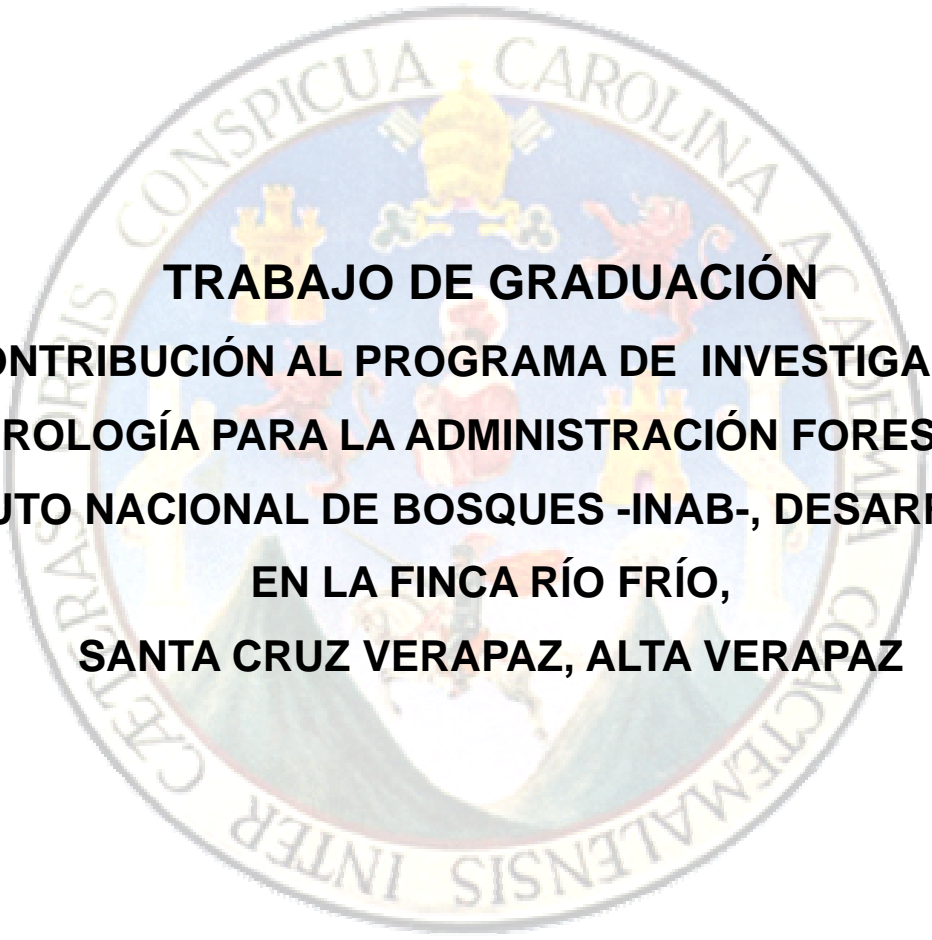


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a golden crown on top, flanked by two red lions. The shield is set against a blue background. The outer ring of the seal contains the Latin text "UNIVERSITAS SAN CAROLINIENSIS" at the top and "CENTRARIIS CONSPICUA CAROLINA AC CAETERIS AMERICANA" at the bottom. The text "CENTRARIIS CONSPICUA CAROLINA AC CAETERIS AMERICANA" is also visible in the background of the seal.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**CONTRIBUCIÓN AL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN**  
**EN HIDROLOGÍA PARA LA ADMINISTRACIÓN FORESTAL DEL**  
**INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB-, DESARROLLADO**  
**EN LA FINCA RÍO FRÍO,**  
**SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**

**MARÍA EUGENIA GONZÁLEZ IXCAJOC**

Guatemala, Octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ÁREA INTEGRADA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**CONTRIBUCIÓN AL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN HIDROLOGÍA PARA LA**  
**ADMINISTRACIÓN FORESTAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB-,**  
**DESARROLLADO EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ,**  
**ALTA VERAPAZ**

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

POR

**MARÍA EUGENIA GONZÁLEZ IXCAJOC**

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERA AGRÓNOMA

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

Guatemala, Octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

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

Guatemala, Octubre de 2006

Guatemala, Octubre de 2006

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

Señores 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 documento:

**Trabajo de Graduación**  
**Contribución al Programa de Investigación en Hidrología para la Administración Forestal del Instituto Nacional de Bosques -INAB-, desarrollado en la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.**

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

María Eugenia González Ixcajoc

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

Dios: Infinitas gracias por guiarme, darme fuerzas y firmeza para seguir adelante.

Mis padres: **Mauro Gabriel González Gómez y Elsa Jovita Ixcajoc Barraza** por su confianza, paciencia, infinito apoyo, amor y por todos los esfuerzos y sacrificios que hicieron para que este triunfo sea una realidad, que Dios los bendiga siempre.

Mis hermanos: **Gabriel Eduardo y Sandra Patricia**, por su cariño, apoyo incondicional y paciencia, porque juntos compartimos muchas tristezas y alegrías, que Dios, Jesús y la Virgen María los bendiga y acompañe siempre.

Mis amigos: **Oliver Castillo, Lidamar Cardona, y Juan Tomás**, por brindarme su sincera amistad y por todos los buenos y malos momentos que hemos compartido, gracias.

## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

**A:**

DIOS PADRE, HIJO Y ESPÍRITU SANTO

NUESTRA MADRE LA VIRGEN MARÍA DE GUADALUPE

GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

Instituto Nacional de  
Bosques -INAB- y al  
Centro Agronómico  
Tropical de Investigación y  
Enseñanza -CATIE-:

Por brindarme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado y por el apoyo económico para la ejecución de este trabajo.

Mis asesores:

Ing. Agr. M.Sc. Marvin Salguero e Ing. Agr. Guillermo Méndez, por el tiempo y colaboración dedicados en la elaboración de este trabajo, muchas gracias.

Familia Toc:

Macaria, Claudia, Margarita, Chico, Gabriel, Edgar y Heber, porque su apoyo fue muy importante en la realización del presente trabajo.

A todas las personas que  
de una u otra manera  
colaboraron en la  
realización de este trabajo

Porque su ayuda fue muy importante en cada una de las etapas desarrolladas.

## INDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
Índice de figuras.....	iii
Índice de cuadros.....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>CAPITULO I:</b> Informe de diagnóstico de la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.....	1
1. INTRODUCCION.....	2
2. OBJETIVOS.....	3
3. METODOLOGIA.....	4
4. MARCO REFERENCIAL.....	5
5. RESULTADOS.....	24
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
7. BIBLIOGRAFIA.....	27
<b>CAPITULO II:</b> “Evaluación preliminar del efecto de cuatro porcentajes de cobertura de una plantación de <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore, sobre la erosión hídrica del suelo en la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz”.....	28
RESUMEN.....	29
1. INTRODUCCION.....	31
2. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	33
3. MARCO TEORICO.....	34
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	34
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	44
4. OBJETIVOS.....	50
5. HIPOTESIS.....	51
6. METODOLOGIA.....	52
7. RESULTADOS.....	60
8. CONCLUSIONES.....	69
9. RECOMENDACIONES.....	71
10. BIBLIOGRAFIA.....	72
11. APENDICES.....	74



<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>CAPITULO III:</b> Informe de Servicios realizados en la Sub-Región II-3 del Instituto Nacional de Bosques -INAB- Cobán y finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz .....	83
1. INTRODUCCIÓN.....	84
2. <b>SERVICIO 1:</b> Asistencia Técnicas en la Sub-Región II-3 del Instituto Nacional de Bosques -INAB- Cobán, Alta Verapaz.....	85
2.1 Objetivos.....	85
2.2 Metodología.....	85
2.3 Resultados.....	88
2.4 Evaluación.....	90
3. <b>SERVICIO 2:</b> Apoyo en el monitoreo de caudales y estaciones climáticas en la microcuenca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.....	91
3.1 Objetivos.....	91
3.2 Metodología.....	91
3.3 Resultados.....	92
3.4 Evaluación.....	95
4. BIBLIOGRAFIA.....	96
5. APENDICES.....	97

## INDICE DE FIGURAS

		PAGINA
Figura 1	Mapa de ubicación geográfica de la finca Río Frío.....	06
Figura 2	Mapa de vías de acceso de la finca Río Frío.....	07
Figura 3	Mapa geológico de la finca Río Frío.....	09
Figura 4	Canal de aforo del caudal del Río Frío.....	10
Figura 5	Sección del canal construido en la corriente principal del río.....	10
Figura 6	Mapa hidrográfico de la finca Río Frío.....	12
Figura 7	Mapa de curvas a nivel de la finca Río Frío.....	15
Figura 8	Mapa de pendientes de la finca Río Frío.....	16
Figura 9	Mapa de Series y Taxonomía de suelos de la finca Río Frío.....	17
Figura 10	Árbol del problema.....	24
Figura 11	Mapa de ubicación geográfica de la Finca Río Frío.....	45
Figura 12	Contacto entre copas y sotobosque presente en el área de la investigación.....	48
Figura 13	Forma de aplicación del raleo .....	54
Figura 14	Confinamiento de las parcelas .....	55
Figura 15	Sistema colector de agua y sedimento .....	56
Figura 16	Escurrimiento Superficial.....	60
Figura 17	Porcentaje de Escorrentía Superficial .....	62
Figura 18	Cantidad de Suelo erosionado.....	64
Figura 19	Precipitación interna.....	66
Figura 20	Porcentaje de intercepción.....	67

	<b>PAGINA</b>
Figura 21A Distribución de las Parcelas de Escorrentía.....	75
Figura 22 Medición de las parcelas permanentes de muestreo.....	86
Figura 23 Marcación de árboles.....	87
Figura 24 Medición de Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	87
Figura 25 Comportamiento del caudal medio mensual.....	92
Figura 26 Climadiagrama de la microcuenca Río Frío.....	94
Figura 27A Distribución de las parcelas permanentes de muestreo.....	98

## INDICE DE CUADROS

		PAGINA
Cuadro 1	Nacimientos que existen dentro de la microcuenca Río Frío.....	11
Cuadro 2	Uso actual de la tierra.....	18
Cuadro 3	Cobertura forestal.....	20
Cuadro 4	Especies de algunos árboles y arbustos existentes en la finca Río Frío.....	22
Cuadro 5	Especies de fauna existentes en la finca Río Frío.....	22
Cuadro 6	Cantidad de Escorrentía Superficial.....	60
Cuadro 7	Porcentaje de escurrimiento por tratamiento.....	61
Cuadro 8	Densidad aparente del suelo y Materia Orgánica por tratamiento.....	63
Cuadro 9	Cantidad de suelo erosionado .....	63
Cuadro 10	Lámina de suelo erosionado .....	64
Cuadro 11	Análisis de varianza de la Escorrentía Superficial.....	65
Cuadro 12	Análisis de varianza del Suelo Erosionado .....	65
Cuadro 13	Precipitación interna e intercepción captados en las parcelas de escorrentía.....	66
Cuadro 14A	Datos de campo de cada tratamiento en los diferentes muestreos de Escorrentía Superficial.....	76
Cuadro 15A	Análisis de Suelo del lugar de Investigación.....	78
Cuadro 16A	Datos de campo de cada tratamiento en los diferentes muestreos de Suelo Erosionado .....	79
Cuadro 17A	Datos de campo de cada tratamiento en los diferentes muestreos de precipitación Interna .....	80
Cuadro 18	Proyectos de PINFOR evaluados.....	88
Cuadro 19	Planes de manejo verificados como apoyo a los técnicos forestales.....	89
Cuadro 20	Planes de manejo verificados por asignación del Director Sub-Regional.....	89

**PAGINA**

Cuadro 21	Número de árboles derribados y densidad final de árboles de acuerdo a la intensidad de raleo aplicada.....	90
Cuadro 22	Resumen de actividades realizadas como asistencia técnica en la Sub-Región II-3 .....	90
Cuadro 23	Caudales medios mensuales de la microcuenca Río Frío.....	92
Cuadro 24	Precipitación Pluvial registrada en la microcuenca Río Frío.....	93
Cuadro 25	Temperaturas registradas en la microcuenca Río Frío.....	94
Cuadro 26A	Evaluación de proyectos de reforestación PINFOR.....	99
Cuadro 27A	Monitoreo de estaciones climáticas en la microcuenca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.....	100

## RESUMEN GENERAL

Los recursos naturales juegan un papel importante en el desarrollo de las comunidades rurales del país, ya que brindan una diversidad de productos con los cuales cada familia o persona busca satisfacer una serie de necesidades. De aquí, surge la necesidad de alcanzar un aprovechamiento bajo los principios de sostenibilidad del bosque, para preservar su potencial como productor no solo de madera y sus derivados sino de otros servicios y/o beneficios ambientales que este genera tales como: el mantenimiento del ciclo hidrológico y la conservación y protección al suelo.

Es importante planificar un manejo integral de los recursos naturales, basado en políticas y estrategias, que busquen su sostenibilidad a largo plazo, en este caso específico de un tema tan importante como el vínculo hidrológico-forestal del cual existe poca información documental. Debido a esto el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, ha creado el programa de Investigación en Hidrología para la Administración Forestal, y a su vez el Proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos -CEFE-, tiene bajo su responsabilidad la implementación de proyectos piloto para la conservación y manejo de áreas con características especiales en cuanto a su cobertura y actividad forestal e importancia hidrológica. Uno de los fines de la implementación de estos proyectos es validar en campo medidas técnicas de mitigación de impactos negativos del manejo forestal y el desarrollo de bosques modelos de manejo forestal en áreas de recarga hídrica.

Como resultado del convenio entre la FAUSAC y el INAB, se presenta este trabajo donde se integra toda la información generada durante el Ejercicio Profesional supervisado (Período febrero-noviembre 2005), agrupando las actividades en tres apartados los cuales son: diagnóstico, investigación y servicios, con la finalidad de hacer un aporte en la investigación hidrológica forestal. Dichas actividades fueron realizadas en la Sub-Región II-3 del INAB y en la finca experimental Río Frío ubicada en el municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, propiedad de la empresa W. E. Diesseldorff, ya que esta finca está dedicada de lleno a la producción forestal, y a que se encuentra dentro de un área de importancia hidrológica y de alta y constante actividad forestal.

La finca posee una cobertura forestal del 77% del total de su área (407.70 ha), además de contar con factores biofísicos intrínsecos del lugar como: pendientes pronunciadas, susceptibilidad natural del suelo a la erosión y a las altas precipitaciones que se presentan en la región, El *diagnóstico* realizado se enfocó al impacto que puede causar el manejo forestal sobre el recurso suelo específicamente; ya que cuando se realizan prácticas silviculturales como raleos, muchas veces se deja al suelo desprovisto de cobertura lo que puede llegar a ocasionar remoción y pérdida de suelo. Asimismo, cuando dichas actividades propias del manejo forestal se realizan sin supervisión técnica, no se toman en cuenta los efectos que estos pueden ocasionar sobre otros recursos como el suelo y el agua.

Con base en la problemática descrita, se plantearon diversas acciones, resumidas en la investigación y los servicios realizados. La *Investigación* se enfocó en la evaluación preliminar del impacto de cuatro porcentajes de cobertura de una plantación de *Pinus maximinoi* sobre la erosión hídrica del suelo, donde se concluye que los tratamientos con mayor porcentaje de cobertura proporcionan mayor protección al suelo contra el escurrimiento superficial y la pérdida de suelo por arrastre de partículas, al evitar remover una gran cantidad de árboles y causar pocos disturbios en el piso más bajo de la vegetación (sotobosque) que cubre el suelo; produciéndose una intercepción de copas promedio del 41%, por lo que el agua producto de la precipitación total que llega al suelo es del 59%, debido a esto se recomienda realizar prácticas silviculturales con poca intensidad de acuerdo a las características específicas de cada plantación para evitar efectos negativos sobre los recursos naturales.

Los *Servicios* tuvieron el propósito de contribuir al desarrollo de información hidrológico-forestal, por lo que se centraron principalmente en el apoyo al monitoreo diario de las estaciones climáticas y el canal de aforo colocados en la microcuenca Río Frío, ubicada dentro de la misma finca, con el fin de generar información climática básica del lugar; además de la asistencia técnica prestada en la Sub-Región II-3 del INAB Cobán.

Para la realización de este trabajo se contó con la colaboración de la Sub-Región II-3, el apoyo financiero del Proyecto de Investigación Forestal, el proyecto CEFÉ del INAB, y la asesoría técnica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

**CAPITULO I**

**INFORME DE DIAGNÓSTICO**  
**FINCA RÍO FRÍO**  
**SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**



## 1. INTRODUCCIÓN

La finca Río Frío está ubicada en el municipio de Santa Cruz Verapaz, del departamento de Alta Verapaz, es propiedad de la Empresa W.E. Diesseldorff, posee un área total de 407.70 ha. con una cobertura forestal de 312.66 ha., representando el 76.69 % del total del área, distribuida en bosque maduro, medio y joven (regeneración natural y plantaciones de diferentes edades inscritas dentro del programa PINFOR). Dentro de la finca se delimita una microcuenca del mismo nombre, la cual posee un área total de 231.69 ha., cuenta con un recurso hídrico relativamente abundante, encontrándose nueve nacimientos dentro de la misma, los cuales alimentan al cauce principal del río que nace dentro de esta. A nivel general de la finca el recurso suelo se presenta poco deteriorado, aunque con un riesgo alto de erosión debido a las pendientes pronunciadas que se presentan en el lugar (6). La importancia que reviste esta área, se debe a que está considerada dentro de las áreas de acción priorizadas en el ámbito nacional en función a su cobertura, actividad forestal y a su gran importancia hidrológica por el Proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos (CEFE) del -INAB-, el cual tiene bajo su responsabilidad la implementación de proyectos piloto para la conservación y manejo de áreas de recarga hídrica críticas en el país. A través de este diagnóstico el cual se orientó al enriquecimiento de la información ya existente de la finca con respecto a sus recursos hídrico-forestales, se estableció la base para la realización de investigaciones relacionadas con hidrología y manejo forestal, ya que esta finca es considerada como una unidad experimental modelo, para llevar a cabo este tipo de estudios.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERAL**

Diagnosticar por medio de información primaria y secundaria la situación actual de la finca Río Frío, en cuanto al aspecto hídrico-forestal.

### **2.2 ESPECIFICOS**

- A)** Recabar información del recurso forestal (cubierta forestal actual), y describir las características del mismo.
  
- B)** Describir las características principalmente del recurso hídrico, geológico, edáfico y climático del área de estudio.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para alcanzar los objetivos planteados, se dividió en las siguientes fases:

- **Trabajo de Gabinete:**

En esta fase se recopiló la información general del área, ubicación geográfica, clima, zona de vida, suelos, uso actual de la tierra, etc. Para ello se visitó instituciones tales como el Centro de Documentación e Información Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (CEDIA), entre otros.

- **Trabajo de Campo:**

El trabajo de campo consistió en realizar un reconocimiento del área de forma detallada para corroborar el uso actual de la tierra. Al mismo tiempo de corroborar la información biofísica y social, recopilada en la fase inicial de gabinete.

- **Trabajo de Gabinete final:**

El trabajo de gabinete final consistió en la integración de toda la información recopilada en la fase de campo.

## 4 MARCO REFERENCIAL

### 4.1 Ubicación

#### 4.1.1 Localización de la finca río frío

La finca Río Frío se encuentra situada geográficamente en el municipio de Santa Cruz Verapaz, departamento de Alta Verapaz, en las coordenadas geográficas: LN 15°20'30" LO 90°25'08". Siendo propiedad de la Empresa W.E. Diesseldorff, posee una extensión total de 407.70 ha. (ver figura 1).

#### 4.1.2 Límites y colindancias

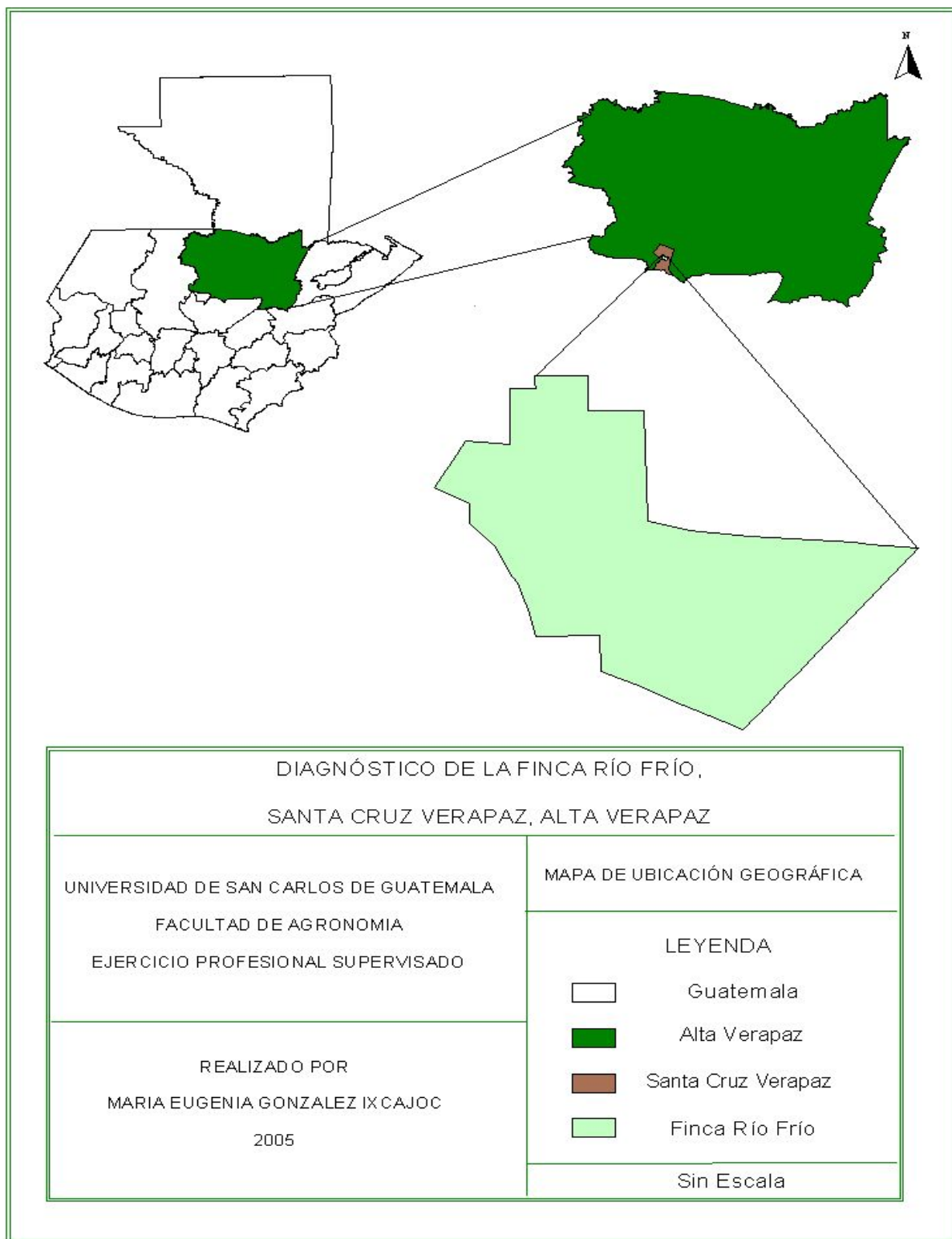
Al Norte:	Comunidad La Isla
Al sur:	Comunidad Río Frío
Al Este:	Finca Parrochoch
Al Oeste:	Finca Valparaíso, San Rafael y Hermano Pedro

#### 4.1.3 Vías de acceso

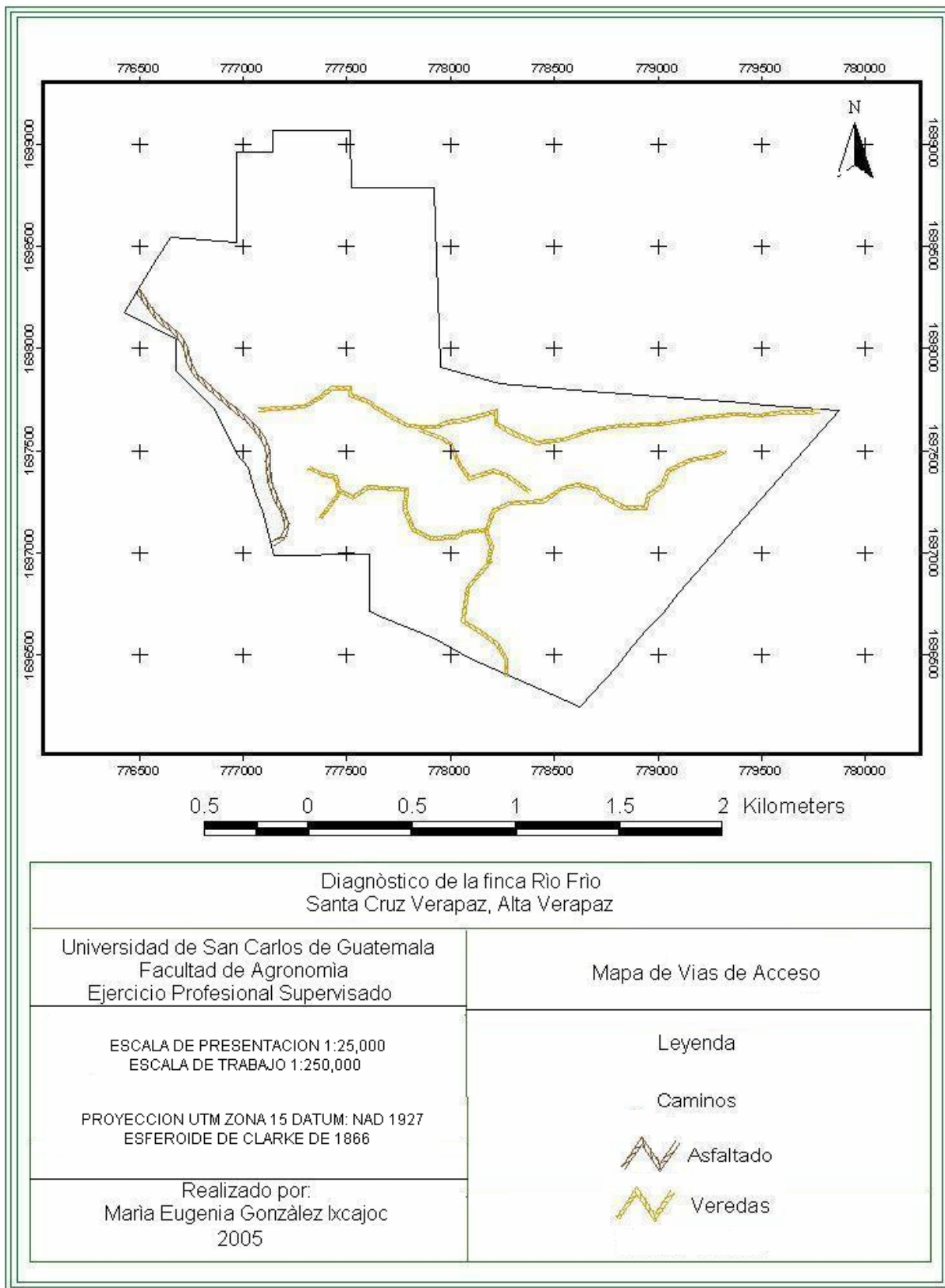
Se accede por la ruta al Atlántico (Ruta Nacional CA-14) que comunica la ciudad de Guatemala con la ciudad de Cobán A.V, pasando por el denominado Cruce del Cid Km. 190.5, sobre la ruta que conduce de Tactic hacia Cobán, la finca Río Frío se localiza en el kilómetro 186 de la misma carretera. (ver figura 2).

### 4.2 Zona de Vida

La zona de vida identificada para el ámbito de la finca es Bosque muy húmedo Subtropical frío (bmh-S(f)). Se caracteriza por presentar un relieve ondulado y en algunos casos accidentado, el régimen de lluvias es de larga duración lo que influye en la vegetación, se caracteriza por ser el segmento de mayor altura del bosque muy húmedo. Algunas especies indicadoras de esta zona son: *Pinus maximinoi*, *Persea schiediana*, *Myrica cerífera*, *Liquidámbar sp.*, entre otras (1).



**Figura 1.** Mapa de ubicación geográfica de la finca Río Frío

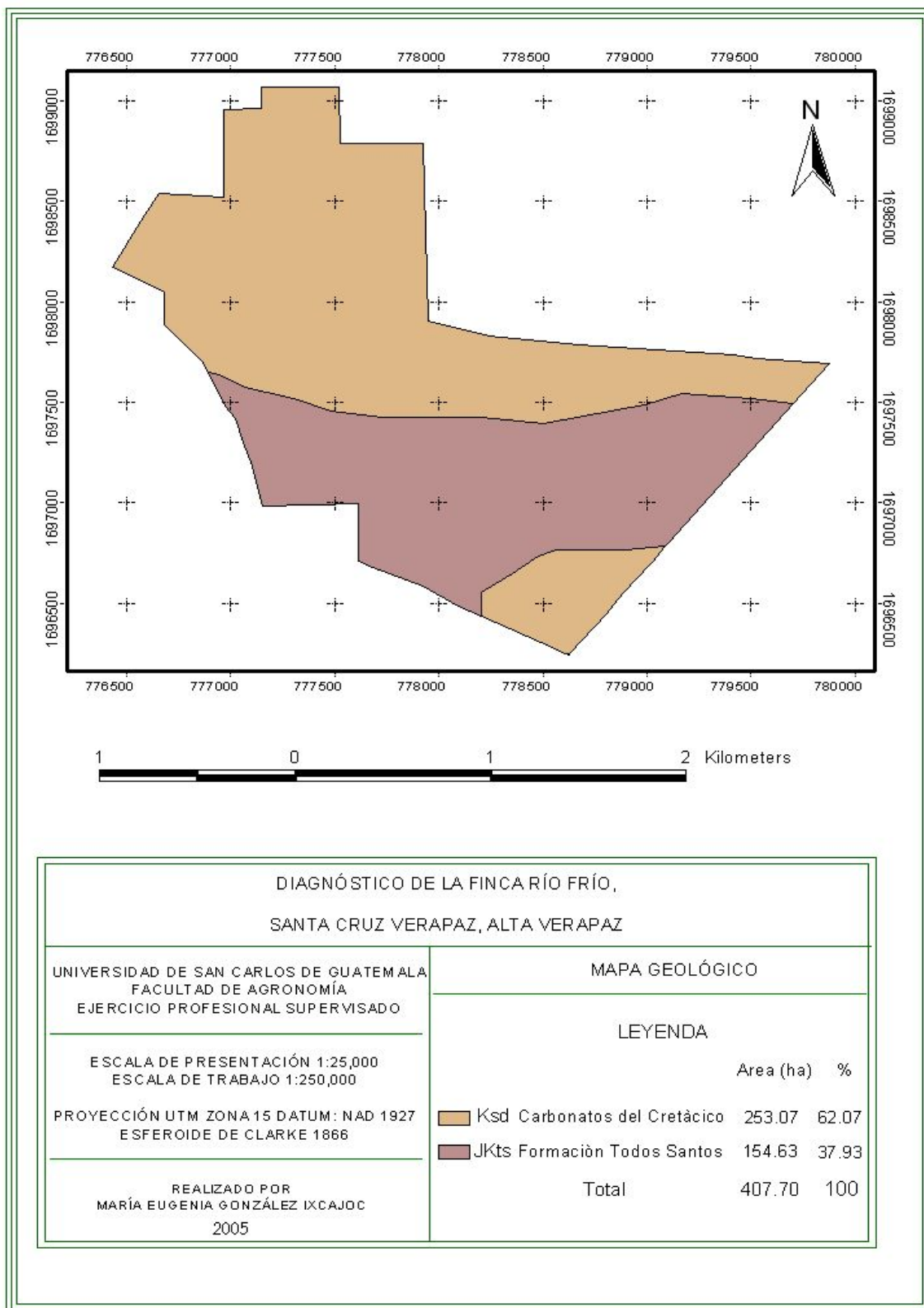


**Figura 2.** Mapa de vías de acceso de la finca Río Frío

### 4.3 Geología y Geomorfología

Existen dentro de esta finca dos unidades geológicas, las cuales pertenecen a la era Mesozoica, las cuales son:

- A) “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 (3).
- B) “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 (3). (ver figura 3).



**Figura 3.** Mapa geológico de la finca Río Frío



#### 4.4 Hidrografía

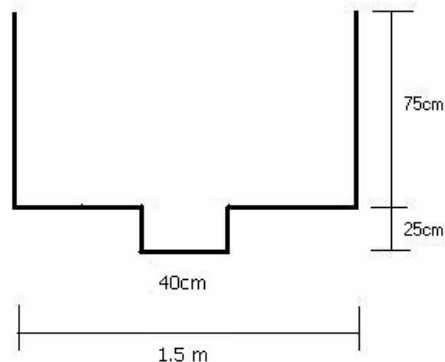
La finca es atravesada de Sur a Norte por el Río Cahabón y de Este a Oeste por la quebrada Río Frío, la cual nace dentro de la finca, el caudal del río es de 83.52 litros / segundo, lo que equivale a  $0.08352 \text{ m}^3/\text{seg}$ . (5) (ver figura 6).

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 (ver figura 4).



**Figura 4.** Canal de aforo del caudal del Río Frío

El canal posee un largo de 5 metros, es compuesto, ya que en su parte central se construyó un pequeño canal con una base de 40 centímetros y una altura de 25 centímetros. Este pequeño 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 como se observa en la figura 5.



**Figura 5.** Sección del canal construido en la corriente principal del río

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 en el mes de octubre.

#### 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 1.** Nacimientos que existen dentro de la microcuenca Río Frío

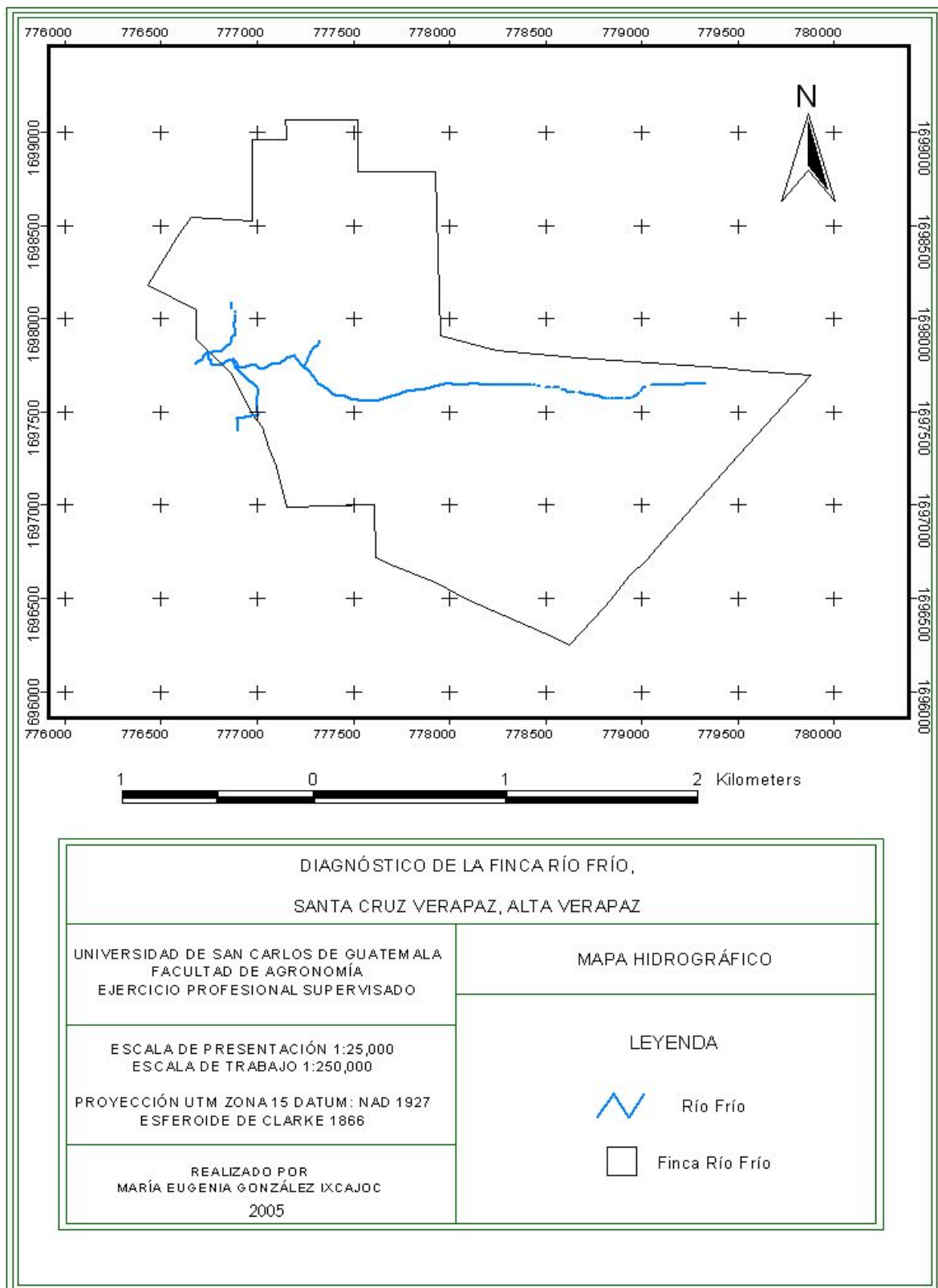
Nacimiento	Coordenadas		Caudal (Lt/s)
	UTM		
Nacimiento Río Frío	778704	1697578	2.21
Nacimiento del Pluviómetro	778737	1697583	1.91
Nacimiento 3	778717	1697535	0.19
Nacimiento 4	778675	1697566	1.50
Nacimiento 5	778587	1697522	0.15
Nacimiento 6	778265	1697589	0.23
Nacimiento 7	778082	1697604	0.66
Nacimiento 8	777630	1697541	7.41
Nacimiento 9 (camino)	777615	1697714	2.19

**Fuente:** Tax, Marco (5)

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 la familia que reside en su interior.



**Figura 6.** Mapa Hidrográfico de la finca Río Frío

#### 4.5 Fisiografía, Hipsometría y Relieve

La finca se encuentra ubicada dentro de la región fisiográfica denominada Tierras calizas Altas del norte. Su relieve es variado, pudiéndose encontrar depresiones de 1394 msnm y en las partes más altas 1841 msnm (ver figura 7). 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 un relieve quebrado (2). (ver figura 8).

#### 4.6 Edafología

##### 4.6.1 Serie de suelos

**A) Serie Carchá:** Son suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica blanca de grano fino, en climas húmedos. Asociados con los suelos Cobán, Calanté, Tamahú y otros, desarrollados sobre caliza, pero se distinguen fácilmente de estos pues los suelos carchá ocupan el fondo de los valles ondulados a ligeramente ondulados en la región de las calizas a altitudes entre 600 y 2100 msnm. Todas las áreas se encuentran distantes de cualquier volcán y es probable que la ceniza volcánica fina fue transportada por aire a las cercanías y de allí se lavó de las colinas y se concentro en los valles por la acción del agua. El suelo superficial a una profundidad aproximada de 30 cm. es franco limoso friable o franco pesado, de color café muy oscuro. El contenido de materia orgánica es alto, densidad aparente es menor de 1.0. Se encuentran en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Quiché (4).

**B) Serie Telemán:** Son suelos moderadamente profundos, bien drenados desarrollados sobre esquistos en un clima cálido, húmedo o húmedo-seco. Ocupando relieves inclinados a altitudes medianas en el este central de Guatemala. El suelo superficial a una profundidad cerca de 2 cm. franco-limoso, café oscuro. El contenido de Materia Orgánica es alrededor del 5%. La inclinación de muchas pendientes es mayor del 50%. Se encuentran en el este central de Guatemala, principalmente en los departamentos de Alta Verapaz e Izabal (4). (ver figura 9)

##### 4.6.2 Taxonomía de suelos:

**A) Andisoles:** son suelos desarrollados sobre ceniza volcánica, que tienen baja densidad aparente (menor de 0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Generalmente, son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo. Sin

embargo, por sus mismas características, y las posiciones que, en algunos casos ocupan en el relieve tienden a erosionarse con facilidad (3).

**B) Ultisoles:** Estos son suelos que normalmente presentan una elevada alteración de sus materiales minerales. Son suelos más pobres, debido al lavado que han sufrido, con presencia de plintita, dominado por materiales amorfos (3). (ver figura 9)

#### **4.6.3 Clasificación FAO-UNESCO:**

La clasificación de suelos FAO-UNESCO establece que los suelos distribuidos en la finca son Cambisoles eutricos, de textura fina. Los Cambisoles eutricos de la región fueron formados en condiciones ambientales húmedas y subhúmedas a partir de rocas calcáreas sedimentarias en terreno montañoso a escarpado, en la región denominada como Cadenas Calizas Plegadas y Tierras Bajas adyacentes de Petén (5).

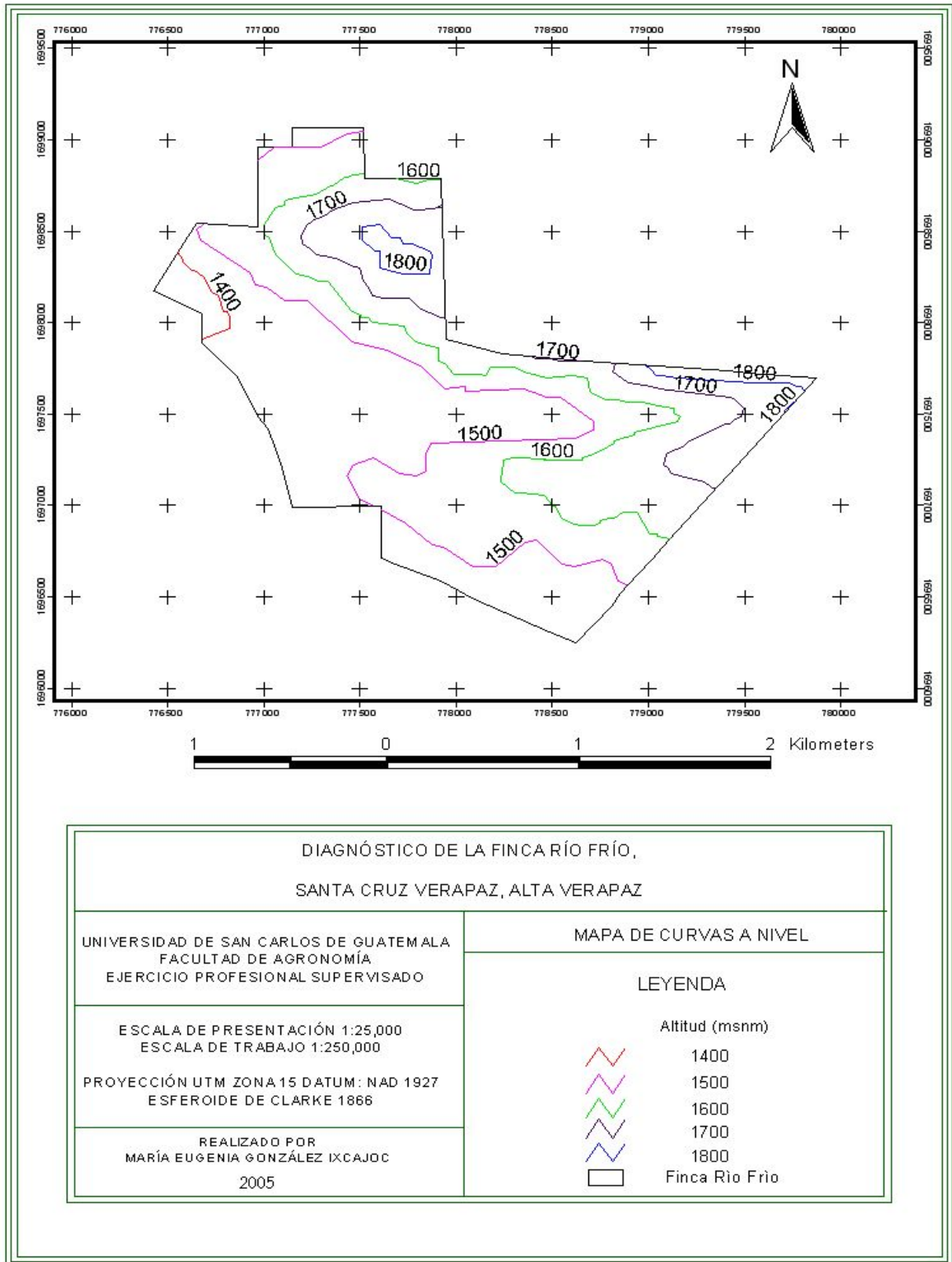
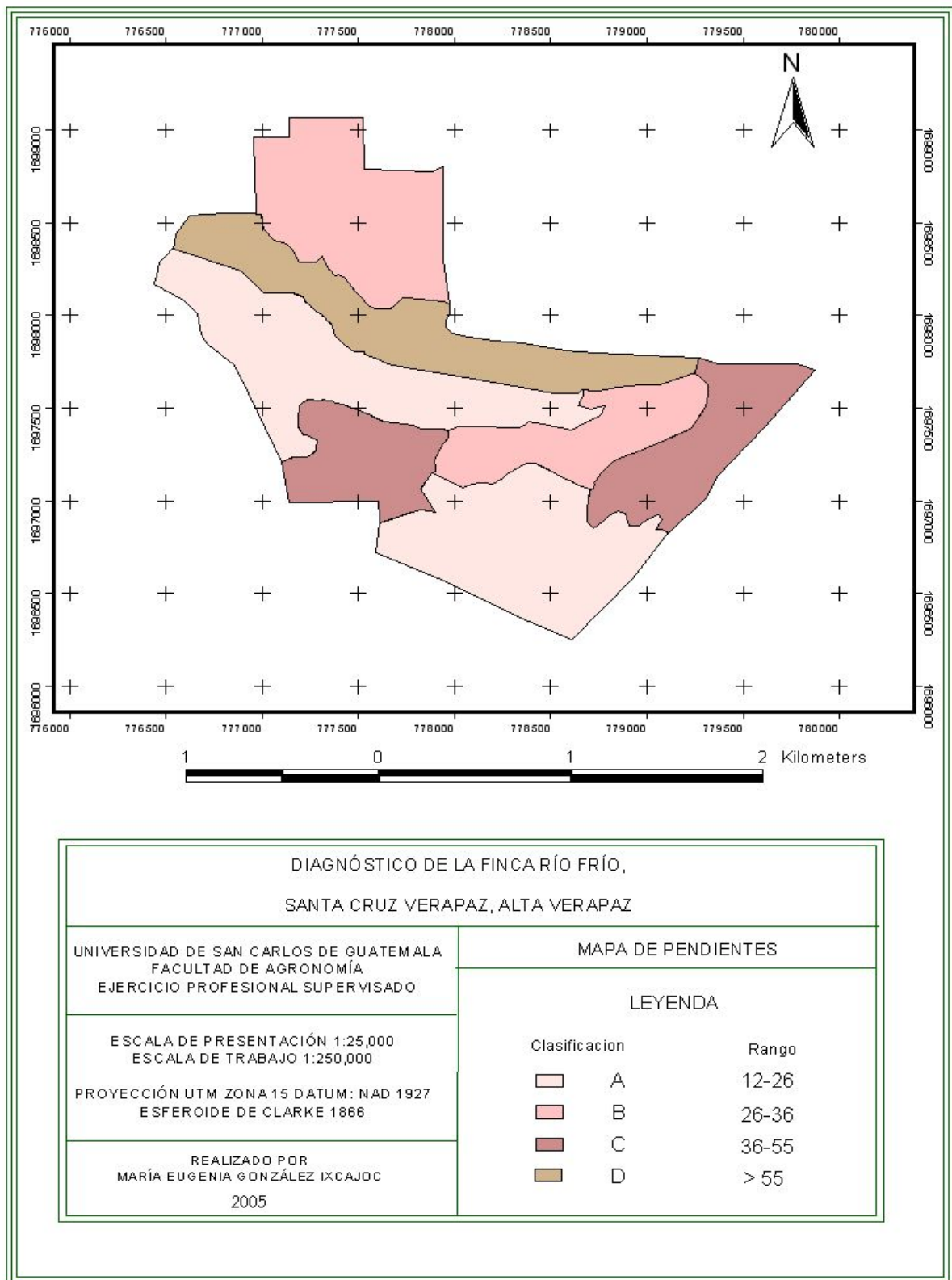
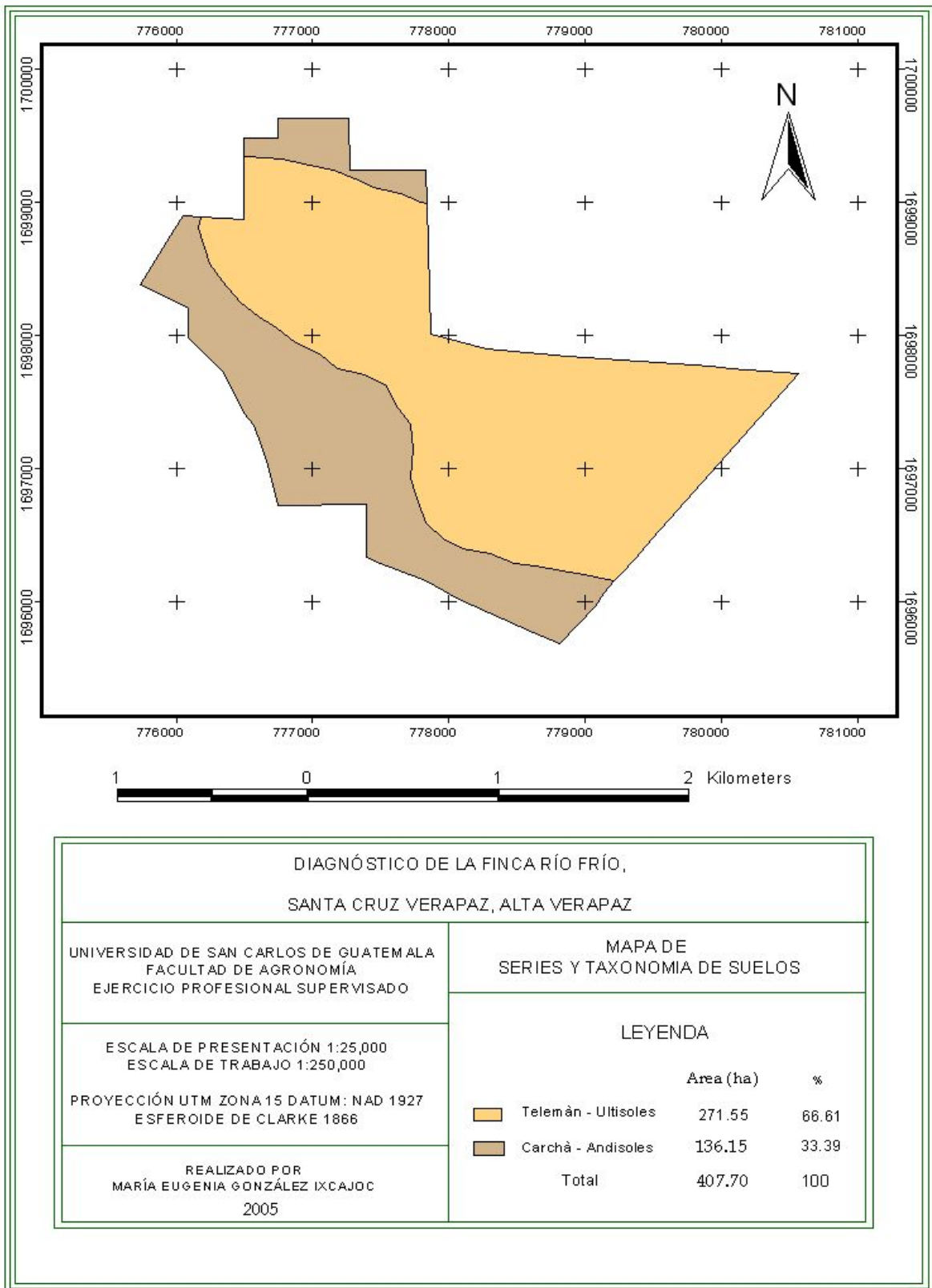


Figura 7. Mapa de curvas a nivel de la finca Río Frío



**Figura 8.** Mapa de pendientes de la finca Río Frío



**Figura 9.** Mapa de Series y Taxonomía de suelos de la finca Río Frío



## 4.7 Clima

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

En el año 2004 se instalaron dos estaciones climáticas en la parte baja y media alta de la microcuenca delimitada dentro de la finca, en coordinación con el Proyecto de Conservación de Ecosistemas Vegetales 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: (5)

Estación parte baja: 77,179 y 1, 697,696 altitud 1440 msnm

Estación parte media alta: 778,756 y 1, 697,542 altitud 1520 msnm

Las variables que se monitorean con estas estaciones climáticas son temperatura media diaria y precipitación diaria, por lo que cada estación climática posee un termómetro de temperaturas máximas y mínimas, así como un pluviómetro.

## 4.8 Uso Actual de la Tierra y Cobertura Forestal

### A) Uso Actual de la Tierra

El uso que mayor extensión posee dentro de la finca es el forestal como se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Uso actual de la tierra

Uso	Área (ha)	%
Forestal	225.41	55.29
Matorrales	87.87	21.55
Protección	87.25	21.40
Cultivos anuales	4.36	1.07
Frutales	1.52	0.37
Infraestructura	1.29	0.32
Total	<b>407.70</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Plan de ordenamiento de la finca Río Frío URL (6).

La finca Río Frío posee una cubierta forestal de 225.41 ha correspondiente a 55.29 % del área total de la finca (407.70 ha), por lo que es el uso predominante en dicha finca.

- **Forestal:** ocupa 225.4.1 ha (55.29 %), de la extensión total de la finca (407.7 ha), la especie principal es *Pinus maximinoi*, existiendo otras especies en menor cantidad como: Liquidámbar styraciflua, Cupressus lusitánica, Quercus sp, Arbustos xalapensis, Mirica cerífera (6).
  - **Matorrales:** el área que ocupan es de 87.87 ha correspondientes al 21.55 % del total del área de la finca. Formada por guamiles de montes bajos, con especies vegetales de poco valor económico (6).
  - **Protección:** esta área presenta las siguientes características: a) Pendientes mayores a 55%, b) Alto Porcentaje de pedregosidad, c) especie principal en esta área es *Pinus maximinoi* y ocupa una extensión de 87.25 ha (21.40 %) (6).
  - **Cultivos anuales:** ocupan una extensión total de 4.36 ha. representando el 1.07 % de la extensión total de la finca, entre estos cultivos se encuentran el maíz y frijol, los cuales son utilizados como autoconsumo por la familia que vive en la finca (6).
  - **Frutales:** Dentro de la finca se encuentra una plantación de persimón y cultivo de macadamia, los cuales ocupando un área de 1.52 ha. (6).
  - **Infraestructura:** dentro de la finca está conformada por lo siguiente:
    - a. Casa Patronal
    - b. Vivienda de guardianía
    - c. Bodega
    - d. Caminos : i. Camino principal..... 5.5 Km.  
ii.Caminos secundarios..... 2.5 Km.
- Ocupando en total un área de 1.29 ha. (6).

## **B) Cobertura Forestal**

La cobertura forestal como se menciona en el apartado de uso actual se compone por el uso Forestal (225.41 ha.) y el uso de protección (87.25 ha.) ya que este último está cubierto por bosque, en conjunto estas dos áreas hacen un total de 312.66 ha., repartidas como se observa en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Cobertura forestal

Tipo de cobertura	Área (ha)	%
Bosque Maduro	86.06	27.52
Bosque Mediano	38.11	12.19
Bosque Joven (plantaciones y regeneración natural)	188.49	60.29
<b>TOTAL</b>	<b>312.66</b>	<b>100</b>

**Fuente:** INAB (2).

Aproximadamente el 76.69 % (312.66 ha = forestal+protección) de la extensión total de la finca corresponde a cubierta forestal presente en distintas modalidades o tipos de bosque, incluyendo desde bosque maduro, mediano y joven (plantaciones).

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

- **Bosque Maduro:** se distribuye en las partes escarpadas y onduladas de la finca comprende un área de 86.06 hectáreas, esta conformado por árboles de pino de grandes dimensiones (5).
- **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 (5).
- **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 forestal 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 ha., 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 (5).
- **Plantaciones Forestales de 2 años:** las plantaciones forestales presentan un porcentaje de prendimiento de cerca del 90%, 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 (5).

- **Plantación Forestal de 4 años:** la plantación aún no ha recibido ningún raleo, por lo que su densidad actual es igual a la inicial 1,600 árboles por hectárea. Existe 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 son víctimas del ataque de roya del pino (5).
- **Plantación Forestal de 6 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. El diámetro a la altura de pecho oscila entre 11 y 17 centímetros, con una altura total media de aproximadamente 12 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 (5).
- **Plantación Forestal de 10 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 11 y 16 centímetros (5).

## 4.9 Manejo Forestal

### A) Antecedentes

En el año de 1997 se presentó el plan de manejo de la Finca Río Frío con la metodología CEMAPIF PROCAFOR para Coníferas, según el artículo 48 de la Ley Forestal, iniciándose las actividades de manejo en el año 1998. Hasta la fecha se han cumplido los compromisos adquiridos ante el INAB, según el artículos 67 de la Ley Forestal decreto 101-96 (2).

La finca Río Frío a través de sus propietarios W. Diesseldorff cumplió con los requisitos de documentación legal exigidos para aprobación de licencia forestal, con análisis jurídicos del INAB región II considerando solicitud de aprovechamiento, declaración jurada, certificación del registro de la propiedad de inmueble, representación legal, propuesta del regente forestal y plan de manejo forestal. Durante las actividades de aprovechamiento se han habilitado en la finca caminos forestales para la extracción de los productos. Para la recuperación de las áreas se ha requerido del establecimiento de viveros temporales;

además la finca ha efectuado reforestaciones a través del programa de incentivos forestales en área de guamiles, en más de 45 hectáreas.

#### 4.10 Inventario de Flora y Fauna

**Cuadro 4.** Especies de algunos árboles y arbustos existentes en la finca Río Frío

No.	Nombre común	Nombre científico
1	Pino	<i>Pinus maximinoi</i>
2	Encino	<i>Quercus</i> sp
3	Liquidámbar	<i>Liquidambar</i> sp.
4	Taxiscobo	<i>Arbustus xalapensis</i>
5	Guachipin	<i>Diphyssa carthagenesis</i>
6	Nogal	<i>Junglas guatemalensis</i>
7	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>
8	Amate	<i>Ficus glabrata</i>
9	Capulín	<i>Ardicia paschalis</i>
10	Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>
11	Casuarina	<i>Casuarina esquisifolia</i>

**Fuente:** Plan de ordenamiento de la finca Río Frío URL (6).

De las especies mencionadas anteriormente las más representativas son *Pinus maximinoi* y *Liquidámbar* sp.

**Cuadro 5.** Especies de fauna existentes en la finca Río Frío

No.	Nombre común	Nombre científico
1	Armadillo	<i>Dasopus novencinctus</i>
2	Coche de monte	<i>Tayassu tajacu</i>
3	Cabro	<i>Mazama americana</i>
4	Cotuja	<i>Dasy procta puntata</i>
5	Tepescuintle	<i>Agouti paca</i>
6	Conejo	<i>Silvilagus</i> sp
7	Ardilla	<i>Sclurus</i> sp
8	Taltuza	<i>Orthogromys</i> sp.
9	Puerco espin	<i>Sphiggurus mexicanus</i>
10	Mapache	<i>Procyon lotor</i>

**Fuente:** Plan de ordenamiento de la finca Río Frío URL (6).

Según el cuadro anterior las especies de fauna más representativas son: Armadillo (*Dasypus novencinctus*), Coche de monte (*Tayassu tajacu*), Ardilla (*Sciurus sp*), Paloma perdiz (*Geotrygon montana*) y Cacha (*Penelope nigra*).

#### **4.11 Aspecto social**

Dentro de la finca se encuentra ubicada una familia compuesta por 4 mujeres, dos hombres y 12 niños, quienes se encargan de la seguridad del casco de la misma. Así mismo existe un administrador, un caporal / planilla y una planilla temporal en un período de tres meses al año.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Árbol del problema

A continuación se presenta el árbol del problema priorizado en la finca Río Frío.

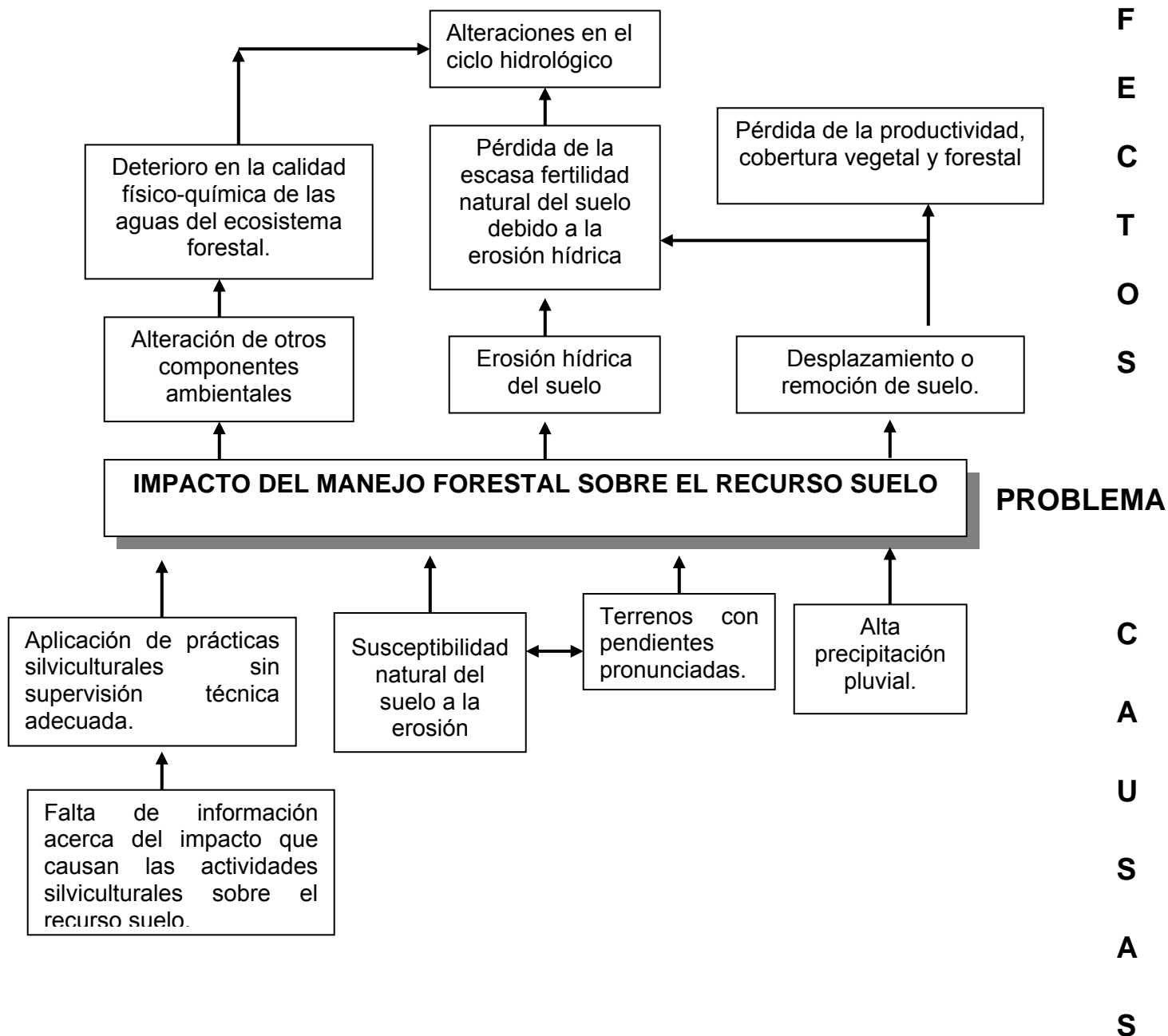


Figura 10. Árbol del problema

## **5.2 Análisis de la problemática**

En la finca Río Frío aproximadamente el 76.69 % de su extensión total (407.70 ha) corresponde a cubierta forestal, la cual presenta distintas modalidades o tipos de bosque incluyendo desde bosque maduro, medio y joven (regeneración natural y plantaciones), llevándose a cabo prácticas relacionadas con el Manejo Forestal sin tener en cuenta los impactos negativos que este pueda causar principalmente al recurso suelo, ya que la finca posee pendientes muy pronunciadas y suelos con una alta susceptibilidad natural a la erosión, además de que en el área se presenta una alta precipitación pluvial (1500-1600 mm/mes). Debido a esto, el recurso suelo es susceptible a la ocurrencia de erosión hídrica y a la pérdida de nutrientes, por lo que puede disminuir la productividad del sitio afectando por ende el crecimiento de la masa forestal. Además el ecosistema forestal sufre otras alteraciones, como el deterioro de la calidad del agua y la alteración del balance hídrico entre otros.



## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- A. La finca Río Frío posee un recurso forestal importante, pues el 76.69 % de la totalidad de su área (407.70 ha) está conformada por bosque, del cual 188.49 ha. están cubiertas por bosque joven (regeneración natural y plantaciones de *Pinus maximinoi*), cuenta también con un recurso hídrico abundante ya que dentro de la misma nace la quebrada Río Frío y un gran número de nacimientos que alimentan el caudal del mismo río.
- B. La finca Río Frío es un área con características importantes en cuanto a los recursos hídrico-forestales que posee y debido a que se encuentra ubicada en un área de importancia para la recarga hídrica, es considerada un área modelo para realizar investigaciones enfocadas en hidrología forestal.
- C. Con base en las características biofísicas y a que dicha finca se dedica a la producción forestal, la problemática se enfocó en el impacto que las actividades propias del manejo forestal pueden causar sobre los recursos suelo y agua, ya que estos no se toman en cuenta cuando se realizan dichas actividades.

### 6.2 Recomendaciones

- A. La finca Río Frío posee una pendiente media de 57% considerándose como muy pronunciado con alto riesgo de erosión, por lo que se recomienda no utilizar estas áreas para el establecimiento de cultivos agrícolas.
- B. Debido a las características que posee la finca con respecto a su cobertura forestal, a la susceptibilidad de los suelos a la erosión, a la alta precipitación que se presenta en el lugar y principalmente a las actividades de producción forestal que se llevan a cabo en ella, es necesario tomar en cuenta los impactos negativos que pueda causar el manejo forestal de las plantaciones principalmente sobre los recursos suelo y agua, debido a que la finca se encuentra en un área considerada de importancia para la recarga hídrica.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Cruz, JR De la. 1981. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
2. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1997. Expediente de manejo forestal de la finca Río Frío, Tactic, Alta Verapaz, Guatemala. Guatemala. s.p.
3. 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.
4. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional. 1000 p.
5. Tax, M. 2004. Diagnóstico de la microcuenca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 44 p.
6. Universidad Rafael Landivar, GT. 2002. Plan de ordenación de la finca Río Frío, Alta Verapaz, Guatemala. Guatemala. 35 p.

## **CAPITULO II**

### **INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL EFECTO DE CUATRO PORCENTAJES DE COBERTURA DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus maximinoi* H. E. Moore, SOBRE LA EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO, EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ”.**

**“PRELIMINARY EVALUATION OF THE COVERING EFFECT OF FOUR PLANTATION DENSITIES OF *Pinus maximinoi* H. E. Moore, ON SOIL WATER EROSION, IN THE RÍO FRÍO FARM, IN SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ”**

**“EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL EFECTO DE CUATRO PORCENTAJES DE COBERTURA DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus maximinoi* H. E. Moore, SOBRE LA EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO, EN LA FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ”.**

**“PRELIMINARY EVALUATION OF THE COVERING EFFECT OF FOUR PLANTATION DENSITIES OF *Pinus maximinoi* H. E. Moore, ON SOIL WATER EROSION, IN THE RÍO FRÍO FARM, IN SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ”**

**RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes porcentajes de cobertura de una plantación *Pinus maximinoi* producto de intervenciones silviculturales (raleos) a intensidades de 50%, 33% y 25% de extracción de la densidad inicial de los árboles sobre la erosión hídrica del suelo. Por lo que los tratamientos evaluados fueron 100, 75, 67 y 50% de cobertura. La investigación se realizó en la finca experimental Río Frío, ubicada en el municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. De cada tratamiento se tenían cuatro repeticiones, en cada repetición se instaló una parcela de escorrentía y tres pluviómetros móviles. Las variables evaluadas fueron la escorrentía superficial, la pérdida de suelo, la precipitación interna y la intercepción de copas. El estudio determinó que la precipitación que alcanza el dosel en los cuatro tratamientos tiene la siguiente distribución: en el tratamiento con 100% de cobertura la escorrentía superficial representó el 1.14%, la precipitación interna un 57.65% de la precipitación incidente y la intercepción de copas fue de 42.35%; en los tratamientos con 75 y 67% los valores son similares representando el 1.15% de escorrentía superficial, 58% de precipitación interna y una intercepción de copas de 42%; en el tratamiento con 50% de cobertura la escorrentía superficial fue de 1.2%, la precipitación interna de 62.33% de la precipitación incidente y la intercepción de copas de 37.67%. Las cantidades de suelo erosionado para los tratamientos 100, 75, 67 y 50% fueron 0.132 TM/ha, 0.142 TM/ha, 0.152 TM/ha y 0.157 TM/ha respectivamente. De lo anterior se concluye que: estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a los volúmenes de escorrentía superficial y cantidad de suelo erosionado provocados por la precipitación, por lo que se infiere que los cuatro tipos de cobertura ofrecen la misma protección al suelo contra la erosión hídrica, pero a pesar de esto, de la observación de los resultados se refleja una mayor eficiencia relativa de los

tratamientos con 100% y 75% de cobertura en la reducción del escurrimiento y de las pérdidas de suelo. Por lo que es recomendable la aplicación de prácticas silviculturales poco intensivas de acuerdo a las características de la plantación para evitar la degradación de los recursos suelo y agua.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala cuando el manejo forestal surgió como una actividad económica se enfocaba principalmente en la extracción de madera de los bosques sin tomar en cuenta los servicios y/o beneficios ambientales que estos generan tales como: mantenimiento del ciclo hidrológico, la conservación del suelo y la protección que este brinda al mismo. El Instituto Nacional de Bosques -INAB-, en su plan estratégico 2001-2015 contempla el programa de Investigación en Hidrología para la Administración Forestal. Dentro de este contexto el proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos -CEFE-, tiene bajo su responsabilidad la implementación de proyectos piloto para la conservación y manejo de áreas con características especiales en cuanto a su cobertura, actividad forestal e importancia hidrológica. Uno de los fines de la implementación de estos proyectos es validar en campo medidas técnicas de mitigación de impactos negativos del manejo forestal y el desarrollo de bosques modelos de manejo forestal en áreas de recarga hídrica.

La finca Río Frío, ubicada en el municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, es considerada como unidad experimental para la realización de investigaciones relacionadas con el vínculo hidrológico-forestal y debido a que esta finca se dedica a la actividad forestal, sin tomar en cuenta los impactos que el manejo forestal causa sobre el recurso suelo principalmente como se determinó en el diagnóstico realizado en dicha finca, se vio la necesidad de desarrollar información que contribuya a evitar o disminuir los efectos negativos que las actividades propias del manejo forestal produzcan sobre el recurso suelo, para que permita posteriormente ser replicada en otras áreas con características similares. Por lo que se presentan los resultados de la investigación realizada en dicha finca en el año 2005, la cual tuvo como finalidad evaluar preliminarmente el efecto que diferentes porcentajes de cobertura remanentes producto de actividades silviculturales (raleos) en una plantación de *Pinus maximinoi*, tienen sobre la erosión hídrica del suelo. En este estudio se evaluaron cuatro porcentajes de cobertura (100%, 75%, 67%, y 50%), siendo las coberturas al 100 y 75% las que brindaron mayor protección contra la erosión hídrica del suelo, y la cobertura al 50% la que menor protección brindó al mismo, y aunque estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, mientras menor es la intensidad de aplicación de las prácticas silviculturales menor será el

daño producido a los recursos suelo y agua, dependiendo esto de las características propias de cada plantación.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Guatemala conforme la disponibilidad del bosque ha disminuido, se ha tomado conciencia por parte de las autoridades encargadas del sector forestal, de la importancia de los beneficios que genera el mismo además de la producción de madera, tales como: la regulación del ciclo hidrológico y la conservación y protección que este le brinda al suelo .

Aunque técnicamente es posible obtener dichos beneficios por medio del manejo forestal sostenible, en Guatemala existe poca información documental acerca del tema hidrológico forestal y por ende respecto del efecto que causan los diferentes porcentajes de coberturas, producto de las prácticas silviculturales (raleos) en plantaciones de coníferas, sobre la erosión hídrica del suelo (cantidad de suelo erosionado y volumen de escorrentía). La gran mayoría de estudios de esta índole se han realizado en cultivos limpios como: maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) brócoli (*Brassica oleracea* var. botritis L.) y coliflor (*Brassica oleracea* var. Capitata L.).

Las principales razones por las que se produce la erosión hídrica del suelo son: remoción total de la cubierta vegetal, prácticas inapropiadas de uso de la tierra, la susceptibilidad a la erosión propia de algunos suelos y a la combinación de estos factores. Algunas otras consecuencias del arrastre y pérdida de los suelos son la discontinuidad del ciclo hidrológico y la pérdida de fertilidad de los ecosistemas (3).

Debido a lo anteriormente mencionado es necesario generar información básica acerca del efecto que diferentes porcentajes de cobertura de plantaciones forestales producto del raleo pueden causar sobre la erosión hídrica del suelo, para poder prevenir y evitar los impactos negativos de esta práctica silvicultural que es parte del manejo forestal, el cual es frecuente en plantaciones establecidas con fines de producción de madera.



### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1 MARCO CONCEPTUAL**

##### **3.1.1 Manejo Forestal**

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

En términos simples, el manejo forestal se puede definir, como la planificación y ejecución del aprovechamiento, recuperación y protección del bosque (1).

##### **3.1.2 Raleo**

Un raleo es una operación realizada en un rodal de edad uniforme o en agrupaciones forestales del mismo tipo, en cualquier momento previo al comienzo del período de regeneración, en la que el objetivo de la tala de árboles es, en primer lugar, redistribuir el potencial de crecimiento o mejorar la calidad del rodal residual. Hasta hace poco, la incorporación de patrones de raleo dentro de las prácticas forestales se utilizó como antesala del manejo intensivo de los bosques. En algunos países europeos y del hemisferio Sur, alrededor de 50 a 60% de la extracción total de productos forestales proviene de los raleos (1).

##### **3.1.2.1 Intensidad de raleo**

El raleo es una operación básica para controlar la densidad del rodal. Un programa de raleos debe incluir un plan más o menos definido, indicando la densidad que debe tener el rodal en todas las etapas de su desarrollo. Los grados de raleo se han definido mediante la indicación de qué clases de árboles o parte de dichas clases deben ser cortadas, algunos investigadores han concluido que la fijación del número de árboles que se dejan, dependerá de las condiciones del rodal antes del raleo (1).

### 3.1.3 Hidrología Forestal

Hidrología forestal 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). La hidrología forestal es considerada 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 (16).

Los bosques por su estructura (altura, estratos diferentes) y su elevado Índice de Área foliar tienen un contacto muy intensivo con la atmósfera. Ellos son las coberturas más activas en los procesos meteorológicos. Por esta razón, los bosques en forma particular modifican procesos meteorológicos e influyen sobre los elementos hidrometeorológicos, particularmente a escala microclimática (16).

### 3.1.4 Procesos Hidrológicos Generales

#### 3.1.4.1 La dinámica de entrada del agua al sistema forestal

En términos cuantitativos, las interrelaciones del bosque con los flujos de agua se inician en el momento mismo en que la lluvia alcanza las copas de los árboles. Esta entrada de agua puede expresarse como precipitación directa resultante de los diferentes eventos lluviosos o como “precipitación oculta”, que resulta del efecto de la captación de neblina, fenómeno muy común en las regiones de alta montaña tropical (precipitación horizontal) (16).

Una vez la lluvia alcanza el límite superior del dosel, se ponen en funcionamiento varias rutas a través de las cuales el agua alcanza varios compartimentos del sistema hasta su disposición final en los ríos o en los depósitos subterráneos. La primera vía se manifiesta en 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 en lo que generalmente se denomina *flujo caulinar*, o caer nuevamente a la superficie del suelo desde el dosel del bosque (*precipitación interna*) (16).

### 3.1.4.2 Precipitación bruta

La precipitación bruta, es definida como la precipitación que llega a la parte superior de la vegetación. El efecto de los bosques sobre la precipitación bruta es uno de los temas donde todavía predominan mitos y malentendidos, que se pueden resumir en la idea que “los bosques aumentan la precipitación y hasta producen lluvia”. Es necesario aclarar que los procesos meteorológicos que condicionan y causan eventos de precipitación generalmente no dependen de la cobertura vegetal sobre la cual se precipita el agua, lo que implica que una determinada superficie de bosque no influye sobre la ocurrencia, cantidad de eventos de precipitación a los cuales está expuesta. Los bosques generalmente no incrementan la precipitación bruta (16).

### 3.1.4.3 Precipitación Interna

Una pequeña parte de la lluvia llega hasta el suelo del bosque como precipitación interna y escurrimiento por los tallos. Una porción sustancial es interceptada por el dosel del bosque, la cual se evapora posteriormente hacia la atmósfera durante e inmediatamente después de la precipitación; el resto alcanza la superficie del suelo como goteo de la copa y escurrimiento por los tallos. 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 (16).

Las estimaciones de la cantidad de agua que alcanza el suelo por goteo de las hojas, son del orden del 70-80% de la precipitación anual dato que ha sido confirmado por investigadores en diferentes partes del mundo. Aún cuando se basan en un número muy pequeño de estudios. Por ejemplo, en Dehra Dun (India), en plantaciones de *Pinus roxburghii* y *Tectona grandis*, se han medido penetraciones del 69.7 y 64.1% de la precipitación anual, respectivamente (16).

### 3.1.5 Procesos del Agua en el Suelo

Tan pronto el agua traspasa la cobertura vegetal y llega a la superficie del suelo, puede ser retenida temporalmente y parcialmente en el horizonte superficial orgánico compuesto por la capa de hojarasca y de otros detritos en diferentes estados de descomposición (Litter). En función del tiempo de permanencia en este compartimento, el agua puede sufrir

un nuevo proceso de evaporación o incorporarse, de la misma manera, a los procesos activos de descomposición del litter y a la consecuente formación de humus. De la naturaleza de esta fracción orgánica y de su relativa acumulación, dependen también los procesos de arranque, arrastre y depositación posterior de las partículas del suelo dentro de los fenómenos erosivos (8).

Los pasos subsecuentes del moviendo del agua están directamente relacionados con la infiltración o velocidad con la cual el agua ingresa en el horizonte superficial del suelo y con la escorrentía, proceso relacionado con la fracción de lluvia que escurre por la superficie y que alcanza una corriente de agua. Sin descontar la influencia necesaria de los factores climáticos y geomorfológicos, estos dos procesos dependen básicamente las características internas del suelo, tanto a nivel de sus propiedades físicas, biológicas y mineralógicas, como de su morfología general, esto es, de la disposición y propiedades del juego de horizontes. La naturaleza mineralógica de las fracciones arcilla y arena, la textura, la bioestructura y la presencia y distribución de poros por tamaño, son las propiedades del suelo que definen la dinámica hídrica a este nivel. Algunos de estos factores, en especial la bioestructura y la porosidad, están íntimamente relacionados con el tipo de uso de la tierra y con las prácticas generales de manejo a que hayan sido sometidos los terrenos (8).

El predominio de la escorrentía sobre la infiltración resulta en una disposición torrencial de la precipitación pluvial, en el drenaje rápido y abundante de aguas de superficie y en el posterior arrastre de altas cantidades de suelo con pérdida en nutrientes y en capacidad productiva del medio edáfico. Cuando las condiciones del suelo son óptimas desde el punto de vista físico, la mayor parte de la precipitación entra a ser parte del compartimiento "agua del suelo" (8).

El agua del suelo representa un compartimiento de primera importancia dentro de las diferentes rutas de la precipitación pluvial. Íntimamente ligada a las características mineralógicas, físicas, químicas y biológicas del medio edáfico, la cantidad y disponibilidad de agua en el suelo es uno de los factores que mayor correlación presenta con el crecimiento forestal (8).

### **3.1.6 Erosión del suelo**

La erosión es la desintegración gradual de la superficie de los suelos debido a productos químicos o efectos climatológicos. Es la destrucción, deterioro y eliminación del suelo. Los factores que acentúan la erosión son el clima, la precipitación y la velocidad del viento, la topografía, el grado y longitud del declive, las características físico-químicas del suelo, la cubierta de la tierra y su naturaleza, grado de cobertura, fenómenos naturales como terremotos, y factores humanos como la tala indiscriminada, quema subsecuente y pastoreo en exceso (2).

Los factores que acentúan la erosión son el clima, la precipitación y la velocidad del viento, la topografía, el grado y longitud del declive, las características físico-químicas del suelo, la cubierta de la tierra y su naturaleza, grado de cobertura, fenómenos naturales como terremotos, y factores humanos como la tala indiscriminada, quema subsecuente y pastoreo en exceso (2).

### **3.1.7 Erosión Hídrica**

La erosión hídrica es el proceso que consiste en el desprendimiento del suelo o fragmentación de roca y su arrastre, por acción del agua (9).

#### **3.1.7.1 Tipos de erosión provocadas por el agua**

La erosión causada por el agua puede manifestarse en distintas manera y dentro de ellas se tiene:

- A)** Chapoteo o batido: consiste en la dispersión de pequeñas partículas por la acción de las gotas de agua que causan desprendimiento y movimiento debido a las fuerzas y cantidad de lluvia que golpean al suelo.
- B)** Erosión laminar: es aquella que produce la eliminación o transporte de capas de suelo en forma uniforme.
- C)** Flujo canalizado: esta consiste en la formación de acanales que con el transcurso del tiempo y la acción del agua se convierten en cárcavas por concentración de agua en lugares bajos (9).

### 3.1.7.2 Procesos de la erosión hídrica

La erosión hídrica consta de los siguientes procesos:

- A)** Separación o liberación de partículas o grupos de ellas de la masa principal del suelo.
- B)** Movimiento, transporte o remoción de las partículas de suelo de su posición original.
- C)** La sedimentación que ocurre cuando se presentan cambios de pendiente o algún obstáculo que disminuye la velocidad de escurrimiento y así su capacidad de arrastre (13).

### 3.1.7.3 Escorrentía

Conviene distinguir entre escorrentía superficial y escorrentía en sentido amplio.

- A)** La escorrentía superficial es la parte de la precipitación que se escapa de la infiltración y de la evapotranspiración y que, consecuentemente, circula por la superficie (arroyamiento en superficie).
- B)** Escorrentía en sentido amplio es la circulación de agua producida en un cauce superficial.

La distinción es importante porque la escorrentía consta de varios componentes, tiene distintas aportaciones. El caudal de una red de drenaje en un momento dado procede de:

- A)** Arroyamiento en superficie (escorrentía superficial)
- B)** Precipitación sobre el propio cauce (a veces es más importante que la primera)
- C)** Flujo hipodérmico. Es una parte de la precipitación que no circula en superficie pero tampoco se infiltra en el suelo, sino que circula pendiente abajo en el suelo a ligera profundidad.
- D)** Aportaciones del flujo subterráneo. También es a veces la más importante (río efluente).

La escorrentía superficial se refiere, en general, al agua que circula por la superficie terrestre y se concentra en los ríos. En detalle, parte importante de la escorrentía generada por un evento lluvioso, sobre todo en áreas forestales, es realmente de flujo subsuperficial o hipodérmico, es decir, agua que no circula en régimen de lámina libre sino

que inicialmente se infiltra, escapa de la evapotranspiración y en vez de constituir infiltración eficaz circula horizontalmente por la parte superior de la zona no saturada hasta volver a la superficie.

El reparto entre la escorrentía superficial y la subsuperficial está determinado por la tasa de infiltración que depende, básicamente, de factores climatológicos, geológicos e hidrológicos. Probablemente, el factor más decisivo sea la intensidad y la duración de la lluvia, pero también la conductividad hidráulica del suelo, textura y condiciones del suelo, topografía, red de drenaje y vegetación. En general, el flujo subsuperficial domina en todos los casos excepto en aguaceros de fuerte intensidad.

### **3.1.8 Factores que intervienen en la erosión**

La erosión se produce por dos mecanismos. El primero es por el impacto directo de la gota de lluvia sobre la superficie del suelo, que produce la destrucción de los agregados ó terrones del suelo cuando éste está desnudo y el segundo mecanismo es cuando el agua escurre sobre la superficie del suelo debido a la pendiente y arrastra partículas del mismo, materia orgánica y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, entre otros (14).

La situación crítica desde el punto de vista de la erosión lo constituyen los suelos muy encharcados, pobres en materia orgánica y con mala estructura, cuando son sometidos a lluvias intensas y cuando están desnudos ó con muy escasa protección vegetal. La pendiente del terreno es un factor muy importante en la erosión y con valores mayores al 1 % se pueden producir pérdidas considerables de suelo y agua (14).

En los daños producidos por la erosión deben incluirse aquellos producidos en el lugar, como es la pérdida de materia orgánica y de nutrientes arrastrados por el agua que escurre por las pendientes, como así también los daños producidos sobre los embalses y cuerpos de agua (colmatación por sedimentación) (14).

En la erosión debemos tener muy en claro que además de la pérdida del suelo se pierde el agua. El agua de lluvia que no se infiltra en el suelo escurre, produciendo erosión en la pendiente y acumulación de agua y sedimentos en los bajos (14).

En síntesis la pérdida de porosidad los suelos (compactación, sellado) por mal uso, produce que grandes volúmenes de agua de lluvia se acumulen en la superficie ó en las tierras bajas generando anegamiento en tierras planas e inundaciones (14).

Los resultados obtenidos de estudios experimentales en la cuenca del Río Itzapa, demuestran que el suelo está más expuesto a los agentes erosivos si los campos están desprovistos de cubierta vegetal (12).

La cubierta vegetal es la mejor defensa natural de un terreno contra la erosión. Asimismo toda planta desde la más minúscula hierba hasta el árbol más corpulento, defiende el suelo de la acción perjudicial de las lluvias en forma y proporción diferente. Un suelo cubierto por una vegetación permanente, pasto o bosque, no muestra prácticamente señales de erosión, puede haber escorrentía si la pendiente es fuerte, pero las pérdidas de tierra son nulas (12).

Experimentos realizados en Sefá, Senegal, demostraron que el bosque protege al suelo 40 veces más que el barbecho natural y si un cultivo cubre bien el suelo, la erosión no sobrepasa de unas pocas toneladas por hectárea por año, en cambio si las siembras son poco densas las pérdidas de suelo alcanzan de 8 a a 15 ton/ha/año (16).

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 (16).

### **3.1.9 Factores que rigen la escorrentía**

La escorrentía superficial está íntimamente ligada con el suelo, con la vegetación y con otros factores como son la orientación de la cuenca y las intensidades del aguacero (11).

#### **A) El Suelo**

La escorrentía es menor en los suelos arenosos y mayor en los compactos; en realidad, es inversamente proporcional a la capacidad de infiltración del terreno (11).

#### **B) La Vegetación**

Este factor actúa positivamente reduciendo la escorrentía superficial, al frenar la velocidad de la lámina de agua, aumenta el tiempo de oportunidad de infiltración. También mantiene el perfil edáfico por debajo de su capacidad de campo, mejora mediante la incorporación de materia orgánica la textura y estructura del suelo y estabiliza los agregados frente al agua (11).



### **C) La Orientación**

En una cuenca orientada hacia el sentido de avance de la tormenta, sufrirá una mayor escorrentía que una cuyo eje sea transversal al del aguacero, debido a que las precipitaciones serán mayores en el primer caso (precipitaciones orográficas) que en el segundo (efecto Foehn) (11).

### **D) La Precipitación**

En especial, la intensidad del aguacero influye en la generación de escorrentía superficial. Siempre que dicha intensidad sea mayor que la velocidad de infiltración se estará produciendo lluvia neta, es decir: flujo superficial (11).

#### **3.1.10 Medición de la escorrentía y la erosión**

Para la determinación de la erosión se utilizan diferentes métodos, pero los más usados son los directos, principalmente las parcelas de escurrimiento.

Los lotes de escurrimiento o parcelas experimentales de escorrentía constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica (12).

##### **3.1.10.1 Parcelas de escorrentía**

Son áreas donde se determina la cantidad de suelo erosionado, y el escurrimiento superficial, utilizando diferentes tipos de cobertura. Uno de los mejores usos de las parcelas de escorrentía es la demostración cuando la finalidad es demostrar hechos conocidos. Las parcelas experimentales están constituidas básicamente de dos partes, que son: el área experimental y los dispositivos receptores del agua y del suelo que provienen del área experimental por efecto del escurrimiento por la lluvia (12).

##### **A) El área experimental:**

Es una parcela, cuyas dimensiones están en función del objetivo de la investigación, sin embargo, la regla fundamental es no darle a esta área experimental una superficie demasiado grande, a fin de recoger un volumen de agua y tierra fácilmente medible (12).

**B) El sistema receptor:**

- i) Canal colector: situado en la parte inferior del área experimental, constituye el límite inferior de ésta. Su función es coleccionar el agua y la tierra arrastrada durante el proceso de escurrimiento y erosión (12).
- ii) Tanques receptores: depósitos donde se acumulan el agua escurrida y los sólidos arrastrados (12).

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 Localización política y geográfica**

La finca Río Frío se encuentra situada geográficamente en el municipio de Santa Cruz Verapaz, departamento de Alta Verapaz, en las coordenadas geográficas: LN 15°20'30" LO 90°25'08". Siendo propiedad de la Empresa W.E. Diesseldorff, posee una extensión total de 407.70 ha. (10). (ver figura 11)

### **3.2.2 Vías de acceso**

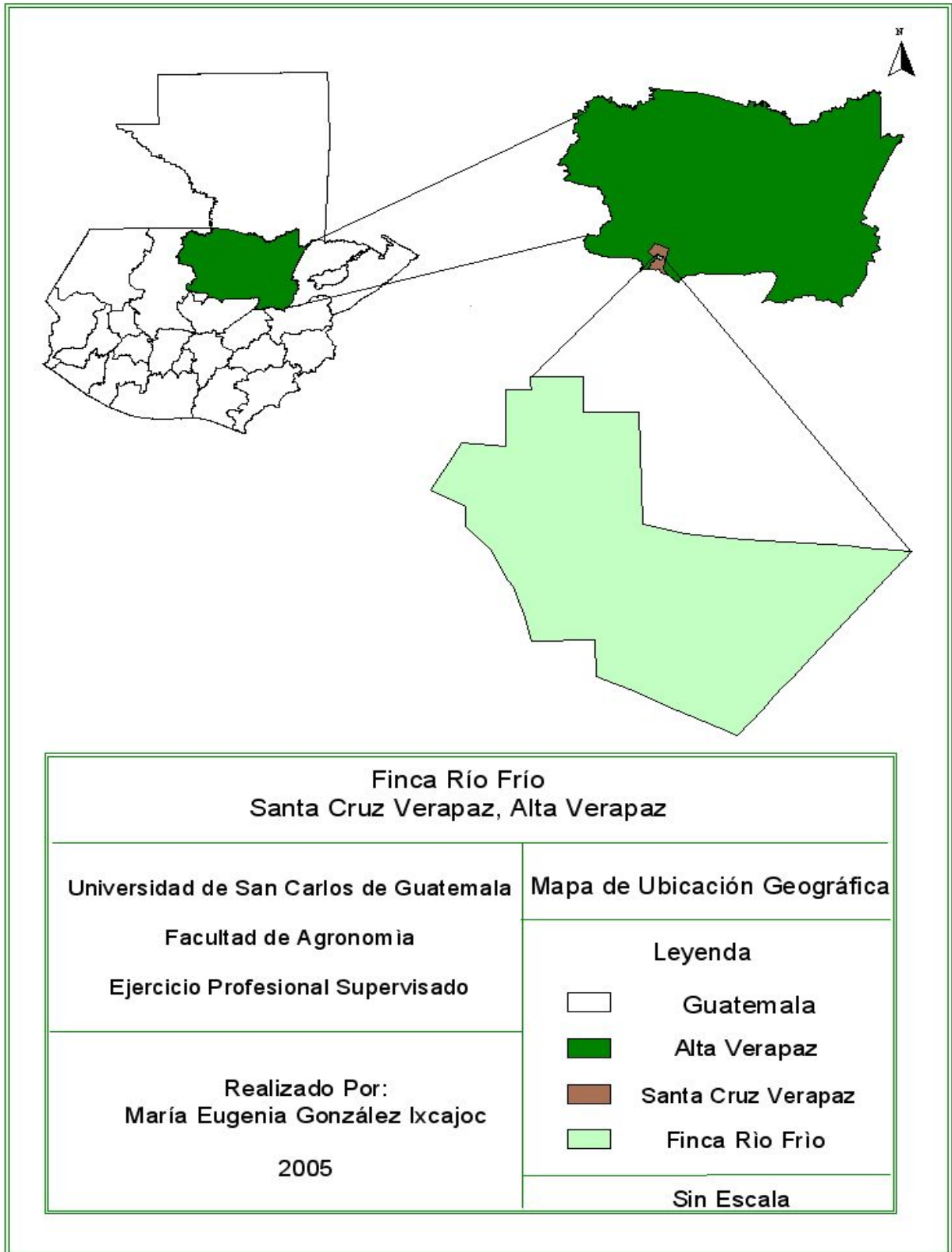
Se accede por la ruta al Atlántico (Ruta Nacional CA-14) que comunica la ciudad de Guatemala con la ciudad de Cobán A.V, pasando por el denominado Cruce del Cid km. 190.5, sobre la ruta que conduce de Tactic hacia Cobán, la finca Río Frío se localiza en el kilómetro 186 de la misma carretera (10).

### **3.2.3 Zona de Vida**

La zona de vida identificada para el ámbito del área en estudio, es Bosque muy húmedo Subtropical frío (bmh-S(f)) . Se caracteriza por presentar un relieve ondulado y en algunos casos accidentado, el régimen de lluvias es de larga duración lo que influye en la vegetación, se caracteriza por ser el segmento de mayor altura del bosque muy húmedo. Algunas especies indicadoras de esta zona son: *Pinus maximinoi*, *Persea schiediana*, *Myrica cerífera*, *Liquidámbar sp.*, entre otras (5).

### **3.2.4 Fisiografía, Relieve e Hipsometría**

El área de la investigación se encuentra ubicada dentro de la región fisiográfica denominada Tierras Calizas Altas del Norte. Presenta una pendiente homogénea de entre 45 y 55% aproximadamente, encontrándose a 1600 msnm (10).



**Figura 11.** Mapa de ubicación geográfica de la finca Río Frío

### 3.2.5 Edafología

#### A) Génesis

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

El área presenta en general suelos bien drenados, con pedregosidad limitante en algunos sitios (10).

#### B) Serie de Suelos

**a) Serie Carchá:** Son suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica blanca de grano fino, en climas húmedos. Asociados con los suelos Cobán, Calanté, Tamahú y otros, desarrollados sobre caliza, pero se distinguen fácilmente de estos pues los suelos carchá ocupan el fondo de los valles ondulados a ligeramente ondulados en la región de las calizas a altitudes entre 600 y 2100 msnm. Todas las áreas se encuentran distantes de cualquier volcán y es probable que la ceniza volcánica fina fue transportada por aire a las cercanías y de allí se lavó de las colinas y se concentró en los valles por la acción del agua. El suelo superficial a una profundidad aproximada de 30 cm. es franco limoso friable o franco pesado, de color café muy oscuro. El contenido de materia orgánica es alto, densidad aparente es menor de 1.0. Se encuentran en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Quiché (15).

**b) Serie Telemán:** Son suelos moderadamente profundos, bien drenados desarrollados sobre esquistos en un clima cálido, húmedo o húmedo-seco. Ocupando relieves inclinados a altitudes medianas en el este central de Guatemala. El suelo superficial a una profundidad cerca de 2 cm. franco-limoso, café oscuro. El contenido de Materia Orgánica es alrededor del 5%. La inclinación de muchas pendientes es mayor del 50%. Se encuentran en el este central de Guatemala, principalmente en los departamentos de Alta Verapaz e Izabal (15).

#### C) Taxonomía de suelos

**a) Andisoles:** son suelos desarrollados sobre ceniza volcánica, que tienen baja densidad aparente (menor de 0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Generalmente, son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo. Sin

embargo, por sus mismas características, y las posiciones que, en algunos casos ocupan en el relieve tienden a erosionarse con facilidad (10).

**b) Ultisoles:** Estos son suelos que normalmente presentan una elevada alteración de sus materiales minerales. Son suelos más pobres, debido al lavado que han sufrido, con presencia de plintita, dominado por materiales amorfos (10).

#### **D) Clasificación FAO-UNESCO**

La clasificación de suelos FAO-UNESCO establece que los suelos distribuidos en la finca son Cambisoles eutricos, de textura fina. Los Cambisoles eutricos de la región fueron formados en condiciones ambientales húmedas y sub-húmedas a partir de rocas calcáreas sedimentarias en terreno montuoso a escarpado, en la región denominada como Cadenas Calizas Plegadas y Tierras Bajas adyacentes de Petén (6).

#### **3.2.6 Clima**

El clima de acuerdo a la clasificación de Thornwhaite se denomina AB'2 (muy húmedo-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 (10).

#### **3.2.7 Plantación Forestal**

Esta aún no había recibido ninguna intervención silvicultural, por lo que su densidad inicial era de 1,600 árboles por hectárea. Existía contacto leve entre copas. Tan solo el 6% de los individuos son víctimas del ataque de roya del pino. El suelo de esta plantación está cubierto por sotobosque denso con plantas de diversas especies, con una altura de 40 a 60 cm. aproximadamente como se observa en la figura 12.



**Figura 12.** Contacto entre copas y sotobosque presente en el área de la investigación

### 3.2.8 Descripción de la Especie *Pinus maximinoi* H. E. Moore

#### 3.2.8.1 Taxonomía

Reino: Vegetal

División: Pinophyta

Subreino: Embryobionta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: Pinus

Especie: Maximinoi

Nombre común: Pino candelillo

Nombre científico: *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

#### 3.2.8.2 Descripción

Es una especie nativa de la familia Pinaceae, prioritaria para proyectos de reforestación del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR). Alcanza de 20 a 50 metros de altura. La corteza en el árbol joven, es delgada y lisa; en árbol maduro, es fisurada color café rojizo descascarándose en placas elongadas. Las hojas siempre verdes, aciculares, generalmente con 5 acículas por fascículo, delgadas, de 16 a 28 cm. de longitud y 0.7 a 0.8 mm de ancho, los frutos son conos marrón-rojizo, ovoides, angulares, algunas veces

tempranamente caedizos, de 5 a 16 cm. de largo y de 4 a 7 cm. de ancho, las semillas son de color marrón oscuro, pequeñas, de 5 a 7 mm de largo y de 5 mm de ancho (7).

Crece en bosque húmedo montano bajo a altitudes de 600 a 2800 msnm, precipitación anual promedio de 1000 a 2400 mm, con estación seca máxima de 3 meses, temperatura de 12 a 21° C, suelos fértiles, húmedos, de ácidos a básicos (pH de 4.5 a 7.5) con buen drenaje, profundos y con buen contenido de materia orgánica y de textura franco arenosa y franco arcillosa. Su reproducción es sexual, la semilla se colecta en las primeras dos semanas del mes de abril, su porcentaje de germinación es de 84 a 95 %, pero para que la germinación sea uniforme, la semilla se sumerge en agua limpia por 12 horas. Los frutos en el árbol son susceptibles al ataque de insectos, a nivel de la semilla, por hongos y en el vivero, el mal del talluelo. Se asocia con *Pinus pseudostrobus*, *Pinus oocarpa*, *Pinus michoacana*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus rudis* y *Cupressus lusitanica*, se distribuye geográficamente en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, El Progreso, Jalapa, Quiché, Sacatepéquez, Santa Rosa, Sololá y Zacapa (7).

A partir del 2do. y 3er. año de establecida la plantación es importante realizar podas de formación, en las cuales se deberán eliminar las ramas bajas, las bifurcaciones, etc. Los raleos se practican con el objetivo de eliminar los árboles mal formados y oprimidos con el fin de lograr un mayor incremento en los árboles remanentes. Cuando se usa una densidad alta de plantación la producción por hectárea se maximiza, pero el crecimiento del árbol se reduce; por otro lado, cuando la densidad de plantación es menor, se obtienen árboles de mayores dimensiones y una mejor calidad para madera. Para la producción de leña, carbón y postes, pequeños se debe realizar un solo raleo sanitario y cosechar los árboles a los 8-12 años, dependiendo de la calidad del sitio. Para la producción de madera y postes grandes se puede efectuar el primer raleo al momento del cierre del dosel (7). La madera es moderadamente pesada y de textura mediana. Es muy susceptible a hongos que producen la mancha azul pero su duramen es moderadamente resistente a hongos de pudrición. Se usa en ebanistería, muebles, carpintería, revestimientos, construcciones livianas, chapas, plywood, juguetes, artesanías, postes de transmisión eléctrica y telefónica (tratados), cortinas o persianas flexibles, pulpa y papel, artículos torneados, puertas, gabinetes. Es apta para reforestaciones industriales. Su resina sirve para hacer desinfectantes, pinturas, barnices y productos químicos (7).



## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar en forma preliminar el efecto de cuatro porcentajes de cobertura (100%, 75%, 67% y 50%) de una plantación de *Pinus maximinoi* sobre la erosión hídrica del suelo, en la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A) Cuantificar en forma directa el escurrimiento superficial provocado por el efecto de la precipitación pluvial en los diferentes porcentajes de cobertura.
- B) Cuantificar el volumen de suelo erosionado por acción de la escorrentía, en la finca Río Frío.
- C) Determinar el comportamiento de la precipitación interna en los diferentes porcentajes de cobertura (100%, 75%, 67% y 50%).

## 5. HIPOTESIS

Los volúmenes de escorrentía superficial y cantidad de suelo erosionado, provocados por la precipitación serán diferentes de acuerdo al porcentaje de cobertura a evaluar (100%, 75%, 67% y 50%) en una plantación de *Pinus maximinoi* en la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz; debido a la protección que dichos porcentajes de cobertura proporciona al suelo.

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 SELECCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Se identificaron áreas bajo las mismas condiciones de pendiente y de suelos. Se seleccionó un lugar para ubicar las parcelas de escurrimiento superficial dentro de la plantación de *Pinus maximinoi* de cuatro años de edad, debido a que ésta aún no poseía ningún tipo de manejo.

### 6.2 SELECCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

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

El experimento se realizó en un área con pendiente homogénea de entre 45 y 55% aproximadamente. Las parcelas tuvieron la misma exposición a la lluvia y a los vientos. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- 100% de cobertura (Testigo)
- 75 % de cobertura
- 67% de cobertura
- 50% de cobertura

### 6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño “Bloques al azar”, debido a la pendiente que existe en el área, con el objetivo de bloquear las diferencias en las condiciones del suelo que pueden existir por esta gradiente, para que no interfiera en los resultados del ensayo. En el experimento se realizaron cuatro repeticiones para cada uno de los tratamientos, lo cual generó un número de 16 unidades experimentales, cada uno con 500 metros cuadrados como se observa en la figura 21A.

#### 6.3.1 Modelo estadístico

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

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

Donde:

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

$\mu$  : Media general

$\tau_i$  : Efecto de la  $i$ -ésimo porcentaje de cobertura

$\beta_j$  : Efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  : Efecto del error experimental asociado a la  $ij$ -ésima parcela experimental

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

$j$  : 1,2,3,...r

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

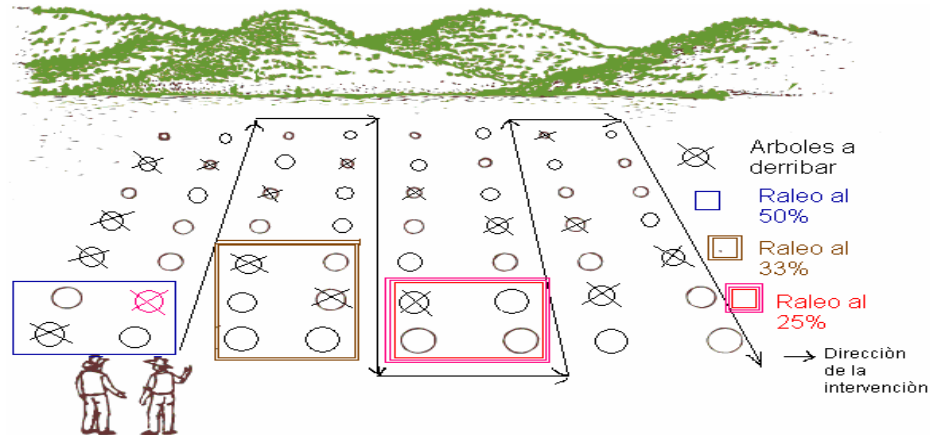
#### 6.4 RALEO DE PARCELAS

- A)** El raleo se realizó a las siguientes intensidades: 50%, 33% y 25% distribuidos en los cuatro bloques, dejando una parcela por bloque sin raleo, para obtener así los tratamientos a evaluar 100, 75, 67 y 50% de cobertura<sup>1</sup>.
- B)** La densidad inicial de siembra era de 1,600 árboles/ha, de acuerdo al espaciamiento entre árbol que es de 2.5\*2.5 .m.
- C)** Al medir la parcela bruta de 500 m<sup>2</sup> (20m\*25 m), en el lado largo (20 m) entraron 10 árboles y del lado ancho (25 m) 9 árboles, haciendo un total de 90 árboles por cada parcela; en el caso de las parcelas netas (75 m<sup>2</sup>) del lado largo entraron 4 árboles y del lado ancho de ésta 3 árboles, haciendo un total de 12 árboles por parcela.

---

<sup>1</sup> Aunque el raleo fue realizado como parte de la investigación, los impactos iniciales del mismo no fueron considerados en la misma.

D) La aplicación del raleo consistió en ubicarse en una esquina de la plantación, entre las dos primeras hileras de árboles. Colocándose frente a las dos o tres primeras parejas de árboles y determinando el número de árboles a extraer de acuerdo a la intensidad de raleo que se aplicó como puede observarse en la figura 13.



**Figura 13.** Forma de aplicación del raleo

E) Los árboles extraídos fueron seleccionados de acuerdo a características de forma y estado fitosanitario.

F) De acuerdo a esto la densidad de árboles en cada tratamiento fue la siguiente:

#### Parcela Neta

- a) 100% de cobertura: 12 árboles
- b) 75% de cobertura : 9 árboles
- c) 67% de cobertura: 8 árboles
- d) 50% de cobertura: 6 árboles

## Parcela Bruta

- a) 100% de cobertura: 90 árboles
- b) 75% de cobertura: 67 árboles
- c) 67% de cobertura: 60 árboles
- d) 50% de cobertura: 45 árboles

## 6.5 INSTALACIÓN DE PARCELAS EXPERIMENTALES

### 6.5.1 Confinamiento de las parcelas

Para evitar la penetración de escorrentía superficial de áreas aledañas, se circularon las unidades experimentales (parcelas de escorrentía) utilizando tablas de madera de aserrío de 0.30 metros de ancho las cuales fueron tratadas con aceite y diésel para aumentar su vida útil, estas se introdujeron en el suelo hasta una profundidad de 0.15 m y se traslaparon unos 0.15 m.

Inmediatamente después de ésta operación se colocó suelo a ambos lados de la tabla y se compactó para darle estabilidad y evitar una posible pérdida de escorrentía hacia afuera de la parcela o entrada de escorrentía del área adyacente (ver figura 14).



**Figura 14.** Confinamiento de las parcelas

## 6.5.2 Sistema colector de agua y sedimentos

### 6.5.2.1 Canales colectores

El sistema colector de agua y sedimentos consistió en canales de hojalata colocados en la parte más baja de la parcela con un leve desnivel, los cuales fueron los encargados de recibir el agua de escorrentía y dirigirlos hacia los recipientes colectores. Se utilizaron canales semicirculares de lámina de 2.43 m de largo.

### 6.5.2.2 Recipientes colectores

Como se observa en la figura 15, se utilizaron recipientes plásticos de 68 litros de capacidad, colocando dos por cada parcela en los cuales se midió el volumen de agua de escorrentía y la cantidad de suelo arrastrado. Para medir el volumen agua de escorrentía se calibraron los recipientes, determinando el volumen de agua en función de la altura del agua caída en el recipiente.



**Figura 15.** Sistema colector de agua y sedimento

### **6.5.3 Fuente de datos meteorológicos**

Dentro de la finca se encuentran instaladas dos estaciones climáticas, con el siguiente equipo: Pluviómetro y termómetro de máxima y mínima, las cuales se monitorean diariamente, los datos utilizados fueron los recogidos en la estación que se encuentra en la parte media alta ubicada a 1520 msnm.

## **6.6 VARIABLES DE RESPUESTA**

Las variables de respuesta son las siguientes:

- i) Volumen de escurrimiento superficial total en metros cúbicos por hectárea y porcentaje de escorrentía.
- ii) Cantidad de suelo erosionado en toneladas métricas por hectárea y lámina de suelo en milímetros.
- iii) Volumen y porcentaje de precipitación interna por tratamiento
- iv) Porcentaje de intercepción de copas por tratamiento.

## **6.7 MEDICIÓN DE VARIABLES**

### **6.7.1 Escurrimiento superficial**

La recolección de la escorrentía fue efectuada diariamente siempre y cuando se registrara un evento de lluvia, teniendo en cuenta también que hubiera llegado agua a los recipientes colectores por lo menos en una parcela. La medición se efectuó con una regla graduada o cinta métrica (calibrada en centímetros), lo cual permitió tener la profundidad de agua escurrida, luego se determinó el volumen en  $m^3/ha$  y en lámina (mm). Se calibró el recipiente recolector en mililitros, determinando que 75,000 mL es igual a 1 mm de agua de escorrentía.

#### **6.7.1.1 Porcentaje de escurrimiento Superficial**

El porcentaje de escurrimiento superficial se calculó en base a la precipitación en  $m^3/ha$ , registrada en la estación climática ubicada en la finca y en los valores promedio del escurrimiento superficial registrado en las parcelas de escorrentía también en  $m^3/ha$ .



### 6.7.2 Cantidad de suelo erosionado

El material acarreado por la escorrentía se cuantificó tomando en cuenta los sólidos en suspensión y sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores.

#### A) Sólidos en suspensión

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

#### B) Sedimentos:

Después de evacuar el agua de los recipientes se sacaron los sedimentos depositados en el fondo de estos y los sedimentos colectados en el fondo de los canales; se pesaron en húmedo y se determinó el peso en base seca por el método gravimétrico.

#### 6.7.2.1 Lámina de suelo erosionado

Para la determinación de la lámina de suelo erosionado en milímetros, se relacionaron las variables: Contenido de Materia Orgánica, Densidad aparente del suelo y la cantidad de suelo erosionado por tratamiento utilizando la siguiente fórmula para su cálculo (4):

$$\text{LSE} = \frac{\text{(Cantidad de suelo erosionado)}}{((10,000\text{m}^2) \cdot \text{Da} \cdot (1\text{kg}/1000\text{g}) \cdot (1,000,000\text{cc}/1\text{m}^3) \cdot (\text{M.O}))}$$

Donde: LSE = m/ha; Cantidad de suelo erosionado Kg/ha; Densidad aparente = g/cc; M.O = %

### 6.8 MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN INTERNA

Se colocaron dispositivos recolectores (pluviómetros móviles) en la superficie de cada parcela, los cuales se monitorearon y rotaron diariamente, esto con el objetivo de poder captar el comportamiento de la precipitación de toda la parcela. De los datos obtenidos se realizó una media para establecer la cantidad de lluvia recogida durante el periodo de duración de la investigación dentro de las parcelas y fue comparada con la cantidad de precipitación externa o precipitación total.

## **6.9 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GENERADA**

- A)** Los datos de escorrentía superficial y cantidad de suelo erosionado fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), para establecer si existen diferencias significativas entre los tratamientos a evaluar.
- B)** Con respecto a la precipitación interna, de los datos obtenidos se calculó una media para establecer la cantidad de lluvia recogida durante el periodo de duración de la investigación por tratamiento y se hizo una comparación con la cantidad de precipitación externa o precipitación total caída en el área, esto con la finalidad de obtener un porcentaje de intercepción de la lluvia por tratamiento.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

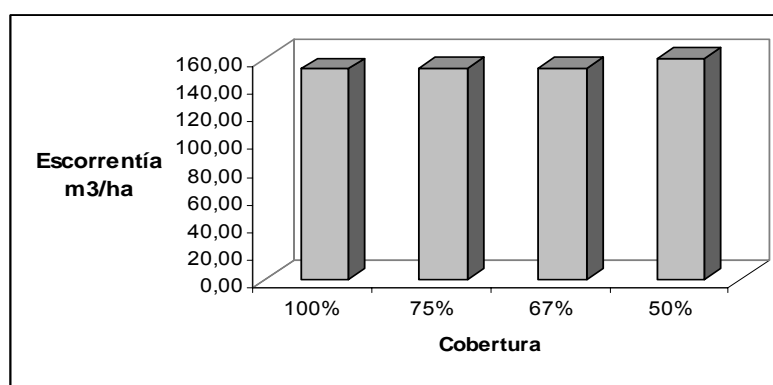
#### 7.1.1 Cantidad de escorrentía superficial

En el cuadro 6, se presentan los volúmenes medidos de escorrentía superficial expresados en metros cúbicos por hectárea que se obtuvieron en el experimento.

**Cuadro 6.** Cantidad de Escorrentía Superficial

Tratamiento	Repeticiones				Total (m <sup>3</sup> /ha)	Media (m <sup>3</sup> /ha)
	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

Según el cuadro anterior el tratamiento que presentó mayor volumen de escorrentía es el de 50% de cobertura (160.71 m<sup>3</sup>/ha) y el tratamiento en donde ocurrió menor cantidad de escurrimiento es el de 100% de cobertura, en el cual se obtuvo 152.46 m<sup>3</sup>/ha. En forma gráfica puede observarse en la figura 16.



**Figura 16.** Escorrentía superficial

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. 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 m<sup>3</sup>/ha respectivamente.

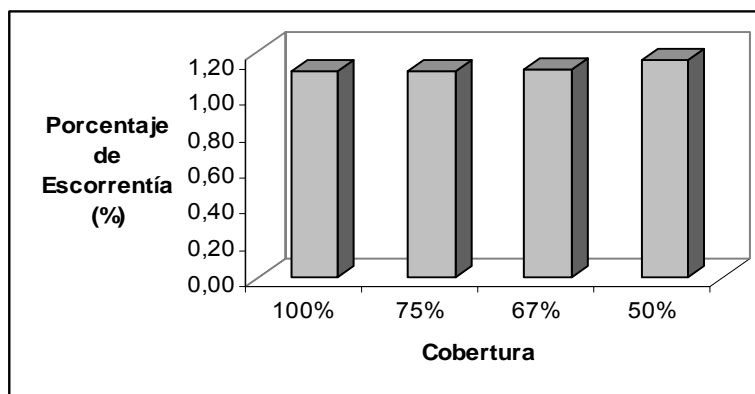
Lo mencionado anteriormente ocurre debido a factores como la cobertura que posee el suelo (árboles+sotobosque), lo cual evita el ingreso del total de la precipitación incidente además de que el alto contenido de material orgánico presente en la plantación tiene gran capacidad de absorción, por lo que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

### 7.1.2 Porcentaje de escorrentía

El total de la precipitación registrada en el área fue de 1332.75 mm lo que equivale a 13327.50 m<sup>3</sup>/ha; en el cuadro 7 se presentan los porcentajes de escorrentía por tratamiento.

**Cuadro 7.** Porcentaje de escorrentía por tratamiento

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



**Figura 17.** Porcentaje de Escorrentía superficial

Como se observa en el cuadro 7, figura 17 y cuadro 14A, 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.

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 % (18).

## 7.2 SUELO EROSIONADO

### 7.2.1 Cantidad de suelo erosionado

En el siguiente cuadro se presentan los valores de densidad aparente y materia orgánica por tratamiento en el área de estudio. (ver cuadro 15A)

**Cuadro 8.** Densidad aparente del suelo y Materia Orgánica por tratamiento

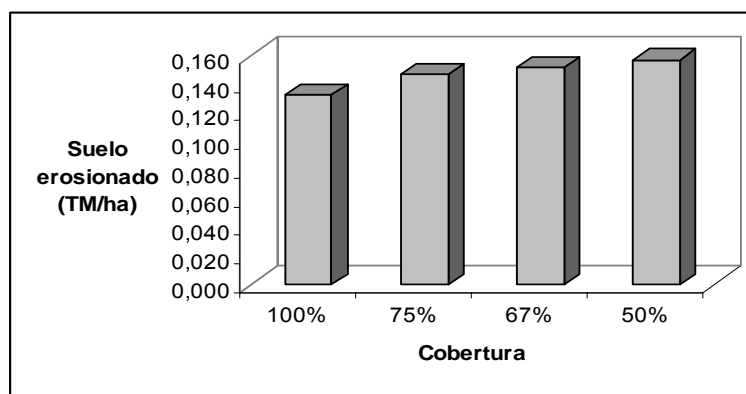
Tratamiento	Densidad Aparente (gr/cc)	Porcentaje de Materia Orgánica (%)
100%	0.675	18.61
75%	0.699	15.71
67%	0.678	15.64
50%	0.632	17.00

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

**Cuadro 9.** Cantidad de suelo erosionado

Tratamiento	Repeticiones				Total (TM/ha)	Media (TM/ha)
	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

Según el cuadro anterior, 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 gráfica en la figura 18.



**Figura 18.** Cantidad de suelo erosionado

Como se presenta en la figura 18 y el cuadro 16A, 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.

**Cuadro 10.** Lámina de suelo erosionado

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

Según el cuadro 10 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.

### 7.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GENERADA

Los datos de escorrentía superficial y cantidad de suelo erosionado fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) como se observa en los cuadros 11 y 12, para establecer si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y debido a que los tratamientos no fueron estadísticamente diferentes con un nivel de significancia del 5 por ciento, no fue necesario someterlos a ninguna prueba de comparación de medias.

**Cuadro 11.** Análisis de Varianza de la Escorrentía Superficial

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	F <sub>(05)</sub>	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					

**Cuadro 12.** Análisis de Varianza del Suelo Erosionado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	F <sub>(05)</sub>	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					

No existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que, la escorrentía superficial y la pérdida de suelo por erosión hídrica son estadísticamente iguales de acuerdo al porcentaje de cobertura.

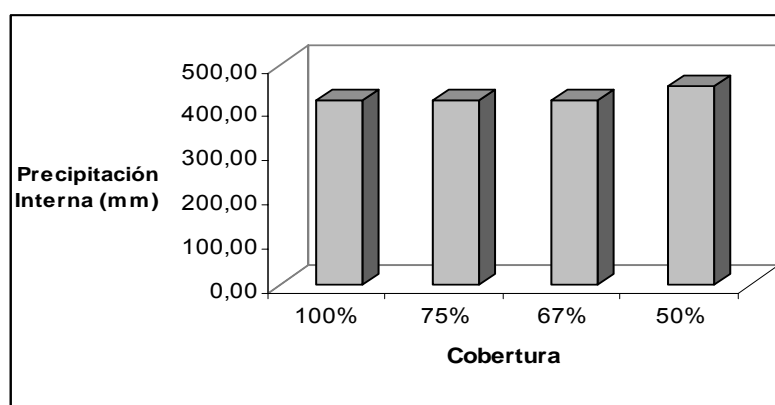


## 7.4 MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN INTERNA

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 13, figura 19 y cuadro 17A:

**Cuadro 13.** Precipitación interna e intercepción de copas captados en las parcelas de escorrentía

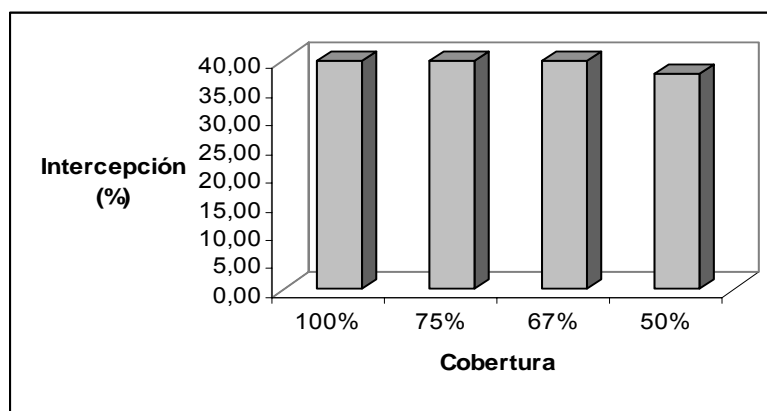
Tratamiento	Repeticiones				Media (mm)	Porcentaje de precipitación interna (%)	Porcentaje de intercepción (%)
	I	II	III	IV			
<b>100%</b>	428,72	423,34	407,50	413,47	418,26	57,65	42,35
<b>75%</b>	464,96	429,32	421,79	361,44	419,38	57,80	42,20
<b>67%</b>	483,14	370,42	409,83	419,98	420,84	58,00	42,00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



**Figura 19.** Precipitación interna

De acuerdo al cuadro y figura anteriores, 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 (17).

En la figura 20, 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 20.** Porcentaje de intercepción

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 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.

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*).

## 8. CONCLUSIONES

- A) En los tratamientos con mayor porcentaje de cobertura (100, 75 y 67%) se registraron los valores más bajos de escorrentía superficial y pérdida de suelo, ocurriendo lo contrario en el tratamiento con 50% de cobertura donde los valores registrados fueron mayores, concluyéndose que las intervenciones silviculturales poco intensivas contribuyen a evitar la erosión hídrica del suelo, tomando en cuenta las condiciones propias de cada plantación.
- B) Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a los volúmenes de escorrentía superficial y cantidad de suelo erosionado provocados por la precipitación, por lo que se deduce que los cuatro tipos de cobertura ofrecen la misma protección al suelo contra la erosión hídrica, pero a pesar de esto, de la observación de los resultados se refleja una mayor eficiencia relativa de los tratamientos con 100 y 75% de cobertura en la reducción del escurrimiento y de las pérdidas de suelo.
- C) En general la precipitación interna media registrada fue de 428 mm, teniéndose en cuenta el goteo de copas y sotobosque, obteniéndose un porcentaje de intercepción de copas del 41%, por lo que el porcentaje de agua que llega al suelo del área de estudio es del 59%.
- D) De acuerdo a las tendencias observadas en los resultados, las diferencias producidas entre tratamientos se atribuyen a una combinación de diversos factores, sin embargo no se llegó a determinar cual de estos factores tienen mayor influencia sobre los resultados obtenidos.
- E) Si bien la información obtenida cubre sólo un corto período de mediciones, se confirma que en terrenos de aptitud forestal con una misma condición edafoclimática y topográfica, la cubierta vegetal (árboles+sotobosque+hojarasca) representa la forma más eficiente de protección del suelo, favoreciendo a la acumulación de materia

orgánica en el suelo y a la conservación de sus nutrientes, por lo que el manejo de los bosques debe incluir dentro de sus objetivos el mantenimiento de estas funciones.

## 9. RECOMENDACIONES

- A)** Se recomienda continuar con la evaluación de las mismas coberturas durante varios años, considerando la medición de la escorrentía superficial y el suelo erosionado de tal manera que esté disponible una base de datos más amplia para tener una mejor idea del fenómeno que está sucediendo.
  
- B)** Evaluar la influencia de la cobertura forestal sobre la erosión hídrica del suelo, sin la presencia de sotobosque o en fase de establecimiento de la plantación, para determinar la efectividad de la misma.
  
- C)** También se recomienda medir el escurrimiento por los tallos en combinación con la medición de la precipitación interna para tener una valoración más precisa de la cantidad de agua que llega al suelo.
  
- D)** Cuando se realice el manejo silvicultural principalmente los raleos, procurar que este no deje completamente desprotegido el terreno puesto que aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en cuanto a las variables escorrentía superficial y suelo erosionado, se obtuvieron valores relativamente altos de escorrentía.

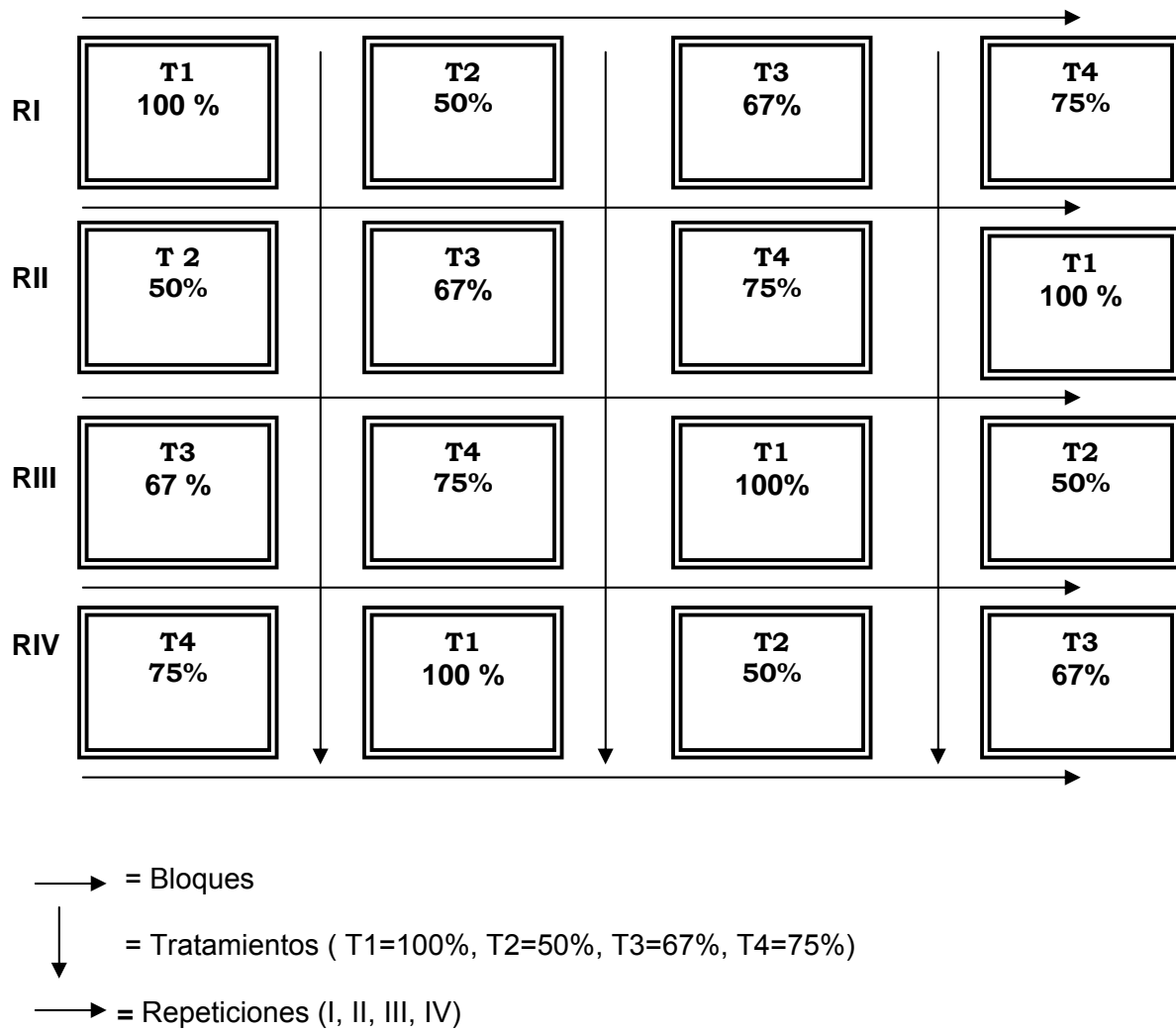
## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Agámez, M. 2004. Seminario establecimiento y manejo de plantaciones (en línea). Colombia, El Semillero. Consultado 7 mar 2005. Disponible en [www.elsemillero.net/Archivos/SECUENCA%20DIDACTICA%20DE%20LA%20PLANTACION%20D3N2.doc](http://www.elsemillero.net/Archivos/SECUENCA%20DIDACTICA%20DE%20LA%20PLANTACION%20D3N2.doc)
2. Carrasco, P. 1999. Evaluación de pérdidas de suelos por erosión hídrica (en línea). España, Organización Género y Ambiente. Consultado 8 mar 2005. Disponible en [www.generoyambiente.org/es/metodologia/desiertos/glosario.pdf](http://www.generoyambiente.org/es/metodologia/desiertos/glosario.pdf)
3. CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente, GT). 2000. Documentos básicos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente de Guatemala (CONAMA) (en línea). Guatemala. Consultado 21 mar 2005. Disponible en [www.ecouncil.ac.cr/centroam/conama/ppa.htm](http://www.ecouncil.ac.cr/centroam/conama/ppa.htm)
4. Congreso Nacional de la República de Guatemala, GT. 1998. Ley forestal, decreto legislativo número 106-96. Guatemala, Asociación Centroamericana de Comunicación para el Desarrollo Humano "Hombres de Maíz". 27 p.
5. Cruz, JR De la. 1981. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala. Instituto Nacional Forestal. 42 p.
6. FAO/UNESCO. 1976. Mapa mundial de suelos. México y América Central. Francia. Volumen III.
7. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2001. DATAFORG, base de datos con información de las especies forestales de Guatemala. Guatemala. 1 CD.
8. León, T. 1998. Efectos de plantaciones forestales sobre suelo y agua. Santa Fé, Bogotá, Colombia, Programa CONIF-MINAMBIENTE sobre Evaluación del Impacto Ambiental de las Plantaciones Forestales en Colombia. 158 p. (Serie Técnica no.40).
9. López, CF. 1998. Efecto de la cobertura de cultivos sobre la erosión hídrica del suelo en la cuenca media del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 58 p.
10. 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.
11. Martínez, A. 1995. Hidrología forestal: el ciclo hidrológico. España, Universidad de Valladolid. 123 p. (Serie: Manuales y Textos Universitarios Ciencias no. 18).

12. Sánchez, GA. 1998. Evaluación de la cobertura vegetal y manejo de tres cultivos, sobre la erosión hídrica en la parte media de la cuenca del río Itzapa, San Andrés Itzapa (fase II), Chimaltenango, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 55 p.
13. Santiago, JE. 1998. Escorrentía (en línea). España, Grupo de Gestión de Recursos Hídricos. Consultado 6 mar 2005. Disponible en [www.agua.uji.es/pdf/leccionRH05.pdf](http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH05.pdf).
14. Silenzi, JC; Vallejos, AG. 2002. La erosión hídrica (en línea). Argentina, Instituto de Suelos, (INTA). Consultado 10 mar 2005. Disponible en [www.insuelos.org.ar/Informes/La\\_erosion\\_hidrica.htm](http://www.insuelos.org.ar/Informes/La_erosion_hidrica.htm).
15. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional. 1000 p.
16. Stadmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales medidas para mitigarlo. Costa Rica, CATIE. 62 p.
17. Suárez, F De. 1979. Conservación de suelos. San José, Costa Rica, IICA. 315 p.



## 11. APENDICES



**Figura 21A.** Distribución de las Parcelas de Escorrentía

**Cuadro 14A.** Datos de campo de cada tratamiento en los diferentes muestreos de Escorrentía Superficial

JULIO									
DIA	Precipitación de la Estación (mm)	TRATAMIENTOS							
		100%		75%		67%		50%	
		Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)	Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)	Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)	Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)
12	9,85	0,09	0,94	0,16	1,66	0,15	1,50	0,16	1,66
13	3,90	0,06	1,64	0,09	2,38	0,12	3,16	0,11	2,77
14	15,20	0,36	0,00	0,55	0,00	0,62	0,00	0,57	0,00
15	13,40	0,50	3,75	0,94	7,00	1,06	7,89	0,91	6,79
16	3,50	0,05	1,45	0,12	3,52	0,12	3,52	0,05	1,45
17	20,00	0,83	4,13	0,91	4,53	1,12	5,62	0,94	4,69
18	10,65	0,68	6,40	0,94	8,85	1,31	12,31	0,94	8,87
19	8,25	0,25	3,07	0,35	4,21	0,38	4,60	0,35	4,21
20	28,25	0,96	3,38	0,96	3,38	1,21	4,28	1,04	3,68
21	13,15	0,32	2,41	0,44	3,35	0,50	3,83	0,41	3,10
22	4,75	0,11	2,27	0,18	3,76	0,21	4,52	0,08	1,67
23	5,80	0,05	0,87	0,06	1,10	0,15	2,55	0,06	1,10
24	6,75	0,05	0,75	0,12	1,83	0,14	2,05	0,11	1,60
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	9,75	0,05	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00
29	8,50	0,08	0,93	0,05	0,60	0,08	0,93	0,06	0,75
30	11,50	0,04	0,32	0,07	0,57	0,08	0,67	0,09	0,82
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AGOSTO									
DIA	Precipitación de la Estación (mm)	TRATAMIENTOS							
		100%		75%		67%		50%	
		Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)	Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)	Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)	Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)
1	0,50	0,04	7,47	0,07	13,20	0,07	13,20	0,06	12,80
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3,00	0,06	2,13	0,02	0,80	0,08	2,64	0,02	0,80
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	12,40	0,39	3,18	0,43	3,43	0,46	3,67	0,48	3,83
6	0,50	0,12	24,67	0,15	30,40	0,14	27,33	0,18	35,73
7	13,55	0,76	5,63	0,81	6,01	0,75	5,51	1,04	7,69
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	5,55	0,06	1,15	0,04	0,67	0,09	1,67	0,07	1,19
11	3,00	0,11	3,60	0,07	2,20	0,09	3,16	0,09	3,16
12	9,90	0,34	3,48	0,28	2,86	0,27	2,77	0,24	2,45
13	6,75	0,15	2,22	0,30	4,51	0,15	2,25	0,10	1,52
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	14,50	0,93	6,39	0,73	5,02	0,68	4,71	0,76	5,26
16	17,50	1,12	6,42	1,04	5,95	1,16	6,61	1,21	6,91
17	32,00	0,98	3,05	0,89	2,79	0,75	2,34	1,11	3,46
18	10,00	1,34	13,37	1,07	10,67	1,28	12,81	2,01	20,10
19	41,25	1,35	3,26	1,34	3,26	1,42	3,43	1,38	3,34
20	8,00	0,19	2,41	0,19	2,40	0,44	5,47	0,39	4,92
21	20,00	1,44	7,22	0,99	4,95	1,48	7,39	1,12	5,62
22	1,40	0,45	32,48	0,46	32,76	0,43	30,38	0,49	34,90
23	0,20	0,12	61,83	0,11	54,00	0,09	46,33	0,09	46,00
24	7,10	0,50	7,11	0,46	6,52	0,49	6,85	0,57	8,00
25	13,50	0,81	6,00	0,86	6,40	0,76	5,62	1,04	7,74
26	0,60	0,20	33,56	0,44	73,44	0,41	67,89	0,23	37,67
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	43,60	1,11	2,55	1,18	2,70	1,44	3,31	0,93	2,13
30	3,75	2,53	67,57	2,37	63,22	2,77	73,85	3,22	85,97
31	65,50	3,83	5,84	4,80	7,32	4,41	6,74	5,20	7,93
SEPTIEMBRE									
DIA	Precipitación de la Estación (mm)	TRATAMIENTOS							
		100%		75%		67%		50%	
		Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)	Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)	Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)	Escurrimiento Total (mm)	Escurrimiento (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	19,15	2,71	14,13	2,72	14,20	2,36	12,33	2,83	14,79
3	1,50	0,02	1,80	0,04	2,49	0,05	3,38	0,04	2,49
4	25,00	0,84	3,36	0,86	3,46	0,76	3,02	1,03	4,11
5	45,00	2,52	5,59	3,24	7,20	2,21	4,91	2,54	5,64
6	9,30	0,43	4,60	0,40	4,27	0,36	3,92	0,39	4,23
7	15,70	0,35	2,23	0,29	1,83	0,26	1,64	0,32	2,05
8	2,50	0,04	1,49	0,02	0,96	0,02	0,96	0,06	2,56
9	1,00	0,05	5,07	0,05	5,07	0,06	6,40	0,08	7,93
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	10,50	0,83	7,92	1,01	9,63	1,03	9,78	0,88	8,36
12	30,00	0,84	2,80	0,86	2,88	0,59	1,97	0,86	2,88
13	1,45	0,04	2,57	0,04	2,57	0,09	6,39	0,06	4,41
14	6,95	0,30	4,37	0,30	4,37	0,27	3,91	0,27	3,94
15	12,50	0,99	7,93	1,01	8,05	1,03	8,20	1,19	9,54
16	29,40	1,73	5,89	1,43	4,86	1,48	5,05	1,71	5,83
17	30,00	0,79	2,65	0,75	2,50	0,67	2,22	0,70	2,34
18	10,50	0,46	4,37	0,41	3,90	0,57	5,42	0,43	4,08
19	17,15	0,59	3,42	0,60	3,49	0,62	3,60	0,60	3,49
20	13,45	0,47	3,52	0,41	3,04	0,47	3,51	0,44	3,28
21	8,80	0,30	3,45	0,28	3,14	0,25	2,83	0,31	3,48
22	7,40	0,22	2,94	0,19	2,60	0,19	2,57	0,23	3,12
23	21,30	1,31	6,15	1,31	6,17	1,19	5,59	1,35	6,32
24	10,00	0,09	0,95	0,09	0,93	0,11	1,08	0,11	1,08
25	64,25	2,54	3,95	2,42	3,76	2,16	3,35	2,59	4,03
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	4,30	0,21	4,99	0,21	4,99	0,19	4,42	0,17	3,84
28	10,75	0,70	6,48	0,62	5,74	0,59	5,45	0,62	5,74
29	1,20	0,47	39,39	0,44	36,89	0,36	30,28	0,43	35,67
30	10,00	0,05	0,53	0,04	0,37	0,02	0,24	0,05	0,53

continuación... **Cuadro 14A.** Datos de campo de cada tratamiento en los diferentes muestreos de Escorrentía Superficial

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL									
OCTUBRE									
DI A	Precipitación de la Estación (mm)	TRATAMIENTOS							
		100%		75%		67%		50%	
		Escurrenci Total (mm)	Escurrenci o (%)	Escurrenci Total (mm)	Escurrenci o (%)	Escurrenci Total (mm)	Escurrenci o (%)	Escurrenci Total (mm)	Escurrenci o (%)
1	12,00	0,67	5,54	0,55	4,61	0,49	4,07	0,55	4,60
2	0,55	0,20	36,61	0,04	6,79	0,15	27,64	0,02	4,36
3	2,50	0,54	21,47	0,48	19,01	0,44	17,57	0,44	17,63
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	3,40	0,12	3,63	0,12	3,63	0,12	3,57	0,09	2,73
6	0,60	0,02	4,00	0,02	4,00	0,01	2,00	0,01	1,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	45,00	2,77	6,16	2,58	5,73	2,26	5,03	2,57	5,71
9	1,00	0,07	6,60	0,10	10,40	0,20	20,13	0,14	13,67
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	1,10	0,08	7,21	0,09	8,42	0,11	9,82	0,02	2,18
12	2,85	0,04	1,31	0,42	14,85	0,02	0,84	0,05	1,78
13	11,35	0,39	3,48	0,09	0,82	0,59	5,20	0,63	5,59
14	11,00	0,11	0,96	0,58	5,30	0,07	0,67	0,11	0,98
15	15,00	0,62	4,11	0,16	1,08	0,43	2,85	0,58	3,90
16	17,00	0,14	0,80	0,21	1,25	0,15	0,87	0,12	0,73
17	6,65	0,20	3,03	0,09	1,42	0,18	2,69	0,22	3,27
18	0,45	0,08	17,63	0,08	17,63	0,06	14,22	0,01	2,67
19	2,95	0,06	2,17	0,04	1,27	0,07	2,24	0,08	2,69
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	2,50	0,04	1,49	0,09	3,73	0,08	3,17	0,07	2,85
25	0,95	0,04	3,93	0,04	4,73	0,06	6,74	0,02	2,53
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	9,30	0,42	4,57	0,35	3,73	0,33	3,58	0,41	4,42
30	4,25	0,18	4,16	0,19	4,47	0,19	4,52	0,20	4,78
31	7,50	0,26	3,44	0,28	3,69	0,23	3,05	0,25	3,30
NOVIEMBRE									
DI A	Precipitación de la Estación (mm)	TRATAMIENTOS							
		100%		75%		67%		50%	
		Escurrenci Total (mm)	Escurrenci o (%)	Escurrenci Total (mm)	Escurrenci o (%)	Escurrenci Total (mm)	Escurrenci o (%)	Escurrenci Total (mm)	Escurrenci o (%)
1	15,00	0,44	2,94	0,38	2,54	0,47	3,13	0,39	2,58
2	3,50	0,21	6,13	0,24	6,99	0,27	7,70	0,23	6,67
3	4,00	0,29	7,32	0,30	7,60	0,24	6,05	0,27	6,80
4	3,75	0,04	1,00	0,04	1,00	0,05	1,35	0,02	0,48
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	15,00	1,19	7,93	1,13	7,52	0,99	6,61	1,01	6,74
8	17,50	0,30	1,74	0,25	1,41	0,23	1,33	0,22	1,24
9	2,50	0,09	3,71	0,07	2,64	0,07	2,87	0,07	2,64
10	16,80	0,57	3,38	0,54	3,20	0,49	2,91	0,47	2,81
11	10,75	0,37	3,40	0,33	3,08	0,32	2,98	0,30	2,83
12	13,00	0,60	4,63	0,34	2,61	0,51	3,89	0,47	3,64
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	4,00	0,06	1,60	0,05	1,27	0,06	1,51	0,08	1,98
15	5,00	0,17	3,45	0,18	3,53	0,16	3,27	0,17	3,31
16	4,00	0,20	5,12	0,18	4,42	0,18	4,42	0,17	4,13
17	45,00	2,73	6,06	2,38	5,30	2,37	5,26	2,41	5,35
18	15,00	0,38	2,53	0,41	2,73	0,46	3,06	0,44	2,96
19	30,00	1,16	3,86	0,78	2,60	0,88	2,93	1,03	3,43
20	2,75	0,12	4,41	0,13	4,82	0,14	4,97	0,06	2,33
21	7,25	0,05	0,70	0,06	0,88	0,06	0,88	0,05	0,70
22	6,25	0,52	8,35	0,48	7,62	0,54	8,60	0,50	8,04
23	5,00	0,06	1,28	0,11	2,20	0,12	2,47	0,14	2,73
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	22,50	1,03	4,57	0,96	4,27	0,93	4,11	0,91	4,05

**Cuadro 15A.** Análisis de Suelo del lugar de Investigación

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMÍA  
Laboratorio de Suelo-Planta-Agua  
"Salvador Castillo Orellana"  
Ciudad Universitaria, Zona 12  
Guatemala, Centroamérica

**INTERESADO: MARIA EUGENIA GONZALEZ**  
**PROCEDENCIA: FINCA RIO FRIO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**

IDENT	% M.O	gr/cc D.A	%			CLASE TEXTURAL
			Arcilla	Limo	Arena	
M-1	24.41	0.6780	9.32	37.04	53.63	FRANCO ARENOSO
M-2	19.23	0.7018	9.32	37.04	53.53	FRANCO ARENOSO
M-3	19.23	0.6557	9.32	28.64	62.03	FRANCO ARENOSO
M-4	14.05	0.6667	11.42	37.04	51.53	FRANCO
M-5	15.04	0.6897	9.32	34.94	55.73	FRANCO ARENOSO
M-6	14.79	0.7018	9.32	41.24	49.43	FRANCO
M-7	15.16	0.6780	11.42	47.54	41.03	FRANCO
M-8	19.97	0.6452	13.52	54.44	41.03	FRANCO
M-9	16.27	0.6780	5.12	32.84	62.03	FRANCO ARENOSO
M-10	13.68	0.7273	11.42	39.14	49.43	FRANCO ARENOSO
M-11	16.27	0.6667	17.72	42.00	40.28	FRANCO
M-12	15.16	0.6667	19.82	44.10	36.08	FRANCO
M-13	18.49	0.7843	19.82	26.92	53.25	FRANCO ARENOSO
M-14	13.81	0.7018	17.72	33.60	48.68	FRANCO
M-15	19.97	0.6667	19.82	39.90	40.28	FRANCO
M-16	12.28	0.6897	9.32	37.42	53.25	FRANCO ARENOSO

**Cuadro 16A.** Datos de campo de cada tratamiento en los diferentes muestreos de Suelo Erosionado

PERDIDA DE SUELO (g)														
DIA	JULIO				DIA	AGOSTO				DIA	SEPTIEMBRE			
	TRATAMIENTOS					TRATAMIENTOS					TRATAMIENTOS			
	100%	75%	67%	50%		100%	75%	67%	50%		100%	75%	67%	50%
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	73,42	108,29	136,49	103,88
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0
5	0	0	0	0	5	18,00	0	5,85	2,19	5	33,83	42,90	30,05	44,08
6	0	0	0	0	6	0	0	0	8,46	6	10,05	0	0	0
7	0	0	0	0	7	0	1,95	4,18	10,47	7	0	0	0	0
8	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	0	0
9	0	0	0	0	9	0	0	0	0	9	0	0	0	0
10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0
11	0	0	0	0	11	0	0	0	0	11	0	0	0	0
12	11,09	8,78	23,02	25,80	12	0	0	0	0	12	58,87	69,30	0	67,09
13	17,75	12	27	0	13	0	0	0	0	13	0	0	0	0
14	0	0	0	0	14	0	0	0	0	14	0	0	0	0
15	0	0	0	0	15	0	20,13	0	0	15	9,65	21,89	11,27	18,58
16	22,66	11,02	28,16	36,80	16	30,93	49,31	35,50	70,47	16	27,01	18,46	8,52	19,15
17	0,00	0	0	0	17	33,57	46,45	24,43	49,48	17	3,19	13,29	0	0
18	15,45	12,81	21,37	16,94	18	45,41	53,88	40,88	43,36	18	0,00	0	0	0
19	0	0	0	0	19	0	3,40	19,09	31,96	19	22,00	47,90	0	0
20	8,49	7,86	45,69	20,66	20	0	0	0	0	20	0	0	0	0
21	20,18	12,20	39,36	13,56	21	0	0	0	0	21	0	0	0	0
22	0	0	0	0	22	5,01	0	3,11	10,71	22	0	0	0	0
23	0	0	0	0	23	0,00	0	0	0	23	23,41	45,91	25,45	22,06
24	0	0	0	0	24	48,86	60,50	42,85	57,53	24	0	0	0	0
25	0	0	0	0	25	37,73	78,80	34,62	34,42	25	0	0	0	0
26	0	0	0	0	26	0,00	0	0	0	26	0	0	0	0
27	0	0	0	0	27	0,00	0	0	0	27	0	0	0	0
28	0	0	0	0	28	0,00	0	0	0	28	0	0	0	0
29	0	0	0	0	29	0,00	0	0	0	29	0	0	0	0
30	27,76	13,08	51,78	25,81	30	110,06	90,22	103,83	132,43	30	0	0	0	0
31	0	0	0	0	31	104,81	99,09	216,61	143,19					
OCTUBRE					NOVIEMBRE									
DIA	TRATAMIENTOS				DIA	TRATAMIENTOS								
	100%	75%	67%	50%		100%	75%	67%	50%					
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0					
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0					
4	0	0	0	0	4	0	0	0	0					
5	0	0	0	0	5	0	0	0	0					
6	0	0	0	0	6	0	0	0	0					
7	0	0	0	0	7	15,67	9,53	22,23	24,09					
8	80,79	91,30	10,01	48,34	8	0	0	0	0					
9	0	0	0	0	9	0	0	0	0					
10	0	0	0	0	10	11,51	7,28	10	23,12					
11	0	0	0	0	11	0	0	0	0					
12	0	0	0	0	12	0	0	0	0					
13	0	0	0	0	13	0	0	0	0					
14	0	0	0	0	14	0	0	0	0					
15	7,87	13,61	12,76	21,58	15	0	0	0	0					
16	0	0	12,82	0	16	0	0	0	0					
17	0	0	0	0	17	18,57	3,92	23,41	13,06					
18	0	0	0	0	18	14,60	12,22	23,74	20,81					
19	0	0	0	0	19	0	0	23,79	5,24					
20	0	0	0	0	20	0	0	0	0					
21	0	0	0	0	21	0	0	0	0					
22	0	0	0	0	22	30,94	12,19	19,7	10,2					
23	0	0	0	0	23	0	0	0	0					
24	0	0	0	0	24	0	0	0	0					
25	0	0	0	0	25	0	0	0	0					
26	0	0	0	0	26	0	0	0	0					
27	0	0	0	0	27	0	0	0	0					
28	0	0	0	0	28	0	0	0	0					
29	0	0	0	0	29	0	0	0	0					
30	0	0	0	0	30	0	0	0	0					
31	0	0	0	0										

**Cuadro 17A.** Datos de campo de cada tratamiento en los diferentes muestreos de Precipitación interna

Precipitación Interna (mm)																																
Septiembre																																
No. Pluviometro	Dia																														TOTAL	Promedio (mm)
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30								
1	6,17	1,74	0,87	0	1,17	13,65	0	5,96	10,26	13,87	13,30	11,57	10,09	7,35	6,65	2,91	22,70	2,91	26,61	0	2,61	8,26	7,43	1,09	177,17	203,86						
2	4,61	0,87	0,78	0	1,52	14,04	0	3,96	0,00	53,65	11,91	0,00	13,43	9,96	13,91	6,05	22,52	2,87	69,57	0	3,78	4,13	8,91	1,22	247,70							
3	3,39	1,65	0,74	0	2,48	10,57	0	7,57	12,22	22,30	8,91	9,61	7,57	10,26	5,22	3,75	22,30	2,26	43,30	0	0,17	4,78	6,65	1,00	186,71							
4	7,52	1,74	1,17	0	2,52	17,17	0	6,83	13,26	27,17	15,22	6,00	10,57	10,61	4,35	3,85	26,22	1,09	52,39	0	1,74	7,96	7,00	1,22	225,59	216,52						
5	4,00	1,57	0,96	0	2,17	16,91	0	7,74	11,91	26,78	15,22	10,04	10,43	9,65	7,74	5,35	19,57	3,00	42,96	0	3,04	13,70	8,22	1,52	222,48							
6	5,91	1,61	1,35	0	1,43	13,83	0	9,00	16,09	18,87	15,22	9,26	7,39	10,04	7,61	3,65	22,35	2,17	30,04	0	4,78	12,17	7,09	1,61	201,48							
7	6,65	1,83	1,83	0	1,57	13,00	0	6,13	23,91	61,30	16,22	12,83	19,78	4,74	6,52	7,75	23,30	1,96	43,48	0	2,09	9,09	9,04	1,96	274,97	232,73						
8	8,39	1,09	1,65	0	4,35	22,30	0	7,74	9,04	16,17	13,04	6,74	8,26	11,61	17,39	4,00	23,09	2,91	17,48	0	3,30	12,48	7,00	1,09	199,13							
9	11,35	1,61	1,09	0	2,04	20,00	0	6,43	16,65	34,43	13,61	8,48	7,74	7,57	7,13	3,25	0,48	0,00	39,48	0	6,96	26,52	8,48	0,78	224,08							
10	5,52	1,00	1,83	0	2,39	14,57	0	9,35	12,17	31,61	20,96	15,22	8,70	9,74	5,30	23,35	3,70	63,87	0	2,61	11,83	8,35	0,70	267,95	216,29							
11	3,91	1,96	0,17	0	0,52	13,96	0	5,39	4,13	16,09	13,70	6,96	8,83	13,04	4,35	5,40	21,00	2,43	28,26	0	1,96	9,43	6,26	1,17		168,92						
12	7,26	1,96	1,65	0	1,65	11,48	0	6,22	16,96	21,39	12,26	8,70	10,87	6,52	4,61	4,05	17,83	1,78	49,43	0	1,13	16,09	9,30	0,87		212,01						
13	10,91	1,39	0,74	0	2,00	18,74	0	8,48	14,78	27,83	13,91	10,83	0,22	9,17	6,39	5,55	24,04	2,74	53,39	0	3,96	9,35	4,22	1,09	229,72	216,99						
14	5,13	1,48	0,65	0	4,35	6,30	0	7,09	13,04	26,09	13,04	6,30	8,70	7,22	4,25	20,09	2,00	62,00	0	4,65	9,13	9,48	1,00	218,99								
15	8,65	0,83	1,09	0	1,96	21,22	0	5,22	0,00	39,13	10,17	7,22	6,52	12,04	5,30	5,55	17,39	2,61	36,96	0	4,04	6,00	9,09	1,26	202,25							
16	5,39	1,09	1,00	0	1,09	15,43	0	5,57	10,87	19,70	13,04	6,52	9,22	8,70	5,61	5,00	21,74	2,17	36,96	0	2,17	6,52	5,96	0,65	184,39	172,89						
17	5,09	1,23	0,87	0	0,91	0,70	0	6,83	12,13	29,96	10,17	6,52	7,17	7,17	5,22	0,00	23,48	1,26	62,96	0	3,65	11,17	8,83	0,52	205,84							
18	1,35	1,17	0,30	0	0,30	9,13	0	7,48	0,00	19,04	12,26	6,30	9,61	8,70	1,17	2,15	8,70	0,78	18,30	0	3,17	10,26	7,48	0,78	128,45							
19	5,35	1,22	0,17	0	0,87	5,00	0	5,00	9,57	26,09	10,61	4,65	8,09	7,39	4,35	1,85	18,70	0,78	36,48	0	2,13	7,39	13,87	0,83	170,37	203,17						
20	6,52	0,87	0,17	0	1,09	13,96	0	4,87	13,83	18,70	13,04	5,78	10,13	14,17	4,61	6,10	24,17	1,22	94,39	0	2,26	5,00	5,83	0,78	247,49							
21	4,25	0,43	0,30	0	2,43	25,91	0	3,70	9,09	18,04	9,61	8,70	7,65	6,78	1,00	3,85	26,74	1,30	38,17	0	4,00	9,91	9,09	0,57	191,63							
22	6,61	0,87	0,26	0	2,00	17,04	0	4,74	9,22	29,65	13,78	10,43	8,26	7,36	3,30	0,80	18,43	0,96	0,00	0	3,57	11,48	4,17	0,87	154,41	187,43						
23	8,13	0,70	1,09	0	2,00	6,52	0	9,52	11,30	22,22	10,52	10,87	11,96	11,57	7,87	0,65	16,74	1,30	37,61	0	3,13	10,04	6,30	0,91	190,95							
24	3,39	0,78	0,43	0	0,87	12,70	0	5,70	10,70	31,13	13,48	10,43	10,26	6,52	8,04	5,00	21,43	2,78	56,09	0	1,91	9,04	5,22	1,00	216,91							
25	5,09	0,26	0,39	0	2,17	13,96	0	6,83	20,87	31,74	16,22	8,70	9,74	8,91	5,52	9,30	22,39	1,74	43,48	0	4,96	6,74	5,09	0,96	225,04	202,73						
26	6,83	1,17	1,13	0	2,74	15,57	0	7,52	11,30	19,70	16,43	13,04	9,26	5,43	2,87	5,00	21,00	2,83	32,43	0	2,22	7,61	6,09	0,91	191,09							
27	6,48	1,30	1,00	0	1,78	15,30	0	8,52	10,87	15,00	14,22	5,52	9,39	11,70	4,35	7,50	18,78	3,74	38,17	0	3,61	3,43	10,39	1,00	192,07							
28	4,70	0,09	0,96	0	0,96	13,91	0	5,74	22,17	68,39	11,17	6,09	8,70	22,04	3,61	5,00	17,83	1,74	36,96	0	2,83	5,35	10,39	1,22	249,83	221,04						
29	7,17	1,35	0,96	0	1,52	16,52	0	7,35	9,57	38,22	15,22	8,70	9,78	5,26	5,04	5,75	26,09	2,00	37,26	0	2,04	9,52	4,70	0,83	214,84							
30	9,04	0,96	0,43	0	0,65	13,30	0	4,96	20,43	29,96	15,22	7,35	11,17	8,70	9,57	0,40	23,00	2,83	26,09	0	3,35	5,91	4,22	0,91	198,44							
31	5,17	1,23	1,00	0	2,43	12,43	0	5,70	16,30	7,61	10,78	9,65	9,52	2,00	5,22	2,85	17,39	2,48	32,52	0	5,00	9,83	9,13	0,83	169,08	180,88						
32	7,48	1,17	0,65	0	2,48	10,30	0	7,57	10,65	27,39	11,48	6,78	0,00	11,74	7,35	4,00	13,70	2,61	43,48	0	3,43	9,96	9,43	0,48	192,13							
33	10,48	2,00	0,30	0	0,30	8,39	0	3,91	17,39	26,65	11,48	8,70	10,70	4,57	6,22	2,35	18,48	1,30	27,39	0	2,74	8,83	8,61	0,65	181,44							
34	5,39	0,61	0,43	0	2,13	17,65	0	8,04	13,91	23,70	9,87	7,70	8,96	11,17	6,52	0,40	15,87	1,74	61,48	0	3,13	7,30	10,04	0,65	216,70	217,23						
35	5,57	1,48	0,39	0	1,91	24,52	0	6,48	14,57	17,48	15,22	8,70	13,39	10,17	5,96	3,45	24,13	2,39	35,26	0	4,13	7,91	6,39	0,83	210,32							
36	5,17	1,30	0,52	0	1,87	13,83	0	4,78	13,04	24,57	11,17	8,70	8,91	14,43	8,70	5,00	22,87	1,74	50,48	0	2,61	20,57	3,30	1,09	224,65							
37	6,78	0,78	0,35	0	0,96	11,91	0	7,78	14,35	18,96	9,70	8,70	10,04	8,70	5,78	3,10	28,13	2,48	40,13	0	3,00	10,09	6,96	0,65	199,32	178,30						
38	7,17	1,13	0,43	0	1,57	10,04	0	5,91	15,09	20,35	13,48	5,43	11,74	6,52	0,00	3,35	21,61	1,39	28,39	0	2,04	6,39	8,04	0,78	170,87							
39	6,43	0,43	0,70	0	0,87	10,30	0	6,57	12,22	22,17	8,70	6,17	10,26	8,70	7,39	3,35	11,70	2,09	29,22	0	2,61	7,09	6,91	0,83	164,70							
40	6,96	1,22	0,70	0	0,91	12,00	0	6,83	8,70	14,26	15,22	7,65	8,70	6,52	7,91	5,90	24,43	0,00	60,87	0	4,96	8,61	4,43	1,09	207,86	188,42						
41	8,70	0,30	0,52	0	0,96	10,87	0	6,17	11,74	32,83	0,00	9,35	10,26	8,70	4,35	3,35	13,04	1,13	39,13	0	1,61	4,78	4,87	0,96	173,61							
42	7,35	0,74	0,87	0	0,35	13,13	0	4,70	16,74	28,04	10,39	4,35	8,70	8,70	5,04	5,00	16,70	1,30	33,39	0	3,61	4,96	8,83	0,91	183,78							
43	5,70	1,57	1,17	0	3,00	15,74	0	7,74	21,74	14,78	10,39	5,39	7,78	9,09	6,74	5,00	27,83	2,48	31,26	0	2,13	11,91	8,09	0,87	209,39	218,81						
44	4,26	0,74	0,91	0	3,30	13,17	0	8,00	19,13	30,65	23,30	8,70	11,22	9,57	5,61	5,00	26,26	2,52	35,61	0	4,35	17,22	7,22	0,96	237,70							
45	4,09	1,43	0,78	0	2,48	12,52	0	7,39	15,22	25,09	13,91	8,70	8,70	6,78	6,52	6,20	25,43	2,65	37,30	0	3,48	9,61	10,09	0,96	209,33							
46	10,26	1,35	1,17	0	1,00	16,96	0	3,87	10,43	26,09	13,91	8,70	9,30	6,52	5,13	3,15	18,74	1,13	41,70	0	2,39	7,74	8,57	1,00	199,10	195,82						
47	7,26	1,17	0,96	0	1,35	16,26	0	7,83	9,35	17,83	13,04	8,70	10,09	13,91	4,96	4,05	16,48	1,22	37,83	0	2,26	6,39	14,09	1,22	196,23							
48	5,43	1,43	0,87	0	1,57	8,70	0	8,43	15,22	18,70	16,43	5,83	10,48	7,43	4,96	2,85	19,26	2,17	40,30	0	2,09	8,70	10,04	1,23	192,12							

continuación... Cuadro 17A. Datos de campo de cada tratamiento en los diferentes muestreos de Precipitación interna

No. Pluviometro	Precipitación Interna (mm)																																TOTAL	Promedio (mm)
	Octubre																																	
	Dia																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL	Promedio (mm)		
1	4,57	0	0	0	0,87	0	0	58,74	0	0	0	1,09	7,17	2,04	6,52	4,35	3,43	0	1,65	0	0	0	0	0,22	0,35	0	0	0	6,74	2,61	5,17	106,52	105,25	
2	8,91	0	0	0	1,09	0	0	63,04	2,43	0	0	1,39	4,13	2,74	8,70	4,35	3,09	0	1,57	0	0	0	0	0,22	0,09	0	0	0	4,78	2,83	3,26	112,61	105,25	
3	8,70	0	0	0	1,52	0	0	45,65	0	0	0	1,09	6,52	2,04	6,52	2,30	7,43	0	1,78	0	0	0	0	0,22	0,57	0	0	0	4,35	2,17	5,74	96,61	87,23	
4	1,52	0	0	0	1,09	0	0	41,30	0	0	0,22	0,65	2,65	1,13	0,00	5,22	2,17	0	2,61	0	0	0	0	0,22	0,43	0	0	0	8,70	4,35	4,91	77,17	87,23	
5	9,78	0	0	0	1,13	0	0	41,30	0,30	0	0,26	1,17	8,70	2,00	15,22	2,61	0,87	0	3,48	0	0	0	0	0,48	0,30	0	0	0	3,48	4,35	3,17	98,61	87,23	
6	1,09	0	0	0	1,43	0	0	32,61	0,22	0	0,48	1,83	6,91	0,74	8,70	4,35	7,91	0	3,48	0	0	0	0	0,70	0,87	0	0	0	6,52	4,78	3,30	85,91	87,23	
7	1,30	0,21	1,12	0	1,65	0	0	34,78	0	0	0,09	0,35	6,52	2,04	10,87	2,48	3,30	0,04	1,43	0	0	0	0	0,43	0,30	0	0	0	6,52	2,74	4,35	80,55	86,65	
8	4,35	0,09	0,55	0	3,70	0	0	32,61	0	0	0,04	0,91	6,65	2,04	10,87	4,35	7,70	0,04	1,52	0	0	0	0	0,87	0,30	0	0	0	8,70	7,70	5,74	91,73	86,65	
9	6,52	0,12	1,02	0	0,61	0	0	32,61	0	0	0,52	0,57	7,74	1,22	15,22	4,35	5,00	0,04	1,74	0	0	0	0	0,22	0,00	0	0	0	6,52	1,04	2,61	87,66	86,65	
10	4,52	0	0	0	1,09	0	0	4,78	0,65	0	0,17	2,48	5,17	1,48	13,04	6,52	4,09	0	2,61	0	0	0	0	0,00	0,30	0	0	0	6,52	3,17	3,04	59,65	79,43	
11	5,13	0	0	0	1,13	0	0	39,13	0,43	0	0,09	1,48	6,52	0,35	13,04	4,35	4,30	0	2,48	0	0	0	0	0,26	0,43	0	0	0	4,35	2,17	2,61	88,26	79,43	
12	1,09	0	0	0	1,96	0	0	41,30	0	0	0,04	1,13	8,30	0,83	10,87	4,35	4,83	0,04	2,17	0	0	0	0	0,13	0,30	0	0	0	4,35	2,61	6,09	90,39	79,43	
13	8,70	0	0,39	0	3,04	0	0	41,30	0	0	0,96	2,17	1,87	10,87	2,61	5,48	0	1,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,61	2,61	5,65	94,52	69,50		
14	4,57	0	0,45	0	3,26	0	0	0,00	0,30	0	0,22	0	3,48	1,17	10,87	4,35	4,35	0	1,26	0	0	0	0	0,30	0,13	0	0	0	7,70	3,91	4,04	50,36	69,50	
15	8,91	0	0	0	2,83	0	0	19,57	0,35	0	0,22	1,65	0	1,74	8,70	4,35	1,30	0	1,96	0	0	0	0	0,30	0,22	0	0	0	4,78	3,48	3,26	63,61	69,50	
16	4,65	0,09	0,99	0	0,96	0	0	30,43	0	0	0	1,09	0	1,70	6,52	4,35	3,52	0	1,13	0	0	0	0	0,22	0,04	0	0	0	5,09	3,91	3,04	67,73	68,59	
17	7,83	0,12	1,12	0	1,04	0	0	32,61	0	0	0	1,17	8,70	1,74	8,70	4,35	4,35	0	1,30	0	0	0	0	0,35	0,17	0	0	0	3,48	1,78	2,74	81,54	68,59	
18	11,30	0,11	1,09	0	3,61	0	0	0,00	0	0	0	0,78	6,52	1,57	10,87	2,17	2,61	0	1,74	0	0	0	0	0,22	0,87	0	0	0	6,96	3,04	3,04	56,50	68,59	
19	15,22	0	0	0	0,48	0	0	54,35	0	0	0,09	1,70	5,52	1,00	8,70	4,35	1,74	0	0,87	0	0	0	0	0,09	0,04	0	0	0	6,52	3,39	4,57	108,61	94,65	
20	6,52	0	0	0	2,26	0	0	28,26	0	0	0,04	0,43	7,43	2,61	8,70	2,17	3,26	0	1,74	0	0	0	0	0	0	0	0	5,04	2,04	2,61	73,13	94,65		
21	15,22	0	0	0	2,04	0	0	50,00	0	0	0,04	1,30	7,57	1,17	8,70	2,61	1,78	0	2,17	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	4,35	2,17	3,04	102,22	94,65	
22	4,35	0	0,11	0	0,17	0	0	37,39	0,35	0	0,09	1,30	3,91	0,87	13,04	0,65	3,61	0,09	1,74	0	0	0	0	0,13	0,22	0	0	0	8,70	4,17	4,35	31,24	77,63	
23	13,04	0	0,22	0	1,91	0	0	26,09	0	0	0,17	0,26	5,74	1,13	8,70	3,04	1,78	0	1,57	0	0	0	0	0,13	0,30	0	0	0	6,96	0,65	2,61	74,31	77,63	
24	6,52	0	0,07	0	1,78	0	0	30,43	0	0	0,04	1,13	0,00	1,87	4,35	3,35	3,70	0	0,65	0	0	0	0	0,22	0	0	0	0	4,35	2,43	5,43	67,33	77,63	
25	6,52	0	0	0	1,83	0	0	36,96	0,26	0	0	1,70	6,52	1,39	0	2,61	3,48	0	0,65	0	0	0	0	0	0,09	0	0	0	3,91	1,26	4,26	71,43	70,16	
26	0,00	0	0	0	0,26	0	0	28,26	0	0	0	1,04	8,70	0,74	2,17	1,74	3,35	0	2,61	0	0	0	0	0	0,09	0	0	0	6,09	3,26	3,48	61,78	70,16	
27	10,87	0	0,7	0	0,70	0	0	30,43	0	0	0	0,61	4,35	0,96	5,30	2,17	3,30	0	1,09	0	0	0	0	0,43	0,09	0	0	0	7,83	4,35	4,09	77,27	70,16	
28	21,74	0,04	0,23	0	1,04	0	0	45,65	0	0	0	0,87	7,74	0,65	13,04	4,35	0,65	0	1,00	0	0	0	0	0,26	0,22	0	0	0	5,65	3,04	9,57	116,75	93,51	
29	6,52	0	0,21	0	0,65	0	0	34,78	0	0	0	0,70	0	1,61	15,22	6,52	4,35	0	0,91	0	0	0	0	0,30	0,17	0	0	0	8,70	3,91	1,65	86,21	93,51	
30	5,22	0,09	0	0	2,17	0	0	34,78	0	0	0	1,22	7,70	2,17	8,70	2,61	4,35	0	0,96	0	0	0	0	0	0,09	0	0	0	4,65	1,70	2,17	78,57	93,51	
31	4,70	0,12	1,06	0	1,48	0	0	36,96	0,22	0	0,26	0,96	4,35	2,39	8,70	2,83	3,57	0	2,00	0	0	0	0	0,13	0,30	0	0	0	4,78	2,17	4,35	81,31	93,51	
32	10,87	0,08	0,83	0	4,00	0	0	32,61	1,00	0	0,04	1,22	8,70	1,52	8,70	4,35	6,52	0,04	1,30	0	0	0	0	0,30	0,04	0	0	0	3,48	3,91	4,78	94,30	74,27	
33	0,00	0,06	0,96	0	0,83	0	0	0,00	0,57	0	0,04	2,13	7,04	0,65	8,70	4,35	2,17	0,04	1,39	0	0	0	0	0,22	0,04	0	0	0	6,96	3,65	7,39	47,19	74,27	
34	6,52	0	0	0	0,87	0	0	30,43	0,00	0	0,04	0,52	4,35	0,91	9,00	5,22	6,52	0,04	3,48	0	0	0	0	0,04	0,13	0	0	0	22,00	12,35	10,87	113,30	83,26	
35	2,61	0	0	0	2,17	0	0	22,36	0,22	0	0,22	1,13	0	1,09	6,52	6,96	3,22	0,09	1,30	0	0	0	0	0,22	0,26	0	0	0	4,65	3,43	7,61	64,06	83,26	
36	1,74	0	0	0	3,04	0	0	21,56	0	0	0,04	0	6,52	1,00	6,52	8,70	3,48	0	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,52	4,91	7,39	72,43	83,26	
37	0,00	0	0	0	1,30	0	0	31,25	0	0	0	2,17	6,52	0,96	0	0,00	2,17	0,04	0,87	0	0	0	0	0,22	0,09	0	0	0	2,17	2,17	3,61	53,55	83,26	
38	6,52	0	0	0	0,91	0	0	23,91	0	0	0	0,00	0	1,00	6,52	2,17	3,04	0,04	1,00	0	0	0	0	0,00	0,13	0	0	0	5,70	1,74	3,04	55,74	57,38	
39	0,00	0	0	0	0,96	0	0	25,23	0	0	0	1,30	8,70	0,00	9,57	2,17	2,17	0	0,87	0	0	0	0	0,26	0,09	0	0	0	6,52	1,61	3,39	62,84	57,38	
40	8,70	0	0	0	2,04	0	0	32,61	0	0	0	0,43	6,52	1,43	8,70	2,61	3,48	0	1,43	0	0	0	0	0,00	0,13	0	0	0	8,70	0,00	3,78	80,57	96,67	
41	5,00	0	0	0	1,61	0	0	47,83	0	0	0	0,87	6,52	1,17	8,70	2,61	4,35	0	2,17	0	0	0	0	0,13	0,09	0	0	0	6,52	2,09	0,87	90,52	96,67	
42	17,39	0	0	0	0,48	0	0	56,52	0	0	0	2,17	9,65	1,17	10,87	2,17	4,22	0	0,65	0	0	0	0	0,26	0,09	0	0	0	6,52	2,83	3,91	118,91	96,67	
43	8,70	0	0	0	2,17	0,13	0	31,09	0	0	0	2,17	4,35	1,61	10,87	2,17	2,43	0	2,48	0	0	0	0	0	0,09	0	0	0	6,96	2,17	6,52	83,91	96,67	
44	15,22	0	0	0	0,00	0,17	0	41,30	0	0	0,22	1,30	7,65	1,91	10,87	2,61	3,17	0,04	1,96	0	0	0	0	0,26	0,43	0	0	0	7,52	4,48	4,35	103,48	90,30	
45	6,52	0	0	0	0,22	0,57	0	39,13	0	0	0,22	0,87	0,48	1,65																				



continuación Cuadro 17A. Datos de campo de cada tratamiento en los diferentes muestreos de Precipitación interna

No. Pluviometro	Precipitación Interna (mm)																														TOTAL	Promedio (mm)
	Noviembre																															
	Dia																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
1	7,61	4,35	4,35	0,87	0	0	14,78	3,48	0,35	7,61	5,00	6,00	0	1,74	5,43	4,35	26,09	6,30	17,39	0,74	1,09	5,78	1,22	0	0	0	0	0	0	8,70	133,22	
2	5,00	2,17	4,04	0,65	0	0	18,83	4,04	0,22	6,26	5,00	7,39	0	1,39	2,39	3,70	21,74	0,22	14,87	1,09	0,43	8,26	1,30	0	0	0	0	0	0,00	109,00		
3	6,52	5,65	2,13	1,52	0	0	14,30	5,43	0,22	6,52	7,22	10,00	0	1,30	2,83	1,78	17,39	11,65	2,17	0,96	1,65	1,13	1,83	0	0	0	0	0	14,39	116,61		
4	13,04	4,65	6,09	1,52	0	0	19,35	6,52	0,48	5,65	8,70	12,78	0	1,61	3,30	2,91	2,17	14,13	19,22	1,09	2,17	11,09	3,04	0	0	0	0	0	1,52	141,04		
5	8,70	3,91	8,09	1,30	0	0	19,57	2,17	0,00	10,22	5,43	9,35	0	1,52	2,17	3,09	26,09	3,70	14,35	1,13	2,17	9,57	2,61	0	0	0	0	0	21,74	156,87	164,48	
6	6,52	3,13	7,04	0,87	0	0	14,57	4,35	0,91	13,04	9,30	14,09	0	2,83	3,57	4,78	30,43	11,96	34,78	1,30	2,91	11,52	3,91	0	0	0	0	0	13,70	195,52		
7	6,52	3,48	4,35	0,65	0	0	14,91	4,35	0,22	5,78	4,78	6,96	0	0,96	3,13	1,87	41,87	7,74	14,91	2,61	2,39	10,13	2,52	0	0	0	0	0	18,00	158,13		
8	4,23	6,52	4,35	1,21	0	0	19,13	6,52	0,30	8,43	5,30	12,57	0	2,17	3,30	4,09	35,65	15,13	20,13	0,91	1,74	10,96	2,61	0	0	0	0	0	17,39	182,66	163,77	
9	3,04	2,17	4,35	1,13	0	0	4,65	2,74	0,00	5,57	5,00	7,57	0	0,74	3,04	4,70	46,00	10,43	10,17	2,52	2,39	10,39	2,61	0	0	0	0	0	21,74	150,52		
10	10,87	5,43	7,57	0,83	0	0	16,17	4,35	0,30	8,91	7,83	8,39	0	0,70	4,00	4,30	47,39	11,17	23,04	1,61	2,61	13,48	3,04	0	0	0	0	0	10,13	192,13		
11	4,35	2,39	5,00	1,30	0	0	15,30	5,30	0,87	5,78	4,35	7,39	0	1,70	3,83	4,26	34,78	5,65	16,52	1,87	2,39	11,30	2,83	0	0	0	0	0	10,52	147,69	169,23	
12	10,00	5,65	2,87	1,26	0	0	17,74	4,78	0,22	4,35	6,52	6,52	0	0,70	1,61	3,48	44,70	9,09	11,22	2,74	2,17	15,00	2,87	0	0	0	0	0	14,39	167,87		
13	0,43	5,09	4,26	1,39	0	0	17,74	9,78	0,22	6,57	15,22	5,00	0	1,83	2,96	3,09	26,96	5,09	0,85	1,52	1,74	5,30	2,09	0	0	0	0	0	13,74	130,65		
14	6,09	34,96	4,57	1,43	0	0	16,83	5,65	0,48	6,65	1,96	9,48	0	0,22	3,96	3,57	34,78	13,48	18,35	0,30	1,74	8,39	1,52	0	0	0	0	0	10,87	185,26	151,03	
15	2,61	2,17	8,26	1,17	0	0	2,48	7,26	0,43	6,09	12,61	7,39	0	1,30	2,91	3,78	18,26	7,83	18,91	1,52	1,74	10,87	2,17	0	0	0	0	0	17,39	137,17		
16	5,65	3,26	3,43	1,18	0	0	11,57	2,39	0,43	9,78	7,39	13,04	0	1,91	4,13	2,39	29,13	5,78	19,17	1,74	1,74	9,17	1,43	0	0	0	0	0	14,35	149,09		
17	4,35	2,17	3,65	1,11	0	0	11,22	2,70	0,48	8,91	6,83	9,96	0	1,30	2,13	1,74	13,04	5,26	1,48	1,74	1,30	6,74	1,61	0	0	0	0	0	14,96	102,67	128,93	
18	6,52	4,35	5,70	1,45	0	0	13,13	4,96	0,87	10,43	6,09	1,70	0	1,61	4,00	2,91	28,26	3,87	13,04	0,65	1,39	8,70	1,52	0	0	0	0	0	13,87	135,02		
19	6,96	3,48	3,48	0,83	0	0	13,13	4,00	0,22	11,43	0,87	9,65	0	1,24	3,22	1,96	43,22	6,39	10,87	0,43	0,87	6,96	0,91	0	0	0	0	0	9,61	139,72		
20	6,22	0,22	4,35	0,43	0	0	13,57	3,61	0,00	6,26	5,22	6,30	0	1,00	2,96	2,61	40,83	6,87	23,13	0,74	0,00	0,00	1,04	0	0	0	0	0	11,30	136,65	131,50	
21	6,52	2,39	4,17	1,00	0	0	21,91	4,91	0,22	7,87	7,22	10,00	0	1,70	2,30	0,91	1,74	6,52	15,83	0,78	1,43	6,52	1,13	0	0	0	0	0	13,04	118,13		
22	10,00	5,00	2,87	0,52	0	0	24,00	5,26	0,00	9,13	6,74	16,57	0	1,17	0,00	4,91	47,00	4,87	21,04	0,48	2,17	11,30	0,74	0	0	0	0	0	5,26	179,04		
23	5,22	1,52	2,91	0,43	0	0	17,26	3,87	0,22	4,35	4,35	10,87	0	1,22	3,65	2,04	37,35	9,22	6,13	1,43	1,30	10,35	2,43	0	0	0	0	0	13,04	139,17	158,29	
24	10,48	5,39	3,48	0,43	0	0	13,87	5,87	0,22	6,57	5,30	2,17	0	1,39	3,39	1,83	41,78	5,09	6,74	0,43	7,57	10,61	2,30	0	0	0	0	0	21,74	156,65		
25	3,48	1,83	2,96	1,39	0	0	2,17	2,17	0,30	8,04	4,78	7,17	0	1,17	3,09	2,26	31,30	5,52	15,22	0,43	0,48	7,57	0,74	0	0	0	0	0	13,04	115,13		
26	7,83	3,04	6,65	0,48	0	0	13,74	4,35	0,22	7,17	6,52	8,04	0	1,00	2,65	2,74	26,96	7,00	21,74	0,43	0,65	6,22	1,39	0	0	0	0	0	8,70	137,52	134,61	
27	4,78	3,26	3,00	0,74	0	0	15,22	4,00	0,22	7,52	6,74	7,39	0	1,17	2,57	4,74	23,91	5,65	14,13	1,78	2,61	13,48	2,17	0	0	0	0	0	26,09	151,17		
28	11,74	5,00	0,30	1,26	0	0	14,78	4,35	0,00	8,35	3,26	5,74	0	1,74	3,48	4,35	28,70	9,22	15,22	0,48	0,87	7,17	0,70	0	0	0	0	0	13,04	139,74		
29	6,52	3,48	4,52	0,74	0	0	11,13	3,04	0,39	13,04	0,87	12,35	0	1,96	3,52	3,09	28,26	7,39	4,35	0,83	1,74	7,09	1,30	0	0	0	0	0	13,04	128,65	128,01	
30	4,78	1,70	3,17	0,35	0	0	17,96	2,91	0,00	5,78	4,35	5,52	0	1,17	2,52	4,00	13,04	6,09	14,57	1,30	1,57	9,30	1,17	0	0	0	0	0	14,39	115,65		
31	6,52	3,04	6,09	1,39	0	0	13,91	5,43	0,00	6,57	3,26	6,22	0	1,57	1,74	1,96	34,78	5,22	15,61	1,48	1,65	8,22	1,70	0	0	0	0	0	0,91	127,26		
32	8,70	3,35	3,26	1,26	0	0	34,13	2,83	0,22	6,09	0,74	15,22	0	1,00	1,78	2,57	55,22	10,43	22,65	0,52	0,87	7,91	1,13	0	0	0	0	0	0,00	179,87	154,68	
33	11,52	2,61	3,91	1,39	0	0	19,57	8,70	0,22	5,57	4,35	4,78	0	1,35	2,17	3,17	42,00	5,61	26,74	1,04	1,57	8,96	1,70	0	0	0	0	0	0,00	156,91		
34	7,39	8,70	4,65	1,39	0	0	13,04	2,83	0,26	5,65	4,35	6,52	0	1,04	2,17	2,61	4,74	7,39	1,13	0,43	4,22	7,78	0,87	0	0	0	0	0	0,00	87,17		
35	4,78	3,04	6,52	1,09	0	0	13,48	2,91	0,00	6,52	6,52	7,17	0	1,17	1,96	2,91	46,78	4,65	1,13	0,43	1,52	8,26	3,04	0	0	0	0	0	19,57	143,48	121,30	
36	10,00	6,09	3,91	0,70	0	0	7,83	6,30	0,00	7,83	5,74	8,70	0	2,39	2,17	3,57	46,00	4,78	0,00	1,00	1,52	5,04	1,00	0	0	0	0	0	8,70	133,26		
37	6,09	3,22	3,74	0,96	0	0	0,00	4,87	0,22	6,52	4,35	7,39	0	0,65	1,96	1,74	41,74	5,22	14,65	0,26	0,65	0,91	0,65	0	0	0	0	0	21,74	127,52		
38	4,78	2,17	3,61	0,52	0	0	15,83	5,43	0,26	7,96	5,57	9,30	0	0,91	2,61	2,83	29,13	0,00	0,65	0,70	1,43	8,48	0,87	0	0	0	0	0	13,04	116,09	125,77	
39	0,22	2,00	4,09	0,74	0	0	14,13	4,57	0,30	17,61	3,13	5,65	0	0,52	1,96	1,57	30,00	4,78	17,39	0,61	1,57	7,17	0,48	0	0	0	0	0	15,22	133,70		
40	6,96	3,26	4,52	0,78	0	0	21,35	8,04	0,22	7,83	7,04	1,09	0	1,61	3,91	3,04	30,00	1,17	14,13	0,39	0,96	1,17	0,52	0	0	0	0	0	13,04	131,04		
41	6,52	0,57	5,30	0,48	0	0	13,91	6,30	0,22	5,96	6,13	1,09	0	1,96	3,70	3,04	14,35	1,30	19,17	0,87	1,96	10,65	1,17	0	0	0	0	0	15,22	119,87	128,39	
42	7,91	5,65	5,52	0,70	0	0	24,04	6,96	0,22	0,87	5,85	0,00	0	1,13	2,61	2,39	8,70	7,39	28,04	0,96	2,17	8,04	1,30	0	0	0	0	0	14,00	134,26		
43	10,87	3,35	6,96	0,70	0	0	7,39	4,22	0,22	8,04	8,35	10,43	0	0,39	3,04	3,26	16,52	7,17	15,87	1,00	1,78	7,91	0,57	0	0	0	0	0	15,22	133,26		
44	8,70	4,35	5,22	1,39	0	0	20,00	8,48	0,70	2,17	6,96	10,65	0	1,52	2,48	1,96	13,04	8,26	13,91	0,48	2,39	11,35	2,17	0	0	0	0	0	17,39	143,57	151,62	
45	5,65	3,04																														

**CAPÍTULO III**

**INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS**  
**EN LA SUB-REGIÓN II-3 DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES**  
**-INAB-, COBÁN**  
**Y**  
**FINCA RÍO FRÍO, SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**

## 1. INTRODUCCION

La Región II del Instituto Nacional de Bosques -INAB-, localizada en la región Norte del país en el departamento de Alta Verapaz, es la que ha incorporado mayor cantidad de hectáreas (46,325 ha) al manejo forestal sostenible, ya que representa el 26.9 % del total del país (171,731 ha), hasta el año 2004 y dentro de este contexto es la sub-región II-3 la que posee mayor carga de trabajo, en cuanto a la administración del recurso forestal de la región (1). A su vez el INAB ha formulado un Programa de Investigación en Hidrología Forestal, cuyo fundamento radica en que el sector forestal juega un papel muy importante en la sostenibilidad de los recursos naturales, reconociendo al bosque como parte de la biodiversidad y como regulador de ciclos hidrológicos locales, protector de suelos y generador de otros servicios ambientales (2).

Por lo que se han establecido áreas de acción prioritarias a nivel nacional en función a su cobertura y actividad forestal, además de su gran importancia hidrológica, encontrándose dentro de dichas áreas el departamento de Alta Verapaz, en donde se han seleccionado unidades experimentales para la realización de investigación es relacionadas con Hidrología y Manejo Forestal. Siendo lo anterior, la razón por la cual los servicios prestados dentro del marco general del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS–, se enfocaron en satisfacer en lo posible la problemática encontrada con el diagnóstico realizado en la finca Río Frío, ubicada en esta región y la cual es un área modelo utilizada para la realización de investigaciones relacionadas con el vínculo hidrológico-forestal debido a sus características de cobertura y actividad forestal.

Los servicios realizados en la Región II del INAB en el período febrero-noviembre 2005, se encauzaron con el propósito de lograr una adecuada planificación y ejecución de los mismos, formulados a partir de la priorización del problema encontrado. Dichos servicios se orientaron al apoyo en actividades técnicas en la Sub-Región II-3 del -INAB- Cobán y en el apoyo al monitoreo de caudales y estaciones climáticas en la microcuenca Río Frío, cuyos registros forman parte de una base de datos climática básica, que está disponible para la realización de presentes y futuras investigaciones en este ámbito. Las actividades llevadas a cabo como parte de los servicios fueron coordinados con la Sub-Región II-3, el Proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos y el Proyecto de Investigación Forestal de la misma institución.

## **2. SERVICIO 1: Asistencia Técnica en la Sub-Región II-3 del Instituto Nacional de Bosques -INAB- Cobán, Alta Verapaz**

### **2.1 Objetivos**

- A)** Apoyar en las actividades técnicas para la evaluación de proyectos de incentivos forestales -PINFOR- .
- B)** Apoyar a los técnicos forestales de la Sub-región en la verificación de planes de manejo.
- C)** Realizar verificaciones de planes de manejo para aprovechamiento forestal, dictaminando la aprobación o desaprobarción de los mismos.
- D)** Apoyar en el establecimiento y raleo de 16 parcelas permanentes de muestreo en la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz.

### **2.2 Metodología**

#### **2.2.1 Evaluación de proyectos integrados a PINFOR**

- A)** Para la evaluación de estos proyectos se visitaron las comunidades, fincas privadas o públicas, donde se encuentran dichos proyectos.
- B)** Se levantaron parcelas circulares de 100 m<sup>2</sup>, tomando mediciones de DAP y alturas, además se tomó en cuenta el porcentaje de sobrevivencia de la plantación y fitosanidad, anotando los datos en una libreta de campo.
- C)** Los datos recolectados en el campo se anotaron en las boletas correspondientes (ver cuadro 26A) y fueron utilizados para elaborar el respectivo dictamen técnico que se remitió a las oficinas centrales de PINFOR, para que se hiciera efectivo el pago del incentivo.

#### **2.2.2 Verificación de planes de manejo**

- A)** Primeramente se hizo el análisis del expediente del usuario o plan de manejo propuesto por el regente encargado del proyecto.
- B)** Posteriormente se hizo la verificación en el campo, tomando medidas de altura y diámetro del 30% del total de árboles que hay en cada rodal, para estimar el volumen por hectárea de madera existente en la totalidad del área propuesta para el aprovechamiento, estos datos se utilizaron como comparador de los volúmenes que se

presentaron en el plan de manejo, además se observó el estado fitosanitario del bosque a aprovechar.

- C)** Luego de la verificación en campo se procedió a realizar el dictamen técnico respectivo donde se autorizó el volumen de madera a aprovechar, así como el área destinada para el compromiso de reforestación, otorgando la licencia forestal necesaria para realizar dicho aprovechamiento.

### **2.2.3 Establecimiento de parcelas permanentes de muestreo**

- A)** Las parcelas se ubicaron en un área representativa de la plantación con una pendiente que varía entre 45 y 55%. Estableciéndose cuatro bloques y dentro de cada bloque cuatro parcelas.
- B)** Como se observa en la figura 22, se seleccionó un árbol el cual sirvió como esquinero y se marcó, a partir de allí se realizó la medición de la parcela de 500 m<sup>2</sup> (20 x 25 m).



**Figura 22.** Medición de las parcelas permanentes de muestreo

- C)** Se marcaron los árboles con plaquitas y clavos para identificar cada árbol, para luego realizar la medición del diámetro a la altura del pecho de todos los árboles que formaban parte de cada una de las parcelas, como se observan en las figuras 23 y 24.



**Figura 23.** Marcación de árboles



**Figura 24.** Medición de Diámetro a la altura del pecho (DAP)

#### **2.2.4 Raleo de parcelas permanentes de muestreo**

- A)** El raleo se realizó a las siguientes intensidades: 50%, 33% y 25% distribuidos en los cuatro bloques, dejando una parcela por bloque sin raleo (testigo).
- B)** La realización del raleo consistió en ubicarse en una esquina de la plantación, entre las dos primeras hileras de árboles. Colocándose frente a las dos o tres primeras parejas de árboles, determinando el número de árboles a extraer de acuerdo a la intensidad de raleo que se aplicó como puede observarse en la figura 13.

- C)** La selección de los individuos a ralearse se hizo de acuerdo con las características de forma del fuste y fitosanidad de cada árbol, registrando el número de árbol a ser derribado.
- D)** Se procedió a derribar los árboles seleccionados y por último se sacaron y desramaron los individuos derribados fuera de las parcelas, para así dejar limpia el área.

## 2.3 Resultados

### 2.3.1 Evaluación de proyectos integrados a PINFOR

Durante el período del -EPS- se brindó apoyo en la evaluación 9 proyectos en diferentes fincas privadas, empresas y cooperativas, llevándose a cabo el levantamiento de 96 parcelas circulares de 100 metros cuadrados. Encontrándose dichos proyectos ubicados en los municipios de Cobán y San Pedro Carchá, como se observa en el cuadro 18.

**Cuadro 18.** Proyectos de PINFOR evaluados

No.	Nombre del Proyecto	Ubicación
1	Sasay o Lasay	Cobán
2	Chijocom	Cobán
3	Sacoyou-Cojaj	San Pedro Carchá
4	Comunidad Chiacam	San Pedro Carchá
5	Finca Yaxbatz	Cobán
6	Cooperativa Samac	Cobán
7	Chichut	Cobán
8	Finca Candelaria Setoc	Cobán
9	COESA	Cobán

### 2.3.2 Verificación de planes de manejo

Se brindó apoyo a los técnicos forestales de la Sub-Región II-3 en la verificación del volumen de madera presentado en planes de manejo de 5 fincas, distribuidas en los municipios de Cobán, San Pedro Carchá y San Juan Chamelco. Así mismo según asignación del Director Sub-Regional se verificaron 6 planes de manejo en 6 diferentes fincas ubicadas en los municipios de San Pedro Carchá y San Juan Chamelco, realizándose los dictámenes respectivos. (ver cuadros 19 y 20).

**Cuadro 19.** Planes de manejo verificados como apoyo a los técnicos forestales

No.	Nombre del Propietario	Ubicación
1	Gerardo Cho Caal	San Pedro Carchá
2	Margarita Pop	San Pedro Carchá
3	Hilario Tzi	San Pedro Carchá
4	Pablo Tot	San Juan Chamelco
5	Catarina Coy Mo	Cobán

**Cuadro 20.** Planes de manejo verificados por asignación del Director Sub-Regional.

No.	Nombre del Propietario	Ubicación
1	Andrés Ical y Federico Choc	San Pedro Carchá
2	Miria Irene Botzoc Hércules	San Pedro Carchá
3	Guillermo Sam Aldana	San Pedro Carchá
4	Domingo Cho y Elvira Cho	San Juan Chamelco
5	Tomás Ical	San Pedro Carchá
6	Lucas Cacao Cac	San Pedro Carchá

### 2.3.3 Establecimiento y raleo de parcelas permanentes de muestreo

- A)** Se establecieron 16 parcelas permanentes de muestreo, distribuidas en cuatro bloques y dentro de cada bloque cuatro parcelas con diferentes intensidades de raleo y cada una con un área de 500 m<sup>2</sup> (20 m \*25 m). (ver figura 27A)
- B)** Para cada parcela delimitada la densidad inicial fue de 90 árboles, haciendo un total de 1440 árboles en 16 parcelas.
- C)** En general se establece un diámetro promedio de 7.59 cm., para esta plantación específicamente.
- D)** Según la intensidad de raleo aplicado en el cuadro 21 se presenta el número de árboles derribados y la densidad final de los mismos en cada parcela.



**Cuadro 21.** Número de árboles derribados y densidad final de árboles de acuerdo a la intensidad de raleo aplicada

Intensidad de raleo	No. de árboles derribados por parcela	Densidad final de árboles en cada parcela
100%	0	90
50%	45	45
33%	30	60
25%	23	67

Densidad inicial por parcela = 90 árboles

Se seleccionaron los árboles raleados de acuerdo a las características fitosanitarias y forma de los individuos, realizando el corte en los árboles a 30 cm. del suelo dándole dirección de caída al árbol para no dañar árboles que no eran objeto del raleo. En total se llevó a cabo la corta de 392 árboles.

## 2.4 Evaluación

Durante la ejecución del servicio denominado Asistencia Técnica en la Sub-Región II-3 del Instituto Nacional de Bosques -INAB- Cobán, Alta Verapaz, se realizaron las actividades presentadas en el cuadro 22.

**Cuadro 22.** Resumen de actividades realizadas como asistencia técnica a la Sub-Región II-3

No.	Actividad	Cantidad
1	Evaluación de proyectos de reforestación del PINFOR	09
2	Verificación de planes de manejo como apoyo a técnicos forestales	05
3	Verificación de planes de manejo asignados por el Director Sub-Regional	06
8	Establecimiento de parcelas permanentes de muestreo	16

Las actividades anteriormente mencionadas fueron asignadas por el Director Sub-Regional, debido a la carga laboral que dicha Sub-Región posee.

El establecimiento y raleo de parcelas permanentes de muestreo en la finca Río Frío, fueron coordinadas con el Proyecto de Investigación Forestal, pues estas formaron parte de la investigación denominada “Efecto del raleo sobre el crecimiento de una plantación de

*Pinus maximinoi* H. E. Moore en la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz”, la cual fue impulsada por el proyecto mencionado.

### **3. SERVICIO 2: Apoyo en el monitoreo de caudales y estaciones climáticas en la microcuenca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta verapaz**

#### **3.1 Objetivos**

- A)** Sistematizar la información climática básica de la microcuenca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.
- B)** Monitorear el caudal del afluente principal de la microcuenca Río Frío.
- C)** Monitorear la temperatura y precipitación pluvial registradas en las estaciones climáticas instaladas en la microcuenca.

#### **3.2 Metodología**

##### **3.2.1 Monitoreo de caudales**

Se midió con una regla graduada en centímetros la altura del caudal que pasa en el canal de aforo construido en cauce del río, realizándose registros diarios en boletas diseñadas para este fin (ver cuadro 27A).

##### **3.2.2 Monitoreo de estaciones climáticas**

La estación de la parte baja de la microcuenca, se encuentra ubicada a una altitud de 1440 msnm y la estación de la parte media alta se encuentra a una altitud de 1520 msnm.

###### **A) Registro de la temperatura**

El registro de la temperatura se llevó a cabo diariamente tanto para la estación ubicada en la parte baja (1440msnm), como para la ubicada en la parte media alta de la microcuenca, anotándose los valores registrados en las boletas diseñadas para este fin.

###### **B) Registro de la precipitación pluvial**

Para la medición de la precipitación captada por los pluviómetros instalados en las dos estaciones, se utilizó una probeta graduada en milímetros anotándose diariamente los datos en las boletas respectivas (ver cuadro 27A)

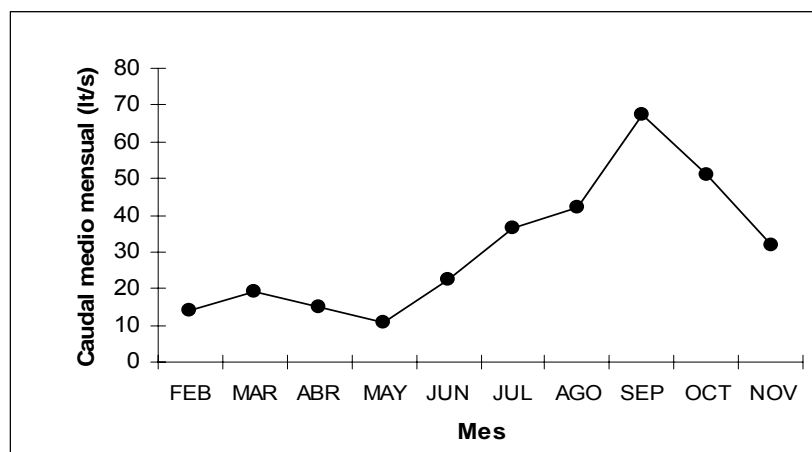
### 3.3 Resultados

#### 3.3.1 Monitoreo del caudal

Durante los meses de monitoreo (febrero a noviembre) se registraron los siguientes resultados en cuanto al caudal del afluente principal de la microcuenca

**Cuadro 23.** Caudales medios mensuales de la microcuenca Río Frío

Mes	Caudal medio mensual (Lt/s)	Mes	Caudal medio mensual (Lt/s)
Febrero	14,1	Julio	36,7
Marzo	19,0	Agosto	42,2
Abril	14,8	Septiembre	67,2
Mayo	10,8	Octubre	51,2
Junio	22,4	Noviembre	31,6



**Figura 25.** Comportamiento del caudal medio mensual

En el cuadro 23 y figura 25 se puede observar el comportamiento del caudal de la microcuenca, el cual se mantiene poco estable durante el año, registrándose una baja considerable en el mes de mayo (10.8 lt/s), e incrementándose este en los meses de junio a septiembre coincidiendo con el tiempo donde la época lluviosa es más marcada, lo que favorece el incremento del caudal de los nacimientos que alimentan al cauce principal de esta microcuenca. En los meses de octubre y noviembre ocurrió una disminución del caudal siendo este de 51.2 y 31.6 lt/s respectivamente, el caudal medio máximo se alcanzó en el mes de septiembre (67.2 lt/s) y el caudal medio mínimo en el mes de mayo (10.8 lt/s).

### 3.3.2 Monitoreo de la Precipitación Pluvial

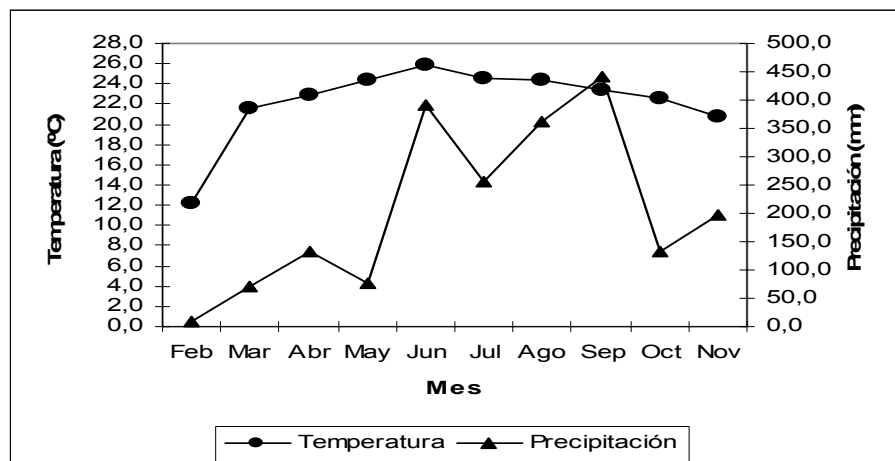
A continuación se presentan los registros de precipitación mensual, ocurridos tanto en la parte baja como en la parte media alta de la microcuenca.

**Cuadro 24.** Precipitación pluvial registrada en la microcuenca Río Frío

Precipitación Pluvial			
Mes	Estación parte baja (mm)	Estación parte media alta (mm)	Promedio mensual (mm)
Febrero	2,6	15,8	9,2
Marzo	52,2	90,4	71,3
Abril	73,1	188,8	130,9
Mayo	61,8	92,6	77,2
Junio	391,3	388,7	390,0
Julio	245,0	265,0	255,0
Agosto	388,9	334,1	361,5
Septiembre	463,2	419,1	441,1
Octubre	105,2	157,9	131,6
Noviembre	144,0	248,6	196,3

De acuerdo al cuadro 24 y a la figura 26, la distribución de las precipitaciones en el área define un régimen bimodal, determinado por dos períodos lluviosos y dos secos; el período lluvioso de mayor importancia se observa en los meses de agosto y septiembre, representando 802.6 mm (38.88% de la precipitación promedio del período monitoreado); y el otro que no es un período propiamente dicho, se localiza en el mes de junio alcanzando 390.0 mm (18.90 % del promedio registrado). Los períodos secos (616.5 mm del promedio registrado) se ubican, uno entre los meses de febrero, marzo, abril y mayo, con un monto de 288.6 mm de lluvia promedio; y el otro período seco, ocurrió en los meses de octubre y noviembre (327.9 mm). En el mes de julio se presentó el fenómeno denominado canícula o veranillo de San Juan, el cual se define como un período de tiempo anormalmente seco dentro de la estación lluviosa de Guatemala, este fenómeno provocó una baja poco considerable en la cantidad de precipitación caída en el área (255.0 mm) durante el mencionado mes y debido a que en la región Norte del país no se presentan condiciones bien definidas de canícula, no se observaron descensos considerables en las precipitaciones en los meses de mayor probabilidad de ocurrencia de

la misma. Este breve período seco finalizó en el mes de agosto. En el área de estudio se presentó una precipitación promedio de 2064.0 mm, en un período de 10 meses de monitoreo.



**Figura 26.** Climadiagrama de la microcuenca Río Frío

### 3.3.3 Monitoreo de la temperatura

A continuación se presentan los registros de temperatura de las estaciones instaladas en la microcuenca.

**Cuadro 25.** Temperaturas registradas en la microcuenca Río Frío

Temperatura			
Mes	Estación parte baja (°C)	Estación parte media alta	Promedio mensual(°C)
Febrero	12,5	11,8	12,1
Marzo	21,6	21,5	21,5
Abril	23,2	22,6	22,9
0Mayo	24,1	24,7	24,4
Junio	26,5	25,2	25,9
Julio	25,8	23,2	24,5
Agosto	26,2	22,6	24,4
Septiembre	24,9	21,8	23,4
Octubre	23,3	22,0	22,6
Noviembre	21,9	19,6	20,8
Promedio/10meses	23,0	21,5	

Según el cuadro 25 y la figura 26, la temperatura media de la microcuenca es de 22.2 °C, elevándose ligeramente entre los meses de marzo, abril, mayo y junio. Descendiendo gradualmente a partir del mes de julio hasta el mes de noviembre, no presentándose variación significativa en el mes de julio a pesar de la ocurrencia de la canícula, debido a que en esta región del país este fenómeno no es muy marcado. El coeficiente de temperatura por cada metro de diferencia en altura entre cada estación es de 0.02°C, por lo que para cada 100 metros de ascensión se supone una pérdida de temperatura de 2°C aproximadamente, para las condiciones de esta microcuenca específicamente.

#### **3.4 Evaluación**

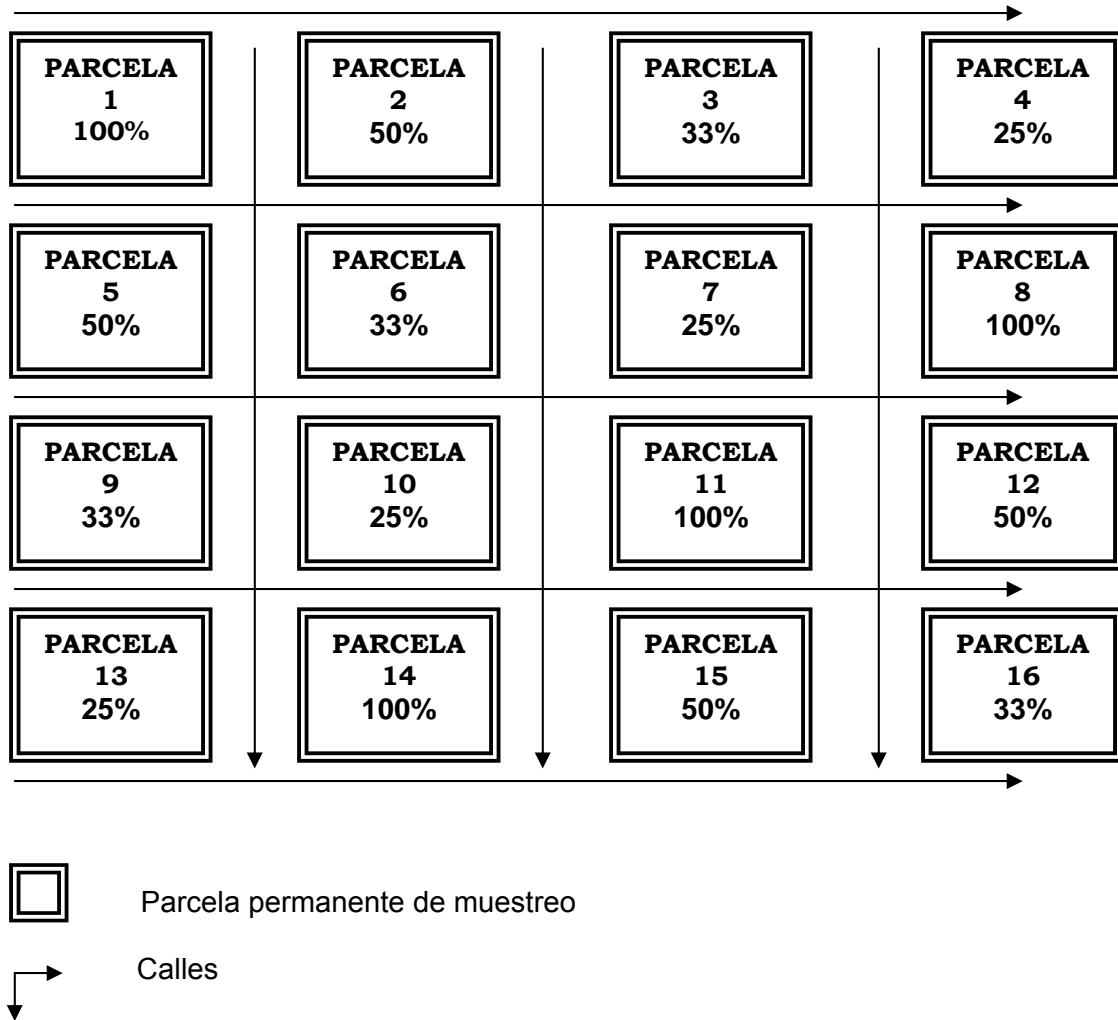
Se realizó el monitoreo del caudal del afluente principal y las estaciones climáticas establecidas en la microcuenca Río Frío, durante 18 semanas comprendidas del mes de marzo al mes de noviembre 2005, estableciendo que en esta área, la época lluviosa es bien marcada y que fenómenos como la canícula no afecta de sobremanera en la ocurrencia de las precipitaciones y en la elevación de las temperaturas, presentándose poca variación en las mismas durante los meses en que generalmente se presenta este fenómeno.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

1. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2004. Boletín de estadística forestal. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 34 p.
2. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2005. Programa de hidrología forestal. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. Guatemala. 38 p.

## 5. APENDICES





**Figura 27A.** Distribución de las parcelas permanentes de muestreo.



**Cuadro 27A.** Monitoreo de estaciones climáticas de la microcuenca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz

Ubicación: \_\_\_\_\_

MES: \_\_\_\_\_

DÍA	CAUDAL (cm)	PRECIPITACIÓN (ml)	TEMPERATURA	
			Mínima (°C)	Máxima (°C)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				