

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**APOYO AL PROGRAMA DE HIDROLOGÍA FORESTAL DEL PROYECTO DE CONSERVACIÓN
DE ECOSISTEMAS FORESTALES ESTRATÉGICOS DESARROLLADO EN LA SUBREGIÓN II
– 1 DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB–, TACTIC, ALTA VERAPAZ.**

THYLMA MARÍA CHAMORRO BATRES

GUATEMALA, MAYO DE 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**APOYO AL PROGRAMA DE HIDROLOGÍA FORESTAL DEL PROYECTO DE CONSERVACIÓN
DE ECOSISTEMAS FORESTALES ESTRATÉGICOS DESARROLLADO EN LA SUBREGIÓN II
- 1 DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB-, TACTIC, ALTA VERAPAZ.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

THYLMA MARÍA CHAMORRO BATRES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA**

GUATEMALA, MAYO DE 2007.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR
LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	Br. Douglas Antonio Castillo Álvarez
VOCAL QUINTO	P. Agr. José Mauricio Franco Rosales
SECRETARIO	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

GUATEMALA, MAYO DE 2007

Guatemala, Mayo de 2007

**Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el **TRABAJO DE GRADUACIÓN: APOYO AL PROGRAMA DE HIDROLOGÍA FORESTAL DEL PROYECTO DE CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS FORESTALES ESTRATÉGICOS EN LA SUBREGIÓN II – 1 DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB-, TACTIC, ALTA VERAPAZ**, como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me suscribo,

Atentamente,

f. _____
Thylma María Chamorro Batres

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS** Que todo lo puede y a quien tanto le debo, por haberme permitido nacer, y por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida.
- MI MADRE** María del Refugio Batres León por su eterno amor, apoyo y sacrificios, y por estar ahí con las palabras y los consejos adecuados cuando más los necesito.
- MI PADRE** Alfredo José Chamorro Úbeda por su cariño y amor.
- MI ESPOSO** Guillermo Reyes por su amor y por la familia que juntos construimos y por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.
- MI HIJA** María Fernanda por tu paciencia y amor, lo logramos chiquita.
- MI HERMANA** Claudia Milagro, por su apoyo y cariño, y por todos estos años de complicidad.
- MIS ABUELOS** Ismael Batres (†) y Gladys León (†) por su amor incondicional que me entregaron en vida y por cuidar siempre de mi desde el cielo.
Alfredo Chamorro y Thylma Úbeda de Chamorro, gracias por su amor y su cariño.
- MI BISABUELA** María González por estar ahí siempre, cuidándonos y amándonos incondicionalmente.
- MI FAMILIA** Tíos y primos, por su apoyo y confianza brindada, gracias a todos por estar siempre conmigo.
- MIS SUEGROS** Luis Reyes y Rosa Pineda, por el gran amor que le dan a mi hija y por estar siempre pendientes de nuestra vida, Dios los Bendiga.
- AMIGOS Y AMIGAS** Por todos estos años que jamás vamos a olvidar, y por haber estado a mi lado en los malos momentos pero sobre todo compartiendo los momentos de felicidad, gracias por todo su apoyo y cariño brindado siempre, que Dios los bendiga siempre.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Dios

Guatemala

Nicaragua

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Instituto Nacional de Bosques

Colegio El Gran Moyas

Colegio Centro América

La congregación Jesuita

AGRADECIMIENTOS

A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala y a la Facultad de Agronomía por todas sus grandes enseñanzas.

El personal del Proyecto de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques, Ing. For. Alejandra Hernández, Ing. Agr. Gilberto Cifuentes, Cecilia y en especial a la Inga. Agr. Silvia Valdez.

El Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE) por el apoyo en el financiamiento para la realización de mi Ejercicio Profesional Supervisado.

El proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales (CEFE) del INAB por su apoyo en la ejecución de este trabajo en especial a P. F. Enrique Castillo, Ing. Agr. Jacobo Cotto y Lic. Mario Díaz.

El personal técnico y administrativo de la Subregión II – 1, Tactic, Alta Verapaz del Instituto Nacional de Bosques (INAB), por su apoyo y cariño incondicional, en especial al Director Subregional René Alonzo Jiménez por su apoyo y por brindarme su amistad.

Los Ingenieros Tomás Padilla y Marco Tulio Aceituno por su colaboración y apoyo técnico en la elaboración del proyecto de investigación y su ejecución.

El Ing. Pedro Peláez por la supervisión, agradeciendo su orientación y comprensión, y toda su ayuda.

Mis compañeros de EPS, Moisés Fuentes y Rafael Carrera por brindarme su apoyo en los momentos difíciles y su colaboración en la fase de campo de este trabajo, muchas gracias y que Dios los bendiga siempre.

El Ing. Waldemar Nufio por orientarme en mi camino como profesional, por estar siempre conmigo en todos esos momentos difíciles y también por compartir todos los momentos de felicidad. Gracias por sus consejos y regaños a lo largo de todos estos años y por entregarme su valiosa amistad.

La familia Portillo León por abrirme las puertas de su casa y apoyarme siempre.

Los señores Carlos Max y Macaria Toj por su colaboración en la fase de campo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN GENERAL.....	ix
CAPÍTULO I	11
DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO DEL RODAL DONDE SE ENCUENTRAN INSTALADAS LAS INVESTIGACIONES EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ.	11
1 INTRODUCCIÓN	12
2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
3 ANTECEDENTES.....	14
4 OBJETIVOS.....	15
4.1 GENERAL.....	15
4.2 ESPECÍFICOS.....	15
5 METODOLOGÍA	16
5.1 FASE DE GABINETE INICIAL	16
5.2 FASE DE CAMPO.....	16
5.3 FASE DE GABINETE FINAL	16
5.3.1 Análisis de muestras.....	16
5.3.2 Elaboración del informe	17
6 RESULTADOS.....	18
6.1 Descripción de la especie	18
6.1.1 Taxonomía.....	18
6.1.2 Descripción	18
6.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTACIÓN	19
6.3 DESCRIPCIÓN DEL ESTADO FITOSANITARIO DE LA PLANTACIÓN	20
6.3.1 Prácticas silviculturales realizadas a la plantación.....	21
7 CONCLUSIONES	22
8 BIBLIOGRAFÍA.....	23
9 ANEXOS	24
CAPÍTULO I	26
INVESTIGACIÓN.....	26

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN INTERNA SOBRE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y LA EROSIÓN HÍDRICA EN CUATRO DIFERENTES DENSIDADES DE COBERTURA FORESTAL CON MANEJO DEL SOTOBOSQUE EN UNA PLANTACIÓN DE <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ, 2006.....		26
1	INTRODUCCIÓN	27
2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	29
3	MARCO TEÓRICO	30
3.1	MARCO CONCEPTUAL	30
3.1.1	Manejo forestal	30
3.1.2	Plantación forestal	30
3.1.3	Raleo	30
3.1.3.1	Intensidad de raleo	30
3.1.4	Sotobosque.....	31
3.1.4.1	Manejo de sotobosque	31
3.1.5	Hidrología forestal.....	31
3.1.6	El ciclo del agua en un ecosistema forestal	33
3.1.7	Erosión del suelo	34
3.1.7.1	Tipos de erosión	34
3.1.7.2	Los agentes de la erosión.....	35
3.1.7.3	Límites aceptables de erosión	35
3.1.8	Erosión hídrica.....	36
3.1.8.1	Formas de erosión provocadas por el agua	36
3.1.8.2	Procesos de la erosión hídrica.....	36
3.1.8.3	Escorrentía	37
3.1.9	Factores que rigen la escorrentía	38
3.1.10	Medición de la escorrentía y la erosión	39
3.1.11	Recarga hídrica.....	40
3.1.11.1	Factores que afectan la recarga hídrica.....	41
3.1.12	Descripción de la especie <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	45
3.1.12.1	Taxonomía	45
3.1.12.2	Descripción	45
3.2	MARCO REFERENCIAL.....	47
3.2.1	Localización política y geográfica	47
3.2.2	Vías de acceso	47
3.2.3	Zona de vida	47
3.2.4	Fisiografía, relieve e hipsometría.....	47
3.2.5	Edafología.....	49
3.2.5.1	Génesis	49
3.2.5.2	Serie de suelos	49
3.2.5.3	Taxonomía de suelos	50
3.2.5.4	Clasificación FAO – UNESCO	50
3.2.6	Clima.....	50
3.2.7	Recurso hídrico.....	50
3.2.8	Plantación forestal	51
3.2.9	Investigaciones relacionadas.....	51

4	OBJETIVOS.....	53
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	53
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	53
5	HIPÓTESIS.....	54
6	METODOLOGÍA.....	55
6.1	MUESTREO DE SUELOS.....	55
6.2	SELECCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL.....	55
6.3	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	56
6.3.1	Modelo estadístico.....	56
6.3.2	Unidad experimental.....	56
6.4	SELECCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	57
6.5	CROQUIS DE CAMPO.....	58
6.6	VARIABLES DE RESPUESTA.....	58
6.7	MEDICIÓN DE VARIABLES.....	59
6.7.1	Escurrimiento superficial.....	59
6.7.2	Cantidad de suelo erosionado.....	59
6.8	ANÁLISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS RECOLECTADAS EN LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN Y SEDIMENTOS EROSIONADOS.....	62
6.9	MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL.....	62
6.10	MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN INTERNA.....	63
6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GENERADA.....	63
6.12	CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO DE SUELOS.....	64
6.12.1	Determinación de la evapotranspiración potencial.....	65
6.12.2	Determinación de la infiltración básica.....	67
6.13	ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	67
7	RESULTADOS.....	68
7.1	MUESTREO DE SUELO AL INICIO DEL PERÍODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	68
7.2	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.....	69
7.2.1	Precipitación pluvial mensual.....	69
7.2.2	Precipitación interna.....	71
7.2.2.1	Análisis de varianza.....	73
7.2.3	Cantidad de escorrentía.....	73
7.2.3.1	Análisis de varianza.....	75
7.2.3.2	Análisis de correlación y regresión para densidad de cobertura y escorrentía.....	75
7.4	PÉRDIDA DE SUELO.....	77
7.4.1	Análisis de varianza.....	79
7.4.2	Análisis de regresión para densidad de cobertura y pérdida de suelo.....	79

7.5	ANÁLISIS DE SUELO EFECTUADO A LAS MUESTRAS DE SUELO PERDIDO OBTENIDAS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.....	81
7.6	INFILTRACIÓN BÁSICA.....	83
7.7	EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	84
7.8	BALANCE HÍDRICO.....	84
8.	CONCLUSIONES.....	87
9.	RECOMENDACIONES.....	88
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	89
11.	ANEXOS.....	91
	CAPÍTULO III.....	110
	INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LA SUBREGIÓN II – 1 DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES, TACTIC, ALTA VERAPAZ.....	110
1	PRESENTACIÓN.....	111
2	JUSTIFICACIÓN.....	112
3.	SERVICIO 1: Apoyo en el monitoreo de estaciones climáticas de la microcuenca Río Frío ubicada dentro de la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.....	113
3.1	ANTECEDENTES.....	113
3.1	OBJETIVOS.....	114
3.2	METODOLOGÍA.....	114
3.2.1	Fase de campo.....	114
3.2.1.1	Monitoreo de estaciones climáticas.....	114
3.2.2	Fase de gabinete.....	116
3.3	RESULTADOS.....	116
3.3.1	Precipitación mensual durante los meses de Febrero a Noviembre de 2006.....	116
3.3.2	Temperatura media mensual durante los meses de febrero a Noviembre de 2006.....	118
3.3.3	Caudal diario durante los meses de Febrero a Noviembre de 2006.....	121
3.5	CONCLUSIONES.....	123
4.	SERVICIO 2: Apoyo en las actividades realizadas en el plan operativo anual de la subregión II – 1, Tactic, Alta Verapaz.....	124
4.1	ANTECEDENTES.....	124
4.2	OBJETIVOS.....	124
3.3	METODOLOGÍA.....	124
3.4	RESULTADOS.....	124
3.5	EVALUACIÓN.....	125
5	SERVICIO 3: Análisis de la situación actual del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) en la Subregión II – 1 y elaboración de una base de datos.....	126
5.1	ANTECEDENTES.....	126

5.1.1	INAB Región II	126
5.1.2	Subregión II – 1, Tactic.....	126
5.1.3	Programa de Incentivos Forestales (PINFOR)	126
5.1.3.1	Áreas prioritarias de PINFOR	127
5.2	OBJETIVOS.....	127
5.2.1	General.....	127
5.2.1	Específicos	127
5.3	METODOLOGÍA	127
5.3.1	Fase de gabinete	127
5.3.2	Fase de campo	128
5.3.3	Fase de gabinete	128
5.4	RESULTADOS.....	128
5.4.1	Distribución del Área ingresada a PINFOR por año.....	128
5.4.1.1	Distribución del área de los Proyectos Activos	132
5.4.1.2	Distribución del área por su fase de incentivo	133
5.4.1.3	Distribución del área incentivada por Municipio.....	136
5.4.1.4	Distribución del área incentivada actualmente por Tipo de Proyecto	140
5.5	CONCLUSIONES	141
6	BIBLIOGRAFÍA	141

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO		PÁGINA
Cuadro 1.1	Diámetros y alturas promedios de la plantación que se encuentra en el rodal 79 de la Finca Río Frío.....	19
Cuadro 1.2	Incidencia de la enfermedad en los árboles muestreados.....	20
Cuadro 1.3A	Boleta de campo.....	25
Cuadro 2.1	Área de las series de suelos encontradas en la Finca Río Frío.....	49
Cuadro 2.4	Pruebas físicas y químicas realizadas a las muestras de suelo.....	62
Cuadro 2.5	Radiación solar extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente en mm/día	66
Cuadro 2.6	Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes meses y latitudes.....	67
Cuadro 2.7	Resultados del análisis químico de suelo realizado a las muestras obtenidas del muestreo de suelo al inicio de la investigación por tratamiento.....	68
Cuadro 2.8	Resultados de análisis físico de suelo por tratamiento.....	69
Cuadro 2.9	Precipitación pluvial mensual ocurrida durante el año 2006.....	70
Cuadro 2.10	Precipitación interna y porcentaje de retención de copas registrada de mayo a octubre por tratamiento (mm).....	71

Cuadro 2.11	Análisis de varianza para la precipitación interna.....	73
Cuadro 2.12	Escorrentía superficial expresada en m ³ /ha y mm, por tratamientos y repeticiones.....	73
Cuadro 2.13	Análisis de varianza efectuado a la variable de escorrentía superficial.....	75
Cuadro 2.14	Cantidad de suelo erosionado (TM/Ha), para tratamientos y repeticiones.....	77
Cuadro 2.15	Análisis de varianza del suelo erosionado.....	79
Cuadro 2.16	Resultado del análisis de suelo efectuado a las muestras de suelo perdido.....	81
Cuadro 2.17	Infiltración básica registrada en los suelos del área de estudio por tratamiento.....	84
Cuadro 2.18	Resumen de la recarga potencial por tratamiento.....	84
Cuadro 2.20A	Cálculo de la infiltración básica para el tratamiento de 50 %.....	92
Cuadro 2.21A	Cálculo de la infiltración básica para el tratamiento de 67 %.....	94
Cuadro 2.22A	Cálculo de la infiltración básica para el tratamiento de 75 %.....	97
Cuadro 2.23A	Cálculo de la infiltración básica para el tratamiento de 100 %.....	99
Cuadro 2.24A	Estimación de la evapotranspiración por el método de Hargreaves.....	101
Cuadro 2.25A	Balance hídrico de suelos por el método de Gunther Schosinsky para el tratamiento de 50 % de cobertura.....	102
Cuadro 2.26A	Balance hídrico de suelos por el método de Gunther Schosinsky para el tratamiento de 67 % de cobertura.....	104
Cuadro 2.27A	Balance hídrico de suelos por el método de Gunther Schosinsky para el tratamiento de 75 % de cobertura.....	106
Cuadro 2.28A	Balance hídrico de suelos por el metodo de Gunther Schosinsky para el tratamiento de 100 % de cobertura.....	108
Cuadro 3.1	Precipitación mensual registrada en la microcuenca Río Frío durante los meses de Febrero a Noviembre de 2006.....	117
Cuadro 3.2	Temperatura media diaria registrada en la Finca Río Frío durante los meses de Febrero a Noviembre.....	118
Cuadro 3.3	Evapotranspiración mensual ocurrida de Febrero a Noviembre de 2006.....	120
Cuadro 3.4	Caudales medios mensuales de la microcuenca Río Frío durante el período de Febrero a Noviembre de 2006.....	122
Cuadro 3.5	Número de actividades de la subregión II – 1 del INAB apoyadas.....	125
Cuadro 3.6	Número de proyectos y área en hectáreas incentivada por año en la subregión II – 1.....	129
Cuadro 3.7	Cantidad de hectáreas ingresadas e incentivadas por año en la Subregión II - 1.....	131

Cuadro 3.8	Distribución del área y número de proyectos PINFOR activos por Fase de Mantenimiento, Subregión II – 1, Tactic.	133
Cuadro 3.9	Área y número de proyectos de PINFOR clasificados por fase de mantenimiento, subregión II – 1, Tactic.....	134
Cuadro 3.10	Área y número de proyectos PINFOR de Manejo de Bosques Naturales de Protección por fases, subregión II – 1, Tactic.....	135
Cuadro 3.11	Clasificación de área y número de proyectos activos de PINFOR incentivados por municipio, subregión II – 1, Tactic.....	137
Cuadro 3.12	Distribución de las áreas incentivadas (ha) de PINFOR por municipio y año, Subregión III-1.	138
Cuadro 3.13	Distribución del número de proyectos PINFOR incentivados por municipio y por año, Subregión III-1, Tactic.	138
Cuadro 3.14	Número de proyectos y área ingresada a PINFOR de 1998 a 2006 por municipio en la Subregión de Tactic.	139
Cuadro 3.15	Clasificación del área y número de proyectos incentivados de PINFOR por Tipo de proyecto, subregión II – 1, Tactic.	140

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA	
Figura 1.1	Contacto entre copas en el rodal 79 de la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V.....	19
Figura 1.2	Roya de pino (<i>Cronartium</i> sp) en la plantación de <i>P. maximinoi</i> en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V.	21
Figura 2.1	Esquema del proceso de escorrentía.	38
Figura 2.2	Pluviómetro	43
Figura 2.3	Mapa de ubicación del área de estudio.	48
Figura 2.5	Distribución de las parcelas de escorrentía en el campo.	58
Figura 2.6	Medición de alturas en los botes recolectores con cinta métrica.	59
Figura 2.7	Filtrado de sólidos de una muestra recolectada en las parcelas.	60
Figura 2.8	Determinación de peso de la muestra.	61
Figura 2.9	Limpieza del canal antes de tomar datos.	61
Figura 2.10	Conos de sedimentación.	62
Figura 2.12	Precipitación mensual registrada en las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la Finca Río Frío durante el año 2006.	71
Figura 2.13	Precipitación interna e intercepción de copas registrada de mayo a octubre por tratamiento (%).	72

Figura 2.14	Escorrentía expresada en m ³ /ha por tratamiento ocurrida durante el año 2006.....	74
Figura 2.15	Escorrentía (m ³ /ha) por tratamiento vrs densidad de cobertura	76
Figura 2.16	Cantidad de suelo perdido (TM/Ha) por tratamiento registrada durante el año 2006.....	78
Figura 2.17	Cantidad de suelo perdido vrs densidad de cobertura	80
Figura 2.18	Valores de materia orgánica registrados en las muestras de suelo perdido por tratamiento.	82
Figura 2.19	Valores de fósforo en PPM contenido en las muestras de suelo erosionado recolectadas por tratamiento en la investigación.....	83
Figura 3.1	Medición de la precipitación pluvial en al estación ubicada en la parte baja de la microcuenca.	115
Figura 3.2	Termómetro de máximas y mínimas utilizado para la medición de temperatura.	115
Figura 3.3	Medición de la profundidad del caudal que pasa por el canal de aforo ubicado en el cauce principal de la microcuenca.	116
Figura 3.4	Precipitación ocurrida en la parte baja y alta de la microcuenca Río Frío.	118
Figura 3.5	Temperatura media mensual para las estaciones ubicadas dentro de la microcuenca Río Frío.	119
Figura 3.6	Climadiagrama de la microcuenca Río Frío.	121
Figura 3.7	Comportamiento del caudal medio mensual durante los meses de Febrero a Noviembre de 2006 en la microcuenca Río Frío.....	122
Figura 3.8	Distribución del área total de proyectos incentivados por PINFOR por año, en la subregión II-1, Tactic.	130
Figura 3.9	Porcentaje de área incentivada por año en la Subregión.	131
Figura 3.10	Distribución del área de los proyectos PINFOR activos por Fase de Mantenimiento en la que se encuentran en el año 2006, subregión II – 1, Tactic.....	132
Figura 3.11	Distribución del área de los proyectos PINFOR por Fase de mantenimiento, subregión II – 1, Tactic.....	134
Figura 3.12	Distribución del área de los proyectos PINFOR de Manejo de Bosques Naturales de Protección por fases, subregión II – 1, Tactic.....	135
Figura 3.13	Distribución del área incentivada de proyectos PINFOR por municipio, subregión II – 1.....	136
Figura 3.14	Contraste entre el número de proyectos y el área ingresada a PINFOR desde 1998 por municipio en la Subregión II – 1.	139
Figura 3.15	Distribución del área incentivada en proyectos PINFOR por tipo de Proyectos, subregión II – 1, Tactic.....	140

RESUMEN GENERAL

El presente trabajo de graduación consta de tres capítulos, los cuales son: a) el diagnóstico fitosanitario del rodal 79 de la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz; b) la investigación que lleva por nombre “Evaluación del efecto de la precipitación interna sobre la escorrentía superficial y la erosión hídrica en cuatro diferentes densidades de cobertura forestal con manejo del sotobosque en una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz y c) el informe de servicios realizados en la Subregión II – 1 del Instituto Nacional de Bosques -INAB-, Tactic, Alta Verapaz.

La metodología utilizada para la ejecución del diagnóstico constó básicamente de tres partes, dos fases de gabinete y una de campo. En la primera fase de gabinete se recopiló toda la información necesaria sobre la especie plantada en el rodal y sobre el rodal como tal. La fase de campo constó de un caminamiento y un muestreo en el cual se tomaron muestras para luego ser llevadas al laboratorio, para su respectivo análisis y diagnóstico. Por último, la fase de gabinete final, en la que se reunió toda la información recompilada y se escribió el informe final.

El diagnóstico evidenció que el 32.1 % de los árboles de la plantación del rodal 79 de la Finca Río Frío están siendo afectados por la Roya de Pino (*Cronartium Sp.*), además se pudo constatar que no existe ninguna plaga forestal en el mismo y se comprobó que la plantación no ha recibido ningún tipo de manejo forestal ya que aún se cuenta con la densidad inicial, que es de 1667 árboles/ha, y un contacto entre copas bastante fuerte.

La investigación se realizó en el mismo rodal dentro de la Finca Río Frío. Se contó con 16 parcelas de escorrentía con cuatro densidades de cobertura forestal distribuidas en un diseño experimental de bloques al azar; la misma está orientada a evaluar el comportamiento de la escorrentía superficial y la erosión hídrica derivado de la manipulación de coberturas forestales para propósitos silviculturales, y determinar su contribución al impacto general de dichas actividades sobre el suelo.

Según los resultados de la investigación, estadísticamente no existen diferencias significativas en cuanto a precipitación interna, pérdida de suelo y escorrentía superficial para las cuatro densidades de cobertura evaluadas. Aún así se hicieron análisis de regresión para las variables de pérdida de suelo y densidad de cobertura, así como de escorrentía superficial y

densidad de cobertura. Según esto se pudo observar que los valores mínimos tanto de pérdida de suelo como de escorrentía superficial se encuentran en densidades de plantación de sesenta y siete a setenta y cinco por ciento.

Por aparte en el tercer capítulo se presenta el informe de servicios, el cual consta de tres servicios fundamentales, dentro de los cuales el más importante es el apoyo al Plan Operativo Anual de la Subregión II – 1 y dentro de las actividades que se pueden contabilizar están: la fiscalización de industrias forestales, medición de parcelas permanentes de muestreo, la certificación de proyectos de PINFOR, revisión de planes de manejo y plantaciones voluntarias entre otras. Cabe mencionar que cuando hablamos de las actividades contabilizadas no se toma en cuenta actividades como la inscripción de motosierras, ingreso y elaboración de consumos familiares, alimentación de la base de datos de planes de manejo, archivo de papelería y atención al público para proporcionar información acerca de PINFOR, actividades forestales, información forestal y consultas generales para estudiantes.

Los dos servicios restantes consistieron en la elaboración de una base de datos que pueda tener la mayor información posible sobre PINFOR y el monitoreo de la estación climática ubicada dentro de la Finca Río Frío.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO DEL RODAL DONDE SE ENCUENTRAN INSTALADAS LAS INVESTIGACIONES EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ.

1 INTRODUCCIÓN

Con el apoyo de las Empresas W. E. Diesseldorff, propietarios de la Finca Río Frío, el proyecto de Conservación de Ecosistemas Estratégicos (CEFE) del Instituto Nacional de Bosques (INAB), estableció la Estación Hidrológica Forestal “Río Frío”, en el año 2004. En ésta se inició una serie de investigaciones sistemáticas de los efectos que la silvicultura de bosques naturales y plantaciones tienen en el comportamiento hidrológico a nivel de sitios y de cuencas hidrográficas.

El área donde se establecieron dichas investigaciones consta de dos hectáreas, que corresponden al rodal 79, según el plan de manejo presentado por los dueños de la Finca al INAB. Dado a que no se puede tocar dicha área, por no interferir con las investigaciones por parte de los dueños de la Finca, éstos no la toman en cuenta al momento de la planificación de sus actividades silvícolas. Por lo tanto el manejo de dicha área queda bajo la responsabilidad del proyecto CEFE.

El presente diagnóstico, le sirvió al proyecto CEFE, para determinar preliminarmente el estado fitosanitario de la plantación y así poder planificar las nuevas investigaciones a desarrollar y/o el tratamiento silvícola que hay que implementar.

Dicho trabajo, se realizó durante los meses de febrero y marzo del 2006, con el apoyo del proyecto CEFE y el mismo, describe la problemática encontrada en cuanto a plagas forestales y fitopatógenos causantes de enfermedades forestales, así como una descripción de la plantación y de la especie plantada.

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La estación hidrológica forestal “Río Frío”, se implementó en el marco del Programa de Investigación en Hidrología Forestal del INAB. El mismo, según INAB (2006), es la base para la implementación de la línea de investigación II, Manejo Forestal e Impacto Hidrológico, la cual se basa en determinar la intensidad de uso permisible de una masa forestal sin causar daños irreversibles en el ambiente, particularmente en el rendimiento hídrico y erosión de suelos, y con ello contribuir al manejo de presiones socio ambientales, asociadas con los impactos hidrológicos y edáficos en zonas intervenidas forestalmente.

La implementación de la estación hidrológica es responsabilidad del INAB, por medio de sus proyectos CEFÉ e Investigación Forestal, así como de la Subregión II-1. A la vez, el INAB, cuenta con el apoyo de socios como la empresa W.E. Diesseldorff, propietaria de la finca, y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, FAUSAC, en aspectos técnico-científicos.

La estación hidrológica forestal pretende implementar procedimientos que permitan monitorear y comparar, el efecto que se produce en el comportamiento hidrológico de una microcuenca hidrográfica, sometida a uso.

Pero debido a que las investigaciones toman mucho tiempo no se ha podido realizar el manejo silvicultural de la plantación, lo que conlleva a la aparición de problemas fitosanitarios, como plagas forestales y enfermedades.

3 ANTECEDENTES

La Facultad de Agronomía según el convenio que tiene con el Instituto Nacional de Bosques, ha enviado estudiantes por medio del programa del Ejercicio Profesional Supervisado a trabajar a la Subregión II – 1, en el programa de Hidrología Forestal del Proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos.

Sin embargo en el área se han realizado dos investigaciones por lo que no se ha podido darle el manejo adecuado, pero los resultados obtenidos aún no han sido puestos en práctica.

González (2006), menciona que la plantación donde se encuentran ubicadas dichas investigaciones aún no ha recibido ningún raleo, por lo que su densidad actual es igual a la inicial 1,667 árboles por hectárea. Existiendo algunos problemas de manejo, como contacto leve entre copas, cerca del 60% de individuos son víctimas de plantas trepadoras y ataque de roya del pino.

En la actualidad se está empezando a plantear otra investigación pero si no se le toma interés a esta situación la plantación va a tener que ser renovada, lo que implica botar la plantación existente y plantar una nueva.

4 OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Determinar preliminarmente el estado fitosanitario del área experimental en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.

4.2 ESPECÍFICOS

4.2.1 Identificar fitopatógenos que estén presentes en la plantación.

4.2.2 Identificar plagas forestales que estén presentes en la plantación y que puedan causar efectos negativos.

4.2.3 Identificar las prácticas de silviculturales que se han ejecutado para contrarrestar plagas y enfermedades que puedan estar reduciendo el crecimiento.

5 METODOLOGÍA

5.1 FASE DE GABINETE INICIAL

Se revisó literatura correspondiente a la especie de *P. maximinoi* H. E. Moore, con el objeto de conocer los posibles agentes que afectan comúnmente las plantaciones de esta especie.

Luego se revisó el plan de manejo de la Finca para ubicar el rodal en el que se encuentra la plantación y el área que comprende dicho rodal, además de revisar que manejos se han propuesto y la ejecución de los mismos.

También se recabó información sobre las características biofísicas de dicha área.

5.2 FASE DE CAMPO

Se realizó un caminamiento por toda el área para observar la plantación de *P. maximinoi*, luego se comprobó la edad que tiene dicha plantación y se procedió a levantar parcelas de muestreo de 500 m² y de forma rectangular, teniendo una intensidad de muestreo del 10 % y utilizando un muestreo simple aleatorio, para revisar el estado silvicultural y fitosanitario, en las cuales se recolectaron algunas muestras previamente observadas y preliminarmente identificadas, y tentativamente analizadas. Se tomaron algunas fotografías para llevar un registro.

Los datos silviculturales que se tomaron fueron: altura, diámetro y densidad; y las variables fitosanitarias que se tomaron fueron número de árboles enfermos por hectárea y la parte del árbol dañado. Estos datos se anotaron en boletas diseñadas para este fin (Anexo 9A).

5.3 FASE DE GABINETE FINAL

5.3.1 Análisis de muestras

Las muestras recolectadas se llevaron al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala para realizar el análisis correspondiente. Se diagnosticaron las causas y los efectos que se encuentren en las muestras ya sea que sean de tipo fitopatológico como entomológico. Las muestras se conservaron con la información técnica correspondiente.

5.3.2 Elaboración del informe

Se recopiló toda la información que se obtuvo en la fase de campo y de laboratorio y se procedió a redactar el informe final.

6 RESULTADOS

6.1 Descripción de la especie

6.1.1 Taxonomía

Reino: Plantae	División: Pinophyta
Subreino: Embryobionta	Clase: Pinopsida
Orden: Pinales	Familia: Pinaceae
Género: Pinus	Especie: <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore

6.1.2 Descripción

Según INAB (2001), es una especie nativa, de la familia Pinaceae. Alcanza de 20 a 50 metros de altura. La corteza en el árbol joven, es delgada y lisa; en árbol maduro, es fisurada color café rojizo descascarándose en placas elongadas. Las hojas siempre verdes, aciculares, generalmente con 5 acículas por fascículo, delgadas, de 16 a 28 cm de longitud y 0.7 a 0.8 mm de ancho, los frutos son conos marrón-rojizo, ovoides, angulares, algunas veces tempranamente caedizos, de 5 a 16 cm de largo y de 4 a 7 cm de ancho, las semillas son de color marrón oscuro, pequeñas, de 5 a 7 mm de largo y de 5 mm de ancho.

El mismo autor afirma que crece en bosque húmedo montano bajo a altitudes de 600 a 2800 msnm, precipitación anual promedio de 1000 a 2400 mm, con estación seca máxima de 3 meses, temperatura de 12 a 21° C, suelos fértiles, húmedos, de ácidos a básicos (pH de 4.5 a 7.5) con buen drenaje, profundos y con buen contenido de materia orgánica y de textura franco arenosa y franco arcillosa. Su reproducción es sexual, la semilla se colecta en las primeras dos semanas del mes de abril, su porcentaje de germinación es de 84 a 95 %, pero para que la germinación sea uniforme, la semilla se sumerge en agua limpia por 12 horas. Los frutos en el árbol son susceptibles al ataque de insectos, a nivel de la semilla, por hongos y en el vivero, el mal del talluelo. Se asocia con *Pinus pseudostrobus* Lindley, *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus tecunumanii* J. & P. Equiluz, *Pinus hartwegii* y *Cupressus lusitanica* Miller, se distribuye geográficamente en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, El Progreso, Jalapa, El Quiché, Sacatepéquez, Santa Rosa, Sololá y Zacapa.

Además afirma que la madera es moderadamente pesada y de textura mediana. Es muy susceptible a hongos que producen la mancha azul pero su duramen es moderadamente resistente a hongos de pudrición.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTACIÓN

La plantación donde se encuentran ubicadas las parcelas de escorrentía utilizadas para las investigaciones, están dentro del rodal 79 según el plan de manejo de la Finca Río Frío, presentado al INAB y tiene una extensión de dos hectáreas, dicha plantación aún no ha recibido ningún raleo, por lo que su densidad actual es igual a la inicial. Existiendo un contacto bastante fuerte entre copas lo cual se puede apreciar en la Figura 1.1.



Figura 1.1 Contacto entre copas en el rodal 79 de la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V.

En el Cuadro 1.1, se pueden observar los diámetros y las alturas promedio que se encontraron en las parcelas que se muestrearon.

Cuadro 1.1 Diámetros y alturas promedio de la plantación que se encuentra en el rodal 79 de la Finca Río Frío.

No. de Parcela	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (m)
1	16	11
2	15	9
3	17	10
4	20	13
Promedio	17	10.75

Como podemos observar en el Cuadro 1.1, el diámetro promedio del rodal es de 17 cm y la altura promedio del mismo es de 10.75 m; según las tablas de calidad de sitio del manual para la elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas del INAB, elaborado en el 2001 y utilizando las características silvícolas de la plantación, ésta se encuentra en un área con calidad de sitio I y según la situación actual de la misma, es recomendable realizar un raleo en el área.

6.3 DESCRIPCIÓN DEL ESTADO FITOSANITARIO DE LA PLANTACIÓN

Según González (2006), cerca del 60% de individuos son víctimas de plantas trepadoras, las que se encuentran apretando el fuste del árbol. Para el año 2007 según el muestreo que se hizo no se encontró evidencia de ninguna planta trepadora afectando la plantación.

Con lo que respecta a plagas forestales tampoco se encontró evidencia de ninguna de ellas. Pero la plantación podría tener algún problema en el futuro con algún tipo de plagas ya que se encontraron algunos árboles cotados con machete lo que deja al árbol débil y más propenso a ser atacado. Así mismo, la alta densidad genera una competencia intraespecífica, que debilita al árbol, disminuyendo su desarrollo y propicia una mayor vulnerabilidad o susceptibilidad al ataque de plagas o incidencia de enfermedades.

En cuanto a enfermedades forestales, se encontró la presencia de Roya de Pino (*Cronartium sp.*). En el Cuadro 1.2 se puede observar el número de árboles infectados por esta enfermedad. Cabe mencionar que ésta solo se encontró afectando las ramas bajas de los árboles.

Cuadro 1.2 Incidencia de la enfermedad en los árboles muestreados.

No. de parcela	No. de árboles por parcela	No. de árboles afectados	Porcentaje Árboles afectados	Parte del árbol afectado
1	55	25	45.5	Ramas
2	60	10	16.7	Ramas
3	50	15	30	Ramas
4	55	20	36.4	Ramas
Promedio	55	17.5	32.1	

Según González (2006) tan solo el 6 % de los árboles se encontraba afectado por esta enfermedad en el 2005, más sin embargo en el 2007 esta variable alcanzó un valor de 32.1 %, por lo que en termino de dos años ha aumentado en 26 %, como se puede observar en el Cuadro 1.2.

En la Figura 1.2 se puede observar como esta enfermedad afecta las ramas débiles de los árboles.

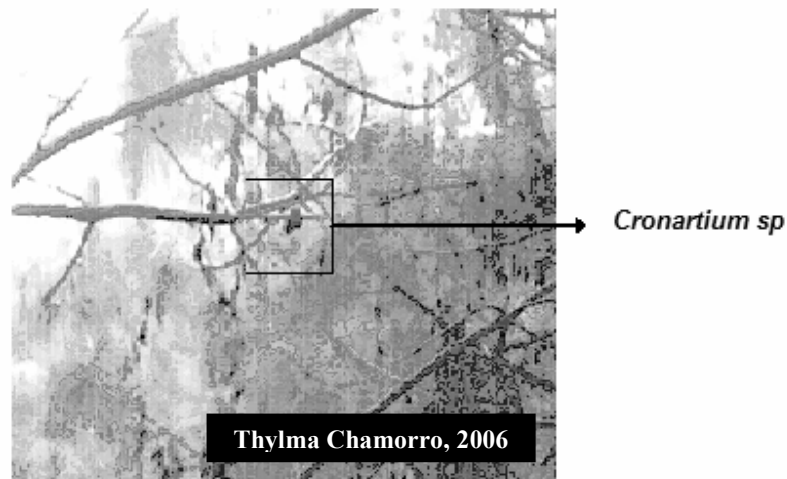


Figura 1.2 Roya de pino (*Cronartium sp*) en la plantación de *P. maximinoi* en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V.

6.3.1 Prácticas silviculturales realizadas a la plantación.

Como ya se dijo la plantación, aún no ha recibido ningún raleo, por lo que su densidad actual es igual a la inicial 1,667 árboles por hectárea.

Según INAB (2001), a partir del segundo y tercer año de establecida la plantación es importante realizar podas de formación, en las cuales se deberán eliminar las ramas bajas, las bifurcaciones, etc. Los raleos se practican con el objetivo de eliminar los árboles mal formados y oprimidos con el fin de lograr un mayor incremento en los árboles remanentes. Cuando se usa una densidad alta de plantación la producción por hectárea se maximiza, pero el crecimiento del árbol se reduce; por otro lado, cuando la densidad de plantación es menor, se obtienen árboles de mayores dimensiones y una mejor calidad para madera. Para la producción de leña, carbón y postes, pequeños se debe realizar un solo raleo sanitario y cosechar los árboles a los 8-12 años, dependiendo de la calidad del sitio. Para la producción de madera y postes grandes se puede efectuar el primer raleo al momento del cierre del dosel.

7 CONCLUSIONES

- 7.1 Se encontró que el 32.1 % de los árboles de la plantación del rodal 79 de la Finca Río Frío, el cual cuenta con un área de dos hectáreas, están siendo afectados por la Roya de Pino (*Cronartium Sp.*)
- 7.2 No se encontró ninguna plaga forestal en la plantación.
- 7.3 La plantación posee una edad de siete años y desde su siembra sólo ha recibido las limpiezas que se proponen en el plan de manejo durante los primeros cinco años, actualmente ya debería de haber recibido un raleo pero aún conserva su densidad inicial.

8 **BIBLIOGRAFÍA**

1. González, ME. 2006. Contribución al programa de investigación en hidrología para la administración forestal del Instituto nacional de Bosques – INAB -, desarrollado en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. Trabajo de Graduación Ing. Agr. Guatemala. USAC. 100p.
2. INAB (Instituto Nacional de Bosques). 2001. DATAFORG, Base de datos con información de las especies forestales de Guatemala. Guatemala. 1 CD.
3. INAB (Instituto Nacional de Bosques). 2006. Documento base: Estación hidrológica “Río Frío”, Impacto hidrológico derivado de los tratamientos silviculturales, bosques naturales y plantaciones de coníferas. Documento no publicado. 27 p.

9 ANEXOS

CAPÍTULO II:

INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN INTERNA SOBRE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y LA EROSIÓN HÍDRICA EN CUATRO DIFERENTES DENSIDADES DE COBERTURA FORESTAL CON MANEJO DEL SOTOBOSQUE EN UNA PLANTACIÓN DE *Pinus maximinoi* H. E. Moore EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ, 2006.

EVALUATION OF THE EFFECT THE INTERNAL PRECIPITATION OF SUPERFICIAL RUNNING WATER AND THE HYDRIC EROSION IN FOUR DENSITIES OF FOREST COVER WITH THE HANDLING OF SMALL TREES IN A PLANTATION OF *Pinus maximinoi* H. E. Morre IN THE RIO FRIO FARM, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ, 2006.

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto CEFE del INAB tiene bajo su responsabilidad la implementación de proyectos piloto para la conservación y manejo de áreas de recarga hídrica críticas en el país. Con estas actividades se pretende cumplir con los siguientes fines: la generación de información básica, desarrollo e implementación de mecanismos de internalización de costos de conservación de bosques, validación de medidas técnicas de mitigación de impactos negativos del manejo forestal, y desarrollo de bosques modelos de manejo forestal en áreas de recarga hídrica.

La combinación común de relieve, pendiente y precipitación moderada o alta en los sitios de bosque de coníferas conducen a erosión potencial y/o a dificultades operacionales, y son las relaciones del agua, la nutrición y el crecimiento en el sitio del bosque, las que tienen una profunda influencia en la dinámica de éste y su interacción con el medio ambiente.

En la actualidad no se cuenta con suficiente información documental básica, la cual es necesaria para poder implementar y desarrollar una serie de programas que contribuyen a solucionar los problemas de manejo forestal de tal modo que las áreas boscosas del país puedan cumplir una de sus funciones mas importantes, como lo es la de constituir en zonas de recarga hídrica. Al no contar con esta información es importante obtenerla y es la razón de la elaboración del presente trabajo de investigación, el cual se desarrolló bajo el marco del convenio técnico entre el INAB y la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala (FAUSAC), a través del Programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

En este contexto, resulta muy importante la relación simbiótica entre la academia (FAUSAC) y el sector público (INAB), lo cual repercute, primero en una relación armónica para solventar problemas en el manejo del recurso forestal; segundo, una retroalimentación interinstitucional con la información generada ya que INAB, mejora sus criterios técnicos y la FAUSAC, aumenta su conocimiento en la temática y difunde lo obtenido.

La presente investigación se realizó en la Finca Río Frío, situada en Santa Cruz Verapaz. Se contó con 16 parcelas de escorrentía con cuatro densidades de cobertura forestal distribuidas en un diseño experimental de bloques al azar; y se orienta a evaluar el comportamiento de la escorrentía superficial y la erosión hídrica derivada de la manipulación de coberturas forestales para propósitos silviculturales y determinación de su contribución al impacto general de dichas actividades sobre el suelo.

La generación de este tipo de información básica, se considera prioritaria puesto que permitirá tener mayor conocimiento en materia del vínculo entre lo hidrológico y lo forestal, de tal manera que se pueda tomar mejores decisiones relacionadas con las regulaciones y pautas de manejo de los bosques en la región.

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Guatemala, existe poco conocimiento sobre hidrología forestal, así como de las relaciones con las interacciones entre clima, suelo y las diferentes especies asociadas a los bosques. El profundizar en el conocimiento de esta dinámica permitirá obtener información que respalden los criterios técnicos que la gestión forestal puede utilizar en los diferentes cuestionamientos sobre el uso racional de los bosques.

El INAB en cooperación con la Facultad de Agronomía ha trabajado sobre este tema en los últimos años, realizando la definición de la metodología para identificar tierras forestales de captación y regulación hidrológica a nivel de cuencas y su aplicación en el campo en cuatro regiones naturales del país y la metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural; además, recientemente, el INAB preparó un programa marco en investigación de hidrología forestal.

Actualmente, se tiene implementada una estación experimental demostrativa en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V., en la cual se ha desarrollado una serie de actividades con el objetivo específico de determinar funciones que expliquen la relación entre el bosque, su manejo y la recarga hídrica.

En la investigación titulada “Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura de una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, sobre la erosión hídrica del suelo, en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz”, se obtuvieron resultados muy importantes que contribuyeron a la obtención de información básica importante que ayudará a mejorar el manejo del bosque.

En dicha investigación se recomendó evaluar la influencia de la cobertura forestal sobre la erosión hídrica del suelo, sin la presencia de sotobosque, para determinar la efectividad de la misma, también se recomendó continuar con la evaluación de las mismas coberturas durante varios años, considerando la medición de la escorrentía superficial y el suelo erosionado de tal manera que estén disponibles una serie de datos para tener una mejor idea del fenómeno que está sucediendo.

En el contexto social actual, es sumamente importante determinar como la reducción de la cobertura forestal amenaza la existencia y la calidad de las fuentes de agua.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Manejo forestal

El manejo forestal según Agaméz (2004), 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.

3.1.2 Plantación forestal

Según Trujillo (2006), una plantación forestal consiste en el establecimiento de árboles que conforman una masa boscosa y que tienen un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, plantaciones silvopastoriles, entre otras.

3.1.3 Raleo

Según Agaméz (2004), un raleo es una operación realizada en un rodal de edad uniforme o en agrupaciones forestales del mismo tipo, en cualquier momento previo al comienzo del período de regeneración, en la que el objetivo de la tala de árboles es, en primer lugar, redistribuir el potencial de crecimiento o mejorar la calidad del rodal residual. Hasta hace poco, la incorporación de patrones de raleo dentro de las prácticas forestales se utilizó como antesala del manejo intensivo de los bosques. En algunos países europeos y del hemisferio Sur, alrededor de 50 a 60% de la extracción total de productos forestales proviene de los raleos.

3.1.3.1 Intensidad de raleo

Agaméz (2004), menciona que el raleo es una operación básica para controlar la densidad del rodal. Un programa de raleos debe incluir un plan más o menos definido, indicando la densidad que debe tener el rodal en todas las etapas de su desarrollo.

El mismo autor dice que los grados de raleo se han definido mediante la indicación de qué clases de árboles o parte de dichas clases deben ser cortadas, algunos investigadores han concluido que la fijación del número de árboles que se dejan, dependerá de las condiciones del rodal antes del raleo.

Además afirma que esta necesidad de tener una medida de la densidad ha sido satisfecha en parte indicando el área basal, volumen o el número de árboles por hectárea, pero estos factores dicen muy poco a no ser que se comparen con tablas de producción para el respectivo sitio, edad y condiciones similares. Estas tablas no vienen a ser más que un promedio aproximado para las muestras en las que se basarán y no siempre son adecuadas con un patrón para la densidad. La medida más prometedora es la relación del número de árboles con altura, preferentemente la altura mayor.

3.1.4 Sotobosque

A continuación se describen algunas de las definiciones de sotobosque más comunes:

- a) Vegetación arbustiva que se cría en el bosque, y que alcanza menor altura que los árboles.
- b) Arbustos, matorrales y otras plantas que se sitúan debajo de los árboles del bosque.
- c) Vegetación arbustiva que crece en el estrato inferior de un bosque.

3.1.4.1 Manejo de sotobosque

El manejo del sotobosque se refiere a la remoción o eliminación de este mismo con algún tipo de herramienta como machete, chapeadota, etc. Este procedimiento se hace principalmente como parte del manejo forestal, principalmente los primeros años de vida de la plantación.

3.1.5 Hidrología forestal

Hidrología según Gómez de Silva, citado por González (2006), se origina etimológicamente de las palabras *hydros*, que significa agua en griego y *logias*; que significa leyes o ciencia. Se define como la ciencia que estudia las leyes del agua. La palabra forestal es “todo lo relativo a bosques”: del italiano *forestale*, de forestal, bosque del latín medieval *forestis* “bosque”.

La importancia de la hidrología en el manejo de cuencas es obvia, el concepto mismo de cuenca hidrográfica se define apoyado en la hidrología y el régimen hidrológico en una cuenca

(caudales máximos, caudales mínimos, fluctuaciones características de hidrograma). La calidad del agua y el transporte de sedimentos por el agua, se consideran generalmente como verdaderos “indicadores” del buen manejo o del grado de deterioro de una cuenca.

El bosque o la vegetación, en general, son algunos de los componentes de las cuencas que pueden ser manipulados por el ser humano. A diferencia de otros componentes como el clima, el relieve, el tipo de suelo, la geología, otros, que no pueden ser modificados por el ser humano, la vegetación constituye un factor modificable que el ser humano puede manejar en una cuenca hidrográfica. Esta flexibilidad es de gran importancia en el manejo de cuencas.

En este contexto, la hidrología forestal o hidrología de bosques, es la ciencia que se ocupa del estudio del comportamiento del ciclo hidrológico bajo el ámbito de los ecosistemas forestales, así como la dinámica en el mismo en función de las variantes de condiciones dentro de estos ecosistemas, producto de su manipulación (uso, remoción, restauración, otra).

Según Rodas (1997), es evidente el vínculo hidrológico forestal a nivel de ecosistemas de bosque tropical húmedo, de tal manera que los diferentes componentes del ciclo hidrológico dentro de éste tipo de ecosistemas- guardan una relación estrecha con el estado de conservación o deterioro de los diferentes componentes del bosque.

El mismo autor afirma que “el principal papel del bosque dentro del ciclo hidrológico es en materia de almacenamiento de agua –de lluvia-, básicamente porque bajo el mismo, se favorece la infiltración del agua de lluvia y el escurrimiento se ve disminuido. A nivel de cuencas hidrográficas, ambas situaciones favorecen la estabilidad de los suelos y la posibilidad de almacenamiento y futuro aprovechamiento de aguas sub.-superficiales”. “En materia de producción de agua (calidad y cantidad), el rendimiento de cuencas forestales es menor que en cuencas con otro tipo de cobertura. Sin embargo, la posibilidad de aprovechar la mayor producción de agua es limitada dado que este mayor escurrimiento superficial ocurre en tiempos relativamente cortos y con mucha inestabilidad. Es posible regular este fenómeno (la producción de agua) bajo un aprovechamiento extensivo de la vegetación arbórea. La calidad del agua bajo cuencas forestales está mejor garantizada que bajo otro tipo de cobertura”.

3.1.6 El ciclo del agua en un ecosistema forestal

El ciclo del agua según Fassbender (1983) ha sido poco estudiado y actualmente se está desarrollando tecnologías apropiadas para ello.

El mismo autor afirma que el agua que ingresa al ecosistema depende del régimen de lluvias y está asociado a la posición geográfica de la región, la circulación planetaria de las masas de nubes y aire, temperatura, vegetación y otros factores. Una parte del agua que ingresa al ecosistema forestal es retenida por las hojas de la vegetación (intercepción), la cual se evapora en función de la temperatura y la radiación solar. Otra parte del agua escurre de las hojas o a lo largo de los tallos y llega por gravedad a la superficie de la capa de mantillo del suelo; esta agua puede escurrir sobre la superficie del suelo percolar en el mismo. El agua almacenada en el suelo, en función de sus características de textura y estructura, representa las reservas de donde las plantas absorben las cantidades necesarias para sus ciclos energéticos y nutricionales; una parte del agua almacenada en los tejidos vegetales difunde a través de las membranas celulares y pasa a la atmósfera en forma de vapor como agua de transpiración. Cuando el agua que ingresa al suelo sobrepasa la capacidad de retención en el mismo, y en función de la gravedad pasa a la capa freática, egresa del ecosistema.

La cuantificación del agua en cada uno de estos pasos es posible llevarla a cabo mediante el uso de aparatos. El agua que cae sobre la superficie del bosque se mide colocando un pluviómetro en un área despejada del bosque a modo que la superficie receptora del pluviómetro forme un ángulo máximo de 45 grados con la copa de los árboles circundantes. El agua que cae a través de las copas, ya sea directamente o por goteo de las hojas se estima colocando los pluviómetros debajo del dosel del bosque, a esta agua se le llama precipitación interna. El agua que escurre por los tallos se encuentra influenciada por la posición de las ramas en relación con el tronco principal y se puede estimar colocando recolectores de agua alrededor del fuste. El agua interceptada por las copas se puede estimar restando a la precipitación total, la suma de agua de escurrimiento de los tallos y del agua que cae a través de las copas. El movimiento del agua en el suelo se hace mediante el uso de placas lisimétricas a diferentes profundidades.

3.1.7 Erosión del suelo

La erosión es la desintegración gradual de la superficie de los suelos debido a productos químicos o efectos climatológicos según la Organización genero y ambiente (2005), es la destrucción, deterioro y eliminación del suelo. Los factores que acentúan la erosión son el clima, la precipitación y la velocidad del viento, la topografía, el grado y longitud del declive, las características físico-químicas del suelo, la cubierta de la tierra y su naturaleza, grado de cobertura, fenómenos naturales como terremotos, y factores humanos como la tala indiscriminada, quema subsiguiente y pastoreo en exceso.

Según el Manual de conservación de Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados de la Universidad de Chapingo (1991), la erosión es el proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por los agentes del interperismo.

3.1.7.1 Tipos de erosión

Según el Manual de conservación de Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados de la Universidad de Chapingo (1991) siempre ha existido erosión y siempre existirá. La superficie de la tierra es modelada por procesos exogénicos y endogénicos. Los primeros tienden a nivelar, mientras que los últimos tratan de formar un nuevo relieve. Estos procesos operan en direcciones opuestas y, por lo tanto, la superficie terrestre que vemos en la actualidad no es resultado de un solo cataclismo modelador, sino el producto de cambios tan infinitamente lentos, que se hacen notables solamente después de un largo tiempo. La erosión es uno de los aspectos de este proceso constante de cambios, donde el hombre participa en forma directa.

En base a lo anterior, el mismo autor presenta las definiciones para cada tipo de erosión.

- a. **Erosión geológica, normal o natural:** es aquella que ocurre como consecuencia solamente de las fuerzas de la Naturaleza.
- b. **Erosión inducida o acelerada:** es aquella que se presenta cuando a la acción de los agentes naturales se agrega la acción del hombre. Este tipo de erosión es propiciado por el mal manejo del suelo y en términos generales es más rápida que la geológica.

3.1.7.2 Los agentes de la erosión

Los principales agentes de la erosión según Manual de conservación de Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados de la Universidad de Chapingo (1991) son:

- a. **El agua:** es el agente más importante de la erosión. La erosión hídrica es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y al fluir sobre la superficie de los terrenos.
- b. **El viento:** es un agente físico que influye en la erosión y formación de los suelos al causar el desprendimiento, transporte, deposición y mezcla del suelo. El viento no erosiona por sí mismo las rocas, sino que es la abrasión provocada por las partículas del suelo que él transporta la causante de este desgaste.
- c. **Los cambios en temperatura:** cuando se considera la erosión geológica, el paso del tiempo apenas se nota, y aun cambios pequeños o muy lentos se vuelven perceptibles hasta después de un largo tiempo. Como ejemplo tenemos la cuarteadora y descostramiento o exfoliación de las rocas por variaciones entre las temperaturas del día y de la noche; esta variación solo afecta la superficie de las rocas, mientras que los cambios, debido a las variaciones lentas entre el verano y el invierno, tienen mayor impacto en la masa de las rocas.
- d. **Los agentes biológicos:** el proceso erosivo también está influenciado por los organismos vivos en forma directa o indirecta. En forma directa por el pisoteo sobre las rocas o el suelo para disgregarlo y hacerlo más fácilmente transportable por el agua y el viento; en forma indirecta, al comer parcial o totalmente la vegetación que lo protege, con lo que alimenta la susceptibilidad del suelo a la erosión. Caso típico del sobrepastoreo.

3.1.7.3 Límites aceptables de erosión

El Manual de conservación de Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados de la Universidad de Chapingo (1991) afirma que se considera como límite máximo de tolerancia en la pérdida de suelo, aquel en el cual se mantiene un nivel alto de productividad por un largo tiempo; es decir, que no se manifiesta un deterioro progresivo de ésta y el espesor del suelo. Esto se logrará cuando la velocidad de pérdida de suelo no sea mayor que la velocidad de formación del mismo.

Bennett 1939, citado en el Manual de conservación de Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados de la Universidad de Chapingo (1991) ha estimado que bajo condiciones naturales sin disturbio de la vegetación, se necesitan cerca de 300 años para producir una capa de 25 mm de suelo superficial; sin embargo, cuando existe alteración del suelo, por el laboreo, pastoreo, etc., se acelera el interperismo y el período de formación de dicha capa se reduce a mas o menos 30 años equivale aproximadamente 1.8 ton / ha / año, y esta cifra ha sido considerada como la cantidad máxima tolerable de ser erosionada.

3.1.8 Erosión hídrica

Según Dewis, citado por Cifuentes (2000), la erosión hídrica es el proceso que consiste en el desprendimiento del suelo o fragmentación de roca y su arrastre, por acción del agua.

3.1.8.1 Formas de erosión provocadas por el agua

La erosión causada por el agua, según Dewis, citado por Cifuentes (2000), puede manifestarse en distintas manera y dentro de ellas se tiene:

- a. **Chapoteo o batido:** consiste en la dispersión de pequeñas partículas por la acción de las gotas de agua que causan desprendimiento y movimiento debido a las fuerzas y cantidad de lluvia que golpean al suelo.
- b. **Erosión laminar:** es aquella que produce la eliminación o transporte de capas de suelo en forma uniforme.
- c. **Flujo canalizado:** esta consiste en la formación de canales que con el transcurso del tiempo y la acción del agua se convierten en cárcavas por concentración de agua en lugares bajos.

3.1.8.2 Procesos de la erosión hídrica

Según Suárez, citado por Cifuentes (2000), la erosión hídrica consta de los siguientes procesos:

- a. **Desprendimiento:** Separación o liberación de partículas o grupos de ellas de la masa principal del suelo, esto se da por la acción del impacto de las gotas de lluvia en la superficie.

- b. **Arrastre o transporte:** Es provocado por el escurrimiento superficial del agua de lluvia, que no logra infiltrarse en el suelo.

3.1.8.3 Escorrentía

Según Linsley (1988), se entiende por escorrentía al flujo superficial, subsuperficial y al flujo subterráneo que proviene de la precipitación, los cuales son captados por los cauces de los ríos.

a. Componentes de la escorrentía

El mismo autor afirma que el camino que sigue una gota de agua desde el momento en el cual alcanza la tierra hasta cuando llega al cauce de una corriente es incierto, esto se puede observar en la Figura 2.1. En este proceso se pueden dar tres situaciones principales:

- a.1 **Escorrentía superficial:** Comprende el volumen de agua que avanza sobre la superficie de la tierra hasta alcanzar un canal o dando lugar a la formación de barrancos, arroyos y ríos.
- a.2 **Escorrentía subsuperficial:** La porción de agua que se infiltra a través de la superficie de la tierra puede moverse lateralmente en las capas superiores del suelo hasta llegar al cauce de la corriente. Se mueve más lentamente que la escorrentía superficial y alcanza las corrientes posteriormente.
- a.3 **Escorrentía subterránea:** Se forma por infiltración del agua en el terreno y luego percola, formando los acuíferos, la cual circula por conductos, constituyendo ríos subterráneos. Parte de esta circulación aflora en fuentes y manantiales, los que también dan lugar a la formación de arroyos y ríos. Lo que viene a constituir el caudal base de los ríos.

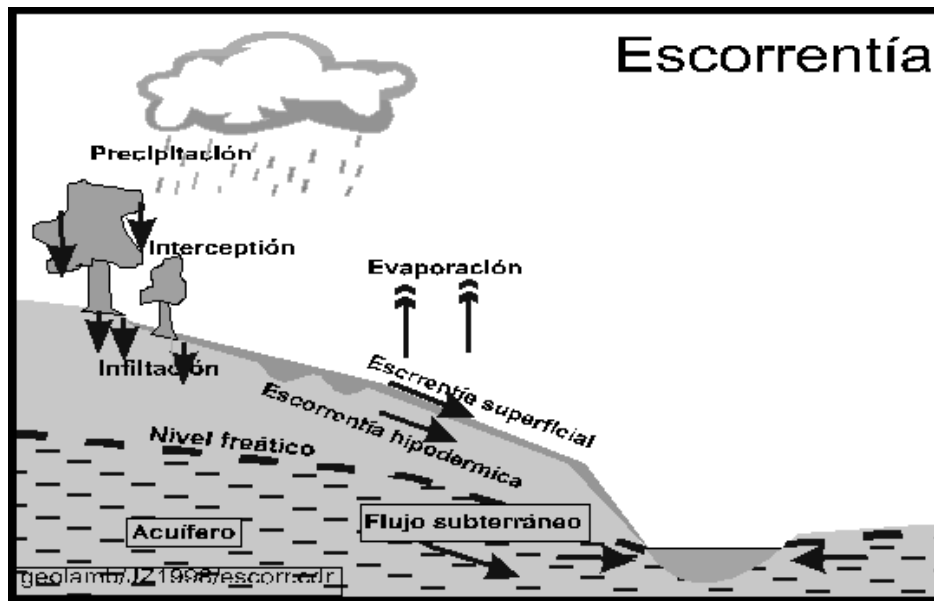


Figura 2.1 Esquema del proceso de escorrentía.

3.1.9 Factores que rigen la escorrentía

De acuerdo a Martínez (1995), la escorrentía superficial está íntimamente ligada con el suelo, con la vegetación y con otros factores como son la orientación de la cuenca y las intensidades del aguacero.

- a. **El suelo.** La escorrentía es menor en los suelos arenosos y mayor en los compactos; en realidad, es inversamente proporcional a la capacidad de infiltración del terreno.
- b. **La vegetación.** Este factor actúa positivamente reduciendo la escorrentía superficial, al frenar la velocidad de la lámina de agua, aumenta el tiempo de oportunidad de infiltración. También mantiene el perfil edáfico por debajo de su capacidad de campo, mejora mediante la incorporación de materia orgánica la textura y estructura del suelo y estabiliza los agregados frente al agua.
- c. **La orientación.** En una cuenca orientada hacia el sentido de avance de la tormenta, sufrirá una mayor escorrentía que una cuyo eje sea transversal al del aguacero, debido a que las precipitaciones serán mayores en el primer caso (precipitaciones orográficas) que en el segundo (efecto Foehn).

- d. **La precipitación.** En especial, la intensidad del aguacero influye en la generación de escorrentía superficial. Siempre que dicha intensidad sea mayor que la velocidad de infiltración se estará produciendo lluvia neta, es decir: flujo superficial.

3.1.10 Medición de la escorrentía y la erosión

Según el Manual de Conservación de Suelos del Colegio de Postgraduados de Chapingo (1991), los lotes de escurrimiento o parcelas experimentales de escorrentía constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica.

El mismo autor afirma que este método consiste el confinamiento de una pequeña superficie, donde es posible manejar y cuantificar los escurrimientos generados en ellas para que posteriormente y por medio de muestras, cuantificar los sedimentos que acarrear en suspensión.

Hudson, citado por Cifuentes (2000), indica que uno de los mejores usos de las parcelas de escorrentía es para la demostración de hechos conocidos; además, estudios comparativos que pueden demostrar el efecto en la escorrentía y erosión en una simple comparación de la existencia o no de una cubierta de suelo y un tercer uso posible es para obtener datos que se van a emplear para construir o validar un modelo o ecuación destinado a predecir la escorrentía o la pérdida de suelo.

Ortiz, citado por Motta (1997), indica que las parcelas experimentales están constituidas básicamente de dos partes: el área experimental y los dispositivos receptores del agua y del suelo que provienen del área experimental por efecto del escurrimiento originado por las lluvias.

- a. **El área experimental:** Es una parcela, cuyas dimensiones están en función del objetivo de la investigación, sin embargo, la regla fundamental es no darle a esta área experimental una superficie demasiado grande, a fin de recoger un volumen de agua y tierra fácilmente medible.
- b. **El sistema receptor:** Consta del canal colector: que se encuentra situado en la parte inferior del área experimental, constituye el límite inferior de ésta y su función es colectar el agua y la tierra arrastrada durante el proceso de escurrimiento y erosión y de los tanques receptores que son depósitos donde se acumulan el agua escurrida y los sólidos arrastrados.

3.1.11 Recarga hídrica

Custodio & Llamas (2001), citado en el manual que describe la Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (2004), dice que recarga natural es el volumen de agua que entra en un embalse subterráneo durante un periodo de tiempo, a causa de la infiltración de las precipitaciones o de un curso de agua. Es equivalente a la infiltración eficaz; además la define como el proceso que implica un incremento de agua hasta la zona de saturación, donde se encuentra el nivel de las aguas subterráneas. Es decir, es la cantidad de agua adicionada a través de pozos de inyección principalmente (recarga artificial) o absorbida a través del suelo y percolada hasta llegar a un acuífero (recarga natural). Esta puede ser directa (infiltración de lluvia) y lateral (aporte de otras áreas o cuencas).

Johnson (1975), citado en el manual que describe la Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (2004), menciona que el agua que se infiltra en el suelo se llama agua subsuperficial, pero no toda se convierte en agua subterránea. Tres son los hechos fundamentales que tienen relación con esta agua. Primero, puede ser devuelta a la superficie por fuerzas capilares y evaporada hacia la atmósfera, ahorrándose así gran parte de su recorrido dentro del ciclo hidrológico. Segundo, puede ser absorbido por las raíces de las plantas que crecen en el suelo, ingresando de nuevo a la atmósfera a través del proceso de la transpiración. Tercero, la que se ha infiltrado profundamente en el suelo, puede ser obligada a descender por la fuerza de la gravedad hasta que alcance el nivel de la zona de saturación que constituye el depósito de agua subterránea y que abastece de la misma a los pozos. Una vez superada la capacidad de campo del suelo, el agua desciende por la acción conjunta de las fuerzas capilares y de la gravedad. Es el agua gravitacional

El mismo autor afirma que en algunos lugares los depósitos de agua subterráneas son recargados rápidamente por la lluvia que cae en terrenos que yacen por encima de aquellos. En otros sitios en los cuales el nivel de los ríos y lagos se halla más alto que la superficie freática y sus lechos son permeables, el depósito es recargado por esos cuerpos líquidos, cuando una corriente o un tramo de esta, brinda su contribución de agua a la zona de saturación se dice que es una corriente influente respecto del agua subterránea. Si por el contrario el agua subterránea se halla a una elevación mayor a la de un río o lago, y percola hacia este se dice que es una corriente efluente de aquella. Algunas secciones de una corriente superficial son efluentes en tanto que otras pueden ser afluentes.

Los principales procesos de transferencia del ciclo hidrológico de una cuenca (precipitación pluvial, escorrentía superficial, evapotranspiración e infiltración) son los elementos importantes en la estimación del balance hídrico de toda la cuenca (sin aporte de otras cuencas) para cuantificar la recarga al acuífero.

3.1.11.1 Factores que afectan la recarga hídrica

Según INAB (2004), la razón de recarga de un depósito de agua subterránea depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos, asimismo varía de acuerdo con la permeabilidad del suelo y de los otros materiales a través de los cuales debe percolar para alcanzar la zona de saturación.

El mismo autor afirma que la oportunidad de infiltrar depende en mucho de la condición del suelo, su contenido de humedad y de la duración de la lluvia y del patrón de drenaje en la cuenca. Asimismo, la pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que las muy inclinadas favorecen la escorrentía superficial y, si son menos fuertes, retienen por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración.

Los factores que afectan la recarga hídrica se pueden agrupar de la siguiente manera:

a. Clima

Entre los factores del clima que influyen en la recarga hídrica natural, están:

a.1 Evapotranspiración

Según Linsley citado por INAB (2004), una gran parte del agua que llega a la tierra, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, directamente por evaporación que es el proceso físico, por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando, directamente, a la atmósfera en forma de vapor, ó a través de las plantas por transpiración que es el resultado del proceso físico – biológico, por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, a través del metabolismo de las plantas, y pasa a la atmósfera.

Según Custodio & Llamas citado por el mismo autor la cantidad de agua que así escapa al posible uso por el hombre, dada la dificultad de medir por separado ambos términos, se reúne frecuentemente bajo el nombre de evapotranspiración.

Cabrera citado por el mismo autor menciona que los valores típicos de evapotranspiración potencial varían entre 1 a 3 mm/d para los climas templados, de 5 a 8 mm/d en los trópicos húmedos y de 10 a 12 mm/d en regiones áridas.

a.2 Precipitación pluvial

Uno de los componentes principales del ciclo hidrológico es la precipitación. Puede calificarse de factor esencial que constituye la materia prima del referido ciclo.

INAB (2004) dice que como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra, provenientes de las nubes, como agua, nieve y hielo. La precipitación constituye la entrada primordial del sistema hidrológico y es el factor principal que controla la hidrología de una región. El conocimiento de los comportamientos y patrones de la lluvia en el tiempo y en el espacio es esencial para entender procesos como la variación de la humedad del suelo, recarga de acuíferos y caudal en los ríos. El estudio de la precipitación es entonces de capital importancia para los hidrólogos, pero una investigación detallada de los mecanismos de su formación es dominio de la meteorología.

Johnson citado por INAB (2004) dice que una lluvia moderada de larga duración favorece la infiltración. Las lluvias intensas saturan muy rápidamente el suelo, perdiéndose gran parte en escorrentía superficial. Estas lluvias también compactan el suelo reduciendo su habilidad para absorber el agua.

Linsley citado por INAB (2004) dice que la precipitación efectiva, es la porción de la precipitación que puede infiltrarse en el perfil del suelo y estar de forma disponible para ser aprovechada por las raíces de las plantas o bien alcanzar estratos más profundos como los acuíferos.

La precipitación se mide generalmente con pluviómetros, que son recipientes estandarizados en los cuales puede medirse la lámina precipitada. La Figura 2.2, muestra un esquema de este tipo de mecanismos.

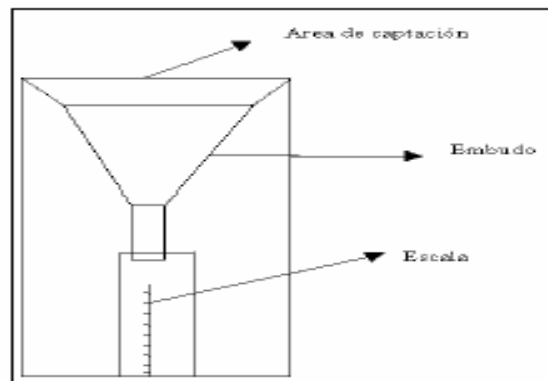


Figura 2.2 Pluviómetro

El pluviómetro consta fundamentalmente de tres partes. Un área de captación en la parte superior, que se comunica con un recipiente de área menor mediante un embudo. La relación entre las dos áreas es generalmente de 10, de tal manera que al introducir una escala graduada en centímetros en el recipiente inferior, se lee la precipitación real en milímetros. El pluviómetro sólo proporciona la altura de precipitación total en milímetros en intervalos de tiempo fijados de antemano, generalmente de 24 horas.

b. Suelo

Las características del suelo que influyen en la recarga hídrica natural son las siguientes:

- i. Textura
- ii. Densidad aparente
- iii. Grado de saturación del suelo (contenido de humedad)
- iv. Capacidad de infiltración f (tasa de infiltración)

c. Relieve

INAB (2004) menciona que el relieve influye debido al tiempo de contacto del agua con la superficie, en condiciones planas el agua cae a la superficie y su movimiento será lento lo que dará un mayor tiempo para que esta se infiltre, caso contrario en condiciones accidentadas el agua cae y debido a la inclinación del terreno se desplaza a mayor velocidad pasando más rápido a formar parte del agua de escorrentía.

El mismo autor afirma que la pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que las muy inclinadas favorecen la escorrentía superficial y, si son menos fuertes, retienen por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración. En algunas áreas pareciera que las pendientes moderadas ofrecen condiciones mejores para infiltración que las enteramente planas. Estas últimas desarrollan a menudo suelos herméticos.

d. Estratigrafía geológica

Es de gran importancia realizar un estudio de la estratigrafía de la zona, es decir conocer la disposición de los diferentes materiales geológicos, ya que estos pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica, por ejemplo, puede existir una cuenca cuyas características climáticas, de suelo y de cobertura vegetal favorezcan la infiltración de agua en el suelo, pero si existe una capa de material impermeable, no permitirá el paso del agua a mayor profundidad, y se generará un flujo sub-superficial que alimentará un río o cauce cercano o bien daría lugar a manantiales cercanos a la zona de recarga.

Básicamente los materiales geológicos con rocas metamórficas predominantes, se consideran materiales poco permeable por lo cual se ve reducida la capacidad de recarga de acuíferos profundos a menos que estos materiales se encuentren fuertemente fracturados o meteorizados.

e. Cobertura vegetal

Dentro de este factor, se debe de considerar:

- i. Profundidad radicular
- ii. Retención vegetal

f. Escurrimiento

Se entiende por escurrimiento al flujo superficial, subsuperficial y al flujo subterráneo que proviene de la precipitación, los cuales son captados por los cauces de los ríos.

3.1.12 Descripción de la especie *Pinus maximinoi* H. E. Moore

3.1.12.1 Taxonomía

Reino: Plantae	División: Pinophyta
Subreino: Embryobionta	Clase: Pinopsida
Orden: Pinales	Familia: Pinaceae
Género: <i>Pinus</i>	Especie: <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore

3.1.12.2 Descripción

Según INAB (2001), es una especie nativa de la familia Pinaceae. Alcanza de 20 a 50 metros de altura. La corteza en el árbol joven, es delgada y lisa; en árbol maduro, es fisurada color café rojizo descascarándose en placas elongadas. Las hojas siempre verdes, aciculares, generalmente con 5 acículas por fascículo, delgadas, de 16 a 28 cm. de longitud y 0.7 a 0.8 mm de ancho, los frutos son conos marrón-rojizo, ovoides, angulares, algunas veces tempranamente caedizos, de 5 a 16 cm. de largo y de 4 a 7 cm. de ancho, las semillas son de color marrón oscuro, pequeñas, de 5 a 7 mm de largo y de 5 mm de ancho.

El mismo autor afirma que crece en bosque húmedo montano bajo a altitudes de 600 a 2800 msnm, precipitación anual promedio de 1000 a 2400 mm, con estación seca máxima de 3 meses, temperatura de 12 a 21° C, suelos fértiles, húmedos, de ácidos a básicos (pH de 4.5 a 7.5) con buen drenaje, profundos y con buen contenido de materia orgánica y de textura franco arenosa y franco arcillosa. Su reproducción es sexual, la semilla se colecta en las primeras dos semanas del mes de abril, su porcentaje de germinación es de 84 a 95 %, pero para que la germinación sea uniforme, la semilla se sumerge en agua limpia por 12 horas. Los frutos en el árbol son susceptibles al ataque de insectos, a nivel de la semilla, por hongos y en el vivero, el mal del talluelo. Se asocia con *Pinus pseudostrobus*, *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus hartwegii* y *Cupressus lusitanica*, se distribuye geográficamente en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, El Progreso, Jalapa, El Quiché, Sacatepéquez, Santa Rosa, Sololá y Zacapa.

Además afirma, que la madera es moderadamente pesada y de textura mediana. Es muy susceptible a hongos que producen la mancha azul pero su duramen es moderadamente resistente a hongos de pudrición. Se usa en ebanistería, muebles, carpintería, revestimientos, construcciones livianas, chapas, plywood, juguetes, artesanías, postes de transmisión eléctrica y telefónica (tratados), cortinas o persianas flexibles, pulpa y papel, artículos torneados, puertas, gabinetes. Es apta para reforestaciones industriales. Su resina sirve para hacer desinfectantes, pinturas, barnices y productos químicos.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Localización política y geográfica

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- (2000), la Finca Río Frío se encuentra situada administrativamente en el municipio de Santa Cruz Verapaz, departamento de Alta Verapaz, en las coordenadas geográficas: LN 15°20'30" LO 90°25'08". Siendo propiedad de la Empresa W.E. Diesseldorff, posee una extensión total de 407.7 Ha, equivalente a 4.077 km² (Ver Figura 2.3).

3.2.2 Vías de acceso

De la ciudad capital ruta al atlántico Norte CA-14 pasando por el Cruce del Cid Km. 190.5 y a un kilómetro se encuentra el casco de la finca, sobre la ruta que conduce de Tactic hacia Cobán Alta Verapaz.

3.2.3 Zona de vida

De acuerdo al estudio realizado por De la Cruz (1981), la zona de vida identificada para el ámbito de la finca es Bosque muy húmedo Subtropical frío (bmh-S(f)) . Se caracteriza por presentar un relieve ondulado y en algunos casos accidentado, el régimen de lluvias es de larga duración lo que influye en la vegetación, se caracteriza por ser el segmento de mayor altura del bosque muy húmedo. Algunas especies indicadoras de esta zona son: *Pinus maximinoi*, *Persea schiediana*, *Myrica cerifera*, *Liquidambar sp.*, entre otras.

3.2.4 Fisiografía, relieve e hipsometría

Según MAGA (2000, el área de investigación se encuentra ubicada dentro de la región fisiográfica Tierras Calizas Altas del Norte. Presenta una pendiente homogénea de entre 45 y 55 % aproximadamente, encontrándose a 1600 msnm.

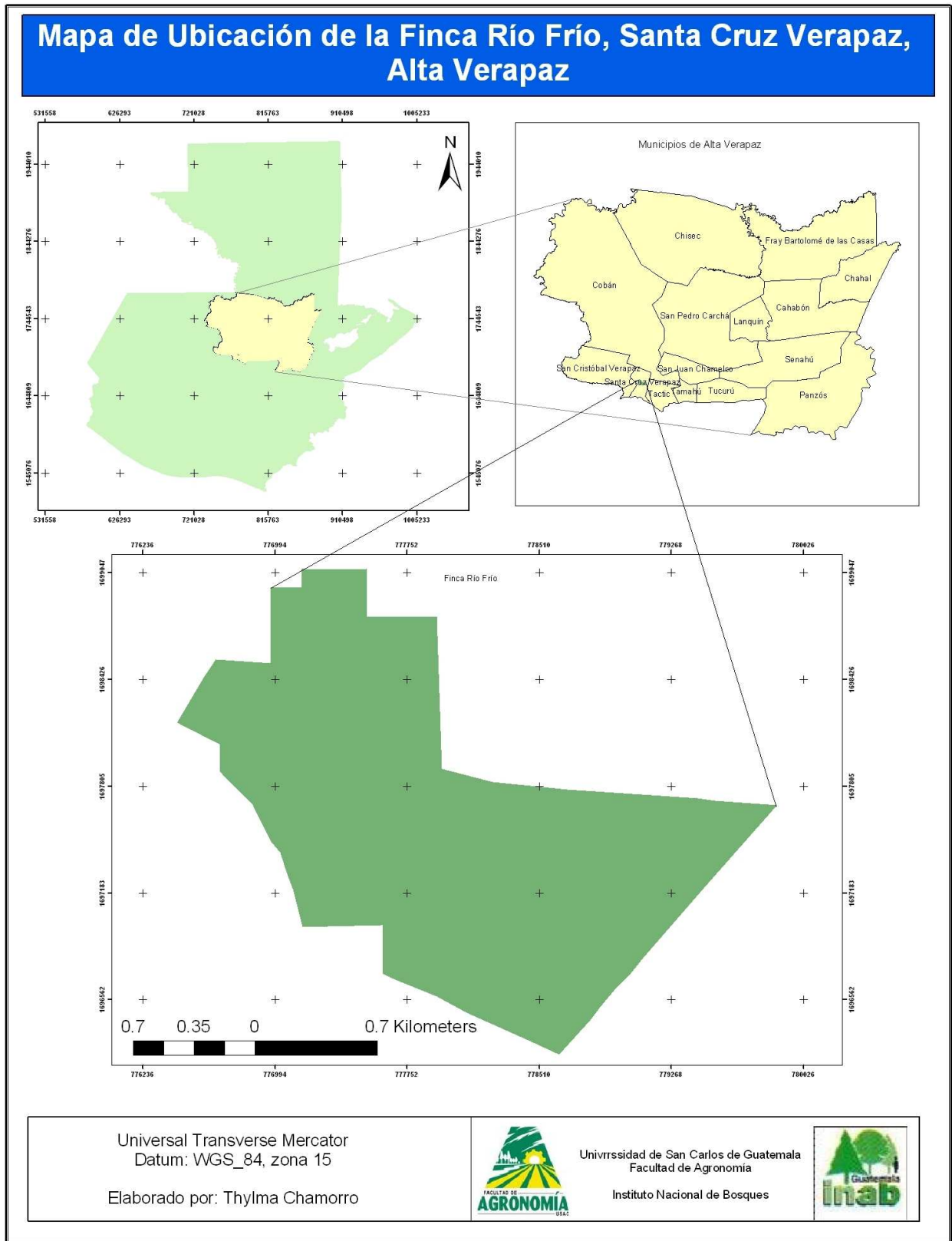


Figura 2.3 Mapa de ubicación del área de estudio.

3.2.5 Edafología

3.2.5.1 Génesis

Los suelos de esta finca según el MAGA (2000), se han desarrollado sobre rocas calcáreas a elevaciones medianas, dando origen a suelos medianamente profundos y medianamente susceptibles a la erosión. En general suelos bien drenados, con pedregosidad limitante en algunos sitios.

3.2.5.2 Serie de suelos

Según el MAGA (2000), esta finca presenta dos series de suelos, la serie de suelos Carchá (Cr), y la serie de suelos Telemán (Te) que es la más representativa (Ver Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1 Área de las series de suelos encontradas en la Finca Río Frío

Serie	Símbolo	Área	
		%	Ha.
Carchá	Cr	33.39	136.15
Telemán	Te	66.61	271.55

Fuente: González 2006

Según Simmons (1959), estas dos series de suelos permiten comprender que los suelos de la finca poseen un drenaje de rápido a moderado, con colores café oscuro a muy oscuro. Es posible encontrar suelos superficiales con textura franco limosa y de consistencia friable. El espesor del suelo superficial posiblemente no sea mayor de 30 centímetros.

La consistencia del subsuelo posiblemente sea friable, con una textura franco limosa a franco arcillosa. El espesor de este subsuelo posiblemente no sea mayor de 60 centímetros.

Además, son importantes otras características que influyen el uso de las series de suelos encontradas en la finca. De aquí, se puede conocer que el drenaje no es limitante para el uso de estos suelos, pues se cuenta con un drenaje de moderado a rápido. Además se cuenta con una alta capacidad de abastecimiento de humedad.

No existe ninguna capa que limite la penetración de raíces, sino hasta los 75 centímetros de profundidad del suelo. Una de las limitantes es la baja a regular fertilidad natural de estos suelos. El único problema de manejo del suelo es el combate de erosión y peligro de heladas.

3.2.5.3 Taxonomía de suelos

De acuerdo con la primera aproximación a la clasificación taxonómica de los suelos de Guatemala, los suelos de la finca se clasifican en los siguientes ordenes: Andisoles y Ultisoles.

El orden de los Andisoles son suelos volcánicos, desarrollados sobre ceniza volcánica, por lo que presentan mucha fertilidad y los Ultisoles son suelos más pobres con presencia de plintita (mezcla de arcilla y cuarzo), dominado por materiales amorfos, además presenta problemas en la fijación de fosfatos.

3.2.5.4 Clasificación FAO – UNESCO

La clasificación de suelos FAO – UNESCO establece que los suelos distribuidos en la finca son cambisoles eutricos, de textura fina. Los cambisoles eutricos de la región fueron formados en condiciones ambientales húmedas y sub- húmedas a partir de rocas calcáreas sedimentarias en terreno montañoso a escarpado, en la región denominada como cadenas Calizas Plegadas t Tierras Bajas Adyacentes de Petén.

3.2.6 Clima

De acuerdo al MAGA (2000), el clima en la finca de acuerdo a la clasificación de Thornwhaite se denomina AB'2 (muy húmedo-templado), A (muy húmedo), B'2 (templado). La precipitación mínima anual entre 800 y 900 mm, una precipitación media anual entre 1600 y 1700 mm y una máxima anual que oscila entre 2,000 y 3,000 mm, los cuales se distribuyen durante los meses de mayo a octubre. La temperatura media anual es de 22 °C, con temperatura mínimas entre 18 y 20 °C, y temperaturas máximas de hasta 30 °C.

3.2.7 Recurso hídrico

Como menciona Tax (2004), El cauce principal del Río Frío constituye una corriente permanente, la cual recibe el aporte de algunos manantiales a lo largo de su trayectoria. Sin

embargo, el afluente que más agua le aporta es el que emerge en una cueva en la parte baja de la microcuenca delimitada dentro de la finca, llegando a fusionarse con la corriente principal unos diez metros arriba del punto de aforo. El resto de corrientes son de carácter efímero. El caudal del río es de 83.52 l/s, lo que equivale a 0.08352 m³/s.

3.2.8 Plantación forestal

Ésta aún no ha ninguna intervención silvicultural, por lo que su densidad inicial era de 1600 árboles por hectárea. Existe contacto bastante fuerte entre copas y el 32.1 % de los árboles es atacado por la roya de pino (*Cronartium sp.*).

3.2.9 Investigaciones relacionadas

En 2005, María Eugenia González realizó la investigación que lleva por título “Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura de una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, sobre la erosión hídrica del suelo, en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz”. Esta investigación levó por objetivo la evaluación en forma preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura (100%, 75%, 67% y 50%) de una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore sobre la erosión hídrica del suelo.

González propuso como variables de respuesta, el volumen de escurrimiento superficial total en metros cúbicos por hectárea y porcentaje de escorrentía, la cantidad de suelo erosionado en toneladas métricas por hectárea y lámina de suelo en centímetros, la pérdida de Materia Orgánica y Fósforo y la cantidad de precipitación interna.

El mismo autor concluyó, que estadísticamente, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la cantidad de escorrentía y suelo erosionado, por lo que infirió en que los cuatro tipos de cobertura ofrecen la misma protección al suelo contra la erosión hídrica.

A pesar de lo anteriormente mencionado, de la observación de los resultados se refleja una mayor eficiencia relativa del tratamiento con 100% de cobertura en la reducción del escurrimiento y de las pérdidas de suelo. Puesto que las características de las lluvias fueron las mismas en todos los casos, las diferencias producidas se atribuyeron a la combinación de factores y/o procesos tales como el porcentaje de cobertura y su influencia en la intercepción de las

precipitaciones, y de las propiedades que esta le confiere al suelo las cuales le dan mayor estabilidad.

En el año 2006, junto con la presente investigación, Rafael Carrera, propuso la investigación que lleva por nombre, “Efecto de la precipitación pluvial sobre la escorrentía superficial y la erosión hídrica en tres diferentes usos de suelo”.

Los tres usos de suelo evaluados fueron: pastos, cultivos y bosques. En dicha investigación se concluyó que el tratamiento que produjo la menor escorrentía superficial fue el de bosque y en cuanto a pérdida de suelo, el tratamiento que produjo más protección fue el de pastos.

Actualmente, se está proponiendo una investigación que le da seguimiento a la presente investigación y a las dos mencionadas anteriormente; esta, es ejecutada por Hugo Flores, Estudiante de EPS de la Universidad San Carlos de Guatemala.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la precipitación interna sobre la escorrentía superficial y la erosión hídrica en cuatro diferentes densidades de cobertura forestal con manejo del sotobosque en una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1 Comparar la precipitación interna en cuatro intensidades de cobertura de plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.
- 4.2.2 Comparar la escorrentía superficial en cuatro intensidades de cobertura de plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.
- 4.2.3 Comparar la pérdida de suelo por escorrentía en cuatro intensidades de cobertura de plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.
- 4.2.4 Realizar el balance hídrico de suelos.
- 4.2.5 Determinar algunas características físicas (Densidad aparente y textura) y químicas (materia orgánica y fósforo) del suelo al inicio de la investigación y al suelo erosionado al final de la investigación.

5 HIPÓTESIS

La pérdida de suelo por erosión hídrica, será igual en las cuatro intensidades de cobertura en una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore manejando el sotobosque en parcelas en la finca Río Frío.

La escorrentía superficial, será igual en las cuatro intensidades de cobertura en una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore manejando el sotobosque en parcelas en la finca Río Frío.

La precipitación interna, será igual en las cuatro intensidades de cobertura en una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore manejando el sotobosque en parcelas en la finca Río Frío.

6 METODOLOGÍA

6.1 MUESTREO DE SUELOS

Al inicio de la investigación se realizó un muestreo de suelo por tratamiento para determinar algunas características físicas y químicas. Entre las propiedades físicas que se determinaron están la densidad aparente, textura y entre las propiedades químicas están pH, materia orgánica, cantidad de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Para el muestreo de suelo se realizó el siguiente procedimiento:

- a. Se tomaron varias submuestras tomadas en zigzag de las diferentes parcelas de cada tratamiento, estas submuestras fueron tomadas de la capa superior del suelo, no más de 60 cm. de profundidad.
- b. Para tomar las muestras, se limpio la superficie del área y se tomó la muestra con un barreno.
- c. Se mezcló las submuestras de cada tratamiento y se almaceno una muestra de esta, de un kilogramo en una bolsa plástica debidamente identificada.
- d. Estas muestras se llevaron al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala para los análisis correspondientes.

6.2 SELECCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Para realizar el experimento se utilizaron las parcelas de escorrentía superficial implementadas para el estudio “Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura de una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, sobre la erosión hídrica del suelo en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz” como un seguimiento a su investigación.

El área experimental está ubicada en una plantación de *P. maximinoi*, que representa la mayor extensión dentro de la finca (310.21 Ha), la cual está establecida en las mismas condiciones de pendiente del terreno y de suelo, pero con variaciones en cuanto a su cubierta forestal especialmente la densidad de árboles por unidad de área.

El área de estudio presenta pendiente homogénea entre 45 y 55% aproximadamente, a una diferencia altitudinal de 48.48 metros entre el primer y último bloque, en función a la variación climática. Las parcelas tienen la misma exposición a la lluvia y a los vientos.

6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño “Bloques al azar”, debido a la pendiente que existe en el área del experimento, con el objetivo de bloquear las diferencias en las condiciones del suelo que pueden existir por esta gradiente, para que no interfiera en los resultados del ensayo. En el experimento se realizaron cuatro repeticiones para cada uno de los tratamientos, lo cual generó un número de 16 unidades experimentales, cada una con 75 metros cuadrados (7.5 m x 10m).

6.3.1 Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó para el diseño experimental fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij-ésima parcela experimental

μ = Efecto de la media general

τ_i = Efecto de la i-ésimo porcentaje de cobertura

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = Efecto del error experimental asociado a la ij-ésima parcela experimental

i : 1, 2, 3,.....t

j : 1, 2, 3,.....t

6.3.2 Unidad experimental

Se utilizó como unidad experimental la parcela neta de 10 m por 7.5 m que nos da 75 m² de área, tal y como se muestra en la Figura 2.4.

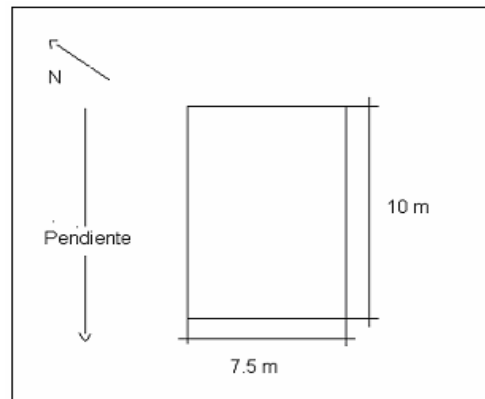


Figura 2.4 Unidad experimental

En la investigación se manejaron los términos parcela neta (escorrentía) y parcela bruta (efecto de borde); las parcelas netas tienen un área de 75 metros cuadrados (10 metros de largo y 7.5 metros de ancho) y las parcelas brutas tienen un área de 500 metros cuadrados (25 metros de largo y 20 metros de ancho), midiéndose el lado más largo a favor de la pendiente. En las parcelas netas se realizaron todas las mediciones de las variables que se mencionarán más adelante en este documento

6.4 SELECCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron seleccionados de acuerdo a las intensidades de raleo que se manejan en el área. Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes:

- a. 50 % de cobertura
- b. 67 % de cobertura
- c. 75 % de cobertura
- d. 100 % de cobertura

Estos tratamientos también fueron evaluados por Gonzáles (2006) en su investigación y se utilizaron en esta para encontrar si existen diferencias en estos cuatro tratamientos con el manejo del sotobosque.

6.5 CROQUIS DE CAMPO

En la Figura 2.5 se muestra como están distribuidas las parcelas en el campo.

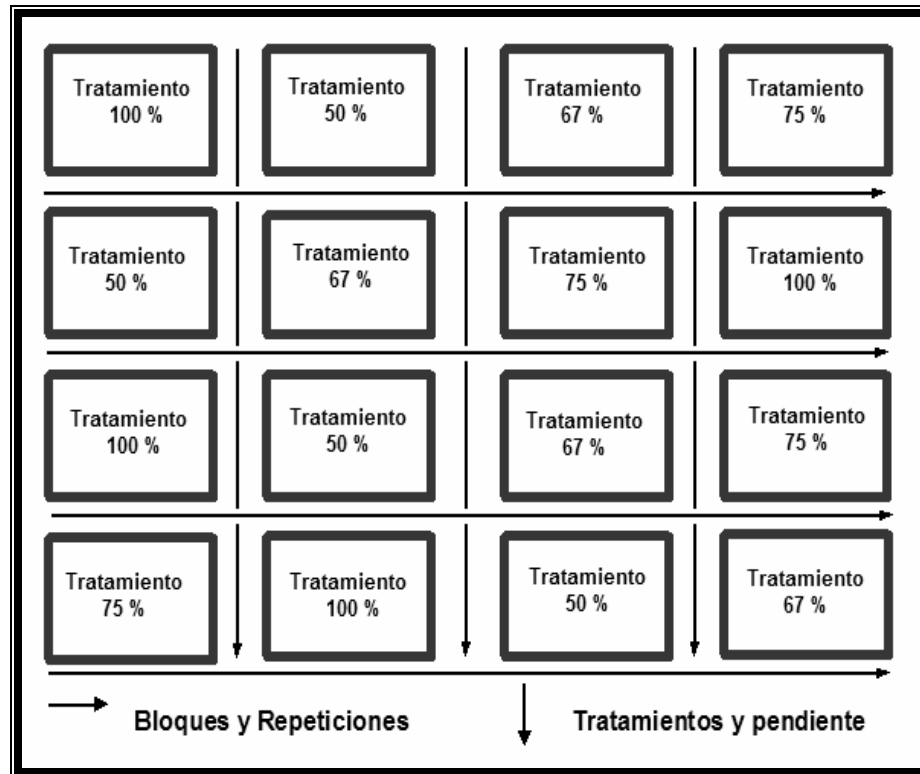


Figura 2.5 Distribución de las parcelas de escorrentía en el campo.

6.6 VARIABLES DE RESPUESTA

Entre las variables de respuesta se encuentran las siguientes:

- Volumen total de escurrimiento superficial en mm, por hectárea por año y porcentaje de escorrentía.
- Cantidad de suelo erosionado en toneladas métricas por hectárea y lámina de suelo en centímetros.
- Granulometría del suelo erosionado
- Propiedades químicas del suelo erosionado (M.O y fósforo)
- Precipitación por evento de lluvia.

6.7 MEDICIÓN DE VARIABLES

6.7.1 Escurrimiento superficial

Según González (2006), la recolección de esorrentía superficial debe hacerse diariamente siempre y cuando se registre un evento de lluvia, tomando en cuenta que haya llegado agua a los recipientes colectores por lo menos en una parcela. La medición se efectuó con una regla graduada o cinta métrica (calibrada en cm.), lo que permitió tener la profundidad de agua escurrida, como se muestra en la Figura 2.6, luego se procedió a calcular el volumen en m^3/ha y la lámina en mm.



Figura 2.6 Medición de alturas en los botes recolectores con cinta métrica.

6.7.2 Cantidad de suelo erosionado

Para la medición de esta variable, la metodología se dividió en dos partes que se describen a continuación.

Para la primera parte que duró los meses de mayo y junio, el material arrastrado por la esorrentía superficial se cuantificó tomando en cuenta los sólidos en suspensión y sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores.

a. Sólidos en suspensión

Este proceso se dividió en dos actividades:

Se tomó una muestra de un litro de agua de los recipientes colectores para cada parcela después de un evento de lluvia, que arrastró sedimentos. Para determinar la cantidad de sólidos, la muestra de agua se filtró, como se muestra en la Figura 2.7 y se pesó en húmedo, luego se secó en un horno y posteriormente se determinó su peso en base seca.

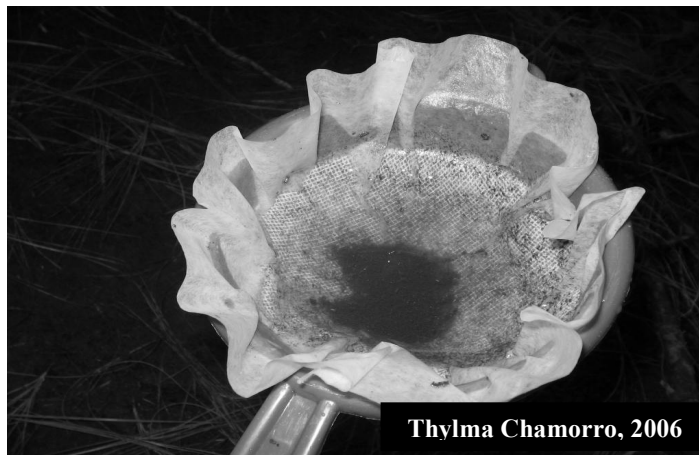


Figura 2.7 Filtrado de sólidos de una muestra recolectada en las parcelas.

La muestra que quedaba se almacenó en recipientes de plástico durante el tiempo que duró la investigación formando una muestra compuesta para determinar propiedades físicas y químicas en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía.

b. Sedimentos

Después de evacuar el agua de los recipientes se sacaron los sedimentos depositados en el fondo de estos y los sedimentos colectados en el fondo de los canales; se pesaron en húmedo como se muestra en la Figura 2.8 y se tomaron dos submuestras, una para determinar el peso en base seca por el método gravimétrico y otra para ser almacenada en recipientes de plástico y luego ser analizadas en el Laboratorio de la Facultad de Agronomía.

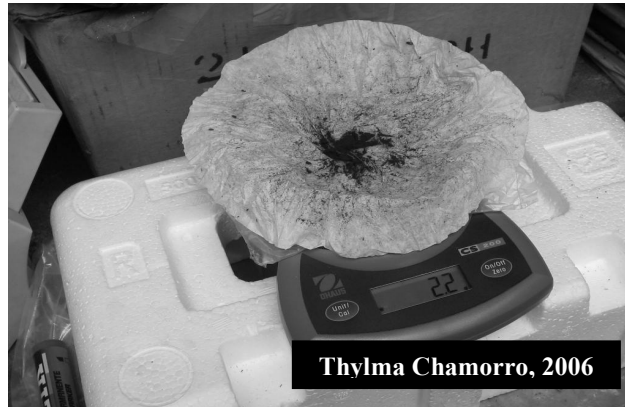


Figura 2.8 Determinación de peso de la muestra.

La segunda parte donde se puso en práctica la segunda metodología, duró durante los meses de julio a octubre y consistió básicamente en los siguientes pasos:

- a. Se tomó agua en una cubeta de los botes colectores para limpiar el suelo que quedaba acumulado en los canales, como se muestra en la Figura 2.9.



Figura 2.9 Limpieza del canal antes de tomar datos.

- b. Después de que el suelo de los canales se limpiara bien y todo este cayera al bote recolector, se removía bien el agua que había en éstos, de manera que el suelo que estuviere sedimentado se mezclara bien con el agua y con lo que se acaba de limpiar.
- c. Rápidamente se tomaba una muestra de 600 ml de esta mezcla, cuidando que el suelo no sedimente.

- d. Estas botellas con las muestras de agua se llevaban a la Subregión donde se ponían a sedimentar en unos conos especiales para este procedimiento, y así calcular cuanto suelo tenían dichas muestras, como se muestra en la Figura 2.10.

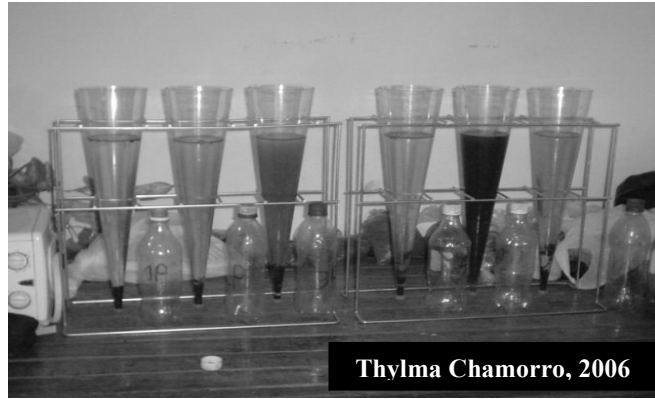


Figura 2.10 Conos de sedimentación.

- e. Luego este suelo se guardaba en recipientes para que se le hicieran algunos análisis físicos y químicos en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía; estos análisis se describen más adelante.

6.8 ANÁLISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS RECOLECTADAS EN LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN Y SEDIMENTOS EROSIONADOS

Los análisis que se efectuaron a las muestras durante el tiempo que dure la investigación se pueden observar en el Cuadro 2.4:

Cuadro 2.4 Pruebas físicas y químicas realizadas a las muestras de suelo.

Propiedades físicas	Propiedades químicas
Densidad aparente	Contenido de Materia Orgánica
Textura	Contenido de Fósforo
Granulometría	

6.9 MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL

Para la medición de la precipitación pluvial, se tomaron en cuenta los datos obtenidos en las dos estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la Microcuenca Río Frío que es parte de la

Finca Río Frío y las dos estaciones meteorológicas ubicadas en la Finca Parrachoch que colinda al este con la Finca Río Frío, en la zona de cultivos situada a unos diez metros de distancia del área de estudio y la zona de pastoreo a unos 50 metros del área de estudio, instaladas en mayo para la realización de esta investigación.

Con los datos obtenidos se hizo un promedio debido a que para el balance hídrico se necesitan valores de precipitación y temperatura obtenidos durante todo el año y ya que las estaciones de la Finca Parrachoch fueron instaladas en mayo no se contaba con esta información por lo que se recurrió a los datos de las estaciones más cercanas que consisten en los obtenidos en las estaciones de la Microcuenca Río Frío.

6.10 MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN INTERNA

Se colocaron tres pluviómetros móviles en la superficie de cada parcela, como se muestra en la Figura 2.11, los cuales fueron monitoreados y se rotaron diariamente, esto con el objetivo de poder captar el comportamiento de la precipitación de toda la parcela. De los datos obtenidos se realizó una media para establecer la cantidad de lluvia recogida durante el período de duración de la investigación dentro de las parcelas. Los datos recolectados se anotaron en boletas diseñadas para este fin.



Figura 2.11 Pluviómetros móviles con embudo de diámetro de 16 cm.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GENERADA

Los datos de escorrentía superficial y cantidad de suelo perdido fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), para establecer si existen diferencias significativas entre los tratamientos a evaluar. Además se realizó un análisis de regresión y correlación, probando varios modelos entre las siguientes variables:

- a. Densidad de cobertura y cantidad de suelo perdido
- b. Densidad de cobertura y escorrentía.

6.12 CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO DE SUELOS

La realización del balance hídrico de suelos, según la metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (2004), consiste básicamente en el análisis de la información recopilada sobre características físicas del suelo (capacidad de infiltración, densidad), grados de humedad (capacidad de campo y punto de marchites permanente) y clima (precipitación y evapotranspiración) con la finalidad de determinar el volumen total de la recarga que se da en la zona de la investigación.

Los cálculos de recarga se realizaron en una hoja de cálculo de Excel, elaborada por los Ingenieros Agrónomos Tomas Padilla, asesor de esta investigación, Marvin Salguero y Eugenio Orozco como parte del trabajo realizado en la elaboración de la Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (2004).

Con la información recopilada el programa calcula la recarga potencial de la unidad en lámina de agua, y también las necesidades de riego en lámina. Los cálculos se efectuaron con un intervalo mensual.

El cálculo del balance hídrico de suelos se realizó por medio de la siguiente ecuación:

$$Pp = ETR + esc + ret + rec$$

Donde:

Pp: Precipitación pluvial

ETR: Evapotranspiración real.

Esc: escorrentía superficial.

Ret: Retención vegetal.

Rec: Recarga hídrica

6.12.1 Determinación de la evapotranspiración potencial

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial, se utilizó el método diseñado por Hargreaves, el cual es una ecuación específica para la región Centroamericana y de los más prácticos y confiables. La ecuación se describe a continuación:

$$ETP = 0.0075 \times TMF \times RSM$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial en mm/mes

TMF: Temperatura media mensual en grados Fahrenheit

RSM: Radiación solar incidente mensual

Para calcular la radiación solar incidente mensual se utilizó la ecuación que se describe a continuación:

$$RSM = 0.075 \times RMM \times S^{1/2}$$

Donde:

RMM: Radiación mensual extraterrestre en mm/mes

S: Brillo medio mensual en (%)

La radiación solar extraterrestre se calculó con la siguiente ecuación:

$$RMM = RS \times Na \text{ de días del mes}$$

Donde:

RS: Radiación solar (Cuadro 2.5)

Para la estimación de la radiación solar se tomo como referencia la Latitud Norte no. 15.

Cuadro 2.5 Radiación solar extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente en mm/día

LATITUD	Norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	0	13.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
	2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
	4	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
	6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
	8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.2	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
	10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.9	12.9
	12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
	14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.0	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
	16	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
	18	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
	20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7

Fuente: Manual técnico para la determinación de zonas de recarga hídrica.

El brillo medio mensual se calculó con la siguiente ecuación:

$$S = K_s \times (100 - HR)^{1/2}$$

Donde:

Ks: Constante para Centroamérica igual a 12.5

HR: Humedad relativa media en %

Debido a que en las estaciones utilizadas en este estudio no se cuenta con el dato de humedad media, el brillo medio mensual se calculó por medio de la tabla de Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes meses y latitudes (Ver Cuadro II.6), tomando como referencia la Latitud Norte no. 15.

Cuadro 2.6 Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes meses y latitudes

LATITUD	NORTE	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
	0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8
	10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5	11.5
	15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2	11.2
	20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9	10.9
	25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6	10.6

Fuente: Manual técnico para la determinación de zonas de recarga hídrica.

6.12.2 Determinación de la infiltración básica

Para determinar la capacidad de infiltración básica (f_c), de cada tratamiento se realizaron pruebas de capacidad de infiltración, para las cuales se utilizó el método Porchet o cilindro invertido, por considerarse un método preciso y versátil en el campo. (INAB, 2004)

El procedimiento para la realizar dicha prueba, consistió en limpiar el área a excavar, abrir en el suelo un agujero cilíndrico de radio y profundidad conocidos con barreno, se agregó agua en él hasta alcanzar la humedad cercana al punto de saturación del suelo, luego se colocó un nivel de referencia para la toma de las profundidades, se aplicó agua y se tomaron los datos de altura y tiempo, a intervalos pequeños de 1, 2, 5 y 10 minutos.

El suelo obtenido de la excavación, se colocó en recipientes herméticos (bolsas plásticas), y se trasladaron al laboratorio de suelos para determinar los valores de constantes de humedad (capacidad de campo y punto de marchitez permanente), textura y densidad aparente de la unidad de mapeo.

6.13 ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Luego de los análisis estadísticos y discusión de los resultados, se integro la información presentándola en forma de gráficos y cuadros para la elaboración del informe final.

7 RESULTADOS

7.1 MUESTREO DE SUELO AL INICIO DEL PERÍODO DE LA INVESTIGACIÓN

Al inicio de la investigación (Mayo de 2006) se realizó un muestreo de suelo por tratamiento para determinar algunas características físicas y químicas entre las cuales podemos mencionar textura, densidad aparente y los elementos fósforo, magnesio, calcio y potasio, entre otros.

En general los resultados del análisis químico de suelo se pueden observar detalladamente en el Cuadro 2.7.

Cuadro 2.7 Resultados del análisis químico de suelo realizado a las muestras obtenidas del muestreo de suelo al inicio de la investigación por tratamiento.

Tratamiento	pH Rango Medio	PPM		Meq / 100 gr.		% MO
		P	K	Ca	Mg	
		12 - 16	120 - 150	6 - 8	1.5 – 2.5	
50%	5.5	2.1	10	4.68	1.49	14.02
67%	5.5	1.84	50	5.62	1.34	12.65
75%	5.4	1.84	30	4.06	1.03	11.87
100%	5.4	1.84	35	4.06	1.03	13.48

Fuente. Laboratorio de suelos, Facultad de Agronomía. (2006)

En el cuadro anterior, podemos observar que el suelo tiene un pH ácido, el contenido de materia orgánica es alto.

Cuadro 2.8 Resultados de análisis físico de suelo por tratamiento

Tratamiento	gr. / cc	%			Clase Textural
	Da	Arcilla	Limo	Arena	
50%	0.6897	7.98	18.9	72.1	Franco Arenoso
67%	0.6061	10.08	25.2	64.7	Franco Arenoso
75%	0.6452	7.98	23.1	68.9	Franco Arenoso
100%	0.5882	7.98	21.0	71.0	Franco Arenoso

Fuente. Laboratorio de suelos, Facultad de Agronomía. (2006)

Con lo que respecta a la parte física se puede notar en el cuadro 2.8 que la textura del suelo en general es franco arenosa y que la densidad aparente es baja para el tipo de clase textural ya que esta debería estar en un rango promedio de 1.20 g / cc.

7.2 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

7.2.1 Precipitación pluvial mensual

En el Cuadro 2.9, se presentan los valores de la precipitación pluvial mensual ocurrida durante el año 2006 dentro de la Finca Río Frío, estos datos fueron obtenidos de un promedio generado de los registros de precipitación pluvial de las cuatro estaciones meteorológicas en el área.

Las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la Finca Río Frío estuvieron distribuidas en la parte baja de la microcuenca Río Frío dentro del casco y la parte alta de la misma.

Las estaciones que se encuentran dentro de la Finca Parrachoch están ubicadas en la zona de pastoreo de ésta, a un costado del área de estudio y en la zona de cultivos de la misma ubicada al otro costado del área fuera de la zona boscosa.

Cuadro 2.9 Precipitación pluvial mensual ocurrida durante el año 2006.

MES	PRECIPITACIÓN PLUVIAL (mm)	Días de lluvia
ENERO	260.95	20
FEBRERO	70.40	14
MARZO	79.21	9
ABRIL	41.60	9
MAYO	229.75	15
JUNIO	461.80	24
JULIO	318.20	22
AGOSTO	143.00	18
SEPTIEMBRE	106.00	22
OCTUBRE	249.70	20
NOVIEMBRE	138.80	15
DICIEMBRE	69.10	10
TOTAL	2168.51	198

Fuente: Datos obtenidos del promedio de la precipitación pluvial mensual registrada en las cuatro estaciones meteorológicas

Como se puede observar en el Cuadro 2.9, las máximas precipitaciones ocurrieron durante los meses de junio y julio, disminuyendo en el mes de agosto e incrementándose durante el mes de octubre; durante el tiempo que duró la investigación (mayo – octubre), se presentó una precipitación total de 1508.45 mm de los 2168.51 mm de lluvia que se reportaron durante todo el año, los que representa el 70 % de la precipitación anual en el área; la precipitación ocurrida durante la investigación estuvo distribuida en 121 días de lluvia, así mismo el mes más lluvioso fue junio con 24 días de lluvia y un total de 461.8 mm de precipitación. En la Figura 2.12 se puede observar con más claridad la distribución de la precipitación pluvial mensual ocurrida durante el año.

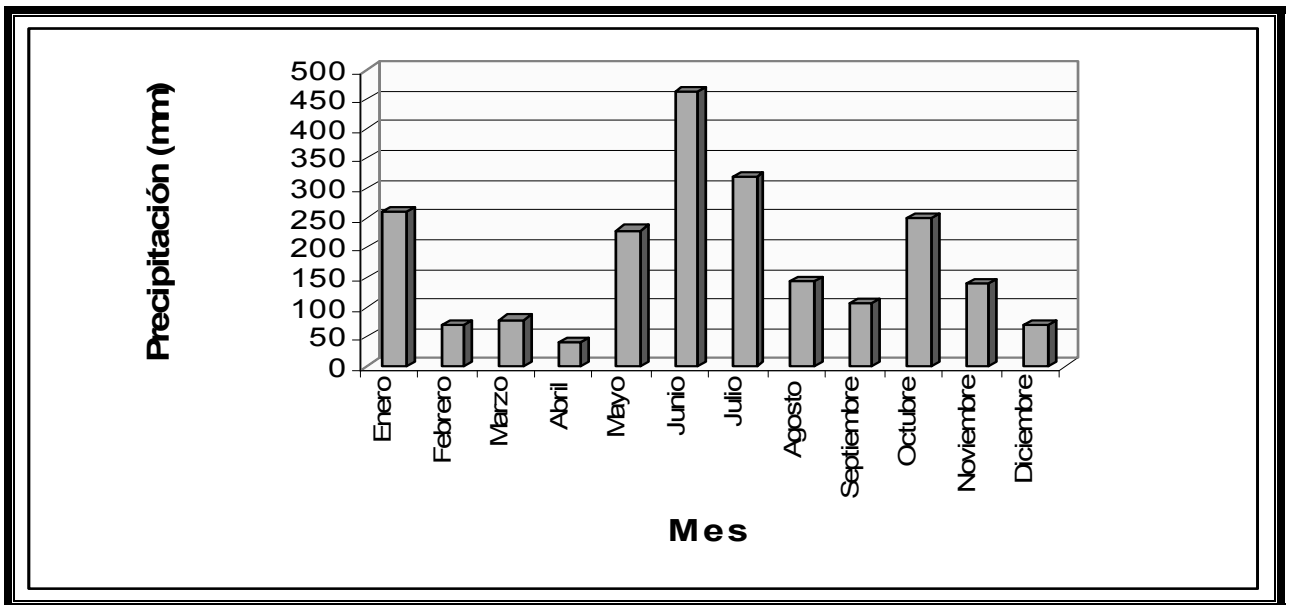


Figura 2.12 Precipitación mensual registrada en las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la Finca Río Frío durante el año 2006.

7.2.2 Precipitación interna

Se determinó que dentro de las parcelas se capta una precipitación interna media que va desde los 948.28 mm a 1111.78 mm, de un total de 1508.45 mm caídos durante los meses de medición que constaron de mayo a octubre, como se observa en el Cuadro 2.10 y Figura 2.13.

Cuadro 2.10 Precipitación interna y porcentaje de retención de copas registrada de mayo a octubre por tratamiento (mm)

TRATAMIENTO	REPETICIONES				PP INTERNA MEDIA	PP interna media (%)	Intercepción de copas media (%)
	I	II	III	IV			
100%	1003.9	917.9	851.2	1020.1	948.3	62.9	37.1
75%	865.1	1107	1019.8	865.8	964.4	63.9	36.1
67%	1080	1054.2	1087.3	944.1	1041.4	69	31
50%	1266.8	962.2	1159.5	1058.6	1111.8	73.7	26.3

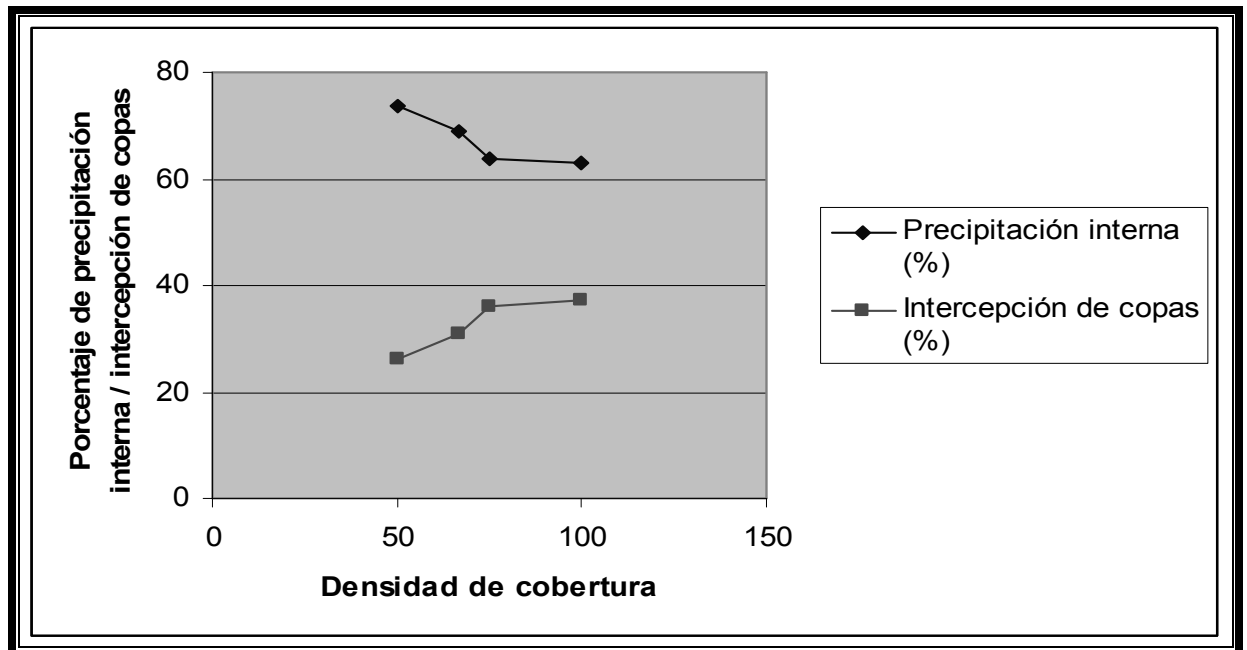


Figura 2.13 Precipitación interna e intercepción de copas registrada de mayo a octubre por tratamiento (%)

De acuerdo al Cuadro 2.10 y la Figura 2.13, el valor mayor de precipitación interna media se presenta en el tratamiento con 50 % de cobertura (1111.8 mm) y el menor en el tratamiento con 100 % de cobertura (948.3 mm), al contrario de lo que sucede con la intercepción de copas, en el cual el valor mas grande se presenta en el tratamiento con 100 % de cobertura y el menor en el de 50 %.

Según lo anterior se puede observar en la Figura II.13 como se evidencia, relación inversa de la precipitación interna, ya que conforme aumenta el porcentaje de cobertura los datos de porcentaje de precipitación interna disminuyen y los datos de porcentaje de intercepción de copas aumenta, esto debido a que en una cobertura menor las copas están mas separadas lo que causa menor intercepción de gotas de lluvia por éstas, mientras que en un porcentaje de cobertura de 100 % la intercepción de gotas de lluvia por las copas es mayor.

En el Cuadro 2.10, se puede observar entonces como el porcentaje de intercepción va disminuyendo conforme baja la densidad de cobertura, así en una densidad de cobertura del 50 % ocurre que el 26.3 % de la precipitación total es interceptada por las copas mientras que en un porcentaje de cobertura del 100 % el porcentaje de intercepción de copas es de 37.1 % evidentemente mayor.

7.2.2.1 Análisis de varianza

Los datos de precipitación interna fueron sometidos a un análisis de varianza para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, esto lo podemos observar en el Cuadro 2.11.

Cuadro 2.11 Análisis de varianza para la precipitación interna.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	Significancia
Tratamientos	3	44787.44	14929.14	1.16	0.38
Bloques	3	23137.89	7712.63		
Error	7	89824.95	12832.13		
Total	13	164878.57			
C.V. % =	11				

Según el Cuadro 2.11, podemos ver que no existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos utilizados en esta investigación, por lo que se puede concluir que estadísticamente existe la misma precipitación interna en los cuatro tratamientos.

7.2.3 Cantidad de escorrentía

En el Cuadro 2.12, se presentan los volúmenes medidos de escorrentía superficial expresados en metros cúbicos por hectárea y la lámina de agua que se obtuvieron en el experimento, cabe mencionar que estos datos corresponden al agua que llegaba a los botes recolectores la cual contenía sólidos disueltos.

Cuadro 2.12 Escorrentía superficial expresada en m³/ha y mm, por tratamientos y repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES				TOTAL	Esc. (m ³ /ha)	Esc. (mm)
	I	II	III	IV			
100%	286.67	186.22	208.04	181.41	862.34	215.6	0.00022
75%	182.03	204.13	215.79	121.01	722.96	180.7	0.00018
67%	207.45	145.28	188.83	169.46	711.02	177.8	0.00018
50%	246.75	129.89	238.72	257.03	872.39	218.1	0.00022

Según el Cuadro 2.12 el tratamiento donde se presentaron los valores mas altos de volumen de escorrentía fue el de 50% de cobertura con 218.10 m³/ha y el tratamiento en donde se presentaron los menores valores de escorrentía es el de 67% de cobertura, en el cual se obtuvo 177.75 m³/ha. En la Figura 2.14 se puede observar como se manifiesta el proceso de escorrentía superficial:

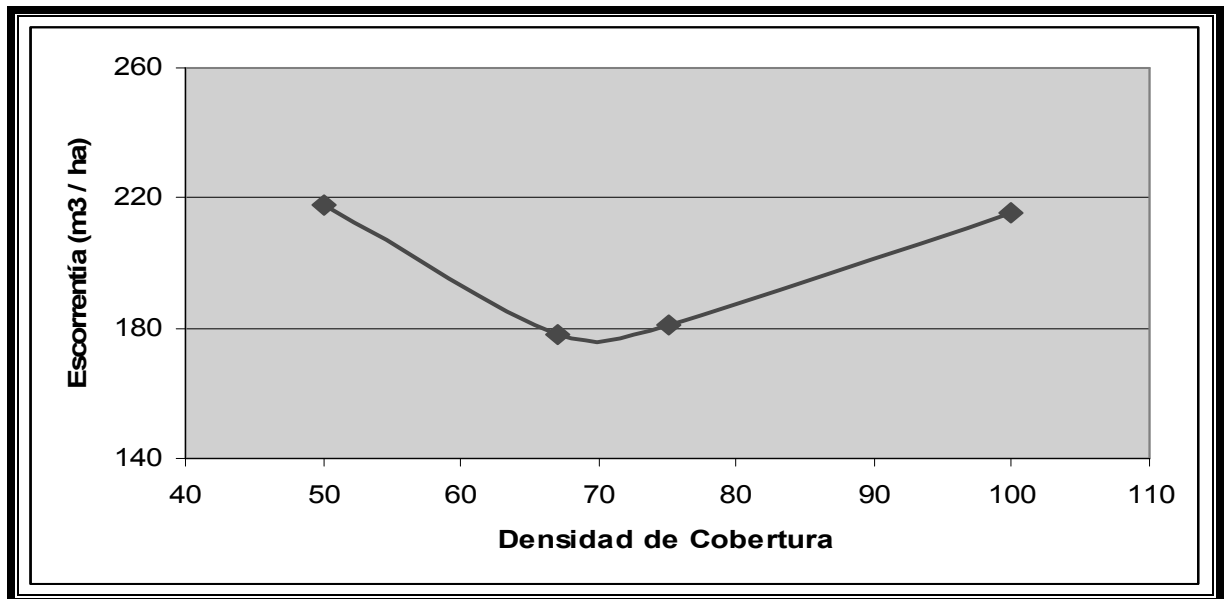


Figura 2.14. Escoorrentía expresada en m³/ha por tratamiento ocurrida durante el año 2006

Como ya se dijo el tratamiento de 50 % es donde se presentó el mayor valor de escorrentía superficial pero es interesante observar que el tratamiento de 100 % es el que le sigue, luego el de 75 % y por último el de 67 %. Esto ocurre debido a dos factores muy importantes, la cobertura boscosa y la regeneración del sotobosque.

Entre mayor sea la cobertura boscosa, menos luz entra por el dosel lo que produce que el sotobosque no se regenere tan rápido como debiera. Si la cobertura es baja existe mayor penetración de la luz por el dosel y el sotobosque se regenera mejor, pero mientras esto ocurre las gotas de lluvia golpean directamente en el suelo provocando que exista mayor escorrentía, ya que las hojas del dosel retienen el agua para que caiga poco a poco y no toda a la vez y en este caso esto no ocurre, en cambio si la cobertura es alta la luz casi no penetra por el dosel por lo que el sotobosque no se regenera tan rápido y entonces las gotas de lluvia que penetran por el dosel son retenidas por el mismo permitiendo que éstas no lleguen al directamente. Para que exista una

mayor protección y no ocurra mayor escorrentía, tanto del sotobosque como de la cobertura, debería de existir un balance entre el porcentaje de cobertura y regeneración del sotobosque.

Según lo anterior entonces se puede inferir que no debe existir una cobertura boscosa, ni muy baja ni muy alta, sino que debe ser intermedia lo que va a permitir que la luz que entra por el dosel permita que el sotobosque se regenere y mientras esto sucede se le proporciona la suficiente protección al suelo para que no exista tanta escorrentía, según los valores obtenidos en esta investigación es recomendable una cobertura entre el 67 % y el 75 %.

7.2.3.1 Análisis de varianza

Los datos de escorrentía superficial fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) como se observa en el Cuadro 2.13, para establecer si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 2.13. Análisis de varianza efectuado a la variable de escorrentía superficial

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	Significancia
Tratamientos	3	4283.91	1427.97	0.82	0.52
Bloques	3	5835.91	1945.03		
Error	7	12191.83	1741.69		
Total	13	22190.07			
C.V. % =	21.85				

Como se puede observar, los tratamientos no fueron estadísticamente diferentes con un nivel de significancia de 5 por ciento, por lo tanto no fue necesario someterlos a ninguna prueba de comparación de medias.

7.2.3.2 Análisis de correlación y regresión para densidad de cobertura y escorrentía.

Como se describe en la metodología se realizó un análisis de regresión entre las variables de densidad de cobertura y volumen de escorrentía el cual podemos observar en la Figura 2.15.

Se realizó un análisis de correlación para medir el grado de asociación entre estas dos variables. Para medir este grado de asociación se obtuvo el coeficiente de determinación que para estas dos variables es 1.

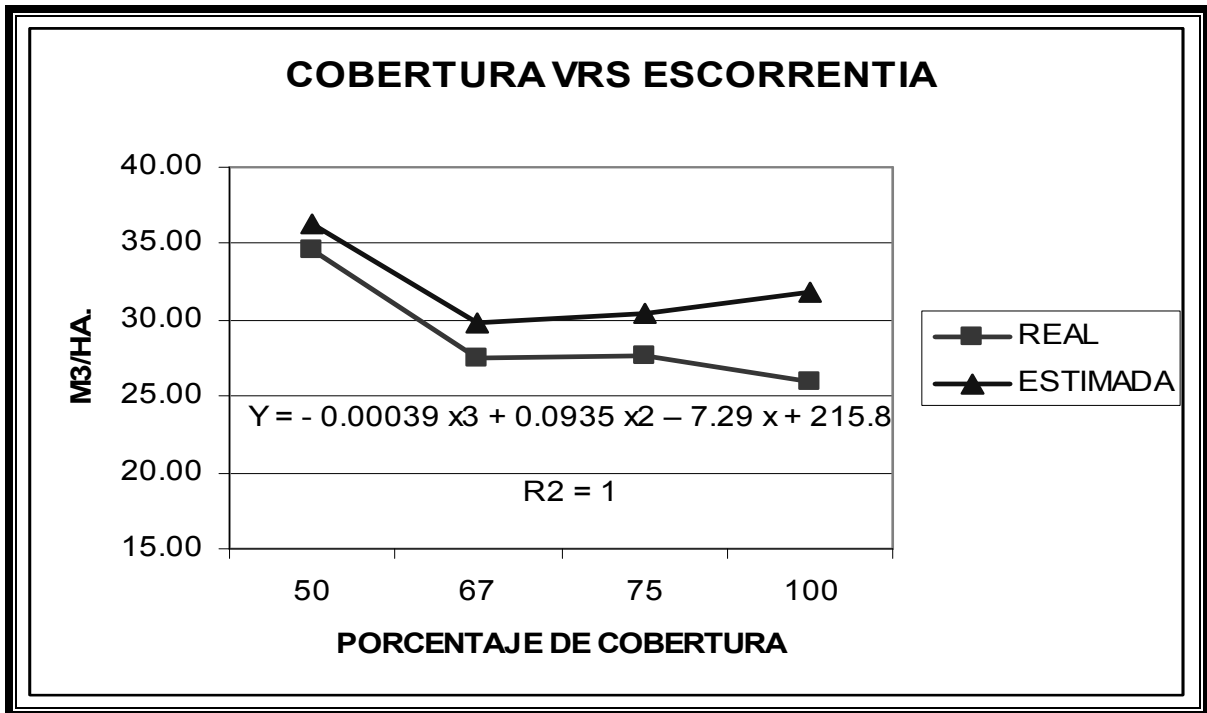


Figura 2.15 Escorrentía (m³/ha) por tratamiento vrs densidad de cobertura

El modelo de regresión que más se ajustó a los datos por su alto coeficiente de determinación es el que se presenta en la Figura 2.15.

Con el modelo generado, se encontraron densidades de cobertura donde los valores de escorrentía son máximos o mínimos. Se utilizó la primera derivada de la función generada para determinar los valores críticos de porcentaje de cobertura donde ocurren los valores extremos de escorrentía superficial. La primera derivada obtenida es:

$$y' = -0.00117x^2 + 0.187x - 7.29$$

Al igualar a cero la primera derivada de la función se determinaron dos valores críticos para la variable "x", siendo estos: 67.44% y 92.39% de cobertura boscosa. Estos dos valores se utilizaron para evaluar la función "y" de escorrentía superficial, obteniéndose los valores extremos siguientes: para x = 67.44%, y = 29.79 m³/ha; para x = 92.39%, y = 32.82 m³/ha.

Luego, se obtuvo la segunda derivada de la función y se utilizó como criterio para determinar cual de esos valores extremos es máximo relativo y cual es mínimo relativo. La segunda derivada de la función es:

$$y'' = - 0.00234 x + 0.187$$

Para $x = 67.44\%$, $y'' = 0.0292$; se concluye que, en ese valor, la curva es cóncava hacia arriba y tiene un extremo relativo mínimo. Para $x = 92.39\%$, $y'' = -0.0292$; se concluye que, en ese valor, la curva es cóncava hacia abajo y tiene un extremo relativo máximo.

Con base en estos resultados se establece que en $x = 67.44\%$ ocurre la menor escorrentía superficial y en $x = 92.39\%$ ocurre la mayor escorrentía superficial.

Según estos resultados se puede concluir preliminarmente, que el porcentaje de cobertura que debe existir no debe ser menor de 92.39% pero mayor de 67.44% , esto es debido a que al existir un balance entre la protección del dosel y la luz que penetra por este mismo, permite que el sotobosque se regenere más rápido lo que disminuye la escorrentía.

7.4 PÉRDIDA DE SUELO

En el Cuadro 2.14, se presenta la cantidad de suelo erosionado, expresado en toneladas métricas por hectárea en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 2.14 Cantidad de suelo erosionado (TM/Ha), para tratamientos y repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
100%	0.81	0.30	1.42	1.12	3.65	0.91
75%	0.33	0.75	0.30	0.69	2.07	0.52
67%	0.45	0.59	0.28	0.55	1.87	0.47
50%	0.37	0.42	1.15	1.20	3.13	0.78

Según el Cuadro 2.14, en el tratamiento con 100% de cobertura se presentó mayor cantidad de suelo perdido (0.91 TM/ha), esto ocurre debido a que es el tratamiento donde hay más

cobertura forestal lo que implica que el sotobosque se regenere más lento que los demás tratamientos. Aunque también podemos observar que el tratamiento que le sigue en cuanto a pérdida de suelo es el de 50 % (0.52 TM / ha) donde la cobertura es menor y aunque el sotobosque tenga más luz para regenerarse más rápido el suelo se encuentra más desprotegido por lo que la densidad del bosque hace que el impacto de las gotas de lluvia sea mayor, lo que permite que aumente la pérdida de suelo.

Podemos observar que la menor pérdida de suelo ocurre en los tratamientos de 75 % y 67 %, donde existe un balance en cuanto a cobertura y regeneración del sotobosque por lo que el daño provocado por el arrastre de partículas debido a la escorrentía es menor. Lo descrito anteriormente se puede observar en la Figura 2.16.

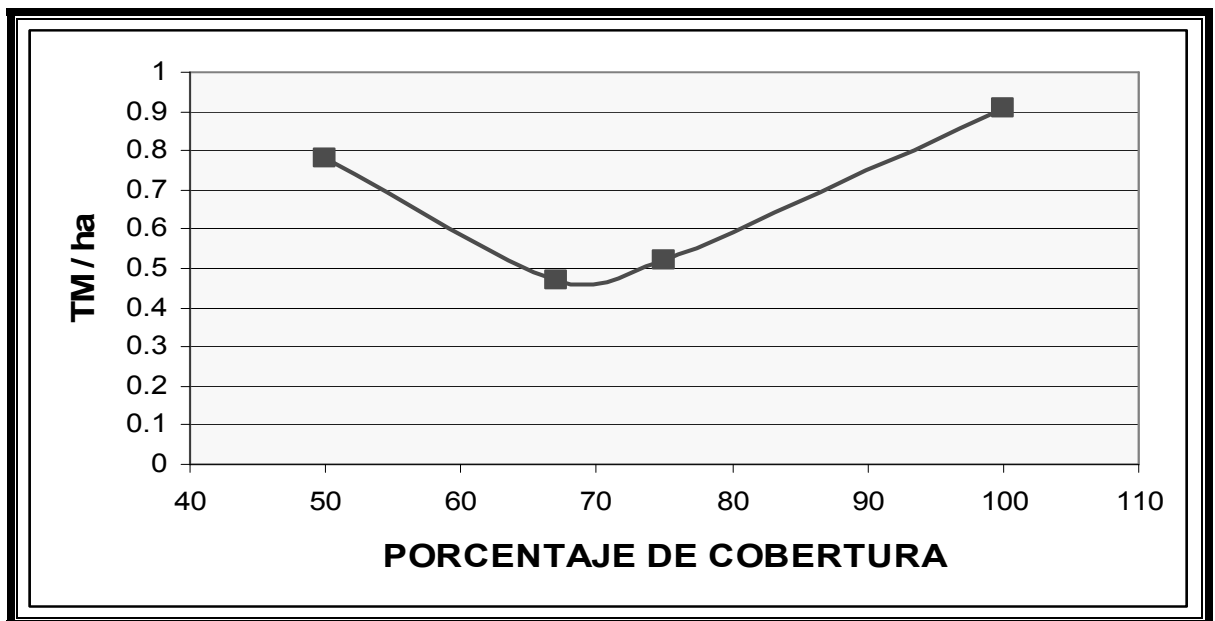


Figura 2.16 Cantidad de suelo perdido (TM/Ha) por tratamiento registrada durante el año 2006.

En los tratamientos de 75 y 67 % de cobertura la cantidad de suelo erosionado fue de 0.52 y 0.47 TM/ha respectivamente, demostrando que estas coberturas son las que proveen mayor protección al suelo contra el arrastre de partículas, por lo que la menor pérdida de suelo puede encontrarse entre estos dos porcentajes de cobertura.

7.4.1 Análisis de varianza

Los datos de pérdida de suelo se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) como se observa en el Cuadro 2.15, para establecer si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 2.15 Análisis de varianza del suelo erosionado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	Significancia
Tratamientos	3	0.2333	0.0777	0.79	0.5363
Bloques	3	0.4825	0.1608		
Error	7	0.6881	0.0983		
Total	13	1.4284			
C.V. % =	51.6				

Como se puede observar en el Cuadro 2.15 no existen diferencias significativas entre los tratamientos, en consecuencia la pérdida de suelo por erosión hídrica y la escorrentía superficial son estadísticamente iguales de acuerdo al porcentaje de cobertura.

7.4.2 Análisis de regresión para densidad de cobertura y pérdida de suelo

Como se describe en la metodología, se realizó un análisis de regresión entre las variables de densidad de cobertura y pérdida de suelo el cual podemos observar en la Figura 2.17.

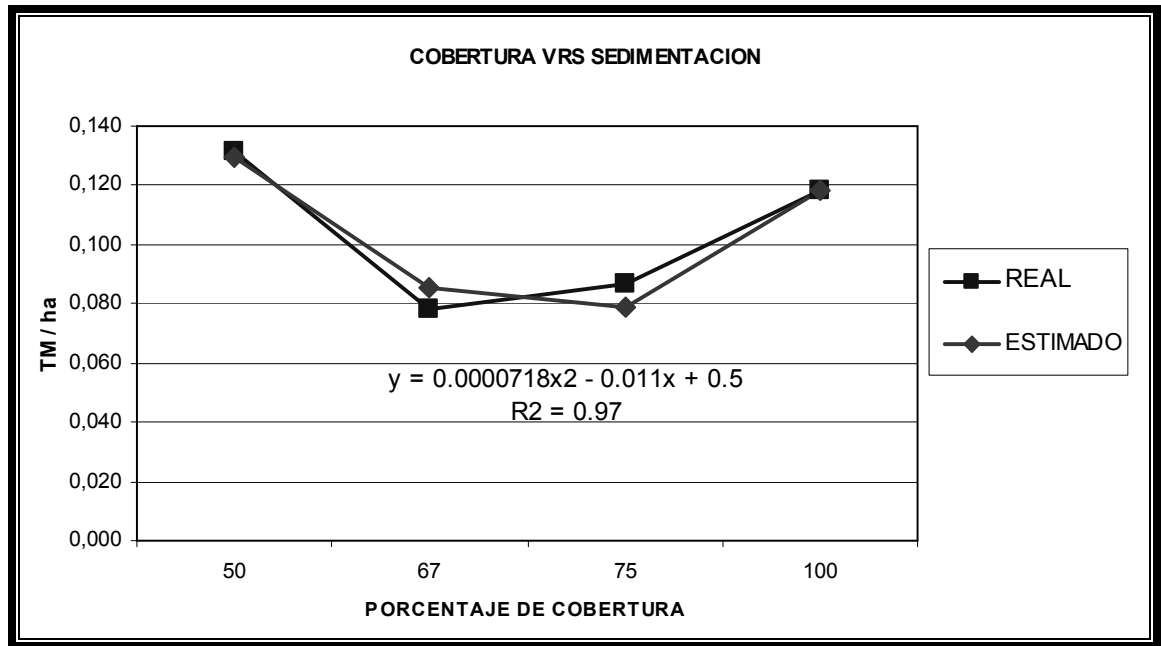


Figura 2.17 Cantidad de suelo perdido vrs densidad de cobertura

El modelo de regresión que más concordaba con los datos por su alto coeficiente de determinación es el que se indica en la Figura II.17.

Con el modelo generado, se encontró una densidad de cobertura donde el valor de pérdida de suelo es mínimo. Se utilizó la primera derivada de la función generada para determinar el valor crítico de porcentaje de cobertura donde ocurre el valor extremo de pérdida de suelo. La primera derivada obtenida es:

$$y' = 0.0001436 x - 0.011$$

Al igualar a cero la primera derivada de la función se determinó un valor crítico para la variable "x", siendo este: 76.6 % de cobertura boscosa. Este valor se utilizó para evaluar la función "y" de escorrentía superficial, obteniéndose el valor extremo siguiente: para $x = 76.6 \%$, $y = 0.079$ TM / ha.

Luego, se obtuvo la segunda derivada de la función y se utilizó como criterio para determinar si este valor extremo es máximo relativo o es mínimo relativo. La segunda derivada de la función es:

$$y'' = 0.0001436$$

Como se puede observar la función obtenida del análisis de regresión, es cuadrática lo que implica que su gráfica es una parábola, por lo que solo tiene un valor máximo o un valor mínimo; en este caso como la segunda derivada resultó ser un valor numérico positivo, se concluye que, en el punto $x = 76.6 \%$, $y = 0.079 \text{ TM / ha}$, la curva es cóncava hacia arriba y tiene un extremo relativo mínimo. Con base en estos resultados se establece que en $x = 76.6 \%$ ocurre la menor pérdida de suelo.

7.5 ANÁLISIS DE SUELO EFECTUADO A LAS MUESTRAS DE SUELO PERDIDO OBTENIDAS DURANTE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se presentan las cantidades de Materia Orgánica y algunos nutrientes como Calcio, Fósforo, Potasio y Magnesio contenida en las muestras de suelo erosionado de acuerdo a los análisis de laboratorio realizados.

Cuadro 2.16 Resultado del análisis de suelo efectuado a las muestras de suelo perdido.

Tratamiento	pH	PPM		Meq / 100 gr.		% MO
		P	K	Ca	Mg	
	Rango Medio	12 - 16	120 - 150	6 - 8	1,5 - 2,5	
50%	5,61	4,40	78,25	9,13	2,78	27,47
67%	5,59	4,34	109,33	9,88	2,79	25,65
75%	6.20	4,35	98,75	8,11	2,60	22,50
100%	6.05	4,37	92,50	7,88	2,44	25,52

Fuente: Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Según el Cuadro 2.16 no existe una mayor diferencia en cuanto a los valores de Materia Orgánica, no obstante donde se registra el menor valor es en el tratamiento de 75 % y donde ocurre el menor valor es en el tratamiento de 50 %., esto se puede observar claramente en la Figura 2.18.

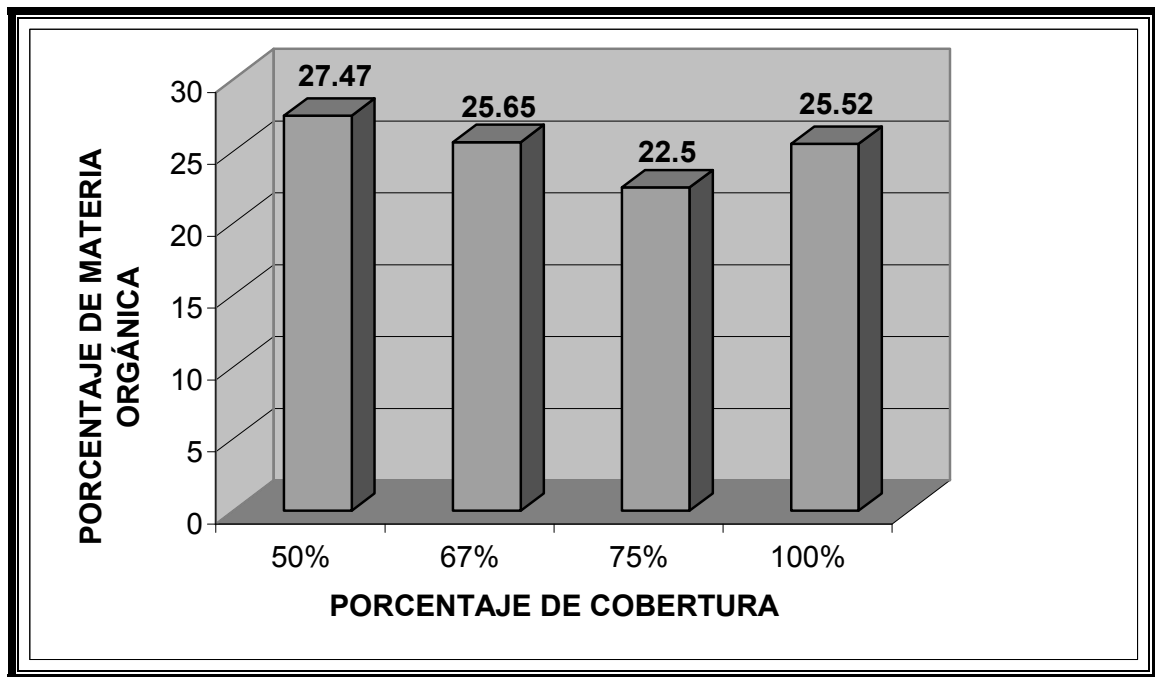


Figura 2.18 Valores de materia orgánica registrados en las muestras de suelo perdido por tratamiento.

Los valores de Materia Orgánica que se presentan en los análisis de suelos realizados a las muestras de suelo perdido obtenidas del área donde se encuentra el experimento son clasificados, como extremadamente ricos ($>4.21\%$), en este estudio los valores son altos debido a que la capa erosionada tenía alto contenido de restos vegetales y de insectos que llegaban a los botes recolectores y al almacenar el suelo con estos restos lógicamente se obtuvieron altos contenidos de carbono orgánico, por ende el valor de materia orgánica es alto, en conclusión este valor está sobreestimado y para futuras investigaciones habría que buscar una forma de evitar este tipo de contaminación de las muestras.

Por el contrario el contenido de fósforo es clasificado como bajo. Según González (2006) el contenido de fósforo depende del contenido de Materia Orgánica presente en el suelo, así como de la textura de los suelos ya que cuanto más fina sea su textura, mayor es el contenido de P.

Según Plaster (2000) entre un 25 a un 90 por ciento de todo el fósforo del suelo reside en la materia orgánica lo que explica que también la estimación de la pérdida de fósforo está sobreestimada como se hablaba anteriormente, ya que los valores iniciales de fósforo resultan ser mucho más bajos que los valores de las muestras de suelo erosionado.

El fósforo también resulta ser un elemento importante al igual que la materia orgánica para la medición de suelo erosionado ya que éste, no se mueve mucho en los suelos debido a que se encuentra en profundidades muy cortas (0.6 m), es por esto que es el elemento que se pierde más comúnmente con la escorrentía y la erosión.

En la Figura 2.19 podemos observar que en el tratamiento del 50 por ciento es donde se pierde mayor cantidad de fósforo.

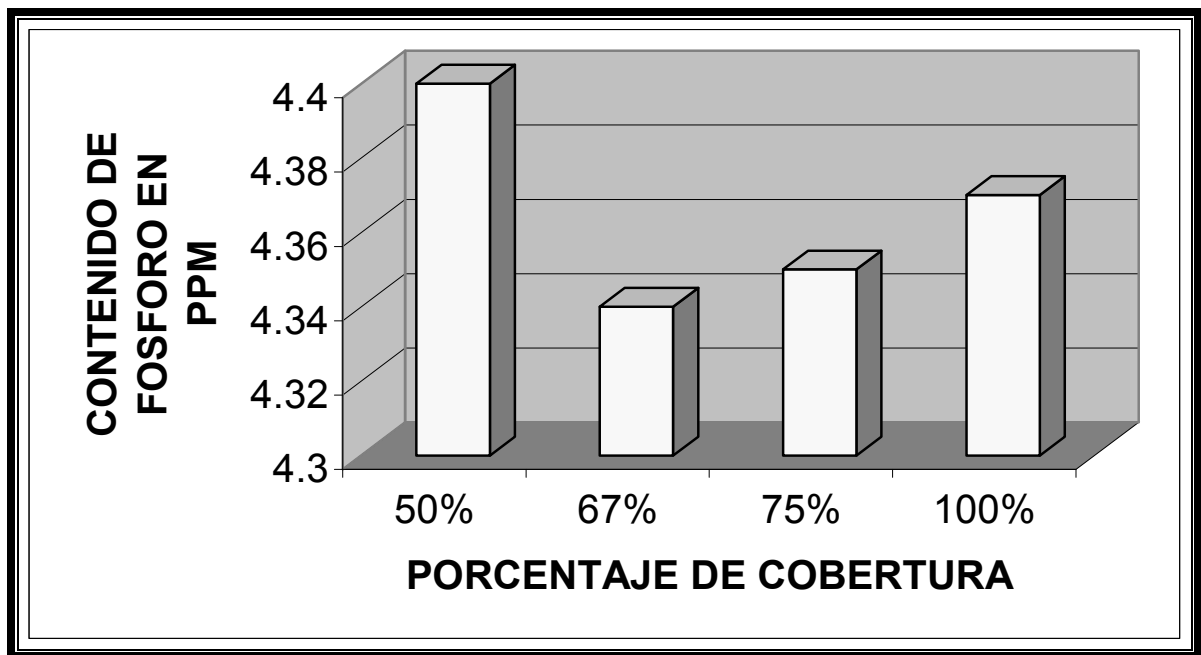


Figura 2.19 Valores de fósforo en PPM contenido en las muestras de suelo erosionado recolectadas por tratamiento en la investigación.

7.6 INFILTRACIÓN BÁSICA

Se determinó la velocidad de infiltración en cada tratamiento como se muestra en los Cuadros 2.20A, 2.21A, 2.22A y 2.23A; en el Cuadro 2.17 se muestra la velocidad de infiltración por cada tratamiento.

Cuadro 2.17 Infiltración básica registrada en los suelos del área de estudio por tratamiento.

Tratamiento	Infiltración Básica (mm / día)
50%	1500
67%	1000
75%	586
100%	1750

7.7 EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se estimó la evapotranspiración con los valores de temperatura diaria; estos valores de evapotranspiración se pueden observar en el Cuadro 2.24A.

7.8 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico de suelos se hizo de forma mensual y se aplicó a cada uno de los tratamientos estudiados.

Los volúmenes de recarga hídrica natural determinados en cada tratamiento se resumen en el Cuadro 2.18 y los resultados en detalle de los balances hídricos efectuados se presentan en los Cuadros 2.25A, 2.26A, 2.27A y 2.28A.

Cuadro 2.18 Resumen de la recarga potencial por tratamiento.

Código	Tratamiento	Recarga potencial (mm / año)
1	50 %	906.44
2	67 %	802.97
3	75 %	693.90
4	100 %	674.56

En el Cuadro 2.19, se presentan las variables principales en que se resumió el balance hídrico de suelos mensual para cada tratamiento. Analizando estas variables, no existe diferencia entre el volumen total de entradas y salidas, esto quiere decir que no se incurrió en ningún error

utilizando este método de balance hídrico de suelos mensual y concluyendo que los cálculos del balance hídrico mensual se han efectuado correctamente.

Cuadro 2.19 Resumen del balance hídrico de suelos realizado en el área de estudio por cada tratamiento utilizando datos meteorológicos mensuales por.

Tratamiento 50 %				
Entrada		Salida		%
Variable	mm	Variable	Mm	
Precipitación pluvial	2168.51	Evapotranspiración real	698.25	32.20
		Escorrentía superficial	0.00	0.00
		Retención vegetal	563.81	26.00
		Recarga potencial	906.44	41.80
Total	2168.51	Total	2168.50	100.00
Tratamiento 67 %				
Entrada		Salida		%
Variable	mm	Variable	Mm	
Precipitación pluvial	2168.51	Evapotranspiración real	693.3	31.97
		Escorrentía superficial	0	0.00
		Retención vegetal	672.24	31.00
		Recarga potencial	802.97	37.03
Total	2168.51	Total	2168.51	100.00
Tratamiento 75 %				
Entrada		Salida		%
Variable	mm	Variable	Mm	
Precipitación pluvial	2168.51	Evapotranspiración real	693.94	32.00
		Escorrentía superficial	0	0.00
		Retención vegetal	780.66	36.00
		Recarga potencial	693.9	32.00
Total	2168.51	Total	2168.50	100.00
Tratamiento 100 %				
Entrada		Salida		%
Variable	mm	Variable	Mm	
Precipitación pluvial	2168.51	Evapotranspiración real	691.6	31.89
		Escorrentía superficial	0	0.00
		Retención vegetal	802.35	37.00
		Recarga potencial	674.56	31.11
Total	2168.51	Total	2168.51	100.00

Podemos observar en el Cuadro 2.19, que el valor de la escorrentía superficial en el balance hídrico es cero, este es un valor teórico que se puede comparar con los valores de escorrentía en mm presentados en el Cuadro 2.12, donde se puede notar que estos valores están en un rango promedio de 0.0002 mm lo que se aproxima a cero.

También se puede observar que los porcentajes de evapotranspiración son prácticamente iguales para todos los tratamientos, esto debido a que ésta depende de la temperatura y de la radiación solar, características que son iguales en los cuatro tratamientos.

La recarga potencial va disminuyendo conforme aumenta la densidad de cobertura, esto debido a que la retención de gotas de lluvia ocasionada por las copas de los árboles es mayor, lo que hace que la cantidad de agua que llega al suelo y por ende a infiltrarse sea menor.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 En los tratamientos de 75 y 67 % de cobertura la cantidad de suelo erosionado fue de 0.52 y 0.47 TM/ha respectivamente.
- 8.2 El tratamiento de 50 por ciento ($218.1 \text{ m}^3 / \text{ha}$) es el que presentó mayor escorrentía pero es interesante observar que el tratamiento de 100 por ciento ($215.6 \text{ m}^3 / \text{ha}$) es el que le sigue, luego el de 75 por ciento ($180.7 \text{ m}^3 / \text{ha}$) y por último el de 67 por ciento ($177.8 \text{ m}^3 / \text{ha}$).
- 8.3 Se determinó que dentro de las parcelas se capta una precipitación interna que va desde los 948.28 mm a 1111.78 mm de los 1508.45 mm de precipitación que precipitaron durante los meses que duró la investigación, observándose que la menor precipitación interna ocurrió en el tratamiento de 100 por ciento aumentando ésta según disminuía la cobertura.
- 8.4 La recarga anual se calcula en 674.56 mm / año para el tratamiento de 100 % de cobertura, 906.44 mm / año para el de 75 %, 802.97 mm / año para el tratamiento de 67 % y 693.90 mm / año para el tratamiento de 50%.
- 8.5 Se determinó que al inicio de la investigación según los análisis de suelos realizados que el tipo de suelo de área de estudio es franco arenoso, presentando una densidad aparente promedio de 0.63 g/cc y un pH de 5.5, además se observó que se registró un promedio de 13 % de materia orgánica y valores muy bajos en cuanto a los demás nutrientes.
- 8.6 Las muestras de suelo erosionado presentaron valores de materia orgánica de 25.29 % promedio y un pH 5.8, además los valores de nutrientes también fueron bajos para estas muestras.

9. RECOMENDACIONES

Según los resultados de la investigación se recomienda usar una cobertura forestal mayor de 67 % y menor de 77 %, ya que en una cobertura del 76.6 % ocurrieron menores valores de pérdida de suelo y en una cobertura forestal del 67 % ocurrieron menores valores de escorrentía, para una plantación con las mismas características que la utilizada en la misma.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Agámez, M. 2004. Seminario Establecimiento y Manejo de Plantaciones (en línea). Colombia, El Semillero. Consultado 7 mar 2005. Disponible en www.elsemillero.net/Archivos/SECUENCA%20DIDACTICA%20DE%20LA%20PLANTACION2.doc. Citado por: González, ME. 2006. Contribución al programa de investigación en hidrología para la administración forestal del Instituto Nacional de Bosques – INAB -, desarrollado en la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 100 p.
2. Cifuentes Barrientos, JG. 2000. Estudio de la cobertura vegetal de tres cultivos sobre erosión hídrica del suelo, en la parte media de la cuenca del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango (fase II). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 59 p.
3. Colegio de Postgraduados, MX. 1991. Manual de conservación de suelo y agua. 3 ed. Chapingo, México. 606 p.
4. Cruz, JR De la. 1981. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento: sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
5. Fassbender, HW. 1983. Suelos y sistemas de producción agroforestales. Turrialba, CR, CATIE. 151 p.
6. Género y Ambiente, ES. 2005. Glosario (en línea). España. Consultado 20 feb 2006. Disponible en <http://www.generoyambiente.org/ES/metodología/docs/desiertos/glosario.pdf>
7. González, ME. 2006. Contribución al programa de investigación en hidrología para la administración forestal del Instituto Nacional de Bosques – INAB -, desarrollado en la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 100 p.
8. INAB (Instituto Nacional de Bosques). 2001. DATAFORG, base de datos con información de las especies forestales de Guatemala. Guatemala. 1 CD.

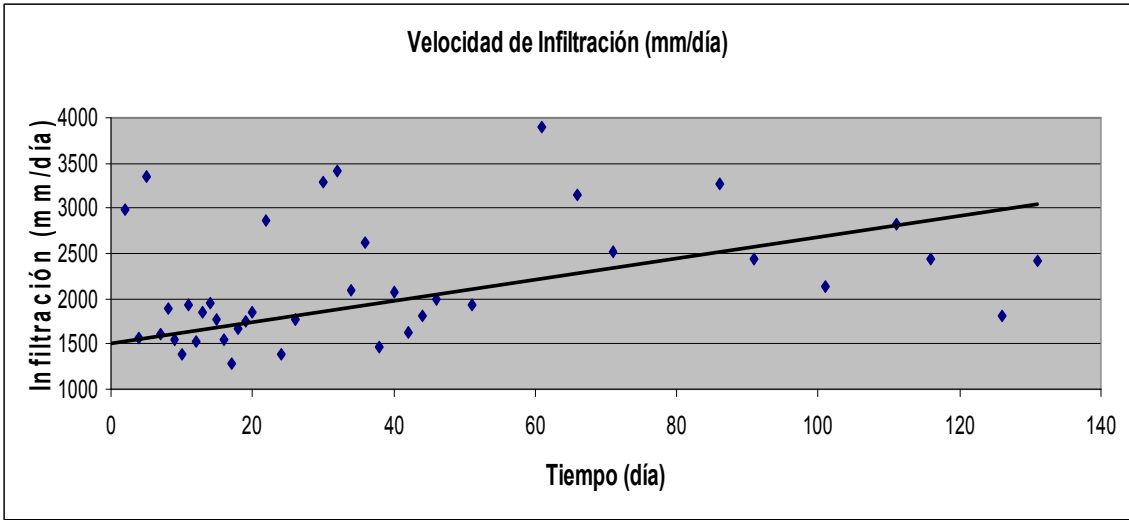
9. _____. 2003. Consideraciones técnicas y propuesta de normas de manejo forestal para la conservación de suelo y agua. Guatemala. 34 p.
10. _____. 2004. Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural: manual técnico. Guatemala. 106 p.
11. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color. 1 CD.
12. Martínez, A. 1995. Hidrología forestal: el ciclo hidrológico. Valladolid, España, Universidad de Valladolid. (Serie: Manuales y Textos Universitarios Ciencias no. 18).
13. Motta Franco, EL. 1997. Efecto de la cobertura y la pendiente del terreno en la erosión del suelo, cuenca alta río Itzapa, Chimaltenango, (fase IV). EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC. 67 p.
14. Plaster, EJ. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. España, Paraninfo. 419 p.
15. Rodas, O. 1997. El papel del bosque en el ciclo hidrológico. Guatemala, Plan de Acción Forestal para Guatemala / Instituto Nacional de Bosques. 10 p.
16. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional. 1000 p.
17. Trujillo N, E. 2006. Plantación forestal: planeación para el éxito. El Mueble y la Madera no. 51:21–29. Consultado 24 ene 2007. Disponible en: <http://www.revista-mm.com/rev51/forestal.pdf>

11. ANEXOS

Cuadro 2.20A Cálculo de la infiltración básica para el tratamiento de 50 %.

Unidad de muestreo: Tratamiento 50 %	Uso Actual: Bosque
Lugar: Fca. Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.	Pendiente: 45 % S-N
Coordenadas: 15° 20' 30" Latitud Norte	Profundidad inicial: 60 cm
90° 35' 08" Longitud oeste	Profundidad final: 59 cm.
Altitud:	Duración de la prueba: 2 horas

Tiempo (min)	Profundidad (cm)	Prof. Total (cm)	Intervalos muertos entre lecturas (min)	Tie. Acu. (min)	Lectura (cm)	Difer. entre lecturas (cm)	f	In	Infiltración (cm/min)	Infiltración (cm/hora)	Infiltración (mm/hora)	Infiltración (mm/día)
0		42	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0
1	15.7	42		1	26.3	15.7	2.5	0.4351	1.0877845	65.26707	652.670703	15664.09
2	18	42		2	24	2.3	2.5	0.0832	0.2080766	12.484598	124.845981	2996.303
3	21	42		3	21	3	2.5	0.1201	0.3003608	18.021647	180.216468	4325.195
4	22	42		4	20	1	2.5	0.0435	0.1087128	6.5227668	65.2276679	1565.464
5	24	42		5	18	2	2.5	0.0931	0.2327261	13.963563	139.635635	3351.255
6	26.2	42		6	15.8	2.2	2.5	0.1135	0.2838096	17.028574	170.285739	4086.857
7	27	42		7	15	0.8	2.5	0.0447	0.1117504	6.7050268	67.0502684	1609.206
8	27.9	42		8	14.1	0.9	2.5	0.0528	0.1319955	7.9197278	79.1972784	1900.734
9	28.6	42		9	13.4	0.7	2.5	0.0431	0.107709	6.4625379	64.6253792	1551.009
10	29.2	42		10	12.8	0.6	2.5	0.0385	0.0961657	5.7699421	57.6994212	1384.786
11	30	42		11	12	0.8	2.5	0.0537	0.1342604	8.0556268	80.5562685	1933.350
12	30.6	42		12	11.4	0.6	2.5	0.0423	0.1056495	6.3389714	63.3897139	1521.353
13	31.3	42		13	10.7	0.7	2.5	0.0517	0.12918	7.7508016	77.5080158	1860.192
14	32	42		14	10	0.7	2.5	0.0545	0.1362205	8.1732278	81.7322779	1961.574
15	32.6	42		15	9.4	0.6	2.5	0.0492	0.1229756	7.3785366	73.7853663	1770.848
16	33.1	42		16	8.9	0.5	2.5	0.0429	0.1073126	6.4387567	64.3875671	1545.301
17	33.5	42		17	8.5	0.4	2.5	0.0357	0.0892952	5.3577124	53.5771239	1285.851
18	34	42		18	8	0.5	2.5	0.0465	0.1163	6.9780023	69.7800235	1674.720
19	34.5	42		19	7.5	0.5	2.5	0.0488	0.1219754	7.3185246	73.1852463	1756.445
20	35	42		20	7	0.5	2.5	0.0513	0.1282332	7.6939942	76.9399416	1846.558
22	36.4	42		21	5.6	1.4	1.25	0.1594	0.1992847	11.95708	119.570803	2869.699
24	37	42		22	5	0.6	1.25	0.077	0.0962013	5.7720781	57.7207809	1385.298
26	37.7	42		23	4.3	0.7	1.25	0.098	0.1224755	7.3485306	73.4853063	1763.647
28	18.1	42		24	23.9	0	1.25	0	0	0	0	0
30	22.5	42		26	19.5	4.4	1.25	0.1823	0.2279019	13.674117	136.741168	3281.78
32	26.3	42		28	15.7	3.8	1.25	0.1896	0.2370261	14.221564	142.215644	3413.175
34	28.3	42		30	13.7	2	1.25	0.1164	0.1455129	8.7307764	87.3077639	2095.386
36	30.5	42		32	11.5	2.2	1.25	0.146	0.1824424	10.946543	109.465434	2627.170
38	31.6	42		34	10.4	1.1	1.25	0.0818	0.1022875	6.1372514	61.3725137	1472.940
40	33	42		36	9	1.4	1.25	0.1149	0.1436003	8.6160207	86.160207	2067.845
42	34	42		38	8	1	1.25	0.091	0.1137147	6.8228834	68.2288337	1637.492
44	35	42		40	7	1	1.25	0.1001	0.1251043	7.5062594	75.0625939	1801.502
46	36	42		42	6	1	1.25	0.1112	0.139032	8.3419226	83.4192263	2002.061
51	38	42		44	4	2	0.5	0.2683	0.134132	8.0479196	80.479196	1931.500
56	21.6	38		46	16.4	0	0.5	0	0	0	0	0
61	29.5	38		48	8.5	7.9	0.5	0.5413	0.2706333	16.237999	162.379995	3897.119
66	33.4	38		50	4.6	3.9	0.5	0.4378	0.2189002	13.134015	131.340147	3152.163
71	35.5	38		52	2.5	2.1	0.5	0.3507	0.1753284	10.519706	105.197061	2524.729
76	38.5	38		54	-0.5	3	0.5	0.9163	0.4581454	27.488722	274.88722	6597.293
81	23.5	38		56	14.5	0	0.5	0	0	0	0	0
86	29.7	38	1	58	8.3	6.2	0.5	0.4537	0.2268336	13.610016	136.100163	3266.403
91	32.8	38		60	5.2	3.1	0.5	0.3383	0.1691629	10.149774	101.497742	2435.945
96	36.2	38		62	1.8	3.4	0.5	0.5826	0.2913027	17.478159	174.781592	4194.758
101	37.3	38		64	0.7	1.1	0.5	0.2955	0.1477321	8.8639264	88.6392639	2127.342
106	23.5	38		66	14.5	0	0.5	0	0	0	0	0
111	29	38		71	9	5.5	0.5	0.3909	0.1954332	11.725989	117.259893	2814.237
116	32.3	38		76	5.7	3.3	0.5	0.3382	0.1691064	10.146386	101.463864	2435.132
121	36	38		81	2	3.7	0.5	0.6001	0.3000284	18.001703	180.017027	4320.408
126	37	38	1	86	1	1	0.5	0.2513	0.1256572	7.5394328	75.3943285	1809.463
131	38	38		91	0	1	0.5	0.3365	0.1682361	10.094167	100.941671	2422.600



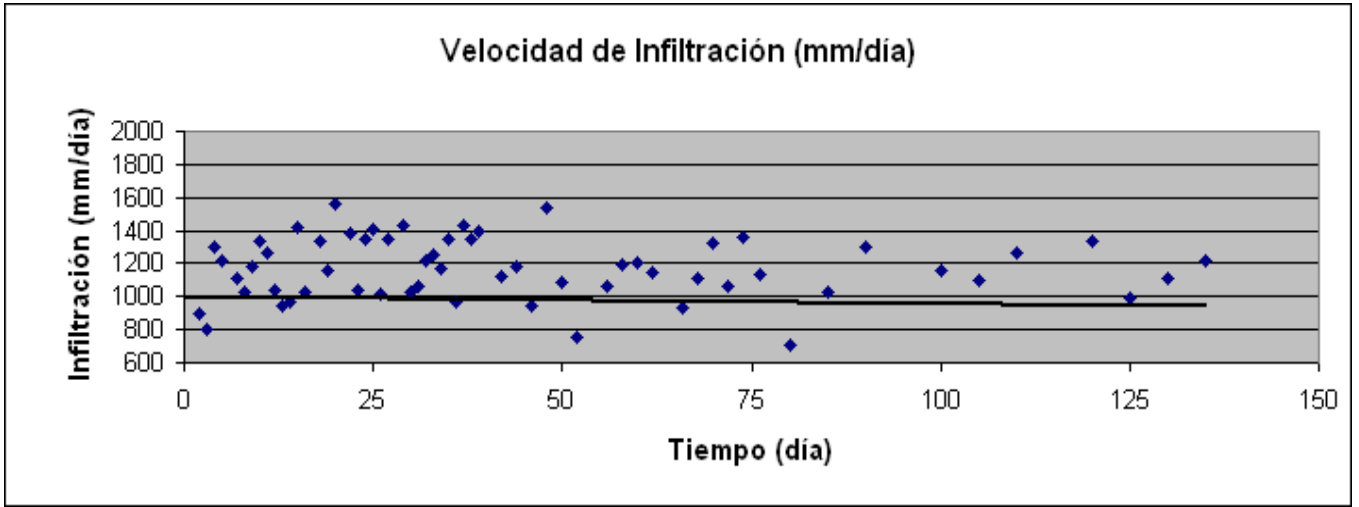
Velocidad de Infiltración: **1500** mm/día

Cuadro 2.21A Cálculo de la infiltración básica para el tratamiento de 67 %.

Unidad de muestreo: Tratamiento 67 %	Uso Actual: Bosque
Lugar: Fca. Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.	Pendiente: 45 % S-N
Coordenadas: 15° 20' 30" Latitud Norte	Profundidad inicial: 60 cm
90° 35' 08" Longitud oeste	Profundidad final: 59 cm.
Altitud:	Duración de la prueba: 2 horas

Tiempo (min)	Profundidad (cm)	Prof. Total (cm)	Intervalos muertos entre lecturas (min)	Tie. Acu m. (min)	Lectura (cm)	Difer. entre lecturas (cm)	f	In	Infiltración (cm/min)	Infiltración (cm/hora)	Infiltración (mm/hora)	Infiltración (mm/día)
0		41,5		0	41,5	0	0	0	0	0	0	0
1	11,4	41,5		1	30,1	11,4	2,5	0,299877346	0,7496934	44,981602	449,816018	10795,584
2	12,2	41,5		1	29,3	0,8	2,5	0,024845999	0,062115	3,7268998	37,2689979	894,45595
3	12,9	41,5		1	28,6	0,7	2,5	0,022258471	0,0556462	3,3387706	33,3877059	801,30494
4	14	41,5		1	27,5	1,1	2,5	0,036010438	0,0900261	5,4015656	54,0156563	1296,3758
5	15	41,5		1	26,5	1	2,5	0,033901552	0,0847539	5,0852328	50,8523275	1220,4559
6	11	41,5	1	1	30,5	0	2,5	0	0	0	0	0
7	12	41,5		1	29,5	1	2,5	0,030771659	0,0769291	4,6157488	46,157488	1107,7797
8	12,9	41,5		1	28,6	0,9	2,5	0,028528084	0,0713202	4,2792125	42,7921254	1027,011
9	13,9	41,5		1	27,6	1	2,5	0,032682647	0,0817066	4,9023971	49,0239711	1176,5753
10	15	41,5		1	26,5	1,1	2,5	0,037229342	0,0930734	5,5844013	55,8440127	1340,2563
11	16	41,5		1	25,5	1	2,5	0,03509132	0,0877283	5,263698	52,6369797	1263,2875
12	16,8	41,5		1	24,7	0,8	2,5	0,028987537	0,0724688	4,3481305	43,4813053	1043,5513
13	17,5	41,5		1	24	0,7	2,5	0,02607224	0,0651806	3,910836	39,1083605	938,60065
14	18,2	41,5		1	23,3	0,7	2,5	0,026770241	0,0669256	4,0155362	40,1553616	963,72868
15	19,2	41,5		1	22,3	1	2,5	0,039530839	0,0988271	5,9296258	59,2962581	1423,1102
16	19,9	41,5		1	21,6	0,7	2,5	0,028631813	0,0715795	4,2947719	42,947719	1030,7453
17	11,1	41,5	1	1	30,4	0	2,5	0	0	0	0	0
18	12,3	41,5		1	29,2	1,2	2,5	0,037155977	0,0928899	5,5733965	55,7339653	1337,6152
19	13,3	41,5		1	28,2	1	2,5	0,032054026	0,0801351	4,8081039	48,0810394	1153,9449
20	14,6	41,5		1	26,9	1,3	2,5	0,04326798	0,10817	6,490197	64,9019704	1557,6473
21	14,9	41,5		1	26,6	0,3	2,5	0,0102565	0,0256413	1,538475	15,3847503	369,23401
22	16	41,5		1	25,5	1,1	2,5	0,038533664	0,0963342	5,7800496	57,800496	1387,2119
23	16,8	41,5		1	24,7	0,8	2,5	0,028987537	0,0724688	4,3481305	43,4813053	1043,5513
24	17,8	41,5		1	23,7	1	2,5	0,037457563	0,0936439	5,6186344	56,1863438	1348,4723
25	18,8	41,5		1	22,7	1	2,5	0,038915416	0,0972885	5,8373124	58,3731244	1400,955
26	19,5	41,5		1	22	0,7	2,5	0,028170877	0,0704272	4,2256315	42,2563155	1014,1516
27	20,4	41,5		1	21,1	0,9	2,5	0,037426406	0,093566	5,6139608	56,1396083	1347,3506
28	10,7	41,5	1	1	30,8	0	2,5	0	0	0	0	0
29	12	41,5		1	29,5	1,3	2,5	0,039821494	0,0995537	5,9732241	59,7322413	1433,5738
30	12,9	41,5		1	28,6	0,9	2,5	0,028528084	0,0713202	4,2792125	42,7921254	1027,011
31	13,8	41,5		1	27,7	0,9	2,5	0,029365895	0,0734147	4,4048842	44,0488422	1057,1722
32	14,8	41,5		1	26,7	1	2,5	0,033673215	0,084183	5,0509823	50,5098227	1212,2357
33	15,8	41,5		1	25,7	1	2,5	0,034846731	0,0871168	5,2270097	52,270097	1254,4823
34	16,7	41,5		1	24,8	0,9	2,5	0,032435276	0,0810882	4,8652914	48,6529136	1167,6699
35	17,7	41,5		1	23,8	1	2,5	0,037317763	0,0932944	5,5976645	55,9766445	1343,4395
36	18,4	41,5		1	23,1	0,7	2,5	0,026976588	0,0674415	4,0464882	40,4648815	971,15716

37	19,4	41,5		1	37	22,1	1	2,5	0,039845909	0,0996148	5,9768863	59,7688628	1434,4527
38	20,3	41,5		1	38	21,2	0,9	2,5	0,037271395	0,0931785	5,5907092	55,9070922	1341,7702
39	21,2	41,5		1	39	20,3	0,9	2,5	0,038714512	0,0967863	5,8071768	58,0717683	1393,7224
40	21,4	41,5		1	40	20,1	0,2	2,5	0,00881063	0,0220266	1,3215945	13,2159445	317,18267
41	11,5	41,5	1	1	41	30	0	2,5	0	0	0	0	0
42	12,5	41,5		1	42	29	1	2,5	0,031252544	0,0781314	4,6878815	46,8788153	1125,0916
44	14,5	41,5		2	44	27	2	1,25	0,065597282	0,0819966	4,9197962	49,1979619	1180,7511
46	16	41,5		2	46	25,5	1,5	1,25	0,052185753	0,0652322	3,9139315	39,1393149	939,34356
48	18,3	41,5		2	48	23,2	2,3	1,25	0,085713518	0,1071419	6,4285139	64,2851387	1542,8433
50	19,8	41,5		2	50	21,7	1,5	1,25	0,060138359	0,0751729	4,5103769	45,1037691	1082,4905
52	20,8	41,5		2	52	20,7	1	1,25	0,042200354	0,0527504	3,1650266	31,6502659	759,60638
54	12,5	41,5	1	2	54	29	0	1,25	0	0	0	0	0
56	14,3	41,5		2	56	27,2	1,8	1,25	0,0588405	0,0735506	4,4130375	44,130375	1059,129
58	16,2	41,5		2	58	25,3	1,9	1,25	0,066111025	0,0826388	4,9583269	49,5832688	1189,9985
60	18	41,5		2	60	23,5	1,8	1,25	0,066939483	0,0836744	5,0204612	50,204612	1204,9107
62	19,6	41,5		2	62	21,9	1,6	1,25	0,063513406	0,0793918	4,7635054	47,6350543	1143,2413
64	12,3	41,5	1	2	64	29,2	0	1,25	0	0	0	0	0
66	13,9	41,5		2	126	27,6	1,6	1,25	0,051791509	0,0647394	3,8843632	38,8436318	932,24716
68	15,7	41,5		2	126	25,8	1,8	1,25	0,061663367	0,0770792	4,6247525	46,2475253	1109,9406
70	17,7	41,5		2	126	23,8	2	1,25	0,073292865	0,0916161	5,4969649	54,9696491	1319,2716
72	19,2	41,5		2	126	22,3	1,5	1,25	0,058725286	0,0734066	4,4043965	44,0439645	1057,0551
74	21	41,5		2	126	20,5	1,8	1,25	0,075349437	0,0941868	5,6512078	56,5120779	1356,2899
76	22,4	41,5		2	126	19,1	1,4	1,25	0,062800901	0,0785011	4,7100676	47,1006759	1130,4162
78	12,8	41,5		2	126	28,7	0	1,25	0	0	0	0	0
80	14	41,5		2	126	27,5	1,2	1,25	0,039220713	0,0490259	2,9415535	29,4155349	705,97284
85	18	41,5		5	126	23,5	4	0,5	0,143100844	0,0715504	4,2930253	42,9302531	1030,3261
90	22,3	41,5		5	126	19,2	4,3	0,5	0,180784277	0,0903921	5,4235283	54,2352832	1301,6468
95	15	41,5		5	126	26,5	0	0,5	0	0	0	0	0
100	19,3	41,5		5	126	22,2	4,3	0,5	0,160492586	0,0802463	4,8147776	48,1477759	1155,5466
105	22,8	41,5		5	126	18,7	3,5	0,5	0,152802062	0,076401	4,5840619	45,8406186	1100,1748
110	26,2	41,5		5	126	15,3	3,4	0,5	0,174802724	0,0874014	5,2440817	52,4408173	1258,5796
115	15	41,5		5	126	26,5	0	0,5	0	0	0	0	0
120	19,9	41,5		5	126	21,6	4,9	0,5	0,185083989	0,092542	5,5525197	55,5251968	1332,6047
125	23	41,5		5	126	18,5	3,1	0,5	0,137689403	0,0688447	4,1306821	41,3068208	991,3637
130	26	41,5		5	126	15,5	3	0,5	0,15415068	0,0770753	4,6245204	46,2452039	1109,8849
135	28,8	41,5		5	126	12,7	2,8	0,5	0,16907633	0,0845382	5,0722899	50,722899	1217,3496

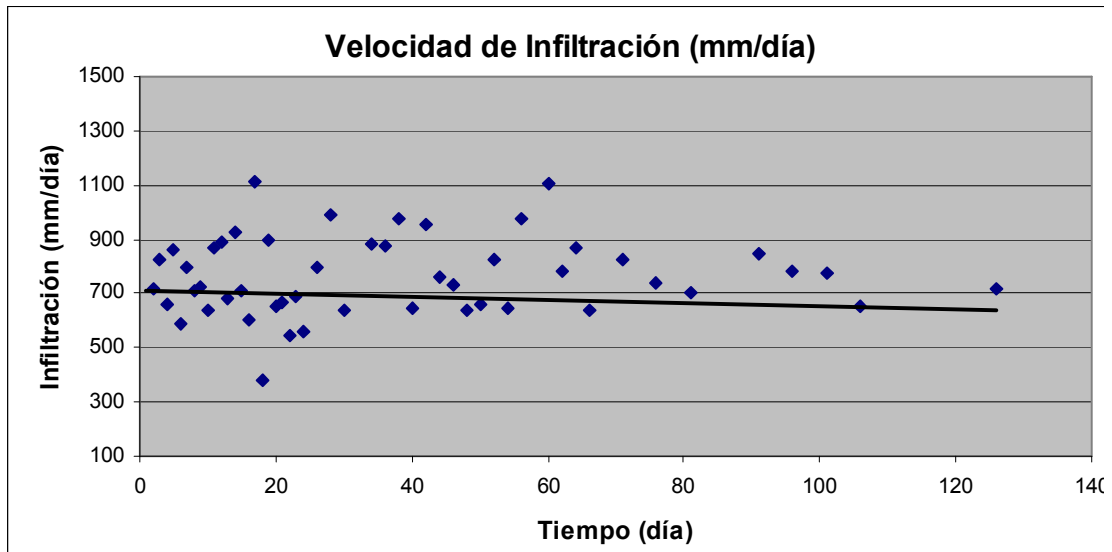


Velocidad de Infiltración: 1000 mm /día

Cuadro 2.22A Cálculo de la infiltración básica para el tratamiento de 75 %.

Unidad de muestreo: Tratamiento 75 %						Uso Actual: Bosque							
Lugar: Fca. Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.						Pendiente: 45 %							
Coordenadas: 15° 20' 30" Latitud Norte						Profundidad inicial: 60 cm							
90° 35' 08" Longitud oeste						Profundidad final: 59 cm.							
Altitud:						Duración de la prueba: 2 horas							
Tie mpo (min)	Profundi dad (cm)	Prof. Total (cm)	Intervalos muertos entre lecturas (min)	Tie. Acu m. (min)	Lectura (cm)	Difer. entre lecturas (cm)	f	In	Infiltración (cm/min)	Infiltración (cm/hora)	Infiltración (mm/hora)	Infiltración (mm/día)	
0		49	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	
1	11.1	49	1	1	37.9	11.1	2.5	0.243	0.607	36.41	364.13	8739.1	
2	11.9	49	1	2	37.1	0.8	2.5	0.02	0.05	3	30.001	720.02	
3	12.8	49	1	3	36.2	0.9	2.5	0.023	0.057	3.448	34.484	827.62	
4	13.5	49	1	4	35.5	0.7	2.5	0.018	0.046	2.738	27.38	657.12	
5	14.4	49	1	5	34.6	0.9	2.5	0.024	0.06	3.595	35.954	862.89	
6	15	49	1	6	34	0.6	2.5	0.016	0.041	2.446	24.457	586.97	
7	15.8	49	1	7	33.2	0.8	2.5	0.022	0.055	3.324	33.242	797.82	
8	16.5	49	1	8	32.5	0.7	2.5	0.02	0.05	2.97	29.704	712.89	
9	17.2	49	1	9	31.8	0.7	2.5	0.02	0.051	3.03	30.304	727.3	
10	17.8	49	1	10	31.2	0.6	2.5	0.018	0.044	2.647	26.471	635.31	
11	18.6	49	1	11	30.4	0.8	2.5	0.024	0.06	3.604	36.038	864.91	
12	19.4	49	1	12	29.6	0.8	2.5	0.025	0.062	3.692	36.925	886.2	
13	20	49	1	13	29	0.6	2.5	0.019	0.047	2.83	28.303	679.27	
14	20.8	49	1	14	28.2	0.8	2.5	0.026	0.064	3.859	38.587	926.1	
15	21.4	49	1	15	27.6	0.6	2.5	0.02	0.049	2.961	29.606	710.55	
16	21.9	49	1	16	27.1	0.5	2.5	0.017	0.042	2.513	25.126	603.03	
17	22.8	49	1	17	26.2	0.9	2.5	0.031	0.077	4.632	46.316	1111.6	
18	23.1	49	1	18	25.9	0.3	2.5	0.011	0.026	1.576	15.762	378.29	
19	23.8	49	1	19	25.2	0.7	2.5	0.025	0.062	3.744	37.435	898.44	
20	24.3	49	1	20	24.7	0.5	2.5	0.018	0.046	2.732	27.323	655.76	
21	24.8	49	1	21	24.2	0.5	2.5	0.019	0.046	2.783	27.83	667.92	
22	25.2	49	1	22	23.8	0.4	2.5	0.015	0.038	2.264	22.642	543.41	
23	25.7	49	1	23	23.3	0.5	2.5	0.019	0.048	2.879	28.792	691	
24	26.1	49	1	24	22.9	0.4	2.5	0.016	0.039	2.344	23.438	562.51	
26	27.2	49	2	26	21.8	1.1	1.3	0.044	0.055	3.32	33.205	796.91	
28	28.5	49	2	28	20.5	1.3	1.3	0.055	0.069	4.124	41.237	989.68	
30	29.3	49	2	30	19.7	0.8	1.3	0.035	0.044	2.655	26.551	637.23	
32	11.7	49	1	32	37.3	0	1.3	0	0	0	0	0	
34	13.6	49	2	34	35.4	1.9	1.3	0.049	0.061	3.669	36.687	880.48	
36	15.4	49	2	36	33.6	1.8	1.3	0.049	0.061	3.649	36.494	875.85	
38	17.3	49	2	38	31.7	1.9	1.3	0.054	0.068	4.055	40.55	973.21	
40	18.5	49	2	40	30.5	1.2	1.3	0.036	0.045	2.679	26.789	642.93	
42	20.2	49	2	42	28.8	1.7	1.3	0.053	0.066	3.967	39.667	952.01	
44	21.5	49	2	44	27.5	1.3	1.3	0.042	0.053	3.182	31.816	763.57	
46	22.7	49	2	46	26.3	1.2	1.3	0.041	0.051	3.062	30.616	734.8	
48	23.7	49	2	48	25.3	1	1.3	0.035	0.044	2.65	26.505	636.11	
50	24.7	49	2	50	24.3	1	1.3	0.037	0.046	2.748	27.476	659.41	

52	25.9	49		2	52	23.1	1.2	1.3	0.046	0.057	3.436	34.357	824.57
54	26.8	49		2	54	22.2	0.9	1.3	0.036	0.045	2.684	26.842	644.2
56	28.1	49		2	56	20.9	1.3	1.3	0.054	0.068	4.055	40.55	973.21
58	11.3	49	1	2	58	37.7	0	1.3	0	0	0	0	0
60	13.7	49		2	60	35.3	2.4	1.3	0.062	0.077	4.617	46.168	1108
62	15.3	49		2	62	33.7	1.6	1.3	0.043	0.054	3.244	32.437	778.5
64	17	49		2	64	32	1.7	1.3	0.048	0.06	3.607	36.075	865.8
66	18.2	49		2	66	30.8	1.2	1.3	0.035	0.044	2.655	26.551	637.23
71	21.8	49		5	71	27.2	3.6	0.5	0.114	0.057	3.432	34.323	823.75
76	24.7	49		5	76	24.3	2.9	0.5	0.103	0.051	3.082	30.824	739.77
81	27.2	49		5	81	21.8	2.5	0.5	0.098	0.049	2.938	29.378	705.06
86	14.5	49	1	5	86	34.5	0	0.5	0	0	0	0	0
91	18.6	49		5	91	30.4	4.1	0.5	0.117	0.059	3.523	35.234	845.61
96	22	49		5	96	27	3.4	0.5	0.109	0.055	3.272	32.725	785.39
101	25	49		5	101	24	3	0.5	0.107	0.054	3.217	32.174	772.17
106	27.3	49		5	106	21.7	2.3	0.5	0.091	0.045	2.724	27.238	653.7
116	17.7	49	1	10	116	31.3	0	0.3	0	0	0	0	0
126	23.8	49		10	126	25.2	6.1	0.3	0.199	0.05	2.985	29.854	716.5



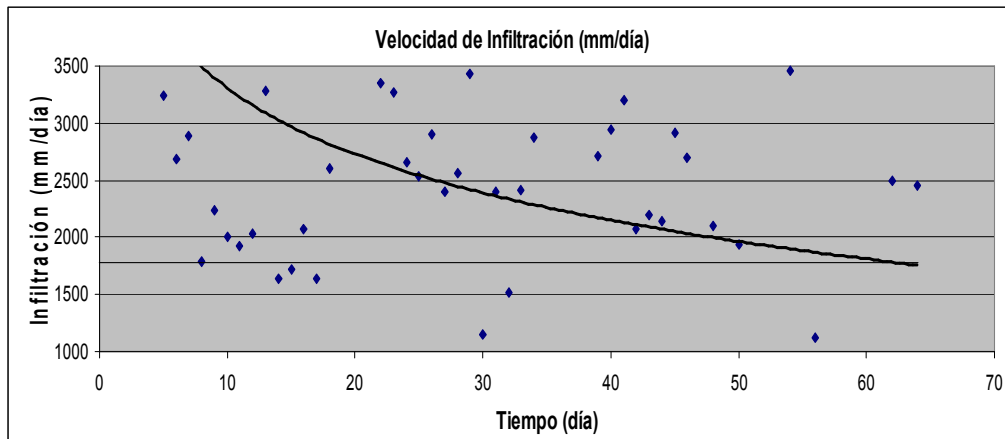
Velocidad de Infiltración: **586** mm/día

Cuadro 2.23A Cálculo de la infiltración básica para el tratamiento de 100 %.

Unidad de muestreo: 100 %	Uso Actual: Bosque
Lugar: Fca. Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.	Pendiente: 45 %
Coordenadas: 15° 20' 30" Latitud Norte	Profundidad inicial: 52 cm
90° 35' 08" Longitud oeste	Profundidad final: 52 cm.
Altitud:	Duración de la prueba: 1 hora 30 min.

Tiempo (min)	Profundidad (cm)	Prof. Total (cm)	Intervalos muertos entre lecturas (min)		Tie. Acum. (min)	Lectura (cm)	Difer. entre lecturas (cm)	f	ln	Infiltración (cm/min)	Infiltración (cm/hora)	Infiltración (mm/hora)	Infiltración (mm/día)
0		52		0	0	52	0	0	0	0	0	0	0
1	15	52		1	1	37	15	2.5	0.32	0.8048	48.29	482.9	11588
2	19	52		1	2	33	4	2.5	0.11	0.2669	16.02	160.2	3843.6
3	22.4	52		1	3	29.6	3.4	2.5	0.1	0.2517	15.1	151	3624.4
4	25.5	52		1	4	26.5	3.1	2.5	0.1	0.2539	15.23	152.3	3656.2
5	28	52		1	5	24	2.5	2.5	0.09	0.2254	13.52	135.2	3245.4
6	29.9	52		1	6	22.1	1.9	2.5	0.07	0.186	11.16	111.6	2678.3
7	31.8	52		1	7	20.2	1.9	2.5	0.08	0.201	12.06	120.6	2893.7
8	32.9	52		1	8	19.1	1.1	2.5	0.05	0.1242	7.451	74.51	1788.2
9	34.2	52		1	9	17.8	1.3	2.5	0.06	0.1552	9.311	93.11	2234.6
10	35.3	52		1	10	16.7	1.1	2.5	0.06	0.1393	8.357	83.57	2005.6
11	36.3	52		1	11	15.7	1	2.5	0.05	0.1337	8.023	80.23	1925.6
12	37.3	52		1	12	14.7	1	2.5	0.06	0.1413	8.477	84.77	2034.4
13	38.8	52		1	13	13.2	1.5	2.5	0.09	0.2281	13.69	136.9	3285
14	39.5	52		1	14	12.5	0.7	2.5	0.05	0.114	6.842	68.42	1642
15	40.2	52		1	15	11.8	0.7	2.5	0.05	0.1195	7.169	71.69	1720.5
16	41	52		1	16	11	0.8	2.5	0.06	0.1439	8.635	86.35	2072.5
17	41.6	52		1	17	10.4	0.6	2.5	0.05	0.1137	6.819	68.19	1636.6
18	42.5	52		1	18	9.5	0.9	2.5	0.07	0.1808	10.85	108.5	2603.5
19	16.1	52	1	1	19	35.9	0	2.5	0	0	0	0	0
20	20.6	52		1	20	31.4	4.5	2.5	0.12	0.3116	18.7	187	4487.1
21	24.1	52		1	21	27.9	3.5	2.5	0.11	0.2724	16.35	163.5	3923
22	26.8	52		1	22	25.2	2.7	2.5	0.09	0.2325	13.95	139.5	3348.4
23	29.2	52		1	23	22.8	2.4	2.5	0.09	0.2266	13.59	135.9	3262.6
24	31	52		1	24	21	1.8	2.5	0.07	0.1845	11.07	110.7	2656.9
25	32.6	52		1	25	19.4	1.6	2.5	0.07	0.1763	10.58	105.8	2538.5
26	34.3	52		1	26	17.7	1.7	2.5	0.08	0.202	12.12	121.2	2908.9
27	35.6	52		1	27	16.4	1.3	2.5	0.07	0.1663	9.978	99.78	2394.7
28	36.9	52		1	28	15.1	1.3	2.5	0.07	0.1782	10.69	106.9	2565.5
29	38.5	52		1	29	13.5	1.6	2.5	0.1	0.2383	14.3	143	3431.2
30	39	52		1	30	13	0.5	2.5	0.03	0.0794	4.762	47.62	1143
31	40	52		1	31	12	1	2.5	0.07	0.1667	10	100	2400.9
32	40.6	52		1	32	11.4	0.6	2.5	0.04	0.1056	6.339	63.39	1521.4
33	41.5	52		1	33	10.5	0.9	2.5	0.07	0.1673	10.04	100.4	2409.8
34	42.5	52		1	34	9.5	1	2.5	0.08	0.2001	12.01	120.1	2881.5
35	17	52	1	1	35	35	0	2.5	0	0	0	0	0

36	20.8	52		1	36	31.2	3.8	2.5	0.11	0.2671	16.03	160.3	3846.4
37	24	52		1	37	28	3.2	2.5	0.1	0.2494	14.97	149.7	3591.8
38	27	52		1	38	25	3	2.5	0.1	0.2589	15.53	155.3	3727.5
39	29	52		1	39	23	2	2.5	0.08	0.1888	11.33	113.3	2718.3
40	31	52		1	40	21	2	2.5	0.08	0.2042	12.25	122.5	2940.4
41	33	52		1	41	19	2	2.5	0.09	0.2224	13.34	133.4	3202.1
42	34.2	52		1	42	17.8	1.2	2.5	0.06	0.1436	8.615	86.15	2067.6
43	35.4	52		1	43	16.6	1.2	2.5	0.06	0.1523	9.14	91.4	2193.6
44	36.5	52		1	44	15.5	1.1	2.5	0.06	0.1483	8.897	88.97	2135.4
45	37.9	52		1	45	14.1	1.4	2.5	0.08	0.2024	12.15	121.5	2914.9
46	39.1	52		1	46	12.9	1.2	2.5	0.08	0.1876	11.26	112.6	2701.3
48	40.8	52		2	48	11.2	1.7	1.25	0.12	0.1462	8.773	87.73	2105.5
50	42.2	52		2	50	9.8	1.4	1.25	0.11	0.1347	8.085	80.85	1940.3
52	42.5	52		2	52	9.5	0.3	1.25	0.02	0.0309	1.852	18.52	444.47
54	44.6	52		2	54	7.4	2.1	1.25	0.19	0.2405	14.43	144.3	3462.7
56	45.2	52		2	56	6.8	0.6	1.25	0.06	0.0782	4.689	46.89	1125.4
58	20.8	52	1	2	58	31.2	0	1.25	0	0	0	0	0
60	27.5	52		2	60	24.5	6.7	1.25	0.22	0.2771	16.62	166.2	3989.9
62	31	52		2	62	21	3.5	1.25	0.14	0.1735	10.41	104.1	2499.1
64	34	52		2	64	18	3	1.25	0.14	0.1707	10.24	102.4	2458.4
66	37	52		2	66	15	3	1.25	0.16	0.1978	11.87	118.7	2848
68	39	52		2	68	13	2	1.25	0.12	0.1517	9.102	91.02	2184.5
70	40.5	52		2	70	11.5	1.5	1.25	0.1	0.1272	7.634	76.34	1832.1
72	42	52		2	72	10	1.5	1.25	0.11	0.1417	8.5	85	2039.9
74	43.5	52		2	74	8.5	1.5	1.25	0.13	0.1598	9.588	95.88	2301
76	44.9	52		2	76	7.1	1.4	1.25	0.14	0.1702	10.21	102.1	2450.4



Velocidad de Infiltración: **1750** mm/día

Cuadro 2.24A Estimación de la evapotranspiración por el método de Hargreaves

ESTIMACIÓN DE ETP
METODO DE HARGREAVES

Mes	Temp. °C	RS (mm/día)	RMM	Duración del día (h)	S (%)	Radiación Solar Mensual	ETP (mm)
Enero	19.4	12.40	384.40	11.3	7.78	96.91	48.58
Febrero	16.9	13.60	380.80	11.6	7.98	97.27	45.60
Marzo	20.7	14.90	461.90	12	8.26	120.01	62.32
Abril	21.2	15.70	471.00	12.5	8.60	124.89	65.75
Mayo	20.4	15.00	465.00	12.8	8.81	124.77	64.27
Junio	16.9	15.70	471.00	13	8.95	127.37	59.68
Julio	19.1	15.70	486.70	12.9	8.88	131.10	65.24
Agosto	21.7	15.70	486.70	12.6	8.67	129.57	69.07
Septiembre	22.5	15.10	453.00	12.2	8.40	118.67	64.50
Octubre	21.7	14.10	437.10	11.8	8.12	112.61	60.07
Noviembre	19.6	12.80	384.00	11.4	7.85	97.24	49.05
Diciembre	19.1	12.00	372.00	11.2	7.71	93.37	46.48
				145.3	100.00		700.60

Cuadro 2.25A Balance hídrico de suelos por el método de Gunther Schosinsky para el tratamiento de 50 % de cobertura.

**BALANCE HÍDRICO DE SUELOS
GUNTHER SCHOSINSKY
TRATAMIENTO 50 %
Santa Cruz Verapaz, A. V.**

Zona de Estudio: Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V.

Uso del Suelo: Bosque de Pino

Textura de Suelo: Franco Arenoso

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.

I: Infiltración.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.

(CC-PM): Rango de Agua Disponible.

DS: Densidad de Suelo.

C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR

C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR

Kp: Factor por pendiente (ver léame)

Kv: Factor por vegetación (ver léame)

Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.

Pi: Precipitación que infiltra.

ESC: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

HSi: Humedad de Suelo Inicial.

HD: Humedad Disponible

HSf: Humedad de Suelo Final.

DCC: Déficit de Capacidad de Campo.

Rp: Recarga Potencial

NR: Necesidad de Riego.

Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	1500.00		
Kp [0.01%]	0.06		
Kv [0.01%]	0.20		
Kfc [0.01%]	0.99862984		
I [0.01%]	1		
DS (g/cm ³):	0.69		
PR (mm)	2000.00		
HSi (mm)	1130.69		
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	6		
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.26		
		por peso	
		(%)	(mm)
		81.97	1130.69
		39.40	543.48
		42.57	587.21

Cuadro 2.26A Balance hídrico de suelos por el método de Gunther Schosinsky para el tratamiento de 67 % de cobertura.

**BALANCE HÍDRICO DE SUELOS
GUNTHER SCHOSINSKY
TRATAMIENTO 67 %
Santa Cruz Verapaz, A. V.**

Zona de Estudio: Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V.

Uso del Suelo: Bosque de Pino

Textura de Suelo: Franco Arenoso

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.

I: Infiltración.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.

(CC-PM): Rango de Agua Disponible.

DS: Densidad de Suelo.

C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR

C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR

Kp: Factor por pendiente (ver léame)

Kv: Factor por vegetación (ver léame)

Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.

Pi: Precipitación que infiltra.

ESC: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

HSi: Humedad de Suelo Inicial.

HD: Humedad Disponible

HSf: Humedad de Suelo Final.

DCC: Déficit de Capacidad de Campo.

Rp: Recarga Potencial

NR: Necesidad de Riego.

Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	1500.00		
Kp [0.01%]	0.06		
Kv [0.01%]	0.20		
Kfc [0.01%]	0.967371		
I [0.01%]	1		
DS (g/cm ³):	0.61		
PR (mm)	2000.00		
HSi (mm)	1033.52		
Nº de mes con que inicia HSi; 1,2,3...12?	6		
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.31		
		por peso	
		(%)	(mm)
		CC	1033.52
		PM	804.42
		(CC-PM)	229.11

Cuadro 2.27A Balance hídrico de suelos por el método de Gunther Schosinsky para el tratamiento de 75 % de cobertura.

BALANCE HÍDRICO DE SUELOS
GUNTHER SCHOSINSKY
TRATAMIENTO 75 %
Santa Cruz Verapaz, A. V.

Zona de Estudio: Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V.

Uso del Suelo: Bosque de Pino

Textura de Suelo: Franco Arenoso

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.

I: Infiltración.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.

(CC-PM): Rango de Agua Disponible.

DS: Densidad de Suelo.

C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR

C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR

Kp: Factor por pendiente (ver léame)

Kv: Factor por vegetación (ver léame)

Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.

Pi: Precipitación que infiltra.

ESC: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

HSi: Humedad de Suelo Inicial.

HD: Humedad Disponible

HSf: Humedad de Suelo Final.

DCC: Déficit de Capacidad de Campo.

Rp: Recarga Potencial

NR: Necesidad de Riego.

Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	586.00		
Kp [0.01%]	0.06		
Kv [0.01%]	0.20		
Kfc [0.01%]	0.888432		
I [0.01%]	1		
DS (g/cm ³):	0.65		
PR (mm)	2000.00		
HSi (mm)	1199.56		
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	6		
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.36		
		por peso	
		(%)	(mm)
		92.96	1199.56
CC			
		68.67	886.12
PM			
(CC-PM)		24.29	313.44

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	260.95	70.40	79.21	41.60	229.75	461.8	318.2	143	106	249.7	138.80	69.10	2168.51
Ret [mm]	93.94	25.34	28.52	14.98	82.71	166.25	114.55	51.48	38.16	89.89	49.97	24.88	780.66
Pi (mm)	167.01	45.06	50.69	26.62	147.04	295.55	203.65	91.52	67.84	159.81	88.83	44.22	1387.85
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	48.58	45.60	62.32	65.75	64.27	59.68	65.24	69.07	64.50	60.07	49.05	46.48	700.60
HSi (mm)	1197.47	1199.56	1199.05	1188.63	1154.76	1199.56	1199.56	1199.56	1199.56	1199.56	1199.56	1199.56	
C1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
C2	1.00	1.00	0.96	0.84	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	
HD (mm)	478.36	358.49	363.63	329.14	415.68	608.99	517.09	404.96	381.28	473.25	402.27	357.66	
ETR (mm)	48.58	45.56	61.11	60.50	64.27	59.68	65.24	69.07	64.50	60.07	49.05	46.31	693.94
HSf (mm)	1199.56	1199.05	1188.63	1154.76	1199.56	1199.56	1199.56	1199.56	1199.56	1199.56	1199.56	1197.47	
DCC (mm)	0.00	0.50	10.92	44.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.09	
Rp (mm)	116.34	0.00	0.00	0.00	37.97	235.87	138.41	22.45	3.34	99.74	39.79	0.00	693.90
NR (mm)	0.00	0.54	12.13	50.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.26	64.97

Cuadro 2.28A Balance hídrico de suelos por el metodo de Gunther Schosinsky para el tratamiento de 100 % de cobertura.

BALANCE HÍDRICO DE SUELOS
GUNTHER SCHOSINSKY
TRATAMIENTO 100 %
Santa Cruz Verapaz, A. V.

Zona de Estudio: Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V.

Uso del Suelo: Bosque de Pino

Textura de Suelo: Franco Arenoso

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.

I: Infiltración.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.

(CC-PM): Rango de Agua Disponible.

DS: Densidad de Suelo.

C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR

C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR

Kp: Factor por pendiente (ver léame)

Kv: Factor por vegetación (ver léame)

Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.

Pi: Precipitación que infiltra.

ESC: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

HSi: Humedad de Suelo Inicial.

HD: Humedad Disponible

HSf: Humedad de Suelo Final.

DCC: Déficit de Capacidad de Campo.

Rp: Recarga Potencial

NR: Necesidad de Riego.

Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	1750.00			
Kp [0.01%]	0.06			
Kv [0.01%]	0.20			
Kfc [0.01%]	1			
I [0.01%]	1			
DS (g/cm ³):	0.59			
PR (mm)	2000.00			
HSi (mm)	1052.05			
Nº de mes con que inicia HSi; 1,2,3...12?	6			
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.37			
		por peso		
		(%)	(mm)	
		CC	89.43	1052.05
		PM	68.59	806.89
		(CC-PM)	20.84	245.16

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	260.95	70.40	79.21	41.60	229.75	461.8	318.2	143	106	249.7	138.80	69.10	2168.51
Ret [mm]	96.55	26.05	29.31	15.39	85.01	170.87	117.73	52.91	39.22	92.39	51.36	25.57	802.35
Pi (mm)	164.40	44.35	49.90	26.21	144.74	290.93	200.47	90.09	66.78	157.31	87.44	43.53	1366.16
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	48.58	45.60	62.32	65.75	64.27	59.68	65.24	69.07	64.50	60.07	49.05	46.48	700.60
HSi (mm)	1049.39	1052.05	1050.92	1040.23	1007.58	1052.05	1052.05	1052.05	1052.05	1052.05	1052.05	1052.05	
C1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
C2	1.00	0.99	0.94	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	
HD (mm)	406.89	289.51	293.93	259.54	345.43	536.10	445.63	335.25	311.94	402.47	332.61	288.69	
ETR (mm)	48.58	45.48	60.60	58.86	64.27	59.68	65.24	69.07	64.50	60.07	49.05	46.20	691.60
HSf (mm)	1052.05	1050.92	1040.23	1007.58	1052.05	1052.05	1052.05	1052.05	1052.05	1052.05	1052.05	1049.39	
DCC (mm)	0.00	1.13	11.83	44.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.67	
Rp (mm)	113.15	0.00	0.00	0.00	35.99	231.25	135.23	21.02	2.28	97.24	38.40	0.00	674.56
NR (mm)	0.00	1.25	13.55	51.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.95	69.11

CAPÍTULO III

**INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LA SUBREGIÓN II – 1 DEL INSTITUTO
NACIONAL DE BOSQUES, TACTIC, ALTA VERAPAZ.**

1 PRESENTACIÓN

El INAB y su proyecto de Investigación Forestal poseen ciertas líneas de investigación, una de las cuales es el Manejo Forestal e Impacto Hidrológico, la cual se basa en determinar la intensidad de uso permisible de una masa forestal sin causar daños irreversibles en el ambiente, particularmente en el rendimiento hídrico y erosión de suelos, y con ello contribuir al manejo de presiones socio ambientales, asociadas con los impactos hidrológicos y edáficos en zonas intervenidas forestalmente.

El proyecto CEFÉ del INAB, tiene bajo su responsabilidad la implementación de proyectos piloto para la conservación y manejo de áreas de recarga hídrica críticas en el país. Además tiene bajo su cargo el programa de investigación en hidrología forestal el cual es la base para la implementación de la línea de investigación antes mencionada.

Como parte de las investigaciones relacionadas al tema se implementó una estación hidrológica forestal que pretende implementar procedimientos que permitan monitorear y comparar, el efecto que se produce en el comportamiento hidrológico de una microcuenca hidrográfica, sometida a uso forestal (plantación de coníferas) con prácticas silviculturales.

La implementación de la estación hidrológica es responsabilidad del INAB, por medio de sus dependencias Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos, Investigación Forestal y Subregión II-1. A la vez, el INAB, cuenta con el apoyo de socios como la empresa W.E. Diesseldorff, propietaria de la finca, y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, FAUSAC, en aspectos técnico-científicos y por medio de su Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-; los estudiantes del EPS son quienes están encargados directamente de la toma de datos y el mantenimiento de la estación.

Además de lo mencionado anteriormente, también se presta apoyo técnico a la Subregión II – 1, en sus actividades, por ser una de las Subregiones con más trabajo en el área.

2 JUSTIFICACIÓN

Debido a que la implementación de la estación hidrológica es responsabilidad del INAB, éste cuenta con el apoyo de la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala, por medio de sus estudiantes de EPS para el monitoreo de la estación y de los profesores como apoyo técnico científico.

Además la Subregión II – 1, que es la cede de los EPS de la Facultad de Agronomía, por la falta de personal y la magnitud del trabajo que se desarrolla en dicha Subregión, necesita del apoyo técnico, tanto de Universidades como de Colegios que desarrollan carreras afines al tema de manejo forestal, así han recibido el apoyo de las Universidades San Carlos de Guatemala y Rafael Landívar por medio de sus prácticas o EPS, también reciben el apoyo de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA), la ESTEFOR de Huehuetenango y el Instituto Técnico en Recursos Naturales (ITERN).

En 1997, surge el Programa de Incentivos Forestales, PINFOR, como una herramienta de la política forestal nacional a largo plazo, que tiene vigencia hasta el año 2017 para la recuperación de zona boscosas en el país.

Este programa tiene áreas prioritarias dentro de las cuales está Alta Verapaz, razón por la cual la Subregión es una de las que posee mayores cargas de trabajo junto con Cobán y se les hace difícil la sistematización de la información, por lo cual se requiere de la elaboración de la base de datos para ordenar expedientes.

3. SERVICIO 1: Apoyo en el monitoreo de estaciones climáticas de la microcuenca Río Frío ubicada dentro de la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.

3.1 ANTECEDENTES

El proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos (CEFE), del Instituto Nacional de Bosques (INAB) tiene bajo su responsabilidad la implementación de proyectos piloto para la conservación y manejo de áreas de recarga hídrica críticas en el país. Con estas actividades se pretende cumplir con los siguientes fines: la generación de información básica, desarrollo e implementación de mecanismos de internalización de costos de conservación de bosques, validación de medidas técnicas de mitigación de impactos negativos del manejo forestal, y desarrollo de bosques modelos de manejo forestal en áreas de recarga hídrica.

Además se están realizando trabajos sobre identificación y priorización de zonas de recarga hídrica y cuantificando la demanda de servicios propios de la administración forestal.

Dentro de las acciones realizadas, se ha trabajado en cooperación con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la definición de la metodología para identificar tierras forestales de captación y regulación hidrológica a nivel de cuencas y su aplicación en el campo en cuatro regiones naturales del país; y recientemente, el INAB preparó un programa marco en investigación de hidrología forestal.

Actualmente, se tiene implementada una estación experimental demostrativa en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A. V., en la cual se ha desarrollado una serie de actividades con el objetivo específico de determinar funciones que expliquen la relación entre el bosque y su manejo. Dicha estación opera en la finca desde hace ya cuatro años.

La estación hidrológica forestal pretende implementar procedimientos que permitan monitorear y comparar, el efecto que se produce en el comportamiento hidrológico de una microcuenca hidrográfica, sometida a uso forestal (plantación de coníferas) con prácticas silviculturales.

La implementación de la estación hidrológica es responsabilidad del INAB, por medio de sus dependencias Proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos, Proyecto de Investigación Forestal y Subregión II-1. A la vez, el INAB, cuenta con el apoyo de socios como la

empresa W.E. Diesseldorff, propietaria de la finca, y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, FAUSAC, en aspectos técnico-científicos.

3.1 OBJETIVOS

- 3.1.1 Monitorear el caudal del afluente principal de la microcuenca Río Frío.
- 3.1.2 Monitorear la precipitación pluvial diariamente registrada en las dos estaciones instaladas dentro de la microcuenca.
- 3.1.3 Monitorear la temperatura máxima y mínima diaria registrada en los termómetros de las dos estaciones instaladas dentro de la microcuenca.
- 3.1.4 Sistematizar la información climática generada durante el año 2006 de la microcuenca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Fase de campo

3.2.1.1 Monitoreo de estaciones climáticas

Dentro de la Finca Río Frío está ubicada la microcuenca que lleva el mismo nombre; en esta microcuenca se encuentran instaladas dos estaciones climatológicas en las cuales se miden datos básicos como el caudal del cauce principal, la temperatura y la precipitación.

Estas dos estaciones se encuentran situadas en la parte baja y en la parte alta de la microcuenca, la primera situada a 1440 msnm y la segunda situada a 1520 msnm.

El monitoreo de las estaciones climáticas constó básicamente de tres partes las cuales se describen a continuación:

a. Medición de la precipitación pluvial

Para la medición de la precipitación se utilizaron los pluviómetros instalados en las dos estaciones ubicadas dentro de la microcuenca, como se muestra en la Figura 3.1. La medición se hizo con una probeta graduada en mm, anotándose diariamente los datos en las boletas respectivas. Al finalizar cada mes se hizo una sumatoria de la precipitación diaria reportada y se entregó un informe de ésta al CEFÉ.



Figura 3.1 Medición de la precipitación pluvial en al estación ubicada en la parte baja de la microcuenca.

b. Medición de la temperatura

La medición de la temperatura se hizo tanto en la estación de la parte baja de la microcuenca como en la estación de la parte alta de la microcuenca. Para la medición de estos datos se utilizaron termómetros de máximas y mínimas, como se muestra en la Figura 3.2, los datos obtenidos diariamente se anotaron en boletas diseñadas para este fin.



Figura 3.2 Termómetro de máximas y mínimas utilizado para la medición de temperatura.

c. Medición de caudales diarios

Se midió la profundidad del caudal que pasa por un canal de aforo construido en el cauce del río, como se muestra en la Figura 3.3, con una regla graduada en centímetros. Esta medición se hizo diariamente y los registros se anotaron en boletas diseñadas para este fin.



Figura 3.3 Medición de la profundidad del caudal que pasa por el canal de aforo ubicado en el cauce principal de la microcuenca.

3.2.2 Fase de gabinete

Al finalizar cada mes se alimentó la base de datos del Proyecto de Conservación de Ecosistemas forestales Estratégicos (CEFE) del Instituto Nacional de Bosques (INAB) con los registros tomados a lo largo del mes y al finalizar el período de prácticas se sintetizó la información obtenida.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Precipitación mensual durante los meses de Febrero a Noviembre de 2006.

En el Cuadro 3.1 se presentan los registros de precipitación mensual, ocurridos tanto en la parte baja como en la parte alta de la microcuenca Río Frío.

Cuadro 3.1 Precipitación mensual registrada en la microcuenca Río Frío durante los meses de Febrero a Noviembre de 2006.

MES	ESTACIÓN PARTE BAJA		ESTACIÓN PARTE ALTA	
	pp. mensual (mm)	pp. media diaria (mm)	pp. mensual (mm)	pp. media diaria (mm)
Feb-06	70.40	2.51	120.65	4.31
Mar-06	141.45	4.56	141.45	4.56
Abr-06	41.60	1.39	62.05	2.07
May-06	229.75	7.41	208.90	6.74
Jun-06	542.10	18.07	548.10	18.27
Jul-06	244.40	7.88	264.95	8.55
Ago-06	118.95	3.84	117.95	3.80
Sep-06	161.70	5.39	156.00	5.20
Oct-06	135.08	4.36	129.48	4.18
Nov-06	108.45	3.62	102.95	3.43

Como se puede observar en el Cuadro 3.1 y en la Figura 3.4, la precipitación en la microcuenca Río Frío se mantuvo estable durante todo el año encontrándose únicamente un período lluvioso, es decir, un período donde ocurre la mayor cantidad de precipitación, este período es el comprendido entre mayo y julio que comprenden una precipitación entre los tres meses de 1016.25 mm para la parte baja de la microcuenca y 1021.95 mm para la parte alta de la microcuenca. Estos datos corresponden al 56 % de la precipitación ocurrida durante todo el período para las dos estaciones.

Podemos observar que se encuentran dos períodos secos durante el tiempo que se tomaron datos los cuales corresponden de Febrero a Abril y de Agosto a Noviembre, encontrándose que el mes donde ocurrió menor precipitación fue el mes de abril con 41.60 mm y 62.05 para la parte baja y alta de la microcuenca respectivamente.

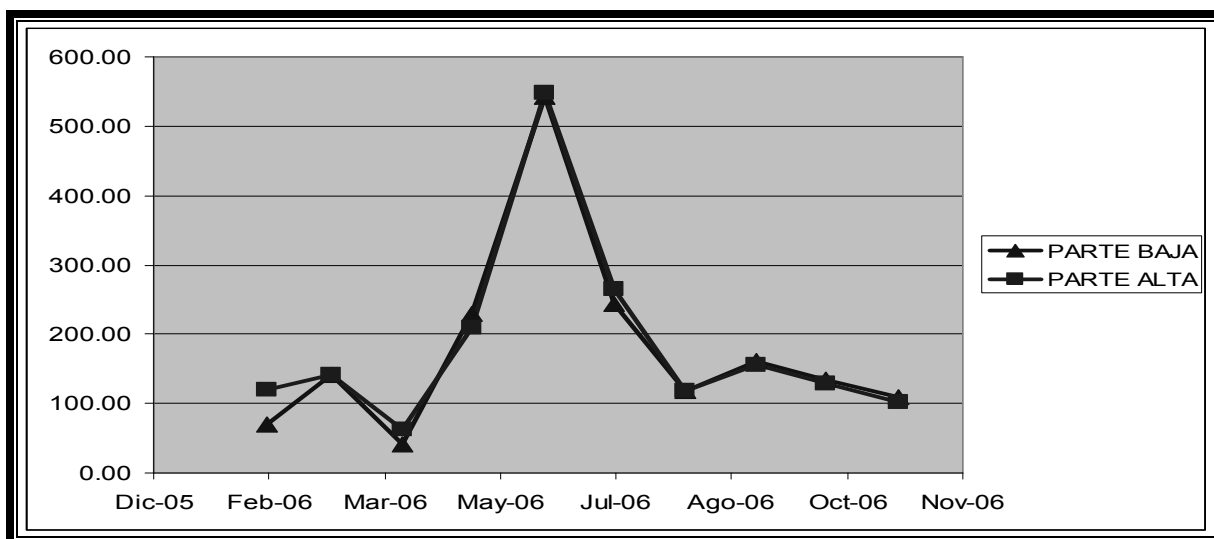


Figura 3.4 Precipitación ocurrida en la parte baja y alta de la microcuenca Río Frío.

3.3.2 Temperatura media mensual durante los meses de febrero a Noviembre de 2006.

En el Cuadro 3.2, se presentan los registros de temperatura de las estaciones instaladas dentro de la microcuenca Río Frío en la Finca que lleva el mismo nombre.

Cuadro 3.2 Temperatura media diaria registrada en la Finca Río Frío durante los meses de Febrero a Noviembre.

MES	Parte Baja	Parte Alta	Temperatura media diaria de la microcuenca
	T media diaria (°C)	T media diaria (°C)	
Feb-06	18.25	16.95	17.60
Mar-06	23.91	19.35	21.63
Abr-06	25.12	21.22	23.17
May-06	22.72	19.06	20.89
Jun-06	17.34	16.23	16.78
Jul-06	19.27	18.19	18.73
Ago-06	21.04	20.04	20.54
Sep-06	22.43	20.52	21.47
Oct-06	21.73	21.70	21.72
Nov-06	19.62	18.03	18.82

Según la Figura 3.5, la temperatura media diaria de la microcuenca es de 20 °C, elevándose durante los meses de marzo, abril, mayo y descendiendo en los meses de junio y julio para estabilizarse nuevamente en los meses de agosto septiembre octubre y descendiendo en el mes de noviembre.

Podemos observar también, el cambio leve de temperatura que existe entre la estación de la parte alta con la estación de la parte baja, esto se debe que el coeficiente de temperatura por cada metro de diferencia en altura entre cada estación es de 0.02 °C, por lo que por cada 100 m de ascensión se supone una pérdida de temperatura de 2 °C aproximadamente, para las condiciones específicas de esta microcuenca.

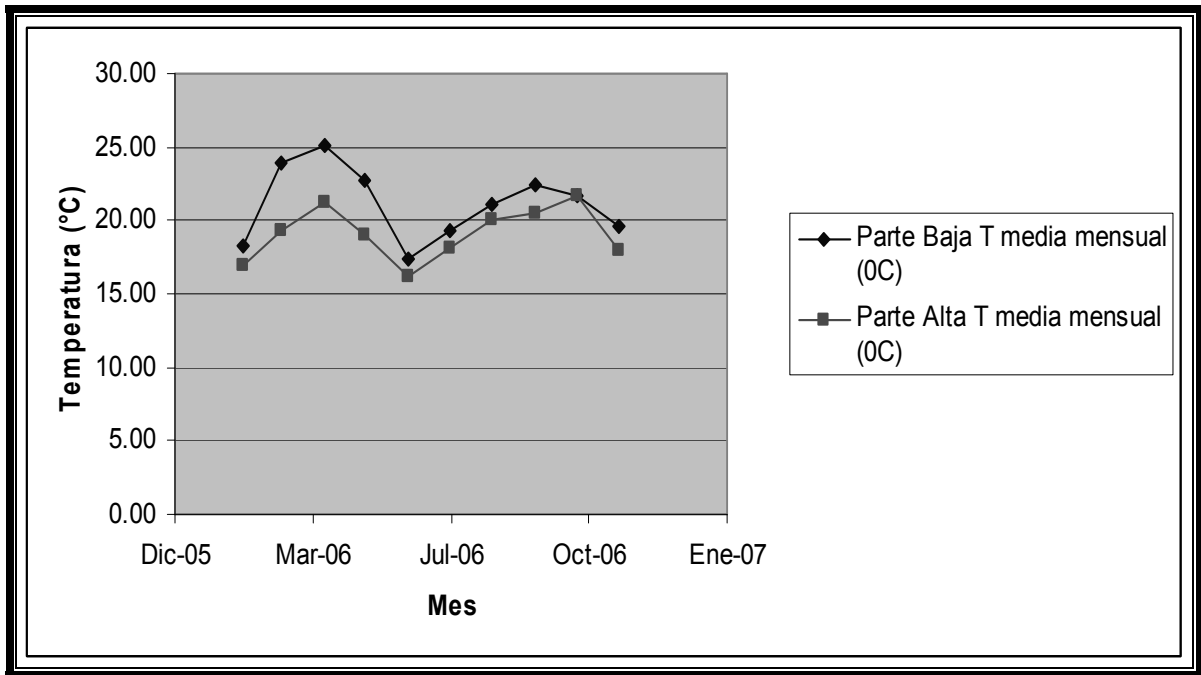


Figura 3.5 Temperatura media mensual para las estaciones ubicadas dentro de la microcuenca Río Frío.

Con los datos de temperatura podemos calcular la evapotranspiración utilizando el método diseñado por Hargreaves, el cual es una ecuación específica para la región Centroamericana y de los más prácticos y confiables. La ecuación se describe a continuación:

$$ETP = 0.0075 \times TMF \times RSM$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial en mm/mes

TMF: Temperatura media mensual

RSM: Radiación solar incidente mensual

En el cuadro 3.3, podemos observar los valores de la evapotranspiración mensual calculados utilizando este método, dato que nos servirá para realizar un climadiagrama.

Cuadro 3.3 Evapotranspiración mensual ocurrida de Febrero a Noviembre de 2006.

Mes	Evapotranspiración
Feb-06	46.5
Mar-06	63.9
Abr-06	69.0
May-06	65.1
Jun-06	59.4
Jul-06	64.6
Ago-06	67.0
Sep-06	62.9
Oct-06	60.0
Nov-06	48.0

Según la Figura 3.6, se puede apreciar el comportamiento de la precipitación, evapotranspiración y la temperatura, durante los meses de monitoreo. En ésta se puede notar un incremento de la precipitación en los meses de mayo a julio y una disminución en la temperatura en dichos meses, aunque también se puede observar que la precipitación se mantiene constante

en el resto del año al igual que la temperatura por lo que se puede decir que durante el año 2006 el invierno ocurrió durante estos meses.

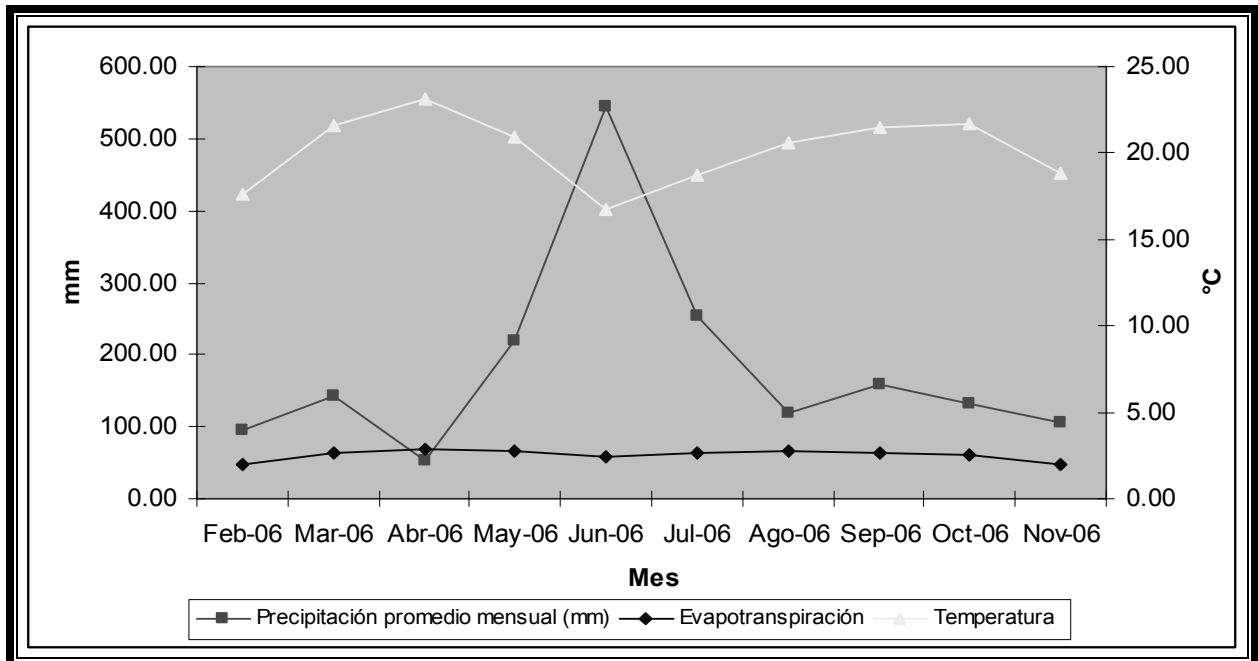


Figura 3.6 Climadiagrama de la microcuenca Río Frío.

El mes seco fue abril, donde también se puede observar un pequeño aumento en la temperatura, mes en el que la evapotranspiración es un poco mayor que la precipitación lo que indica un déficit hídrico durante este mes.

La precipitación en febrero, marzo y de agosto a noviembre se encuentra en un rango medio de 100mm y de mayo a julio en un rango promedio de 350 mm ocurriendo la mayor precipitación en junio, la cual fue de 545 mm promedio. La temperatura mayor en el mes de abril, con 23.17 grados centígrados y la menor en junio con 16.78 grados centígrados. La evapotranspiración se mantiene por debajo que la precipitación durante todos los meses exceptuando abril como ya se había mencionado lo que indica que en esta región todo el año se mantiene húmedo.

3.3.3 Caudal diario durante los meses de Febrero a Noviembre de 2006

En el Cuadro 3.4 y Figura 3.7 podemos observar los resultados de los registros del caudal medio mensual del afluente principal de la microcuenca ocurridos durante los meses de monitoreo (Febrero – Noviembre).

Cuadro 3.4 Caudales medios mensuales de la microcuenca Río Frío durante el período de Febrero a Noviembre de 2006.

MES	CAUDAL MEDIO MENSUAL	CAUDAL MEDIO MENSUAL
	(l / s)	(m ³ / s)
FEBRERO	36.7	0.037
MARZO	20.1	0.020
ABRIL	15.6	0.016
MAYO	13.3	0.013
JUNIO	200.7	0.201
JULIO	202.2	0.202
AGOSTO	137.3	0.137
SEPTIEMBRE	68.0	0.068
OCTUBRE	107.7	0.108
NOVIEMBRE	147.4	0.147

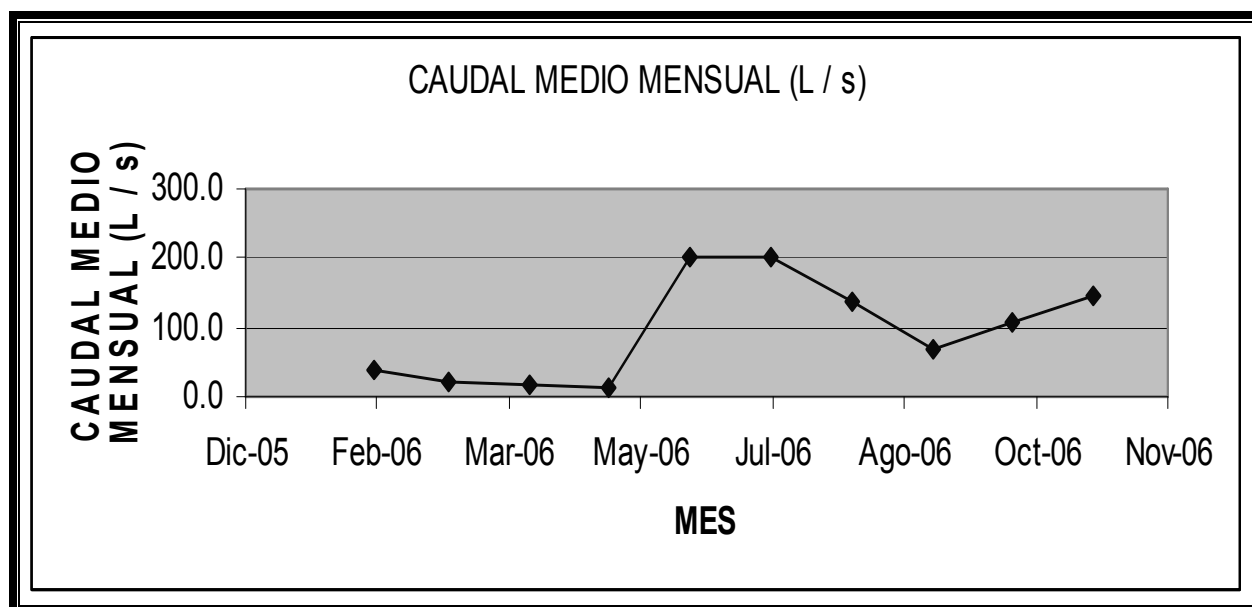


Figura 3.7 Comportamiento del caudal medio mensual durante los meses de Febrero a Noviembre de 2006 en la microcuenca Río Frío.

Según la Figura 3.7 podemos observar el comportamiento del caudal medio mensual durante los meses de monitoreo; en esta Figura notamos que dicho comportamiento se mantiene

poco estable durante el año, registrándose su caudal más bajo durante el mes de mayo (13.3 l / s), e incrementándose éste en los meses de junio y julio, siendo éste el punto máximo en cuanto a caudal a lo largo del año con 202.2 l / s coincidiendo con el tiempo donde la precipitación pluvial es mayor, lo que favorece al incremento del caudal.

Podemos observar también como durante el mes de agosto ocurre una disminución en el caudal siendo este de 137.3 l / s pero los caudales mínimos ocurrieron durante los meses febrero, marzo, abril y mayo con valores de 36.7 l / s, 20.1 l / s, 15.6 l / s y 13.3 l / s respectivamente. El caudal medio mínimo ocurrió durante el mes de mayo.

3.5 CONCLUSIONES

- a.** La precipitación en el área se mantuvo más o menos estable durante el año, encontrándose un periodo lluvioso que se encuentra en los meses de mayo a julio donde cayó el 56 % del total de la precipitación caída en transcurso del año, cabe mencionar que estos datos corresponden a un año de monitoreo lo que no es representativo para poder concluir a largo plazo.
- b.** La temperatura media diaria que se reportó dentro de la microcuenca durante el año es de 20 °C, incrementándose durante los meses de marzo, abril y mayo y descendiendo durante los meses de junio, julio y noviembre, manteniéndose estable durante el resto del tiempo.
- c.** El comportamiento del caudal medio mensual que se registra en el afluente principal de la microcuenca se mantuvo poco estable durante el año, registrándose su caudal más bajo durante el mes de mayo (13.3 l/s), e incrementándose éste en los meses de junio y julio, siendo este el punto máximo en cuanto a caudal a lo largo del año con 202.2 l/s coincidiendo con el tiempo donde la precipitación pluvial es mayor, lo que favorece al incremento del caudal.

4. SERVICIO 2: Apoyo en las actividades realizadas en el plan operativo anual de la subregión II – 1, Tactic, Alta Verapaz.

4.1 ANTECEDENTES

La Subregión II – 1 está localizada en el departamento de Tactic, Alta Verapaz, ésta cumple diferentes actividades que contemplan desde la inscripción de motosierras, así como la aprobación de planes de manejo y la certificación de proyectos para que se les de el estímulo económico por parte del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), debido al crecimiento de la actividad forestal en la región el trabajo se ha incrementado considerablemente, por lo que el apoyo técnico y logístico se hace necesario para completar eficazmente todas las atribuciones de las que está encargado el INAB.

Por la falta de personal y la magnitud del trabajo que se desarrolla en dicha subregión, ésta recibe el apoyo tanto de Universidades como de Colegios que desarrollan carreras afines al tema de manejo forestal, así han recibido el apoyo de las Universidades San Carlos de Guatemala y Rafael Landívar por medio de sus practicas o EPS, también reciben el apoyo de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA), la ESTEFOR de Huehuetenango y el Instituto Técnico en Recursos Naturales (ITERN).

4.2 OBJETIVOS

Apoyar en las actividades establecidas en el Plan Operativo Anual de la Subregión II – 1, Tactic, Alta Verapaz.

3.3 METODOLOGÍA

La metodología básicamente consistió en coordinar con el Director Subregional y los técnicos de la Subregión las visitas de campo.

3.4 RESULTADOS

Dentro de las actividades que se pueden contabilizar, podemos resumirlas en el Cuadro 3.5, estas actividades fueron más que todo un apoyo para los técnicos para poder llevarlas a cabo.

En el Cuadro 3.5, no se toman en cuenta algunas actividades de apoyo a oficina, como lo son: inscripción de motosierras, ingreso y elaboración de consumos familiares, alimentación de la base de datos de planes de manejo, archivo de papelería y atención al público para proporcionar información acerca de PINTOR, actividades forestales, información forestal y consultas generales para estudiantes.

Cuadro 3.5 Número de actividades de la subregión II – 1 del INAB apoyadas.

Actividad	Número
Apoyo en la fiscalización de industrias forestales.	3
Medición de parcelas permanentes de muestreo	3
Certificación de Proyectos de PINFOR	7
Planes de manejo	3
Plantaciones voluntarias	2
Elaboración de informes de certificación de proyectos de PINFOR	140

El apoyo a las actividades del Plan Operativo Anual de la Subregión II – 1 se cumplió dentro de los límites de tiempo que se tenían previstos para el apoyo de la misma, aunque cabe mencionar que la cantidad de trabajo existente es elevada y el equipo técnico no es suficiente para llevarlo a cabo.

Para llevar a cabo todas las actividades mencionadas anteriormente, es importante mencionar que las visitas de campo se tuvieron que coordinar a tiempo con los usuarios de los proyectos.

3.5 EVALUACIÓN

El apoyo a las actividades realizadas en el Plan Operativo Anual de la Subregión II – 1 resulta una gran ayuda para dicha Subregión debido al excesivo trabajo que tienen, la actividad más apoyada fue la de PINFOR en la cual se realizó tanto trabajo de campo como de oficina.

5 SERVICIO 3: Análisis de la situación actual del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) en la Subregión II – 1 y elaboración de una base de datos.

5.1 ANTECEDENTES

5.1.1 INAB Región II

El INAB divide el país en nueve subregiones forestales de acción, cada una subdividida en subregiones las cuales están delimitadas por los departamentos que conforman cada región. La Región II cubre el área de Alta Verapaz y Baja Verapaz, abarcando Ixcan y está conformada por siete Subregiones, siendo estas: Tactic (II – 1), San Jerónimo (II – 4), Cobán (II – 3), Fray Bartolomé de las Casas (II – 5), Rabinal (II – 2), Ixcan (II – 6) y Salacuín (II – 7).

5.1.2 Subregión II – 1, Tactic.

Según la división administrativa del INAB, la Subregión II – 1 forma parte de la Región II, y su plan de acción se restringe a los municipios Tactic, San Cristóbal Verapaz, Santa Cruz Verapaz, Tamahú, San Miguel Tucurú, La Tinta, Panzós y Senahú, ubicados todos dentro del departamento de Alta Verapaz.

El personal de trabajo con que cuenta esta Subregión está conformado por: el Director Subregional, 5 técnicos forestales, 2 técnicos forestales de apoyo PINFOR, 1 secretaria subregional y 1 personal operativo, en total 10 personas.

5.1.3 Programa de Incentivos Forestales (PINFOR)

El Instituto Nacional de Bosques, es creado por el Estado de Guatemala según el decreto legislativo 101-96, delegándole, en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas, la responsabilidad de otorgar incentivos a los propietarios de tierras de vocación forestal, que se dediquen a la ejecución de proyectos forestales.(INAB,2002)

De esta forma en 1997, surge el Programa de Incentivos Forestales, PINFOR, como una herramienta de la política forestal nacional a largo plazo, que tiene vigencia hasta el año 2017 (INAB 2002).

Entre los principales objetivos del PINFOR, están: mantener y mejorar la producción forestal sostenible, incorporando los bosques naturales a la producción económica productiva, incorporar tierras de vocación forestal desprovistas de bosque a la actividad forestal a través del establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y / o la regeneración natural, generar una masa crítica de bosques productores de materia prima, para el desarrollo de la industria forestal e incentivar el mantenimiento y la creación de bosques para la generación de servicios ambientales.

5.1.3.1 Áreas prioritarias de PINFOR

El PINFOR se ejecuta principalmente en áreas prioritarias, tomando en cuenta el índice de importancia forestal, la ubicación estratégica para recuperar ecológicamente áreas bajo fuerte presión y que cuenten con el apoyo de las municipalidades. La atención del programa se centra principalmente en los siguientes departamentos: Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal.

5.2 OBJETIVOS

5.2.1 General

Evaluar la situación actual del Programa de Incentivos Forestales, en la Subregión II – 1, elaborando conjuntamente una base de datos para la sistematización de esta información.

5.2.1 Específicos

- a. Determinar el estado actual del PINFOR, mediante la clasificación y distribución de los proyectos incentivados dentro del área que cubre la Subregión II – 1.
- b. Establecer el progreso del PINFOR, en la Subregión II – 1, INAB – Tactic.
- c. Elaborar una base de datos para sintetizar la información existente en la subregión II – 1.

5.3 METODOLOGÍA

5.3.1 Fase de gabinete

Se recopiló información secundaria revisando documentos legales los cuales son la base de la Institución como la Ley Forestal, Normativa de la Ley Forestal, Reglamento de Incentivos Forestales y también recolectando información por medio de entrevistas y referencias del personal técnico y administrativo de la Subregión.

También se recopiló información directamente de los archivos de expedientes PINFOR.

5.3.2 Fase de campo

Esta fase contó básicamente de visitas a algunos proyectos en conjunto con el equipo técnico de la Subregión, donde se les apoyo para la toma de datos o procedimiento a seguir.

5.3.3 Fase de gabinete

Después de recopilar toda la información requerida se procedió a analizarla y clasificarla. Ordenando por tipo de usuario, tipo de proyecto, área utilizada, año de aprobación, etapa del proyecto, etc. y se determinaron los datos prioritarios o de relevancia encontrados.

Los recursos como equipo técnico, boletas de campo, material de oficina, computadora y demás fue proporcionado por la Subregión.

5.4 RESULTADOS

5.4.1 Distribución del Área ingresada a PINFOR por año

Desde 1997 inició el ingreso de proyectos PINFOR al INAB, pero no fue hasta 1998 que en la Subregión II – 1, Tactic, empezaron a certificar proyectos; éstos eran al principio solo Proyectos de Reforestación pero luego se incorporaron también proyectos de Manejo de Bosque Naturales de Protección y un proyecto de Regeneración Natural a lo largo de todos estos años.

Con lo que respecta a la Subregión II-1, Tactic, todos los proyectos se han ingresado desde 1998 hasta el 2006, son 259 representando un área de 15,249.33 hectáreas, en el Cuadro 3.6 podemos observar como se distribuyen estos proyectos por año.

Cuadro 3.6 Número de proyectos y área en hectáreas incentivada por año en la subregión II – 1.

Año	No. De proyectos	Área (ha)
1998	5	64.11
1999	12	295.28
2000	20	657.5
2001	25	522.62
2002	26	1568.01
2003	40	1464.63
2004	51	7374.64
2005	35	1189.94
2006	45	2112.60
Total	259	15249.33

Según la Figura 3.8, se puede observar que en el año 2004 ingresó la mayor cantidad de área con respecto a los demás años con 7374.64 has representadas por 51 proyectos, y el año 2006 la segunda con 2112.59 has representadas por 45 proyectos. Además también se puede observar que desde 1998 hasta 2000 el crecimiento del número de proyectos ingresados a la subregión iba en aumento cada año teniendo un pequeño descenso en el 2001, luego hasta el 2004 siguió ascendiendo y luego de este año descendió, incrementándose por último en el 2006; a pesar de esto, se puede observar que la cantidad de área va progresando conforme transcurren los años como lo muestra la flecha, siendo el 2001 y el 2005 los años más bajos.



Figura 3.8 Distribución del área total de proyectos incentivados por PINFOR por año, en la subregión II-1, Tactic.

Es conveniente mencionar que las áreas reforestadas no siempre son las áreas que se ingresan ya que en algunos casos los usuarios no cumplen con todos los requisitos y por ende el incentivo no corresponde al área ingresada.

Las causas por las que sucede esto, generalmente son por no reforestar las áreas exactas o porque no llegan al porcentaje de supervivencia (85 % para antes del primer año, de 80 % del segundo y de 75 % de plantas sanas por hectárea durante el resto del tiempo).

La pérdida de plantas generalmente ocurre por una mala selección de la especie utilizada, así también como la falta de labores culturales, como la limpieza del bosque para eliminar competencia de luz, humedad, nutrientes y espacio por la maleza que constituye la razón principal de la pérdida de plantas.

En la subregión se ha sistematizado toda la información de PINFOR en una base de datos que se alimenta anualmente, esta base de datos contiene la información de todos los proyectos incentivados desde el 2001 hasta el 2006; de ésta podemos obtener los datos antes mencionados,

los cuales se pueden observar en el Cuadro 3.7, donde podemos observar el número de hectáreas ingresadas por año y el número de hectáreas incentivadas.

Cuadro 3.7 Cantidad de hectáreas ingresadas e incentivadas por año en la Subregión II - 1.

Año	Área ingresada	Área Incentivada
2001	743.57	522.62
2002	1821.51	1568.01
2003	1568.53	1464.63
2004	7376.11	7374.64
2005	1490.61	1189.94
2006	2409.69	2112.60
Total General	15360.02	14177.13

De esta manera podemos observar como en esta Subregión, el cumplimiento de parte de los usuarios con respecto al área planteada por sus planes de manejo se puede calificar como buena ya que en promedio se cumple en un 92 % el área ingresada. Esto lo podemos observar en la Figura 3.9.

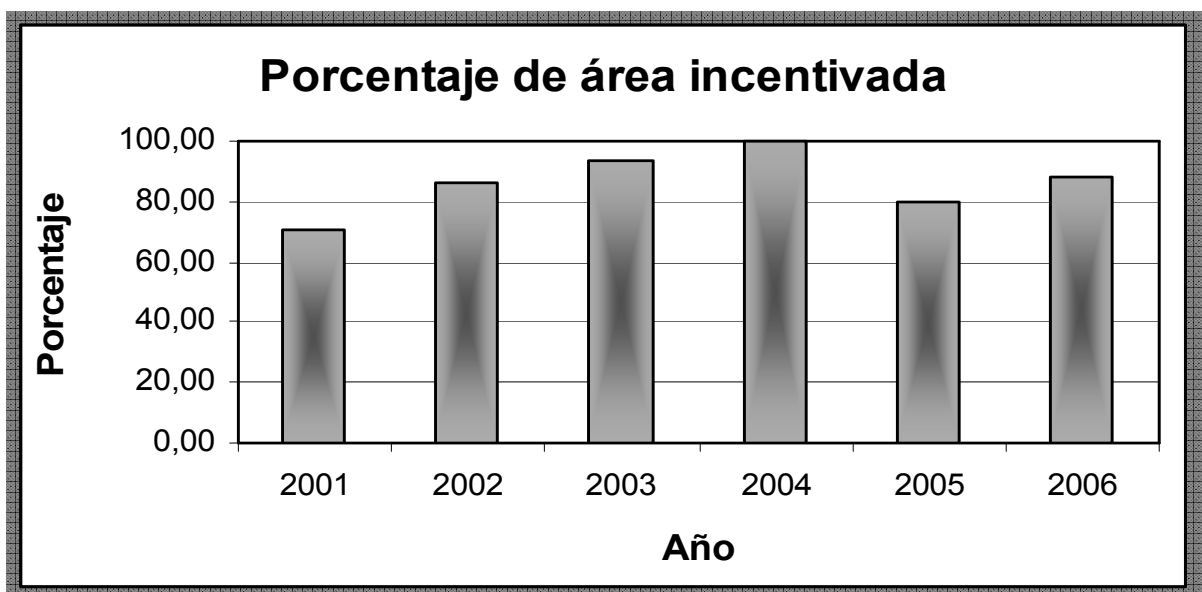


Figura 3.9 Porcentaje de área incentivada por año en la Subregión.

Un dato muy interesante es que en el 2004 se cumplió con el 99 % del área ingresada y es en este año donde existió la mayor área incentivada, quedando después como los mejores años en cumplimiento el 2003 y el 2006.

5.4.1.1 Distribución del área de los Proyectos Activos

Del total de proyectos incentivados, los proyectos que ingresaron en los años de 1997 a 2000 fueron liberados lo que significa que, terminó su período de incentivo.

En total se cuentan con 222 proyectos activos, contando con Proyectos de Reforestación, Manejo de Bosques Naturales para Protección y uno de Regeneración Natural. En la Figura III.10 y Cuadro III.8 se presentan como están distribuidos los proyectos por el tipo de incentivo.

En la Figura 3.10, se visualiza la distribución de las áreas por Fase de Mantenimiento; para los proyectos de Reforestación se cuenta con las fases de Establecimiento, Mantenimiento 1, Mantenimiento 2, Mantenimiento 3, Mantenimiento 4 y Mantenimiento 5. Para los Proyectos de Manejo de Bosques Naturales de Protección, las fases de mantenimiento se ejemplifican en la Figura III.10 como Manejo protección 1, Manejo protección 2, Manejo protección 3, Manejo protección 4 y Manejo protección 5.

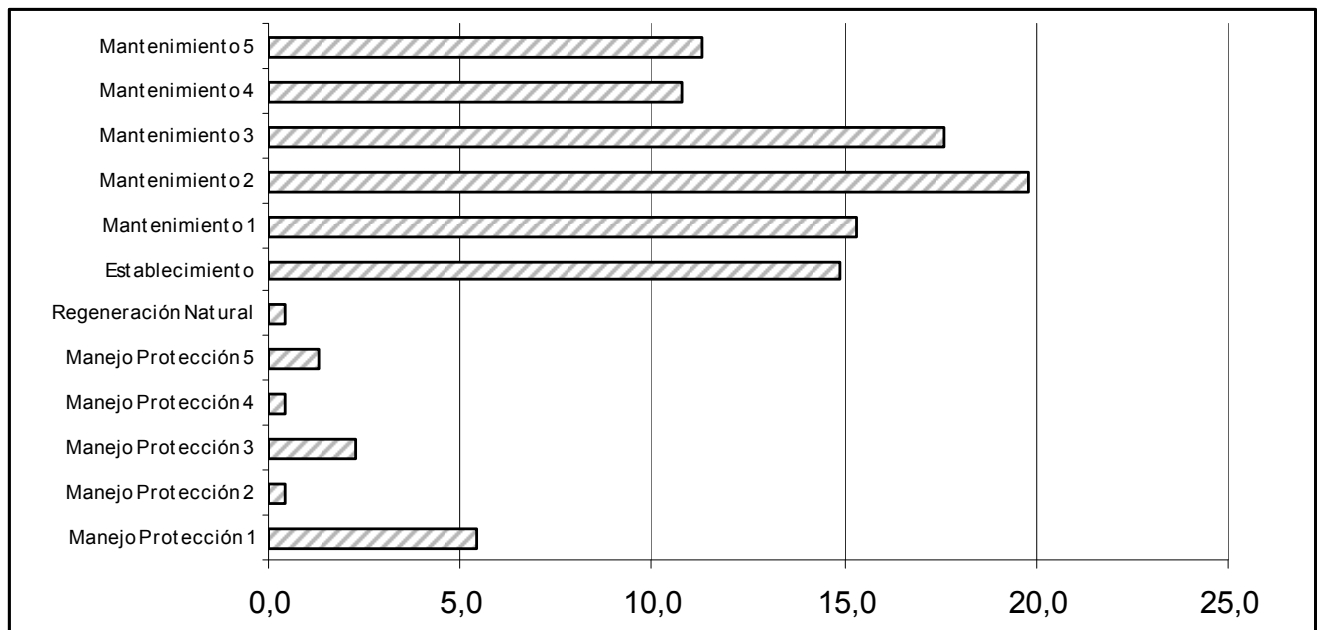


Figura 3.10 Distribución del área de los proyectos PINFOR activos por Fase de Mantenimiento en la que se encuentran en el año 2006, subregión II – 1, Tactic.

Cuadro 3.8 Distribución del área y número de proyectos PINFOR activos por Fase de Mantenimiento, Subregión II – 1, Tactic.

Etapas de Incentivo	No. de Proyectos	Área (ha)
Establecimiento	33	1358.33
Mantenimiento 1	34	1139.94
Mantenimiento 2	44	1495.20
Mantenimiento 3	39	1419.63
Mantenimiento 4	24	806.50
Mantenimiento 5	25	522.62
Manejo Protección 1	12	754.26
Manejo Protección 2	1	50.00
Manejo Protección 3	5	5770.49
Manejo Protección 4	1	45.00
Manejo Protección 5	3	761.51
Regeneración Natural	1	50.00

Los 222 proyectos activos suman un área de 14,159.60 Ha, contando con dos proyectos que tienen compromiso de recuperar área, por haber sido incentivado y no cumplir con lo establecido en el plan de manejo de la plantación.

También existen cuatro proyectos que no fueron pagados este año, ya que la finca se encuentra invadida y no se puede entrar a certificar los proyectos de PINFOR, aún así éstos no fueron cancelados y se les dio la oportunidad para solucionar sus problemas para el otro año.

5.4.1.2 Distribución del área por su fase de incentivo

En la Figura 3.11 y Cuadro 3.9, podemos observar que para los proyectos de reforestación la mayor cantidad de área (22 %), se encuentra en la fase de mantenimiento 2, lo cual constituye un área de 1,495.20 Ha representadas por 44 proyectos. En total se cuenta con un área en

proyectos de reforestación activos de 6,742.22 Ha, constituidos en 199 proyectos PINFOR, como se puede observar en la Figura 3.11 y Cuadro 3.9.

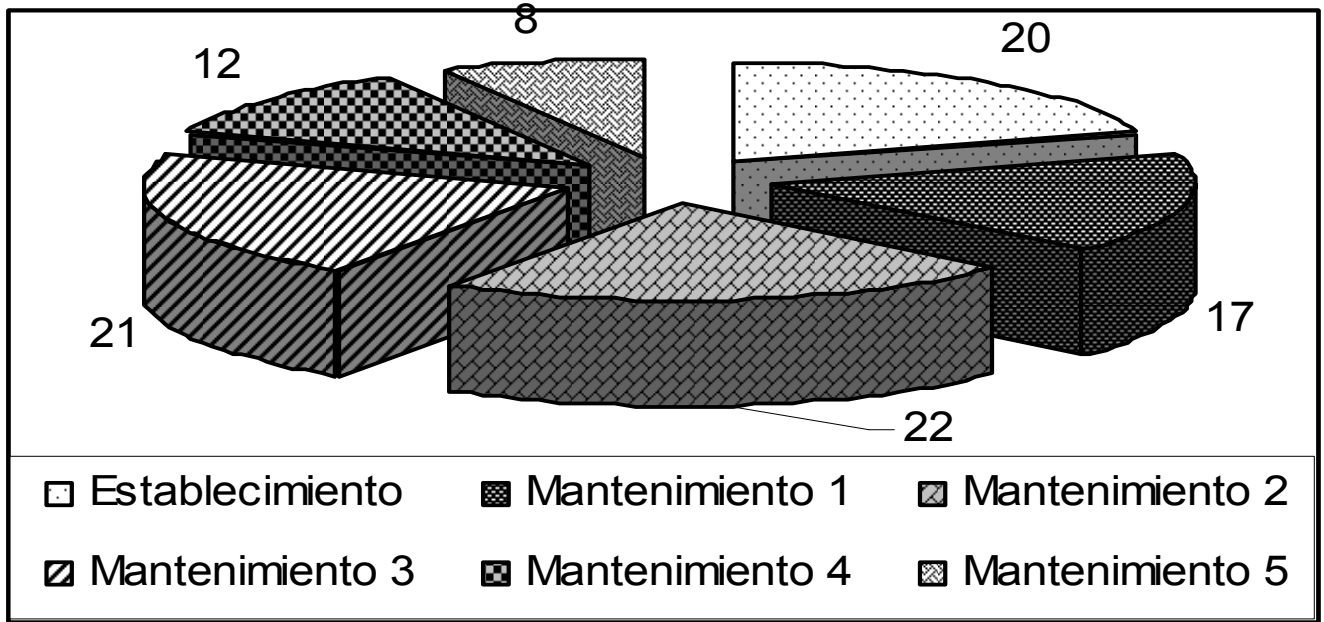


Figura 3.11 Distribución del área de los proyectos PINFOR por Fase de mantenimiento, subregión II – 1, Tactic.

Cuadro 3.9 Área y número de proyectos de PINFOR clasificados por fase de mantenimiento, subregión II – 1, Tactic.

Etapa de Incentivo	Proyectos de Reforestación	
	No. de Proyectos	Área (ha)
Establecimiento	33	1358.33
Mantenimiento 1	34	1126.06
Mantenimiento 2	44	1495.20
Mantenimiento 3	39	1419.63
Mantenimiento 4	24	806.50
Mantenimiento 5	25	522.62

Dentro de los Proyectos de Manejo de Bosque Naturales para protección, se cuenta con 7,381.26 has que constituyen 22 proyectos, y la mayor parte de éstos, 78 % de área se encuentra en la etapa de Manejo protección 3, mientras que un 10 % se encuentra en la etapa de Manejo protección 1 y Manejo protección 5, como se puede observar en la Figura 3.12 y Cuadro 3.10.

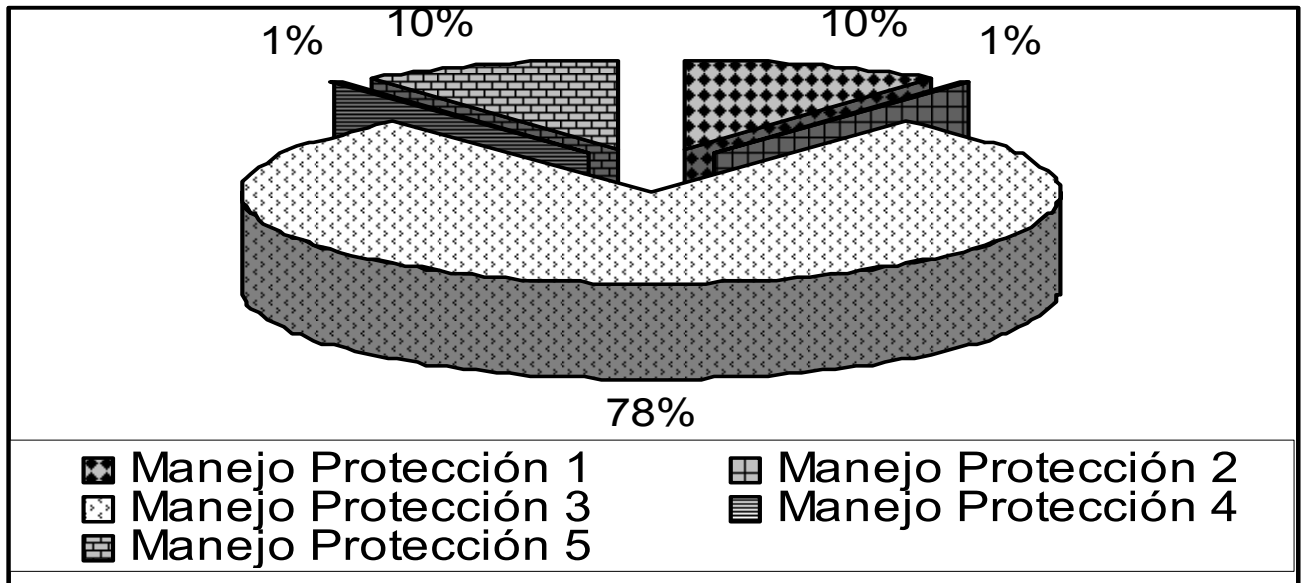


Figura 3.12 Distribución del área de los proyectos PINFOR de Manejo de Bosques Naturales de Protección por fases, subregión II – 1, Tactic.

Cuadro 3.10 Área y número de proyectos PINFOR de Manejo de Bosques Naturales de Protección por fases, subregión II – 1, Tactic.

Etapa de Incentivo	Proyectos de Protección	
	No. de Proyectos	Área (ha)
Manejo Protección 1	12	761.51
Manejo Protección 2	1	45.00
Manejo Protección 3	5	5770.49
Manejo Protección 4	1	50.00
Manejo Protección 5	3	754.26

5.4.1.3 Distribución del área incentivada por Municipio

Del total del área incentivada, en este apartado se clasificaron los proyectos PINFOR por la ubicación en que se encuentran dentro del área que cubre la Subregión II – 1, cabe mencionar que en esta clasificación se tomaron en cuenta los proyectos que se encuentran ubicados en Santa María Cahabón, ya que aunque no se encuentren dentro del área de cobertura de la Subregión se les asignaron a ésta, por su fácil acceso por esta área; estos proyectos son 6, entre los que se encuentran el de Regeneración natural.

Dentro de los municipios donde ejerce una menor influencia el PINFOR encontramos a San Miguel Tukurú, Tamahú, Santa Cruz Verapaz y Tactic que comparados con el resto de municipios tienen poca significancia por la escasa área que representan, como se puede observar en la Figura 3.13.

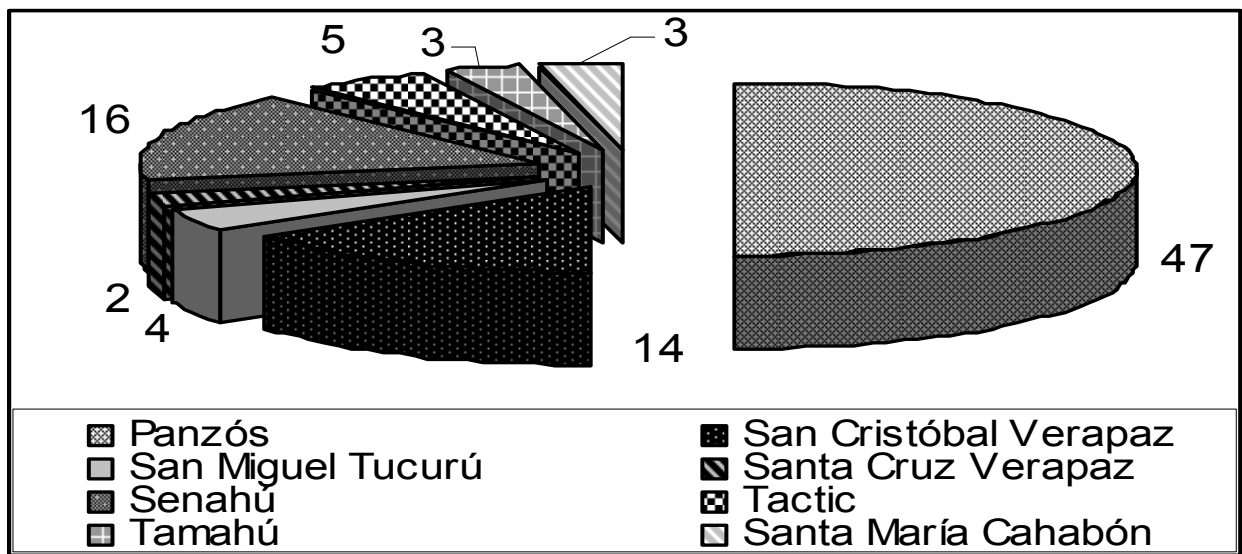


Figura 3.13 Distribución del área incentivada de proyectos PINFOR por municipio, subregión II – 1.

En la Figura 3.13, podemos observar como el 47 % de los proyectos de PINFOR se encuentran en el municipio de Panzós y en segundo lugar, 16 % se encuentran en Senahú y San Cristóbal Verapaz le sigue con un 14 %.

En el Cuadro 3.11, podemos observar la clasificación de los proyectos activos por municipio, en el cual se indican las áreas y el número de proyectos que se encuentran en cada municipio.

Cuadro 3.11 Clasificación de área y número de proyectos activos de PINFOR incentivados por municipio, subregión II – 1, Tactic.

Municipio	No. de Proyectos	Área (ha)
Panzós	34	7131,93
San Cristóbal Verapaz	86	2169,8
San Miguel Tucurú	21	569,22
Santa Cruz Verapaz	10	329,31
Senahú	29	2379,95
Tactic	25	743,13
Tamahú	11	445,9
Santa María Cahabón	6	463,2

En el Cuadro 3.12 se clasifican las áreas incentivadas de PINFOR por municipio y por año de ingreso de cada proyecto, mientras que en el Cuadro 3.13 se clasifican los números de proyectos bajo las mismas categorías. Según estos cuadros podemos observar que desde el año 1998 se han ingresado proyectos correspondientes al municipio de Tactic y las áreas en este municipio se han mantenido relativamente estables a través de los años, con lo que respecta a los demás departamentos se puede observar que no fue hasta el año 2000, cuando éstos se incorporaron como usuarios del PINFOR y que a pesar de eso, las mayores áreas se reportan en los municipios de Panzós y de Senahú.

Cuadro 3.12 Distribución de las áreas incentivadas (ha) de PINFOR por municipio y año, Subregión III-1.

Municipio	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Panzós	0,00	0,00	154,00	74,00	75,10	0,00	6042,90	224,54	715,39	7285,93
San Cristóbal Verapaz	0,00	0,00	130,50	230,40	353,88	511,09	436,93	366,32	271,18	2300,30
San Miguel Tucurú	0,00	0,00	60,00	51,18	0,00	310,37	35,66	127,01	45,00	629,22
Santa Cruz Verapaz	0,00	0,00	180,00	45,00	86,00	103,50	25,10	15,00	54,71	509,31
Senahú	0,00	0,00	23,00	0,00	1005,51	229,00	422,00	145,25	578,19	2402,95
Tactic	64,11	295,28	110,00	77,04	47,52	57,00	139,16	144,00	278,41	1212,52
Tamahú	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	174,39	101,79	54,73	114,99	445,90
Santa María Cahabón	0,00	0,00	0,00	45,00	0,00	79,28	171,10	113,09	54,73	463,20
Total	64,11	295,28	657,50	522,62	1568,01	1464,63	7374,64	1189,94	2112,60	15249,33

Cuadro 3.13 Distribución del número de proyectos PINFOR incentivados por municipio y por año, Subregión III-1, Tactic.

Municipio	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Panzós	0	0	3	2	4	0	13	7	8	37
San Cristóbal Verapaz	0	0	12	14	13	18	18	10	13	98
San Miguel Tucurú	0	0	1	3	0	8	3	5	2	22
Santa Cruz Verapaz	0	0	2	1	2	3	1	1	2	12
Senahú	0	0	1	0	5	5	6	5	8	30
Tactic	5	12	1	4	2	2	6	4	7	43
Tamahú	0	0	0	0	0	3	2	2	4	11
Santa María Cahabón	0	0	0	1	0	1	2	1	1	6
Total	5	12	20	25	26	40	51	35	45	259

Un dato muy interesante se puede ver en la Figura 3.14 y el Cuadro 3.14, donde observamos el número de proyectos y el total de áreas por municipio correspondientes a los años de 1998 a 2006. Aquí podemos observar como Panzós representa la mayor cantidad de área pero la mayor cantidad de proyectos se presentan en San Cristóbal Verapaz.

Cuadro 3.14 Número de proyectos y área ingresada a PINFOR de 1998 a 2006 por municipio en la Subregión de Tactic.

Municipio	No. de proyectos	Área (ha)
Panzós	37	7285,93
San Cristóbal Verapaz	98	2300,3
San Miguel Tukurú	22	629,22
Santa Cruz Verapaz	12	509,31
Senahú	30	2402,95
Tactic	43	1212,52
Tamahú	11	445,9
Santa María Cahabón	6	463,2
Total	259	15249,33

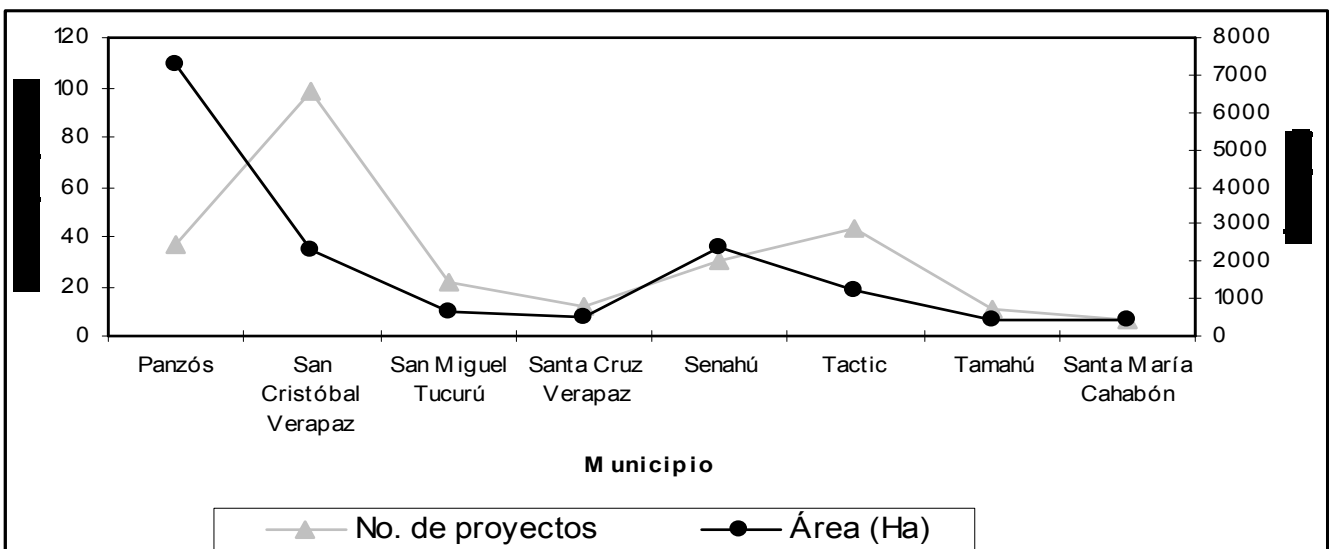


Figura 3.14 Contraste entre el número de proyectos y el área ingresada a PINFOR desde 1998 por municipio en la Subregión II – 1.

5.4.1.4 Distribución del área incentivada actualmente por Tipo de Proyecto

Según los tipos de proyectos que pueden existir en el PINFOR, en la Subregión de Tactic se cuentan principalmente con 2; Proyectos de Reforestación y Proyectos de Manejo de Bosque Naturales de Protección. Como se puede observar en la Figura 3.15, la mayor cantidad de área incentivada la representan los proyectos de Protección, con un 52%, equivalente a 7,381.26 Ha constituida por 22 proyectos, y los proyectos de Reforestación constituyen el 47%, equivalentes a 6742.22 Ha constituidas por 199 proyectos, por último existe un solo proyecto de regeneración natural que equivale a 50 has. En la Figura 3.15 y Cuadro 3.15 se pueden comprobar los valores antes descritos.

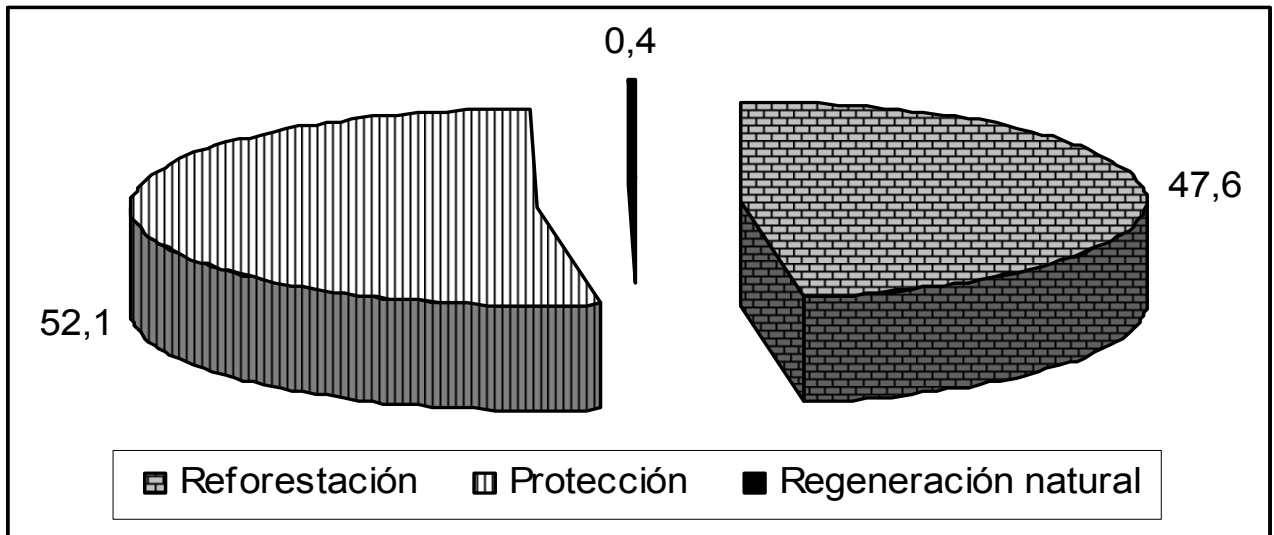


Figura 3.15 Distribución del área incentivada en proyectos PINFOR por tipo de Proyectos, subregión II – 1, Tactic.

Cuadro 3.15 Clasificación del área y número de proyectos incentivados de PINFOR por Tipo de proyecto, subregión II – 1, Tactic.

Tipo de Proyecto	No de proyectos	Área (ha)
Reforestación	199	6742.22
Protección	22	7381.26
Regeneración natural	1	50.00

5.5 CONCLUSIONES

- a. La Subregión II - 1 actualmente tiene bajo su cargo la certificación de 222 proyectos que suman un área de 14,159.60 has, la mayoría de esta área se encuentra en Panzós pero cabe mencionar que la mayoría de las fincas o comunidades que tienen proyectos se encuentran en San Cristóbal Verapaz.
- b. En cuanto al progreso del PINFOR, en la Subregión II – 1, INAB – Tactic, podemos concluir que a excepción del año 2004, en el cual hubo un ingreso muy alto de proyectos, la cantidad de proyectos ha ido aumentando poco a poco.
- c. Se elaboró una base de datos para sistematizar la información existente en la subregión II – 1 sobre PINFOR para poder llevar un orden adecuado con la gran cantidad de expedientes que se manejan en ésta.

6 BIBLIOGRAFÍA

- a. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT); PROCAFOR (Programa Centroamericano Forestal, GT). 2002. Software forestal. Guatemala. 1 CD.