

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL INSTITUTO NACIONAL DE
BOSQUES -INAB-, EN GENERACIÓN DE INFORMACIÓN-HIDRO-CLIMÁTICA
FORESTAL PARA LA REGIÓN II CON SEDE EN LA SUBREGION II-1 Y LA FINCA RÍO
FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ A.V.**

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

POR

MOISÉS FILIBERTO FUENTES VELÁSQUEZ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

Guatemala, Octubre de 2006

DL
01
7(2327)

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

**RECTOR
LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

**DECANO
VOCAL PRIMERO
VOCAL SEGUNDO
VOCAL TERCERO
VOCAL CUARTO
VOCAL QUINTO
SECRETARIO**

**Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila
Br. Duglas Antonio Castillo Álvarez
Pr. Agr. José Mauricio Franco Rosales
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes**

Guatemala, 23 de octubre de 2006.

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 REALIZADO EN EL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB-, SUBREGIÓN II-1 Y FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


MOISÉS FILIBERTO FUENTES VELÁSQUEZ

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

GUATEMALA

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

ESCUELA DE FORMACION AGRICOLA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES

SAN PREDRO SAC. SAN MARCOS.

**MIS HERMANOS, AMIGOS, COMPAÑEROS DE
FACULTAD Y PERSONAS QUE CONTRIBUYERON DE
DISTINTA MANERA CON MI FORMACIÓN.**

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por guiar mi destino y las bendiciones que me ha dado hasta este momento, en el cual veo cumplido uno de mis más anhelados deseos.

Ing. Agr. Guillermo Méndez por el apoyo, valiosa supervisión, amistad y revisión en la etapa Inicial del presente trabajo.

Ing. Agr. M.Sc. Eugenio Orozco e Ing. Agr. M.Sc. Isaac Herrera por su interés en revisar y evaluar el presente trabajo.

Ing. Agr. Pedro Peláez por su colaboración apoyo y soporte durante la fase final del presente trabajo.

Ing. Agr. M.Sc. Angel Arce Canahú por la corta, desinteresada y valiosísima asesoría en la elaboración del presente trabajo.

Ing. Agr. M.Sc. Tomás Padilla por el apoyo brindado en la Subárea Manejo de Suelo y Agua.

El proyecto Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos –CEFE- y oficina de Investigación Forestal del Inab por permitirme la finalización de mi formación profesional.

Las personas que de diferente manera contribuyeron con la realización del presente trabajo, por la colaboración, como la brindada por Adalberto López, Lidamar Cardona, Maria Eugenia González, compañeros de trabajo y personas que me acompañaron durante mi estancia en Tactic y Valle del Polochic A.V. especialmente a mi amigo Vinicio Piox, Carlos Macz y a doña Silvia Leal por su hospitalidad y amabilidad brindada.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
DIAGNÓSTICO DE LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ Y LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN EN HIDROLOGÍA FORESTAL REALIZADA EN EL ÁREA	1
1 PRESENTACIÓN	2
2 MARCO REFERENCIAL.....	3
2.1 Ubicación	3
a) Localización Política y Geográfica.....	3
b) Límites y Colindancias.....	3
c) Vías de Acceso	3
2.2 Zona de Vida.....	3
2.3 Hipsometría, Fisiografía y Relieve	6
2.4 Hidrografía.....	6
a) Otras fuentes de agua	9
b) Usos del agua	9
c) Recarga Hídrica.....	10
2.5 Geología y Geomorfología.....	13
2.6 Edafología	14
2.6.1 Génesis:.....	14
2.6.2 Serie de Suelos	14
2.7 Clima	18
2.8 Programa de Investigación de Hidrología Forestal.....	22
A) Antecedentes.....	22
B) Objetivos del Programa de Investigación de Hidrología Forestal	22
2.8.1 Líneas de Investigación	23
3 OBJETIVOS	25
3.1 GENERAL.....	25
3.2 ESPECÍFICOS.....	25
4 METODOLOGÍA.....	26
5 RESULTADOS.....	28
5.1 Datos Socioeconómicos.....	28
5.2 Uso Actual de la Tierra y Cobertura	28
5.2.1 Forestal.....	30
5.2.2 Matorrales	30
5.2.3 Protección	30
5.3 Cobertura Forestal	30
5.3.1 Bosque Maduro	31
5.3.2 Bosque Medio.....	31
5.3.3 Bosque Joven.....	31
5.3.4 Plantaciones Forestales de 4 años.....	31
5.3.5 Plantación Forestal de 6 años	32
5.3.6 Plantación Forestal de 8 años	32
5.3.7 Plantación Forestal de 13 años	32

5.4	Uso Potencial de la Finca	33
5.5	Inventario de Infraestructura.....	34
5.6	Estudios de Mercado Local y Regional	34
5.6.1	Mercado local	35
5.6.2	Mercado regional	35
5.7	Resumen Investigaciones realizadas en la Finca Río Frío	35
5.8	Problemática de la Investigación Forestal realizada en la Finca Río Frío	37
5.9	Discusión de la Problemática	38
5.10	Análisis de la Problemática sobre el recurso suelo	40
6	CONCLUSIONES.....	41
7	BIBLIOGRAFÍA	43

CAPÍTULO II	44
“Propuesta de ordenamiento del Programa de Investigación de Hidrología Forestal del Instituto Nacional de Bosques –INAB- en la Región II. Caso finca Río Frio Santa Cruz Verapaz, A.V.”	44
1 PRESENTACIÓN	45
2 MARCO TEÓRICO	47
2.1 MARCO CONCEPTUAL	47
2.1.1 Línea de Investigación	47
2.1.2 Cuenca Hidrográfica	47
2.1.3 Funciones de la Cuenca	48
a) Función Hidrológica	48
b) Función Ecológica	48
c) Función Ambiental	48
d) Función Socioeconómica	49
3.1.4 Servicios Ambientales	49
a) Del flujo hidrológico	49
b) De los ciclos bioquímicos	49
c) De la Producción biológica	49
d) De la descomposición	49
2.1.5 Implicaciones ecológicas de la cuenca	49
2.1.6 Manejo Integrado de Cuencas	50
2.1.7 La Cuenca como unidad de Gestión ambiental	51
2.1.8 Hidrología forestal o hidrología de bosques	51
2.1.9 Zonas de recarga hídrica	53
2.1.10 Agua para el desarrollo	53
2.1.11 Instrumentación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)	55
2.1.12 Agua y Saneamiento para todos	55
3 OBJETIVOS	57
3.1 GENERAL	57
3.2 ESPECÍFICOS	57
4 METODOLOGÍA	58
4.1 Revisión del Programa de Hidrología	58
4.2 Diagnóstico del Programa de Hidrología	58
4.2.1 Recopilación de Información	58
4.2.3 Desarrollo del FODA	59
a) Integración del Equipo	59
b) Diseño de la Agenda de Trabajo	60
c) Sesión de Trabajo (lluvia de ideas)	60
d) Selección y Análisis de Problemas	60
e) Ordenamiento de los Problemas	61
f) Evaluación de los Problemas	61
g) Selección de los Problemas	61
h) Análisis Comparativo de Foda	61
i) Alternativas Estratégicas	62

	j) Definición del Concepto de Negocio	62
	4.2.4 Determinación de Dualidades.....	62
	4.3 Ubicación de las Investigaciones.....	62
	4.4 Propuesta de Ordenamiento	63
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
	5.1 Diagnóstico del Programa de Hidrología.....	64
	5.1.1 Resumen Investigaciones realizadas en la Finca Río Frío.....	64
	5.1.2 Resultados del FODA realizado	66
	a) Selección y Análisis de Problemas.	66
	b) Análisis Comparativo de Foda y Alternativas Estratégicas	69
	5.1.3 Dualidades	71
	5.2 Ubicación de las investigaciones realizadas	71
	5.3 Propuesta de Flujograma de Investigación.....	72
	a) Determinar Trabajar a Nivel de Cuenca	74
	b) Instalar estaciones Meteorológicas e hidrométricas.....	75
	c) Caracterizar la Cuenca	77
	d) Caracterización biofísica	77
	e) Determinación de tratamientos específicos del manejo forestal	77
	f) Determinar características físicas del suelo, taxonomía de suelos, tipos de rocas ..	78
	g) Estudio de Geomorfología y determinación de las formaciones geológicas	79
	h) Estudio geológico	79
	i) Estudio de agua subterránea.....	79
	j) Estudio de la conductividad Hidráulica	80
	k) Determinar la erosividad de la lluvia – erodabilidad del suelo	80
	l) Tasa de infiltración para cada tipo de cobertura	80
	m) Tasa de infiltración para diferentes intensidades de raleo	81
	n) Balance hídrico para diferentes tipos y clases de bosque	81
	ñ) Medir escorrentía superficial general	81
	o) Cuantificar la relación lluvia-caudal.....	82
	p) Balance hídrico en diferentes intensidades de raleo.....	82
	q) Estudiar la dinámica de caudales	82
	r) Efecto de diferentes sistemas de aprovechamiento forestal	83
	s) Comparación de áreas de protección forestal - producción forestal.....	84
	t) Evaluar la producción de agua con diferente cobertura vegetal.....	84
	u) Relación ideal tipo de bosque, tipo suelo y manejo forestal	84
	v) Monitoreo anual de parámetros físicos – químicos del agua	84
	w) Evaluar relación recuperación masa forestal – protección del suelo	85
	x) Estudio específico de la degradación de la cuenca.....	85
	y) Determinar la Cantidad y Calidad de agua	86
	z) Modelo de simulación	87
6	CONCLUSIONES	91
7	RECOMENDACIONES	92
8	BIBLIOGRAFÍA.....	93

CAPÍTULO III.....	95
SERVICIOS REALIZADOS	95
1 PRESENTACIÓN.....	96
2 SERVICIO 1 MONITOREO DE PARCELAS DE ESCORRENTÍA EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ	97
2.1 OBJETIVOS	97
2.1.1 General	97
2.1.2 Específicos.....	97
2.2 METODOLOGÍA.....	98
2.3 RESULTADOS	99
2.3.1 Esguerrimiento Superficial.....	99
2.3.1.1 Cantidad de esgorrentía	99
2.3.1.2 Porcentaje de esgorrentía	101
2.3.2 Suelo Erosionado.....	102
2.3.2.1 Cantidad de suelo erosionado.....	102
2.3.2.2 Análisis de la Información Generada	104
2.3.3 Medición de la Precipitación Interna.....	105
2.4 Evaluación.....	108
3 SERVICIO 2. MONITOREO DE DOS ESTACIONES CLIMÁTICAS EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ.....	109
3.1 OBJETIVOS.....	109
3.1.1 General.....	109
3.1.2 Específicos.....	109
3.2 METODOLOGÍA.....	110
3.3 RESULTADOS	111
3.3.1 Comportamiento del Clima.....	111
3.3.2 Caudal del Río Frío	112
3.3.3 Temperatura media mensual	113
3.4 Evaluación.....	117
4 SERVICIO 3. APOYO TÉCNICO A LAS ACTIVIDADES DE LA SUBREGIÓN II-1 TACTIC, ALTA VERAPAZ.....	118
4.1 OBJETIVOS.....	119
4.1.1 General.....	119
4.1.2 Específicos.....	119
4.2 METODOLOGÍA.....	120
4.3 RESULTADOS	121
4.3.1 Distribución de Proyectos Incentivados por año.....	121
4.3.2 Distribución de Proyectos Incentivados por Tipo y Año	123
4.3.3 Distribución de Proyectos Incentivados por Municipio	125
4.3.4 Distribución de Proyectos Incentivados por Tipo de Usuario	125
4.3.5 Distribución de Proyectos por Especie.....	126
4.3.6 Depósitos de Madera Fiscalizados	128
4.3.7 Fiscalización de aserraderos	128
4.3.8 Certificación de Proyectos de Incentivos Forestales (PINFOR)	128

4.4	Evaluación.....	129
5	CONCLUSIONES	130
6	RECOMENDACIONES	131
7	BIBLIOGRAFÍA.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÀGINA
Figura I. 1. Mapa de Ubicación Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A.V.....	4
Figura I. 2. Mapa Hipsométrico, Corrientes y Estaciones climáticas, Microcuenca y Finca Río Frío	5
Figura I. 3. Mapa de Unidades Fisiográficas Microcuenca Río Frío.....	7
Figura I. 4. Mapa Capacidad de Uso, Clasificación USDA, Microcuenca y Finca Río Frío ..	8
Figura I. 5. Forma del Canal Construido en el punto de aforo de la Finca Río Frío	9
Figura I. 6. Unidades Críticas de Recarga Hídrica Microcuenca Río Frío.....	11
Figura I. 7. Áreas de Recarga Hídrica Microcuenca Río Frío.....	12
Figura I. 8. Mapa Geológico de la Finca y Microcuenca Río Frío.....	15
Figura I.9. Mapa de Serie de Suelos de la Finca y Microcuenca Río Frío.....	16
Figura I. 10. Climadiagrama parte baja Microcuenca y Finca Río Frío	21
Figura I. 11. Climadiagrama Parte Alta Microcuenca y Finca Río Frío.....	21
Figura I. 12. Mapa de Cobertura Vegetal de la Microcuenca Río Frío	29
Figura I. 13. Árbol de problemas de la Finca Río Frío.....	40
Figura II. 1. Etapas del FODA de la Investigación en Hidrología Forestal	59
Figura II. 2. Flujograma de Investigación Forestal propuesto para la Región II del Inab...88	88
Figura III. 1. Esgurrimiento superficial por tratamiento	100
Figura III. 2. Porcentaje de Escorrentía superficial por tratamiento.....	101
Figura III. 3. Cantidad de Suelo erosionado	103
Figura III. 4. Precipitación interna en las parcelas de escorrentía	106
Figura III. 5. Porcentaje de intercepción en las parcelas de escorrentia	107
Figura III. 6. Precipitación pluvial en ambas estaciones climáticas microcuenca Río Frío	113
Figura III.7 Temperatura media mensual registrada en el punto de aforo Microcuenca Río Frío.....	114
Figura III. 8. Datos registrados de la estación en la parte alta, Microcuenca Río Frío.	114
Figura III. 9. Caudal medio mensual, Microcuenca Río Frío	115
Figura III. 10. Temperatura media mensual y precipitación media mensual parte baja, Microcuenca Río Frío.....	116
Figura III. 11. Precipitación pluvial en ambas estaciones climáticas y caudal medio mensual, microcuenca Río Frío	116
Figura III. 12. Distribución del área incentivada por año en la Sub-región II-1	122
Figura III. 13. Distribución del área en porcentaje, incentivada por año en la subregión de II-1	123
Figura III. 14. Distribución de Área y Tipo de Proyectos incentivados con PINFOR, por año, en la subregión II-1.....	124
Figura III. 15. Distribución del Área incentivada mediante PINFOR por municipio, en la Subregión II-1.....	125
Figura III. 16. Distribución del área Incentivada por PINFOR, según Tipo de Usuario, en la subregión II-1	126
Figura III. 17. Distribución del porcentaje de área por especie incentivado, en la subregión II-1	127
Figura III. 18. Distribución del área incentivada por especie, en la subregión II-1	127

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro I. 1. Nacimientos que existen dentro de la microcuenca Río Frío.....	9
Cuadro I. 2. Área de las series de suelos encontradas en la Finca Río Frío.....	17
Cuadro I. 3. Material madre y características de los perfiles de las series de suelos encontradas en la Finca Río Frío.....	17
Cuadro I. 4. Precipitación y Temperatura media en las estaciones de la parte Alta y baja de la Finca Río Frío.....	19
Cuadro I. 5. Temperatura, Precipitación y Evapotranspiración promedio, de la parte baja y alta de la Finca Río Frío.....	20
Cuadro I. 6. Estimación de Costos de empleos por un año en la Finca Río Frío.....	28
Cuadro I.7. Uso Actual de la Tierra finca Río Frío.....	30
Cuadro I. 8. Tipos de Cobertura forestal en la Microcuenca Río Frío.....	30
Cuadro I. 9. Uso Potencial de la Finca Río Frío.....	33
Cuadro I. 10. Especies de Flora y Fauna existentes en la Finca Río Frío.....	33
Cuadro I. 11. Selección de Problemas del Programa de Hidrología Forestal.....	37
Cuadro II. 1. Problemas encontrados del Programa de Hidrología Forestal, a través de la lluvia de ideas.....	66
Cuadro II. 2. Evaluación de los problemas, del Foda.....	67
Cuadro II.3 Ordenamiento de los problemas del Foda.....	68
Cuadro II. 4. Selección de los Problemas del Foda.....	69
Cuadro II. 5. Ubicación de las investigaciones realizadas en la Finca Río Frío.....	71
Cuadro II. 6. Avances de la investigación en hidrología forestal para el caso de la Finca Río Frío.....	89
Cuadro III. 1 Características del suelo de las parcelas de escorrentía.....	99
Cuadro III. 2. Escorrentía superficial (m ³ /ha), para tratamientos y repeticiones.....	99
Cuadro III. 3. Porcentaje de escorrentía por tratamiento.....	101
Cuadro III. 4. Cantidad de suelo erosionado (TM/ha), para Tratamientos y Repeticiones.....	103
Cuadro III. 5. Lámina de suelo erosionado por tratamiento (mm/ha).....	104
Cuadro III. 6. Análisis de Varianza de la Escorrentía Superficial.....	104
Cuadro III. 7. Análisis de Varianza del Suelo Erosionado.....	105
Cuadro III. 8 Precipitación Interna, Porcentaje de Precipitación Interna y Porcentaje de Intercepción de Copas por tratamientos y repeticiones.....	105
Cuadro III. 9. Datos climáticos de la estación climática en el punto de aforo, Microcuenca Río Frío.....	111
Cuadro III. 10. Datos climáticos reportados en la parte alta de la microcuenca Río Frío.....	111
Cuadro III. 11. Caudal reportado en el punto de aforo de la microcuenca Río Frío.....	112
Cuadro III. 12. Cantidad de área establecida y Área de proyectos de incentivos forestales (PINFOR) Incentivados por año en la Sub-región II-1.....	121
Cuadro III. 13. Área incentivada con PINFOR, por Tipo de Proyecto y Año, en la Subregión II-1.....	124
Cuadro III. 14. Listado de PINFOR evaluados durante el EPS en la subregión II-1.....	128
Cuadro III. 15. Enumeración de las actividades realizadas como apoyo técnico a la sub-región II-1.....	129

RESUMEN

El contenido del presente documento corresponde al trabajo de graduación realizado en el Instituto Nacional de Bosques –INAB-, específicamente en la subregión II-1, Tactic, Alta Verapaz, y la finca Río Frío Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. En el presente documento se presenta un informe completo sobre las actividades que conforman el Ejercicio Profesional Supervisado, -EPS-, de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, siendo estas: Diagnóstico, Investigación y Servicios. Realizándose el mismo de Agosto 2005 a Mayo 2006.

El diagnóstico realizado se enfocó principalmente a la finca y la situación de la investigación en hidrología forestal dentro de la misma, este nos permite conocer las condiciones dentro de la finca, sus potenciales y deficiencias, adicionalmente se realizó un análisis de la situación de los recursos naturales dentro de la finca específicamente para el recurso suelo y el impacto que tienen las actividades silviculturales sobre estos, así como la generación de información hidro-climática y edáfica; dicho diagnóstico nos permite conocer el estado actual del proceso de investigación en hidrología forestal emprendido por el proyecto Conservación de ecosistemas forestales estratégicos –CEFE- del INAB a través del Programa de Investigación en Hidrología Forestal. La información generada nos permitió tener una mejor visión sobre las principales características de todo el panorama que se presenta en la finca. En base a lo anterior se dedujo y determinó necesario realizar el trabajo de investigación titulado **“Propuesta de ordenamiento del Programa de Investigación de Hidrología Forestal del Instituto Nacional de Bosques –INAB- en la Región II. Caso finca Río Frío Santa Cruz Verapaz, A.V.”**

La finca se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas; latitud norte 15°20'30", longitud oeste 90°25'08" y en el sistema UTM (Universal Transverso Mercator) se encuentra en las coordenadas 1697768.72 m y 777124.37 m. Algo muy importante a tomar en cuenta es que dentro de esta Finca se encuentra ubicada una microcuenca la cual abarca el 67% del área total de la misma con una extensión de 2.747 Km² y que recibe el mismo nombre Río Frío.

Con la realización de éste trabajo se logró orientar la línea de manejo forestal e impacto hidrológico del programa para eliminar el naufragio en el camino de la implementación del mismo al pretender desarrollar investigaciones que por lógica requerían del desarrollo de otras anteriormente.

Como resultado se obtuvo en primer lugar el Diagnóstico específico del Programa de investigación en hidrología forestal, donde pudieron identificarse todas las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas a través de un FODA de la implementación del mismo y la recopilación de toda la información generada en la finca específicamente investigaciones realizadas sobre el tema de hidrología forestal y se ubicaron los trabajos realizados dentro de la línea de investigación que le correspondía.

Finalmente y como parte esencial del tema de investigación se presenta la propuesta de investigación en hidrología forestal la cual esta conformada por todos los criterios edáficos, climáticos, hidrogeológicos y forestales tomados en cuenta, los cuales se encuentran interrelacionados entre si y que se presentan gráficamente a través de un flujograma con la parte textual que detalla los aspectos a tomar en cuenta y la manera de realizar cada uno de los estudios que se proponen considerando que se consultaron distintas fuentes entre estas fuentes de información primaria y secundaria; para concluir con los resultados se presenta una matriz que detalla el avance del programa de hidrología en la finca y una ponderación en porcentaje que toma en cuenta medios de verificación para cuantificar el avance obtenido en el trabajo que hasta el momento se ha desarrollado.

En el capítulo final del trabajo se presentan los servicios que consistieron en generación de información edafo-climática e hídrica de la finca a través del monitoreo de estaciones climáticas y monitoreo de parcelas de escorrentía. Se realizó el apoyo técnico a la Subregión II-1 con el que se formó parte del equipo de trabajo, especialmente para certificaciones de proyectos de incentivos forestales PINFOR, evaluación de compromisos de reforestación, verificación de planes de manejo forestal, autorización de licencias forestales, entre otros.

CAPÍTULO I
DIAGNÓSTICO DE LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ Y
LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN EN HIDROLOGÍA FORESTAL
REALIZADA EN EL ÁREA

1 PRESENTACIÓN

En la Finca Río Frío se inició a trabajar con estudiantes del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) a partir del año 2,004 cuando el estudiante Marco Tax, realizó el trabajo titulado "Caracterización de la microcuenca Río Frío y Generación de Información Hidrológica Básica" dicha Finca se ha venido trabajando por el INAB y específicamente por el proyecto Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos (CEFE) como una Finca experimental.

El trabajo que se menciona anteriormente fue utilizado como base para continuar caracterizando, sin embargo este trabajo como su nombre lo indica se realizó únicamente en la microcuenca que cuenta con un área de 274.77 has. ubicada dentro de la Finca que posee un área total de 407.7 has. identificándose ambas con el mismo nombre; finalmente con el presente diagnóstico se realiza en éste documento una actualización, corrección y generación de información faltante en la finca.

El presente Diagnóstico cuenta principalmente con una caracterización de la Finca que a diferencia de los anteriores, ya cuenta con mapas de recarga hídrica donde se detallan las áreas de recarga alta, media y baja así como las áreas de susceptibilidad a recarga información nueva que fue recopilada. Se presentan también los clima diagramas de ambas estaciones climáticas donde se puede apreciar detalladamente la existencia de exceso y déficit de precipitación esto generado por medio del servicio "monitoreo de estaciones climáticas" realizado en la finca, se incluye por último información acerca del programa de hidrología que actualmente el Inab ha implementado.

Respecto a los resultados se presentan datos socioeconómicos, el uso que se le esta dando a la tierra, la cobertura forestal, el uso potencial, se presenta el resumen de las investigaciones realizadas en la finca y se analiza la problemática de la investigación forestal, así como el análisis de la problemática del recurso suelo analizada desde el punto de vista del manejo forestal.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Ubicación

a) Localización Política y Geográfica

La finca Río Frío se encuentra localizada en el municipio de Santa Cruz Verapaz, A.V., en las coordenadas geográficas: latitud norte 15°20'30", longitud oeste 90°25'08" y en el sistema UTM (Universal Transverso Mercator) se encuentra en las coordenadas 1697768.72 m y 777124.37 m (fig.I.1). Algo muy importante a tomar en cuenta es que dentro de esta Finca se encuentra ubicada una microcuenca la cual abarca el 67% del área total de la misma con una extensión de 2.747 Km² y que recibe el mismo nombre Río Frío (fig.I. 2), por lo que en el presente marco referencial se presentan datos e información de ambas para en algunos casos ser mas explicito, sin embargo se recomienda recordar que se trata de la misma área. Recordar también que se ha venido realizando investigación en toda el área de la finca razón que justifica el título del presente trabajo.

b) Límites y Colindancias

Al Norte:	Comunidad La Isla
Al sur:	Comunidad Río Frío
Al Este:	Fca. Parrachoch
Al Oeste:	Fca. Valparaíso, Sn. Rafael y Hno. Pedro
Extensión Total:	4.077 km ²

c) 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, siempre sobre la ruta que conduce de Tactic hacia Cobán A.V.

2.2 Zona de Vida

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge adaptada para Guatemala por De la Cruz el área de la finca se encuentra ubicada en la zona de vida Bosque muy húmeda sub-tropical frío (bmsf) (Tax 2004)

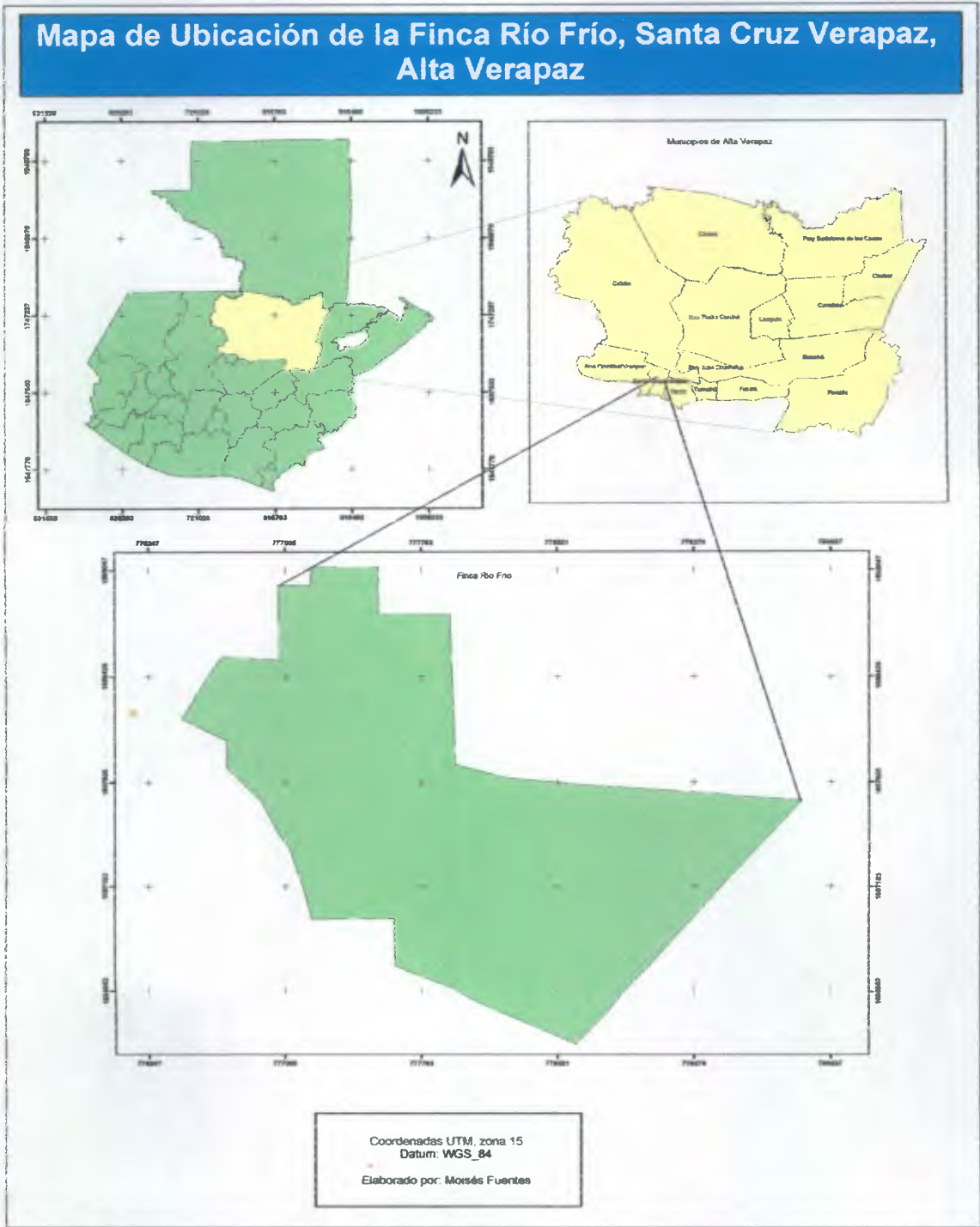


Figura 1.1. Mapa de Ubicación Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A.V.

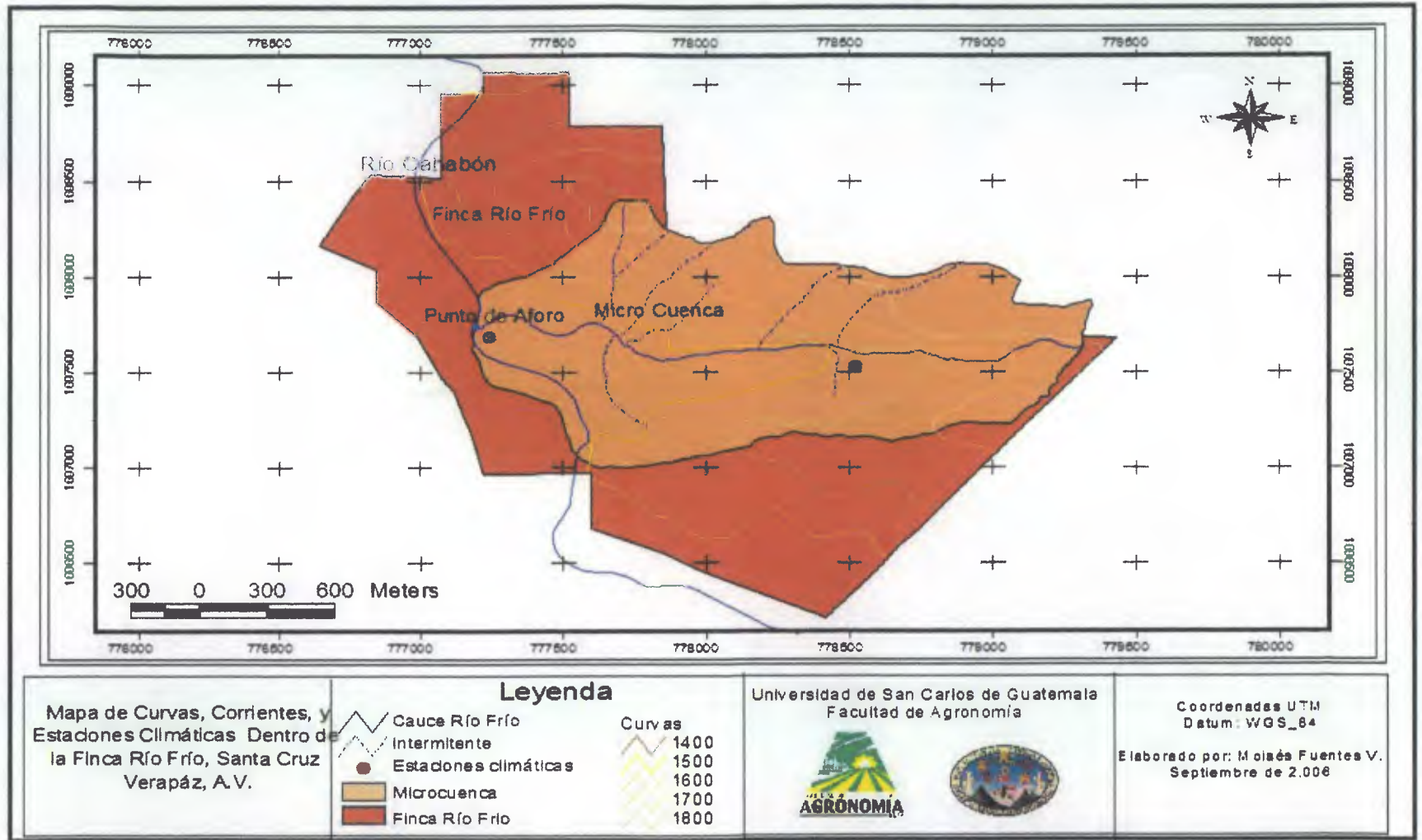


Figura 1. 2. Mapa Hipsométrico, Corrientes y Estaciones climáticas, Microcuenca y Finca Río Frío.

2.3 Hipsometría, Fisiografía y Relieve

La finca se encuentra ubicada dentro de la región natural Tierras de calizas Altas del norte según la clasificación de tierras del manual técnico del INAB. La topografía de la finca es variada, pudiéndose encontrar depresiones de 1394 msnm y en las partes más altas 1841 msnm (11). Se registran pendientes con rangos de 12-36% hasta mayores de 55%. Predominando el rango de 26-36 % por lo que se puede definir en términos generales como una topografía quebrada según figura I. 3; por lo que la capacidad de uso de ésta área (fig. I. 4) es recomendada para uso forestal.

2.4 Hidrografía

La finca es atravesada de Sur a Norte por el Río Cahabón y de Este a Oeste por la quebrada Río Frío, la cual nace dentro de la finca. Dentro de esta finca se encuentra delimitada una microcuenca identificada como microcuenca Río Frío, la cual tiene un área de 2.747 km² equivalente al 67% del área total de la finca.

Según Tax (11), el caudal del río es de 83.52 litros por segundo, lo que equivale a 0.08352 m³/seg. Durante los meses de septiembre y octubre del año 2004, se construyó un canal de forma rectangular destinado a monitorear el comportamiento del caudal del río. Las características del canal son las siguientes:

El canal posee un largo de 5 metros, es compuesto, ya que en su parte central se construyó un canal con una base de 40 centímetros y una altura de 25 centímetros. Este canal está ubicado dentro de otro canal más grande, cuyo ancho de base es de 1.5 metros con una altura de 0.75 metros tal como se muestra en la figura I. 5.

El canal tiene una capacidad de transportar aproximadamente 177.78 litros por segundo, siendo este más sensible a las pequeñas variaciones de caudal durante la época seca. Los meses de octubre y noviembre de cada año el caudal del río tiende a incrementarse, principalmente el mes de octubre (159-201 lts/s).

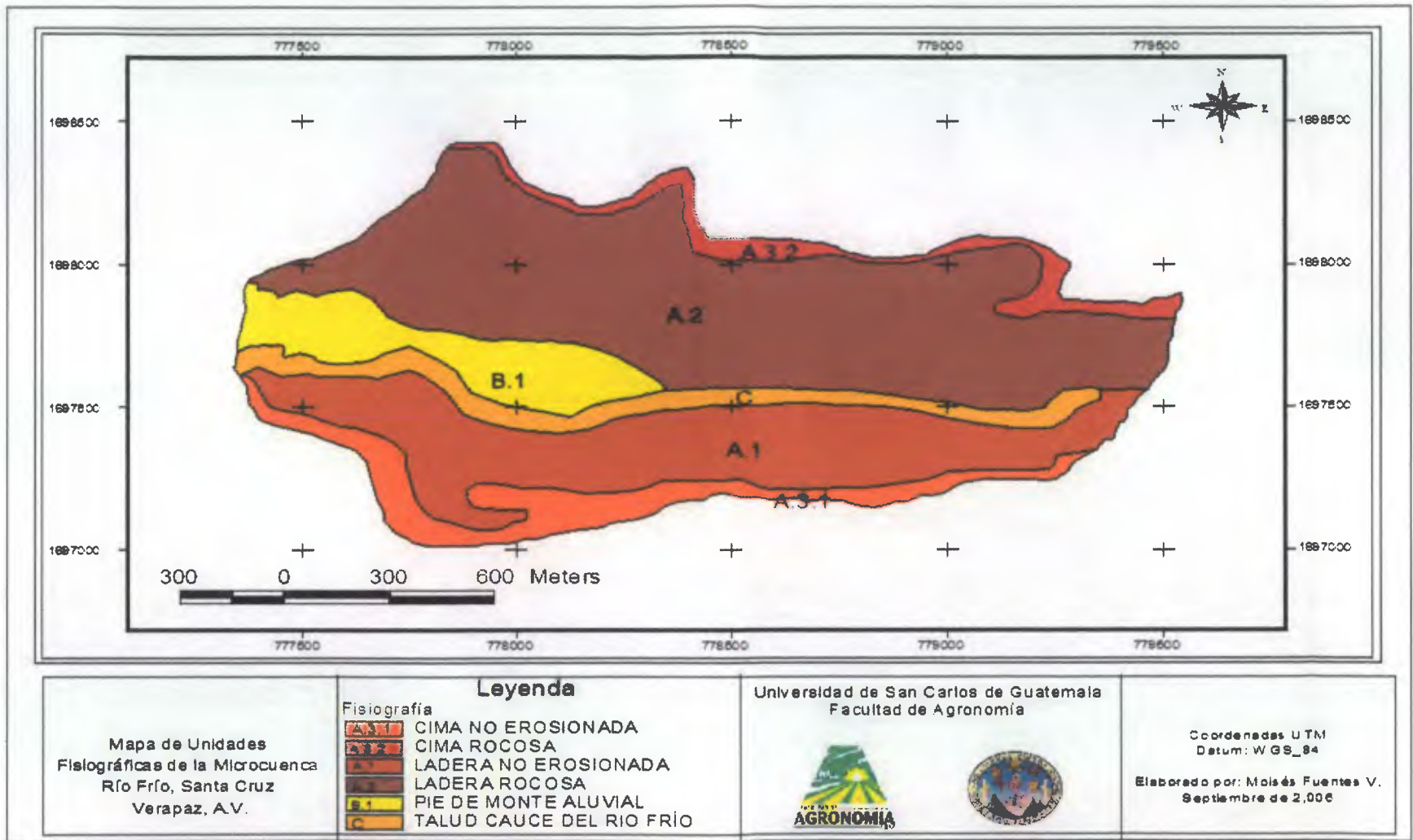


Figura 1.3. Mapa de Unidades Fisiográficas Microcuenca Río Frío

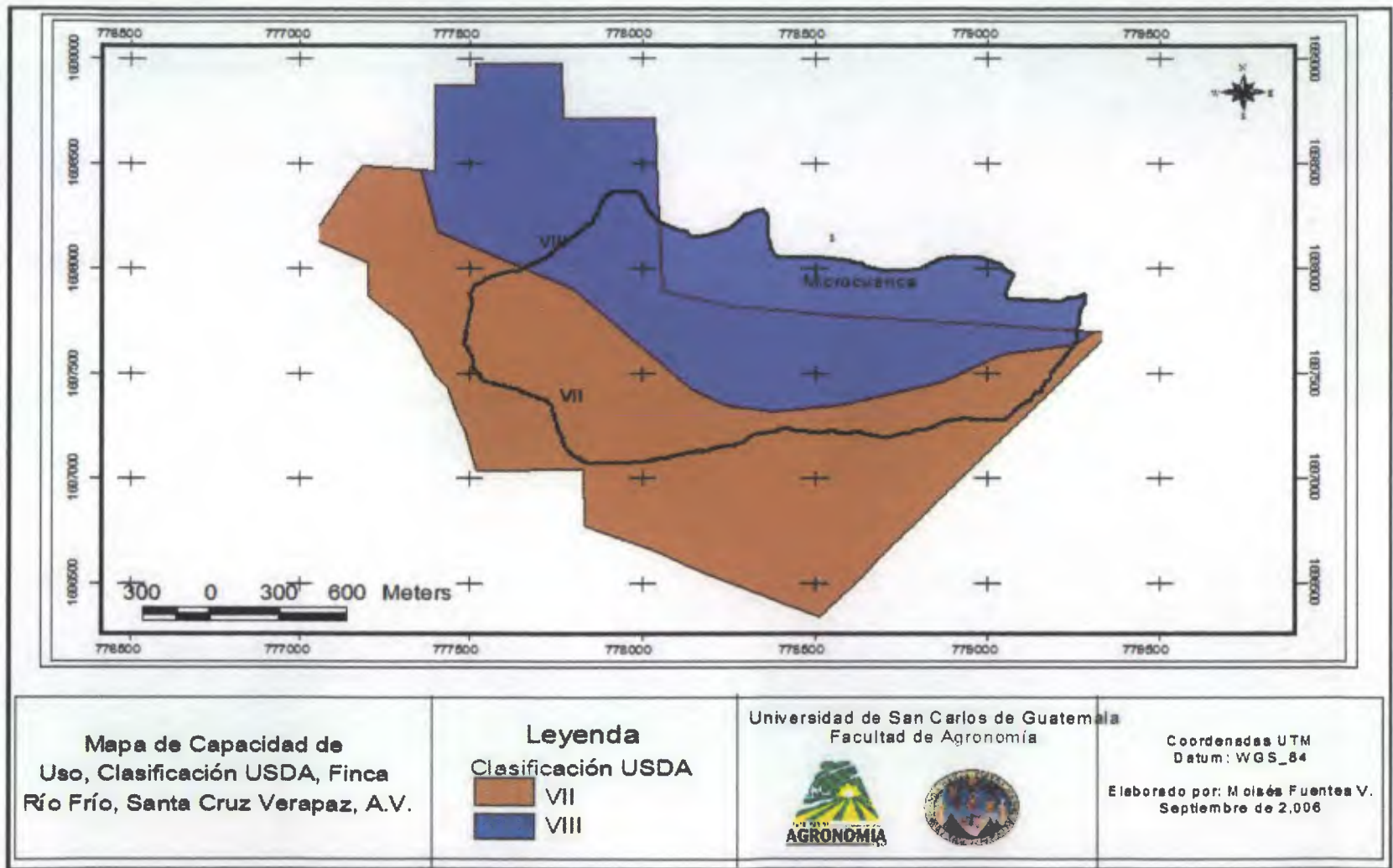


Figura 1. 4. Mapa Capacidad de Uso, Clasificación USDA, Microcuenca y Finca Río Frío

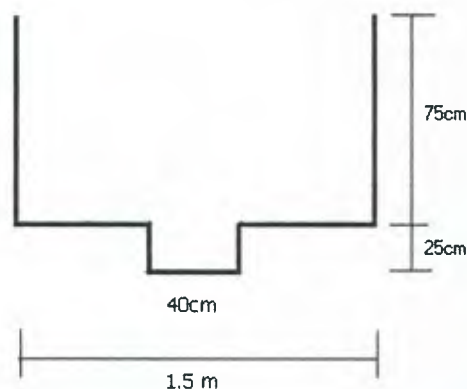


Figura I. 5. Forma del Canal Construido en el punto de aforo de la Finca Río Frío

a) Otras fuentes de agua

Dentro de la microcuenca se encuentran un total de 9 nacimientos, de los cuales a continuación se presenta la localización y el caudal de cada uno (cuadro I. 1)

Cuadro I. 1. Nacimientos que existen dentro de la microcuenca Río Frío

NACIMIENTO	COORDENADAS UTM		M3/s	(l/s)
Nacimiento Río Frío	778704 N	1697578 W	0.00221	2.21
Nacimiento del Pluviómetro	778737 N	1697583 W	0.00191	1.91
Nacimiento 3	778717 N	1697535 W	0.00019	0.19
Nacimiento 4	778675 N	1697566 W	0.00150	1.50
Nacimiento 5	778587 N	1697522 W	0.00015	0.15
Nacimiento 6	778265 N	1697589 W	0.00023	0.23
Nacimiento 7	778082 N	1697604 W	0.00066	0.66
Nacimiento 8	777630 N	1697541 W	0.00741	7.41
Nacimiento 9 (camino)	777615 N	1697714 W	0.00219	2.19

Fuente: Tax, Marco (2004)

Estos nacimientos alimentan al cauce principal del río que nace en la finca (Quebrada Río Frío).

b) Usos del agua

El agua del río es utilizada para consumo humano y usos domésticos (lavar ropa), especialmente por las tres familias que residen en su interior conformadas en total por trece personas, de las cuales seis son personas adultas y 7 niños; la vivienda común para todos se ubica en la parte baja de la microcuenca a cien metros antes del punto de aforo.

c) Recarga Hídrica

La recarga hídrica presentada para la Microcuenca Río Frío, como se observa a continuación según figura I. 6. tiene tres clasificaciones, siendo estas muy alta, alta y baja según clasificación asignada por Herrera 2000, la cual considera recarga muy alta aquella entre $372,500 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ a $837,600 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ y valor de infiltración básica entre 0.7298 cm/h a 3.3787 cm/h ; considera recarga alta aquellos valores entre $168,600 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ a $216,850 \text{ m}^3 / \text{km}^2$, presentando valores de infiltración básica de 0.3118 a 0.4676 cm/h y por último recarga baja para valores menores a $168,600 \text{ m}^3/\text{km}^2$ (2).

Para priorizar las áreas críticas de recarga se evaluaron las condiciones de geología, infiltración básica, recarga anual y pendiente consultando sus debidas matrices (2).

Las unidades críticas de recarga hídrica de la microcuenca Río Frío, presentan de igual manera tres categorías (fig I. 7), siendo estas susceptibilidad alta, media y baja dichas categorías fueron definidas en base a las condiciones de la vegetación, uso del suelo, condiciones naturales y en base a los datos obtenidos de recarga hídrica descritos anteriormente; de esta manera el área de susceptibilidad alta es la correspondiente a recarga hídrica alta, tomando mayor relevancia porque en estas áreas se encuentran los manantiales que enriquecen el cauce principal de la microcuenca. En el área de susceptibilidad alta se encuentran las áreas de regeneración natural no adecuada o bosque secundario alto y bajo y la susceptibilidad baja la presentan las plantaciones forestales de 7 años de edad (2). Si se desean mayores detalles consultar el trabajo de Cardona 2005 (2).

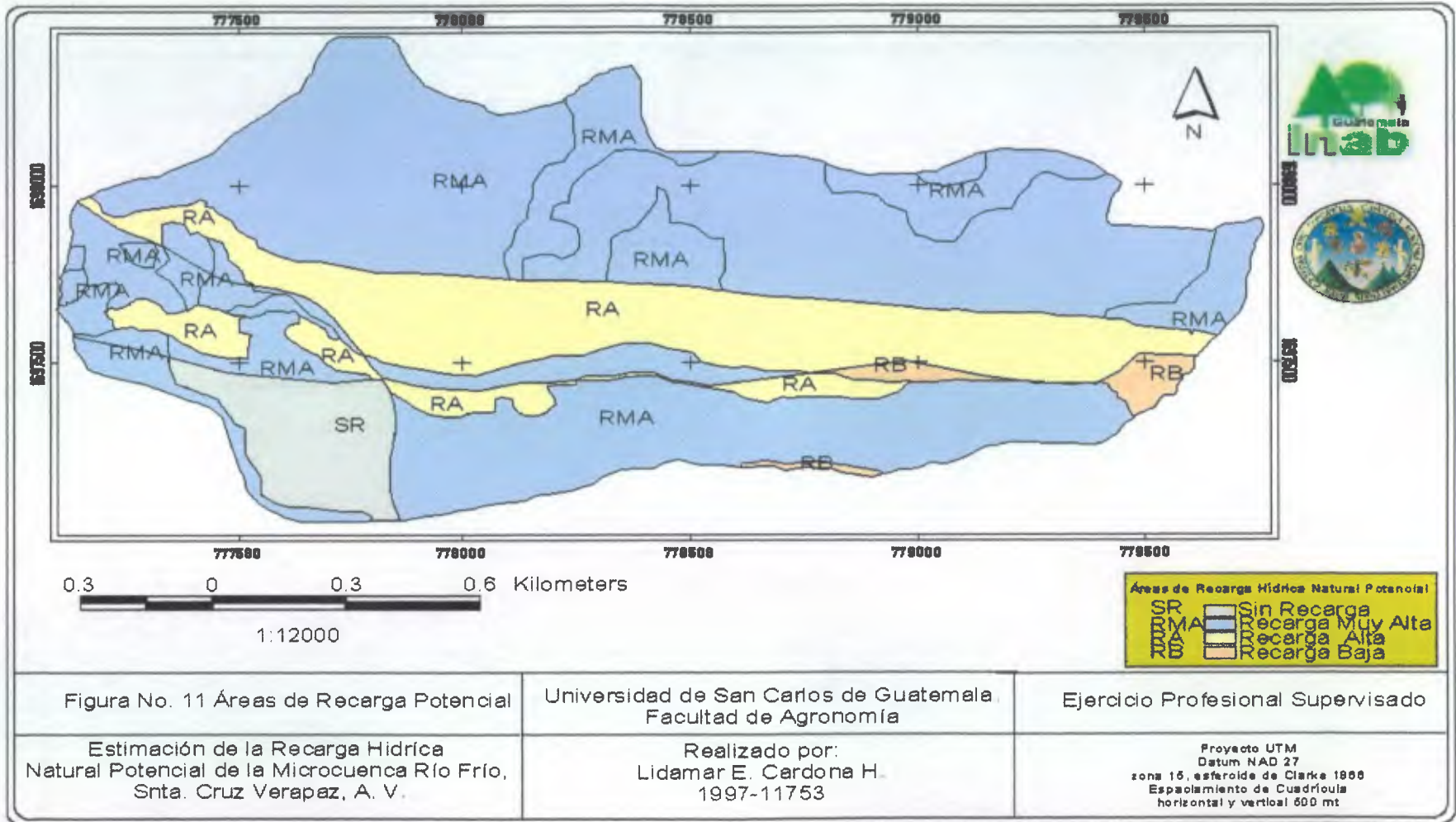


Figura I. 6. Unidades Críticas de Recarga Hídrica Microcuenca Río Frío

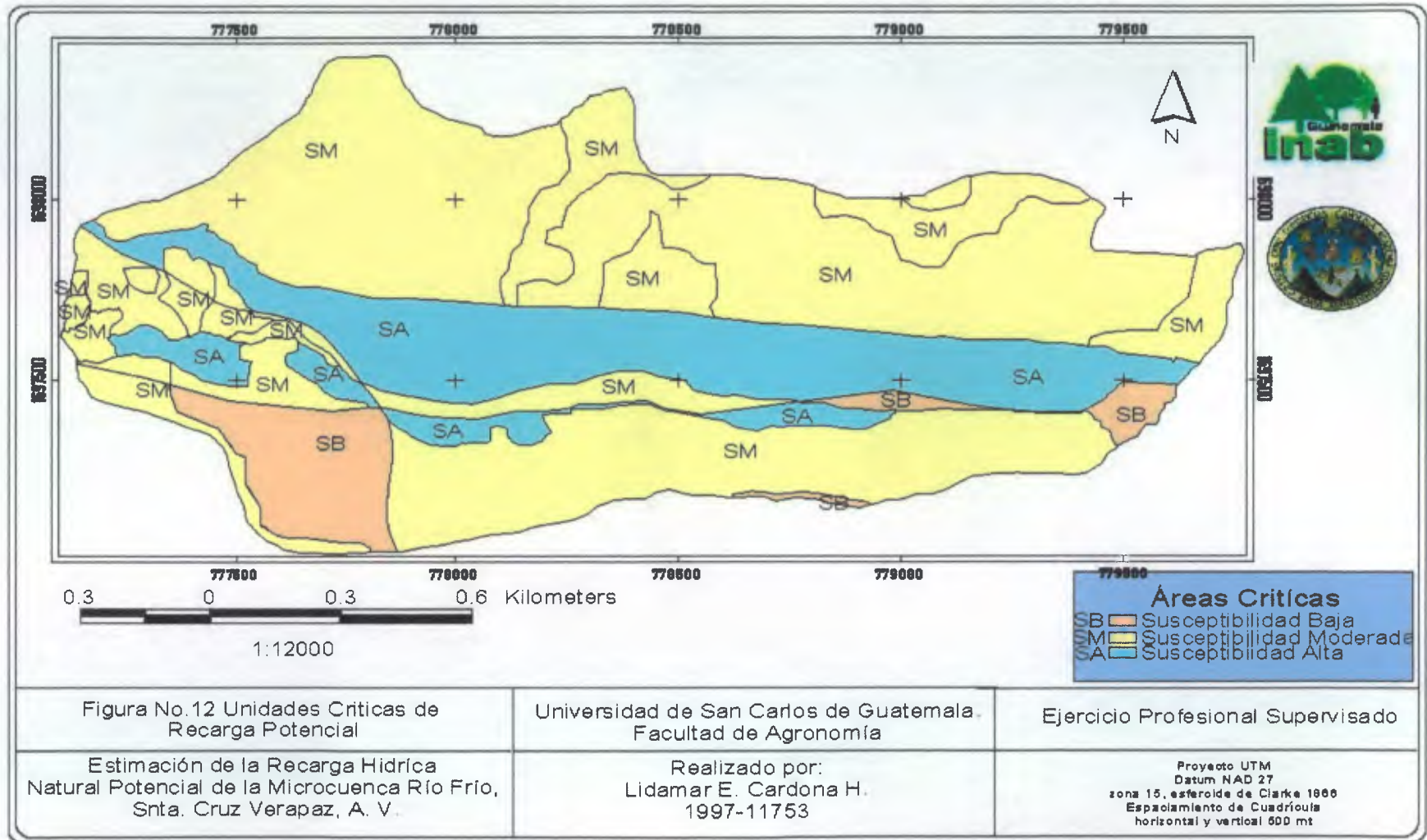


Figura 1. 7. Áreas de Recarga Hídrica Microcuenca Río Frío

2.5 Geología y Geomorfología

Existen dentro de esta finca dos unidades geológicas (fig. I. 8), las cuales pertenecen a la era Mesozoica (10). Estas unidades son:

A. "*Formación Todos Santos*" (JKts): que ocupa el restante 37.93 % (154.63 ha) de la extensión de dicha finca. Esta unidad se define como una secuencia continental y marina de capas rojas del Jurásico superior que aflora en el poblado de Todos Santos en los Altos Cuchumatanes. Esta constituida por una secuencia alargada de conglomerados, lutitas y areniscas, que se observa en superficie, principalmente en los departamentos de Huehuetenango y Quiché, existiendo además pequeñas áreas en las Verapaces..

Esta unidad posee una edad absoluta aproximadamente de 64 a 136 millones de años. También pertenece a la era Mesozoica. La más característica de sus geoformas está localizada al norte de la Sierra de Chamá, donde se presentan colinas paralelas, anticlinales y sinclinales sumergidas y la topografía típica del Karst, cuyo origen son pliegues, fallas y procesos erosivos (10).

B. "*Carbonatos del Cretácico*" (Ksd): que ocupa cerca del 62.07% (253.07 ha) de la extensión total de la finca. Comprende las formaciones Cobán y Campur. La formación Cobán puede ser dividida en cuatro miembros A, B, C y D, comprendiendo calizas y dolomitas con halita e intercalaciones de anhidritas. La formación Campur consiste de calizas, dolomitas y lutitas, con alto contenido de fósiles, los cuales son la base de diferenciación de estas rocas con formación Cobán. Son rocas que abarcan casi todo el cretácico, siendo muy importante puesto que la formación Cobán es la unidad donde se encuentran los reservorios de petróleo en el país. Estas formaciones se localizan principalmente al centro y sur de los departamentos de Petén, Belice y Quiché, en el norte y sur de Izabal y en casi todo el departamento de Alta Verapaz y Huehuetenango,

así como unas pequeñas áreas distribuidas en San Pedro y San Juan Sacatepéquez, en Tecpán y San José Poaquil.

La finca presenta en generales suelos bien drenados, con pedregosidad limitante en algunos sitios, con una estructura limosa en las partes agrícolas.

Topografía: La topografía dentro de la finca se encuentra de varios tipos: En el área de protección la pendiente se encuentra mayor de 55%.

El resto de la finca se encuentra con pendientes que van de 8 a 16 % de 16 a 32% y de 32 a 55%.

2.6 Edafología

2.6.1 Génesis:

Los suelos se han desarrollado sobre rocas calcáreas a elevaciones medianas, dando origen a suelos medianamente profundos y medianamente susceptibles a la erosión.

La finca presenta en generales suelos bien drenados, con pedregosidad limitante en algunos sitios.

2.6.2 Serie de Suelos:

Según Simmons, Tarano y Pinto (10), esta finca presenta dos series de suelos: serie de suelos Carchá (Cr) que es la menos extensa, y la serie de suelos Telemàn (Te) que es la más extensa de estas dos como se puede observar en el cuadro I. 2 y figura I. 9.

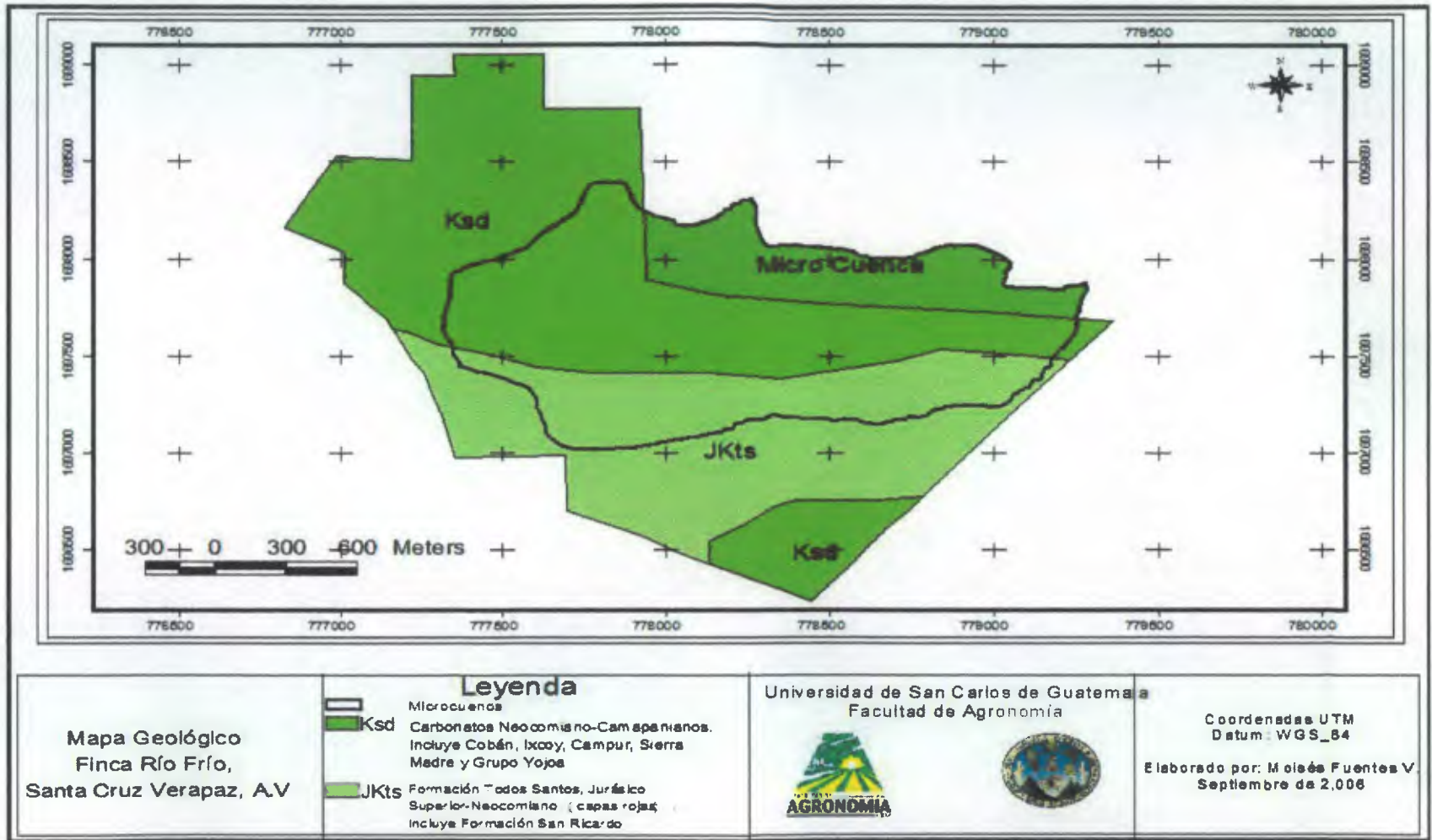


Figura 1.8. Mapa Geológico de la Finca y Microcuenca Río Frío

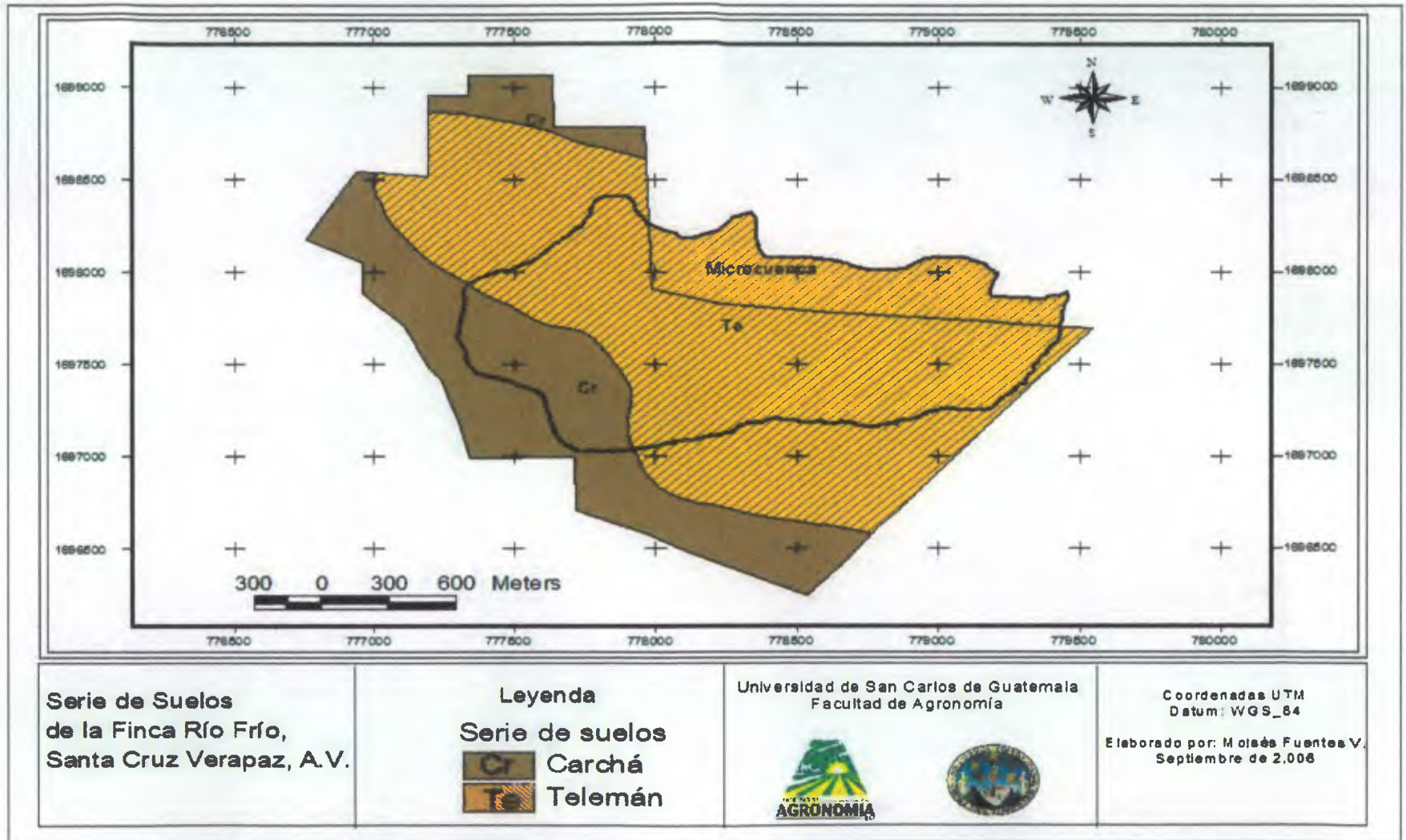


Figura 1.9. Mapa de Serie de Suelos de la Finca y Microcuenca Río Frío

Cuadro I. 2. Área de las series de suelos encontradas en la Finca Río Frío

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

Fuente: Gonzalez (2005).

Según Simmons (10), 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. Las características de ambas series de suelos encontradas en la finca se presentan en el cuadro I. 3.

Cuadro I. 3. Material madre y características de los perfiles de las series de suelos encontradas en la Finca Río Frío

Símbolo	Material madre	Relieve	Drenaje interno	Suelo superficial			Subsuelo			
				Color	Textura y Consistencia	Espesor	Color	Consistencia	Textura	Espesor
Cr	Ceniza volcánica de grano fino	Suavemente ondulado a ondulado	Rápido	Café más oscuro	Franco limoso; friable	30 cm	Café amarillento	friable	Franco arcillo limosa	60 cm
Te	Esquisto arcilloso o esquisto	Inclinado	Moderado	Café a café oscuro	Franco limosa; friable	15-20 cm	Café claro a café rojizo	friable	Franco limosa a arcilla	50 cm o más

Fuente: Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959

Además, son importantes otras características que influyen en 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.

2.7 Clima

Según el MAGA citado por González (5), el clima en la finca de acuerdo a la clasificación de Thornthwaite se denomina AB'2 (muy húmedo-templado), A (muy húmedo), B2' (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.

En el año 2004 se instalaron dos estaciones climáticas en coordinación con el Proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos –CEFE- dentro de la finca, las cuales se están monitoreando desde inicios del mes de noviembre del mencionado año. Estas estaciones están ubicadas en los puntos con coordenadas UTM, NAD 27 CENTRAL, ZONA 15:

- A. ESTACIÓN PARTE BAJA: 777179 m y 1697696 m
- B. ESTACIÓN PARTE ALTA: 778756 m y 1697542 m

Como se ha mencionado anteriormente dentro de esta finca se encuentra delimitada una microcuenca identificada con el mismo nombre de la finca; la microcuenca Río Frío tiene una extensión de 2.747 km² equivalente al 67 % del área total de la finca en el área comprendida por la finca se han implementado investigaciones, las cuales se han

realizado fuera y dentro de la microcuenca así por ejemplo tenemos que la instalación de estaciones climáticas se realizó dentro del área comprendida por la microcuenca, es por ello que a continuación se habla de datos de la microcuenca para mayor especificidad, sin embargo hay que recordar que se trata de datos que en algún momento pueden utilizarse como referencia para la finca si hablamos de la totalidad del área.

Según el cuadro I. 4, la mayor precipitación registrada ocurrió en el mes de junio del 2005 con 391.3 mm en la parte estación de la parte baja y 388.7 mm en la parte alta para el mismo mes y año. En cuanto a la temperatura media, la más alta fue registrada en el mes de julio (26.63 °C) en la parte baja, y en la parte alta en el mes de mayo (23.88 °C) ambas para el mismo mes y año. Lo que indica que en la micro cuenca existe una variación notable de precipitación y temperatura según el grado de elevación.

Cuadro I. 4. Precipitación y Temperatura media en las estaciones de la parte Alta y baja de la Finca Río Frío.

	MES	ESTACIÓN PARTE BAJA		ESTACIÓN PARTE ALTA	
		Pp mensual (mm)	T media mensual °C)	Pp mensual (mm)	T media mensual °C)
2004	NOVIEMBRE	199.6	17.3	270.8	15.9
	DICIEMBRE	54.4	16.4	119.4	15.4
2005	ENERO	169.6	14.12	180.1	12.76
	FEBRERO	2.6	12.46	15.8	18.38
	MARZO	52.2	21.64	90.4	21.64
	ABRIL	73.1	23.2	188.8	23.2
	MAYO	61.8	24.14	92.6	23.88
	JUNIO	391.3	26.53	388.7	23.38
	JULIO	384.9	26.63	265.0	23.21
	AGOSTO	19.4	26.2	16.7	22.6
	SEPTIEMBRE	23.2	24.9	21.0	21.8
	OCTUBRE	5.3	23.3	7.9	22.0
	NOVIEMBRE	144.0	21.1	190.4	18.8
	2005	DICIEMBRE	71.95	20.82	136.55
2006	ENERO	260.95	20.27	326.7	19.31
	FEBRERO	69.6	18.39	119.65	17.21

	MARZO	80.01	23.60	142.45	20.45
	ABRIL	41.6	25.37	62.05	21.27
	MAYO	229.5	23.5	207.95	20.34

Fuente: Moisés F.

Para la realización del cuadro I. 5. se realizó un promedio para los meses que contaban con mas de un dato mensual promedio reportado, esto para el caso de temperatura y precipitación; con este procedimiento realizado se procedió a calcular la evapotranspiración que se reporta anteriormente y que puede visualizarse más detalladamente en las figuras I. 10 y I. 11.

Cuadro I. 5. Temperatura, Precipitación y Evapotranspiración promedio, de la parte baja y alta de la Finca Río Frío.

Mes	Estación Parte Baja			Estación Parte Alta		
	Temp (°C)	Pp (mm)	ETP (mm)	Temp (°C)	Pp (mm)	ETP (mm)
E	17.20	215.28	42.28	16.04	253.40	42.30
F	15.43	36.10	29.82	17.80	67.73	50.17
M	22.62	66.11	92.23	21.05	116.43	82.83
A	24.29	57.35	112.21	22.24	125.43	94.66
M	23.82	145.65	113.84	22.11	150.28	99.76
J	26.53	391.30	146.98	23.38	388.70	110.07
J	26.63	384.90	153.93	23.21	265.00	112.28
A	26.20	19.40	142.22	22.60	16.70	101.97
S	24.90	23.20	117.52	21.80	21.00	88.80
O	23.30	5.30	97.75	22.00	7.90	89.76
N	19.20	171.80	55.31	17.35	230.60	49.47
D	18.61	63.18	52.03	17.23	127.98	49.69

Fuente: Monitoreo de estaciones climáticas de la microcuenca Río Frío

Según figura I.10 climadiagrama parte baja microcuenca Río Frío, se presenta el comportamiento climático de un año, la evapotranspiración fue calculada por el método de Thornthwaite. Como puede observarse los meses de déficit de humedad se presenta para los meses de marzo, abril, agosto, septiembre y octubre, durante los cuales las lluvias son menos intensas en la región. Mientras que los meses en los que se reporta superávit de

humedad son mayo, junio y julio, comportamiento reportado para la parte baja de la microcuenca.

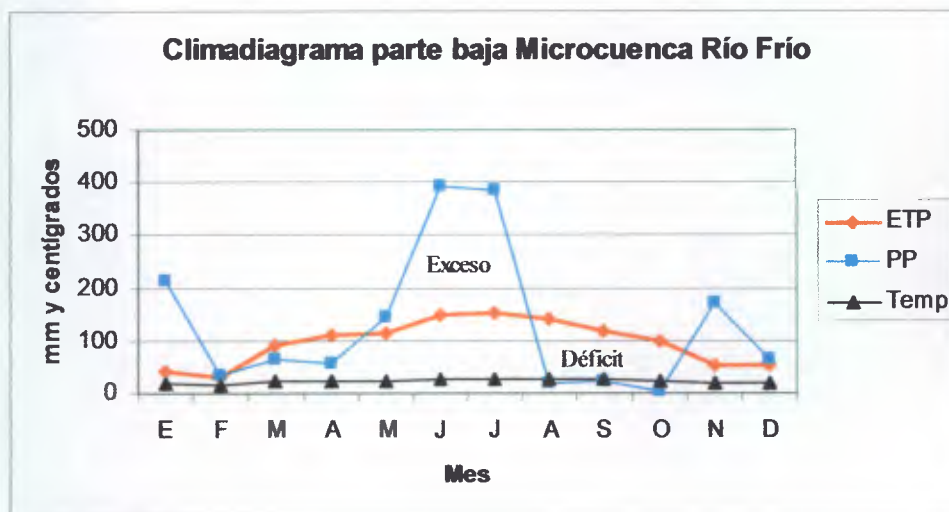


Figura I. 10. Climadiagrama parte baja Microcuenca y Finca Río Frío

El comportamiento de la precipitación en la parte alta de la microcuenca es similar con la parte baja de la misma y como puede observarse en la figura I.11 climadiagrama parte alta de la microcuenca, el periodo en el que la evapotranspiración supera a la precipitación es durante los meses de agosto, septiembre y octubre es decir que durante este lapso de tiempo se presenta un déficit de humedad.

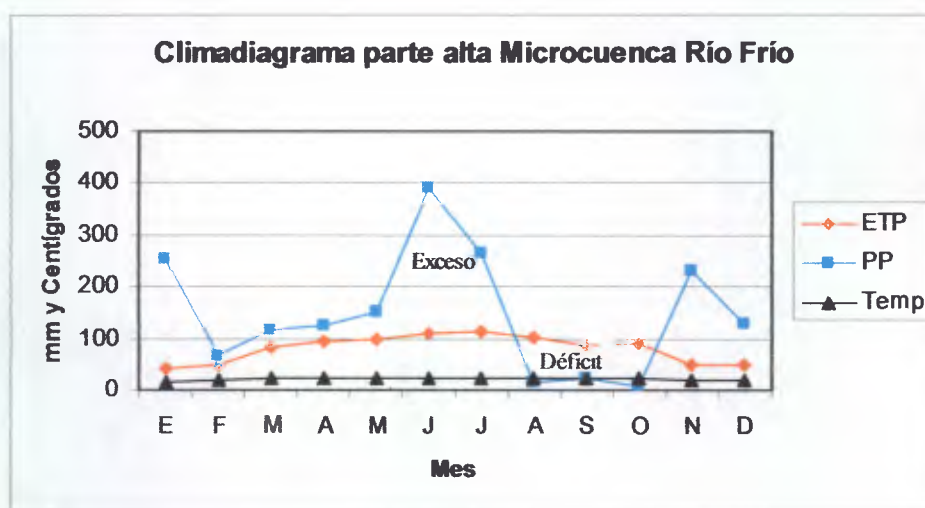


Figura I. 11. Climadiagrama Parte Alta Microcuenca y Finca Río Frío

2.8 Programa de Investigación de Hidrología Forestal

A) Antecedentes

El instituto Nacional de Bosques, en virtud del mandato legal referido a la identificación y priorización de zonas de recarga hídrica y en virtud de las demandas de servicios propios de la administración forestal, se enfrenta, al igual que la mayoría de servicios forestales públicos, ante incertidumbre técnica y administrativa vinculada a la aprobación de licencias de manejo forestal y/o de restauración de sitios (tierras) con aptitud preferentemente forestal, con o sin cobertura. Ante esta situación, ha realizado varias acciones que tienden a definir un concepto de tierras forestales de captación hídrica y a su priorización y ubicación espacial (4).

B) Objetivos del Programa de Investigación de Hidrología Forestal

a. Objetivo general

El programa tiene el objetivo general de contribuir con la gestión del Instituto Nacional de Bosques, INAB, relativa a la protección, restauración y mejora de tierras y ecosistemas forestales estratégicos para las funciones de captación y regulación hidrológica, y con ello propiciar estabilidad y mejoras en la producción (cantidad y calidad) de agua y el desarrollo sustentable del país (4).

C) Objetivos específicos

- a. Contribuir a identificar las zonas y ecosistemas forestales estratégicos para la captación y regulación hidrológica, así como las consideraciones para su protección, restauración y mejora, a nivel local (4).
- b. Determinar funciones que expliquen la relación entre el bosque, su manejo y los parámetros hidrológicos y sedimentológicos a nivel de cuencas forestales (4).
- c. Contribuir a identificar y caracterizar el umbral de cosecha forestal permisible sin causar daños irreversibles al ambiente, en ecosistemas y tierras de aptitud forestal prioritarias para la captación y regulación hidrológica (4).
- d. Contribuir a diseñar y proponer instrumentos de fomento y normas político-legales-institucionales y económicos, vinculadas a la gestión de protección y restauración de

las zonas y cuencas de aptitud forestal prioritarias para la captación y regulación hidrológica (4).

- e. Contribuir a valorar los servicios ambientales derivados del vínculo hidrológico-forestal y consecuentemente su valor económico a efecto de orientar el diseño de mecanismos de compensación hacia los manejadores (poseSIONARIOS) de bosques (4).
- f. Contribuir a la generación de información que proporcione los elementos de juicio necesarios para el mejor entendimiento del vínculo hidrológico forestal (4).

2.8.1 Líneas de Investigación

El programa de investigación de hidrología forestal se compone de cuatro líneas. La definición de las líneas de investigación se realizó tomando como base la cobertura geográfica y los enfoques derivados de los problemas a resolver con el programa así como los temas de conocimiento demandado, siendo las siguientes:

1. Delimitación y Priorización de Ecosistemas forestales y Tierras forestales de importancia para la Captación y Regulación Hidrológica (TFCRH)

Objetivo: Determinar la función a nivel nacional de zonas forestales estratégicas para la protección y regulación hídrica, y establecer las diferentes categorías y urgencias de protección institucional y normativa (4).

2. Manejo forestal e Impacto hidrológico

Objetivo: Generar información básica de campo en dinámica hidrológica derivada de la intervención de la masa forestal en bosques que permitan detallar los límites del aprovechamiento (4).

3. Métodos de restauración hidrológica a nivel de cuenca.

Objetivo: Generar información básica de campo y metodologías que permitan la recuperación de ecosistemas altamente degradados derivada de la intervención humana y con dificultades para reforestar (4).

4. Valoración económica de servicios ambientales derivados de TFCRH

Objetivo: Generar información básica de campo y metodologías que permitan el diseño de instrumentos gestión de políticas que fomenten el reconocimiento y compensación del valor económico de los servicios ambientales derivados del vínculo hidrológico-forestal (4).

3 OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Realizar una descripción general de los aspectos biofísicos, climáticos y sociales de la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz y un análisis de la situación actual de la investigación en hidrología forestal que se ha desarrollado en el área.

3.2 ESPECÍFICOS

- A. Describir las características climáticas en la Finca Río Frío.
- B. Describir las características edafológicas, fisiográficas y geológicas de la Finca Río Frío.
- C. Describir las características y situación actual del recurso bosque que se encuentra en la Finca Río Frío.
- D. Enumerar y describir las investigaciones realizadas o en Realización acerca de Hidrología Forestal en la Finca Río Frío.
- E. Describir la situación actual y la problemática de la Investigación en Hidrología forestal realizada en la Finca Río Frío.

4 METODOLOGÍA

La información de este diagnóstico fue generada por los anteriores especialistas en la microcuenca del Río Frío y ahora ampliada para la Finca del mismo nombre. Se hizo inicialmente una recopilación de la información de fuentes primarias y secundarias. Esta información ya generada, se encuentra en los expedientes de manejo y de PINFOR de la Finca Río Frío, los que fueron consultados y cuya información fue complementada y actualizada en algunos casos con recorridos en el campo.

Se consultó la información digital generada por el MAGA (2,000); de donde se obtuvo la información acerca de la ubicación geográfica, información climática (a un nivel muy general), geología del lugar y series de suelos, dicha información fue adicionada a la existente en la microcuenca del Río Frío.

Los expedientes de manejo forestal y el expediente del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR- ya fueron consultados, cuya información se encuentra en la Subregión II-1 del Instituto Nacional de Bosques en el municipio de Tactic, Alta Verapaz. En estos expedientes, se revisaron los mapas de capacidad de uso de la tierra, planes de reforestación (año de plantación y extensión), áreas aprovechadas y reforestadas, y áreas de bosque natural.

Se revisaron los documentos con información acerca de la Finca Río Frío entre los que pueden mencionarse:

- A. -Diagnósticos realizados de la microcuenca en el año 2004 y 2005 por los estudiantes del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía –EPSA- de la Universidad de San Carlos –USAC-
- B. -Plan de manejo forestal de la Finca
- C. -Investigaciones realizadas en la Finca: *Diagnóstico y Generación de Información Hidrológica Básica de la Microcuenca Río Frío; Determinación de la Recarga Hídrica Natural Potencial del suelo en la Finca Río Frío; Evaluación Preliminar del Efecto de*

Cuatro Porcentajes de Cobertura Boscosa de una plantación de Pinus maximinoii H.E. Moore, sobre la erosión hídrica del suelo, en la Finca Río Frío.

D. -Base cartográfica del MAGA.

Finalmente se realizó una integración de la información ya existente y la cual se obtuvo de fuentes primarias y secundarias siempre tomando en cuenta su respectivo análisis y origen para una mayor confiabilidad.

5 RESULTADOS

5.1 Datos Socioeconómicos

Dentro de la Finca se encuentra ubicada una familia, que se encarga de la seguridad de la misma. Del mismo modo existe un administrador, un caporal por planilla y una planilla temporal en un periodo de tres meses al año, cuantificados a partir de 1998 hasta la fecha. Estos empleos generados se describen en el cuadro I. 6.

Cuadro I. 6. Estimación de Costos de empleos por un año en la Finca Río Frío

EMPLEO	SALARIO TOTAL AL AÑO
Administrador	Q. 48000.00
Caporal	Q. 30000.00
Guardián	Q. 9000.00
Planilla Temporal (jornales)	Q. 12800.00
Total	Q. 99800.00

Fuente: Entrevistas con los trabajadores 2005

5.2 Uso Actual de la Tierra y Cobertura

La fotointerpretación realizada en el área de la Finca, con una posterior verificación de campo, ha permitido determinar la distribución de los diferentes estratos que componen la propiedad figura I. 12. Posteriormente a la fotointerpretación se procedió a la cuantificación de las áreas de cada uno de los estratos, estos se muestra en los cuadros I. 7 y I. 8.

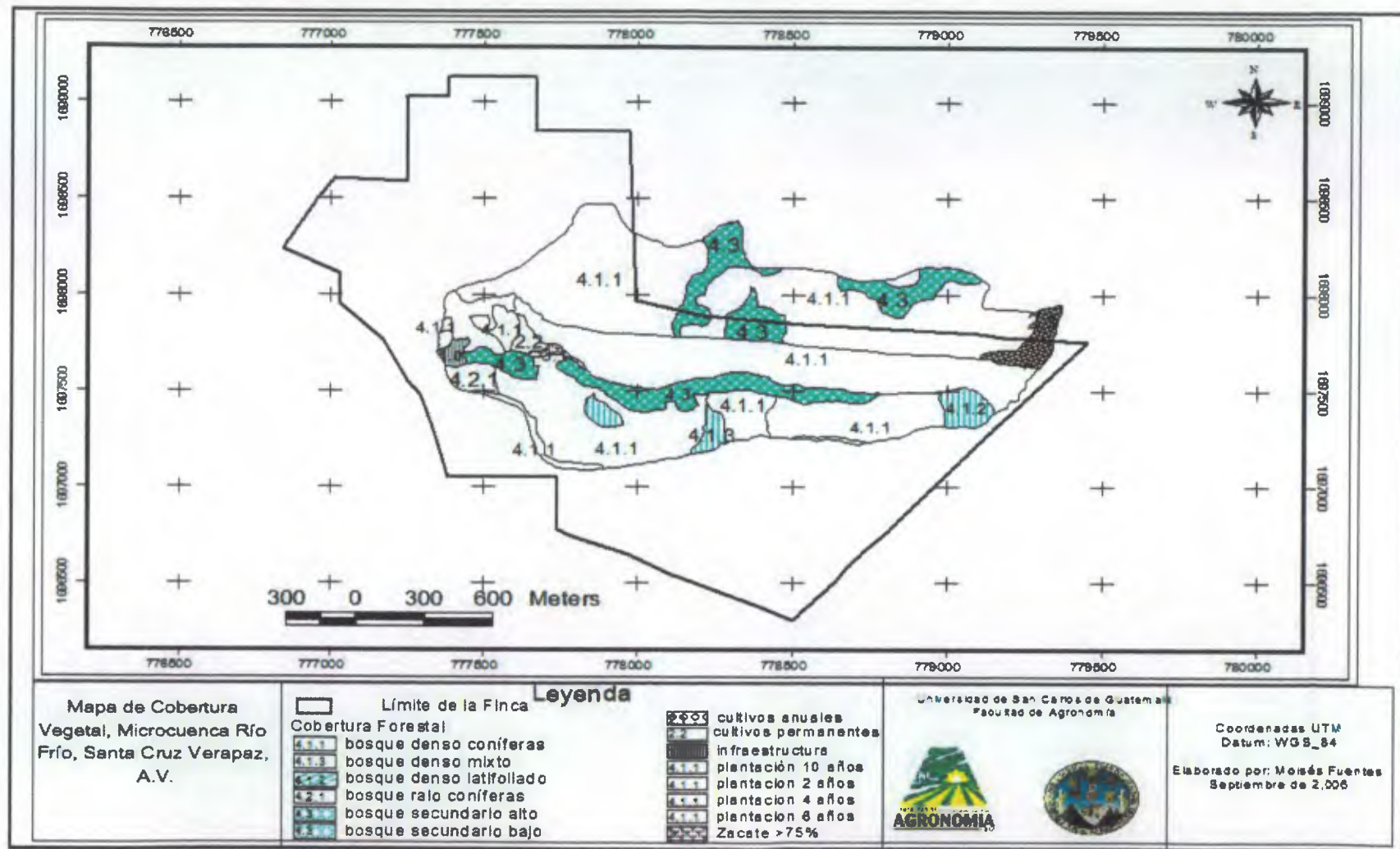


Figura I. 12. Mapa de Cobertura Vegetal de la Microcuenca Río Frío

Cuadro I.7. Uso Actual de la Tierra finca Río Frío.

USO	AREA EN ha
Forestal	236.27
Matorrales	74.57
Protección	86.02
Frutales	0.61
Infraestructura	10.23
Total	407.7

Fuente: Expediente de Río Frío

5.2.1 Forestal: La especie principal es el *Pinus maximinoi*, existiendo otras especies en menor cantidad como: *Liquidambar styraciflua*, *Cupressus lusitánica*, *Quercus sp*, *Arbustos xalapensis*, *Mirica cerífera* etc. (8)

5.2.2 Matorrales: Formado por guamiles de montes bajos, con especies vegetales de poco valor económico.(8)

5.2.3 Protección: Es un área definida como protección por las características que presenta: a) Pendientes mayores a 55%, b) Alto Porcentaje de pedregosidad, c) especie principal en esta área es *Pinus maximinoi*.(8)

5.3 Cobertura Forestal

Cuadro I. 8. Tipos de Cobertura forestal en la Microcuenca Río Frío

TIPO DE COBERTURA	AREA EN HA
Bosque Maduro	90.14
Bosque Mediano	49.21
Bosque Joven	129.36
Regeneración	2.5
Bosque de Producción Baja	2.92

Boque tratado para la regeneración	0.64
TOTAL	274.77

Fuente: Tax M. (2004)

A continuación se presentan las principales características de la cubierta forestal:

5.3.1 Bosque Maduro

Se distribuye en las partes escarpadas y onduladas de la Finca, comprende un área de 86.06 hectáreas, está conformado por árboles de pino de grandes dimensiones (8)

5.3.2 Bosque Medio

El bosque medio está conformado por rodales localizados en el suroeste de la Finca, presentando áreas onduladas y planas, comprenden árboles con diámetros medios, siendo factible la intervención por medio de raleos, ocupando un área 38.11 has (8).

5.3.3 Bosque Joven

Esta clase se encuentra conformada por regeneración natural con un área de 20.63 has y reforestaciones del año 1998 al 2002 que corresponden a compromisos de reforestación de licencias forestales emitidas por el INAB en un área de 90.74 hectáreas y del programa PINFOR con una extensión de 77.12 ha, obteniendo un total de 188.49 has., ubicadas en la parte noreste y sureste de la Finca de la especie *Pinus maximinoi*, la densidad inicial promedio va de 1111 a 1600 árboles/ha (8).

5.3.4 Plantaciones Forestales de 4 años

Estas plantaciones forestales presentan un porcentaje de prendimiento de cerca del 90% (INAB, 2004), teniendo una densidad inicial de plantación de 1,111 árboles por hectárea. Además, presentan una altura promedio de 2.41 metros, con un 100% de individuos sanos (8).

Además, a través del levantamiento de una parcela de 100 metros cuadrados se pudo determinar que la copa de estas reforestaciones representa una cobertura

aproximada de 31%; es decir, de cada 10,000 metros cuadrados de área, cerca de 3,100 metros cuadrados están cubiertos perfectamente por la copa de estos árboles (8).

5.3.5 Plantación Forestal de 6 años

Esta plantación ha recibido un raleo, por lo que su densidad actual es menor a la inicial 1,072 árboles por hectárea con raleo al 33%. Ya existía contacto leve entre copas. Cerca del 60% de individuos son víctimas de plantas trepadoras, las que se encuentran apretando el fuste del árbol. Tan solo el 6% de los individuos están siendo atacadas por la roya del pino Cronartium flaccidum (Alba & Schweín) (11)

5.3.6 Plantación Forestal de 8 años

Después de haber extraído el 30% de individuos durante el primer raleo, se tiene en esta plantación una densidad de 1,120 árboles por hectárea, y aún después de este raleo se observa contacto leve entre copas (8).

El diámetro a la altura de pecho oscila entre 13 y 19 centímetros, con una altura total media de aproximadamente 16 metros. Esta plantación comprende una parte dentro del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR-, y otra parte como compromiso de reforestación, sin embargo son de la misma edad y estructura fisonómica de los árboles (8).

5.3.7 Plantación Forestal de 13 años

Esta plantación presenta una densidad de 1,200 individuos por hectárea. Se observa un contacto intenso entre copas, con un diámetro a la altura de pecho que oscila entre 13 y 19 centímetros. Por la ausencia de luz directa, las malezas y sotobosque en esta plantación no se desarrollan muy bien. Por esta razón, no se observó la agresividad de malezas (8).

5.4 Uso Potencial de la Finca

La finca potencialmente es para uso forestal como puede observarse en el cuadro I. 9 solamente una pequeña área de 27.30 hectáreas son para agroforestería representando el 6.70 % del área total de la finca, la mayor cantidad de área tiene un uso potencial para producción forestal siendo el área de 290.40 hectáreas que representa el 71.23 % del área total. En la actualidad es la actividad forestal la que se está desarrollando en la finca, encontrándose distintas plantaciones forestales como se detalla anteriormente además podemos encontrar distintas especies de flora y fauna que se detallan a continuación en el cuadro I. 10.

Cuadro I. 9. Uso Potencial de la Finca Río Frío

Uso potencial	Área (has)	%
Agroforestería	27.30	6.70
Tierras forestales de producción	290.40	71.23
Tierras forestales de protección	90.00	22.07
Total	407.70	100

Fuente: Expediente de Manejo Finca Río Frío (7).

Cuadro I. 10. Especies de Flora y Fauna existentes en la Finca Río Frío.

ESPECIES DE FLORA		
No.	Nombre común	Nombre científico
1	Pino	<i>Pinus maximinoi</i>
2	Encino	<i>Quercus sp</i>
3	Liquidambar	<i>Liquidambar styraciflua</i>
4	Taxiscobo	<i>Arbustus xalapensis</i>
5	Guachipilin	<i>Diphyssa carthagenensis</i>
6	Nogal	<i>Juglans guatemalensis</i>
7	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>
8	Amate	<i>Ficus glabrata</i>
9	Capulin	<i>Ardicia paschalis</i>
10	Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>
11	Casuarina	<i>Casuarina esquisefolia</i>
ESPECIES DE FAUNA		

No.	Nombre común	Nombre científico
1	Armadillo	Dasypus novencinctus
2	Coche de monte	Tayassu tajacu
3	Cabro	Mazama americana
4	Cotuza	Dasy procta punctata
5	Tepescuintle	Agouti paca
6	Conejo	Silvilagus sp
7	Ardilla	Sclurus sp
8	Taltusa	Orthogromys sp.
9	Puerco espin	Sphiggurus mexicanus
10	Mapache	Procyon lotor
11	Micoleón	Potos falvus
12	Codomiz	Odonthophoros guttatus
13	Paloma perdiz	Geotrygon montana
14	Chacha	Penelope nigra
16	Tacuazin	Didelphis marsupials

Fuente: Expediente de la Finca Río Frío, INAB Tàctic A.V.

5.5 Inventario de Infraestructura

La infraestructura dentro de la Finca está conformada por lo siguiente:

- A. Casa Patronal
- B. Vivienda de guardiania
- C. Bodega
- D. Caminos
- E. Camino principal..... 5.5 Km.
- F. Caminos secundarios..... 2.5 Km.

5.6 Estudios de Mercado Local y Regional

5.6.1 Mercado local

La demanda del mercado local obedece al consumo de materia prima de las industrias forestales en la región las cuales adquieren como producto principal la madera en troza a un precio promedio de Q. 900.00 el millar de Pies tablares, la leña es el otro producto forestal que es adquirido para consumo industrial y consumo casero energético (8).

5.6.2 Mercado regional

El mercado en el contexto regional ya demanda productos tales como: Troza, leña, tablón o flich, lepa; estos productos principalmente son transportados de la zona a la región del Progreso (lugar donde es transformado), además que el mercado regional permite clasificar la materia prima en madera de primera (troza sin nudos y con un máximo de 3 nudos vivos por troza) y madera de segunda (troza de cualquier característica) (3).

La madera tiene diferentes alternativas de comercialización entre las que encontramos las siguientes:

- A. Venta en pie
- B. Venta en bacadilla (en bosque)
- C. Venta en cargadero (orilla de asfalto)
- D. Venta en el centro de consumo.

5.7 Resumen Investigaciones realizadas en la Finca Río Frío

En la finca Río Frío se han realizado hasta el momento tres investigaciones, todas realizadas por estudiantes del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala EPSA; finalizadas en su etapa de campo y fase final de gabinete a excepción de las últimas dos. El primer trabajo realizado fue el *Diagnóstico y generación de información hidrológica básica* de la microcuenca que abarca dicha finca y que recibe el mismo nombre; este trabajo se encuentra concluido totalmente y publicado, fue realizado por Marco Alexander Tax (11), tuvo como objetivo

general describir y analizar las características biofísicas y morfométricas del área como información preliminar a fin de contemplar el escenario de acción para la generación de información hidrológica básica en la microcuenca.

El trabajo consistió básicamente como su nombre lo indica en la generación de información como hidrografía, determinación de características morfométricas, donde se tomaron en cuenta aspectos lineales, aspectos de relieve y aspectos de superficie también se tomaron en cuenta los usos que se le da al recurso hídrico, se realizaron una serie de mapas que dan una idea mas amplia de la caracterización del área, se describieron y analizaron en este trabajo características climáticas determinando que el área se encuentra dentro del Bosque muy húmedo subtropical templado.

Los siguientes trabajos de investigación fueron realizados al mismo tiempo y están hasta la fecha pendientes de ser publicados; estos fueron desarrollados durante el año dos mil cinco a diferencia del anterior que se realizó durante el año dos mil cuatro y primer semestre del dos mil cinco. Luego del primer trabajo se realizó la *Determinación de la recarga hídrica natural potencial del suelo* realizada por Lidamar Cardona, tuvo como objetivo general estimar la recarga hídrica natural potencial y como objetivos específicos la determinación y elaboración del mapa de áreas potenciales de recarga hídrica, así como determinar el comportamiento de las variables meteorológicas con influencia en el balance hídrico, pretendió también comparar el balance hídrico del suelo con el balance hidrológico de la micro cuenca y por último proponer el manejo adecuado a las áreas críticas de recarga hídrica.

El último trabajo realizado fue la *Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura boscosa de una plantación de pinus maximinoii H.E Moore, sobre la erosión hídrica del suelo* realizado por María Eugenia González Ixcajoc; los propósitos principales que tuvo fueron cuantificar el volumen de suelo erosionado por acción de la escorrentía, cuantificar en forma directa el escurrimiento superficial provocado por el efecto de la precipitación pluvial en los diferentes porcentajes de cobertura y por

último determinar el comportamiento de la precipitación interna en los diferentes porcentajes de cobertura que fueron de 100 %, 75%, 67% y 50% (4)

Para desarrollar la investigación se construyeron parcelas de escorrentía de 75 metros cuadrados, se trabajo con cuatro repeticiones para cada tratamiento mencionado anteriormente y se tomaron diariamente muestras de sedimentos y sólidos en suspensión.

La cobertura que brindó mayor protección al suelo contra la erosión hídrica fue la de 67%, luego la cobertura del 75% seguida por la de 100% y la que menos protección brindó fue la del 50%; se determinó que existe correlación entre las variables volumen de escorrentía superficial y cantidad de suelo erosionado, cantidad de lluvia y volumen de escorrentía, cantidad de lluvia y cantidad de suelo erosionado, porcentaje de cobertura y volumen de escorrentía superficial, porcentaje de cobertura y cantidad de suelo erosionado. Como puede observarse en la comentado anteriormente se determinó para cada tratamiento la cantidad de suelo erosionado en ton/ha. Para mejores detalles pueden consultarse estos documentos en el centro de información forestal -CINFOR- del INAB.

5.8 Problemática de la Investigación Forestal realizada en la Finca Río Frío

Como puede verse en el cuadro I.11. la principal debilidad que se presenta es el continuo cambio de personal lo que provoca que se pierda la secuencia del trabajo y la posible distorsión de los objetivos trazados. En segunda ubicación se presenta el presupuesto insuficiente que se tiene asignado para la realización del trabajo, luego puede observarse según la selección de los problemas que en tercer lugar de ponderación se encuentra según términos de los participantes, la ausencia de un Programa de Hidrología Forestal específico para la Finca Río Frío.

Cuadro I. 11. Selección de Problemas del Programa de Hidrología Forestal

PROPUESTA DE DEBILIDAD	INTEGRANTE DEL EQUIPO No.						Suma
	1	2	3	4	5	6	
1 Cambio de Personal	7	9	4	8	11	11	50
2. Presupuesto Insuficiente	10	5	9	5	10	10	49

3.	No existe un Programa de Hidrología Forestal específico para la Finca	11	11	7	6	2	7	44
4.	No hay institucionalidad del tema	3	10	3	10	8	9	43
5.	Falta de Coordinación Investigación-CEFE-Regiones	2	8	11	11	1	6	39
6.	Ausencia de formalidad Proyecto-Finca	9	7	6	9	3	5	39
7.	Deficiencia de Equipo	8	6	8	4	9	3	38
8.	Divergencia de Criterios entre INAB-FAUSAC	4	1	10	7	7	8	37
9.	Discontinuidad de Actividades	5	4	5	3	6	4	27
10.	Falta de Divulgación del Proyecto	6	2	2	2	4	1	17
11.	Los dueños no cuentan con la Información	1	3	1	1	5	2	13

Fuente: Tomado del Trabajo de Investigación del autor.

5.9 Discusión de la Problemática

En la Finca Río Frío se realizan todas las labores silviculturales sin ninguna supervisión técnica, todo esto conlleva a la problemática que a continuación se presenta en la figura I. 13. Se presentan como raíces de dicha problemática la falta de conocimiento o información de los cuidados que deben tenerse para no degradar el suelo con las actividades silviculturales, específicamente con las actividades de aprovechamiento, esta falta de conocimiento la poseen las personas directamente relacionadas con las actividades de campo; además de esto y relacionado a lo anterior debe tomarse muy en cuenta la susceptibilidad natural del suelo a la erosión debido a que los suelos se han desarrollado sobre rocas calcáreas a elevaciones medianas. Los terrenos con pendientes pronunciadas son también un factor determinante en la erosión del suelo favoreciendo la misma, con la alta precipitación pluvial que se presenta en la zona. Y por último sin importar el orden se presenta la aplicación o desarrollo de prácticas silviculturales sin supervisión técnica adecuada como se mencionó anteriormente.

Todo lo mencionado anteriormente son causas interrelacionadas que se estudiaron específicamente sobre el impacto que provoca el manejo forestal sobre el recurso suelo que trae como consecuencias los aspectos siguientes: El desplazamiento o remoción del suelo por erosión hídrica o eólica y consecuentemente la pérdida de nutrientes que

lógicamente provoca la degradación no solo física sino química del suelo disminuyendo la productividad de las áreas llevándolas a largo plazo a convertirse en tierras improductivas; por otro lado se visualiza la alteración de otros componentes ambientales como la degradación de micro fauna y flora del suelo, alteraciones en el balance hídrico del suelo y consecuentemente como un aspecto importante se presenta el deterioro de la calidad físico-químico del agua producida en el ecosistema forestal.

5.10 Análisis de la Problemática sobre el recurso suelo

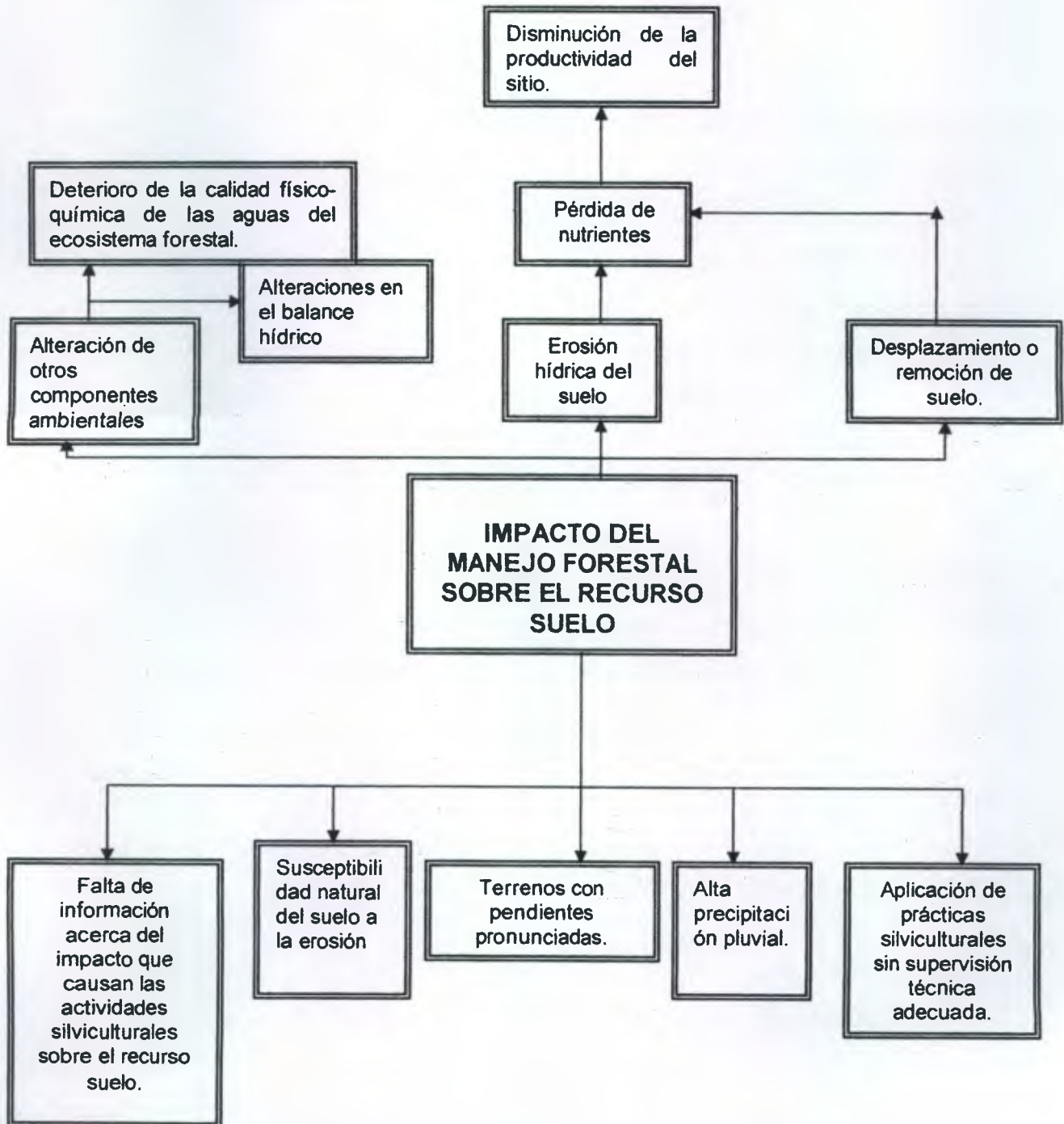


Figura I. 13. Árbol de problemas de la Finca Río Frío

6 CONCLUSIONES

- A. Para la Finca Río Frío la zona de vida reportada es Bosque muy húmedo sub-tropical frío según Holdridge y el clima de acuerdo a Thornthwaite se denomina AB'2 (muy húmedo-templado), A (muy húmedo), B2' (templado); la precipitación mínima anual esta 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; la cual se distribuye 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.
- B. La Finca Río Frío se encuentra ubicada dentro de la región natural Tierras Calizas Altas del Norte, presenta topografía variada con depresiones de 1394 msnm y en las partes mas altas 1841 msnm, registra pendientes con rangos de 12-36% hasta mayores de 55%, el rango de 26-36 % predomina por lo que se puede calificar como una topografía quebrada, la Finca presenta dos unidades geológicas siendo estas Carbonatos del cretácico y Formación Todo Santos.
- C. La Finca Río Frío es absolutamente forestal contando con bosque joven, bosque medio y bosque maduro, las plantaciones forestales existentes cuentan con edades de cuatro, seis, ocho y trece años, la especie de las plantaciones es *Pinus maximinoi*
- D. Los trabajos de Investigación realizados en la Finca Río Frío han estado a cargo de estudiantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala y se han realizado hasta el momento tres investigaciones siendo estas; el *Diagnóstico y generación de información hidrológica básica* de la microcuenca Río Frío que se encuentra ubicada dentro de la Finca realizado por Marco Tax; la *Determinación de la recarga hídrica natural potencial del suelo* realizada por Lidamar Cardona, y la *Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura boscosa de una*

plantación de pinus maximinoii H.E Moore, sobre la erosión hídrica del suelo realizado por María Eugenia González Ixcajoc, encontrándose en fase final de gabinete y revisión previa a publicación las últimas dos respectivamente.

- E. El principal problema presente en la ejecución de la Investigación Forestal de la Finca Río Frío es la ausencia de una secuencia lógica en la ejecución del mismo, la que permitiese tener una línea guía a seguir, problema que se esta pretendiendo solucionar con el trabajo de investigación titulado *Propuesta de Ordenamiento del Programa de Investigación en Hidrología Forestal en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A.V.* que realiza el autor de éste documento.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz, JR De La. 1981. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento; sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
2. Cardona, L. 2005. Estimación de la recarga hídrica natural potencial en la microcuenca del río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 61 p.
3. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Dirección Subregional II-1 Tactic, GT). 2005. Base de datos. Tactic, Alta Verapaz, Guatemala. 1 CD.
4. Fuentes Velásquez, MF. 2005. Propuesta de ordenamiento del programa de hidrología forestal del Instituto Nacional de Bosques –INAB- en la región II, caso finca río Frío, Santa Cruz Verapaz, A.V. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 72 p.
5. González, M. 2005. Diagnóstico de la finca río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC. 50 p.
6. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1998. Ley forestal, decreto legislativo número 106-96. Guatemala. 27 p.
7. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
8. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2004. Evaluación de una plantación forestal de dos años en la finca Río Frío dentro del programa de incentivos forestales, dictamen no. TF-0-1-139-SPINFOR-2004. Tactic, Alta Verapaz, Guatemala. 7 p.
9. 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.
10. Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1000 p.
11. Tax Marroquín, MA. 2004. Diagnóstico de la microcuenca río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 54 p.



No. Bº. Rolando Barrios

CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN

“Propuesta de ordenamiento del Programa de Investigación de Hidrología Forestal del Instituto Nacional de Bosques -INAB- en la Región II. Caso finca Río Frío Santa Cruz Verapaz, A.V.”

“Proposal of classification of the Program of Investigation of Forest Hydrology of the National Institute of Forests -INAB- in the Region II. Case property Río Frío Santa Cruz Verapaz, A.V.”

1 PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Bosques –INAB- desarrolló un Programa de Investigación en Hidrología Forestal el cual fue publicado en el mes de mayo del 2005 en el que se definen cuatro líneas de investigación, siendo estas Delimitación y Priorización de Ecosistemas Forestales y Tierras Forestales de importancia para la Captación y Regulación Hidrológica, Manejo Forestal e Impacto hidrológico, Métodos de restauración hidrológico a nivel de cuenca y Valoración económica de servicios ambientales, con las que se pretende abarcar todos los aspectos técnicos, sociales, económicos y políticos en el manejo de las cuencas hidrográficas. Este programa de investigación se está implementando en la Finca Río Frío Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz contando actualmente con investigaciones ya encaminadas en la línea manejo forestal e impacto hidrológico sin embargo no se ha orientado de una buena manera la secuencia lógica que debe llevar dicha implementación.

El Programa de Hidrología Forestal desarrollado esta a cargo del Proyecto de Ecosistemas Forestales Estratégicos –CEFE- del INAB, éste proyecto tiene un límite de ejecución tiempo durante el cual se quieren obtener resultados significativos acerca del programa, sin embargo dichos resultados no será posible obtenerlos si no se cuenta con una planificación estratégica que nos ayude a aprovechar mejor los recursos y el tiempo para realizarlo eficaz y eficientemente. Con la realización de éste trabajo se pretendió lograr lo anterior y orientar la línea de manejo forestal e impacto hidrológico del programa para eliminar el naufragio en el camino de la implementación del mismo al pretender desarrollar investigaciones que por lógica requieren del desarrollo de otras anteriormente.

El trabajo que se realizó consistió básicamente en darle una secuencia lógica a todas las investigaciones a realizar en la finca Río Frío, específicamente sobre la línea manejo forestal e impacto hidrológico, se pretendió que esta propuesta de secuencia venga a sustentar los objetivos ya establecidos en el Programa acerca de ésta línea de Investigación.

La finca Río Frío se encuentra situada administrativamente en el municipio de Santa Cruz Verapaz, A.V. y en la Región Forestal II Verapaz e Ixcán el Quiché y Sub-región II-1 Villa de Tactic A.V. del -INAB-, siendo propiedad de la Empresa W.E. Dieseldorff.

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge adaptada para Guatemala por De la Cruz el área de la finca se encuentra ubicada en la zona de vida Bosque muy húmedo sub, tropical frío (bmsf) (20)

La finca se encuentra ubicada dentro de la región fisiográfica de Tierras calizas Altas del norte según el manual técnico para la clasificación de tierras por capacidad de uso del INAB. La topografía de la finca es variada, pudiéndose encontrar depresiones de 1394 msnm y en las partes mas altas 1841 msnm (20)

2 MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Línea de Investigación: Es un eje temático monodisciplinario o interdisciplinario el que confluyen actividades de investigación realizadas por uno o más grupos de investigación que tengan resultados visibles en su producción académica y en la formación de recursos humanos mediante el desarrollo de trabajos de grado, finales o tesis (3).

2.1.2 Cuenca Hidrográfica: Unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios.(14)

Las cuencas hidrográficas se pueden subdividir en tres zonas de funcionamiento hídrico principales:

Zona de Cabecera de las Cuencas Hidrográficas: garantizan la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año.

Los procesos en las partes altas de la cuenca invariablemente tienen repercusiones en la parte baja dado el flujo unidireccional del agua, y por lo tanto toda la cuenca se debe administrar como una sola unidad. En este contexto, los bosques en las cabeceras de las cuencas cubren una importante función reguladora ya que controlan la cantidad y temporalidad del flujo del agua, y protegen a los suelos de ser erosionados por el agua

con la consecuente sedimentación y degradación de los ríos, y la pérdida de fertilidad en las laderas (14).

2.1.3 Funciones de la Cuenca

Los procesos de los ecosistemas que describen el intercambio de materia y flujo de energía a través de la vinculación de los elementos estructurales del ecosistema pueden ser vistos como un sistema: Dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos, cuyas funciones a continuación se describen(14):

a) Función Hidrológica

- A. Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.
- B. Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
- C. Descarga del agua como escurrimiento.

b) Función Ecológica

- A. Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.
- B. Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua

c) Función Ambiental

- A. Constituyen sumideros de CO₂.
- B. Alberga bancos de germoplasma.

- C. Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
- D. Conserva la biodiversidad.
- E. Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos

d) Función Socioeconómica

- A. Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.
- B. Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

3.1.4 Servicios Ambientales

a) Del flujo hidrológico: usos directos (agricultura, industria, agua potable, etc), dilución de contaminantes, generación de electricidad, regulación de flujos y control de inundaciones, transporte de sedimentos, recarga de acuíferos, dispersión de semillas y larvas de la biota (3).

b) De los ciclos bioquímicos: almacenamiento y liberación de sedimentos, almacenaje y reciclaje de nutrientes, almacenamiento y reciclaje de materia orgánica, detoxificación y absorción de contaminantes (3).

c) De la Producción biológica: creación y mantenimiento de hábitat, mantenimiento de la vida silvestre, fertilización y formación de suelos (3).

d) De la descomposición: procesamiento de la materia orgánica, procesamiento de desechos humanos (3).

2.1.5 Implicaciones ecológicas de la cuenca

Al interior de la cuenca, el agua funciona como distribuidor de insumos primarios (nutrientes, materia orgánica, sedimentos) producidos por la actividad sistémica de los

recursos. Este proceso modela el relieve e influye en la formación y distribución de los suelos en las laderas, y por ende en la distribución de la vegetación y del uso de la tierra.

La utilización del agua entra con frecuencia en conflicto con la conservación del medio ambiente y la biodiversidad. Dada la extraordinaria riqueza de recursos bióticos e hídricos de la cuenca y la degradación a la que están siendo sometidos, el análisis de la relación entre la gestión de los recursos hídricos y la del medio ambiente constituye una prioridad para esta Dirección.

La cuenca integra procesos y patrones de los ecosistemas, en donde las plantas y los animales ocupan una diversidad de hábitat generado por variaciones de tipos de suelo, geomorfología y clima en un gradiente altitudinal.

La cuenca constituye una unidad espacial eco geográfica relevante para analizar los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos agua, suelos y vegetación. Por lo tanto, constituye un marco apropiado para la planificación de medidas destinadas a corregir impactos ambientales producto del uso y manejo de los recursos naturales (14).

2.1.6 Manejo Integrado de Cuencas

Es un proceso iterativo de decisiones sobre los usos y las modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen en el largo plazo para la sustentabilidad de los recursos. Implica la formulación y desarrollo de actividades que involucren a los recursos naturales y humanos de la cuenca. De ahí que en este proceso se requiera la aplicación de las ciencias sociales y naturales. Asimismo, conlleva la participación de la población en los procesos de planificación, concertación y toma de decisiones. Por lo tanto el concepto integral implica el desarrollo de capacidades locales que faciliten la participación. El fin de los planes de manejo integral es el conducir al desarrollo de la cuenca a partir de un uso sustentable de los recursos naturales (14).

2.1.7 La Cuenca como unidad de Gestión ambiental

La cuenca constituye la principal unidad territorial donde el agua, proveniente del ciclo hidrológico, es captada, almacenada, y disponible como oferta de agua.

Con frecuencia las cuencas hidrográficas poseen no solo integridad edafo-biógena e hidro-climática sino que, además, ostentan identidad cultural y socioeconómica, dada por la misma historia del uso de los recursos naturales. En el ámbito de una cuenca se produce una estrecha interdependencia entre los sistemas bio-físicos y el sistema socio-económico, formado por los habitantes de las cuencas, lo cual genera la necesidad de establecer mecanismos de gobernabilidad (3).

Por esta razón, la cuenca hidrográfica puede ser una adecuada unidad para la gestión ambiental, a condición de que se logren compatibilizar los intereses de los habitantes de sus diferentes zonas funcionales y las actividades productivas de las mismas.

El proceso de implementación de las políticas públicas que garanticen la conservación de los recursos y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población en las cuencas hídricas, es la gestión ambiental (3).

2.1.8 Hidrología forestal o hidrología de bosques

Hidrología se origina etimológicamente de las palabras *hydros*, que en griego significa, agua; 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" (Gómez de Silva, G, 1996) (12).

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 un

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 es uno 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 suelos, la geología, etc; que no pueden ser modificados por el ser humano, la vegetación constituye un factor modificable que, para bien o para mal, 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). Pensilvania (1965), señala a la hidrología forestal como la ciencia que estudia las influencias de la vegetación sobre el clima, el agua y el suelo en cuencas torrenciales, así como las acciones de restauración hidrológica forestal, la corrección de torrentes y la prevención y defensa contra aludes.(12)

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 superficial 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 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 cobertura" (14).

2.1.9 Zonas de recarga hídrica

Según Benfelt (2000), recarga es el nombre que se le da al proceso que permite que el agua alimente un acuífero. Este proceso ocurre de manera natural cuando la lluvia se filtra hacia un acuífero a través del suelo o roca. El área o zona donde ocurre la recarga se llama zona de recarga (12).

2.1.10 Agua para el desarrollo

El agua es vital, pues constituye una necesidad básica de todo ser humano, es necesaria para la supervivencia y central para el mejoramiento de la salud, la productividad y la calidad de vida tanto en áreas rurales como en áreas urbanas. Es una parte fundamental de todos los ecosistemas, y un requisito para la integridad y sustentabilidad del medio ambiente y de la biodiversidad. El agua también es un factor esencial en todos los sectores del desarrollo económico y social, así como un insumo necesario para todo tipo de actividad económica y formas de ganarse la vida. La disponibilidad adecuada y confiable del agua constituye un requisito previo para la inversión, el crecimiento y la mitigación de la pobreza. La asignación del agua entre diferentes usos, y las políticas y prácticas que se utilizan para gestionar, suministrar y financiar este recurso, crean incentivos y desincentivos para actividades económicas específicas en determinadas áreas geográficas. Dichos incentivos influyen sobre la estructura de la economía, y refuerzan e inducen patrones espaciales de crecimiento específicos, los cuales, a su vez, tienen un impacto global sobre los caminos tomados por el desarrollo nacional, el crecimiento económico a nivel local, la equidad distributiva y la

transformación del medio ambiente. Estos impactos del manejo del agua, que son de amplio alcance, así como el valor de la aportación que este recurso hace a todos los aspectos del desarrollo, no solamente deben ser reconocidos por los Ministros del Agua, sino que deben ser demostrados particularmente a los Ministros de Finanzas y de hecho, a todas las autoridades gubernamentales (5).

A. Aspectos principales para la discusión

Se buscan insumos respecto a las acciones locales –ya sea las que se están realizando o las que se planean- acerca de los siguientes aspectos:

- a. La comprensión de la aportación que los servicios relacionados con el agua (es decir, suministro del agua para usos domésticos e industriales, generación de energía, riego y drenaje, protección contra inundaciones, navegación, recreación, etc.) hacen al desarrollo económico y social a nivel nacional, regional y local;
- b. Los niveles mínimos de inversión en infraestructura hidráulica que se necesitan para impulsar y sostener el desarrollo social y económico; ejemplos de iniciativas de inversión orientadas a tener un efecto sobre la mitigación de la pobreza;
- c. La introducción de aspectos ambientales en la toma de decisiones para proyectos relacionados con el agua;
- d. El análisis de iniciativas locales que buscan la asignación eficiente de inversiones en agua, en lugar de otros sectores;
- e. Las acciones encaminadas a convencer a políticos, legisladores y autoridades locales de la necesidad de dar prioridad a inversiones en los servicios relacionados con el agua;
- f. Iniciativas locales orientadas hacia la explotación eficiente y sustentable de las aguas subterráneas;
- g. Narrativas –desde la perspectiva de los usuarios finales- sobre el impacto de la cooperación internacional en el desarrollo local en materia de agua (5).

2.1.11 Instrumentación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)

Se ha comprendido y aceptado el hecho de que el agua es un recurso finito, esencial para todas las actividades de la humanidad –y, de hecho, de su supervivencia misma- y vital para sostener la vida en la tierra. Esta situación frecuentemente implica constantes transigencias y conflictos entre los usuarios, los usos, y las metas para el desarrollo y para el medio ambiente. Esto ha impulsado la búsqueda de soluciones tales como la gestión integrada, completa y sustentable de los recursos hídricos (GIRH). La GIRH es un marco conceptual que incluye un proceso de instrumentación que intenta facilitar el manejo coordinado y rentable del agua y de otros recursos naturales relacionados con ella, con el objetivo general de perseguir el desarrollo sustentable.

Los gobiernos presentes en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sustentable (CMDS-2002) adoptaron una meta para desarrollar planes y estrategias para la GIRH para el año 2005. Una evaluación de dicho proceso debe comenzar con reflexiones acerca de cómo los países perciben que deben abordar la instrumentación de la GIRH para que ésta se ajuste a sus propias necesidades. En este momento, parece importante examinar las condiciones (el cuándo, dónde y cómo) bajo las cuales la GIRH aporta beneficios al desarrollo sustentable a nivel local, regional y nacional; considerar cuales son las acciones requeridas para medir los avances hacia su instrumentación, y definir cuáles son las medidas –a nivel nacional y local- que se puedan tomar para facilitar la consecución de esta meta de la CMDS (5).

2.1.12 Agua y Saneamiento para todos

Pese a los esfuerzos que se han hecho, todavía existen muchos lugares donde el agua sólo está disponible en sitios remotos o de manera intermitente en tanques, pozos y fuentes públicas. Con frecuencia, el agua en cuestión es de mala calidad. La insuficiencia de agua segura y de servicios de saneamiento deja expuestas a las personas –en especial a los niños- a enfermedades relacionadas con el agua. Muchas personas reconocen el hecho de que las deficiencia en el suministro del agua y en el saneamiento obstaculizan el bienestar de los individuos de numerosas maneras. Es preciso superar os impedimentos

que existen para expandir y mejorar el suministro del agua y del saneamiento a los medios urbanos y rurales. Por otra parte, es imperativo comprender y enfrentar los retos de tipo político, financiero, regulatorio, organizacional, cultural y tecnológico que nos impiden proporcionar agua potable y saneamiento (5).

3 OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Evaluar la ejecución del Programa de Investigación de Hidrología Forestal del Instituto Nacional de Bosques –INAB- con el propósito de orientar la implementación de la línea manejo forestal e impacto hidrológico en la región II, caso Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, para generar información que pueda contribuir a la valorización del bosque dentro del tema de Recarga Hídrica.

3.2 ESPECÍFICOS

- A. Diagnosticar la situación actual del proceso de investigación hidrológica en la Finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.
- B. Definir los recursos y estructura necesarios en la Finca Río Frío para desarrollar investigación en Hidrología Forestal.
- C. Realizar un ordenamiento o secuencia lógica de las investigaciones a realizar para continuar con lo establecido en el Programa de Investigación en Hidrología Forestal.
- D. Plantear nuevas investigaciones específicas dentro de la línea de investigación Manejo forestal e Impacto Hidrológico.

4 METODOLOGÍA

4.1 Revisión del Programa de Hidrología

Inicialmente se realizó una revisión general del programa de Investigación de Hidrología Forestal realizado por el Instituto Nacional de Bosques –INAB-; analizando cada uno de sus componentes como los antecedentes, problemas a resolver con este programa, líneas de investigación y entrevistas a los colaboradores en la elaboración del mismo; luego se realizó el diagnóstico del programa específicamente a través de un Foda.

4.2 Diagnóstico del Programa de Hidrología

Se realizó un diagnóstico del desarrollo del Programa de Investigación en Hidrología Forestal, de la manera siguiente:

4.2.1 Recopilación de Información

La recopilación de la información se realizó revisando en el centro de documentación del proyecto Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos CEFE del INAB las investigaciones que se han realizado en la región y específicamente en la finca Río Frío Santa Cruz Verapaz, A.V. relacionadas al Programa de Investigación, considerando que algunas de estas aún no han sido publicadas, conjuntamente a esta actividad se realizaron entrevistas a los ejecutores de dichas investigaciones siendo todos ellos estudiantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se tomo en cuenta el punto de vista de cada uno indagándolos acerca del desarrollo de sus investigaciones, vacíos que ellos observaron, actual problemática, equipo que creían conveniente instalar o reparar y opiniones acerca de cómo se está desarrollando el Programa. Posteriormente se visitaron instituciones relacionadas al recurso Hídrico que tenían información generada en el área, la determinación de cuales instituciones visitar se realizó consultando el Programa de Hidrología Forestal donde se mencionan las instituciones que han trabajado en el tema de Hidrología Forestal y en las visitas se tuvo acceso a la información generada en el área de estudio.

4.2.3 Desarrollo del FODA

La realización de la Técnica FODA contempló las siguientes etapas: 1) Integración del equipo de trabajo, 2) Diseño de una agenda de trabajo, 3) Sesión de trabajo (lluvia de ideas), 4) Selección y análisis de problemas, 5) Ordenamiento de los problemas, 6) Evaluación de los problemas, 7) Selección ponderada de los problemas, 8) Análisis comparativo de FODA, 9) Alternativas estratégicas, 10) Definición del concepto de negocio; mismas que se presentan gráficamente en la Figura II.1.

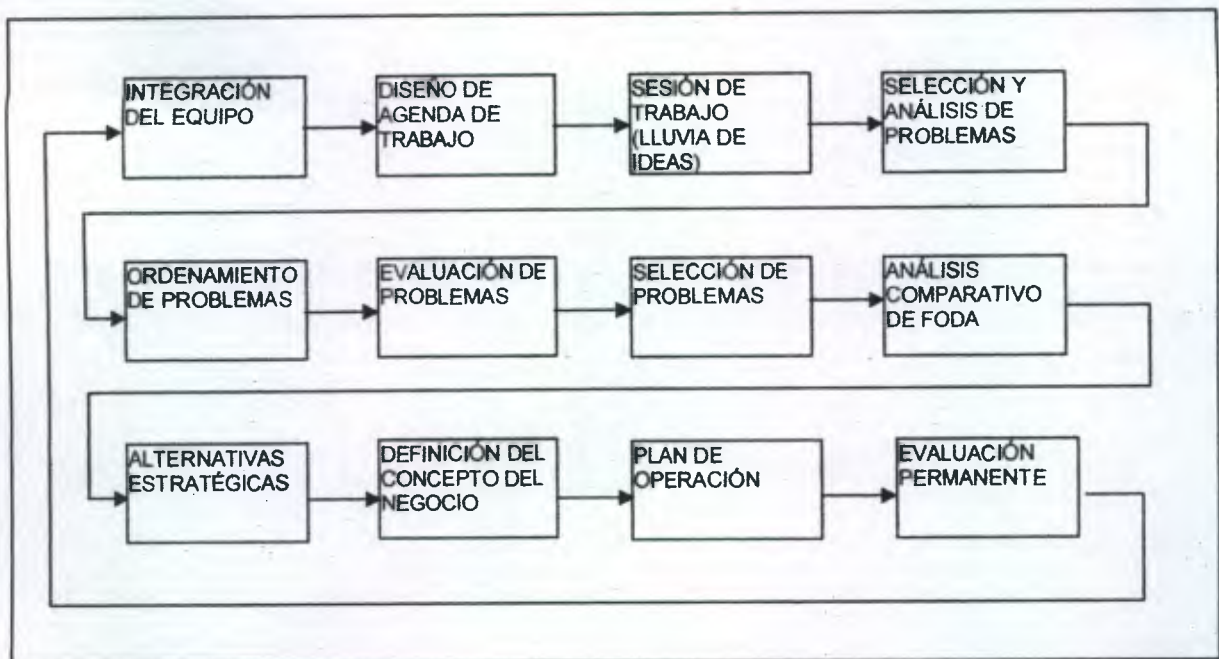


Figura II. 1. Etapas del FODA de la Investigación en Hidrología Forestal

a) Integración del Equipo. Esta integración se llevó a cabo con miembros clave del proyecto para la planeación, en esta integra acción se tomaron en cuenta participantes de diferentes niveles, el grupo fue de la manera más pequeña posible para facilitar la toma de decisiones. El equipo estuvo integrado por el Coordinador del Departamento EFE (Departamento de Ecosistemas Forestales Estratégicos), el coordinador del proyecto CEFE (Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos) y tres auxiliares de Investigación. Se determinó una agenda de trabajo en la que se contemplaron 2 reuniones para la realización del FODA. La planificación de las reuniones se realizó anticipadamente

para recopilar cualquier información necesaria antes de que las reuniones de planeación se llevaran a cabo, y así tuvieran el tiempo requerido para poner en práctica los cambios necesarios.

b) Diseño de la Agenda de Trabajo. La mayoría de los planes establecen objetivos específicos o metas de desempeño medibles para una organización o proyecto, definiendo además, al o los responsable(s) por cada actividad. Esta claridad en los objetivos y en la división de trabajo, permite al administrador identificar y coordinar a los miembros del equipo responsables por la ejecución de las actividades y el logro de objetivos. La definición de las fechas para la reunión del equipo y realización de sus trabajos fue por consenso.

c) Sesión de Trabajo (lluvia de ideas). Por lo general, la mecánica de trabajo en el análisis FODA consistió en abordar a través de la técnica de "lluvia de ideas" las opiniones de cada uno de los miembros del equipo de planeación.. Posteriormente se dieron a conocer los resultados del análisis FODA a los jefes de departamento y proyecto de Ecosistemas Forestales Estratégicos para su opinión y aprobación.

Se recibieron todas las propuestas y opiniones que aportaron los miembros del grupo sobre las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del Programa eliminando los comentarios y discusiones personales, listándolas y numerándolas en un lugar visible para los integrantes del grupo a fin de que posteriormente pudieran ser valoradas.

d) Selección y Análisis de Problemas. En la mayoría de las organizaciones, el personal tiene intereses y puntos de vista diferentes que dependen de su posición dentro de la organización, de su formación profesional y de sus creencias personales. La mayor parte de los temas claves relacionados con el análisis de problemas generan conflictos, por lo que se manejaron de una manera que permitiera el consenso de todas las partes en la decisión final.

A través de la "lluvia de ideas" se generaron un número importante de problemas, la dificultad a enfrentar fue la forma de seleccionar los más significativos, por lo que se solicitó a cada integrante del grupo de trabajo que seleccionara las 10 opciones que consideraron más representativas de entre todas las listadas (sin ordenar), sin embargo se tomo la decisión concensuada de incluir todas las sugerencias, por lo que no fue necesario realizar ninguna selección.

e) Ordenamiento de los Problemas Una vez seleccionadas las 11 propuestas por cada integrante del grupo, se les solicitó que a las 11 debilidades seleccionadas se les asignara un orden calificando con el número 10 a la más importante y con el 1 a la menos importante.

f) Evaluación de los Problemas. Una vez ordenadas las propuestas por los integrantes del grupo, se procedio a efectuar la suma correspondiente a cada elemento considerando los valores asignados.

g) Selección de los Problemas. En esta fase las propuestas valoradas por los integrantes del equipo, se ordenaron de mayor a menor dependiendo del valor obtenido en la suma a fin de identificar cuáles eran las más significativas de acuerdo con la opinión del equipo y determinar la prioridad en que deben ser atendidos o resueltos cada uno de los problemas detectados.

h) Análisis Comparativo de Foda. Luego de llevado a cabo el ordenamiento de las prioridades, se estudiaron y compararon para determinar la naturaleza y el "cómo" se habrían de resolver. Conociendo cuáles eran las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas seleccionadas por el grupo, se efectuó un análisis de congruencias entre ellas a fin de determinar las posibles alternativas estratégicas. En este momento, los integrantes del grupo estaban involucrados en el proceso y fue más fácil para ellos determinar alternativas que permitieran el desarrollo organizacional.

i) Alternativas Estratégicas. Determinados los porqués y los cómo, se trató de resolver cada problema; tratando de que existiera un consenso sobre las decisiones que se tomaron durante el proceso y que todos estuvieran de acuerdo en que el paquete de alternativas estratégicas seleccionadas conducen al Programa de Hidrología Forestal hacia la obtención de los objetivos, explotando las fortalezas internas, superando las debilidades organizacionales, aprovechando las oportunidades y minimizando las amenazas externas, además de contribuir a la salud financiera del proyecto siendo factibles con relación a las necesidades y capacidades financieras del mismo, entonces, las estrategias, objetivos específicos, actividades y planes financieros (funcionales y de operación) representaron una guía clara para el desarrollo del proyecto.

j) Definición del Concepto de Negocio. Es en esta etapa y con la información proveniente del análisis de las variables de la técnica FODA, la propuesta de los planes de trabajo y las alternativas estratégicas, donde se pudo definir el concepto de negocio del programa, y resultados del análisis de problemas genéricos.

4.2.4 Determinación de Dualidades

Se analizaron cada una de las investigaciones realizadas con la revisión de las partes esenciales como el título, objetivos, definición y justificación del problema, metodología y conclusiones si estaba finalizada la investigación; para poder determinar si están encaminadas hacia donde debían y si los esfuerzos no están siendo duplicados, todo con el fin de optimizar los recursos.

4.3 Ubicación de las Investigaciones

La ubicación de los trabajos realizados, dentro del programa de Hidrología Forestal y específicamente dentro de las líneas de investigación se realizó definiendo el problema que cada investigación pretendía resolver, esto se realizó simplemente con la revisión de la definición y justificación del problema así como la revisión de sus objetivos. Luego de definido el propósito de cada investigación se realizó la revisión de lo que pretendía

alcanzar cada línea de investigación y de esta manera se definió cual investigación estaba dentro de la línea de investigación Manejo Forestal e Impacto Hidrológico.

4.4 Propuesta de Ordenamiento

Esta propuesta de ordenamiento fue hecha acerca del Programa de Hidrología Forestal, que al igual que el FODA se realizó de manera participativa tomando como actores principales a las personas que dirigen el programa siendo estas las encargadas del proyecto del CEFE del Instituto Nacional de Bosques, auxiliares del investigación del proyecto y colaboradores en la realización del programa de Hidrología Forestal del INAB.

Se realizó un flujograma tomando en cuenta las sugerencias, opiniones y comentarios de todas las personas mencionadas anteriormente, con dicho flujograma se pretendió orientar el camino a seguir para llegar a cumplir los objetivos y llegar a obtener los resultados esperados de la línea de investigación manejo forestal e impacto hidrológico del Programa de Hidrología Forestal del INAB. En el flujograma se determinaron todas las investigaciones en secuencia lógica que nos conduzcan a obtener toda la información hidrológica final del área. Con el flujograma surgieron las actividades e investigaciones a realizar así como los recursos necesarios para el desarrollo de esta secuencia lógica en la Finca Río Frío Santa Cruz Verapaz, A.V.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Diagnóstico del Programa de Hidrología

5.1.1 Resumen Investigaciones realizadas en la Finca Río Frío

En la finca Río Frío se han realizado hasta el momento tres investigaciones, todas realizadas por estudiantes del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala EPSA; finalizadas en su etapa de campo y fase final de gabinete a excepción de las últimas dos. El primer trabajo realizado fue el *Diagnóstico y generación de información hidrológica básica* de la microcuenca que abarca dicha finca y que recibe el mismo nombre; este trabajo se encuentra concluido totalmente y publicado, fue realizado por Marco Alexander Tax (20), tuvo como objetivo general describir y analizar las características biofísicas y morfométricas del área como información preliminar a fin de contemplar el escenario de acción para la generación de información hidrológica básica en la microcuenca.

El trabajo consistió básicamente como su nombre lo indica en la generación de información como hidrografía, determinación de características morfométricas, donde se tomaron en cuenta aspectos lineales, aspectos de relieve y aspectos de superficie también se tomaron en cuenta los usos que se le da al recurso hídrico, se realizaron una serie de mapas que dan una idea mas amplia de la caracterización del área, se describieron y analizaron en este trabajo características climáticas determinando que el área se encuentra dentro del Bosque muy húmedo subtropical templado.

Los siguientes trabajos de investigación fueron realizados al mismo tiempo y están hasta la fecha pendientes de ser publicados; estos fueron desarrollados durante el año dos mil cinco a diferencia del anterior que se realizó durante el año dos mil cuatro y primer semestre del dos mil cinco. Luego del primer trabajo se realizó la *Determinación de la recarga hídrica natural potencial del suelo* realizada por Lidamar Cardona, tuvo como objetivo general estimar la recarga hídrica natural potencial y como objetivos específicos

la determinación y elaboración del mapa de áreas potenciales de recarga hídrica, así como determinar el comportamiento de las variables meteorológicas con influencia en el balance hídrico, pretendió también comparar el balance hídrico del suelo con el balance hidrológico de la micro cuenca y por último proponer el manejo adecuado a las áreas críticas de recarga hídrica.

El último trabajo realizado fue la *Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura boscosa de una plantación de pinus maximinoii H.E Moore, sobre la erosión hídrica del suelo* realizado por María Eugenia González Ixcajoc; los propósitos principales que tuvo fueron cuantificar el volumen de suelo erosionado por acción de la escorrentía, cuantificar en forma directa el escurrimiento superficial provocado por el efecto de la precipitación pluvial en los diferentes porcentajes de cobertura y por último determinar el comportamiento de la precipitación interna en los diferentes porcentajes de cobertura que fueron de 100 %, 75%, 67% y 50% (10)

Para desarrollar la investigación se construyeron parcelas de escorrentía de 75 metros cuadrados, se trabajo con cuatro repeticiones para cada tratamiento mencionado anteriormente y se tomaron diariamente muestras de sedimentos y sólidos en suspensión.

La cobertura que brindó mayor protección al suelo contra la erosión hídrica fue la de 67%, luego la cobertura del 75% seguida por la de 100% y la que menos protección brindó fue la del 50%; se determinó que existe correlación entre las variables volumen de escorrentía superficial y cantidad de suelo erosionado, cantidad de lluvia y volumen de escorrentía, cantidad de lluvia y cantidad de suelo erosionado, porcentaje de cobertura y volumen de escorrentía superficial, porcentaje de cobertura y cantidad de suelo erosionado. Como puede observarse en lo comentado anteriormente se determinó para cada tratamiento la cantidad de suelo erosionado en ton/ha.

El tratamiento que presentó mayor cantidad de suelo erosionado fue el de 50% de cobertura con 0.157 TM/ha debido a que fue el de menor porcentaje de cobertura,

mientras que el tratamiento con menor porcentaje de suelo erosionado fue el de 100% de cobertura reportando 0.132 TM/Ha y los tratamientos con coberturas de 75% y 67% presentaron resultados de 0.147 TM/Ha y 0.152 TM/Ha respectivamente, en lámina estos resultados fueron de 0.15 mm/Ha, 0.10 mm/ha, 0.13 mm/Ha y 0.14 mm/Ha referentes a los mismos tratamientos y orden . Para el caso de la esorrentía los resultados obtenidos fueron 609 85 m³/Ha, 610.95 m³/Ha, 611.57 m³/Ha y 642.82 m³/Ha para las coberturas de 100%, 75%, 67% y 50% respectivamente (10).

Para mejores detalles pueden consultarse estos documentos en el centro de información forestal -CINFOR- del INAB.

5.1.2 Resultados del FODA realizado

a) Selección y Análisis de Problemas.

A través de la "lluvia de ideas" se generaron un número importante de problemas, considerando todos significativos los cuales pueden apreciarse en el cuadro II. 1.

En el cuadro II. 1. puede observarse que son 11 los problemas generados en la lluvia de ideas por los seis integrantes de equipo del FODA y que cada uno le dio una ponderación de acuerdo a su criterio (cuadro II. 2), dicha ponderación fue calificada con 11 a la más importante y calificada con 1 a de menor importancia, así por ejemplo para el integrante No. 6 es más significativo el cambio de personal y menos significativo la falta de divulgación del proyecto.

Cuadro II. 1. Problemas encontrados del Programa de Hidrología Forestal, a través de la lluvia de ideas

Problema
1. Ausencia de institucionalidad del tema
2. Deficiencia de equipo
3. Cambio de personal
4. Discontinuidad de Actividades

5. Los dueños no cuentan con la información
6. Falta divulgación del proyecto
7. Falta de coordinación Investigación-Cefe-Regiones
8. Presupuesto insuficiente
9. Ausencia de formalidad proyecto-finca
10. Divergencia de criterios Inab-Fausac
11. Ausencia de un programa de hidrología específico para la finca

Fuente: FODA realizado

El FODA se realizó en las instalaciones del Instituto Nacional de Bosques –INAB- el día 28 de diciembre del año 2005, enfocado principalmente al Programa de Investigación en Hidrología Forestal específicamente sobre la línea de investigación Manejo Forestal e Impacto Hidrológico.

Cuadro II. 2. Evaluación de los problemas, del Foda

PROPUESTA DE DEBILIDAD	INTEGRANTE DEL EQUIPO No.					
	1	2	3	4	5	6
1. Cambio de Personal	7	9	4	8	11	11
2. Discontinuidad de Actividades	5	4	5	3	6	4
3. Los dueños no cuentan con la Información	1	3	1	1	5	2
4. Falta de Coordinación Investigación-CEFE-Regiones	2	8	11	11	1	6
5. Ausencia de formalidad Proyecto-Finca	9	7	6	9	3	5
6. Divergencia de Criterios entre INAB-FAUSAC	4	1	10	7	7	8
7. Presupuesto Insuficiente	10	5	9	5	10	10
8. Falta de Divulgación del Proyecto	6	2	2	2	4	1
9. No existe un Programa de Hidrología Forestal específico para la Finca	11	11	7	6	2	7
10. Deficiencia de Equipo	8	6	8	4	9	3
11. Ausencia de institucionalidad del tema	3	10	3	10	8	9

Fuente FODA realizado

Para la Evaluación de los problemas se observa la suma en la casilla del extremo derecho de las distintas ponderaciones (ver cuadro II.3) que cada integrante del equipo asignó.

Cuadro II.3 Ordenamiento de los problemas del Foda

PROPUESTA DE DEBILIDAD	INTEGRANTE DEL EQUIPO No.						Suma
	1	2	3	4	5	6	
1. Cambio de Personal	7	9	4	8	11	11	50
2. Discontinuidad de Actividades	5	4	5	3	6	4	27
3. Los dueños no cuentan con la Información	1	3	1	1	5	2	13
4. Falta de Coordinación Investigación-CEFE-Regiones	2	8	11	11	1	6	39
5. Ausencia de formalidad Proyecto-Finca	9	7	6	9	3	5	39
6. Divergencia de Criterios entre INAB-FAUSAC	4	1	10	7	7	8	37
7. Presupuesto Insuficiente	10	5	9	5	10	10	49
8. Falta de Divulgación del Proyecto	6	2	2	2	4	1	17
9. No existe un Programa de Hidrología Forestal específico para la Finca	11	11	7	6	2	7	44
10. Deficiencia de Equipo	8	6	8	4	9	3	38
11. No hay institucionalidad del tema	3	10	3	10	8	9	43

Fuente: FODA realizado

Como puede verse en el cuadro II.4. la principal debilidad que se presenta es el continuo cambio de personal que esta relacionado directamente con la dirección y enfoque del trabajo, por ejemplo últimamente se han retirado voluntariamente el coordinador del proyecto CEFE y el coordinador del Departamento EFE quienes fueron parte del equipo que genero el Programa de investigación de hidrología forestal, eran ellos quienes mejor conocían hacia donde debe llegar el trabajo sin embargo ellos debieron retirarse y el nuevo personal trato de retomar el trabajo sin embargo existió bastante desconocimiento de lo realizado y lo que debe realizarse, esto por que no existe una secuencia planteada a seguir lo que provoca la posible distorsión de los objetivos trazados.

En segunda ubicación se presenta el presupuesto insuficiente que se tiene asignado para la realización del trabajo, teniendo como consecuencia que no se cuente con el equipo adecuado y necesario para los distintos monitoreos y mediciones que deben realizarse; luego puede observarse según la selección de los problemas que en tercer lugar de ponderación se encuentra según términos de los participantes, la ausencia de un Programa de Hidrología Forestal específico para la Finca Río Frío, es decir que no se cuenta con los lineamientos, secuencia ni orden a seguir para poder tomar la decisión de cual trabajo es el siguiente a realizar.

Referente a la ausencia de institucionalidad del tema, podemos decir que es muy pobre la posición que se había obtenido del tema, sin embargo últimamente se ha trabajado en ello y se ha posicionado el tema como uno de los principales que el INAB está trabajando, logrando que en las direcciones subregionales al menos se tenga conocimiento del mismo.

La falta de coordinación entre el CEFE – Investigación – Regiones del INAB, se debe principalmente a la falta de comunicación entre estos departamentos, provocando con ello una divergencia de criterios y a la vez duplicidad de esfuerzos en algunos casos, se debe también según los técnicos a la falta de credibilidad de los trabajos que se están realizando.

Cuadro II. 4. Selección de los Problemas del Foda

PROPUESTA DE DEBILIDAD	INTEGRANTE DEL EQUIPO No.						Suma
	1	2	3	4	5	6	
1. Cambio de Personal	7	9	4	8	11	11	50
2. Presupuesto Insuficiente	10	5	9	5	10	10	49
3. No existe un Programa de Hidrología Forestal específico para la Finca	11	11	7	6	2	7	44
4. No hay institucionalidad del tema	3	10	3	10	8	9	43
5. Falta de Coordinación Investigación-CEFE-Regiones	2	8	11	11	1	6	39
6. Ausencia de formalidad Proyecto-Finca	9	7	6	9	3	5	39
7. Deficiencia de Equipo	8	6	8	4	9	3	38
8. Divergencia de Criterios entre INAB-FAUSAC	4	1	10	7	7	8	37
9. Discontinuidad de Actividades	5	4	5	3	6	4	27
10. Falta de Divulgación del Proyecto	6	2	2	2	4	1	17
11. Los dueños no cuentan con la Información	1	3	1	1	5	2	13

Fuente FODA realizado

b) Análisis Comparativo de Foda y Alternativas Estratégicas. En este paso se realizó un análisis de congruencias entre los primeros cinco problemas a fin de determinar las posibles alternativas estratégicas para la mejor ejecución del programa de Hidrología Forestal. Dentro de lo tratado en la segunda sesión de trabajo se determinó que el cambio de personal no es un problema que dependa directamente de la institución, por que el personal a cambiado debido a la decisión del personal anterior de retirarse, sin embargo se convierte en un problema por la ausencia de una planificación estratégica del programa que se esta desarrollando en la finca Río Frío como se mencionó anteriormente; es decir

que no existe una secuencia lógica de lo que se pretende realizar en dicha finca debido a esto el nuevo personal llegó sin saber a donde se encamina el proyecto y al encontrándose con mucha incertidumbre se ha tratado de retomar el trabajo sin saber lo suficiente acerca de los objetivos. Es por ésta razón que es importante la realización de dicha planificación estratégica para guiar la implementación del programa.

Uno de los problemas que se consideró debe volverse prioritario por considerarse estratégico es la falta de institucionalidad del tema. Aunque hay que considerar que esto no es nulo debido a la existencia del Programa de Investigación en Hidrología Forestal, más bien debería llamarse la falta de posicionamiento interno del tema, lo que nos limita a obtener financiamiento y ayuda técnica; el posicionamiento debe lograrse en primer lugar a nivel interno luego externamente. Si se logra este posicionamiento se aumentará la probabilidad de solucionar el presupuesto insuficiente, ya que el proyecto tomará mayor importancia y por ende puede que el apoyo de naturaleza económica y técnica para el proyecto aumenten. Uno de los criterios en que todos coincidimos fue la formación de un Comité Hidrológico Interno que este integrado por las personas que están directamente relacionados con el trabajo y tema de hidrología.

Se determinó que es necesario que exista una relación entre unidades y proyectos para poder establecer prioridades de proyectos donde saldría beneficiado el Programa de Investigación de Hidrología forestal logrando con ello una mejor relación entre Investigación Forestal – CEFE y Regiones del INAB a través de la una mejor comunicación.

Los puntos clave a resolver son el posicionamiento del Programa de Hidrología Forestal que se logrará con la formación del Comité Hidrológico, lo que requerirá que se cuente con la línea guía de la implementación del programa en cualquier área que pretenda implementarse, es decir la secuencia de los proyectos de investigación que deben realizarse de acuerdo con los objetivos específicos del programa de Hidrología Forestal.

5.1.3 Dualidades

Después de realizar una revisión detallada del enfoque de las investigaciones que actualmente se están concluyendo y que fueron realizadas en el área de estudio se ha llegado a determinar que no existió trabajo que se esté realizando de más y que cada investigación se condujo por un rumbo diferente para obtener sus objetivos. La revisión detallada que se realizó se enfocó principalmente a la revisión de la definición del problema, justificación, objetivos y metodología; conociendo que las investigaciones fueron las siguientes Diagnóstico y generación de información hidrológica básica, con el objetivo de describir y analizar las características biofísicas y morfométricas del área; luego la Determinación de la recarga hídrica natural potencial del suelo, con el objetivo de estimar la recarga hídrica natural potencial del área y por último la Evaluación del efecto de cuatro porcentajes de cobertura boscosa con el objetivo de evaluar el efecto de esta cobertura sobre la erosión hídrica del suelo.

5.2 Ubicación de las investigaciones realizadas

En el cuadro II. 5 se presentan todas las líneas de investigación del programa de hidrología forestal con su respectivo objetivo como puede observarse las investigaciones realizadas se ubicaron en la línea de Manejo forestal e impacto hidrológico por la sencilla razón que contribuyen más con el objetivo de la misma.

Cuadro II. 5. Ubicación de las investigaciones realizadas en la Finca Río Frío

Línea de investigación	Objetivo	Trabajo realizado
Delimitación y Priorización de Ecosistemas forestales y Tierras forestales de importancia para la Captación y Regulación Hidrológica (TFCRH)	Determinar la función a nivel nacional de zonas forestales estratégicas para la protección y regulación hídrica, y establecer las diferentes categorías y urgencias de protección institucional y normativa.	
Manejo forestal e Impacto hidrológico	Generar información básica de campo en dinámica hidrológica derivada de la intervención de la masa forestal en bosques que permitan detallar los límites del aprovechamiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diagnóstico y generación de información hidrológica básica ➤ Determinación de la recarga hídrica natural potencial del suelo ➤ Evaluación preliminar del efecto de cuatro

		porcentajes de cobertura boscosa de una plantación de <i>pinus maximinoi</i> h. e. moore, sobre la erosión hídrica del suelo
Métodos de restauración hidrológico a nivel de cuenca	Generar información básica de campo y metodologías que permitan la recuperación de ecosistemas altamente degradados derivada de la intervención humana y con dificultades para reforestar	
Valoración económica de servicios ambientales derivados de TFCRH	Generar información básica de campo y metodologías que permitan el diseño de instrumentos gestión de políticas que fomenten el reconocimiento y compensación del valor económico de los servicios ambientales derivados del vínculo hidrológico-forestal	

Fuentes, M 2006

5.3 Propuesta de Flujograma de Investigación

Como pudo observarse en la Selección de los problemas cuadro 4 del FODA una de las principales debilidades es la ausencia de un programa de hidrología Forestal específico para la finca, adicionalmente a esto recordando que en la metodología se planteó realizar un ordenamiento lógico del trabajo de investigación a ejecutar, se plantea a continuación una propuesta de la secuencia que debiera llevar dicho trabajo, con el objetivo de ordenar las actividades que deben desarrollarse específicamente para la línea Manejo Forestal e Impacto Hidrológico, que pueda ser aplicado a toda la región II del INAB. Es decir que lo siguiente responde al resultado del FODA y a la parte final de la metodología planteada. A continuación se describen algunas de las condiciones generales de la región II para mostrar una idea de las condiciones en las que se realiza la propuesta.

La región II del INAB esta conformada por las Verapaces e Ixcán del departamento de El Quiche. En el departamento de Alta Verapaz están representadas las unidades fisiográficas Cerros de Caliza y las Tierras Bajas del Petén-Caribe comprendiendo esta

última la zona de Ixcán, la elevación varía desde menos de 30 metros hasta más de 1,200 metros sobre el nivel del mar. Tanto los Cerros de Caliza como las Tierras Bajas del Petén-Caribe están sobre roca Caliza. El relieve sobre gran parte del área es muy escarpado con numerosas pendientes inclinadas y cortas. Los suelos Tamahú son los más extensos en la zona de las Tierras Bajas del Petén-Caribe. El sistema de drenaje no es completo; sin embargo, las corrientes de agua y grietas subterráneas son comunes, de manera que los lugares de suelos mal drenados son relativamente muy pocos. La mayor parte de las regiones sur y este, alrededor de la mitad del área, desagua en el Mar de las Antillas por los ríos Polochic y Sarstún; y las partes norte y oeste en el Golfo de México a través del río Usumacinta (19).

Alta Verapaz es una región de lluvias abundantes y bien distribuidas, la lluvia está distribuida durante todo el año, las lluvias cortas y de intensidad muy fuerte son comunes durante los meses de mayo a noviembre, particularmente en el sur de la región (19).

Las temperaturas oscilan entre 12°C y 35°C comportándose relativamente uniformes durante el año, la variación diaria es alrededor del doble de la variación promedio anual.

Respecto a la vegetación según Simmons (19) toda el área estaba originalmente forestada con bosque deciduo, denso. Las Tierras Bajas del Petén-Caribe fueron clasificadas por Holdridge como "Bosque Tropical Húmedo" (19).

En el departamento de Baja Verapaz, están representadas las divisiones fisiográficas de la Altiplanicie Central y también por los Cerros de Caliza y las Tierras Bajas del Petén-Caribe. Estas se caracterizan por pendientes inclinadas y afloramientos de roca. La Altiplanicie Central yace principalmente sobre esquisto, esquisto arcilloso y rocas ultra básicas de serpentinita (19).

Toda el área desagua en el Océano Atlántico a través de tres sistemas de ríos, la parte sur en el mar de las Antillas a través del río Motagua, la mayor parte desagua en el

Golfo de México por los ríos Negro y Usumacinta, y la esquina norte al mar de las Antillas por el río Polochic.(19).

El clima en casi todo el departamento se caracteriza por su época seca severa y estación lluviosa moderada; la parte extremo noroeste se encuentra en una zona muy húmeda. La precipitación pluvial en casi todo el departamento es similar a la de Salamá la cabecera departamental, donde los meses de noviembre a abril son secos y los meses de mayo a octubre son húmedos (19).

Toda el área, con la excepción de los valles entre las montañas Salamá, Rabinal y Cubulco, está forestada con pino y especies deciduas que incluyen el roble (*Quercus sp*) y Liquidambar (*Liquidambar Steraciflua*). Gran parte del área en las pendientes a menor elevación está con bosque abierto de pino y pastos naturales.

La propuesta para el estudio consiste en un proceso que conlleva una secuencia a seguir relacionando cada uno de sus componentes y que se presenta detalladamente a continuación (ver figura II.2). Cada uno de los componentes fueron determinados lógicamente en base la información recopilada de diferentes fuentes, referentes al tema de hidrología forestal.

a) Determinar Trabajar a Nivel de Cuenca

Sabiendo que una cuenca hidrológica es el territorio en que las aguas convergen hacia los puntos más bajos de la superficie del mismo y se unen en una corriente resultante o río principal que las evacúa hacia un lago, mar y océano. Sus límites suelen coincidir con la línea de cimas que marca la divisoria de las aguas entre las vertientes.(salvat, 1975). Mientras que la definición de una cuenca hidrológica o hidrográfica subterránea es más integral que la de cuenca hidrográfica. Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica

subterránea del acuífero como un todo (17). Se define por tal razón iniciar el trabajo de investigación en base a una cuenca hidrológica subterránea.

b) Instalar estaciones Meteorológicas e hidrométricas

La estación meteorológica servirá lógicamente para llevar registro del comportamiento del clima, al igual que la hidrométrica que también nos ayudará a registrar fluctuaciones de caudal durante todo este lapso que se este implementado el plan de manejo de la finca y poder deducir en base a estos registros como influye por ejemplo un raleo en el caudal.

La estación meteorológica deberá estar constituida por los siguientes componentes:

- A. Terreno circundante.
- B. Parcela Meteorológica.
- C. Abrigo meteorológico.
- D. Instrumentos.

A. Terreno Circundante

La ubicación y la exposición del terreno que se elija para instalar una estación meteorológica debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a. Que sea verdaderamente representativo de la zona.
- b. No debe estar sobre o cerca de laderas muy inclinadas, depresiones o zonas expuestas a erosiones.
- c. No debe estar cerca de fábricas o carreteras de asfalto porque son focos de caloríficos.
- d. Debe estar alejado de autopistas y ferrocarriles por las vibraciones.
- e. El horizonte al Este y al Oeste debe quedar despejado.
- f. El suelo debe estar cubierto de césped.
- g. El terreno debe ser circulado por malla metálica.

B. Parcela meteorológica

Es el espacio rectangular o cuadrado que alberga el instrumental de medición y debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a. La dimensión debe depender del número de instrumentos a colocar.
- b. La parcela debe estar circulada de alambre espigado o malla metálica.
- c. La orientación de la parcela debe ser hacia el Norte, lado en el cual debe estar la puerta de acceso, que debe de permanecer cerrada y con llave.
- d. Las distancias mínimas entre instrumentos de la parcela y la cerca dé esta es de 2-3 metros.

C. Abrigo Meteorológico

Esta es una estructura de madera de dimensiones variables, con el requisito que permita un espacio considerable entre instrumentos y de estos con las paredes del abrigo; se instala dentro de la parcela meteorológica y su función es proteger: termómetros, aspirosicrómetros, termohigrógrafos, etc., de la precipitación y radiaciones exteriores. Su objetivo es mantener una temperatura uniforme igual a la del ambiente exterior. Debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a. Su tamaño y construcción debe ser tal que mantenga la capacidad de acumulación lo más bajo posible y al mismo tiempo, que permita un amplio espacio entre los instrumentos y las paredes del abrigo.
- b. Las paredes y las puertas deben estar formadas por dobles persianas con el objeto de impedir el acceso de la radiación solar.
- c. El piso debe ser de doble sistema de listones.
- d. El techo debe ser liso y doble.
- e. El abrigo debe estar pintado de blanco por dentro y por fuera con una pintura no higroscópica con el objeto que las radiaciones exteriores sean reflejadas lo mejor posible.

- f. Debe ser instalado sobre patas bien empotradas en el suelo a una altura de 1.2 a 1.5 metros de la superficie ya que a esa altura el observador tendrá mayor facilidad en la lectura de los instrumentos.
- g. La puerta debe estar orientada hacia el Norte para impedir que los rayos solares penetren dentro del abrigo cuando se toma las lecturas.

c) Caracterizar la Cuenca

La caracterización se recomienda hacerla a nivel de subcuenca o microcuenca dependiendo de la ubicación de la misma; la caracterización nos ayudará a conocer el estado actual de la misma, además podremos tener una visión de cómo encaminar el estudio de la misma. Deberá realizarse los mapas de Uso de la tierra, Intensidad de uso de la tierra, Capacidad de uso, Zonificación de uso, determinación de Zona Crítica, Inventario de vegetación e inventario de fauna

d) Caracterización biofísica

La caracterización biofísica es más específica y deberá incluir la elaboración de mapas, esquemas, análisis y estudios a realizar, entre estos podemos mencionar: Mapa de unidades fisiográficas, mapa de cobertura vegetal, mapa de uso, mapa de intensidad de uso, mapa de drenaje y orden de corrientes, caracterizar morfométricamente la cuenca para tener idea general de la misma.

e) Determinación de tratamientos específicos del manejo forestal

Será necesario revisar el plan de manejo forestal si existiese en donde seguramente encontraremos la descripción biofísica del área, programación de podas, raleos, aprovechamientos, tipo y clase de bosque, área a intervenir, área de protección, sistema de corte, el crecimiento anual del bosque y su posibilidad de corte, recuperación de la masa forestal y tiempo de ejecución; esto nos servirá para poder determinar en que áreas podemos o no implementar determinadas investigaciones. Lo más probable es que un solo plan de manejo no cubra toda la cuenca por lo que obviamente será necesario

realizar un mapa donde podamos representar todos los tratamientos a realizar dentro de los límites de la cuenca.

f) Determinar características físicas del suelo, taxonomía de suelos, tipos de rocas

Las características físicas nos pueden ayudar a tener una mejor idea del suelo con que contamos o tipos de suelos que se encuentren distribuidos dentro de la cuenca, entre estas características físicas podemos mencionar profundidad, textura, color, consistencia y estructura. A manera de ejemplo podemos mencionar que la estructura es una propiedad muy útil de poder distinguirla claramente, pues está asociada con el espacio poroso existente y la organización que los materiales sólidos tiene en el suelo (2).

Conocer la taxonomía de suelos es un aspecto que puede aún mas darnos una mejor idea del suelo en el que se realizará el estudio, para realizar tal trabajo será necesario realizar un estudio taxonómico de suelos; la clasificación del suelo nos ayuda a entender, recordar y comunicar cualquier conocimiento acerca del mismo (17). Esta clasificación del suelo deberá contener en la medida de lo posible los siguientes niveles según el sistema de clasificación del USDA (United States Department of Agricultura ó Departamento de Agricultura de los estados Unidos) Orden, Suborden, Grupo grande, Subgrupo y de ser posible si se desea mayor detalle determinar Familia, Serie y Fases.

Acercas de la determinación del tipo de rocas, recordemos que la fuente original de la mayoría de los suelos es la roca (material sólido y sin meteorizar, de la corteza terrestre). La roca sólida se rompe en pequeñas partículas que son los materiales del suelo (17). Esta determinación nos dará una idea del origen del suelo, podrá realizarse la clasificación determinando cualquiera de los tres grandes tipos: Ígneas, Sedimentarias y Metamórficas.

g) Estudio de Geomorfología y determinación de las formaciones geológicas

Este estudio deberá realizarse en relación al fluido del agua y poder determinar hacia donde fluye la misma, por ejemplo el agua se escapa de las lomas, haciéndolas más secas, mientras que se agrupa en áreas más bajas, haciéndolas más húmedas (17).

Las formaciones geológicas, nos ayudan en la descripción del origen del suelo, así de esta manera podremos determinar si los suelos de la cuenca son *suelos residuales* o *suelos transportados* y determinar que tipo de material los conforma.

h) Estudio geológico

Un estudio geológico a nivel de detalle o semidetalle trabajado a escala 1:10000 a 1: 50000 será necesario para caracterizar subterráneamente el área. Este estudio puede ayudarnos a conocer *el contacto de los diferentes tipos de roca, fallas geológicas y la permeabilidad de las rocas* además y en relación a lo anterior *Evaluar la permeabilidad y proceso de infiltración de acuerdo al tipo de roca* en otros términos es la elaboración de *Perfiles hidrogeológicos*.

i) Estudio de agua subterránea

El estudio nos dará una idea del agua subterránea existente en la cuenca o proveniente de otra, la cual lógicamente debe ser tomada en cuenta al momento de realizar cualquier balance hidrológico y que puede constituirse en una característica fundamental de los resultados. Este estudio principalmente debe enfocarse a determinar *flujos subterráneos*. Esta actividad puede realizarse en una *Exploración de Aguas Subterráneas*, siendo esta el conjunto de operaciones o trabajos que permiten la localización de acuíferos o embalses subterráneos de los que se puede obtener agua en cantidad y de calidad adecuada para el fin que se pretende; siguiendo las siguientes etapas *Estimación o evaluación de las características geométricas e hidrológicas de los acuíferos subterráneos*, *Estimación de la dinámica o funcionamiento del acuífero subterráneo* y *Cartografía hidrogeológica* (7).

j) Estudio de la conductividad Hidráulica

El suelo dependiendo de diferentes factores como la textura, estructura, espacio poroso puede tener la capacidad de drenar o anegarse y puede drenarse a diferente velocidad en base a esto debemos conocer su conductividad hidráulica, para conocer las características de transporte del agua y el aporte del mismo a los afluentes y efluentes de la cuenca.

k) Determinar la erosividad de la lluvia – erodabilidad del suelo

Recordando que la línea de investigación que se está trabajando es la de manejo forestal e impacto hidrológico es de suma importancia mencionar aquí que existirán otros factores adicionales al manejo forestal que pueden ocasionar impacto principalmente sobre el suelo y entre estos está la lluvia por ello determinar la erosividad que se define como la suma del producto de la energía total de la precipitación por su máxima intensidad en 30 minutos (EI_{30}) (15).

La erodabilidad o erosionabilidad del suelo como su nombre lo indica se define como la vulnerabilidad del mismo a la acción erosiva del agua (15) y es necesario determinarla para ayudarnos a realizar conclusiones del manejo forestal relacionado con la degradación del suelo. Las características físicas del suelo determinadas anteriormente son parte esencial para determinar la erodabilidad principalmente la determinación de la textura, estructura, permeabilidad y porcentaje de materia orgánica determinado en un análisis químico de suelos.

l) Tasa de infiltración para cada tipo de cobertura

La velocidad de infiltración en el suelo, está íntimamente relacionada con la intensidad de la lluvia y depende de las características físicas del suelo, tales como la textura, estructura, compactación entre otras y del contenido de humedad, pues al aumentar éste la cantidad de agua infiltrada disminuye (17).

La cobertura vegetal, obstaculiza el escurrimiento por lo cual aumenta el tiempo de contacto suelo-agua y por consiguiente habrá mayor infiltración del agua de lluvia (5).

En base a los conceptos anteriores podemos determinar que la *tasa de infiltración* varia dependiendo el tipo de cobertura suelo, y roca; aun cuando se trate de la misma cobertura pero con diferente intensidad de la misma como en el caso de una plantación boscosa la tasa de infiltración lógicamente variará; por lo que será necesario hacer dicha determinación con diferentes coberturas e intensidades de raleo en el caso del bosque para poder hacer comparaciones y llegar a concluir con cual se obtiene mayor infiltración y por consiguiente menor escorrentía, deberá realizarse este trabajo conjuntamente con la determinación de escorrentía que se describe a continuación.

m) Tasa de infiltración para diferentes intensidades de raleo

Será necesario tomar en cuenta que a diferentes intensidades de raleo, la cobertura forestal lógicamente será diferente permitiendo diferente cantidad de agua que llegue directamente al suelo.

n) Balance hídrico para diferentes tipos y clases de bosque

Recordando que todo esto esta relacionado con el porcentaje de cobertura que cada tipo de bosque brinda dependiendo además del grado de desarrollo en que este se encuentre; será necesario realizar distintos balances hídricos para cada tipo de bosque y estado de desarrollo para poder cuantificar cual es la relación desarrollo del bosque con recarga hídrica. El desarrollo del bosque se caracteriza por los estados C0, C1, C2, C3, C4.

ñ) Medir escorrentía superficial general

Medir la escorrentía superficial antes y después de un tratamiento contemplado en el plan de manejo de la cuenca puede darnos idea del incremento en escorrentía que se produce en determinado momento, la medición de escorrentía puede hacerse directamente en el área donde se realizará el tratamiento y deberá medirse también en el

punto de aforo para tener una idea si el caudal del río aumento o se mantuvo, lógicamente esta variación puede presentarse algún tiempo después. Pueden implementarse parcelas de escorrentía para evaluar los tratamientos directamente.

o) Cuantificar la relación lluvia-caudal

Será necesario conocer y cuantificar la recarga hídrica que se esta presentando en la cuenca la que es el punto esencial de la línea de investigación manejo forestal e impacto hidrológico del programa de investigación de hidrología forestal. La relación lluvia – caudal puede determinarse a través del balance hídrico que además nos proporcionará la recarga hídrica; la determinación del balance hídrico deberá realizarse en toda la cuenca, los puntos a muestrear pueden estar definidos por las diferentes series de suelos que se encuentren presentes por lo que será necesario muestrear para cada serie de suelos y de ser posible en cada tipo de suelos por la razón de que la infiltración varia específicamente para cada uno, podremos aprovechar la determinación de la tasa de infiltración realizada con anterioridad para tomar la decisión de en que lugares muestrear.

p) Balance hídrico en diferentes intensidades de raleo

Este estudio lógicamente esta relacionado con la determinación de las distintas velocidades de infiltración determinadas anteriormente y tratará de demostrar que a diferente cobertura con la misma especie la recarga lógicamente será distinta.

q) Estudiar la dinámica de caudales

Para la predicción de la disponibilidad y variabilidad de agua, será importante estudiar como se comporta el caudal durante un periodo de tiempo. Con frecuencia es deseable tener un conocimiento de las magnitudes que pueden alcanzar los elementos hidrometeorológicos, en conexión con la duración relativa o frecuencia de tales magnitudes. Esta información puede ser obtenida mediante la elaboración de la curva de duración que indica el porcentaje de tiempo en que el elemento hidrometeorológico es igual o mayor que un determinado valor. La curva de duración generalmente se presenta

en un gráfico con las magnitudes como ordenadas y los porcentajes de tiempo como abscisas (11).

La curva de duración de caudales o caudales característicos es la gráfica de frecuencias acumuladas en forma descendente, que expresa en porcentaje de tiempo en el cual un valor dado de caudal es igualado o excedido para un valor dado de tiempo. Será así, que ésta gráfica nos permitirá obtener información respecto al aporte de la cuenca en uno o varios años hidrológicos (11).

Esta gráfica puede relacionarse con el manejo que se esta ejecutando en la cuenca y no hay mejor manera de determinar la variación en el caudal relacionada con el manejo forestal; en base al manejo forestal cuando exista un raleo o aprovechamiento podemos determinar el caudal medio mensual y al final de la época lluviosa será conveniente determinar el caudal medio anual o módulo.

Además de la clasificación cronológica, la manera más simple de ordenar una serie de observaciones es la de ordenarla por orden creciente o decreciente (11), por lo que será importante *caracterizar los caudales* que son caudal característico máximo, medio y caudal característico de estiaje. La misma metodología puede emplearse para caracterizar la escorrentía. Este trabajo realizado para una unidad mínima de escorrentía o caudal puede ser realizado en lo que se conoce como *hidrograma unitario* con el objetivo de conocer a pequeña escala y de manera más específica lo que sucede. Para la realización de lo anterior es imprescindible contar con la estación hidrométrica principalmente en el punto de aforo.

r) Efecto de diferentes sistemas de aprovechamiento forestal

Será necesario evaluar el efecto que tiene cada tipo de aprovechamiento forestal sobre los factores hidrológicos como la infiltración, escorrentía por ejemplo y el efecto sobre factores edáficos como la erosión, deterioro del suelo entre otros.

s) Comparación de áreas de protección forestal - producción forestal

Recordemos que el manejo forestal que cada una de estas áreas recibe es distinto y que se parecen en muy pocas cosas. Será necesario elaborar una caracterización para diferenciar el comportamiento del ciclo hidrológico en bosque como en plantación tomando en cuenta datos de por ejemplo evapotranspiración, precipitación interna, porcentaje de cobertura, entre otros.

t) Evaluar la producción de agua con diferente cobertura vegetal

Es importante recordar que la evapotranspiración varía dependiendo el tipo de cobertura por lo que debe determinarse ésta para cada una, ya en la determinación del balance hídrico se generaron datos que pueden emplearse ahora. Este estudio puede relacionarse con la determinación del balance hídrico y realizarlo en parcelas de escorrentía con diferentes tipos de cobertura vegetal y determinar a través de esta con cual cobertura se produce menos escorrentía, mayor recarga hídrica y menor evapotranspiración, relacionando todo esto para concluir al final.

u) Relación ideal tipo de bosque, tipo suelo y manejo forestal

Una de las metas finales de todo este trabajo es llegar a determinar ésta relación ideal donde podamos definir sino exactamente muy cercano a esto con cual combinación se obtiene la mayor recarga hídrica, para ello la herramienta más utilizada será el balance hídrico.

v) Monitoreo anual de parámetros físicos – químicos del agua

Este monitoreo deberá realizarse para conocer como van cambiando los distintos niveles físicos y químicos en relación con las actividades del manejo forestal que se esta desarrollando; el muestreo debe distribuirse en todo el cauce del río desde el origen hasta el punto de aforo; se propone que sea anual sin embargo la periodicidad de dicho monitoreo depende básicamente de actividades silvoculturales, antropicas y agrícolas que se desarrollen dentro de la cuenca y que tengan influencia sobre la calidad del agua.

Según la Comisión guatemalteca de Normas (COGUANOR) las características que deben analizarse son las siguientes (8):

Características físicas a determinar:

El color, olor, pH, residuos totales, temperatura, sabor, turbiedad.

Características biológicas a determinar:

Grupo coliforme que comprende grupo coliforme total, grupo coliforme fecal, grupo estreptococo fecal, recuento total de bacterias; estos para agua potable.

Substancias químicas a determinar:

Detergentes aniónicos, aluminio (Al), bario (Ba), boro (B), calcio (Ca), cinc (Zn), cloruro (Cl⁻), cobre (Cu), dureza total (CaCO₃), fluoruro (F⁻), hierro total (Fe), magnesio (Mg), manganeso (Mn), níquel (Ni), sustancias fenólicas, sulfato (SO₄⁻). (8)

w) Evaluar relación recuperación masa forestal – protección del suelo

A medida que el bosque vaya recuperándose después de un aprovechamiento el suelo se vera menos expuesto a los efectos degradatorios siendo menor por ejemplo la erosión presente y el escurrimiento que pueda existir. Será necesario conocer como van variando estos factores a medida que el bosque se recupera y si tienen un efecto positivo o negativo dentro del mismo.

x) Estudio específico de la degradación de la cuenca

La cuenca hidrográfica es un sistema abierto que contempla además del aspecto biofísico, los aspectos económicos y sociales que se encuentran interrelacionados entre si y que de la calidad y cantidad de estas interrelaciones depende su armonía (15). En tal sentido debemos tomar en cuenta el grado de influencia que cada uno de estos factores tiene sobre el estado actual de la cuenca. Este estudio que se propone deberá tomar en

cuenta la flora, fauna suelo y dentro de este último la degradación química, degradación física, degradación biológica, exceso de sales, erosión del suelo (18).

Respecto a la erosión ya anteriormente en la determinación de escorrentía se han generado datos y podemos obtener datos presentes y futuros para ver el grado de deterioro auxiliados por supuesto con análisis químicos del suelo. A los suelos se les deberá realizar un análisis antes de poner cualquier cultivo que ocupe el mismo durante más de una estación, como el césped, *los árboles*, o los forrajes perennes (18).

y) Determinar la Cantidad y Calidad de agua

Deberemos conocer la cantidad y calidad de agua que se producirá en la cuenca para poder justificar que el manejo forestal es el indicado y poder comparar los resultados con otras cuencas con diferente manejo, diferente cobertura vegetal y una cuenca sin cobertura.

Para determinar la cantidad de agua producida bastará únicamente con hacer la sumatoria del caudal reportado durante todo el año, de preferencia debe determinarse el caudal para cada época del año, esto puede hacerse con la ayuda de lo que se menciona anteriormente como *la curva característica de caudales*.

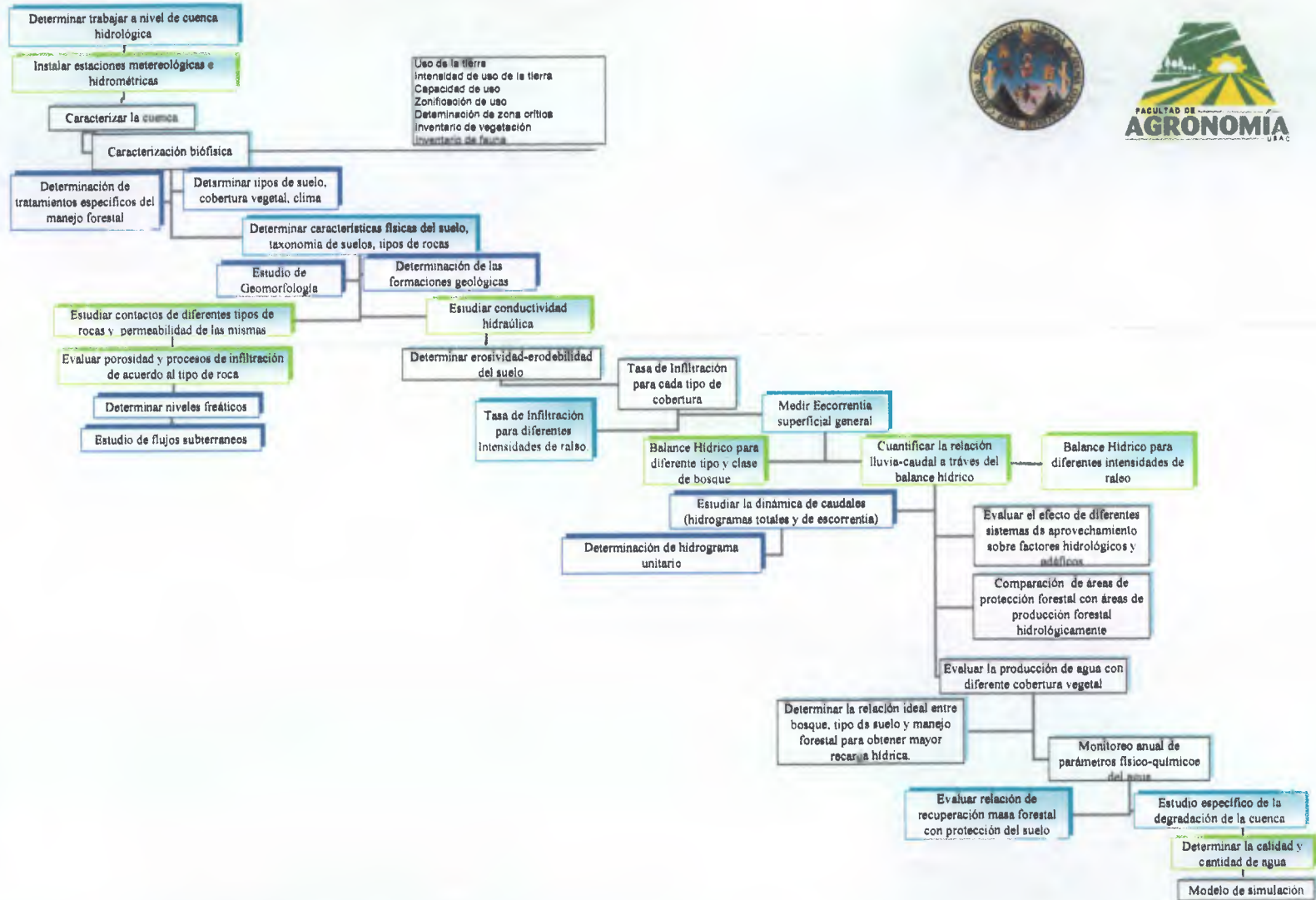
La calidad del agua es tan importante como la cantidad. Lo mismo que en la conservación de agua, la actividad forestal tiene un papel especial en la preservación de los suministros de agua. (17).

La microcuenca del Río Frio posee un lecho de roca de piedra caliza según observaciones presentando una topografía de Carst, o tierra en la que la solución del lecho de roca por el agua, crea cuevas, sumideros y otros canales desde la superficie al lecho. Las sustancias químicas que viajan en la escorrentía pueden fluir directamente a los acuíferos a través de estos canales, he aquí la importancia de determinar la calidad de agua en dicho estudio. Este estudio está íntimamente ligado al anterior siendo el primero prerequisite de éste.

z) Modelo de simulación

Al final de toda esta serie de determinaciones y estudios lógicamente después de un largo tiempo de investigación puede llegarse a la elaboración de un modelo informático de simulación donde podrá verse la influencia del manejo forestal sobre la producción de agua de una cuenca hidrológica con cobertura forestal o que sucede con el caudal si se realiza un raleo con diferente intensidad, por supuesto que para esto se requieren años de investigación y que se menciona aquí como una propuesta que puede ser el punto de partida de ideas futuras.

FLUJOGRAMA DE INVESTIGACION EN HIDROLOGIA FORESTAL PARA LA REGION II



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD VESPERTINA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

Figura II. 2 Flujoograma de investigación en Hidrología Forestal

MOISES FUENTES VELÁSQUEZ

Trabajo de Investigación 2008

Cuadro II. 6. Avances de la investigación en hidrología forestal para el caso de la Finca Río Frío

Título	Medio de Verificación	Avances en porcentaje
a) Determinar trabajar a nivel de cuenca hidrológica	Ubicación de las unidades experimentales.	40%
b) Instalar estaciones meteorológicas e hidrométricas	Equipo a utilizar	40%
c) Caracterizar la cuenca	Mapas de uso de la tierra, intensidad de uso de la tierra, capacidad de uso, zonas críticas, inventario de vegetación y fauna.	90%
d) Caracterización biofísica	Mapas de unidades fisiográficas, cobertura vegetal, drenaje, características morfométricas de la cuenca.	95%
e) Determinación de tratamientos específicos del manejo forestal	Plan de manejo de las áreas boscosas.	100%
f) Determinar características físicas del suelo, taxonomía de suelos, tipos de rocas	Estudio edafológico del suelo, datos de características físicas del suelo y tipos de rocas.	40%
g) Estudio de geomorfología y determinación de las formaciones geológicas	Mapa hidrogeológico de la cuenca	0%
h) Estudio geológico	Datos geológicos generados	20%
i) Estudio de agua de agua subterránea	Cartografía hidrogeológica	0%
j) Estudio de la conductividad hidráulica	Mapa de áreas de anegamiento	0%
k) Determinar la erosividad de la lluvia-erodabilidad del suelo	Resultados de erosión del suelo	40%
l) Tasa de infiltración para cada tipo de cobertura	Tasa de infiltración para cada cobertura	0%
m) Tasa de infiltración para diferentes intensidades de raleo	Tasa de infiltración para cada intensidad de raleo	20%
n) Balance hídrico para diferente tipo y clase de bosque.	Recarga hídrica para cada tipo y clase de bosque	20%
ñ) Medir escorrentía superficial general	Sedimentos en el caudal	75%
o) Cuantificar la relación lluvia-caudal	Zonas de recarga hídrica	100%
p) Balance hídrico en diferentes intensidades de raleo	Recarga en diferentes densidades de la plantación	75%
q) Estudiar la dinámica de caudales	Curva de caudales característicos	0%
r) Evaluar el efecto de diferentes sistemas de aprovechamiento forestal sobre factores hidrológicos y edáficos	Diferente infiltración, escorrentía, cantidad de erosión y degradación para los distintos sistemas de aprovechamiento forestal	0%

s) Comparación de áreas de protección forestal con áreas de producción forestal hidrológicamente	Datos de escorrentía, infiltración, erosión, recarga hídrica, para bosques y plantaciones forestales	0%
t) Evaluar la producción de agua con diferente cobertura vegetal	Escorrentía reportada para diferentes coberturas	40%
u) Determinar la relación ideal entre bosque, tipo de suelo y manejo forestal para obtener la mayor recarga hídrica.	Mapa de recarga hídrica combinando diferentes tipos de suelo, tipos de bosque y manejo forestal	0%
v) Monitoreo anual de parámetros físicos-químicos del agua	Registros de calidad de agua	0%
w) Evaluar relación recuperación masa forestal con protección del suelo	Erosión durante todo el periodo de recuperación de la masa boscosa	0%
x) Estudio específico de la degradación de la cuenca	Mapa degradación de la cuenca	0%
y) Determinar la cantidad y calidad de agua	Registros de calidad de agua	0%
z) Modelo de simulación	Software de simulación específico para el área	0%

Fuentes, M. 2006

6 CONCLUSIONES

- A. El panorama que presenta el proceso de investigación hidrológico-forestal en la Finca Río Frío, hace ver como principal problemática la situación financiera, es decir el presupuesto insuficiente para trabajar aunado a esto y no menos importante es la ausencia de una secuencia lógica a seguir que si bien es cierto actualmente se está tratando de corregir, sus efectos aun causan limitantes en la realización de las investigaciones en proceso y a realizar.
- B. En la Finca Río Frío se cuenta con una estación meteorológica que registra datos de precipitación y temperatura, así como una estructura de aforo, sin embargo es necesario implementar una estación hidrométrica más equipada y una estación meteorológica clase A que registre además datos de humedad relativa, radiación solar, evapotranspiración, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, tomando en cuenta que debe capacitarse al personal encargado de realizar el monitoreo.
- C. La secuencia lógica a seguir para investigación en hidrología forestal actualmente se ha corregido en aspectos como trabajar a nivel de cuenca, caracterizar biofísicamente la cuenca, iniciar con los trabajos específicos de investigación; sin embargo existen algunos vacíos o trabajos que requieren realizarse anteriormente a los actuales y que se proponen en la secuencia que se presenta en el presente trabajo.
- D. Actualmente dentro del enfoque del Programa de Hidrología Forestal y específicamente dentro de la Línea Manejo Forestal e Impacto Hidrológico se han realizado en toda el área, Finca y Microcuenca Río Frío los siguientes trabajos de investigación; caracterización biofísica de la microcuenca, determinación de características físicas del suelo, estudio geomorfológico y medición de escorrentía superficial sin embargo es necesario realizar un estudio hidrogeológico, evaluar la producción de calidad y cantidad de agua con diferentes tipos de cobertura vegetal e implementar investigaciones específicas que incluyan el manejo forestal y actividades silviculturales.

7 RECOMENDACIONES

- A. Es recomendable considerar todas las características del terreno circundante, parcela meteorológica, abrigo meteorológico e instrumentos necesarios a cumplir al momento de instalar una estación meteorológica.

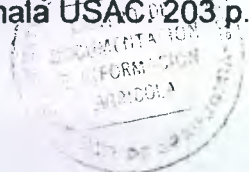
- B. Realizar todos los trabajos de investigación dentro de los límites del parteaguas de la cuenca para poder determinar su influencia en el caudal de la misma.

- C. Desarrollar la secuencia lógica del trabajo a realizar para las otras líneas de investigación planteadas en el Programa de investigación de hidrología forestal del Instituto Nacional de Bosques –INAB-.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. Arce Canahuí, A. 2005. Estudio hidrológico forestal (entrevista). Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, USAC, Centro Universitario del Norte.
2. Bertsch Hernández, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Ed. Alfredo Alvarado y Eloy Molina, Costa Rica, Sociedad Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
3. Cardona, LE. 2005. Estimación de la recarga hídrica natural potencial de la microcuenca río Frío, Santa Cruz Verapaz, A.V. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 75 p.
4. Centro Internacional Carlos V. ES. 2003. Campus de Cantoblanco. Madrid, España, Servicios de la cuenca hidrológica (en línea). España. Consultado 8 set. 2005. Disponible en <http://www.centro.carlosv@uam.es>
5. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 1975. COGUANOR, NGO 29 001 normas de agua. Guatemala. p. 1-11.
6. Custodio, E; Llamas, MR. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. España, Omega. v. 2, p. 44-48.
7. Custodio, E; Llamas, MR. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. España, Omega. v. 2 p. 1438-1446.
8. Foro mundial del agua en México (4., 2004, MX). 2006, Primer anuncio. México, Comité Directivo Nacional. p. 6-7.
9. García López, T; Cano Flores, M. 2004. El foda, una técnica para el análisis de problemas en el contexto de la planeación en las organizaciones (en línea). México. Consultado 15 oct 2005. Disponible en http://erc.msh.org/fpmh_spanish/chp1/tecnicas_1.html
10. González Ixcajoc, ME. 2006. Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura boscosa 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. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 49 p.

11. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
12. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2004. Evaluación de una plantación forestal de dos años en la finca Río Frío dentro del programa de incentivos forestales, dictamen no. TF-0-1-139-SPINFOR-2004. Tactic, Alta Verapaz, Guatemala. 7 p
13. _____. 2005. Programa de investigación de hidrología forestal. Guatemala. 38 p.
14. INE (Instituto Nacional de Estadística MX). 2004. Conceptos de cuencas (en línea). Distrito Federal, México. Consultado 8 set 2005. Disponible en <http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/conceptos.html>
15. López FR 1980 La degradación y pérdida de los suelos agrícolas. Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 94 p.
16. Martínez Díaz, GI. 2003. Expediente de PINFOR (Proyecto de Incentivos Forestales) finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Tactic Alta Verapaz, Guatemala, INAB, Oficina Sub.R. II-1. 28 p.
17. Plaster, JE. 2000. La ciencia del suelo y su manejo (soil science & management). Trad. Patricia Scott. Ed. por Clara Maria De la Fuente Rojo. Madrid, España, Paraninfo. 419 p.
18. Prado Wildner, L Do; Veiga, M Da. 2003. Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Erosión de Suelos en América Latina 7(3):55-80.
19. Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1000 p.
20. Tax, MA. 2004. Diagnóstico de la micro cuenca río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía / INAB. 54 p.
21. Velásquez Zarate, LM. 2004. Recopilación y análisis de las investigaciones realizadas sobre el recurso agua en la vertiente del golfo de México durante el periodo 1960-2003. Tesis Ing. Agr. Guatemala USAC. 203 p.



Vo. Bo. Rolando Barrios.

CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS

**INFORME FINAL DE SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA RÍO FRÍO SANTA CRUZ
VERAPAZ Y EN LA SUBREGION II-1 DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -
INAB- TACTIC, ALTA VERAPAZ.**

1 PRESENTACIÓN

Los servicios realizados en la Finca Río Frío son la continuación del trabajo iniciado por el proyecto Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos (CEFE) del INAB, el servicio titulado "Monitoreo de Parcelas de Escorrentía" se realizó como un apoyo a la investigación de una de las estudiantes del EPSA que trabajó la investigación titulada "Evaluación Preliminar del Efecto de Cuatro Porcentajes de Cobertura Boscosa 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, durante la ejecución de este servicio se tomaron diariamente muestras de sólidos en suspensión y sólidos de suelo para contribuir de ésta manera con la etapa de campo de la estimación posterior de la erosión hídrica presentada en el área.

Recordando que a partir del año 2,004 se inició con el registro climático de dicha finca, uno de los servicios realizados fue la continuación de ese registro, donde adicionalmente se generaron los climadiagramas de ambas estaciones climáticas que se presentan en el Diagnóstico capítulo I de este documento y se gráficas que detallan el comportamiento de la temperatura, precipitación y caudal que se presentan a continuación.

En la subregión II-1 Tactic, del INAB se brindó el servicio de Apoyo técnico que consistió básicamente en formar parte del equipo de trabajo de la institución apoyando principalmente en las actividades de, inspecciones de campo para proyectos de incentivos forestales PINFOR, licencias de consumo, talas ilícitas, revisión de planes de manejo forestal entre otras. Actividades en las que se realizaron visitas de campo a toda el área que comprende la subregión siendo está la conformada por los municipios de Santa Cruz Verapaz, San Cristóbal Verapaz, Tactic, Tamahú, San Miguel Tucurú, Senahú, Panzós, La Tinta y Santa María Cahabón.

2 SERVICIO 1 MONITOREO DE PARCELAS DE ESCORRENTÍA EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ.

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 General

Brindar apoyo en la determinación de la erosión hídrica con porcentajes de cobertura del 50%, 67%, 75% y 100% en una plantación de *Pinus maximinoii* H.E Moore

2.1.2 Específicos

- A. Pesar en húmedo los sólidos en suspensión y sedimentos de las parcelas de escorrentía durante las semanas de apoyo a la investigación.
- B. Medir el agua colectada en los recipientes de cada una de las parcelas de escorrentía durante las semanas de apoyo a la investigación.

2.2 METODOLOGÍA

Para la realización del Monitoreo en Parcelas de Escorrentía, se realizaron las siguientes actividades:

- A. Medir el nivel del agua colectada en los recipientes
- B. Limpiar con agua el canal de colecta
- C. Mezclar el agua y sedimentos y sacar la muestra de 1 litro
- D. Filtrar la muestra de agua
- E. Pesar los sólidos producto del filtrado
- F. Retirar el agua y dejar solamente los sólidos
- G. Filtrar y pesar los sedimentos
- H. Identificar las muestras con número de parcela y peso
- I. Secar las muestras al horno durante dos horas a 60 grados Celsius.
- J. Pesar las muestras secas.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Esguerrimiento Superficial

Al inicio de la investigación se realizó un muestreo de suelo por parcela para determinar características como textura, densidad aparente y cantidad de Materia Orgánica (M.O) del lugar (1).

En general como se observa en el cuadro III.1, la densidad aparente del suelo es baja debido a que el suelo posee un alto contenido de Materia Orgánica.

Cuadro III. 1 Características del suelo de las parcelas de esgorrentía.

Bloque	Densidad Aparente (gr/cc)	Porcentaje de Materia Orgánica (%)	Clase textural
I	0.6755	19.23	Franco Arenosa
II	0.6771	16.24	Franco
III	0.6846	15.34	Franco-Franco Arenosa
IV	0.7106	16.14	Franco-Franco Arenosa

Fuente Gonzalez, M. 2006

2.3.1.1 Cantidad de esgorrentía

En el cuadro III.2, se presentan los volúmenes medidos de esgorrentía superficial expresados en metros cúbicos por hectárea que se obtuvieron en el experimento.

Cuadro III. 2. Esgorrentía superficial (m³/ha), para tratamientos y repeticiones.

Tratamiento	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
100%	143,47	121,41	170,82	174,15	609,85	152,46
75%	135,81	198,60	158,22	118,32	610,95	152,74
67%	153,17	139,70	141,47	177,23	611,57	152,89
50%	190,42	126,55	152,09	173,76	642,82	160,71

Fuente Gonzalez, M.2006

Según el cuadro anterior el tratamiento que presentó mayor volumen de escorrentía es el de 50% de cobertura con $160.71 \text{ m}^3/\text{ha}$ y el tratamiento en donde ocurrió menor cantidad de escurrimiento es el de 100% de cobertura, en el cual se obtuvo $152.46 \text{ m}^3/\text{ha}$. En forma gráfica puede observarse en la figura III. 1.

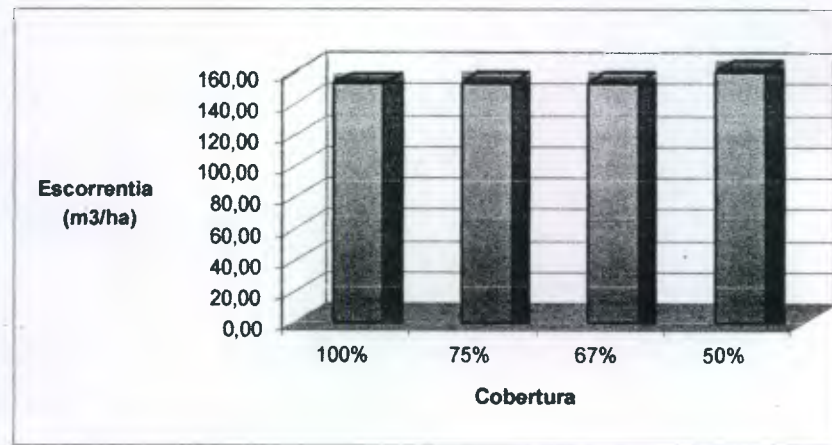


Figura III. 1. Escurrimiento superficial por tratamiento

Según la figura III.1 de los tratamientos evaluados el de 50% de cobertura, presentó mayor volumen de escorrentía. Los mayores escurrimientos medidos estarían explicados por una cobertura de copas más reducida debido a que es el tratamiento con menor número de individuos (6 árboles), por lo que la precipitación llega al suelo con mayor rapidez saturándolo en menor tiempo (1).

Por el contrario el tratamiento que presentó menor volumen de escorrentía es el de 100% de cobertura, perdiendo peso el efecto de la agresividad de la lluvia. Con respecto a los tratamientos con cobertura al 75 y 67% el volumen de escurrimiento es similar en ambos 152.74 y $152.89 \text{ m}^3/\text{ha}$ respectivamente.

Lo mencionado anteriormente ocurre debido a factores como la cobertura que posee el suelo (árboles+sotobosque), lo cual evita el ingreso del total de la precipitación incidente además de que el alto contenido de material orgánico presente en la plantación

tiene gran capacidad de absorción, por lo que el volumen de la lluvia que atraviesa el dosel (precipitación interna y el escurrimiento por los tallos) se infiltra en el suelo con menor velocidad, evitando así que un volumen mayor de esta precipitación escurra (1).

2.3.1.2 Porcentaje de escorrentía

El total de la precipitación registrada en el área fue de 1332.75 mm lo que equivale a 13327.50 m³/ha; en el cuadro III.3 y figura III. 2 se presentan los porcentajes de escorrentía por tratamiento.

Cuadro III. 3. Porcentaje de escorrentía por tratamiento

Tratamiento	Porcentaje Escorrentía (%)
100%	1,14
75%	1,15
67%	1,15
50%	1,21

Fuente Gonzalez, M.2006

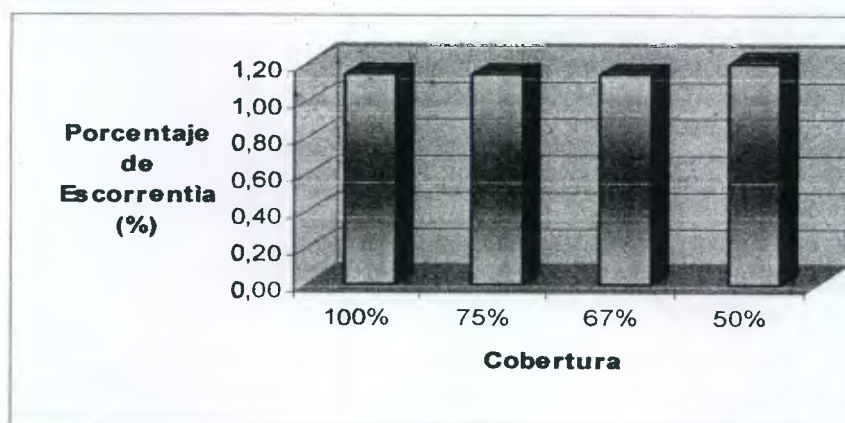


Figura III. 2. Porcentaje de Escorrentía superficial por tratamiento

Como se observa en el cuadro III. 3 y figura III.2 el mayor porcentaje de escorrentía no excede el 1.22 % ocurriendo en el tratamiento con 50 % de cobertura, esto debido como se mencionó anteriormente a que es el tratamiento que posee menor número de

árboles. Por el contrario el menor porcentaje de escorrentía que fue de 1.14 %, se presentó en el tratamiento con el 100% de cobertura y en los tratamientos con 67 y 75% de cobertura el porcentaje de escorrentía es igual (1.15 %).

En general el mayor y menor porcentaje de escorrentía superficial ocurren debido al efecto interceptor de las cubiertas vegetales (árboles+sotobosque) y hojarasca, las cuales impidieron el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo, además del alto contenido de materia orgánica presente el cual favorece a la infiltración del agua en el suelo y cuando este ya está saturado, los flujos superficiales ocurren una vez que se acumula una cantidad adecuada de agua, lo cual dependerá principalmente de la cantidad de lluvia recibida (1).

En este caso los montos de escurrimiento representan entre 1.14 y 1.21 % del total de precipitaciones del periodo (1332.75 mm), concordando con los rangos citados para bosques poco alterados, cuyos valores se sitúan entre 0.13 y 4.2 %.

2.3.2 Suelo Erosionado

2.3.2.1 Cantidad de suelo erosionado

A continuación se presenta la cantidad de suelo erosionado expresado en toneladas métricas por hectárea en cada uno de los tratamientos.

Según el cuadro III.4, en el tratamiento con 50% de cobertura se presentó mayor cantidad de suelo erosionado (0.157 TM/ha), esto debido a que es el tratamiento que posee menos cobertura, por lo que es más propenso a los efectos que la lluvia pueda ocasionar sobre el suelo, a pesar de que se encuentra cubierto de sotobosque el cual desempeña una función reguladora. Por el contrario el tratamiento donde la cantidad de suelo erosionado fue menor es el de 100% de cobertura con 0.132 TM/ha. Lo descrito puede observarse en forma grafica en la figura III.3.

Cuadro III. 4. Cantidad de suelo erosionado (TM/ha), para Tratamientos y Repeticiones.

Tratamiento	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
100%	0,007	0,028	0,042	0,056	0,132	0,033
75%	0,016	0,039	0,032	0,059	0,147	0,037
67%	0,043	0,023	0,036	0,049	0,152	0,038
50%	0,023	0,013	0,040	0,081	0,157	0,039

Fuente Gonzalez, M. 2006

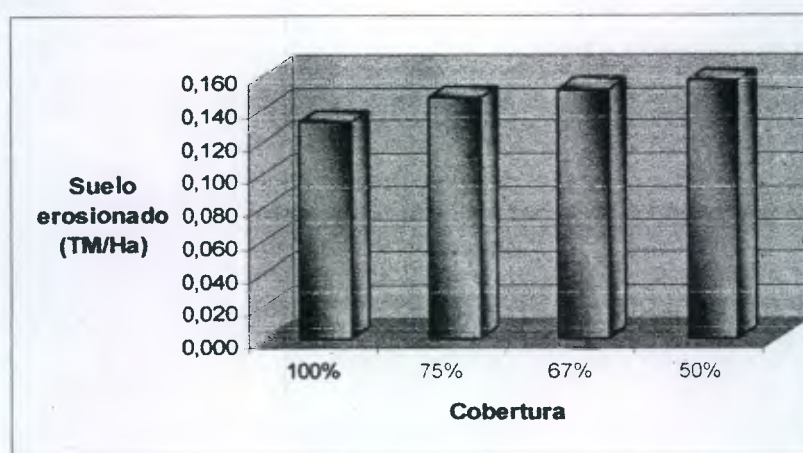


Figura III. 3. Cantidad de Suelo erosionado

Como se presenta en la figura III. 3 en los tratamientos de 75 y 67 % de cobertura la cantidad de suelo erosionado fue de 0.147 y 0.152 TM/ha respectivamente, demostrando que la cobertura de 100 y 75% provee mayor protección al suelo contra el arrastre de partículas, por lo que la menor pérdida absoluta de suelo puede atribuirse a la ausencia de claros en su cobertura y como ya se mencionó al denso sotobosque presente; esto reduce el impacto directo de las precipitaciones y evita la disgregación y remoción de los agregados de suelo de mayor tamaño (1).

Según el cuadro III.5 la lámina de suelo perdido en el tratamiento con 50% de cobertura es la más significativa con 0.15 mm, seguida por la cobertura al 67 % con una lámina de suelo perdida de 0.14 mm y por último las coberturas al 75 y 100% las cuales presentaron una lámina de 0.13 y 0.10 mm respectivamente. Evidenciando esto que las

coberturas que brindan mayor protección al suelo son al 100% y 75, por lo que las plantas juegan un papel significativo en el control de la erosión, ya que actúan como interceptoras de las gotas de lluvia, disminuyen el volumen y la velocidad de la escorrentía y su sistema radicular sujeta las partículas del suelo.

Cuadro III. 5. Lámina de suelo erosionado por tratamiento (mm/ha)

Tratamiento	Lamina de suelo erosionado (mm)
100%	0,10
75%	0,13
67%	0,14
50%	0,15

Fuente Gonzalez, M.2006

2.3.2.2 Análisis de la Información Generada

- A. Los datos de escorrentía superficial y cantidad de suelo erosionado fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) como se observa en los cuadros 5 y 6, para establecer si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y como los tratamientos no fueron estadísticamente diferentes con un nivel de significancia de 5 por ciento, no fue necesario someterlos a ninguna prueba de comparación de medias.

Cuadro III. 6. Análisis de Varianza de la Escorrentía Superficial

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	F ₍₀₅₎	Significancia
Tratamientos	3	192,74	64,25	0,070312033	3,86	No significativo
Bloques	3	424,49	141,50			
Error	9	8223,61	913,73			
Total	15	8840,84				
C.V. % =	19,54					

Fuente González M.2006

Cuadro III. 7. Análisis de Varianza del Suelo Erosionado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F ₍₀₅₎	Significancia
Tratamientos	3	0,0001	0.00002776	0,154302179	3,86	No Significativo
Bloques	3	0,0038	0,00125122			
Error	9	0,0016	0,00017993			
Total	15	0,0055				

C.V. % =	36,54
----------	-------

Fuente González, M. 2006

B. En consecuencia si no hay diferencia significativa entre los tratamientos, la pérdida de suelo por erosión hídrica y la escorrentía superficial son estadísticamente iguales de acuerdo al porcentaje de cobertura (1).

2.3.3 Medición de la Precipitación Interna

Se determinó que dentro de las parcelas se capta una precipitación interna media que va desde los 418.26 mm a 452.26 mm, de un total de 725.55 mm caídos durante los meses de medición, como se observa el cuadro III.8, figura III.4:

Cuadro III. 8 Precipitación Interna, Porcentaje de Precipitación Interna y Porcentaje de Intercepción de Copas por tratamientos y repeticiones

Tratamiento	Repeticiones				Media (mm)	Porcentaje de precipitación interna (%)	Porcentaje de intercepción (%)
	I	II	III	IV			
100%	428,72	423,34	407,50	413,47	418,26	57,65	42,35
75%	464,96	429,32	421,79	361,44	419,38	57,80	42,20
67%	483,14	370,42	409,83	419,98	420,84	58,00	42,00
50%	468,23	437,51	442,56	460,73	452,26	62,33	37,67

Fuente González M. 2006

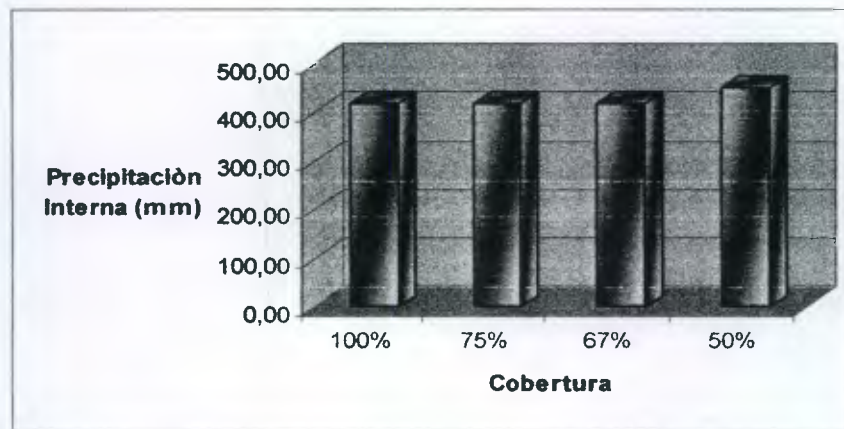


Figura III. 4. Precipitación interna en las parcelas de escorrentia

De acuerdo al cuadro anterior y a la figura anterior, la precipitación interna media es mayor en el tratamiento con 50 % de cobertura (452.56 mm) y es menor en el tratamiento con 100 % de cobertura con 418,26 mm; en los tratamientos restantes (75 y 67 %) la precipitación no varía mucho con respecto al tratamiento con menor precipitación presentando 419.38 y 420.84 mm respectivamente.

Debido a que la precipitación interna y el goteo de la copa son muy difíciles de determinar directamente en el campo, las dos se toman usualmente como una sola variable y se denominan precipitación interna como indica Stadmüller, T (1)

En la figura III.5, se observa que en los tratamientos con 100, 75 y 67 % de cobertura se presenta un mayor porcentaje de intercepción de la lluvia (42.35, 42.20 y 42), en el tratamiento con 50 % de cobertura el porcentaje de intercepción de la lluvia es de 37.67 %, representando una intercepción promedio del 41% .

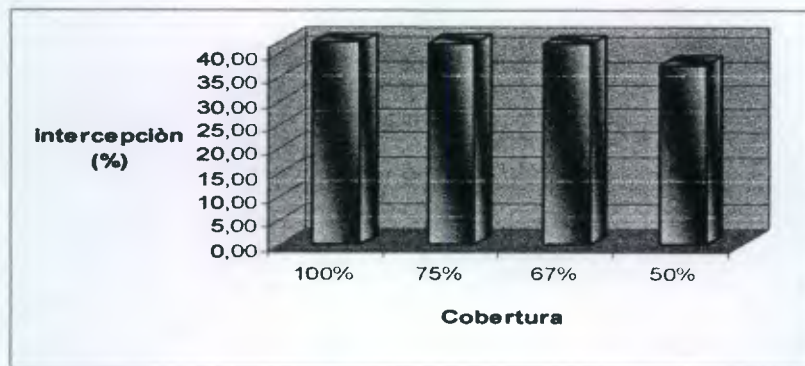


Figura III. 5. Porcentaje de intercepción en las parcelas de escorrentia

Según Silenzi, JC (1), al caer la lluvia sobre una masa forestal, la primera influencia de ésta es la intercepción. Según el carácter de la precipitación y la densidad de la masa, queda retenida en la cubierta de copas una cantidad variable de agua, que se evapora sin llegar al suelo. Un bosque espeso de árboles con copa alta y densa interceptará, según esto, la máxima cantidad de agua descargada por una tormenta; la mínima intercepción corresponderá a la cubierta clara de una vegetación rala.

Al final de una tormenta intensa y prolongada las copas sólo retienen una cantidad de agua apenas suficiente para compensar la evaporación que durante el aguacero se produce en la superficie de las hojas. Por lo que las máximas pérdidas de agua son de esperarse en los climas que se caracterizan por un gran número de lloviznas cortas, separadas por períodos de tiempo claro. De todos modos, la intercepción significa una pérdida por evaporación de la lluvia caída (1).

En general, según estas estimaciones la cantidad de agua que alcanza el suelo (precipitación neta) en el área de estudio es del 59%; dividida entre el proceso de *intercepción*, por el cual una fracción de agua es retenida temporalmente por la superficie de las hojas, pudiendo luego evaporarse, escurrir nuevamente por troncos lo que generalmente se denomina *flujo caulinar*, o caer nuevamente a la superficie del suelo desde el dosel del bosque (*precipitación interna*)

2.4 Evaluación

La ejecución de este servicio cumplió con los objetivos planteados inicialmente, ya que el monitoreo de las parcelas de escorrentía se estuvo realizando diariamente desde el inicio de la realización del EPSA, es decir desde agosto 2005 hasta el mes de mayo de 2006 muestra de ello son los resultados que se presentan anteriormente, tomando en cuenta que este servicio fue un apoyo brindado a una investigación que realizó una compañera epesista la cual se tituló *Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura boscosa de una plantación de pinus maximinoii H.E Moore, sobre la erosión hídrica del suelo*, se coordinó con ella para la obtención de los resultados tabulados y de esta manera ir más allá de lo que se pretendía con los objetivos planteados para este servicio. Cabe mencionar que esta investigación llegó al final de la misma y actualmente esta publicada como tesis de grado de esta facultad y que las parcelas de escorrentía que se dejaron instaladas están siendo utilizadas actualmente por nuevos epesistas que contrato el INAB a través del proyecto Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos CEFE para la realización de nuevas investigaciones; además de lo expuesto debe mencionarse que el autor realizó la **instalación de nuevas parcelas de escorrentía** de 75 metros cuadrados, un total de 16 de las mismas instalándose 8 en cultivos agrícolas y 8 en cultivo de pastoreo es decir pasto y que actualmente están utilizando por los nuevos epesistas para realizar sus respectivas investigaciones que se encuentran en el área de estudio.

3 SERVICIO 2. MONITOREO DE DOS ESTACIONES CLIMÁTICAS EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ.

3.1 OBJETIVOS

3.1.1 General

Obtener datos de temperatura, precipitación pluvial y caudal del efluente, específicos de la finca río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, a través del monitoreo periódico.

3.1.2 Específicos

- A. Monitorear los pluviómetros y termómetros de las partes alta y baja de la finca Río Frío.
- B. Monitorear el caudal del río Frío en el punto de aforo dentro de la Finca.

3.2 METODOLOGIA

Actividades desarrolladas durante el Monitoreo de Estaciones Climáticas

- A. Leer el termómetro de máxima y mínima instalado en la parte baja de la cuenca y anotar los datos.
- B. Medir con una probeta el agua de lluvia colectada en los pluviómetros y anotar los datos.
- C. Medir el nivel del agua que alcanza el Río en la estructura de Manning para obtener datos del caudal del efluente.
- D. Realizar los pasos 1 y 2 en la estación de la parte alta de la microcuenca.

Nota: Estas lecturas se realizaron diariamente iniciando a las 7:00 AM.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Comportamiento del Clima

El clima está formado por diferentes factores que en conjunto determinan las características climáticas de un área; para el estudio hidrológico que se está llevando a cabo en la Finca Río Frío es imprescindible llevar el registro climático y poder utilizarlo de base para los estudios futuros y en proceso; durante este Ejercicio Profesional Supervisado se contribuyó monitoreando las estaciones climáticas las cuales reportaron los siguientes resultados, presentados en tablas y gráficas a continuación:

En el cuadro III. 9 se reportan datos de precipitación pluvial y temperatura media mensual registradas durante los meses de agosto a diciembre del año 2005 y enero mayo del año 2006 .

Cuadro III. 9. Datos climáticos de la estación climática en el punto de aforo, Microcuenca Río Frío

MES	ESTACIÓN PARTE BAJA		
	Pp mensual (mm)	Pp media mensual (mm)	T media mensual (OC)
AGO	19.4	0.6	26.2
SEP	23.2	0.8	24.9
OCT	5.3	0.2	23.3
NOV	144.0	4.6	21.1
DIC	71.95	2.32	20.82
ENE	260.95	8.42	20.27
FEB	69.6	2.49	18.39
MAR	80.01	2.76	23.60
ABR	41.6	1.39	25.37
MAY	229.5	7.9	23.5

Fuentes, M. 2006

Los datos del cuadro III. 10 son los reportados en la parte alta de la microcuenca durante el mismo periodo de tiempo mencionado para el cuadro III.9.

Cuadro III. 10. Datos climáticos reportados en la parte alta de la microcuenca Río Frío

MES	ESTACIÓN PARTE ALTA		
	Pp mensual (mm)	Pp media mensual (mm)	T media mensual (OC)
AGO	16.7	0.5	22.6

SEP	21.0	0.7	21.8
OCT	7.9	0.3	22.0
NOV	190.4	6.1	18.8
DIC	136.55	4.40	19.05
ENE	326.7	10.54	19.31
FEB	119.65	4.27	17.21
MAR	142.45	4.91	20.45
ABR	62.05	2.07	21.27
MAY	207.95	7.17	20.34

Fuentes, M. 2006.

3.3.2 Caudal del Río Frío

Los datos de caudal en el cuadro III.11 son los registrados durante los meses de agosto a diciembre del 2005 y de enero a mayo del 2006 dichos datos se presentan en lts/s y m^3/s , se puede apreciar a simple vista como disminuye el caudal reportado.

Cuadro III. 11. Caudal reportado en el punto de aforo de la microcuenca Río Frío

MES	CAUDAL DEL RIO	
	Caudal medio mensual (lts/s)	Caudal medio mensual (m^3/s)
AGO	126.7	0.1267
SEP	201.6	0.2016
OCT	159.3	0.1593
NOV	130.4	0.1304
DIC	92.4	0.0924
ENE	133.3	0.1333
FEB	113.9	0.1139
MAR	65.0	0.0650
ABR	47.2	0.0472
MAY	39.76	0.0398

Fuentes, M. 2006

Según la figura III.6 se puede observar que la precipitación en ambas estaciones tiene un comportamiento casi similar, obsérvese que durante los primeros meses los datos son muy parecidos.

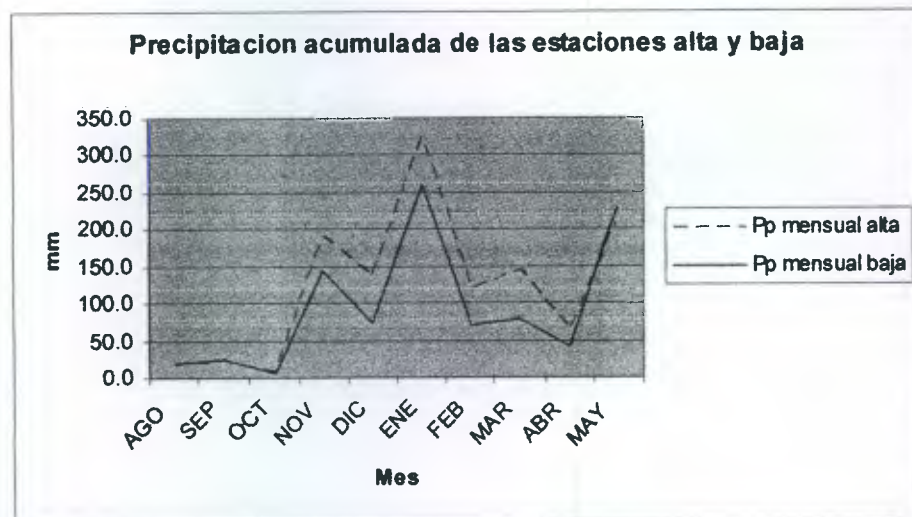


Figura III. 6. Precipitación pluvial en ambas estaciones climáticas microcuenca Río Frío

3.3.3 Temperatura media mensual

La temperatura media mensual registrada en la parte baja de la micro cuenca Río Frío durante estos diez meses obviamente oscilo en función de la época del año así puede verse según figura III.7 que existe una disminución en la misma a partir del mes de agosto hasta marzo donde empieza a incrementarse; lógicamente esto debido al inicio de la época seca, aunque en el área no sea muy marcada. Durante estos primeros seis meses de la gráfica se presentaron lluvias frecuentes como puede observarse en la gráfica respectiva; durante los últimos meses de marzo y meses de abril y mayo las lluvias fueron menos frecuentes por lo que la humedad relativa fue menor y por consiguiente se incremento la temperatura del ambiente.

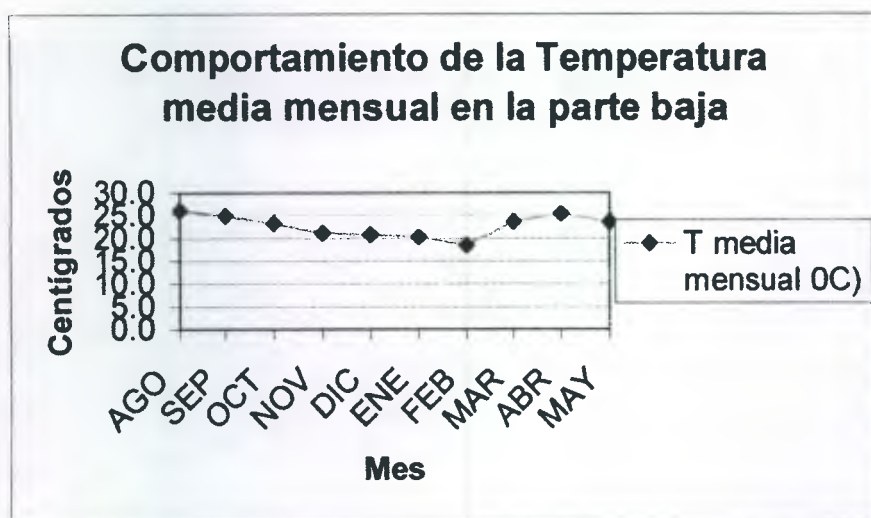


Figura III.7 Temperatura media mensual registrada en el punto de aforo Microcuenca Río Frío

En la parte alta de la micro cuenca el comportamiento de la temperatura fue bastante parecido al registrado en la parte baja según figura III.8, aunque lógicamente se registraron datos menos fluctuantes que los registrados en la otra estación climática. En la gráfica pueden observarse tres segmentos mas o menos definidos, el primero de agosto a noviembre, el segundo de noviembre a marzo donde se registraron los datos más bajos de temperatura para esta estación y el último segmento de marzo a mayo, meses en los cuales se incrementa nuevamente la temperatura alcanzando casi el mismo nivel que el registrado en el primer segmento.

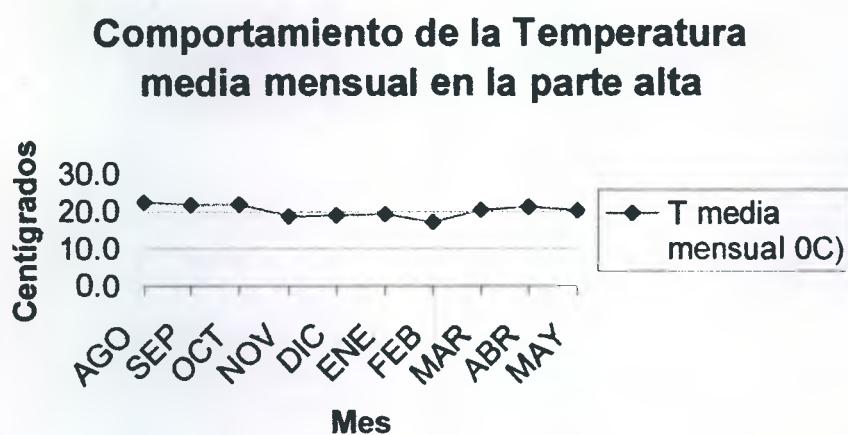


Figura III. 8. Datos registrados de la estación en la parte alta, Microcuenca Río Frío.

El caudal medio mensual como puede verse en la figura III. 9 se incremento durante el mes de septiembre sin embargo para el mes de octubre se registra una disminución del mismo continuando esta tendencia hasta el mes de enero donde vuelve a incrementarse en pequeña escala para disminuir aun mas durante los meses siguientes debido a la época seca.

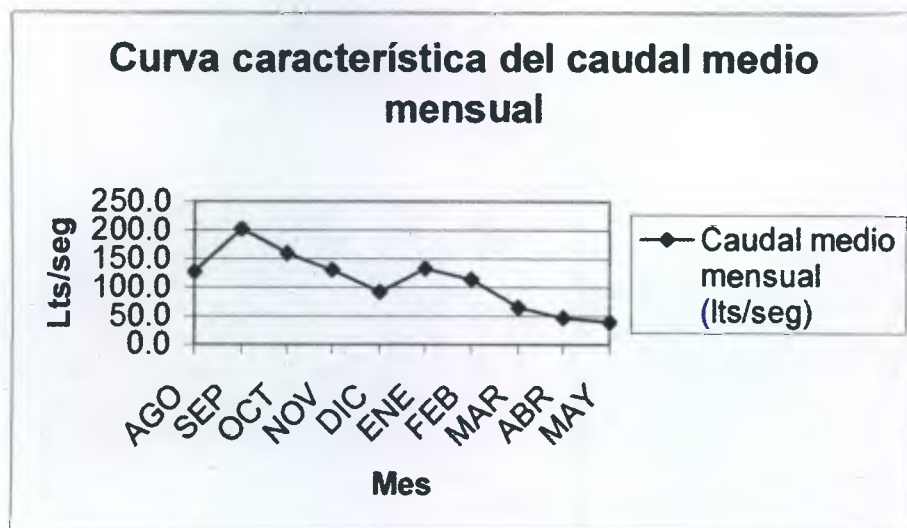


Figura III. 9. Caudal medio mensual, Microcuenca Río Frío

En la figura III.10 se hace una comparación entre temperatura y precipitación registradas en la parte baja de la micro cuenca, puede observarse que cuando la precipitación aumenta la temperatura desciende esto lógicamente por que la precipitación hace que la humedad relativa sea mayor por lo que la temperatura ambiental disminuye, por ejemplo puede observarse claramente este efecto durante los meses de marzo a mayo donde la curva de temperatura se vuelve convexa y la de precipitación cóncava debido siempre al efecto mencionado anteriormente.

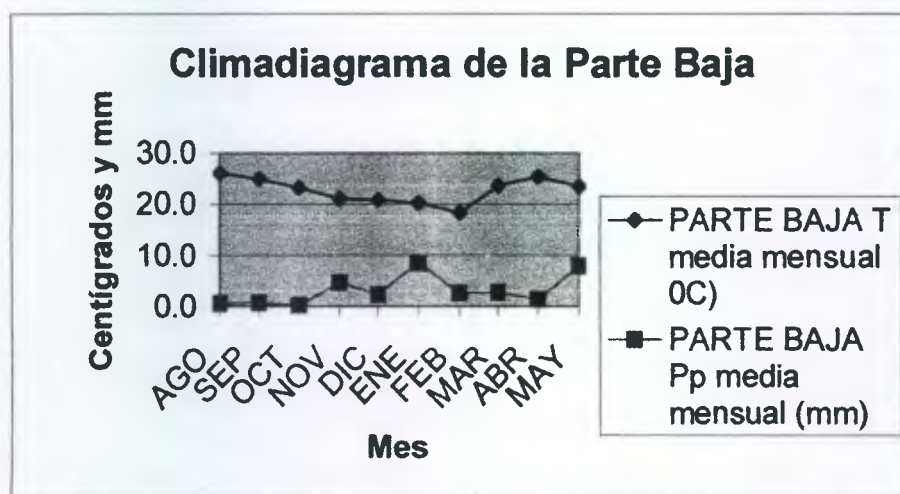


Figura III. 10. Temperatura media mensual y precipitación media mensual parte baja, Microcuenca Río Frío.

Es aquí en la figura III.11 donde mejor puede apreciarse el comportamiento de la precipitación en ambas estaciones y la fluctuación que se presenta en el caudal debido a la misma, aunque la relación no parezca directamente proporcional gráficamente sin embargo hay que recordar que no estamos tomando en cuenta el aporte sub-superficial que pueda existir. En la figura III.11 podemos observar minuciosamente que cuando la precipitación se incrementa lo hace también el caudal; en esta gráfica se presenta la precipitación en mililitros para hacer mas lógica la comparación de volumen con el caudal.

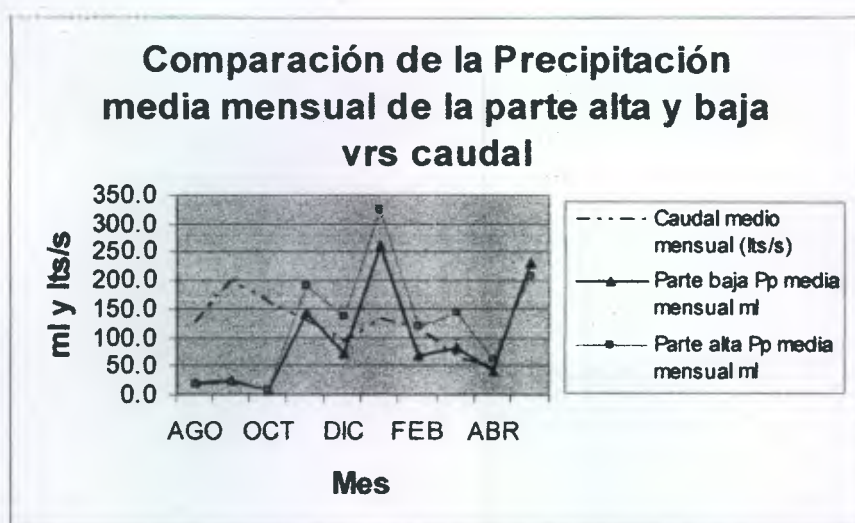


Figura III. 11. Precipitación pluvial en ambas estaciones climáticas y caudal medio mensual, microcuenca Río Frío

3.4 Evaluación

El presente servicio fue realizado con un cumplimiento a totalidad, tomando en cuenta que el monitoreo en ningún momento fue interrumpido y que se puso todo el empeño lo que produce hoy una satisfacción personal y los resultados presentados.

En el Diagnóstico de este trabajo Capítulo I se presentan los climadiagramas de cada una de las estaciones monitoreadas y en los resultados de este servicio se encuentran graficadas las variables temperatura, precipitación pluvial y caudal del río, es conveniente mencionar que se continuo con el monitoreo iniciado en noviembre de 2004 y que pudieron corregirse problemas que se tenían en la interpretación y anotación de datos. De las experiencias tenidas se implementaron nuevos criterios en el monitoreo y se tomaron precauciones para no recurrir de nuevo en errores, sin embargo en este proceso largo del monitoreo que actualmente se realiza y que continuarán nuevos epeistas siempre habrán cosas que mejorar como una mejor ubicación de las estaciones climáticas.

4 SERVICIO 3. APOYO TÉCNICO A LAS ACTIVIDADES DE LA SUBREGIÓN II-1 TACTIC, ALTA VERAPAZ.

Durante el desarrollo del presente servicio se realizaron distintas actividades, una de las más importantes es la evaluación y certificación de PINFOR (Proyectos de Incentivos Forestales), a continuación a manera de recordatorio se mencionan algunos aspectos *importantes del PINFOR.*

De acuerdo al Decreto Legislativo 101-96, el Instituto Nacional de Bosques –INAB- y el Ministerio de Finanzas Públicas, tienen la responsabilidad de otorgar incentivos a los propietarios de tierras de vocación forestal que se dediquen a la ejecución de proyectos forestales.

De esa forma en 1997, surge el Programa de Incentivos Forestales, PINFOR, como una herramienta de la política forestal nacional de largo plazo, que tiene vigencia hasta el año 2016.

El PINFOR tiene como objetivos.

- A. Mantener y mejorar la producción forestal sostenible, incorporando los bosques naturales a la producción económica productiva.
- B. 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.
- C. Generar una masa crítica de bosques productores de materia prima, para el desarrollo de la industria forestal.
- D. Incentivar el mantenimiento y la creación de bosques para la generación de servicios ambientales.

4.1 OBJETIVOS

4.1.1 General:

Realizar actividades técnicas de apoyo en fases de campo y gabinete en la subregión II-1 del INAB, durante el Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía, Universidad San Carlos de Guatemala.

4.1.2 Específicos:

- A. Brindar apoyo técnico y de mano de obra en las actividades que realiza el personal de la sub-región II-1 del INAB
- B. Realizar inspecciones técnicas de campo en la subregión II-1 del INAB.

4.2 METODOLOGÍA

Actividades desarrolladas durante el Apoyo Técnico a la Subregión II-1 Tactic, del INAB.

Básicamente el apoyo consistió en formar parte del equipo de trabajo de la subregión y realizar las diferentes actividades de campo y algunas de gabinete que los técnicos realizan, entre esas actividades esta por ejemplo las inspecciones y verificaciones de campo que se realizaron directamente en las áreas de las plantaciones o bosques conduciéndonos al área donde se tomaban datos de diámetros, alturas, porcentaje de sobre vivencia y área plantada, todo esto realizado a través de parcelas circulares de 100 metros cuadrados, entre las actividades de gabinete se realizaron revisión de libros de ingresos y egresos de aserraderos y depósitos de madera, redacción de informes técnicos firmados por los técnicos y revisión de Planes de Manejo Forestal. A continuación se mencionan las principales actividades realizadas:

- A. Evaluación de Compromisos de reforestación garantizados por pólizas de fianza
- B. Evaluación de compromisos de reforestación garantizados por documento privado y garantía fiduciaria.
- C. Evaluación de Planes de manejo
- D. Talas ilícitas (Peritajes)
- E. Evaluaciones para aprobación de proyectos PINFOR
- F. Evaluar proyectos PINFOR para su certificación
- G. Prevención y Control de Incendios
- H. Manejo de plantaciones voluntarias
- I. Inspección y fiscalización de Industrias y depósitos de productos forestales

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Distribución de Proyectos Incentivados por año

Como puede observarse en el cuadro III.12. se ha venido incrementando cada año la cantidad de área sometida a PINFOR para hacer hasta el año 2005 un total de 13,598.5 has. se puede observar de la misma manera el número de proyectos establecidos por año y cabe mencionar que en el transcurso del tiempo seguramente existirán proyectos que únicamente se establecieron y quizás nunca llegaron a las siguientes fases. Estos proyectos se encuentran distribuidos en los municipios que cubre la sub-región II-1 siendo estos San Cristóbal Verapaz, Santa Cruz Verapaz, Tactic, Tamahú, San Miguel Tucurú, Senahú, La Tinta, Panzos, Santa María Cahabón, todos del departamento de Alta Verapaz (1).

Cuadro III. 12. Cantidad de área establecida y Área de proyectos de incentivos forestales (PINFOR) Incentivados por año en la Sub-región II-1

Año	Área (has)
1997	43.75
1998	417.79
1999	286.28
2000	657.54
2001	590.15
2002	1640.11
2003	1493.96
2004	7197.65
2005	1271.27

Fuentes, M. 2006

En la sub-región de Tactic se cuenta con un total de 176 proyectos de PINFOR, los cuales abarcan un área total de 13,598.5 hectáreas, en las figuras III.12 y III. 13, se presenta el área certificada por año, desde 1997 hasta el 2005.



Figura III. 12. Distribución del área incentivada por año en la Sub-región II-1.

Se observa que en el año 2004 fue cuando se incentivo la mayor área dentro del período 97 al 2005, con un área de 7,197.65 hectáreas, lo que representa el 54 % del área total incentivada en ésta subregión esto se debe a que después de la intervención del INAB en el año 2003 se retomaron aquellas aprobaciones de proyectos que habían quedado pendientes. Durante el inicio de éste proyecto, específicamente para el año 1997 se incentivó un área de 43.75 hectáreas, lo que representa la menor cantidad incentivada durante la historia de PINFOR y esto debido precisamente a que no se conocía el proyecto como tal (4).



Figura III. 13. Distribución del área en porcentaje, incentivada por año en la subregión de II-1

4.3.2 Distribución de Proyectos Incentivados por Tipo y Año

Del total de proyectos incentivados como PINFOR en la subregión de Tactic, se observa en la figura III. 14 que la mayor cantidad de área corresponde a los Proyectos de Reforestación con un área de 6,817.33 hectáreas, mientras que para los Proyectos de Manejo de Bosques Naturales para protección se cuenta con un área de 6,687.42 y para la los Proyectos de Regeneración Natural solamente 50 hectáreas; siendo en el año 2004 en el que mayor área se incentivo para los proyectos de Plantaciones Forestales o Reforestación, con un área de 1,416.74 hectáreas, de igual forma para los proyectos de Manejo de Bosques Naturales para protección se incentivo la mayor área en el año 2004 con 5830.91 hectáreas incentivadas. (Ver cuadro III.13)

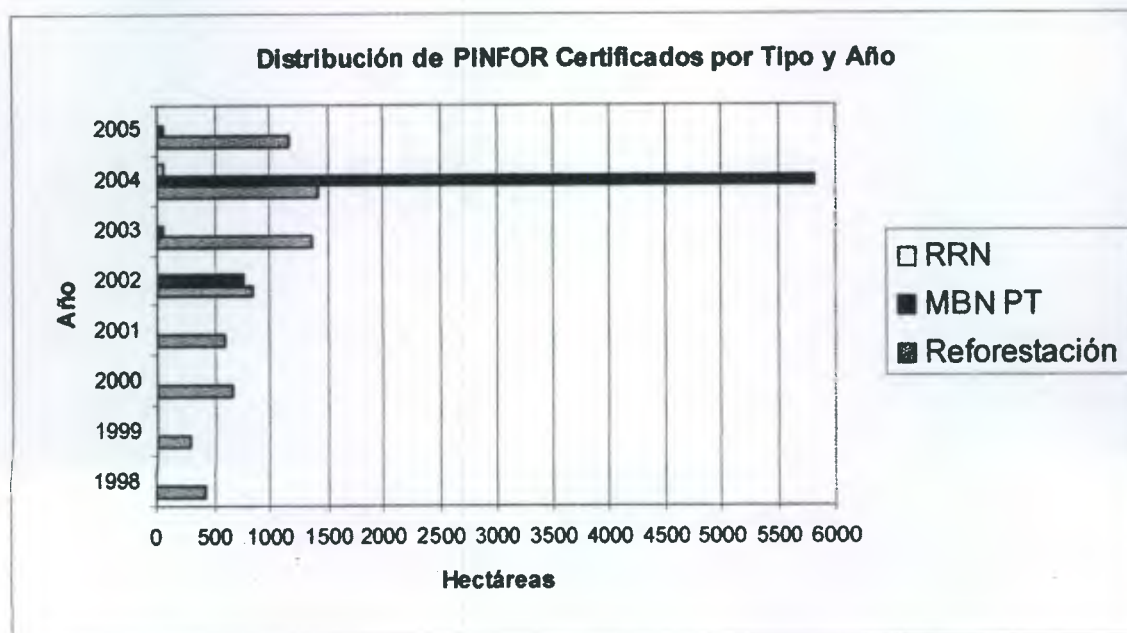


Figura III. 14. Distribución de Área y Tipo de Proyectos incentivados con PINFOR, por año, en la subregión II-1

Cuadro III. 13. Área incentivada con PINFOR, por Tipo de Proyecto y Año, en la Subregión II-1

Año	Tipo de Proyecto (ha)		
	Reforestación	MBN PT	RRN
1997	43.75		
1998	417.79		
1999	285.07		
2000	657.54		
2001	590.15		
2002	857.06	761.51	
2003	1377.96	45	
2004	1416.74	5830.91	50
2005	1171.27	50	
Total	6817.33	6687.42	50

Fuentes, M. 2006

4.3.3 Distribución de Proyectos Incentivados por Municipio

De los nueve municipios que conforman la subregión de Tactic, Alta Verapaz, el que posee mayor cantidad de área incentivada a través de PINFOR corresponde a San Cristóbal Verapaz, con 71 proyectos certificados hasta el año 2005 con un total de 2,021.27 hectáreas incentivadas, representando el 41% del total de proyectos incentivados. Seguidamente encontramos al municipio de Panzos con el 14% de proyectos incentivados, luego a Senahú con 13% y donde no se cuenta con proyectos incentivados es en el municipio de La Tinta (4) (figura III.15).

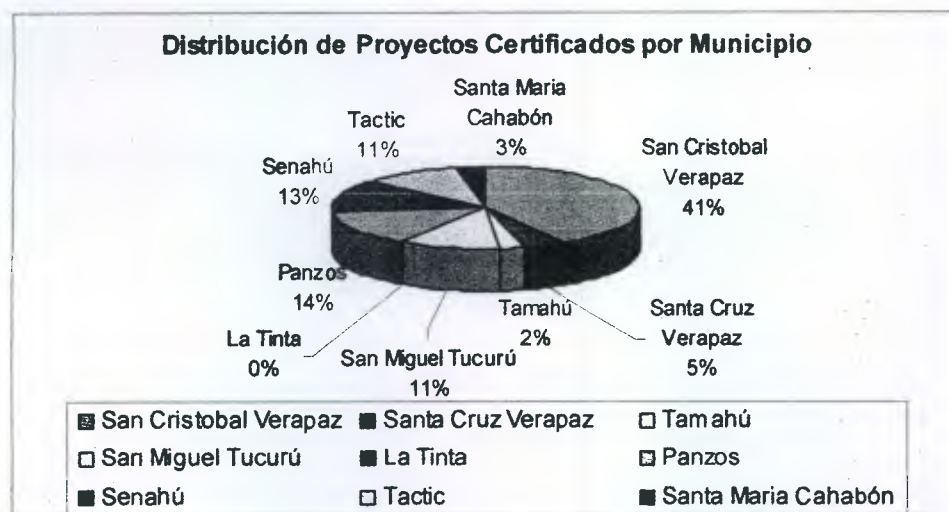


Figura III. 15. Distribución del Área incentivada mediante PINFOR por municipio, en la Subregión II-1

4.3.4 Distribución de Proyectos Incentivados por Tipo de Usuario

Dentro de los tipos de usuarios que pueden ser beneficiados del PINFOR se encuentran: Empresa privada, Persona individual, Comunidad, ONG's y Municipalidades entre otros. En la subregión de Tactic el tipo de usuario que cuenta con la mayor cantidad de área incentivada es del tipo de persona individual con un porcentaje del 44 % representado en 125 proyectos y un área de 4,120.31 hectáreas, seguidamente se presenta el tipo de usuario de organizaciones no gubernamentales –ONG's- con un porcentaje del 34% y área equivalente a 3,201.15 hectáreas distribuidas en 5 proyectos y por último se presenta el tipo de usuario de empresa privada y cooperativas con un

porcentaje de 18% en 40 proyectos y 4% en 6 proyectos respectivamente (Ver figura III. 16)

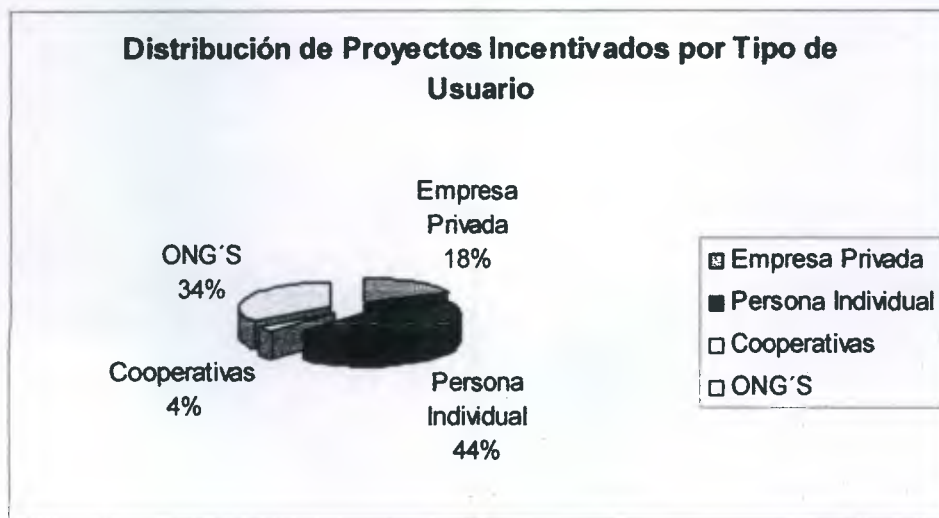


Figura III. 16. Distribución del área Incentivada por PINFOR, según Tipo de Usuario, en la subregión II-1

4.3.5 Distribución de Proyectos por Especie

En la subregión de Tactic, la mayoría de proyectos son de reforestación, existen también proyectos de Manejo de Bosques Naturales para Protección, se cuenta con un gran número de especies con las que se trabaja, sin embargo para referencia se presentan a continuación las especies más conocidas y económicamente más representativas, entre estas tenemos las siguientes: Cedro mundanii *Acrocarpus fraxinifolium*, Santa María *Callophilium brasiliensis*, Cedro común *Cedrella odorata*, Palo Blanco *Cibystax donnell smith*, tres especies de pino, *Pinus caribaea*, *Pinus maximinoii*, *Pinus oocarpa*, Cola de coche *Pitheselobium arboreum*, Caoba *Swietenia macrophylla*, Teca *Tectona grandis* y San Juan *Vochysia guatemalensis*.

Las especies que más se utilizan para PINFOR en esta subregión son las pinophytas por las condiciones del área esto se ve representado en un 42% del total del área trabajada, luego se presenta la especie Cola de coche con un 38% (Ver fig. III. 17 y III.18).

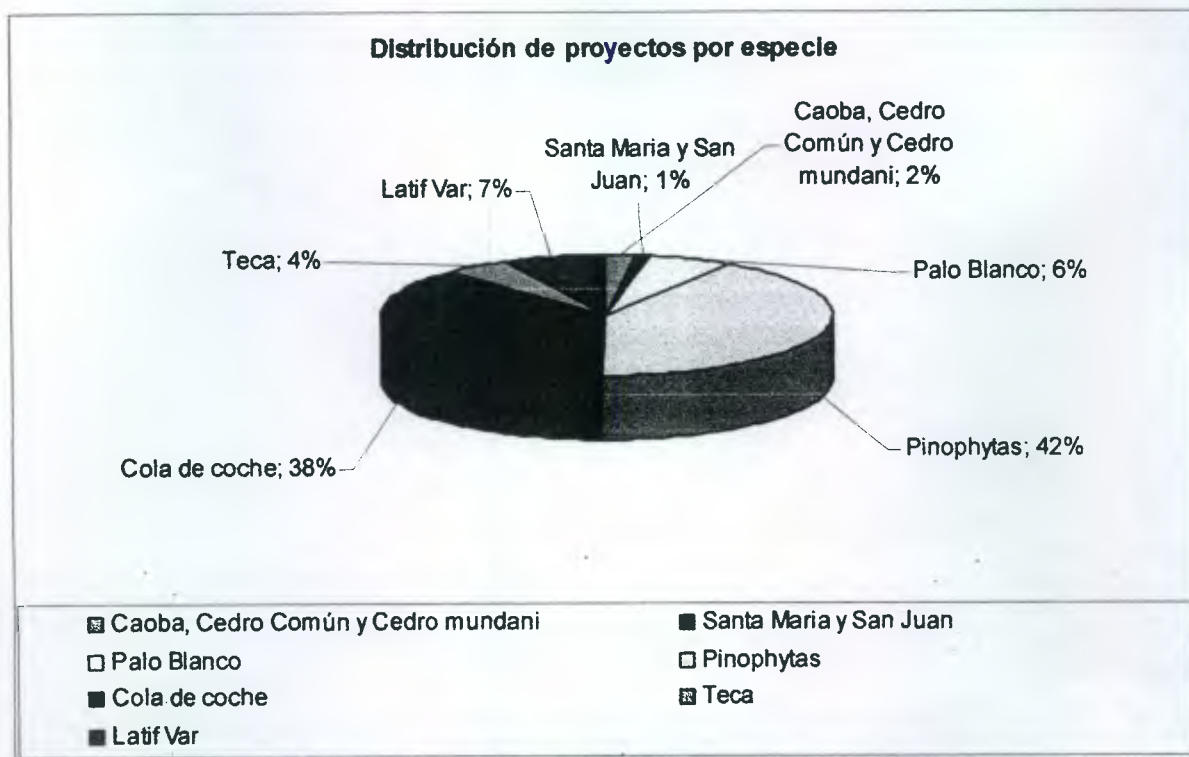


Figura III. 17. Distribución del porcentaje de área por especie Incentivado, en la subregión II-1

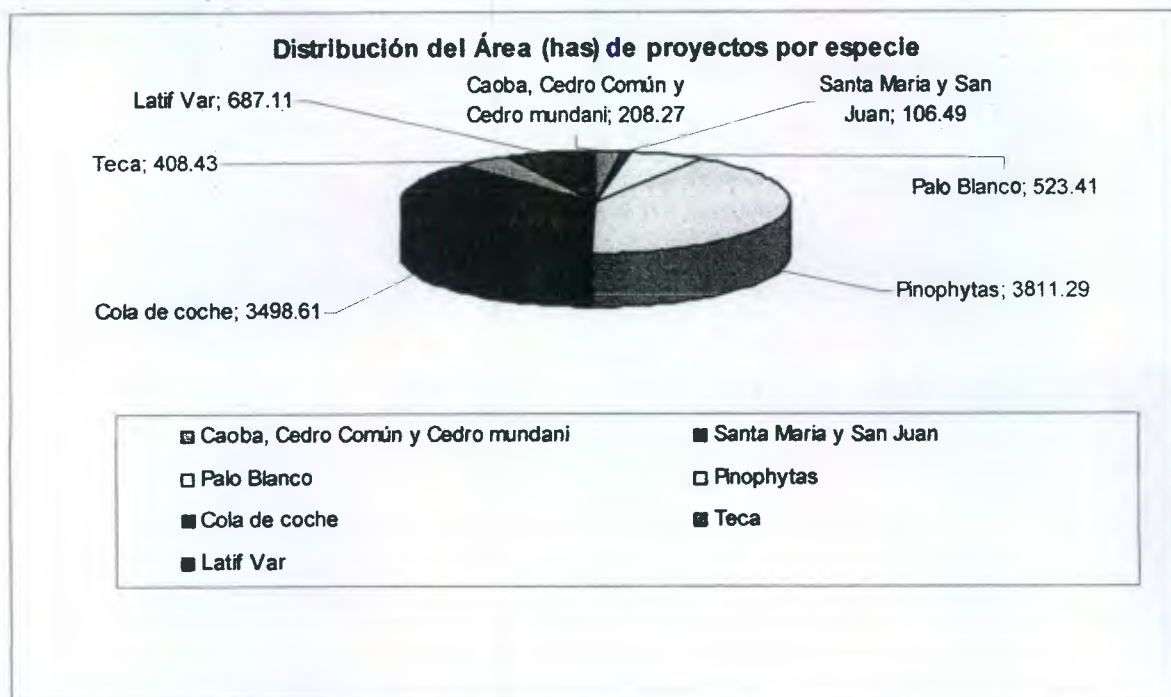


Figura III. 18. Distribución del área incentivada por especie, en la subregión II-1

En la figura III. 18 puede observarse la cantidad de hectáreas de cada una de las especies en cuestión, así tenemos que para las Pinophytas se tiene un área de 3,811.29 hectáreas, para la especie Cola de Choche 3,498.61 hectáreas y latifoliadas varias cuentan con 687.11 hectáreas, esto para los porcentajes de área más altos (4).

4.3.6 Depósitos de Madera Fiscalizados

- A. Deposito Los Encinos
- B. Deposito Chiguoron
- C. Deposito Jaquelin
- D. Servicios forestales C-J
- E. Deposito Gualim
- F. Deposito Monte Horeb

4.3.7 Fiscalizacion de aserraderos

- A. Aserradero San Miguel
- B. Aserradero La Fe

4.3.8 Certificación de Proyectos de Incentivos Forestales (PINFOR)

Durante el EPS se realizó el apoyo al PINFOR y otras actividades llevadas a cabo en la subregión II-1 las cuales se presentan a continuación en los cuadros III.14 y III.15.

Cuadro III. 14. Listado de PINFOR evaluados durante el EPS en la subregión II-1

Finca o Comunidad	Área (has)
Tamahú	15
Tactic	8
Pansinic, Tactic	4
Finca San Francisco, Chimolon, Tamahú	35
Finca San Antonio, El conguito	40
Finca El Naranjo	14
Pachilja, Tucuru	50

Finca Mayagua, Panzos	25
Finca San Felipe	15.84
Comunidad Pambakche	31.06
Comunidad Rexquix	26.21
Comunidad Aquil Grande	42.25
Total	264.11

Fuentes, M. 2006

Cuadro III. 15. Enumeración de las actividades realizadas como apoyo técnico a la sub-región II-1

Tipo de Proyecto	Cantidad
Fiscalización de aserraderos	2
Fiscalización de depósitos	5
Compromisos de reforestación	1
Revisión de Informes de Exentos y Licencia de Consumo	2
Verificación de Planes de Manejo	2
Certificación de proyectos de incentivos forestales (PINFOR)	12
Aprobación de plantaciones voluntarias	2

Fuentes, M.2006

4.4 Evaluación

El apoyo técnico a la subregión II-1 según los objetivos puede decirse que cumple con las expectativas, ya que además del apoyo brindado se presentan gráficas de los distintos proyectos categorizados por tipo, área, tipo de usuario, entre otros, datos con los cuales no se contaban y que se presentan como parte del presente servicio. Debe mencionarse aquí que el apoyo brindado por los epesistas debería tomarse más aya que como mano de obra y considerar el nivel educativo que poseen para tomarlos en cuenta no solo en realización de tareas de campo sino también en tareas científicas que puede requerir la subregión II-1 para este caso; esto debe ser del conocimiento de los distintos directores técnicos que en su mayoría ignoran o hacen caso omiso de ésta disponibilidad que poseen.

5 CONCLUSIONES

- A. Con la cobertura del 67% se brinda mejor protección al suelo contra la erosión hídrica, presentando únicamente 0.100 ton/ha esto debido a que se proporcionan las condiciones ideales para desarrollo de sotobosque y adicional a esto el desarrollo de los fustes en los árboles brindan en conjunto dicha protección.

- B. Durante el desarrollo de estos diez meses de Ejercicio Profesional Supervisado para la estación de la parte alta los meses que presentaron mayor precipitación fueron enero y mayo y los meses con mayor temperatura registrada fueron agosto, octubre y abril para la estación baja los meses más lluviosos fueron enero y mayo mientras que los meses mas calurosos fueron agosto, abril y mayo. El caudal máximo fue registrado en el mes de septiembre con 201.6 lts/s y el caudal de estiaje se registro en mayo con 39.76 lts/s

- C. El mayor apoyo técnico realizado fue en los proyectos de incentivos forestales PINFOR, donde se llegaron a evaluar 12 proyectos los cuales se presentaban divididos en varios bloques que en conjunto hacen estos 12 para hacer el total de 264.11 has. Se realizaron 244 verificaciones de campo distribuidas entre todas las actividades realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado.

6 RECOMENDACIONES

- A. Ejecutar los proyectos de servicios durante los primeros meses del Ejercicio Profesional Supervisado, para luego dedicarse completamente al proyecto de Investigación.
- B. Es recomendable realizar los proyectos de servicios en la misma área para evitar contratiempos y aprovechar mejor los recursos disponibles.
- C. Tomar en cuenta que los resultados de servicios que se presentan en este documento son específica y exclusivamente para el periodo de agosto 2005 a mayo del 2006 especialmente para los resultados climáticos.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. González Ixcajoc, ME. 2006. Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura boscosa 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. Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC. 49 p.
2. Herrera, D. 2005. Actividades a desarrollar en la sub-región II-1 del Instituto Nacional de Bosques-INAB- (entrevista). Tactic, Alta Verapaz, Guatemala.
3. Herrera, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
4. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Dirección Subregional II-1 Tactic, GT). 2005. Base de datos. Tactic, Alta Verapaz, Guatemala.
5. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1996. Ley forestal, decreto legislativo número 101-96. Guatemala. 27 p.
6. Tax Marroquín, MA. 2004. Plan de servicios de la Sub-región II-1 del Instituto Nacional de Bosques. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 17 p. (Sin publicar).
7. Tax Marroquín, MA. 2005. Actividades a desarrollar durante el ejercicio profesional supervisado en la sub-región II-1 del Instituto Nacional de Bosques-INAB-(entrevista). Tactic, Alta Verapaz, Guatemala.



Vo. Bo. Rolando Barrios.



REF. Sem. 35/2006

LA TESIS TITULADA:

"PROPUESTA DE ORDENAMIENTO DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE HIDROLOGÍA FORESTAL DE INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES - INAB - EN LA REGION II, EL CASO DE LA FINCA RÍO FRÍO SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

MOISES FILIBERTO
 FUENTES VELASQUEZ

CARNE:

200116918

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Eugenio Orozco
 Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
 Ing. Agr. Isaac Herrera Ibáñez

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Ing. Agr. Eugenio Oliverio Orozco y Orozco
 ASESOR

Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
 ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
RECEBIDO
 13 OCT 2006
RESEBIDO
 AREA INTEGRADA
 FACULTAD DE AGRONOMIA

Dr. David Monterroso Sánchez
 DIRECTOR DEL IIA

DMS/nm
 c.c Archivo
 IIA



UNIVERSIDAD DE SAN DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA



Guatemala, 23 de octubre de 2006

Ref.: Trabajo de Graduación 061|-2006

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

“REALIZADO EN EL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB-, EN GENERACIÓN DE INFORMACIÓN-HIDROCLIMATICA FORESTAL PARA LA REGIÓN II CON SEDE EN LA SUBREGIÓN II-1 Y LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ A.V.

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE:

MOISÉS FILIBERTO FUENTES
VELÁSQUEZ

CARNÉ No.

200116918

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“PROPUESTA DE ORDENAMIENTO DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE HIDROLOGÍA FORESTAL DE INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES – INAB – EN LA REGIÓN II, EL CASO DE LA FINCA RÍO FRÍO SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Eugenio Orozco
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
Ing. Agr. Isaac Herrera Ibáñez

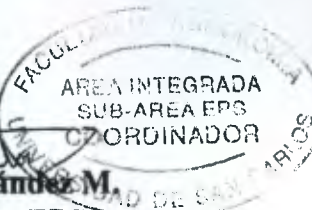
Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
Docente – Asesor de EPSA



Ing. Agr. Marco Vinicio Fernández M.
Coordinador Área Integrada - EPS



c.c. Control Académico
Estudiante
Archivo
MVF/badp



FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA

No. 033.2006

Investigación Titulada:

"TRABAJO DE GRADUACIÓN
REALIZADO EN EL INSTITUTO
NACIONAL DE BOSQUES -INAB-,
EN GENERACIÓN DE
INFORMACIÓN HIDRO-CLIMÁTICA
FORESTAL PARA LA REGIÓN II
CON SEDE EN LA SUBREGIÓN II-1
Y LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA
CRUZ VERAPZA A.V."

Estudiante:

**MOISES FILIBERTO FUENTES
VELÁSQUEZ**

"IMPRIMASE"

Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
DECANO

