructura del bosque

Estrato o clase de desarrollo	Estructura		
	Homogéneo	Normal	Heterogéneo
C0 y C1	50	50	50 – 100
C2	100	100	200
C3	100	100	200 – 500
C4	100	200	200
C5 y C6	200 – 500 o 100%	100 o 100%	100 o 100%

Valores expresados en metros cuadrados.

Fuente: PROCAFOR 1995.

Para los estratos de C0 hasta C3 se recomiendan parcelas circulares.

Para los estratos C4, C5 y C6 se recomienda parcelas cuadradas o rectangulares.

3) Tamaño de la muestra. “Luego de determinar el tamaño de parcelas, se determina el tamaño de la muestra que corresponde al producto del número de parcelas por tamaño de parcela.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 22).

4) “Intensidad de muestreo. La intensidad mínima de muestreo para inventarios en bosques latifoliados se debe determinar a partir de la formula siguiente:

$$IM = e(3.7099116 - 0.4906047 * \ln(S))$$

Donde:

IM = intensidad de muestreo

e = base de logaritmo natural (2.718281)

ln = logaritmo natural

S = superficie (Ha)

Cuando el área propuesta para manejo de bosques mixtos o de coníferas es menor o igual a 5 Has, se deberá aplicar un censo. Para áreas mayores a 5 Has, se aplicará muestreo estadístico cuyo porcentaje de error no debe ser mayor al 15% sobre la media del volumen, a un nivel de confianza del 95% .

Para la elaboración de planes de manejo forestal con fines de producción en bosques latifoliados, cuyas áreas sean menores a 100 Has, se deberá aplicar un censo comercial y futura cosecha, adicionalmente se deberá realizar un muestreo estadístico con una intensidad definida en función de la ecuación descrita, con parcelas que incluyan brinzales, latizales y todos los individuos cuyos DAP sean mayor a 10 cm.” (CONAP. 2012, p. 53).

5) Toma de datos en campo. La importancia de tomar datos se centra en proporcionar información cuantitativa acerca de los árboles y rodales que ayudará a la toma de decisiones sobre el aprovechamiento de los recursos forestales, posteriormente para la realización de análisis económicos.

“Las variables a verificar en las parcelas levantadas en el bosque a intervenir son:

- a. Área de la parcela
- b. Forma de la parcela
- c. Coordenadas de ubicación de la parcela
- d. Pendiente promedio del terreno.” (CONAP. 2012, p. 38).

Para cada uno de los árboles dentro de las parcelas, las variables a verificar son:

- a. Especie.
- b. Diámetro a la altura del pecho –DAP-: en árboles en pie la altura normal del diámetro representativo del árbol es 1.30 metros desde el nivel del suelo. En dasometría es importante la medición de diámetros ya que ahí se derivan variables importantes como el área basal (AB) y el volumen (INAB. 1999).

- c. **Altura total:** es la altura que mide un árbol desde el suelo al ápice de la copa. Sirve para estimar el volumen total, el crecimiento de un árbol, el índice de sitio, altura dominante, etc. (INAB. 1999).
- d. **Forma:** únicamente se hace la observación en la hoja de campo, en cuanto a las características del árbol presente en el sitio de toma de datos.
- e. **“Estado fitosanitario:** información relacionada a la posible existencia de agentes naturales o antrópicos que estén ocasionando problemas al desarrollo normal del bosque. Su consideración es importante para establecer el diseño del plan de cortas.

Presencia de barrenadores, descortezadores, roya, árboles afectados por incendios, resinación, ocoteo, etc.” (INAB-PROCAFOR. 2001, p. 18).

6) **Procesamiento de datos.** Para el procesamiento de datos de este trabajo, se utilizaron hojas de cálculo (Excel) para el registro de datos tomados en campo.

**13. Silvicultura.** Se entiende por silvicultura todas aquellas prácticas de manejo y mantenimiento que se aplican a una masa forestal para procurar su óptimo rendimiento. Las prácticas silviculturales que se aplican a una masa forestal estarán en función de los objetivos de la misma, que pueden ser madera de aserrío, obtención de postes, leña, pulpa, protección, etc. (INAB. 1999).

a. **Limpias.** El objetivo de las limpiezas es disminuir la competencia de las malezas por espacio, agua, luz y nutrimentos, con las especies forestales. De acuerdo al sitio, se deberá determinar la presencia de malezas y el momento oportuno y la forma en que se efectuarán las limpiezas (INAB. 1999).

b. **Podas.** Las podas prescritas se justifican cuando:

- 1) Se necesita producir madera sin nudos en turnos más cortos.
- 2) Existe muestra natural de ramas bajas que no caen y aumentan los riesgos de incendios de copas.
- 3) Si desea facilitar el acceso de trabajadores a la plantación para realización de labres.

No todas las especies justifican que sean podadas ya que algunos tienen la capacidad de auto poda. En otras especies si bien sucede la muerte rápida de las ramas bajas, el proceso de poda no se completa totalmente y entonces se hace necesaria la intervención. Finalmente, el principal beneficio de la poda es incrementar la capacidad fotosintética de la planta (INAB. 1999).

Aspectos a considerar en la realización de podas:

- a) Realizar la poda cuando se observe que se inicia la muerte natural de ramas bajas y se haya definido la formación de copas.

- b) El diámetro de las ramas a podar no debe ser mayor a 5 cm en la base.
- c) Podar las ramas lo más cerca posible al tronco.
- d) Podar entre el 25 – 30% de la altura de la copa viva del árbol o bien por debajo de la mitad de la altura total del árbol.
- e) Usar herramientas que eviten daños al tronco por golpes o desgarramientos.
- f) En lugares donde se diferencian épocas secas de épocas lluviosas, realizar la poda poco antes que inicien las lluvias. En donde no se definen las estaciones, la poda se puede realizar en cualquier época del año.
- g) Preferiblemente realizar antes el raleo que la poda. Esto generalmente es posible en podas posteriores a la primera.
- h) Definir la altura total hasta donde será realizada la poda para el turno final.
- i) No realizar podas cercanas al turno final.
- j) Podas artificiales antes de tiempo dan como resultado el retardo en el crecimiento de la plantación.
- k) Retardar la poda da como lugar la formación de nudos muertos y aumento de riesgo de plagas, enfermedades e incendios así como dificulta el acceso a la plantación (INAB. 1999).

c. Raleos. El raleo tiene como objetivo básico regular el espaciamiento para favorecer el crecimiento en volumen de los árboles promisorios dentro de un rodal para aprovechar la capacidad productiva del sitio. En otras palabras, rodales muy densos producen muchos árboles de pequeñas dimensiones y el crecimiento en volumen se minimiza; por otro lado, en rodales muy espaciados se subutiliza la capacidad productiva del sitio (INAB. 1999).

Consideraciones para realizar los raleos:

1) Decidir cuándo ralear. Un buen indicio de que ya conviene ralear es cuando comienza la diferenciación de estratos en el rodal en árboles dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos. También, cuando se inicia la muerte ascendente de copas por falta de luz (INAB. 1999).

2) Decidir cuánto ralear

- a) Con base en el número de árboles/Ha
- b) Con base en el área basal/Ha
- c) Con base en el índice de densidad del rodal
- d) Con base en el factor de espaciamiento
- e) Con base en el índice de espaciamiento relativo

d. Aprovechamiento. El aprovechamiento forestal consiste en las labores de tumba de los árboles, desramado, troceado, jalado dentro del bosque y apilado en bacadillas o patios de acopio. Pueden llevarse a cabo estas tareas en forma manual o mecanizada (INAB. 1999).

#### 1) Definición de criterios silvícolas

Turno y ciclo de corta. El turno es el tiempo que trasciende entre el establecimiento del bosque y su explotación total. Es aplicable al manejo de bosques regulares (INAB. 1999).

- a) Turno técnico. Es el que provee la máxima cantidad de producto maderable.
- b) Turno económico. Es el más adecuado desde el punto de vista económico o financiero. Asegura el mayor ingreso neto por una red de área.
- c) Turno silvicultural. Permite el crecimiento del bosque hasta su máximo vigor y reproducción. La edad en que la curva del incremento periódico anual se cruza con la del incremento medio anual.

Estos tres aspectos deben de considerarse para determinar el turno que se adoptara para garantizar la permanencia del bosque (INAB. 1999.)

El ciclo de corta es el tiempo que transcurre entre aprovechamientos consecutivos de un área de bosque. Es aplicable a bosques regulares. Se basa en el tiempo necesario para que bosques jóvenes alcancen dimensiones que sean aprovechables (INAB. 1999.)

2) Especies a aprovechar, especies a proteger y diámetro mínimo de corta. Determinar las especies que serán aprovechados y los diámetros mínimos de corta. Indicar del mismo modo si hay especies que serán protegidas y de qué forma se justifica su protección.

3) Posibilidad de corta anual. Es la corta anual permisible sin que el bosque se agote.

#### a) Regulación por área de volumen

$$Pca = \frac{V_1A_1 + V_2A_2 \dots + V_nA_n}{Cc}$$

Pca = posibilidad de corta anual (m<sup>3</sup>/Ha)

V<sub>1</sub> = volumen aprovechable en el estrato 1 (m<sup>3</sup>/Ha)

A<sub>1</sub> = área de estrato 1 (m<sup>2</sup>/Ha)

Cc = ciclo de corta (el primer ciclo en bosque Latifoliado puede ser de 30 años). Esta fórmula es recomendable en bosques latifoliados en el que se reconoce el crecimiento actual de todas las especies (INAB. 1999).

## b) Regulación por área

$$P = \frac{a}{r}$$

P = posibilidad (en Ha/año)

a = área en bosque (Ha)

r = rotación (años)

Aplicable en bosques coetáneos en donde se cosechan bloques completos de bosque para formar un bosque regular (INAB. 1999).

## c) Regulación por volumen

$$P = \frac{Vt}{r/2}$$

P = posibilidad de corta anual en m<sup>3</sup>

Vt = volumen total del bosque en todos los estratos. Incluye aun el volumen no comercial del bosque.

r = rotación.

Aplicable a bosques regulares que ocupan completamente el sitio (INAB. 1999).

## d) Regulación por crecimiento

$$P = Vt * i$$

P = posibilidad de corta anual.

Vt = volumen total del bosque en m<sup>3</sup>

i = crecimiento anual del bosque.

Aplicable a bosques regulares que ocupan totalmente el sitio (INAB. 1999).

## e) Interés compuesto

P = posibilidad de corta anual m<sup>3</sup>

$$P = \frac{Ma * P\%}{n * 100}$$

$$P\% = \left(1 - \frac{1}{(1.0i)^n}\right) * 100$$

Ma = masa forestal actual

i = crecimiento anual del bosque en %

n = período de vigencia del plan

4) Distribución de las cortas. Con base en la posibilidad de corta, las necesidades de raleo y el ciclo de corta o rotación, se divide el bosque en áreas de corta anual. Estas áreas pueden ser similares

(en caso de bosques regulares) o de diferente tamaño (bosques irregulares), la idea básica es cosechar aproximadamente el mismo volumen anual durante el tiempo de vigencia del plan. Otra opción es distribuir la posibilidad de corte en todo el bosque todos los años (Bosques irregulares) (INAB. 1999.)

5) Aprovechamiento manual. Debe considerarse los siguientes aspectos:

a) Seguridad del trabajador

- No trabajar simultáneamente a distancia menor de dos veces la altura de árboles más altos.
- Limpiar alrededor del árbol.
- Limpiar las vías de escape.
- Identificar la caída natural del árbol.
- Determinar riesgos de ramas secas o bejucos.
- Utilizar casco de protección en todas las operaciones de apeo.

b) Maximizar la eficiencia de operación

- Hacer cortes de tumba con hacha y sierra manual (mojarra) lo más bajo posible.
- Antes de trocear con sierra medir la longitud del tronco para marcar la longitud de trozas que da lugar a un menor desperdicio de acuerdo a requerimientos de mercado.
- Si se aserra en el campo maderas no tradicionales, considerar que el aserrío radial de la troza da productos más estables que reducen los defectos por secado.
- En la medida de lo posible deben eliminarse las gambas en árboles que lo poseen para aumentar el tamaño de la primera troza de mayor calidad.

c) Protección de biodiversidad y sostenibilidad del recurso en manejo de bosques irregulares:

- Aprovechar solamente árboles marcados, comenzando con árboles más gruesos.
- No cortar árboles de especies poco comunes (especies únicas).
- De los árboles aprovechables, dejar árboles semilleros bien distribuidos para regeneración natural u obtención de semillas para bancos de germoplasma y utilización en plantaciones forestales. Estos deben ser marcados e identificados y protegidos.
- Árboles dañados después del aprovechamiento deben ser botados para limpiar y mejorar el bosque.
- Los árboles secos y grandes se recomienda dejarlos para refugio de vida silvestre.
- Concentrar las ramas fuera de claros para propiciar la regeneración.

- La madera aserrada en el campo debe ser transportada al patio o galera de secado en un lapso no mayor de 3 días después de haber sido aserrada.
- Supervisión constante del aprovechamiento por parte del técnico.

6) Aprovechamiento mecanizado. Construcción de caminos

Los pasos generales para la construcción de caminos internos son los siguientes:

- a) Planificación en gabinete de red de caminos con base en fotografía aérea o mapas topográficos (Cuadro 8).
- b) Reconocimiento en el campo de línea central propuesta.
- c) Identificar obstáculos y alternativas para superar obstáculos sobre línea central.
- d) Marca en el campo la línea principal identificada.
- e) Realizar apertura de carretera y marcar vías de extracción secundaria (Cuadro 9).
- f) Construir caminos estrechos y de una vía.
- g) Construir en laderas que no tengan pendientes mayores de 60%.
- h) No construir caminos en micro cuencas de abastecimiento de agua potable para comunidades.
- i) No construir caminos en la época lluviosa del año.
- j) Los alcantarillados deben ser de tamaño suficiente (Cuadro 10).

Cuadro 8. Especificaciones técnicas de construcción de camino (camino principal)

PENDIENTE < 60%

1. Camino principal	APROVECHAMIENTO FORESTAL		APROVECHAMIENTO FORESTAL Y OTROS RECURSOS	
	SUELO DE ALTO PELIGRO DE EROSIÓN	SUELO DE MEDIANO PELIGRO DE EROSIÓN	SUELO DE ALTO PELIGRO DE EROSIÓN	SUELO DE MEDIANO PELIGRO DE EROSIÓN
	-Pendiente Max favorable 15%	-Pendiente Max favorable 15% Max adversa 12%	-Pendiente Max favorable 12% Max adversa 10%	-Pendiente Max favorable 12%
	-Ancho Sub-superficie 3.6 m Cuneta en suelo 0.6 m Cuneta en roca 0.4 m	-Ancho Sub-superficie 3.6 m Cuneta en suelo 0.6 m Cuneta en roca 0.4 m	-Ancho Sub-superficie 3.6 m Cuneta en suelo 0.6 m Cuneta en roca 0.4 m	-Ancho Sub-superficie 3.6 m Cuneta en suelo 0.6 m Cuneta en roca 0.4 m
	-Profundidad Cuneta min. 0.4 m Balastre min Ver cuadro A			
	-Bombeo 3%	-Bombeo 3%	-Bombeo 3%	-Bombeo 3%
	-Radio de curvatura min. 16 m			
	-Alcantarillas permanentes de cemento o de metal			

Fuente: Instituto Nacional de Bosques. 1999.

DRENAJE DEFICIENTE	ARENA	ARCILLA O LIMO
	15 cm	
DRENAJE BUENO	15 cm	30 cm

Cuadro A. Profundidad de balastre necesaria

Cuadro 9. Especificaciones técnicas de construcción de camino (vías de saca) PENDIENTE &lt; 60%

	APROVECHAMIENTO FORESTAL		APROVECHAMIENTO FORESTAL Y OTROS RECURSOS	
2. Vía de saca principal	SUELO DE ALTO PELIGRO DE EROSIÓN*	SUELO DE MEDIANO PELIGRO DE EROSIÓN*	SUELO DE ALTO PELIGRO DE EROSIÓN*	SUELO DE MEDIANO PELIGRO DE EROSIÓN*
	-Pendiente Max favorable 15% Max adversa 12%	-Pendiente Max favorable 15% Max adversa 12%	-Pendiente Max favorable 12% Max adversa 10%	-Pendiente Max favorable 12% Max adversa 10%
	-Ancho Sub-superficie 3.6 m Cuneta en suelo 0.3 m Cuneta en roca 0.3 m	-Ancho Sub-superficie 3.6 m Cuneta en suelo 0.3 m Cuneta en roca 0.3 m	-Ancho Sub-superficie 3.6 m Cuneta en suelo 0.3 m Cuneta en roca 0.3 m	-Ancho Sub-superficie 3.6 m Cuneta en suelo 0.3 m Cuneta en roca 0.3 m
	-Profundidad Cuneta min. 0.4 m Balastre min. 0.1 m	-Profundidad Cuneta min. 0.4 m Balastre min. 0.1 m	-Profundidad Cuneta min. 0.4 m Balastre min. 0.1 m	-Profundidad Cuneta min. 0.3 m
	-Bombeo 3%	-Bombeo 3%	-Bombeo 3%	-Bombeo 3%
	-Alcantarillas de madera	-Alcantarillas de madera	-Alcantarillas de madera	-Alcantarillas de madera
3. Vía de saca secundaria	Sin exposición del suelo mineral			
4. Bacadillas	Bien drenada, distancia de 100 m de quebrada o río	Bien drenada, distancia de 100 m de quebrada o río	Bien drenada, distancia de 100 m de quebrada o río	Bien drenada, distancia de 100 m de quebrada o río

Fuente: Instituto Nacional de Bosques. 1999.

Cuadro 10. Especificaciones técnicas de construcción de camino

## Diámetro de alcantarillas

ÁREA DE MICROCUENCA (Ha)	DIÁMETRO ALCANTARILLA EVENTO DE 4" (101 mm) (pulgadas)	DIÁMETRO ALCANTARILLA EVENTO DE 2.5" (63.5 mm) HORA DE PRECIPITACIÓN (pulgadas)
5	29	18
10	37.8	23.6
20	49	30.6
40	63	39.3
60	74	46.2
80	82	51.2
100	90	56.2
150	104	65

Fuente: Instituto Nacional de Bosques. 1999.

## 14. El plan de manejo forestal

a. Determinación de la vigencia del plan. El periodo de la vigencia del plan, dependerá del tiempo necesario para indicar claramente la dirección del ordenamiento del bosque. Los criterios que pueden ayudar para la determinación del periodo del plan son: clásica forestal, la diversidad del bosque, el turno, criterios silvícolas, aspectos económicos. En general los periodos de vigencia de un plan de manejo pueden ser: (INAB. 1999).

- 1) Corto plazo----- 2 – 3 años
- 2) Mediano plazo----- 5 – 10 años
- 3) Largo plazo----- ciclo de corta

En todo caso, las revisiones y ajustes deben hacerse anualmente.

b. La ordenación forestal y los servicios ambientales. Los servicios ambientales son todos aquellos beneficios que generan los ecosistemas forestales y que hasta este momento no son mercadeables. Los servicios ambientales también son denominados externalidades positivas o valores no monetarios del bosque (INAB. 1999).

1) Protección del suelo. Los ecosistemas forestales por la estructura de su vegetación y su cobertura protegen el suelo de la erosión (INAB. 1999).

2) Regulación del ciclo hidrológico. Es bien conocida la función del ciclo del agua que generan los bosques sobre todo por los procesos de intercepción de la lluvia, infiltración y percolación dentro del ecosistema (INAB. 1999).

3) Conservación de la biodiversidad. Entendiéndose la biodiversidad biológica como la sumatoria de los genes, especies y ecosistemas (INAB. 1999).

4) Captura de carbono. Proceso que se da producto de la fotosíntesis, que se manifiesta con mejor dinámica en los bosques en crecimiento (INAB. 1999).

5) Conservación del paisaje (INAB. 1999).

6) Regulación del microclima. Los árboles crean condiciones que evitan las temperaturas extremas bajo su cobertura (INAB. 1999).

7) Filtro de la circulación aérea. Este servicio sucede esencialmente en zonas urbanas en donde al aire contiene partículas en suspensión lo que lo hace indeseable para la salud humana. Se ha demostrado que los árboles juegan un rol de filtro de aire, reteniendo las partículas en suspensión (INAB. 1999).

## C. LA FORESTERÍA COMUNITARIA EN GUATEMALA

1. ¿Qué es la forestería comunitaria? “Surge la forestería comunitaria a través de la relación entre el bosque y el ser humano, atendiendo a las siguientes necesidades. a) Energía (leña) y otros servicios que los bosques proveen a las comunidades, b) Estabilidad ambiental para tener acceso a la alimentación y c) Genera ingresos económicos y empleo para las comunidades.” (FAO. 1978. Citado por: Asociación Utz Che´. 2015, p. 15).

2. Definición de forestería comunitaria. “La forestería comunitaria se define como la administración a nivel individual y grupal de los recursos naturales, aplicando normas y principios para proteger la biodiversidad, integrando un valor al bosque para las distintas utilidades.” (Asociación Utz Che´. 2015, p. 18).

3. Teoría de bienes comunes. “La forestería comunitaria se ubica dentro del contexto de la teoría de los bienes comunes, desarrollada por Elinor Ostrom, Premio Nobel de Economía 2009. En sus investigaciones sostuvo que, además de bienes comunes de permanencia continua, existen entidades que permiten dicha continuidad. No obstante, Garrett Hardin (1968), quien en su libro “Tragedia de los Comunes”, resalta que nada podía detener el abuso de ciertas personas en el acceso a los recursos naturales.” (Asociación Utz Che´. 2015, p. 19).

Cuadro 11. Principios que permiten la permanencia de los recursos de propiedad común.

1	Límites claramente definidos	Las personas que tienen derechos de extracción sobre el recurso de propiedad común deben estar claramente definidos. El recurso también tiene límites claros.
2	Congruencia entre las normas de apropiación y provisión	Las normas sobre apropiación que restringe el tiempo, lugar, tecnología y cantidad de recurso extraíble están relacionadas con las condiciones locales y con las normas de provisión que requieren mano de obra, materiales y/o dinero.
3	Arreglos sobre consensos	La mayoría de individuos afectados por las normas de operación pueden participar en la modificación de las normas de operación.
4	Monitoreo	Existen vigilantes que activamente monitorean las condiciones del recurso de propiedad común y el comportamiento de los que extraen.
5	Sanciones proporcionales	Los apropiadores que violan las normas de operación tienen la posibilidad de recibir sanciones proporcionales, dependiendo de la seriedad y el contexto de la ofensa.
6	Mecanismos de resoluciones de conflictos	Los apropiadores y sus autoridades tienen rápido acceso a espacios de bajo costo para resolver conflictos.
7	Derechos mínimos para organizarse están reconocidos	Autoridades de gobierno no cuestionan los derechos de los apropiadores a concebir sus propias instituciones.
8	Iniciativas anidadas	La apropiación, provisión, monitoreo, cumplimiento de normas, resolución de conflicto y gobernanza están organizadas en capas múltiples de iniciativas que consideran otras de distinto nivel. Esto aplica a recursos de propiedad común que son parte de sistemas más grandes.

Fuente: Elinor Ostrom, 1990.

Los principios son reorganizados para optar a un entendimiento más preciso de la diversidad de organizaciones que promueven e impulsan la forestería comunitaria.

Cuadro 12. Principios y definiciones para la gestión de recursos de propiedad común.

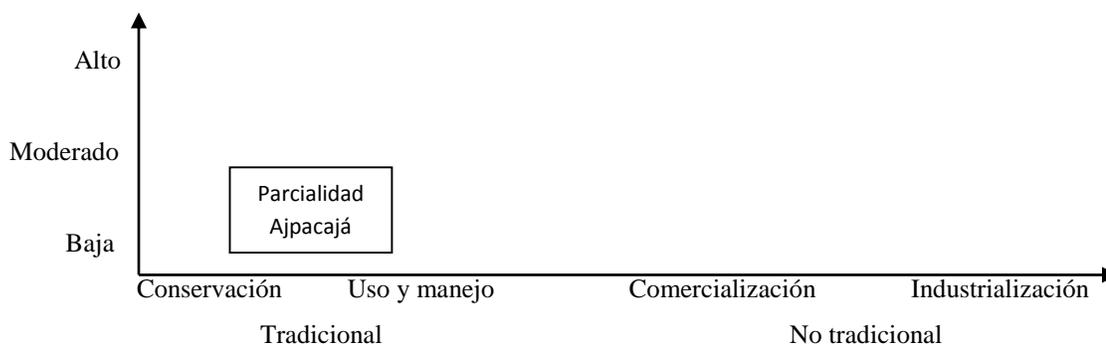
1	Limitaciones del recurso	El recurso tiene limitaciones claras y físicas. Se hace referencia del bosque comunal, al recurso hídrico, tierras comunales y en algunos casos particulares.
2	Delimitación de los derechos de uso o extracción	La pertenencia y participación son derechos de las personas o grupos de personas que tienen acceso al uso de los recursos.
3	Coherencia con la organización social y cultural	Las normas de uso del recurso de propiedad común corresponden a la organización social y al entendimiento cultural del grupo.
4	Recursos protegidos bajo la organización social y sistema jurídico propios	La organización social y sistema jurídico propios, incluyendo lo que Ostrom subdivide en acuerdos sobre decisiones, inspección, penalidades proporcionales y estrategias de solución de problemas.
5	Reconocimiento de sistemas propios de organización.	Reconocimiento por parte del Estado y otros actores.

Fuente: Asociación Utz Che´. 2015.

4. Experiencias de forestería comunitaria. “Un caso presentado en Totonicapán, refleja la necesidad de registrar las experiencias de algunas organizaciones comunitarias (Utz Che´), quienes manejan, conservan o protegen los bosques y demás recursos naturales. Aquí se demuestra el trabajo de incidencia para que sus prácticas sean tomadas en cuenta y las experiencias queden registradas sobre la realidad del sector forestal que les ha excluido.” (Asociación Utz Che´. 2015, p. 21).

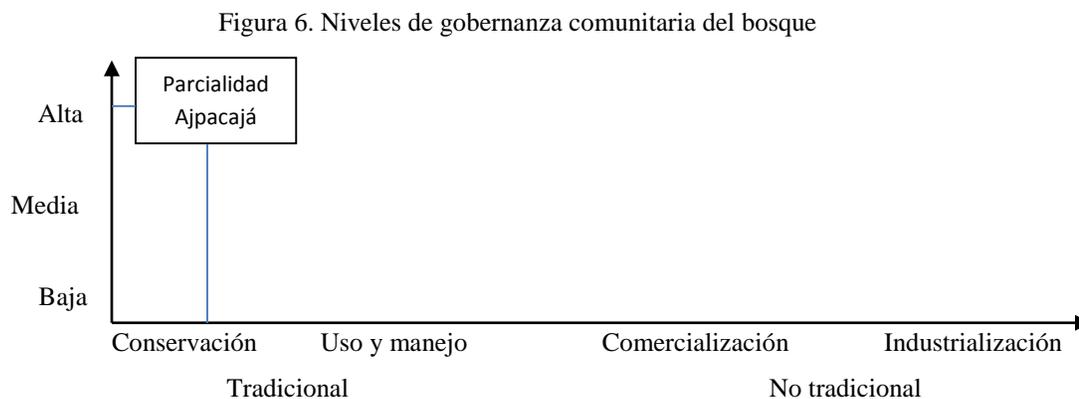
La Figura 5, ubica en el eje Y el nivel de intensidad de uso del bosque desde la conservación hasta el extremo opuesto de comercialización e industrialización, en un rango de baja a alta, buscando la conservación y la producción de agua.

Figura 5. Tipo de manejo del bosque e intensidad de uso



Fuente: Asociación Utz Che´. 2015.

La Figura 6 esquematiza las fortalezas y el uso cotidiano de la gobernanza comunitaria, con calidades de baja a alta. En este caso, la parcialidad tiene una organización comunitaria fortalecida y aplican frecuentemente sanciones como la suspensión del servicio de agua y multas a los infractores.



Fuente: Asociación Utz Che'. 2,015.

5. “Parcialidad Ajpacajá: Gestión del territorio y gobierno local. La parcialidad se ubica en el paraje Chuik´axtun, del cantón Chiyax, Totonicapán. Tiene una extensión territorial de 222 hectáreas, a una distancia de 7 kilómetros de la cabecera municipal.

En cuanto a la toma de decisiones, la máxima autoridad y la asamblea general son los encargados. Asimismo, cuentan con una junta directiva organizada de la siguiente forma: presidente, vicepresidente, secretario, tesorero y tres vocales, que coordinan con el alcalde comunal y comité de agua sobre temas para el interés de la población.

Cuenta con bosque natural donde predominan árboles de pinabete (en peligro de extinción). La protección de la masa forestal se hace con la idea de conservar las fuentes de agua, dándole la importancia al agua como “sagrado líquido”. Se tienen registros de fuentes de agua, siendo aprovechados por la parcialidad, comunidades cercanas y la municipalidad de Totonicapán. No obstante, hasta el momento la municipalidad no reconoce ni apoya las actividades de protección que realiza la parcialidad, siendo uno de los beneficiarios directos.” (Asociación Utz Che'. 2015, p. 26-27).

Cuadro 13. Parcialidad Ajpacajá: Principios y definiciones de la gestión comunitaria

Límites del recurso claramente definidos	El bosque de la Parcialidad Ajpacajá es de 221.85 hectáreas. Los límites del bosque y de los terrenos particulares de cada condueño son reconocidos y están delimitados físicamente. Se cuenta con inscripción en el Segundo Registro General de la Propiedad.
Delimitación clara de los derechos de uso o extracción	Únicamente los socios (cónyuges) de la parcialidad, tienen descendencia o apellido Ajpacajá, poseen derecho de aprovechar los productos maderables y no maderables del bosque (agua, leña, madera, abono/broza, plantas medicinales, comestibles, adornos, etc.).  Para la extracción de árboles, solamente se apoya a familias que construyan sus casas o deceso de un familiar. La condición es aprovechar árboles enfermos o caídos a un costo muy bajo. Si la familia desea cortar un árbol dentro de terreno propio, en primeras instancias debe solicitarlo ante la junta directiva y dar el visto bueno, contar con la autorización de la asamblea, asimismo debe realizar un pago a la parcialidad y, finalmente cumplir con la obligación de reforestar.
Coherencia con la organización social y cultural	Los servicios de la junta directiva son desempeñados sin ningún costo, por vecinos de la parcialidad durante dos años, conocido como k'axk'ol. Con base a los reglamentos internos de la comunidad, las personas mayores de 18 años o que estén casados deben prestar dicho servicio.  La solución de problemas se da mediante la participación directa de la junta directiva. Dado a la gravedad del conflicto, se convoca a la asamblea general y autoridades comunitarias, para acceder al dialogo participativo buscando la resolución al conflicto. Por otro lado, las personas que no asisten o llegan tarde a las reuniones de la parcialidad y no cumplen con las actividades de vigilancia, son sancionadas económicamente como una medida de proteger la organización social y ancestral que se ha practicado hace varios años.
Recursos protegidos bajo la organización social y sistema jurídico propios	Las personas mayores de 18 años deber servir a su comunidad, estar en las reuniones de la asamblea, participar en las faenas u otros eventos. Asimismo, los dos guardabosques son los encargados de monitorear el área evitando la tala de árboles, el desramillado de pinabete, la cacería de animales y el pastoreo. Durante la época de fin de año, los miembros de la parcialidad realizan vigilancia de 24 horas para la protección del pinabete. Por lo tanto, los fines de semana se realizan vigilancias para evitar la cacería especialmente del venado. La comunidad en general está organizada para reportar el ingreso de personas desconocidas al bosque.
Reconocimiento de sistemas propios de organización	La organización comunitaria es reconocida por el alcalde comunal que pertenece a los 48 Cantones, así como por el INAB y el CONAP. La parcialidad cuenta con personería jurídica reconocida por el Estado de Guatemala.

Fuente: Fuente: Asociación Utz Che'. 2,015.

## 6. “Retos de la forestería comunitaria frente a la legislación vigente

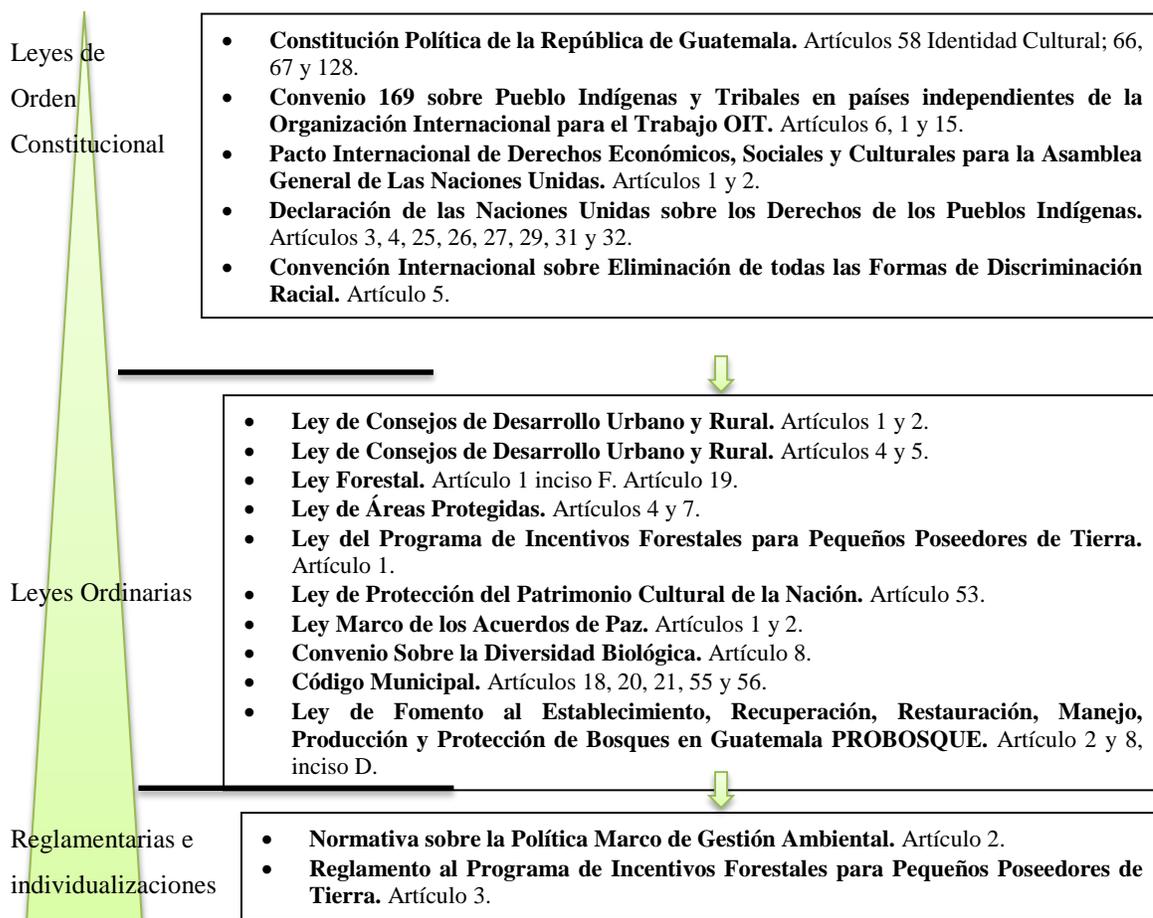
a. Fundamentos del derecho comunitario a la gestión de bosques. Según la legislación nacional vigente en el país, existe un marco que protege la administración propiamente de la forestería comunitaria. Si se aplicara adecuadamente en las comunidades que protegen sus bosques y demás recursos, habría un reconocimiento por parte del Estado.

También existe el derecho a la libre determinación de los pueblos y la administración de sus recursos, que se fundamenta en el marco internacional de derechos humanos tomados en cuenta por el Estado de Guatemala, con base en el Convenio 169 de la OIT, se hace mención de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales, la Convención Internacional sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación Racial, entre otros.

La forestería comunitaria es tomada en cuenta siempre y cuando las Leyes Forestales (PROBOSQUE, Áreas Protegidas y PINPEP), cumplan con los lineamientos técnicos y demás reglamentos como una forma de apoyar las prácticas de conservación de bosques a nivel comunitario. La ciencia forestal ha excluido a estas prácticas y su relación con otros sistemas integrados, además, el sistema de producción-conservación que promueve la economía local y la identidad de los pueblos con sus tierras. Según los artículos 66 y 68 de la Constitución Política de la República, el Estado está obligado al reconocimiento, respeto y promoción de los estilos de vida, costumbres, tradiciones y métodos de organización de las comunidades indígenas.” (Asociación Utz Che’. 2015, p. 53-54).

“La Pirámide de Kelsen (Figura 7) establece un orden de prioridad de las normas en cumplimiento del fundamento de la validación que constituye una herramienta utilizada para la comprensión del orden jerárquico de la normativa legal vigente, situando a la Constitución Política y a los tratados internacionales en materia de derechos humanos en la cima de la pirámide, es decir, por encima de las demás dentro del orden normativo vigente. Usando esta herramienta, a continuación se presenta un diagrama que demuestra que la forestería comunitaria en Guatemala (gestión, conocimientos y prácticas comunitarias) está amparada desde el máximo nivel jerárquico.” (Hans Kelsen. 1934. Citado por: Asociación Utz Che’. 2015, p. 55).

Figura 7. Diagrama sobre el marco legal que ampara la forestería comunitaria en Guatemala y la gestión, conocimientos y prácticas sobre tierras, bosques y recursos naturales.



Fuente: Asociación Utz Che´. 2,015.

7. “Formas de organización social: normas y principios aplicados en la forestería comunitaria. La forestería comunitaria se sustenta a través de la organización social de las comunidades que cuidan sus zonas boscosas, es decir, se sostienen en la concordancia comunitaria, originándose mediante el uso de sus propias normas y principios para la resolución de conflictos. Además, el equilibrio entre el ser humano y la naturaleza como normas de la organización social. La igualdad de obligaciones y derechos es otra forma de organización comunitaria, donde los miembros de la comunidad deben participar mediante la democracia directa como la asamblea comunitaria, reuniones y otras actividades.

El manejo de los recursos naturales se fundamenta en la administración comunal como un sistema jurídico, mediante los cargos asignados temporal o rotativamente a las autoridades locales, donde se busca la solución de problemas ambientales que surjan. Por lo tanto, la persona que no respeta las normas comunitarias será cuestionada por la junta directiva o asamblea comunitaria, en cuanto a la infracción cometida.

La rendición de cuentas en las asambleas comunitarias se deriva del pago de multas o por algún servicio comunal debe ser expuesta a la comunidad como transparencia de dichos ingresos.” (Asociación Utz Che’. 2015, p. 56).

8. “Uso y manejo de los recursos naturales. La interacción entre el ser humano y la naturaleza refleja la organización comunitaria, realizando actividades propias para la administración de los recursos naturales. Básicamente se busca armonizar el sustento de las familias y así evitar situaciones complejas que afecten a las futuras generaciones.

Normalmente el aprovechamiento comunitario es a pequeña escala dando valor a la vida de los recursos y necesidades de la población. Dado el caso de aprovechamiento, la prioridad es cortar aquellos árboles que ya funcionan ambientalmente (secos, infestados por plagas o enfermedades y caídos).

En algunos casos no existe bosque comunal. Los vecinos que quieran aprovechar árboles en sus terrenos deben solicitar y consultarlo primero con las autoridades de su comunidad. Sin embargo, puede darse sanciones y multas acorde a las normas internas del lugar. También existen criterios para fomentar el manejo sostenible de los recursos, es decir, usar sin acabarlo.” (Asociación Utz Che’. 2015, p. 61).

9. “Protección y conservación de los recursos naturales. La conservación y protección del bosque es prioridad de las comunidades, resaltando que la conservación se hace necesaria por los bienes y servicios que brinda el bosque a los habitantes de la comunidad. De acuerdo a la visión de las comunidades, ninguna ley o lineamiento técnico que ofrezca la protección y conservación integral de los recursos naturales.

Para mantener el equilibrio del bosque y el sistema socio-ecológico se realizan actividades de reforestación y en ocasiones manejo de la regeneración natural. En ciertas comunidades existen normas y sanciones que regulan el uso y administración del bosque, no así, en otras comunidades están en proceso la recuperación del sistema de gobernanza.

Generalmente el uso racional del bosque se constituye como una fuente de ingresos económicos para la comunidad, porque provee servicios y productos para las necesidades de los pobladores (agua, leña y madera), además, se busca una aceptación de los usuarios externos por los servicios que brinda (los incentivos forestales y pago por servicios ambientales).” (Asociación Utz Che’. 2015, p. 66).

10. “Alternativas para la permanencia y producción de los bosques. La permanencia de la cobertura forestal es un reto por el que velan las organizaciones forestales. Se busca la disponibilidad de agua, leña y productos maderables para suplir las necesidades de la comunidad. Las técnicas aplicadas en la reforestación comunitaria no son validadas por las técnicas establecidas por el marco regulatorio forestal.

La regeneración natural viene a constituirse como la práctica de reforestación más efectiva para las zonas propensas a heladas e inundaciones. La regeneración natural se realiza mediante la selección de árboles semilleros, siendo estos sanos y bien cargados de semilla. Se busca que al pie del árbol hayan germinado nuevas plántulas sanas, estas al ser trasplantadas sirvan para repoblar las zonas degradadas, donde la reforestación dirigida no haya tenido éxito. Los vecinos buscan imitar a la naturaleza en lo que técnicamente se conoce como “sucesión ecológica.” La regeneración tiene fines ecológicos para mantener el equilibrio en las áreas sin bosque.

Las prácticas comunitarias para reforestación consisten en sembrar las plántulas bajo la protección de otras plantas como guía, que eviten los daños de las inclemencias del clima. Dicha práctica no es reconocida por los lineamientos establecidos por las entidades estatales, en cuanto a la reforestación. Se busca sembrar especies autóctonas para facilitar la adaptación de las mismas en el lugar, para alcanzar los resultados esperados.” (Asociación Utz Che´. 2015, p. 71).

## D. DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS ZONAS DE MONTAÑA

Según la Agenda 21(2000): “Las montañas son una fuente importante de agua, energía y diversidad biológica. Además, son fuente de recursos vitales como minerales, productos forestales y agrícolas y medios de esparcimiento. Al ser un ecosistema importante en que está representada la ecología compleja e interdependiente de nuestro planeta, el medio montano es esencial para la supervivencia del ecosistema mundial. Sin embargo, los ecosistemas de montaña están cambiando rápidamente. Son susceptibles de erosión acelerada de los suelos, desprendimientos de tierras y un rápido empobrecimiento de la diversidad genética y del hábitat. La pobreza es generalizada entre los habitantes de las montañas y se están perdiendo los conocimientos autóctonos.”

“Como resultado de ello, la mayoría de las zonas montañosas del mundo padecen un deterioro ambiental. De ahí que haya que adoptar medidas de inmediato para velar por una ordenación apropiada de los recursos de las montañas y el desarrollo social y económico de sus habitantes.”

“Aproximadamente el 10% de la población mundial depende de los recursos de las montañas. Un porcentaje mucho mayor se sirve de distintos recursos de las montañas, en particular el agua. Las montañas constituyen una reserva de diversidad biológica y especies en peligro.”

“Cerca de la mitad de la población del mundo se ve afectada de diversas maneras por la ecología de montaña y la degradación de las cuencas hidrográficas. Aproximadamente el 10% de la población mundial vive en las zonas de laderas altas de las montañas y el 40% ocupa las zonas adyacentes de las cuencas bajas y medias. Estas cuencas presentan graves problemas de deterioro ecológico. En muchas zonas se suma a esto el pastoreo excesivo, la deforestación y el empobrecimiento de la cubierta de biomasa.”

## E. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ALDEA LA CONCORDIA, TOTONICAPÁN

1. **Topografía.** La topografía es fuertemente pronunciada, puesto que dentro del terreno se encuentran pendientes que van desde 40% en el perímetro del área, hasta pendientes mayores a 55%.

2. **Hidrología.** Actualmente existen 10 nacimientos de agua que abastecen de forma directa los hogares de las 300 familias de la comunidad. Tomando en cuenta que estos nacimientos de agua están divididos en dos proyectos, resaltando que el proyecto 1 (conocido como ocho por ciento) presenta un caudal de 7.56 litros por segundo, asimismo el proyecto 2 (conocido como unipar) tiene un caudal de 3.78 litros por 8 segundos (Entrevista alcalde comunal. 2016).

3. **Flora.** La Concordia cuenta con bosques comunales y otros con dueños particulares, en las que se encuentran diversos nacimientos de agua, las cuáles son aprovechadas por sus habitantes. Dado a que es un bosque natural mixto predominan las siguientes especies:

Cuadro 14. Descripción de flora de la aldea La Concordia, Totonicapán.

Nombre común	Nombre científico	Descripción
Pino triste	<i>(Pinus pseudostrabus)</i>	Tiene valor comercial. Utilizado principalmente para la fabricación de muebles. Estas maderas son utilizadas también para la construcción. Los restos del aprovechamiento como ramas son utilizados para leña.
Ciprés común	<i>(Cupressus lusitanica)</i>	Representa un valor comercial. Se caracteriza por dispersar un agradable olor en la madera y las ramas son utilizadas como leña. La madera usualmente se utiliza para la construcción de cabañas.
Aliso	<i>(Alnus spp)</i>	Con alto valor comercial. Es utilizada en pocos casos como madera para la fabricación de muebles, frecuentemente para usos domésticos para la cocción de alimentos. Es una especie que las personas prefieren reforestar ya que es de rápido crecimiento y posee cualidades de fijación de nitrógeno por los nódulos que presenta en su sistema radicular.

Continuación Cuadro 14

Nombre común	Nombre científico	Descripción
Encino	<i>(Quercus spp)</i>	Presenta alto valor comercial. Utilizada para leña y carbón, debido a que la densidad de la madera es alta y provee más tiempo de calor en su uso, asimismo alberga gran cantidad de plantas epífitas, tillandsias, de importancia para la conservación.
Roble	<i>(Quercus peduncularis)</i>	Presenta un alto valor comercial. Utilizada para leña y carbón, dado a que presenta una alta densidad en la madera y provee más tiempo de calor.
Madrón	<i>(Arbutus xalapensis)</i>	Esta especie no representa un valor comercial, por lo que su distribución es muy escasa en la zona, debido a un ciclo poco común en la germinación de las semillas, es decir, las aves deben consumir las semillas y posteriormente defecarlas para garantizar la germinación de las mismas. Regularmente se utiliza como leña y posee un alto valor de generación de energía.
Canac	<i>(Chiranthodendron pentadactylon)</i>	Es una especie que no representa un valor económico en la zona, únicamente es aprovechado por sus hojas para la preparación de alimentos en los hogares.

Fuente. Elaboración propia.

4. Fauna. Se mencionan las especies con más presencia en la zona y aunque en el área no existe registro de cacería indiscriminada, es importante contar con algún tipo de control para que esta actividad no proliferare, de esta manera se mencionan a las especies predominantes en el área.

Cuadro 15. Descripción de fauna de la aldea La Concordia, Totonicapán.

Nombre común	Nombre científico	Descripción
Ardilla	<i>(Sciurus vulgaris)</i>	Especie de fauna silvestre que no tiene un valor comercial, pero se comercializa en menor grado, especialmente para mascotas.
Conejo	<i>(Oryctolagus cuniculus)</i>	Especie de fauna silvestre, sin ningún valor comercial, se comercializa en menor grado y es cazado furtivamente.
Venado	<i>Odocoileus virginianus</i>	Especie de fauna silvestre que no presenta valor comercial en la zona. Los venados se caracterizan por usar formas de comunicación haciendo sonidos como los gruñidos y los bramidos. Regularmente son cazados para el consumo de su carne y el aprovechamiento de su piel.
Pájaro carpintero	<i>(Campephilus guatemalensis)</i>	Esta especie de ave no tiene valor comercial en la zona.
Guardabarranco	<i>(Myadestes spp.)</i>	Esta especie no tiene valor comercial.

Continuación Cuadro 15

Nombre común	Nombre científico	Descripción
Armadillo	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Especie de fauna silvestre de la región, no posee valor comercial, su carne raras veces se comercializa, generalmente se caza para consumo familiar.

Fuente: elaboración propia

5. Recursos edáficos. Según Jaime Morales (2001), los suelos son de textura franco a franco arcillosa, friable, ligeramente ácida y con un espesor de 25 a 50 centímetros. Los suelos son cafés o pseudo alpinos; en el subsuelo se aprecia un color café rojizo oscuro, textura franco arcillosa y reacción ligeramente ácida promediando un pH ponderado de 5.95.

6. Manejo y aprovechamiento de los recursos naturales en la comunidad. Según experiencias de los antepasados, la comunidad realiza reforestaciones cada dos años para la conservación de fuentes de agua y protección de suelos en áreas degradadas por pequeños deslaves, incendios u otros fenómenos naturales que puedan incidir en el desarrollo del bosque. Las prácticas comunitarias de reforestación no cumplen con los lineamientos técnicos propuestos por el Instituto Nacional de Bosques (INAB) o el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), dado a que no existe una educación ambiental que oriente a los pobladores sobre el manejo racional de los recursos naturales ni la aplicación de algún tratamiento silvícola que garantice la sostenibilidad de estos recursos.

El aprovechamiento de los recursos forestales es a mediana escala y se da mediante la obtención de leña en árboles caídos o en ocasiones talados ilegalmente, aunque existe una norma interna de la comunidad que prohíbe la tala ilegal llegando a aplicar sanciones económicas a la persona que comete dicha infracción, de lo contrario se le suspende el servicio de agua potable hasta que solvante su caso. Asimismo, existen familias que poseen bosques propios y el aprovechamiento se realiza a medida de la necesidad sin solicitar la autorización de la autoridad comunitaria.

## V. METODOLOGÍA

### A. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El bosque natural comunal se localiza en la aldea La Concordia, Totonicapán, jurisdicción del municipio de Nahualá en el departamento de Sololá, a una distancia de 60 kilómetros de la cabecera municipal. (Ver Figura 8)

La aldea La Concordia, ancestralmente conocida como Par'ax che' (Lugar de árbol verde), donde corren las aguas del río Las Lajas, está situada en la Latitud: 14°49'60" y Longitud: 91°15'0". La aldea colinda al Norte con la aldea Rancho de Teja, Totonicapán; al Este con la aldea La Esperanza, Totonicapán; al Oeste con el Caserío Panimajá, Nahualá, Sololá y al Sur con la aldea San Juan Argueta, Sololá.

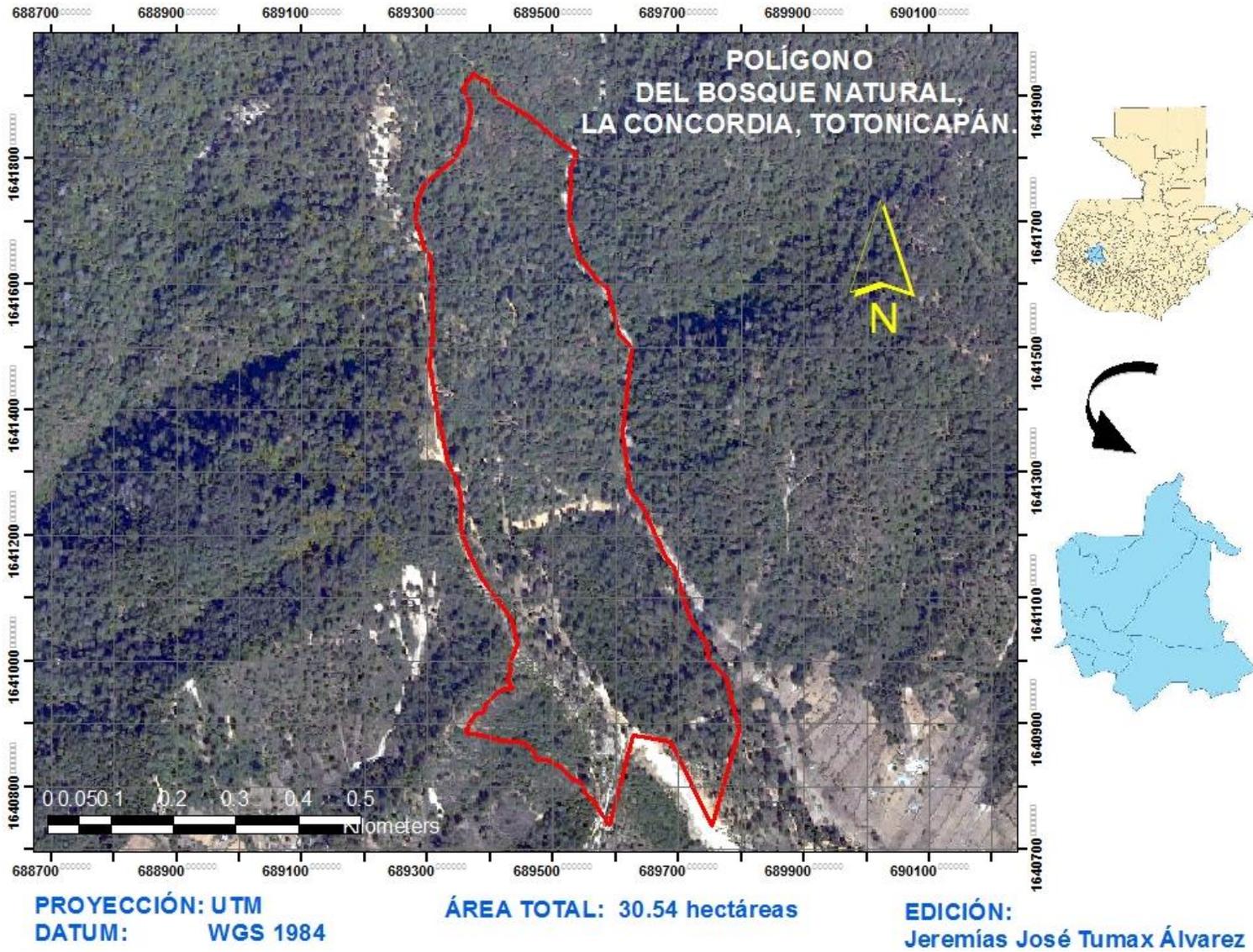
Según Thornthwaite (MAGA, 2009), el clima de la región corresponde al tipo "frío húmedo" (Código J), que se caracteriza por presentar rangos de temperaturas medias anuales entre 10 y 14.2 °C y un rango de precipitaciones de 1,001 a 2,000 mm anuales.

Según Holdridge, se ubica dentro de la Zona de Vida denominada bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MS), cuyas principales especies indicadoras ciprés común (*Cupressus lusitanica*), Canac (*Chiranthodendron pentadactylon*), pino triste (*Pinus pseudostrobus*), Aliso (*Alnus jorullensis*) y Encino (*Quercus spp*). Es una región con una altitud de 2,309 metros sobre el nivel del mar y una precipitación anual de 1,249 milímetros.

Su población es de origen K'iche' y actualmente existen trescientas familias. Dado que predomina el clima frío las familias se dedican a la siembra de algunos granos básicos como: maíz, frijol, algunas hortalizas, árboles frutales caducifolios, entre otros; además de la crianza de animales de traspatio y algunos bovinos.

La organización social de dicha comunidad está conformada por alcaldes auxiliares, centros educativos, centro de salud, organizaciones religiosas y otros líderes.

Figura 8. Ubicación del bosque comunal estudiado



## B. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio se utilizó el diseño estadístico de Diseño en Bloques al Azar (DBA), debido a la homogeneidad que existe en los rodales, los cuales se asignaron de manera al azar utilizándose cinco repeticiones.

1. Descripción del modelo estadístico. Para el estudio se utilizó el diseño estadístico de Diseño en Bloques al Azar (DBA), este diseño toma en cuenta los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local. En este diseño las unidades experimentales se distribuyen en grupos homogéneos, los cuales se les denomina bloque.

Los tratamientos fueron distribuidos en las unidades experimentales dentro cada bloque aleatoriamente, por lo que cada bloque se constituye una repetición.

A continuación se presenta el modelo estadístico utilizado:

### a. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta observada o medida en el  $i$ -ésimo tratamiento y el  $j$ -ésimo bloque.

(DAP, Altura, Edad, Volumen y AB)

$\mu$  = media general de la variable de respuesta

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (RODAL A, B y C)

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque (PARCELAS)

$\varepsilon_{ij}$  = error asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental. (López, Ezequiel, 2008).

b. ¿Por qué se eligió esta metodología? Según Thomas M. Little y F. Jackson Hills de la Universidad de California el objetivo en este diseño estadístico consiste en minimizar la variabilidad existente dentro de los bloques y maximizar entre los mismos. Debido a la heterogeneidad existente entre los rodales del bosque natural se tomó la decisión técnica de utilizar este modelo estadístico.

Cabe mencionar que la variabilidad del bloque se elimina a partir del error experimental, por lo que cuanto mayor sea la variabilidad entre los bloques más eficiente será los resultados en cuanto a la capacidad de detectar posibles diferencias del tratamiento. (Little Thomas, *et. al.* 1983)

2. Distribución y número de parcelas. Según el CONAP, debido a la menor densidad de árboles en los rodales y parcelas del bosque natural, se utilizó parcelas de muestreo de forma circular de manera sistemática con un área de 1000m<sup>2</sup> cada una, bajo una intensidad de muestreo del 20%.

Según Ezequiel López de la Universidad San Carlos de Guatemala, el número de unidades experimentales dentro de cada bloque es igual al número de tratamientos incluidos en el experimento. En el estudio se estableció en el bosque tres rodales lo que equivale a tres tratamientos que corresponde a tres bloques por cada tratamiento, entonces se tiene:

3 tratamientos (A, B, C) x 3 bloques cada una;

Se tiene un total = 9 bloques (López, Ezequiel, 2008).

Sin embargo, por la cantidad de parcelas muestreadas que son 62, se tomó la decisión técnica de presentar datos más confiables y aumentar la precisión de los resultados se procedió a utilizar cinco bloques o repeticiones por cada tratamiento lo que equivale a un total de quince bloques por los tres tratamientos.

Las parcelas tomadas en cuenta en cada rodal para los bloques de cada tratamiento fueron seleccionadas de manera aleatoria y las mismas se distribuyen de manera aleatoria e independiente en cada tratamiento como lo establece el modelo estadístico de bloques completamente al azar. (Little Thomas, *et. al.* 1983).

a. Cálculos para la elección de parcelas

1) Área de cada parcela: 1000 m<sup>2</sup>

2) Radio de la parcela: ( $r^2 = 1000/3.1416$ ) = 17.84 m

3) Total de parcelas: ( $P = (A / a) \times \% I$ ) =  $305,400 \text{ m}^2 / 1000 \text{ m}^2 \times 0.20\% = 62$  parcelas.

Donde:

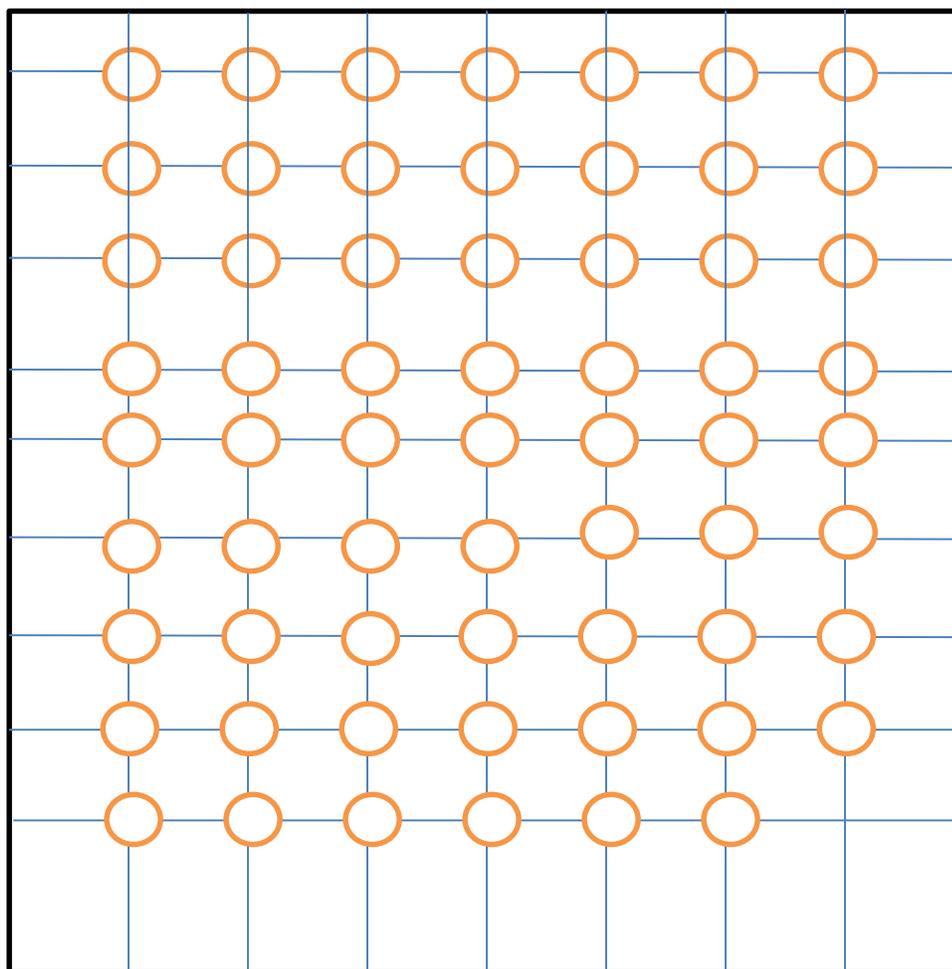
P= Número de parcelas                      A= área total del terreno

a= área de la parcela                      I%= intensidad de muestreo en porcentaje

4) Total del área de las parcelas: ( $62 \times 1000 \text{ m}^2$ ) = 62,000 m<sup>2</sup>

CONAP recomienda para bosques con características heterogéneas en densidad, utilizar entre 10 a 15 % de intensidad de muestreo en áreas mayores de 20 hectáreas, sin embargo se tomó el criterio técnico personal de aplicar un 20% de intensidad de muestreo con el fin de reducir el error muestral y poder presentar datos más confiables.

Figura 9. Diseño de distribución sistemático de parcelas de muestreo



### 3. Distribución de bloques

- a. Total de tratamientos: 3
- b. Área rodal A: 3.25 has
- c. Área rodal B: 12.26 has
- d. Área rodal C: 15.03 has
- e. Total de bloques: 15
- f. Área total del estudio: 30.54 has

A continuación en el Cuadro 16 se presenta la distribución de los tres rodales identificados como 1, 2 y 3 de 3.25 has, 12.26 has y 15.03 has respectivamente. Cada tratamiento o rodal tiene cinco bloques o repeticiones distribuidos al azar, por la homogeneidad que existe en los rodales.

Cuadro 16. Distribución de bloques

BLOQUES	TRATAMIENTOS		
	1	2	3
I	RODAL 3	RODAL 2	RODAL 1
II	RODAL 2	RODAL 1	RODAL 3
III	RODAL 1	RODAL 3	RODAL 2
IV	RODAL 3	RODAL 2	RODAL 1
V	RODAL 1	RODAL 3	RODAL 2

## VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación se presenta el siguiente cuadro que describe las actividades realizadas durante el período de estudio.



## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. INVENTARIO FORESTAL DEL AREA DE ESTUDIO

El inventario se llevó a cabo en el bosque comunal de la aldea La Concordia, Totonicapán, en un área total de 30.54 hectáreas de bosque natural, la cual se dividió en tres rodales: rodal A con un área de 3.25 has, rodal B con un área de 12.26 has y rodal C con un área de 15.03 has; dentro de los mismos se aplicó un muestreo sistemático a una intensidad del 20% lo que significa que se utilizaron un total de 62 parcelas circulares de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> cada una, el grado de intensidad de muestreo que se utilizó fue un criterio técnico personal con el fin de proyectar datos confiables y coadyuve a la reducción del porcentaje del error muestral, aunque cabe mencionar que CONAP recomienda entre 10 a 15% de intensidad cuando son áreas mayores de 20 hectáreas. Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 17. Resultados obtenidos en campo respecto al inventario forestal realizado en el bosque natural La Concordia, Totonicapán.

Rodal	Área (Has)	Especies	Diámetro promedio (pulgadas)	Altura promedio (m)	Árboles por Ha	Área basal (m <sup>2</sup> /rodal)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Volumen (m <sup>3</sup> )	
								Rodal	Ha.
A	3.25	<i>Quercus sp.</i>	43.43	25.3	400	219.78	67.63	4,262.37	1,311.50
		<i>Arbutus xalapensis</i>	58.57	27.25	50	42.87	13.19	889.69	273.75
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	54.40	28.02	113	78.06	24.02	967.30	297.63
		<i>Quercus peduncularis</i>	29.69	21.80	287	89.38	27.50	1,505.97	463.38
		total	186.09	102.37	850	430.09	132.34	7,625.31	2,346.26
B	12.26	<i>Quercus sp.</i>	43.34	22.24	229	504.70	41.17	9,221.56	752.17
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	43.77	27.74	470	805.07	65.67	10,653.94	869
		<i>Alnus sp.</i>	24.14	22.70	95	71.52	5.83	1,117.70	91.17
		<i>Arbutus xalapensis</i>	54.37	22.60	21	82.24	6.71	1,336.85	109.04
		<i>Quercus peduncularis</i>	28.60	20.13	129	129.75	10.58	1,847.17	150.67
		total	194.22	115.41	944	1,593.29	129.96	24,177.23	1,972.04
C	15.03	<i>Alnus sp.</i>	25.81	18.64	163	45.84	3.05	2,855.7	190
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	26.84	18.52	856	1,110.22	73.87	10,095.65	671.70
		<i>Quercus sp.</i>	43.20	16.43	37	394.79	26.27	4,900.78	326.07
		<i>Quercus peduncularis</i>	27.97	12.47	50	80.66	5.37	976.45	64.97
		<i>Arbutus xalapensis</i>	41.78	15.67	40	96.19	6.40	1,027.05	68.33
		<i>Cupressus lusitanica</i>	17.85	18.09	77	38.48	2.56	1,094.78	58.26
		total	183.45	99.82	1,223	1,766.18	117.52	20,950.41	1,379.33
<b>Total</b>	<b>30.54</b>				<b>3,017</b>	<b>3,789.56</b>		<b>52,752.95</b>	<b>5,697.63</b>

El Cuadro 17 presenta los resultados del inventario forestal obtenido en campo en un área total de 30.54 hectáreas, en donde se aplicó una intensidad de muestreo al 20% lo que equivale a un área total de 6.2 hectáreas dividida en tres rodales. En el levantamiento de datos se determinó que el Rodal C tiene mayor cantidad de árboles proyectando 1,223 árboles por hectárea, en comparación con el Rodal A con 850 árboles/ha y Rodal B con 944 árboles/ha, y por ser un bosque irregular la densidad y edad de los árboles es muy variable dentro de cada rodal. En los rodales A y B a pesar que el Rodal B sobrepasa 9.01 hectáreas en área, sin embargo solamente 96 árboles difiere del rodal A que proyecta 850 árboles /ha. En los tres rodales se pudo determinar un total de 52,752.95 m<sup>3</sup> de madera de distintas especies. En cuanto al diámetro a la altura del pecho el Madrón o *Arbutus xalapensis* en el rodal A proyecta un promedio de 58.57 pulgadas mayor que en los otros rodales así mismo en altura, la especie de pino común sobresale en altura y DAP en el rodal A cuantificándose un promedio de 28.02 m y 54.40 pulgadas respectivamente. En dicho inventario se puede ver que la especie con más presencia dentro del bosque es el *Pinus pseudostrabus* con una cantidad de 291 árboles dentro de un área de 62,000 m<sup>2</sup> lo que significa que dentro de 30.54 hectáreas que es el área total del bosque natural intervenido proyecta una cantidad de 18,992 árboles con un volumen de 21,716.89 metros cúbicos de madera.

Los datos se obtienen de la siguiente manera:

Cuadro 18. Cálculos matemáticos sobre el número árboles/ha y volumen en m<sup>3</sup>/ha

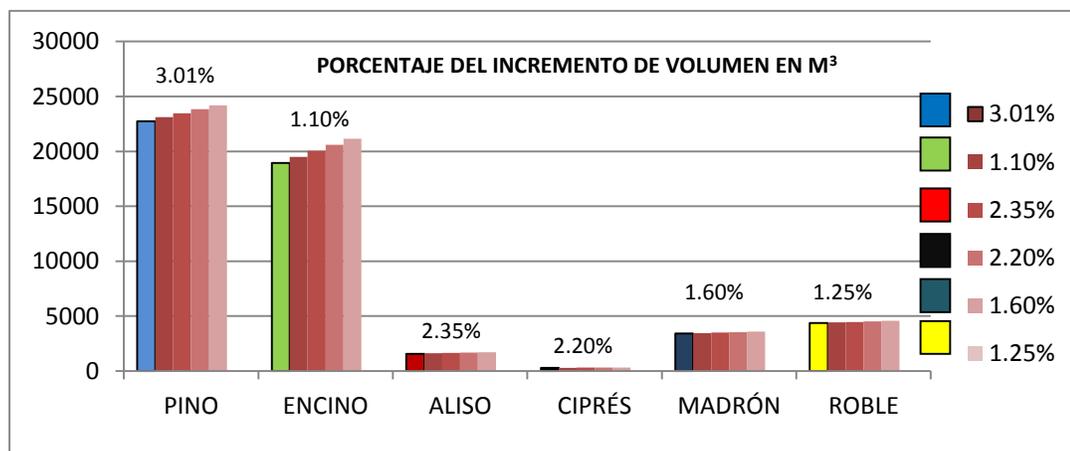
291 Pinos	RODAL A	RODAL B	RODAL C	ÁREA MUSETRAL
	28 pinos	92 pinos	171 pinos	62,000 m <sup>2</sup>
<b>ÁREA DE PARCELAS MUESTREADAS EN M<sup>2</sup></b>				<b>VOL. EN M<sup>3</sup>/HA</b>
A=	(28 pinos en el muestreo * 32,500 m <sup>2</sup> ) / 8,000 m <sup>2</sup> = 113 árboles/ha			297.63 m <sup>3</sup> * 3.25 = 967.30 m <sup>3</sup>
B=	(92 pinos * 122,600m <sup>2</sup> ) / 24,000m <sup>2</sup> = 470 árboles /Ha			869m <sup>3</sup> * 12.26 ha = 10,653.94 m <sup>3</sup>
C=	(171 pinos x 150,300m <sup>2</sup> ) / 30,000m <sup>2</sup> = 856 árboles/Ha			671.70m <sup>3</sup> x 15.03 = 10,095.65 m <sup>3</sup>
<b>Sumando</b>				<b>18,992 pinos</b> (este dato se obtiene de)
Rodal A = 112 pinos/ha * 3.25 has				= 364 pinos
Rodal B = 470 pinos/ha * 12.26 has				= 5,762.2 pinos
Rodal C = 856 pinos/ha * 15.03 has				= 12,857 pinos
<b>Sumando</b>				<b>18,992 pinos</b>

El porcentaje de incremento del volumen se obtuvo a través de tablas elaboradas por el INAB de acuerdo a las especies de Guatemala, por lo que para dicha información se utilizó la edad y la altura de los árboles inventariados. A continuación se presenta en un cuadro el incremento anual en m<sup>3</sup> y el incremento en m<sup>3</sup> para los próximos 5 años.

Cuadro 19. Resultados sobre el incremento anual y en 5 años del volumen en m<sup>3</sup> de las diferentes especies dentro del área de estudio.

Especie	Vol. (m <sup>3</sup> )	Increm (%)	Increm. anual (m <sup>3</sup> )	AÑO					vol. en 5 años (m <sup>3</sup> )
				1	2	3	4	5	
Encino	18,384.72	1.10	202.23	18,586.95	18,789.18	18,991.42	19,193.65	19,395.88	19,395.88
Roble	4,329.59	1.25	54.12	4,383.71	4,437.83	4,491.95	4,546.07	4,600.19	4,600.19
Pino	21,716.89	3.01	653.68	22,370.55	23,024.23	23,677.91	24,331.58	24,985.26	24,985.26
Madrón	3,253.59	1.60	52.06	3,305.65	3,357.70	3,409.76	3,461.82	3,513.88	3,513.88
Aliso	3,973.4	2.35	93.37	4,066.77	4,160.15	4,253.52	4,346.90	4,440.27	4,440.27
Ciprés	1,094.78	2.20	24.09	1,118.87	1,142.95	1,167.04	1,191.12	1,215.21	1,215.21
<b>TOTAL</b>	<b>52,752.95</b>								<b>58,150.69</b>

Gráfica 1. Comportamiento del incremento del volumen por especie durante 5 años.



Como se puede ver en la Gráfica 1 el porcentaje de incremento anual es variado, debido a la calidad de sitio, la altura y edad de cada especie. Se puede contemplar que la especie de encino tiene un 1.10% de incremento anual, lo que representa 202.23 m<sup>3</sup>; el roble un 1.25% equivalente a 54.12m<sup>3</sup>; la especie de pino incrementa 653.68 m<sup>3</sup> al año lo que representa un 3.01% de incremento; la especie de Madrón representa el 1.60% de incremento, que cuantifica 52.06m<sup>3</sup> de madera; el aliso incrementa 2.35% que equivale a 93.37m<sup>3</sup> y el ciprés aumenta 24.09m<sup>3</sup> anualmente, lo que representa un 2.20% de volumen maderable. Esto indica que en el área de estudio de 30.54 hectáreas dentro de 5 años habría un aumento de 5,397.74 m<sup>3</sup> de madera.

1. Valor económico de las especies forestales. El bosque natural La Concordia, posee actualmente seis especies forestales propias del lugar los cuales varían en altura y DAP. Por ser un bosque natural ubicada en área protegida, el bosque se ha preservado por varios años, sin embargo, en el Cuadro 20 se proyecta el volumen total de cada especie en un área de 30.54 hectáreas para determinar el valor económico que podría generar. Cabe mencionar que INAB establece que un metro cúbico de madera aserrada equivale a 424 pie tablar (12" x 12" x 1") en el sistema inglés.

Cuadro 20. Volumen proyectado y valor económico de las especies forestales

No.	Especie	Volumen /Ha (m3)	Valor de1 pie tablar (Q)	Ingreso (Q)
1	<i>Pinus pseudostrabus</i>	21,716.89	4.20	38,673,437.71
2	<i>Cupressus lusitanica</i>	1,094.78	4.20	1,949,584.22
3	<i>Alnus sp.</i>	3,973.36	4.20	7,075,759.49
4	<i>Quercus sp.</i>	18,384.71	4.20	32,739,491.57
5	<i>Quercus peduncularis</i>	4,329.62	4.20	7,710,187.30
6	<i>Arbutus xalapensis</i>	3,253.59	4.20	5,793,993.07
<b>TOTAL</b>		<b>52,752.95</b>		<b>93,942,453.36</b>

## B. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DEL DAP, ALTURA, VOLUMEN Y ÁREA BASAL

Cuadro 21 Resultados obtenidos de los diámetros a la altura del pecho (DAP) en pulgadas

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Yi	$\bar{y}$
<b>Rodal 1</b>	43.89	44.17	35.37	36.65	52.38	<b>212.46</b>	<b>42.49</b>
<b>Rodal 2</b>	52.36	44.93	19.15	22.74	20.30	<b>159.48</b>	<b>31.90</b>
<b>Rodal 3</b>	17.30	18.86	17.69	53.05	29.88	<b>136.78</b>	<b>27.36</b>
<b>Yj</b>	<b>113.55</b>	<b>107.96</b>	<b>72.21</b>	<b>112.44</b>	<b>102.56</b>	<b>508.72</b>	<b>33.92</b>

Cuadro 22. Análisis de varianza (ANDEVA) para el diámetro a la altura del pecho (DAP).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	F tabulada 5%
<b>Tratamientos</b>	2	603.31	301.66	1.88 NS*	3.81
<b>Bloques</b>	4	388.44	97.11		
<b>Error experimental</b>	13	2,090.1	160.78		
<b>Total</b>	19	2,693.41			

C.V = 37.38%

NS\* = No significativo

De acuerdo a la análisis de varianza se determinó que el diámetro a la altura del pecho no presenta significancia entre cada rodal, debido que el valor de F es de 1.88, por lo que se encuentra debajo del valor crítico de F al 5%, la cual es de 3.81 tabulada en la tabla de Fisher y Snedecor. Debido que no existe diferencia significativa entre los rodales no se procede a la prueba de medias de Tukey.

Cuadro 23. Altura en metros obtenida de los árboles de cada parcela en los rodales.

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Yi	$\bar{y}$
<b>Rodal 1</b>	32	25.88	31.67	36.43	20.57	<b>146.55</b>	<b>29.31</b>
<b>Rodal 2</b>	35.25	37.67	28.83	29.2	18.57	<b>149.52</b>	<b>29.90</b>
<b>Rodal 3</b>	20.18	22.75	22.52	6.65	17.2	<b>89.3</b>	<b>17.86</b>
<b>Yj</b>	<b>87.43</b>	<b>86.3</b>	<b>83.02</b>	<b>72.28</b>	<b>56.34</b>	<b>385.37</b>	<b>25.69</b>

Cuadro 24. Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable altura en metros de los árboles.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	F tabulada 5%
<b>Tratamientos</b>	2	460.85	230.43	5.47	3.81
<b>Bloques</b>	4	226.87	56.72		
<b>Error experimental</b>	13	547.74	42.13		
<b>Total</b>	19	1,008.59			

C.V = 25.26%

En el análisis de varianza realizada para ésta variable se determinó que la altura de los árboles presenta alta significancia entre los rodales, debido que el valor de F observado (5.47) es mayor que el valor F tabulada al 5%.

Cuadro 25. Prueba de medias de Tukey acerca de la altura de los árboles de cada rodal.

RODALES			
<b>media</b>	B = 29.90	A = 29.31	C = 17.86
C = 17.86	<b>12.04*</b>	<b>11.45*</b>	-
A = 29.31	0.59	-	
B = 29.90	-		

W = 11.06

Cuadro 26. Presentación de los resultados de la comparación de prueba de medias de Tukey.

<b>RODALES</b>	<b>Medias</b>	<b>Grupo Tukey</b>
<b>RODAL B</b>	29.90	a
<b>RODAL A</b>	29.31	a
<b>RODAL C</b>	17.86	b

Debido a la existencia de la diferencia significativa determinada en el análisis de varianza, se procedió a la prueba de medias de Tukey, lo que determinó dos grupos estadísticos, sobresaliendo el rodal B con mayor diferencia significativa en cuanto a la altura de los árboles, debido que presenta una media de 29.90 metros en comparación con el rodal C que presenta una media de 17.86, lo que implica 12.04 metros menos.

Cuadro 27. Datos obtenidos en los diferentes rodales en cuanto al volumen de los árboles, en m<sup>3</sup>.

	<b>Parcela 1</b>	<b>Parcela 2</b>	<b>Parcela 3</b>	<b>Parcela 4</b>	<b>Parcela 5</b>	<b>Yi</b>	<b>ȳ</b>
<b>Rodal 1</b>	2.77	3.18	3.06	3.94	3.32	<b>16.27</b>	<b>3.25</b>
<b>Rodal 2</b>	4.86	3.26	1.23	0.93	1.41	<b>11.69</b>	<b>2.34</b>
<b>Rodal 3</b>	0.66	1.03	0.54	4.19	0.73	<b>7.15</b>	<b>1.43</b>
<b>Yj</b>	<b>8.29</b>	<b>7.47</b>	<b>4.83</b>	<b>9.06</b>	<b>5.46</b>	<b>35.11</b>	<b>2.34</b>

Cuadro 28. Análisis de varianza (ANDEVA) respecto al volumen de los árboles.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>F tabulada 5%</b>
<b>Tratamientos</b>	2	8.32	4.16	2.49 NS*	3.81
<b>Bloques</b>	4	4.40	1.10		
<b>Error experimental</b>	13	21.67	1.67		
<b>Total</b>	19	29.99			

C.V = 55.13%

NS\* = No significativo

El resumen del ANDEVA manifiesta que no es significativa la diferencia de volumen de los árboles entre los rodales. Esto es debido al valor de F (2.49) que se encuentra por debajo del valor crítico de la F tabulada de Fisher y Snedecor, por lo que no se procede a la prueba de media de Tukey.

Cuadro 29. Resumen de cálculos estadísticos respecto al volumen de madera de cada rodal.

<b>Resumen</b>					
<b>Descripción</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>S^2</math></b>	<b>S</b>	<b>CV (%)</b>	<b>E (%)</b>
Rodal 1	25.91	2.55	1.60	6.18 %	5.61 %
Rodal 2	19.72	0.96	0.98	4.97 %	2.16 %
Rodal 3	11.78	0.56	0.75	6.37 %	2.48 %

Cuadro 30. Resultados obtenidos respecto al área basal de los árboles de cada rodal.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Yi</b>	<b><math>\bar{y}</math></b>
<b>Rodal 1</b>	0.17	0.17	0.14	0.14	0.23	<b>0.85</b>	<b>0.17</b>
<b>Rodal 2</b>	0.24	0.16	0.05	0.05	0.08	<b>0.58</b>	<b>0.12</b>
<b>Rodal 3</b>	0.05	0.05	0.04	0.22	0.09	<b>0.45</b>	<b>0.09</b>
<b>Yj</b>	<b>0.46</b>	<b>0.38</b>	<b>0.23</b>	<b>0.41</b>	<b>0.4</b>	<b>1.88</b>	<b>0.13</b>

Cuadro 31. Análisis de varianza sobre el área basal de los árboles de cada rodal.

## Resumen del ANDEVA

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>F tabulada 5%</b>
<b>Tratamientos</b>	2	0.01	0.005	0.93 NS*	3.81
<b>Bloques</b>	4	0	0		
<b>Error experimental</b>	13	0.07	0.0054		
<b>Total</b>	19	0.08			

C.V = 53.85%

NS\* = No significativo

El cuadro 31 proyecta 0.93 en cuanto al valor de F calculada por lo que se encuentra por debajo del valor crítico de la F tabulada 3.81. Esto indica que el área basal de los árboles entre cada rodal no presenta diferencia significativa, por lo que se descarta la prueba de medias de Tukey.

## C. PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS POTENCIALES EN EL BOSQUE NATURAL, ALDEA LA CONCORDIA, TOTONICAPÁN

La siguiente propuesta se enfoca principalmente en la mitigación de deslizamientos, incendios forestales y protección contra plagas y enfermedades, como principales problemas que se dan en los bosques sustentándose en los resultados obtenidos de las encuestas dirigidas hacia las autoridades comunales.

1. La mitigación de deslizamientos. Para la restauración de áreas degradadas en el bosque se deben manejar mecanismos de reforestación tomando en cuenta las especies predominantes en el área, esto con la finalidad de una fácil y rápida adaptación de la especie a trasplantar. Se recomienda la implementación de las técnicas de reforestación y anexo a ello otras actividades que contribuyen en la reducción de la problemática.

a. Evitar la tala de árboles. Los árboles son elementos fundamentales en el equilibrio ambiental, porque a través de sus raíces retienen el suelo y no permiten el desprendimiento del mismo. Por tanto, se recomienda monitorear para evitar la tala de árboles en zonas vulnerables a deslizamientos que generalmente suceden en la época lluviosa.

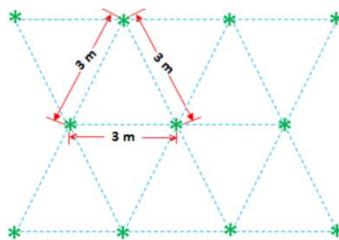
b. Coordinación con el personal técnico de COLRED (Coordinadora Local para la Reducción de Desastres). Se debe realizar un sistema de evaluación y monitoreo para la identificación de posibles deslizamientos u otros fenómenos naturales que afecten los recursos naturales de la comunidad. Por tanto, después de identificar los problemas se procede a programar una reforestación dirigida a las áreas degradadas.

c. Reforestación en aquellos espacios donde se necesite. Consiste en recuperar el área deteriorada por efecto de algún fenómeno natural, a continuación se describe el lineamiento a seguir para la reforestación y posteriormente se deben realizar monitores para velar por la buena adaptabilidad de las especies.

### 1) Sistema de siembra

a) Trazado en triángulo o tresbolillo. Consiste en sembrar las plantas de manera que ocupen las esquinas de un triángulo de lados iguales, con un distanciamiento de 3 x 3 metros o realizar plantaciones con altas intensidades para fines de protección, por ejemplo utilizar distanciamientos de 1.5 x 1 metro.

Figura 10. Diseño de sistema de siembra al tresbolillo

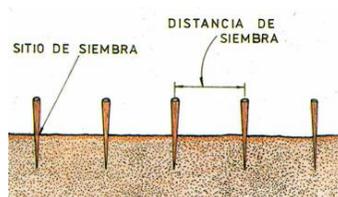


Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. 1991.

Para trazar en triángulo se siguen los siguientes pasos:

- Se traza la línea guía de la mayor longitud posible, a través de la pendiente.
- Si el terreno es ondulado o inclinado se empieza por la parte más pendiente.
- Se mide la distancia de siembra sobre toda la línea guía que trazó.

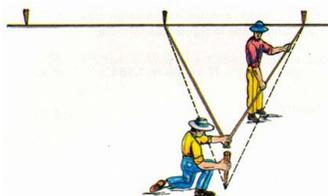
Figura 11. Trazado de línea guía a través de la pendiente



Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. 1991.

- Se toman dos varas iguales a la distancia de siembra.
- Se coloca la punta de las varas sobre dos puntos trazados sobre la línea guía.
- Se juntan los extremos libres de varas y nos dará un tercer punto.

Figura 12. Trazo de líneas para el triángulo

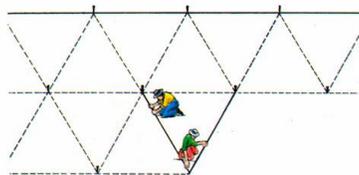


Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. 1991.

- Se continúan marcando en la misma forma hasta marcar la segunda línea de siembra.
- Se toman los puntos de la segunda línea de siembra y continúe en el trazo hasta terminar el área a reforestar.

El trazado en triángulo es más aconsejable que el sistema en cuadrado aun en terrenos planos, porque caben más plantas en la misma superficie.

Figura 13. Trazado de triángulos



Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. 1991.

2. Medidas de prevención y mitigación de incendios forestales. Los incendios forestales tienden a ser serios problemas, porque genera efectos sobre los animales, las plantas, el suelo, el clima, los ecosistemas acuáticos y en la economía de la comunidad, por lo tanto, se hacen las recomendaciones técnicas y aplicables desde evitar los incendios hasta erradicar el mismo (CIPECIF. 2001).

Las instrucciones dadas por el CIPECIF (2001) son las siguientes:

Es necesario saber y conocer cuáles son los elementos que generan un incendio:

- Calor
- Combustible
- Oxígeno

Unidos estos elementos, se les conoce como Triángulo del fuego.

Figura 14. Elementos del triángulo de fuego



Un método muy práctico para romper el triángulo del fuego consiste en la eliminación del combustible a través de la construcción de una línea de defensa, la eliminación del calor a través del enfriamiento con agua y por último se elimina el oxígeno lanzándole tierra o golpeando con una rama o un matafuego.

a. Prácticas silviculturales preventivas

- 1) Limpias
- 2) Podas

## 3) Raleos

## b. Algunas actividades que ayudan a evitar incendios forestales

1) Rondas cortafuego. Es un método muy práctico y efectivo para controlar los incendios forestales, este debe estar libre de material inflamable. Debe construirse en función de la altura del combustible, duplicando el ancho de la ronda para evitar que se propague el fuego (INAB. 1999).

Ejemplo: si el árbol afectado tiene una altura de 20 metros, la ronda cortafuego debe tener un ancho de 40 metros, esto con la finalidad de evitar que el combustible se disperse.

## 2) Vigilancias para evitar incendios forestales

- a) Incentivar a los vecinos que fuman no tiren las colillas o fósforos encendidos a la orilla del camino (INAB. 1999).
- b) Instruir a trabajadores y excursionistas para que las fogatas sean extinguidas totalmente después de su uso (INAB. 1999).

## 3) Mantenimiento de rondas cortafuego

- a) Eliminar el material inflamable del bosque. Se deben extraer del bosque las ramas y árboles productos de podas y raleos (INAB. 1999).

Previo a la construcción de la línea de defensa o rondas cortafuego, es necesario contar con equipo de protección personal y herramientas adecuadas para suprimir el incendio forestal.

## c. Equipo de protección personal.

La condición es estar a salvo y seguro de no sufrir algún tipo de lesión.

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1) Pantalón y camisa | 6) Botas           |
| 2) Casco             | 7) Guantes         |
| 3) Cantimplora       | 8) Linterna        |
| 4) Pañuelo           | 9) Gafas anti humo |
| 5) Botiquín          |                    |

## d. Herramientas para el control de los incendios forestales.

- |            |              |              |
|------------|--------------|--------------|
| 1) Machete | 4) Pala      | 7) Rastrillo |
| 2) Hacha   | 5) Piocha    |              |
| 3) Azadón  | 6) Matafuego |              |

e. Construcción de la línea de defensa o ronda cortafuego. Algunas recomendaciones a considerar para decidir la apertura de la línea de defensa o ronda cortafuego.

1) Combustible

a) Tipo de combustible que se está quemando y que tipo predomina en la zona del incendio.

b) El ancho de la ronda cortafuego debe estar en función de la altura del combustible, es decir, el ancho debe ser el doble de la altura del árbol afectado. Si el árbol tuviera una altura de 20 metros, por consiguiente, la ronda tendrá un ancho de 40 metros.

2) Pendiente. En terrenos planos con un 5% de pendiente, el fuego se propaga al doble de la velocidad. En pendientes de 30%; la velocidad vuelve a aumentar el doble y la velocidad continuará en aumento en pendiente del 55%.

3) Condiciones del clima

a) Viento: entre más fuerte sea la velocidad del viento, más rápida va a ser su propagación.

b) Humedad: si el combustible está muy seco, la línea de defensa debe ser más ancha.

f. Principios fundamentales para definir dónde construir la línea de defensa o ronda cortafuego

1) Ubicar la línea de defensa tan cerca del borde del incendio como sea posible para evitar que se queme mucho la vegetación.

2) Toda línea de defensa debe anclarse iniciándose en un punto y terminando en otro punto para que el fuego no se escape.

3) Ubicar la línea de defensa bastante lejos si el incendio se está dispersando rápidamente o es muy caliente para un ataque directo, permitiendo que se trabaje de forma segura.

4) Evitar construir la línea de defensa cuesta abajo del incendio para no quedarse atrapado entre el fuego.

5) Si hay que establecer la línea de defensa en el fondo de una quebrada es mejor ubicar la línea un poco arriba del lado opuesto del incendio, porque el fuego en estas zonas tiende a acelerarse y el trabajo será en vano.

6) Hacer la línea de defensa tan corta y recta como sea posible, ayudará a economizar tiempo y energía.

7) Construir la línea de defensa en áreas abiertas con poco combustible, porque requiere menos trabajo.

8) Si se está trabajando en la construcción de una línea de defensa en una colina, se debe ubicar la línea detrás de la colina, por el otro lado, donde no hay fuego, evitando el humo y quedando atrapados en el fuego.

9) Ubicar la línea de defensa bastante lejos de los árboles que estén quemándose de manera que estos queden encerrados, una vez que caigan y las chispas que se desprenden queden atrapadas.

g. ¿Cómo apagar un incendio forestal?

1) Ataque directo: consiste en establecer una línea de defensa en el borde del mismo incendio actuando directamente sobre las llamas y el combustible cercano a ellos.

Cuándo aplicar el ataque directo.

- a) El incendio se está iniciando.
- b) En focos pequeños.
- c) Hay poca vegetación.
- d) El fuego va lento y las llamas no son altas.
- e) Hay poco humo.

2) Ataque indirecto: consiste en alejarse totalmente del fuego y construir una línea de defensa en un lugar apropiado, aprovechando las condiciones favorables que presentan el terreno y el combustible.

Cuándo aplicar el ataque indirecto:

- a) El calor y el humo no permiten trabajar.
- b) Hay mucha pendiente.
- c) Hay mucha vegetación.
- d) El borde es muy irregular.
- e) Hay mucho viento y el fuego se propaga muy rápido.

3) Contrafuego: consiste en crear un fuego desde una línea de defensa, con el propósito de que el fuego creado avance hacia el fuego principal y al unirse se apaguen.

Recomendaciones para aplicar un contrafuego.

- a) El personal debe estar capacitado.
- b) Localizar o construir apropiadamente la línea de defensa de donde se va a realizar el contrafuego.

c) Aprovechar las condiciones del clima.

h. Liquidación: Consiste en extinguir por completo el fuego o eliminar los puntos calientes después de controlado el incendio.

- 1) ¿Cuándo hacer la liquidación?
  - a) Tan pronto esté controlado el incendio.
  - b) Hay posibilidades de que el fuego reinicie.
  - c) Hay combustible que pueda lanzar chispas.
  - d) Hay combustible cerca de la línea que se están quemando.
  - e) Hay pequeños fuegos encendidos en toda el área.
  
- 2) ¿Con qué hacer la liquidación?
  - a) Herramientas manuales.
  - b) Agua.
  
- 3) ¿Cómo hacer la liquidación en forma segura?
  - a) Asegurar que las zanjas estén funcionando para poder retener cualquier material rodante.
  - b) Buscar y desenterrar raíces encendidas.
  - c) Asegurarse que los troncos no lancen chispas.
  - d) Asegurarse dónde están ubicadas las rutas de escape y las zonas de seguridad.
  - e) Revisar los sitios donde hay cenizas blancas o humos pequeños.
  - f) Revisar con cuidado los troncos caídos.
  - g) Colocar los troncos de tal manera que estos no vayan a rodar.
  - h) Tirar tierra a las brasas, agregando agua.
  - i) Raspar y humedecer los troncos.
  - j) Apagar todo el fuego cuando el área es pequeña.
  - k) Distribuir en la zona quemada los combustibles que se están quemando.

3. Protección contra plagas y enfermedades. Para empezar a hablar de plagas y enfermedades debemos saber y conocer la diferencia entre estos dos términos.

Las recomendaciones impartidas por el Ing. Alberto Olmo (2015) son las siguientes:

a. Plaga: población de plantas o animales que por su abundancia y relación provoca daños económicos y biológicos al bosque.

b. Enfermedad: son todas aquellas manifestaciones que se observan en la planta, provocados por el ataque de algún agente patógeno que ocasiona desordenes fisiológicos.

c. Algunas plagas y enfermedades

1) Descripción de plagas.

- a) (*Pityophthorus spp.*)
- b) (*Pissodes spp.*). Daños desde el ápice y parte baja del fuste hacia la raíz.
- c) (*Cossonus spp.*). Daños desde el ápice y parte baja del fuste hacia la raíz.
- d) (*Ips spp.*). Provocan daños en fustes recién cortados (galería y perforaciones).
- e) (*Xyleborus spp.*). Daños en el fuste (barrenan la corteza haciendo perforaciones).
- f) (*Phyllophaga*). Destruyen raíces (en plantaciones de coníferas y latifoliadas).
- g) (*Rhyaciona frustrana*). Causan daños en el ápice y ramas laterales.
- h) (*Thaumetopoea pityocampa*)-Lepidóptera. Provocan daños en las ramas (defoliación de árboles) y en bosques naturales.
- i) (*Megastignus spp.*). Atacan los conos (destrucción de conos).
- j) (*Atta*)-Zompopos. Causan daños en las hojas (defoliación parcial o total de árboles), se da en plantaciones de coníferas y latifoliadas.
- k) (*Dendroctonus adjunctus, approximatus y frontalis*). Es una de las plagas más destructivas de los bosques de pino.

Como medida de control para algún brote de gorgojo del pino se harán las gestiones necesarias para realizar el saneamiento o salvamento respectivo y de esta manera cortar los árboles que pudieran estar infectados.

2) Descripción de enfermedades

- a) (*Cronartium spp.*). en pino
  - Orden: Uredinales
  - Familia: Cronartiaceae
  - Daño en la planta: ramas, fuste y conos.
  - Prioridad de control: medio
- b) (*Coleosporium spp.*). en pino
  - Daño en acícula
  - Prioridad de control: medio

c) (*Dothistroma*)

Daño en acícula (defoliación) en plantaciones de coníferas.

Prioridad de control: alta

3) Otros daños

a) (*Sciurus vulgaris*). Daños en fuste y ramas (destrucción de corteza), en plantaciones de coníferas y algunas asociadas.

b) (*Rattus*)-ratas. Daños en cuello y raíz (destrucción de corteza), en plantaciones de coníferas y latifoliadas.

c) (*Arceuthobium sp.*). Daños en las ramas (parasitismo de árboles).

d. Estrategias para el control de plagas y enfermedades

- 1) Seleccionar adecuadamente las especies.
- 2) Eliminar en los raleos los árboles codominantes, suprimidos y especialmente los enfermos.
- 3) Asociar especies.
- 4) Aplicar un control integrado de plagas y enfermedades, si es técnico y económicamente rentable.
- 5) Hacer monitoreos periódicos cada cuatro meses para detectar plagas y enfermedades forestales y si dentro del bosque hay incidencia de gorgojo o roya en el pino, como una de las especies más susceptibles.
- 6) Podas y cortas de saneamiento para control de la roya del pino.

e. Alternativas de manejo de plagas

1) Biológicas (INAB. 1999.)

- a) Liberar parásitos o predadores para reducir las poblaciones de plagas.
- b) Uso de insecticidas biológicos
- c) Uso de materiales biológicos que contienen la bacteria (*Bacillus thuringiensis*).

2) Químicos (INAB. 1999.)

- a) Uso de insecticidas convencionales para prevenir o reducir poblaciones de plagas.
- b) Uso de modificadores del comportamiento: feromonas atrayentes, repelentes, desconcertantes, inhibidores, etc.
- c) Uso de fumigación para matar por contacto plagas en la madera, productos, frutos, semillas, etc.
- d) Fumigar camas de semilleros antes de sembrar las semillas.

### 3) Mecánica y manual (INAB. 1999.)

- a) Salvamento, quemar, picar o cualquier método para destruir los árboles, madera, ramas o semillas que sirven de hospederos para nuevas generaciones de plagas.
- b) Remover corteza de trozas que pueden atraer plagas o termitas.
- c) Uso de cedazo para proteger frutos de ataque de plagas.
- d) Cubrir la madera con pintura, barniz, aceite o cera.
- e) Prevenir el contacto de la madera con suelo húmedo.

f. Alternativa de manejo de la Roya. Es necesario realizar podas de saneamiento en la época de invierno para los meses de mayo a agosto para el año dos, para evitar la propagación de esta enfermedad y de ser necesarios se realizarán cortas en aquellos árboles que presenten ataques fuertes de esta enfermedad. Y como medida de control para los posteriores florecimientos de Roya en el pino se harán las podas o cortas en las zonas en donde el árbol presente los brotes (ramas, conos, etc.) y de esta manera evitar que las esporas puedan seguir infectando a los demás árboles.

Otro método práctico y efectivo es la utilización del caldo de ceniza, catalogado como un fungicida para el control de la Roya y otros hongos. Para la preparación de este producto se necesita los siguientes materiales:

- 1 litro de agua
- 1 libra de ceniza
- 50 gramos de jabón neutro (adherente)

Preparación:

- 1) Hervir el agua hasta llegar al máximo punto de ebullición.
- 2) Agregar los 50 gramos de jabón hasta derretirlo por completo.
- 3) Cernir la ceniza para descomponer algunos grumos.
- 4) Agregar la ceniza cernida a la mezcla de agua y jabón
- 5) Hervir la mezcla durante 45 minutos.
- 6) Enfriar la mezcla después de 45 minutos.

Dosis: se recomienda 1 litro de producto por bomba de 16 litros.



## D. PROPUESTA DE UN PLAN DE REPOBLACIÓN FORESTAL PARA LA PROTECCIÓN DE FUENTES HÍDRICAS

La siguiente propuesta se centra principalmente en el mantenimiento y aumento de la cobertura boscosa, reduciendo los impactos sobre el caudal que actualmente abastece el vital líquido en la comunidad, asimismo se busca la prevención de los problemas de erosión hídrica-eólica producida por la lluvia, viento y que pueda ser un factor de deslizamientos de tierra. Por lo tanto, se hacen las siguientes recomendaciones de repoblación forestal, específicamente con especies forestales nativas para el mantenimiento y conservación de las fuentes de agua, para evitar problemas de escases y asegurar el recurso para las futuras generaciones.

Cuadro 33. Protección de recursos hídricos

TIPO DE RECURSO	CANTIDAD	JUSTIFICACIÓN DE LA PROTECCIÓN
Nacimientos de agua	10	Es necesario conservar los recursos forestales de la zona puesto que es considerada como una zona de alta recarga hídrica, donde se encuentran diez fuentes de agua (nacimientos), las cuales abastecen de agua a la aldea La Concordia del departamento de Totonicapán.

Fuente: elaboración propia

1. **Los conocimientos ancestrales.** De acuerdo a los conocimientos ancestrales, los pobladores de la comunidad no permiten la tala de árboles, llegando a proteger la parte alta de los nacimientos de agua.

Los aldeanos siembran estacas de sauco (*Sambucus mexicana*) y plantas de aliso (*Alnus spp.*), sin los debidos distanciamientos de siembra para la protección de las fuentes de agua.

2. **Adaptación a los conocimientos ancestrales.** Es imprescindible adaptar los conocimientos ancestrales con los lineamientos técnicos para la repoblación forestal, debido a que la población no permite mayores cambios en los protocolos establecidos por la comunidad.

3. **Lineamientos técnicos para la repoblación forestal.** Acorde a los tratamientos silviculturales, se propicia la repoblación forestal en las áreas de protección establecidas que estén descubiertas de cobertura forestal.

Según el artículo 68.- Sistemas de repoblación forestal, de la Ley Forestal, indica que para cumplir las obligaciones de todo proyecto de repoblación forestal, se adoptará cualesquiera de los siguientes:

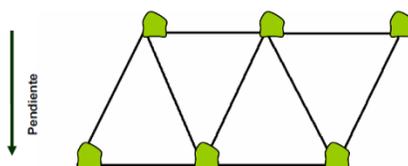
- a. Regeneración natural dirigida.

- b. Rebrote de tocones.
- c. Siembra directa de semillas.
- d. Siembra directa o plantación.
- e. Combinación de los anteriores u otros métodos tendientes a la reposición del bosque.

4. Recomendaciones técnicas para la repoblación forestal. Técnicamente se busca el buen desarrollo de las especies a tomar en cuenta para la repoblación forestal en la protección de las fuentes de agua, y para el cumplimiento de dichas técnicas se recomienda realizar las siguientes actividades.

- a. Selección de especies. Se seguirán los lineamientos ancestrales para seguir trabajando con las siguientes especies: sauco (*Sambucus mexicana*) y aliso (*Alnus spp*).
- b. Limpieza inicial. El terreno se limpia en su totalidad de las malezas, dejando aquellos árboles producto de la regeneración natural, así como la vegetación existente.
- c. Trazado y marcado. El tipo de trazado a utilizar depende de las características del terreno y del tipo de modelo a desarrollar. En plantaciones puras se dan dos tipos de trazado, también conocidos como marco de plantación:
  - 1) Tres bolillos. Se utiliza cuando el terreno tiene pendientes. Este trazado se utiliza con el objetivo de disminuir la fuerza del agua al encontrar árboles que actúan como barreras.

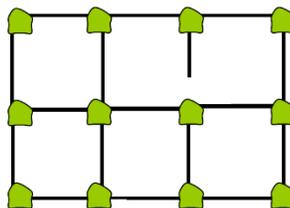
Figura 15. Sistema de siembra al tresbolillo



ACP-Unidad de Sensores Remotos. 2006.

- 2) Cuadrado. Se utiliza en terrenos planos y relativamente planos.

Figura 16. Sistema de siembra cuadrado



ACP-Unidad de Sensores Remotos. 2006.

Generalmente, la distancia que se utiliza para plantaciones forestales es de 3 metros por 3 metros, sin embargo, se toma en cuenta el criterio técnico y se recomienda hacer plantaciones altamente densos con distanciamientos de 1 x 1.5 metros a una distancia de 10 metros de los nacimientos, llegando a obtener franjas protectoras de 40 metros, porque a mayor número de plantas se tiene la ventaja de aumentar el caudal del agua y así darle cumplimiento a los objetivos de conservación de las fuentes hídricas.

d. Plateo y limpieza. Alrededor del hoyo donde se plantará, se debe realizar una limpieza al ras del suelo de un diámetro mínimo de 1 metro. El objetivo es disminuir la competencia de la maleza sobre las plántulas. Luego de establecida la plantación, se deben realizar limpiezas selectivas periódicas (aproximadamente cada dos o cuatro meses), especialmente, si se tiene períodos muy lluviosos. En ocasiones, cuando las malezas son muy agresivas, se realizan limpiezas más frecuentes en fajas, alternándolas con limpieza total del área. El material de las limpiezas puede acumularse cerca del tallo de los arbolitos para mantener la humedad o formar barreras con el material para disminuir la erosión en el terreno.

e. Ahoyado. Se recomienda que los hoyos tengan por lo menos 25 centímetros de ancho y 30 centímetros de profundidad. Esta característica del hoyo ayuda a que la planta tenga un área de crecimiento radicular eficaz en los primeros meses, lo que permite un mejor aprovechamiento de nutrientes y absorción de agua.

Cuando se realizan hoyos superficiales y cónicos, la planta tiene mayores problemas para desarrollar sus raíces en corto tiempo y se convierte en una planta menos resistente para soportar el primer período de verano, el cual es un período crítico. Cuando se realiza el ahoyado se debe tener el cuidado de separar la capa superficial del suelo para colocarla en el fondo del hoyo al momento de plantar. La capa superficial es la que tiene más nutrientes y debe colocarse cerca de las raíces para que puedan aprovechar rápidamente los nutrientes que contiene.

f. Siembra. Al momento de la plantación se debe mezclar con materia orgánica (aproximadamente 25%) el sustrato extraído del hoyo y comenzar a llenarlo. Cuando se pueda introducir el plantón quedando la parte superior del pilón a ras del suelo se debe colocar la planta y llenar los espacios laterales con el sustrato, procurando que no queden bolsas de aire y que el sustrato quede bien compacto. El plantón no debe permanecer hundido o bajo el nivel del suelo, sino al mismo nivel ya que podría ocurrir encharcamiento y posterior pudrición de la planta.

Cuando los plantones estén en bolsa, debe retirarse la misma con mucho cuidado para evitar que el pilón del sustrato se deshaga; así mismo, si vienen en otro tipo de envases. Cuando las plántulas están a raíz desnuda es importante verificar que las raíces no queden dobladas.

Antes de sembrar es importante verificar que al momento de plantar los hoyos no estén saturados de agua.

g. Resiembra. Cuando se realizan las limpiezas se debe hacer el recuento para conocer la pérdida de plantas y programar una resiembra. Es por esto que en la etapa de vivero se debe producir entre un 5 y 10% más de las plantas requeridas, con el objetivo de realizar la resiembra.

Cuadro 34. Presupuesto para la repoblación de un área de 1000 m<sup>2</sup>

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>Mano de obra</b>				
Limpieza inicial	Jornal	1	Q 75.00	Q 75.00
Trazado y marcado	Jornal	2	Q 75.00	Q 150.00
Ahoyado	Jornal	1	Q 75.00	Q 75.00
Siembra	Jornal	1	Q 75.00	Q 75.00
Plateo y limpieza	Jornal	1	Q 75.00	Q 75.00
Resiembra	Jornal	1	Q 75.00	Q 75.00
Transporte de plantas	Jornal	1	Q 75.00	Q 75.00
Días a trabajar	Unidad	1	Q 150.00	Q 150.00
<b>Insumos</b>				
Plantas	Millar	1/2	Q 500.00	Q 500.00
<b>Herramientas</b>				
Azadón	Unidad	1	Q 85.00	Q 85.00
Machete	Unidad	1	Q 25.00	Q 25.00
Pala	Unidad	1	Q 35.00	Q 35.00
Piocha	Unidad	1	Q 80.00	Q 80.00
<b>Total</b>				<b>Q. 1,475.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

## E. PROPUESTA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN VIVERO COMUNAL CON ESPECIES AUTÓCTONAS

La siguiente propuesta consiste en promover la producción de plantas forestales nativas de la aldea, bajo el sistema de viveros forestales a campo abierto, así mismo para crear una cultura forestal a través de los bienes y servicios que proveen los bosques.

1. Se recomienda contar con las siguientes áreas
  - a. Semillero
  - b. Preparación del sustrato
  - c. Trasplante o área de desarrollo vegetal
  - d. Acceso a agua
  - e. Bodega

2. Establecimiento del vivero. El establecimiento consiste en encontrar el terreno donde se va a establecer el vivero. Se deben considerar las siguientes condiciones:

a. Selección del sitio. Debe tener condiciones climáticas similares a las del área donde se desea reforestar, para que el cambio al momento de la siembra no afecte (Cano, Shirley Carolina. 2015).

b. Ubicación y accesibilidad. El terreno en donde se establezca el vivero, debe mantener una buena ubicación, con facilidad para el acceso en las diferentes épocas del año de vehículos o algún medio de transporte que pueda facilitar el traslado de las plántulas hacia el lugar de siembra o bien para comercializarlos (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

c. Tamaño del terreno. El tamaño del terreno dependerá de la cantidad de plantas a producir, para que el personal trabaje con comodidad (Cano, Shirley Carolina. 2015).

d. Topografía del terreno. El terreno debe ser lo más plano posible, con poca inclinación. Se recomienda un 3% de pendiente (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

e. Disponibilidad de agua. Contar con alguna fuente de agua o abastecimiento de agua cercana para poder realizar el riego. Este es uno de los puntos importantes para el vivero (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

f. Mano de obra. Este factor dependerá de la producción y organización del trabajo que realicen los habitantes de la comunidad (Cano, Shirley Carolina. 2015).

g. Cercado. Proteger y circular el área del vivero, ya sea con caña de milpa, malla, alambre espigado o un cerco seguro para no permitir la entrada de personas ajenas, animales o algún agente dañino que pueda ocasionar algún problema o daño en el vivero (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

### 3. Preparación del sitio

a. Limpieza del terreno. El terreno debe estar limpio de malezas y desinfectado si anteriormente se tenía algún cultivo para evitar la infestación de plagas y enfermedades (Cano, Shirley Carolina. 2015).

b. Trazo y marcación. Trazar el área de los tabloncillos y las bolsas se deben colocar en fila con un ancho de 10 bolsas y un largo de 10 metros se recomienda usar pita y estacas para sostén y guía de las bolsas. Asimismo, se debe dejar un espacio entre tabloncillos de 50 cm (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

c. Transporte del material de sustrato. El material para el sustrato del vivero debe ser de la tierra del área donde se desea reforestar para evitar estrés en la planta en el campo (Cano, Shirley Carolina. 2015).

d. Preparación del sustrato. Se mezclan los materiales para el sustrato, posteriormente se tamiza con un cernidor de  $\frac{1}{4}$  de pulgada y la mezcla se encuentra lista para iniciar con el llenado de bolsas (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

e. Semilla. La semilla se debe recolectar en los bosques comunales de árboles padre o semilleros, las características de los árboles deben ser las siguientes:

- Árboles sanos (libre de plagas y enfermedades)
- Tronco o fuste recto
- Ramas rectas
- Árboles con indicios de haber producido semillas anteriormente
- Buen tamaño de copa
- Buena altura
- Buen tamaño de diámetro

1) Evaluación previa a la cosecha

- a) Maduración de frutos
- b) Consistencia y textura

2) Secado de los frutos. Si la semilla es de pino (*Pinus spp.*) los conos se ponen por la mañana en el patio para que reciban el sol ocasionando que se abran y soltando luego las semillas. Estas se pueden guardar en envases de vidrio o plástico, pero en un lugar seco y oscuro. Con las semillas de ciprés (*Cupressus lusitanica*) y de aliso (*Alnus spp.*) se puede hacer el mismo procedimiento. (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

3) Flotación de la semilla. Este método consiste en depositar la semilla en un balde con agua, y agitarla dentro de la misma, y así provocar que la semilla vacía flote y que la que se encuentre en buenas condiciones para su germinación quede depositada en el fondo, hay que tomar en cuenta que esta práctica no se aplica para todas las especies. (Instituto Nacional de Bosques, BANSEFOR. 2004).

Cuadro 35. Calendario para la recolección de semilla

ESPECIES FORESTALES		MES											
Nombre común	Nombre científico	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aliso o ilamo	<i>Alnus (jorullensis, acuminata)</i>												
Pino triste	<i>Pinus pseudostrobus</i>												
Pino blanco	<i>Pinus ayacahuite</i>												
Ciprés común	<i>Cupressus lusitanica</i>												
Pinabete	<i>Abies guatemalensis</i>												X
Encino	<i>Quercus spp.</i>												
Roble	<i>Quercus peduncularis</i>												
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>												
Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>												
Cerezo	<i>Prunus cerasus</i>												

Fuente: (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

X = La semilla se recolecta en la cuarta semana.

f. Tratamiento de la semilla. Una de las técnicas de tratamiento es la escarificación como un proceso técnico que facilita la germinación de la semilla. Según la especie este proceso repercute en:

- 1) Disminuir el tiempo de germinación
- 2) Mejorar el porcentaje de germinación
- 3) Eliminar el estado de latencia de la semilla
- 4) Entre algunos métodos de escarificación se pueden mencionar:
  - a) Se sumergen las semillas en agua simple por 12 horas
  - b) Se hace un corte a la testa (cáscara) de 1 a 3 mm en lado opuesto del embrión
  - c) Raspado de la semilla con superficie áspera
  - d) Tratamientos químicos (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido giberélico, entre otros) (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

g. Sustrato del semillero. Para la elaboración del sustrato se necesita los siguientes materiales: una carreta de arena blanca o amarilla, dos carretas de tierra negra (suelo limoso) y una carreta de broza. La proporción debe ser 1:2:1 para el semillero y la proporción de 2:1:1 para el llenado de las bolsas (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

h. Llenado de bolsas. Las bolsas se van llenando poco a poco, se sostienen con las dos manos y se golpea con suavidad al suelo, para que quede completamente llena y no quede aire adentro, porque de lo contrario, existe la posibilidad de que surjan problemas de enfermedades (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

i. Envase. El tamaño de bolsa de polietileno más utilizado para los viveros es el de 4x8 pulgadas, aunque existen de otros tamaños, las bolsas de 4X8 pulgadas son las más recomendable ya que dan buenos resultados. Esto se debe a que se requieren poca cantidad de agua para riego y son más fáciles de manipular entre las calles del vivero (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

j. Capacidad del tablón. Tablón con capacidad de 1,000 plantas, por fila se recomiendan que sean 10 y por columna 100 (Cano, Shirly Carolina. 2015).

k. Trasplante de plántula. Un día antes se debe humedecer el semillero para que al siguiente día sea fácil de retirar la planta en las primeras o últimas horas del día, que es cuando el calor afecta menos, el tiempo del trasplante será en función de la especie, por ejemplo, el pino se trasplanta después de 20 a 25 días de haberse germinado, el aliso se trasplanta después de 2 meses de germinación y en caso del ciprés después de 30 días (Cano, Shirly Carolina. 2015).

l. Riego de mantenimiento. El riego se debe realizar diariamente, por la mañana, hasta que se vea mojada la bolsa, no inundada. Al mes realizarlo cada dos días y luego cuando las plantas han crecido se debe regar dos veces por semana. A partir del segundo mes regar una vez a la semana o cada diez días. En época fría realizar riegos por las tardes ya que con ello se evitan las bajas temperaturas y el sereno. (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

m. Limpias. Las limpiezas de malezas dentro del vivero, específicamente en las bolsas y calles deben realizarse cada semana si es posible (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

n. Control de plagas y enfermedades. Comúnmente pueden presentarse enfermedades fungosas que atacan seriamente a las plantas, por lo que se recomienda realizar las siguientes actividades:

- 1) Exponer las plantas al sol
- 2) Sacar las plántulas atacadas
- 3) Disminuir el riego
- 4) Espolvorear ceniza o carbón molido

5) Fumigar con fungicida. Es recomendable que si va a aplicar cualquier plaguicida se debe utilizar el equipo de protección mínimo como mascarilla, traje, botas, sombrero, guantes de hule, etc., para evitar daños a su organismo (Universidad del Valle de Guatemala. 2008).

o. Fertilización. Se recomienda utilizar 6 granos por bolsa de fertilizante 15-15-15, alrededor y en el extremo de la bolsa, no cerca de la planta. Asimismo, es apto aplicar una pequeña cantidad de Bayfolan

Forte como un fertilizante foliar durante el último mes que la planta esté en el vivero, antes de venderla (Cano, Shirly Carolina. 2015).

p. Remoción de plantas y poda de raíces. Las plántulas deben clasificarse según su tamaño después de 6 meses del trasplante y las plantas menos desarrolladas deberán tener una mayor disponibilidad de luz, como también en ese momento se deben podar las raíces que sobresalgan de la bolsa para evitar el anclaje de la planta al suelo (Cano, Shirly Carolina. 2015).

q. Tiempo de la planta en el vivero. Las plantas deberán ser trasladadas a campo definitivo después de haber cumplido de 9 a 12 meses en el vivero, esto permitirá que la planta logre un desarrollo ideal para que pueda sobrevivir a los factores climáticos con que se encontrará en el campo y así se tendrá seguridad que la reforestación será llevado a cabo con éxito (Cano, Shirly Carolina. 2015).

Se recomienda elaborar semilleros de pino a principios o mediados de octubre, ciprés a finales de noviembre y aliso a mediados de diciembre con el fin de obtener plantas de buen tamaño en las primeras semanas de lluvia (mayo a junio).

r. Especies. Se recomienda la introducción de especies nativas de la comunidad. Especies para recuperación de áreas degradadas, Arrayán (*Baccharis vaccinioides*) y (*Oreopanax echinops*). También las especies existentes dentro del bosque natural de la comunidad, tales como: *Alnus spp.*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus ayacahuite*, *Cupressus lusitanica*, *Abies guatemalensis*, *Quercus spp.*, *Quercus peduncularis* y *Prunus cerasus*.

Cuadro 36. Costo estimado de producción de 75,000 plantas forestales

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	MEDIDA		UNITARIO	
<b>I. COSTO DIRECTO</b>				<b>6,736.54</b>
1. RENTA DE LA TIERRA				450
2. MANO DE OBRA				2,535.04
a) Preparación de la tierra	Jornal	5	60	300
b) Tratamiento de la semilla	Jornal	2	35	70
c) Siembra	Jornal	6	35	210
d) Fertilización	Jornal	3	40	120
e) Aporque	Jornal	4	35	140
f) Limpias	Jornal	5	40	200
g) Control fitosanitario	Jornal	12	40	480
h) Defoliación	Jornal	1	35	35
i) Riego	Jornal	6	25	150

Continuación Cuadro 36

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	MEDIDA		UNITARIO	
j) Cosecha, clasificación y envasado	Jornal	15	35	525
k) Séptimos días				316.88
<b>3. DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO 1/</b>				<b>333.7</b>
a) Tractor	Hora	2.5	75	187.5
b) Arado	Hora	1	45	45
c) Rastra	Hora	1	55	55
d) Asperjadora manual	Hr. Bomba	33	1.40	46.2
<b>4. INSUMOS</b>				<b>3,417.8</b>
a) Semilla	Quintal	12	129	1,548
b) Combustibles	Galón	5	15.45	77.25
c) Desinfectante para la semilla	Libra	3	21.93	65.79
d) Insecticidas				
-Sistémicos	Litro	5	111.38	556.9
-Suelo	Libra	30	5.12	153.6
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	MEDIDA		UNITARIO	
e) Fungicidas				
-Sistémicos	Libra	5	34.39	171.95
-Foliares	Libras	1	18.64	18.64
f) Fertilizantes				
-Nitrogenados	Quintal	2	92.67	185.34
-Completo	Quintal	5	106.68	533.4
g) Herbicidas de contacto	Litro	1	50.30	50.30
h) Adherentes	Litro	1	25.43	25.43
i) Envase	Sacos	5	6.24	31.2
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>				<b>2,227.59</b>
1. Administración (10 % s/C.D.)				609.82
2. Cuota del I.G.S.S. (6 % s/M.O.)				152.1
3. Financieros (17 % s/C.D. 6 M.)				518.35
4. Imprevistos (10 % s/C.D.)				609.82
5. Transporte (Q.2.25/quintal)				337.5
<b>III. COSTO TOTAL POR MANZANA</b>				<b>8,964.13</b>
(Para una producción de 300 quintales)				
<b>IV. COSTO UNITARIO</b>				<b>27.76</b>
1/ Se refiere al coeficiente de depreciación del equipo por cada hora de uso.				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 37. Calendario de actividades en el vivero forestal

ACTIVIDAD	MES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Preparación del terreno	X	X					X		X			
Traslado de materiales	X	X							X	X	X	X
Recolección de semillas	X											X
Siembra de semillas	X						X					
Preparación de tablonces			X	X		X	X	X	X			
Preparación de mezcla	X	X	X					X	X		X	
Llenado de bolsas			X	X							X	X
Trasplante			X	X								X
Colocación de sombra	X		X	X	X							X
Riegos	X	X	X	X	X			X			X	X
Limpias	X				X	X			X		X	
Deshierbes	X			X				X			X	
Comercialización de árboles						X	X					

Fuente: Universidad del Valle de Guatemala. 2008.

## VIII. CONCLUSIONES

1. El área del estudio fue de 30.54 Has o 305,400 m<sup>2</sup> de bosque natural. La misma se dividió en tres rodales siendo cada una de 3.25, 12.26 y 15.03 hectáreas a los que se aplicó un muestreo sistemático al 20%, y fueron intervenidos 3,017 árboles autóctonos de diferentes especies como: *Pinus pseudostrobus*, *Quercus sp.*, *Alnus sp.*, *Cupressus lusitanica* y *Arbutus xalapensis*. En el inventario se pudo determinar que la especie con más presencia dentro del bosque es el *Pinus pseudostrobus* con una cantidad de 291 árboles dentro de un área de 62,000 m<sup>2</sup> muestreada, lo que significa que dentro de 30.54 hectáreas que es el área total del bosque intervenido proyecta una cantidad de 18,992 árboles con un volumen de 21,716.89 metros cúbicos de madera.
2. De acuerdo al inventario forestal realizado en un total de 62 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> cada una en un área total de muestreo de 62,000 m<sup>2</sup> distribuidas en tres rodales, proyecta un total de 52,752.95 m<sup>3</sup> de madera de distintas especies; siendo el Rodal C con mayor cantidad de árboles proyectados según los muestreos cuantificándose una cantidad de 1,223 árboles por hectárea, en comparación con el Rodal A con 850 árboles/ha y Rodal B con 944 árboles/ha, y por ser un bosque irregular la densidad y edad de los árboles es muy variable dentro de cada rodal. En los rodales A y B a pesar que el Rodal B sobrepasa 9.01 hectáreas en área, sin embargo solamente 96 árboles difiere del rodal A que proyecta 850 árboles /ha.
3. Acorde a los cálculos realizados en cuanto al diámetro a la altura del pecho la especie que proyecta un promedio mayor que los otros rodales es el *Arbutus xalapensis* en el rodal A cuantificando 58.57 pulgadas, la especie de pino común también sobresale en altura y DAP en el rodal A con un promedio de 28.02 m y 54.40 pulgadas.
4. De acuerdo al análisis de varianza (ANDEVA) que se hizo para la altura de los árboles se determinó significancia entre los rodales, debido que el valor de F observado 5.47 es mayor al valor F tabulada al 5%, no obstante el resultado de las ANDEVAS para el DAP, área basal y volumen no presentan valores significativas entre rodales.

## IX. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a lo que el Instituto Nacional de Bosques (INAB) recomienda para los raleos, es importante tomar en cuenta el criterio de la autoridad comunal, debido que no es permitido hacer cambios bruscos en la composición de la masa forestal dentro del bosque natural, por lo que es necesario mantener el equilibrio de la naturaleza. Para ello se recomienda trabajar raleos con una intensidad de 5%.
2. Para la conservación de las 10 fuentes hídricas existentes dentro del bosque natural de la aldea La Concordia, se recomienda la siembra de especies de sauco (*Sambucus mexicana*) y aliso (*Alnus spp.*). Tomando en cuenta el criterio técnico se hará con un distanciamiento de 1.5 x 1.5 m al tresbolillo, para tener mayor densidad en cada fuente de agua.
3. Se recomienda elaborar brechas cortafuegos dentro del bosque natural y frecuentes monitoreos del área, debido a que existen antecedentes de incendios forestales dentro de la misma.
4. Se recomienda realizar monitoreos periódicos cada cuatro meses en el área para la identificación de plagas y enfermedades, que atacan al *Pinus spp.*, para la aplicación posterior de podas o cortas de saneamiento para el control de la roya y el gorgojo.
5. Se recomienda realizar escuelas de campo a la población bajo estudio sobre temas de cultura forestal para fomentar la importancia de manejar adecuadamente los recursos naturales, garantizando la disponibilidad de los mismos para las futuras generaciones, asimismo la preservación de las especies nativas de árboles plus o semilleros tales como *Arbutus xalapensis* y *Abies guatemalensis*. especies que se encuentran en peligro de extinción.

## X. BIBLIOGRAFÍA

### Entrevistas

García, Juan. Marzo 2016. Alcalde comunal de la aldea La Concordia, Totonicapán, Guatemala, C.A. Tel.: (502) 5897-3611.

### Manuales

ACP-Unidad de Sensores Remotos. 2006. *Propuesta de Programa de Reforestación. Volumen I*. Panamá. Noviembre. 31 p.

CIPECIF. 2001. *Curso para bomberos forestales. Manual del participante*. Segunda versión. Guatemala. 97 p.

CONAP. Enero 2006. *Plan de Desarrollo Sostenible de la Reserva de Uso Múltiple La Cuenca del Lago de Atitlán y el Departamento de Sololá 2006-2010*. Guatemala. 185 p.

CONAP. 2012. *Manual para la Administración Forestal en Áreas Protegidas*. Guatemala. 338 p.

DONOSO, C. 1993. *Bosques templados de Chile y Argentina*. Ed. Universitaria. 11 p.

Escobedo, M; De León, Eberto. 2006. *Análisis participativo del Programa Forestal Nacional de Guatemala. Iniciativa PUEMBO II. GTZ/CCAD/INAB/MAGA*. Guatemala. 28 p.

FAO. 2008. *Planificación e Implementación del Manejo Forestal al Nivel Operacional en Centro América*. Roma, Italia. 93 p.

INAB-PROCAFOR. 2001. *Manual para la elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas (modelo Centroamericano)*. Primera edición. PROCAFOR. Guatemala. 264 p.

INAB. 2004. *Banco de Semillas Forestales*.

INAB. 2014. *Lineamientos técnicos de manejo forestal*. Guatemala: 47 p.

Little Thomas M. *et. al*; 1983. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. Cuarta edición. México D.F. Editorial Trillas. 268 p.

López, Ezequiel, 2008. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Impreso en Guatemala. Guatemala: 164 p.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. 1991. *Reforestación de microcuencas. Trazado para la siembra*. Mayo. 23 p.

Morales, Jaime. 2001. *Manual de Conservación de Suelos*. Dirección de Servicios Agrícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala. 186 p.

Ostrom, Elinor. 1990. *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Olmo, Alberto. 2015. *Silvicultura y manejo forestal*.

PROCAFOR. 1995. *Manual de formulación de planes de manejo. Centro de manejo y aprovechamiento de la pequeña industria forestal –CEMAPIF-, Programa Regional Forestal para Centroamérica –PROCAFOR-.* Siguatepeque, Honduras.

Universidad del Valle de Guatemala. 2008. *Viveros Forestales.* Sololá. Guatemala. Proyecto Centro de Desarrollo Rural FSG 963. 38 p.

VITA, A. 1996. *Los tratamientos silviculturales.* Edición de la Escuela de Ingeniería Forestal. U. de Chile. Segunda Edición. p. 8.

#### Libros

Asociación de Forestería Comunitaria de Guatemala, Utz Che'. 2015. *Los retos y el futuro de la forestería comunitaria frente a la legislación forestal y ambiental en Guatemala.* Asociación de Forestería Comunitaria de Guatemala. Guatemala: Utz Che'. 96 p.

INAB. 1999. *Manual Técnico Forestal.* Guatemala. 110 p.

#### Tesis

Cano, Shirly Carolina. 2015. *Monografía y propuesta de dos modelos de producción de plántulas de viveros forestales en el municipio de Sololá.* Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 121 p.

## XI. ANEXOS

### Anexo 1. Boleta de toma de datos en campo

<b>Características físicas de las áreas inventariadas</b>	
Área:	
Ubicación:	
Pendiente:	
Tipo de suelo:	
Coordenadas:	

<b>Estructura y composición forestal</b>	
Especies:	
Pisos:	
Clase de desarrollo:	
Calidad de sitio:	

<b>VARIABLES DASMÉTRICAS</b>	
Diámetro a la altura del pecho (DAP)	
Altura:	
Tipo de fuste:	
Dominancia:	
Edad e incremento:	
Regeneración:	
Densidad en área basal/ha:	
Arboles/ha:	
Volumen/ha:	



## Anexo 2. Modelo de encuesta dirigida a autoridades comunales

Universidad del Valle de Guatemala

Campus Altiplano

Ingeniería en Tecnología Agroforestal

**Estudiante:** Jeremías José Tumax Álvarez.

**Trabajo de graduación:** Propuesta de un plan de manejo forestal para fines de aprovechamiento sostenible del bosque comunal de la Aldea La Concordia, Totonicapán.

### Encuesta dirigida a Corporación comunal, Comité de agua potable, Guarda-recursos y Directores de centros educativos.

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

1. Nombre de la comunidad: \_\_\_\_\_
2. Municipio: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_
3. Fecha de entrevista: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

#### II. INFORMACIÓN PERSONAL

4. Nombre completo: \_\_\_\_\_
5. Sexo: M  F
6. Edad: \_\_\_\_\_. Teléfono/celular.: \_\_\_\_\_
7. Cargo que tiene para servir a la comunidad: \_\_\_\_\_

#### III. INFORMACIÓN BÁSICA

##### 8. ¿Qué significa el bosque para usted?

---



---



---

##### 9. Según usted, ¿cuáles son los beneficios que se obtienen de los bosques?

- |                              |            |                     |
|------------------------------|------------|---------------------|
| a) Leña                      | b) Agua    |                     |
| c) Hábitat para los animales | d) Oxígeno | e) Todo lo anterior |

Observaciones.

---



---

##### 10. ¿Conoce y realiza usted alguna práctica para la conservación del bosque?

Sí  No

¿Cuál?

---



---

##### 11. Según usted, ¿cuál es la importancia de conservar las fuentes de agua?

- a) Para que tengamos suficiente agua para consumo humano

- b) Para que las futuras generaciones tengan agua y puedan vivir
- c) No tengo ninguna idea sobre la conservación de las fuentes de agua

Observaciones.

---



---

**12. ¿Qué prácticas realiza usted para la conservación del recurso agua?**

- a) Conservando los bosques
- b) Realizando reforestación en las partes altas de la montaña
- c) Realizando rondas contra incendios en época de sequía
- d) No hago ninguna actividad

Observaciones.

---



---

**13. ¿Conoce usted los recursos naturales de la comunidad?**

Sí  No

¿Cuáles?

---



---

**14. ¿Cuáles son los riesgos que afrontan los recursos naturales de la comunidad?**

---



---

**15. ¿Qué especies forestales utiliza como leña?**

Encino  Ciprés  Pino  Aliso  Otros

**16. ¿Dónde obtiene la leña que utiliza?**

Bosque comunal  La compra

**17. ¿Qué cantidad de leña utiliza mensualmente?**

---



---

**18. ¿Cree usted que el uso excesivo de leña representa problemas para la comunidad?**

Sí  No

¿Por qué?

---



---

19. **¿Qué problemas considera usted que representa la deforestación para la comunidad?**

- a) Problemas de erosión
- b) La pérdida de la cobertura forestal
- c) Los animales y aves se emigran en otros bosques o se mueren
- d) Nos quedamos sin agua
- e) Ningún efecto

20. **¿Cree que la tala ilegal de árboles es una infracción?**

Sí  No

¿Por qué?

---

---

21. **¿Cómo se pueden reducir los daños ocasionados a los recursos naturales en la comunidad?**

Realizar actividades de concientización

Capacitaciones

Solicitar apoyo a instituciones

Otros

Observaciones.

---

---

22. **¿Qué entiende por plan de manejo forestal?**

---

---

Observaciones.

---

---

23. **¿Considera usted importante la educación ambiental como medio de sostenibilidad de los recursos naturales?**

Sí  No

¿Por qué?

---

---

---

---

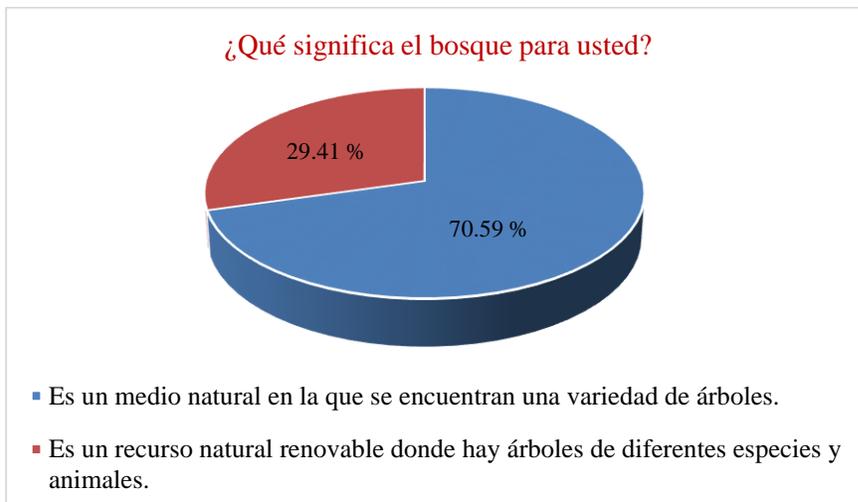
Firma

### Anexo 3. Digitación de encuestas

#### Digitación de encuesta, dirigida a corporación comunal, comité de agua potable, guarda-recursos y directores de centros educativos.

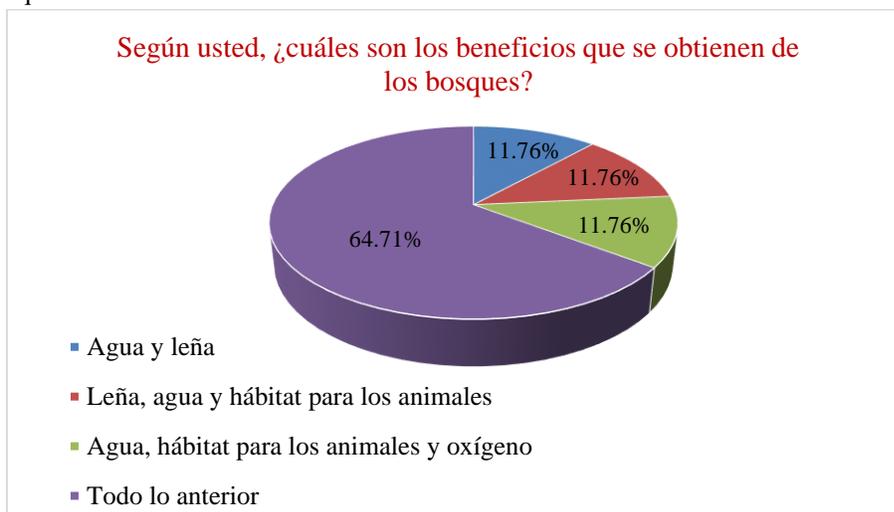
##### 1. ¿Qué significa el bosque para usted?

- Doce personas encuestadas dicen que el bosque es un medio natural en la se encuentran una variedad de árboles, donde se obtienen los recursos que necesitamos como seres humanos.
- Cinco personas creen que el bosque es un recurso natural renovable dónde hay árboles de diferentes especies y animales, funcionando como una fuente de protección del suelo, para evitar la ocurrencia de derrumbes o erosión.



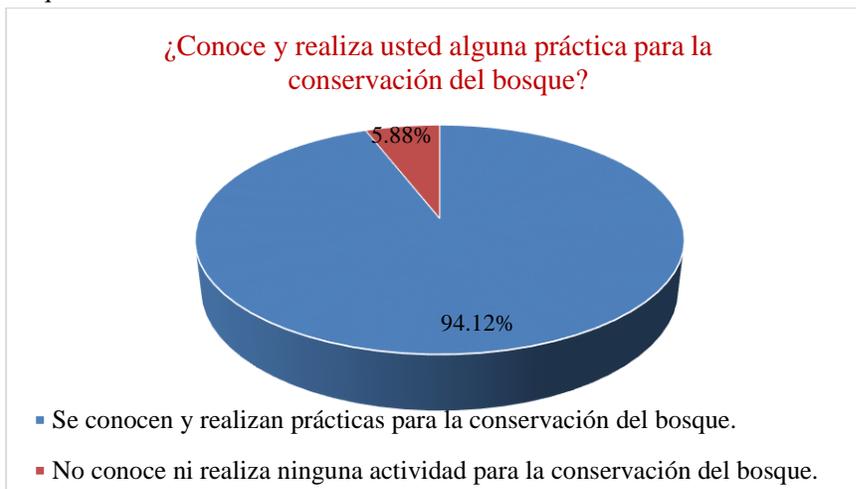
##### 2. Según usted, ¿cuáles son los beneficios que se obtienen de los bosques?

- Dos personas mencionan que los beneficios que se obtienen del bosque es el agua y la leña.
- Asimismo, dos personas mencionan que la leña, el agua y el hábitat para los animales son todos los beneficios que se obtienen del bosque.
- Dos personas mencionan que los beneficios que se obtienen del bosque es el agua, hábitat para los animales y el oxígeno.
- Once personas indican que el contenido del inciso E, representa los beneficios que se obtienen del bosque.



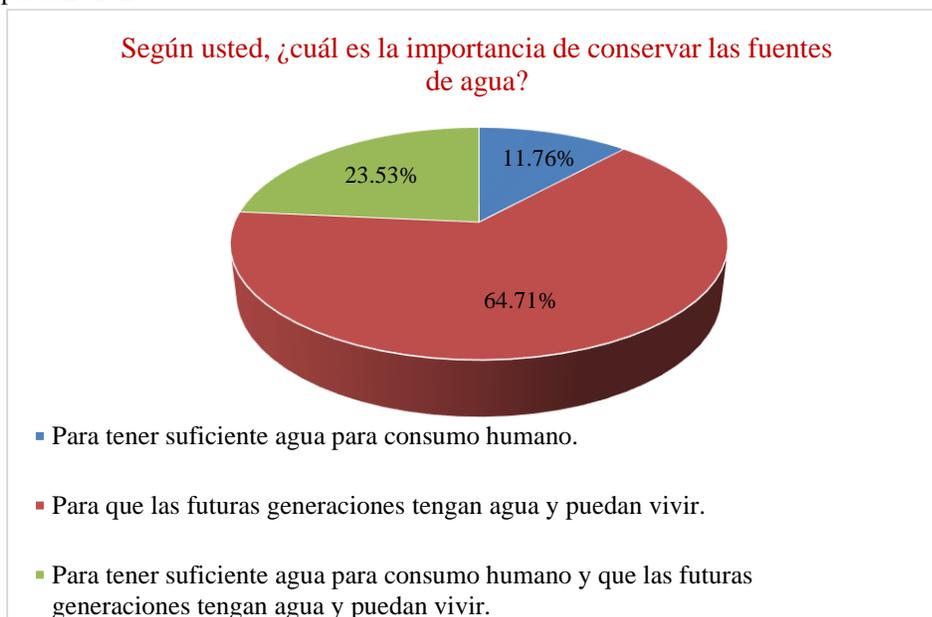
### 3. ¿Conoce y realiza usted alguna práctica para la conservación del bosque?

- Dieciséis personas encuestadas mencionan que si conocen y realizan prácticas para la conservación del bosque, resaltando la reforestación como actividad principal para la conservación de nacimientos de agua, asimismo el uso racional y responsable de los recursos. Además se menciona que se debe evitar la tala ilícita.
- Sin embargo, una persona indica que no conoce ni realiza ninguna actividad para la conservación del bosque.



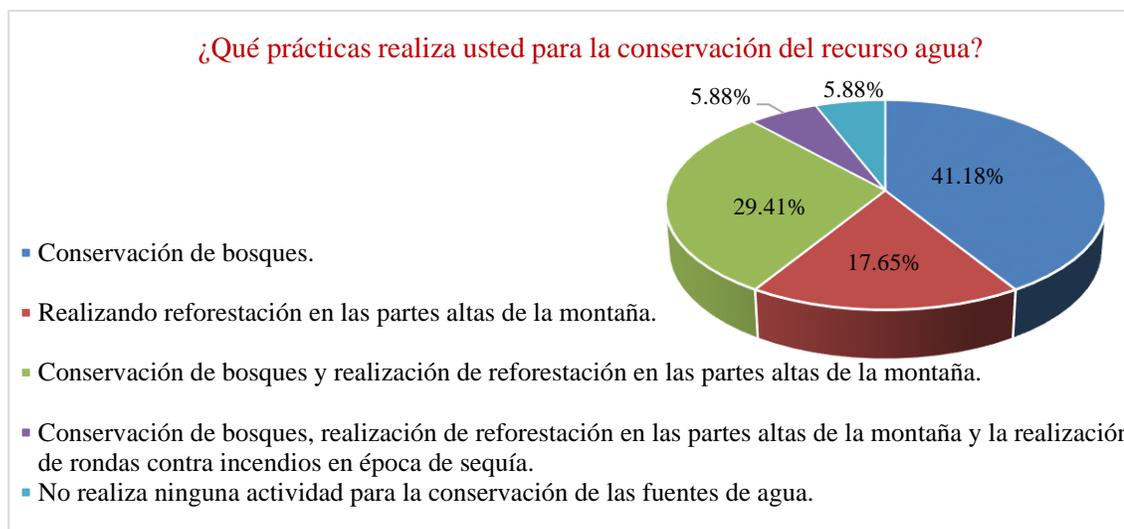
### 4. Según usted, ¿cuál es la importancia de conservar las fuentes de agua?

- Dos personas mencionan que la importancia de conservar las fuentes de agua es para que tengamos suficiente agua para consumo humano.
- Once personas indican que la importancia de conservar las fuentes de agua es para que las futuras generaciones tengan agua y puedan vivir.
- Asimismo, cuatro personas indican que la importancia de conservar las fuentes de agua es para que tengamos suficiente agua para consumo humano y que las futuras generaciones tengan agua y puedan vivir.



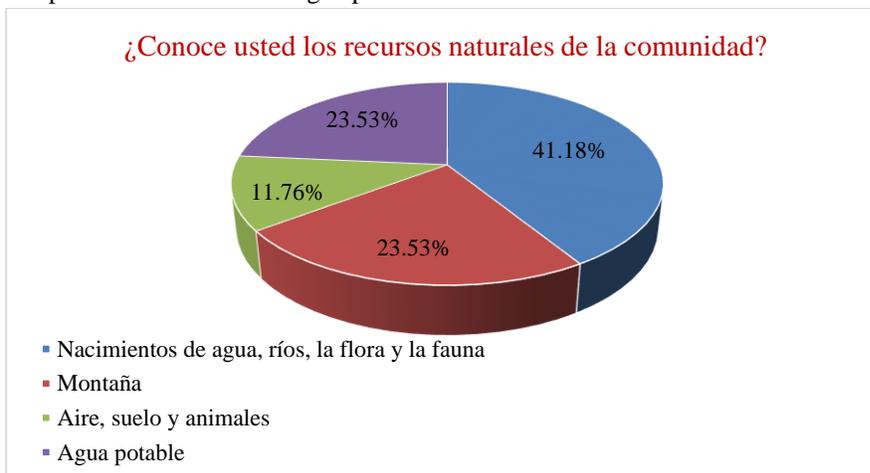
### 5. ¿Qué prácticas realiza usted para la conservación del recurso agua?

- Siete personas mencionan que la conservación de bosques contribuye para la conservación del recurso agua.
- Tres personas indican que la realización de reforestación en las partes altas de la montaña ayuda en la conservación del recurso agua.
- Cinco personas consideran que la conservación de bosques y la realización de reforestación en las partes altas de la montaña favorecen la conservación del recurso agua.
- Una persona cree que la conservación de bosques, la realización de reforestación en las partes altas de la montaña y la realización de rondas contra incendios en época de sequía es la mejor forma de conservar las fuentes de agua.
- Por tanto, una persona no realiza ninguna actividad para la conservación de las fuentes de agua.



### 6. ¿Conoce usted los recursos naturales de la comunidad?

- Diecisiete personas encuestadas indican que si conocen los recursos naturales de la comunidad.
- Siete personas mencionan que los recursos naturales de la comunidad son los siguientes: nacimientos de agua, ríos, la flora y la fauna.
  - Cuatro personas resaltan que la montaña es el recurso natural de la comunidad.
  - Dos personas indican que el aire, el suelo y los animales son los recursos naturales de la comunidad.
  - Cuatro personas consideran el agua potable como recurso natural de la comunidad.



### 7. ¿Cuáles son los riesgos que afrontan los recursos naturales de la comunidad?

- Cinco personas mencionan que la tala de árboles o deforestación es una de las causas por la que se van acabando los bosques debido a las diversas actividades del hombre.
- Cinco personas consideran que los incendios forestales acaban con los bosques y secan las fuentes de agua.
- Tres personas mencionan que la contaminación del medio ambiente ha deteriorado los recursos, llegando al punto de contaminar los ríos.
- Cuatro personas indican que el aumento de la población hace que haya más consumo y aprovechamiento de los recursos, hasta llegar el punto de uso inadecuado de los mismos.



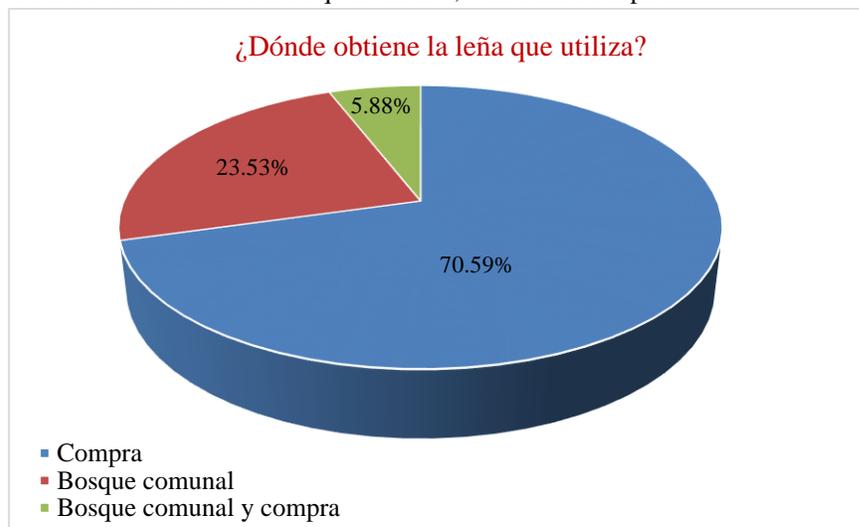
### 8. ¿Qué especies forestales utiliza como leña?

- Dos personas utilizan encino como leña.
- Tres personas utilizan pino como leña.
- En la opción OTROS, cinco personas utilizan sub productos como el aserrín.
- Tres personas hacen uso del encino, pino y sub productos para la leña.
- Dos personas hacen uso del ciprés y pino para leña.
- Dos personas hacen uso del encino, pino, aliso y ciprés para leña.



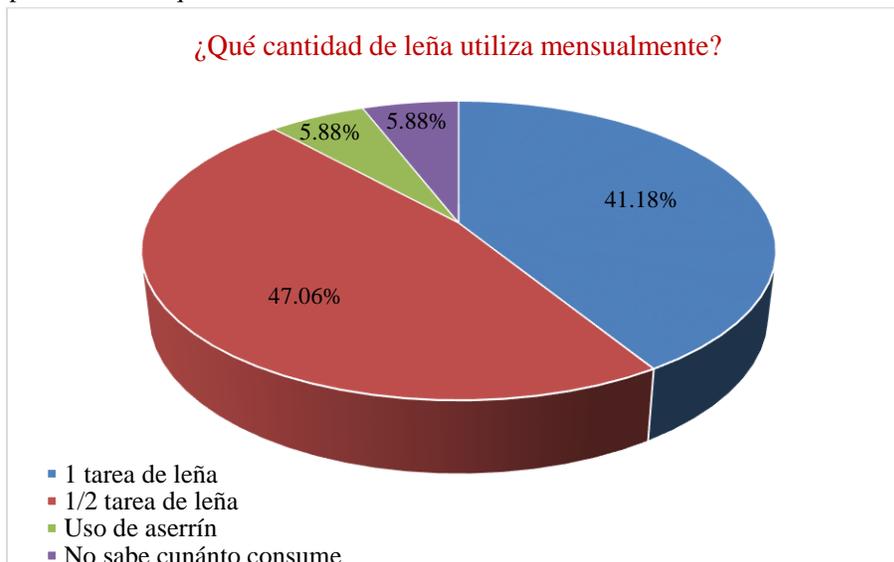
### 9. ¿Dónde obtiene la leña que utiliza?

- Doce personas compran la leña que utilizan, mediante las personas que la extraen del bosque comunal.
- Cuatro personas obtienen la leña directamente del bosque comunal.
- Una persona obtiene la leña del bosque comunal, también la compra.



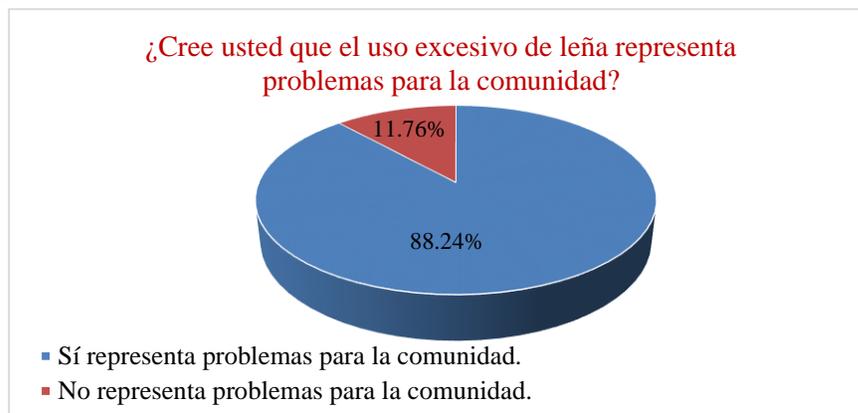
### 10. ¿Qué cantidad de leña utiliza mensualmente?

- Siete personas hacen uso de 1 tarea de leña mensualmente.
- Ocho personas indicaron que usan alrededor de 1/2 tarea de leña mensualmente.
- En el hogar de una persona hacen uso de aserrín, aproximadamente 16 sacos mensualmente.
- Una persona indica que no tiene conocimiento de cuanto leña consume mensualmente.



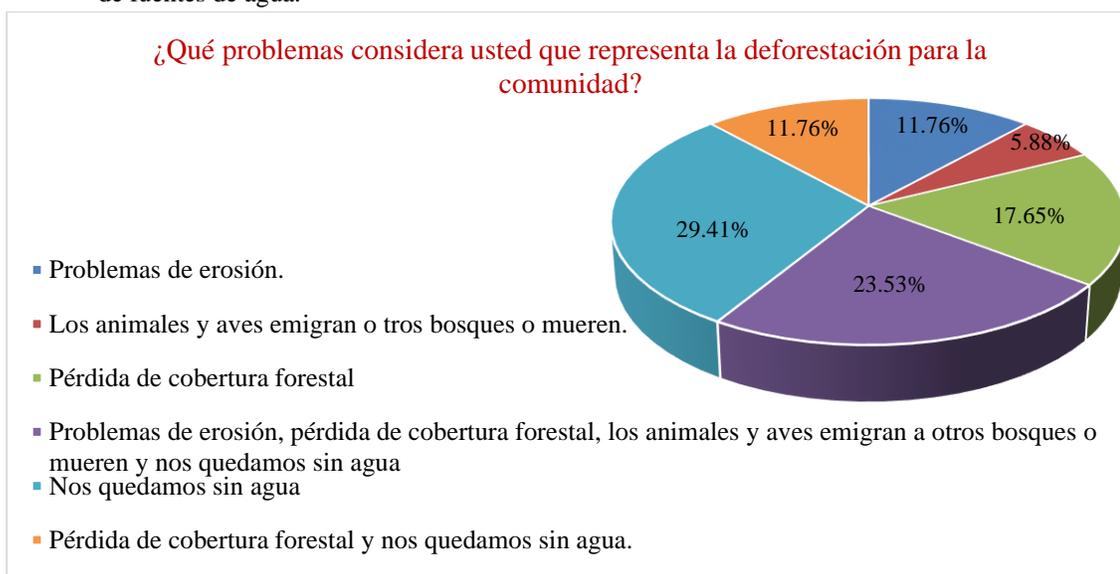
### 11. ¿Cree usted que el uso excesivo de leña representa problemas para la comunidad?

- Quince personas indican que el uso excesivo de leña representa problemas para la comunidad, porque la capacidad de regeneración natural es muy baja y se genera mayor presión sobre el bosque, causando la pérdida de cobertura forestal, asimismo, por la constante explotación y consumo puede afectar las zonas de recarga hídrica que abastecen a la comunidad.
- Dos personas mencionan que el uso excesivo de leña no representa problemas para la comunidad, porque se utiliza leña desechada por la propia naturaleza y además se puede conseguir leña en otras regiones.



### 12. ¿Qué problemas considera usted que representa la deforestación para la comunidad?

- Dos personas mencionan que los problemas de erosión son representativos para la comunidad.
- Una persona indica que los problemas que representa la deforestación para la comunidad es que los animales y aves emigran a otros bosques o mueren y nos quedamos sin agua.
- Tres personas consideran la deforestación es un problema para la comunidad porque hay pérdida de cobertura forestal.
- Cuatro personas creen que la deforestación representa problemas de erosión, la pérdida de cobertura forestal, los animales y aves emigran a otros bosques o mueren y nos quedamos sin agua.
- Cinco personas consideran la deforestación como un problema por la pérdida de fuentes de agua.
- Dos personas mencionan que la deforestación representa la pérdida de cobertura forestal y la pérdida de fuentes de agua.



### 13. ¿Cree que la tala ilegal de árboles es una infracción?

- Dieciséis personas indican que la tala ilegal es una infracción, porque se ha vuelto una práctica destructiva para el ambiente, así como para la sociedad. Además representa la falta de conciencia y respeto hacia el recurso debido a que no se repone lo talado. Aunque INAB concede algunas licencias, pero también existen los acuerdos comunales que es prohibido la tala de árboles.
- Una persona cree que la tala ilegal no es una infracción, porque la tala legal o ilegal de árboles representa problemas en el ciclo del agua, también ocasiona pérdida de biodiversidad y erosión al suelo.



### 14. ¿Cómo se pueden reducir los daños ocasionados a los recursos naturales en la comunidad?

- Cuatro personas consideran para la reducción de daños ocasionados a los recursos naturales de la comunidad es a través de actividades de concientización, capacitaciones y solicitar apoyo a instituciones.
- Cinco personas indican que la realización de actividades de concientización es la mejor forma de reducir los daños ocasionados a los recursos naturales de la comunidad.
- Tres personas creen que la realización de capacitaciones solucionan los problemas que se ocasionan a los recursos naturales de la comunidad.
- Tres personas mencionan que solicitar apoyo a instituciones contribuye a la reducción de los daños que se le ocasionan a los recursos naturales.
- Una persona considera que la realización de capacitaciones y solicitar apoyo a instituciones es una alternativa para la reducción de daños ocasionados a los recursos naturales.
- Una persona cree que la realización de actividades de concientización y capacitaciones contribuye a la reducción de los daños.



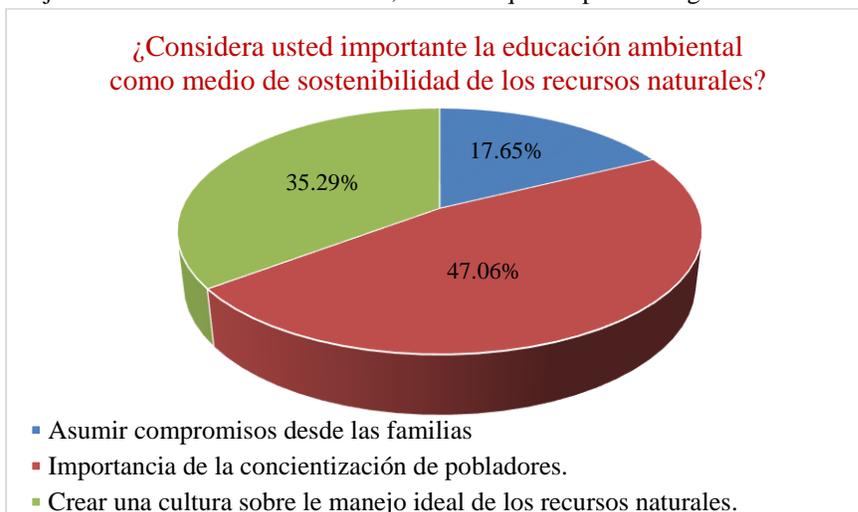
### 15. ¿Qué entiende por plan de manejo forestal?

- Cuatro personas consideran el plan de manejo forestal como un instrumento en la que se planifica la gestión del patrimonio ecológico, atendiendo a los objetivos del mismo.
- Diez personas mencionan que el plan de manejo forestal es un procedimiento por medio del cual permite el uso racional y responsable del bosque, involucrando a todos los pobladores en la reforestación para la conservación de las fuentes de agua.
- Dos personas indican que un plan de manejo forestal es un proceso o manual a ser emitido por personas capacitadas en el área para la gestión de los recursos naturales.
- Una persona no sabe que es un plan de manejo forestal.



### 16. ¿Considera usted importante la educación ambiental como medio de sostenibilidad de los recursos naturales?

- Tres personas consideran que la educación ambiental es asumir un compromiso desde las familias hasta los centros educativos, comprendiendo que todos somos parte del sistema ecológico.
- Ocho personas mencionan que es importante concientizar a los pobladores de que los bosques se están acabando a un ritmo acelerado, por lo tanto, se deben tomar acciones para la conservación de bosques y los demás recursos.
- Seis personas creen que la educación ambiental es de suma importancia para crear una cultura sobre el manejo ideal de los recursos naturales, debido a que las próximas generaciones los utilizarán.



## Anexo 4.

## Elaboración del inventario forestal

Identificación del bosque o área de estudio.



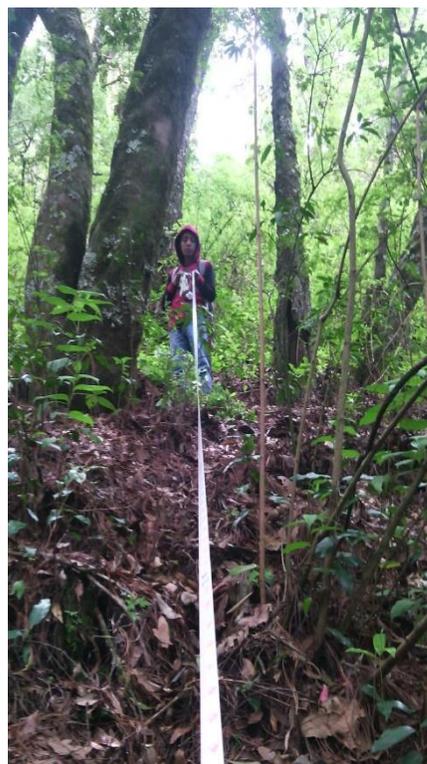
Identificación de nacimientos de agua.



Delimitación del área de estudio mediante el uso de GPS.



Medición de radio de parcelas de muestreo.



Medición de pendiente mediante el uso de clinómetro.



Georreferenciación de las parcelas de muestreo.



Toma de DAP en el bosque.



Señalización de árboles en el centro de cada parcela de muestreo.



Medición de altura de los árboles a través del uso de clinómetro.



Medición de edad en árboles mediante el uso de barreno a 1.30 m de altura.



## Anexo 5. Documento de autorización extendida por el alcalde comunal



## CONCORDIA LIBRE E INDEPENDIENTE.



Aldea La Concordia, 07 de junio de 2016.

**Respetable:**

**Señores Miembros Comité de Agua Proyecto 1 y 2,  
Miembros Comité de Agua INTERVIDA,  
Guardabosques**

Respetables miembros del Comité y Guardabosques, esperamos que al recibo de la presente, se encuentren bien de salud y cosechando éxitos en sus actividades diarias, el motivo de la presente es para manifestarle, lo siguiente:

**Primero:** Que hacemos de su conocimiento, que el estudiante Jeremías José Tumax Alvarez, quien se identifica no número de DPI: CUI 2285 42626 0801 como parte del pensum de estudios de la carrera Ingeniería en Tecnología Agroforestal, llevará a cabo la Práctica correspondiente al Titulado "Propuesta Plan de Manejo Forestal par fines de Aprovechamiento Sostenible del Bosque Comunal de la Aldea la Concordia Totonicapán", motivo por el que:

Respetuosamente,

**SOLICITAMOS:**

Brindar el apoyo correspondiente participando en el llenado de una encuesta dirigida hacia su persona.

De antemano, gracias por su atención,

f.

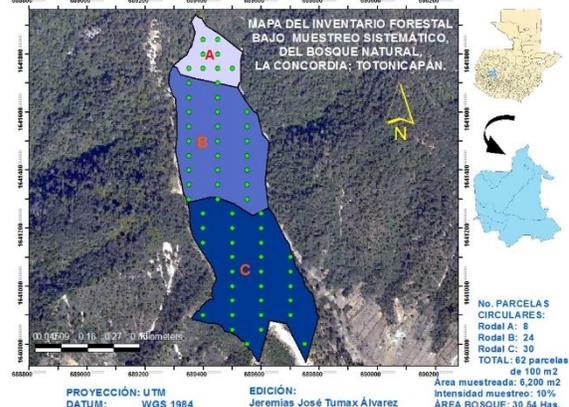
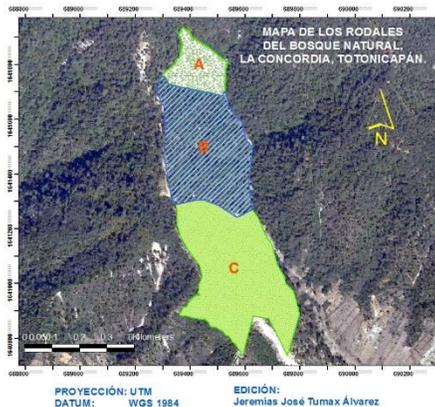
  
Sr. Juan Francisco García García  
Alcalde Comunal  
Aldea La Concordia, Totonicapán



Anexo 6. Herramientas utilizadas para la elaboración de polígonos (Ortofotos, imágenes satelitales y shapefiles.)

Polígono de rodalización del bosque natural.

Polígono de distribución sistemática de parcelas.



Ortofoto año 2006 utilizada para la elaboración de polígonos

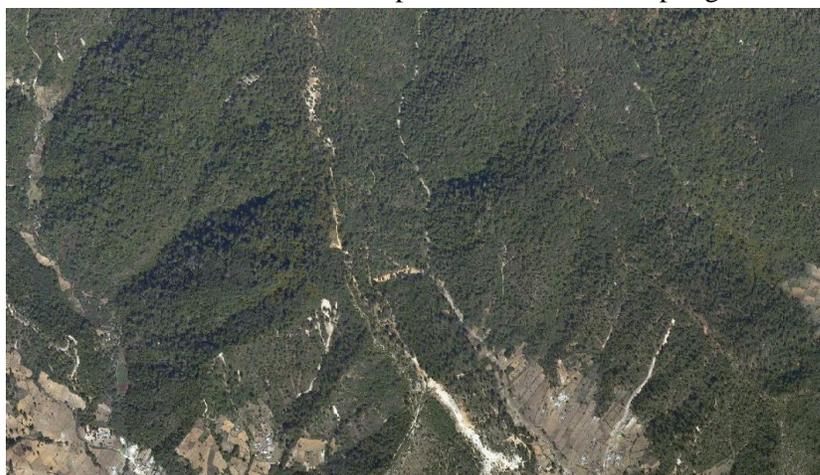


Imagen satelital tomada de Google earth 2016



## Anexo 7. Herramientas utilizadas en la recopilación de información para el inventario forestal

Cinta diamétrica utilizada para la medición de DAP.



Clinómetro utilizado para la medición de altura en árboles y medición de pendiente.



Cinta métrica utilizada para la medición de parcelas de muestreo.



Equipo GPS utilizado para la toma de coordenadas.



Machete utilizado para abrir brechas



Anexo 8. Coordenadas en formato UTM tomadas en campo

Coordenadas tomadas para la elaboración del polígono

	X	Y															
1	689591	1640738	25	689365	1640884	49	689317	1641394	73	689529	1641780	97	689585	1640747	121	689365	1640893
2	689587	1640741	26	689361	1640891	50	689304	1641470	74	689528	1641702	98	689575	1640761	122	689367	1640900
3	689585	1640747	27	689365	1640893	51	689309	1641515	75	689542	1641645	99	689568	1640776	123	689377	1640913
4	689575	1640761	28	689367	1640900	52	689308	1641604	76	689573	1641603	100	689566	1640775	124	689387	1640916
5	689568	1640776	29	689377	1640913	53	689304	1641648	77	689586	1641596	101	689566	1640777	125	689390	1640919
6	689566	1640775	30	689387	1640916	54	689295	1641656	78	689605	1641522	102	689556	1640784	126	689392	1640928
7	689566	1640777	31	689390	1640919	55	689292	1641667	79	689620	1641507	103	689552	1640790	127	689412	1640949
8	689556	1640784	32	689392	1640928	56	689280	1641702	80	689626	1641496	104	689547	1640800	128	689423	1640955
9	689552	1640790	33	689412	1640949	57	689285	1641735	81	689613	1641362	105	689541	1640809	129	689436	1640956
10	689547	1640800	34	689423	1640955	58	689296	1641759	82	689797	1640889	106	689532	1640812	130	689428	1640967
11	689541	1640809	35	689436	1640956	59	689322	1641782	83	689776	1640973	107	689516	1640828	131	689431	1640978
12	689532	1640812	36	689428	1640967	60	689344	1641800	84	689749	1641001	108	689495	1640839	132	689432	1640997
13	689516	1640828	37	689431	1640978	61	689352	1641819	85	689743	1641029	109	689487	1640841	133	689445	1641026
14	689495	1640839	38	689432	1640997	62	689359	1641822	86	689718	1641067	110	689476	1640843	134	689433	1641065
15	689487	1640841	39	689445	1641026	63	689371	1641873	87	689695	1641147	111	689473	1640846	135	689415	1641091
16	689476	1640843	40	689433	1641065	64	689368	1641887	88	689681	1641165	112	689468	1640857	136	689387	1641131
17	689473	1640846	41	689415	1641091	65	689358	1641912	89	689645	1641242	113	689459	1640865	137	689365	1641171
18	689468	1640857	42	689387	1641131	66	689374	1641935	90	689625	1641270	114	689457	1640868	138	689354	1641212
19	689459	1640865	43	689365	1641171	67	689382	1641928	91	689323	1641365	115	689441	1640870	139	689353	1641259
20	689457	1640868	44	689354	1641212	68	689396	1641922	92	689753	1640737	116	689415	1640873	140	689349	1641280
21	689441	1640870	45	689353	1641259	69	689408	1641898	93	689688	1640871	117	689387	1640881	141	689348	1641288
22	689415	1640873	46	689349	1641280	70	689462	1641866	94	689628	1640881	118	689375	1640882	142	689332	1641316
23	689387	1640881	47	689348	1641288	71	689512	1641825	95	689591	1640738	119	689365	1640884	143	689317	1641394
24	689375	1640882	48	689332	1641316	72	689536	1641808	96	689587	1640741	120	689361	1640891	144	689304	1641470

145	689309	1641515	169	689542	1641645
146	689308	1641604	170	689573	1641603
147	689304	1641648	171	689586	1641596
148	689295	1641656	172	689605	1641522
149	689292	1641667	173	689620	1641507
150	689280	1641702	174	689626	1641496
151	689285	1641735	175	689613	1641362
152	689296	1641759	176	689797	1640889
153	689322	1641782	177	689776	1640973
154	689344	1641800	178	689749	1641001
155	689352	1641819	179	689743	1641029
156	689359	1641822	180	689718	1641067
157	689371	1641873	181	689695	1641147
158	689368	1641887	182	689681	1641165
159	689358	1641912	183	689645	1641242
160	689374	1641935	184	689625	1641270
161	689382	1641928	185	689323	1641365
162	689396	1641922	186	689753	1640737
163	689408	1641898	187	689688	1640871
164	689462	1641866	188	689628	1640881
165	689512	1641825			
166	689536	1641808			
167	689529	1641780			
168	689528	1641702			

## Coordenadas tomadas para la rodalización del bosque

	X	Y
1	689310	1641752
2	689321	1641729
3	689372	1641715
4	689381	1641714
5	689476	1641695
6	689523	1641700
7	689518	1641684
8	689418	1641305
9	689448	1641306
10	689502	1641285
11	689570	1641242

## Coordenadas tomadas para la distribución sistemática de parcelas de muestreo

	X	Y	
1	689350	1641750	RODAL A
2	689400	1641750	
3	689450	1641750	
4	689500	1641750	
5	689400	1641800	
6	689450	1641800	
7	689400	1641850	
8	689450	1641850	
1	689350	1641300	RODAL B
2	689350	1641350	
3	689350	1641400	
4	689350	1641450	
5	689350	1641500	
6	689350	1641550	
7	689350	1641600	
8	689350	1641650	
9	689350	1641700	
10	689450	1641350	
11	689450	1641400	
12	689450	1641450	
13	689450	1641500	
14	689450	1641550	
15	689450	1641600	
16	689450	1641650	
17	689450	1641700	
18	689550	1641300	
19	689550	1641350	
20	689550	1641400	
21	689550	1641450	
22	689550	1641500	
23	689550	1641550	
24	689550	1641600	
1	689400	1641150	RODAL C
2	689400	1641200	
3	689400	1641250	
4	689500	1640850	
5	689500	1640900	
6	689500	1640950	
7	689500	1641000	
8	689500	1641050	

9	689500	1641100	
10	689500	1641150	
11	689500	1641200	
12	689500	1641250	
13	689450	1641300	
14	689400	1640900	
15	689550	1640800	
16	689600	1640850	
17	689600	1640900	
18	689600	1640950	
19	689600	1641000	
20	689600	1641050	
21	689600	1641100	
22	689600	1641150	
23	689600	1641200	
24	689600	1641250	
25	689700	1640900	
26	689700	1640950	
27	689700	1641000	
28	689700	1641050	
29	689700	1641100	
30	689750	1640800	