

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN  
APORTES PARA MEJORAR EL MANEJO DE LOS  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES EN LA CUENCA  
DEL RÍO CAHABÓN, ALTA VERAPAZ**

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

**POR**

**ELIÁN JACOBO EPAMINONDAS COTTO GUZMÁN**

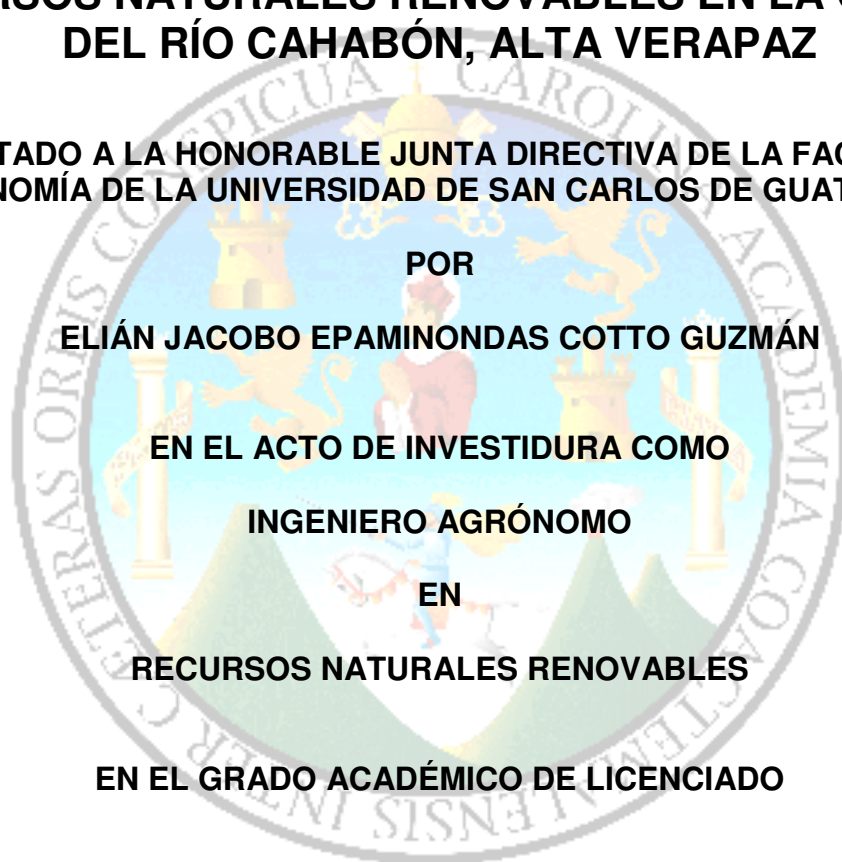
**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**



**Guatemala, Agosto del 2006**

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

**RECTOR MAGNÍFICO**

**Lic. Estuardo Gálvez Barrios**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	<b>Dr.</b>	<b>Ariel Abderramán Ortiz López</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Alfredo Itzep Manuel</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Walter Arnoldo Reyes Sanabria</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Danilo Ernesto Dardón Dávila</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>M.E.P.U.</b>	<b>Elmer Antonio Alvarez Castillo</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>P.M.P.</b>	<b>Miriam Eugenia Espinoza Padilla</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Pedro Peláez Reyes</b>

Guatemala, Agosto del 2006

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación titulado **Aportes para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables en la Cuenca del río Cahabón, Alta Verapaz**, como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Elián Jacobo Epaminondas Cotto Guzmán

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS:**

Por ser fuente de fé.

**MIS PADRES:**

Por su esfuerzo y amor inagotable.

**MIS HERMANOS:**

Por su ejemplo y compañía.

**MI TIO BETO:**

Por su tutoría.

**MIS PRIMITAS:**

Malu, Fer y Teti, por su sonrisa y alegría.

**Y:**

A todas las personas presentes o ausentes que han participado en mi formación como persona hasta el momento.

## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

Al Instituto Nacional de Bosques –INAB-, en especial a la Región II, a proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos –CEFE- y a proyecto de Investigación Forestal, por el gran apoyo prestado durante todo el desarrollo del presente trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

- **Dios**, por permitirme alcanzar este logro.
- **Mis padres**, por su comprensión, sacrificios y vida dedicada para mi desarrollo.
- **Mi familia**, por su apoyo y cariño.
- **Mi familia**, de la zona cinco por los momentos compartidos y su preocupación por mí.
- **Mis cuates**, de la universidad y la casa, por estar en mi camino.
- **Los ingenieros**, Roberto Moya, Manuel Aragón y Herberth Paz, por su apoyo en el desarrollo de mi EPS e investigación.
- **Los ingenieros**, Guillermo Méndez y Marvin Salguero por su asesoramiento y tiempo dedicado a mi trabajo de graduación.
- **La Región II del INAB**, a todo el personal técnico y administrativo por permitirme aprender de ellas y ellos.
- **Las verapaces**, por su naturaleza.
- **La USAC**, por permitir mi desenvolvimiento estudiantil y de muchos más.

## Resumen General

Sobre la base del convenio entre la Facultad de Agronomía de la USAC y el Instituto Nacional de Bosques –INAB-, fue posible la realización del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- durante el periodo de febrero a noviembre del 2004 en la Región II del INAB y el proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos –CEFE- que funciona en el INAB. En tal sentido, se realizó el diagnóstico, investigación y servicios correspondientes. Tomando en cuenta, que por la naturaleza de la investigación la fase de campo se extendió hasta julio del 2005.

Primeramente, considerando a la cuenca como unidad natural para la planificación y estando bajo los límites jurisdiccionales de la Región II del INAB y los intereses del proyecto CEFE se elaboró el diagnóstico de los recursos naturales de la cuenca del río Cahabón, tomando los resultados de dicho diagnóstico como el punto de partida para el desarrollo de la investigación y servicios.

Es importante mencionar que la Región II del Instituto Nacional de Bosque –INAB- se encuentra integrada por los departamentos Alta y Baja Verapaz, incluyendo además al municipio de Ixcán, del departamento de Quiché.

Localiza al Norte de la república de Guatemala, entre las coordenadas geográficas 14° 45' 00" y 16° 15' 00" de Latitud Norte, y 89° 25' 00" y 91° 00' 00" de longitud Oeste.

Así también, la cuenca del río Cahabón, con un área de 2,451.67 Km<sup>2</sup> que drena hacia la vertiente del Caribe, se localiza en la parte Norte de la república de Guatemala, entre las coordenadas geográficas 15°24'24" y 15°26'35" de Latitud Norte con 90°34'10" y 90°33'28" de Longitud Oeste.

La cuenca abarca parte de los municipios de Santa María Cahabón, Chahal, Cobán, Lanquín, Panzos, San Cristóbal Verapaz, San Juan Chamelco, San Pedro Carchá, Santa Cruz Verapaz, Senahú, Tactic y Tamahú del departamento de Alta Vera. Así también el municipio de Purulhá del departamento de Baja Verapaz y el municipio de El Estor del departamento de Izabal.

Habiendo priorizado la problemática detectada y bajo los intereses de la institución cooperante, se realizó la investigación titulada caracterización climática de la cuenca del río Cahabón en busca de determinar el estado actual de las estaciones climatológicas, su representatividad, vacíos de información, elaborar una base de datos climática y analizar el comportamiento de las variables climáticas, generando dicha información para que sea aplicable en diferentes proyectos de investigación y productivos.

Partiendo también del diagnóstico elaborado se realizaron los siguientes servicios, los cuales se desarrollaron en la Región II del INAB y la cuenca del río Cahabón;

- Apoyo a la Región II del Instituto Nacional de Bosque –INAB- en actividades técnicas.
- Apoyo a la generación de información para el estudio de recarga hídrica en la cuenca del río Cahabón.
- Establecimiento de equipo de medición climática.

Sobre la base, de las diferentes actividades realizadas se elabora el presente documento como la compilación de la información generada.



## Índice

Resumen General _____	i
Índice de Figuras _____	viii
Índice de Cuadros _____	xi
Lista de Siglas y Abreviaturas _____	xv

### **CAPITULO I**

#### **DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

<b>DE LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN _____</b>	<b>01</b>
1. Introducción _____	01
2. Objetivos _____	03
2.1. General _____	03
2.2. Específicos _____	03
3. Metodología _____	04
4. Antecedentes _____	05
5. Localización y generalidades _____	06
6. Vías de comunicación _____	08
7. Geología _____	08
8. Fisiografía _____	10
9. Zonas de vida _____	15
10. Clima _____	18
11. Capacidad de uso de la tierra _____	21
12. Ordenamiento territorial _____	22
13. Uso de la tierra _____	22
14. Suelos _____	23
15. Cobertura forestal _____	25
16. Recurso hídrico _____	26
17. Análisis de la problemática _____	29
18. Conclusiones _____	31
19. Bibliografía _____	32

**CAPITULO II****INVESTIGACIÓN****CARACTERIZACIÓN CLIMATICA DE LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN**

<b>CLIMATIC CHARACTERIZATION OF THE CAHABÓN RIVER BASIN</b>	<b>33</b>
1. Introducción	33
2. Definición del Problema	35
3. Marco teórico	36
3.1. Marco Conceptual	36
3.1.1. Antecedentes	36
3.1.2. Naturaleza de las observaciones meteorológicas	37
3.1.3. Estación meteorológica	38
3.1.4. Principios fundamentales de la medida de la temperatura	40
3.1.5. Principios para la medición de viento en la superficie	41
3.1.6. Principios para la medición de la humedad relativa del aire	41
3.1.7. Principios para la medición de la evaporación	42
3.1.8. Principios para la determinación de la evapotranspiración potencial	43
3.1.9. Principios para la medición de la precipitación	45
3.1.10. Red de pluviómetros	48
3.1.11. Interpretación de los datos de precipitación pluvial	48
3.1.12. Determinación de la precipitación media de una cuenca	49
3.1.13. Distribución geográfica	50
4. Objetivos	54
4.1. General	54
4.2. Específicos	54
5. Metodología	55
5.1. Fase de Gabinete I	55
5.1.1. Existencia de estaciones	55
5.1.2. Tipo de estación y ubicación	55
5.1.3. Ubicación de estaciones	55
5.1.4. Análisis de ubicación	56
5.1.5. Recopilación de información	56
5.2. Fase de Campo I	56
5.2.1. Estado de funcionamiento de los equipos	56
5.3. Fase de Gabinete II	56

5.3.1. Análisis de ubicación	56
5.3.2. Identificar vacíos de información	57
5.4. Fase de Campo II	57
5.4.1. Instalación y monitoreo de equipo climático	57
5.5. Fase de Gabinete III	58
5.5.1. Generación de mapas	58
5.5.2. Elaboración de climadiagramas	58
5.5.3. Elaboración de una base de datos digital	60
6. Resultados	60
6.1. Estaciones climatológicas que operan dentro y alrededor de la cuenca	60
6.2. Representatividad de estaciones y vacíos de información	66
6.3. Base de datos climática en formato digital	72
6.4. Graficas representativas del comportamiento de variables climáticas por cada estación	73
6.4.1. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)	73
6.4.2. Empresa Generadora de Energía Eléctrica (EGEE-INDE)	109
6.4.3. Instituto Nacional de Bosques (INAB)	117
6.4.4. Privada	120
6.5. Elaboración de mapas temáticos	123
6.5.1. Mapa de isoyetas	123
6.5.1.1. Precipitación media de la cuenca por el método de isoyetas	130
6.5.2. Mapa de isotermas	132
6.5.2.1. Temperatura media de la cuenca por el método de isotermas	139
6.5.3. Mapa de isopletas	141
6.5.3.1. Evapotranspiración potencial media de la cuenca por el método de isopletas	144
7. Conclusiones	146
8. Recomendaciones	148
9. Bibliografía	149
10. Anexos	151

## CAPITULO III

### SERVICIOS REALIZADOS EN LA REGIÓN II DEL

### INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB- Y LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN \_\_\_\_\_ 152

1.	Introducción _____	152
2.	Marco Referencial _____	153
2.1.	Localización, extensión y límites de la Región II del INAB _____	153
2.2.	Localización, extensión y límites de la cuenca del río Cahabón _____	155
3.	Presentación de Resultados _____	157
3.1.	APOYO A LA REGIÓN II DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB- EN ACTIVIDADES TÉCNICAS _____	157
3.1.1.	Definición del problema _____	157
3.1.2.	Objetivos _____	157
3.1.3.	Metodología _____	158
3.1.4.	Resultados _____	159
3.1.5.	Evaluación _____	160
3.1.6.	Conclusiones _____	160
3.1.7.	Recomendaciones _____	160
3.2.	APOYO A LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL ESTUDIO DE RECARGA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN _____	162
3.2.1.	Definición del problema _____	162
3.2.2.	Objetivo _____	162
3.2.3.	Metodología _____	163
3.2.4.	Resultados _____	164
3.2.5.	Evaluación _____	166
3.2.6.	Conclusiones _____	166
3.2.7.	Recomendaciones _____	166
3.3.	ESTABLECIMIENTO DE EQUIPO DE MEDICIÓN CLIMÁTICA _____	168
3.3.1.	Definición del problema _____	168
3.3.2.	Objetivo _____	168
3.3.3.	Metodología _____	169
3.3.4.	Resultados _____	170
3.3.5.	Evaluación _____	172
3.3.6.	Conclusiones _____	172
3.3.7.	Recomendaciones _____	172

4. Comentario General	173
5. Bibliografía	174

## Índice de Figuras

Figura 1 Localización y vertientes, departamentos y municipios de la cuenca del río Cahabón	07
Figura 2 Fisiografía de la cuenca del río Cahabón	11
Figura 3 Zonas de vida presentes en la cuenca del río Cahabón	17
Figura 4 Clima presente en la cuenca del río Cahabón	19
Figura 5 Estaciones de referencia de la cuenca del río Cahabón	20
Figura 6 Unidades hidrológicas que conforman la cuenca del río Cahabón	28
Figura 7 Circulación general media de la atmósfera	52
Figura 8 Efecto de viento arriba y vertido	53
Figura 9 Ejemplo representativo de un climadiagrama	59
Figura 10 Esquema para la elaboración de una base de datos digital con datos climáticos de estaciones de la cuenca del río Cahabón	60
Figura 11 Distribución de todas las estaciones con registro meteorológico	65
Figura 12 Distribución de estaciones para identificar vacíos de información	67
Figura 13 Estaciones instaladas propiedad del –INAB–	69
Figura 14 Vacíos de información cubiertos con estaciones	71
Figura 15 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación Actela	73
Figura 16 Climadiagrama representativo de la estación Argentina	74
Figura 17 Climadiagrama representativo de la estación Cahabón	75
Figura 18 Climadiagrama representativo de la estación Campur	77
Figura 19 Climadiagrama representativo de la estación Centro de Formación SFE	78
Figura 20 Climadiagrama representativo de la estación Chajcar	79
Figura 21 Climadiagrama representativo de la estación Chiacam	81
Figura 22 Climadiagrama representativo de la estación Cobán	82
Figura 23 Climadiagrama representativo de la estación Los Alpes	84
Figura 24 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación Mayagua	85
Figura 25 Climadiagrama representativo de la estación Mocca	86
Figura 26 Climadiagrama representativo de la estación Panzós	87
Figura 27 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación Rexahá	89
Figura 28 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación Rubeltzul	90
Figura 29 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación San Cristóbal Verapaz	91
Figura 30 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación San Juan	92
Figura 31 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación San Luis	93

Figura 32 Climadiagrama representativo de la estación San Vicente _____	94
Figura 33 Climadiagrama representativo de la estación Santa Margarita _____	95
Figura 34 Comportamiento de temperatura media y evapotranspiración potencial de la estación Saquiya _____	96
Figura 35 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación Sasis _____	97
Figura 36 Climadiagrama representativo de la estación Seamay _____	98
Figura 37 Climadiagrama representativo de la estación Sepacuité _____	100
Figura 38 Climadiagrama representativo de la estación Trece Aguas _____	101
Figura 39 Climadiagrama representativo de la estación Vista Hermosa _____	103
Figura 40 Climadiagrama representativo de la estación Volcán _____	104
Figura 41 Climadiagrama representativo de la estación Xicacao _____	106
Figura 42 Climadiagrama representativo de la estación Zona Vial No.7 _____	107
Figura 43 Comportamiento de la precipitación pluvial de estación Cahaboncito _____	109
Figura 44 Comportamiento de la precipitación pluvial de estación Caquipec _____	110
Figura 45 Climadiagrama representativo de la estación Cerro La Laguna _____	111
Figura 46 Climadiagrama representativo de la estación Chirresquiché _____	112
Figura 47 Climadiagrama representativo de la estación Purulhá _____	114
Figura 48 Climadiagrama representativo de la estación Sasis _____	115
Figura 49 Climadiagrama representativo de la estación Montaña Xucaneb _____	117
Figura 50 Climadiagrama representativo de la estación Río Frío _____	118
Figura 51 Climadiagrama representativo de la estación Finca Chichén _____	120
Figura 52 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación Finca Secamquim _____	121
Figura 53 Red de puntos ploteados con el listado de estaciones efectivamente utilizadas para elaborar el mapa de isoyetas _____	124
Figura 54 Relación entre altitud y precipitación pluvial en la región Oeste de la cuenca del río Cahabón _____	127
Figura 55 Relación entre altitud y precipitación pluvial en la región Central de la cuenca del río Cahabón _____	128
Figura 56 Relación entre altitud y precipitación pluvial en la región Este de la cuenca del río Cahabón _____	129
Figura 57 Mapa de isoyetas _____	131
Figura 58 Red de puntos ploteados con el listado de estaciones efectivamente utilizadas para elaborar el mapa de isotermas _____	134

Figura 59 Relación entre altitud y temperatura media en la región Oeste y Central de la cuenca del río Cahabón _____	137
Figura 60 Relación entre altitud y temperatura media en la región Este de la cuenca del río Cahabón _____	138
Figura 61 Mapa de isotermas _____	140
Figura 62 Relación entre altitud y evapotranspiración potencial en la región Oeste y Central de la cuenca del río Cahabón _____	143
Figura 63 Relación entre altitud y evapotranspiración potencial en la región Este de la cuenca del río Cahabón _____	143
Figura 64 Mapa de isopletras _____	145
Figura 65 Localización y generalidades de la Región II del Instituto Nacional de Bosques –INAB- _____	154
Figura 66 Localización y vertientes, departamentos y municipios de la cuenca del río Cahabón _____	156
Figura 67 Mapa de unidades de para el estudio de infiltración básica en la cuenca del río Cahabón _____	165
Figura 68 Gráfica de infiltración básica para una unidad de muestreo _____	166
Figura 69 Mapa de estaciones instaladas propiedad del INAB _____	171



## Índice de Cuadros

Cuadro 1 Área de las Unidades geológicas de la cuenca del río Cahabón _____	08
Cuadro 2 Leyenda fisiográfica de la cuenca del río Cahabón _____	12
Cuadro 3 Zonas de vida presentes en la cuenca del río Cahabón _____	15
Cuadro 4 Resumen del clima presente en la cuenca del río Cahabón _____	18
Cuadro 5 Capacidad de uso de la tierra para la cuenca del río Cahabón _____	21
Cuadro 6 Ordenamiento territorial 2001 para la cuenca del río Cahabón _____	22
Cuadro 7 Uso de la tierra para la cuenca del río Cahabón _____	22
Cuadro 8 Serie de suelos presentes en la cuenca del río Cahabón _____	23
Cuadro 9 Cobertura forestal (1,999) para la cuenca del río Cahabón _____	26
Cuadro 10 Unidades hidrológicas con influencia en la cuenca del río Cahabón _____	27
Cuadro 11 Matriz de priorización de problemas _____	29
Cuadro 13 Radiación Solar extraterrestre, RS, expresada en evaporación equivalente en mm/día _____	44
Cuadro 14 Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes meses y latitudes _____	44
Cuadro 15 Listado de estaciones propiedad del INSIVUMEH y EGEE-INDE de las cuales se recopiló Información climática para su análisis _____	61
Cuadro 16 Listado de estaciones propiedad del INAB y privada de las cuales se recopiló información climática para su análisis _____	63
Cuadro 17 Resumen de estaciones verificadas de funcionamiento _____	64
Cuadro 18 Estaciones con influencia en la cuenca del río Cahabón, agrupadas por carácter _____	64
Cuadro 19 Listado de estaciones instaladas _____	68
Cuadro 20 Georeferenciación de estaciones para cubrir vacíos de información _____	72
Cuadro 21 Precipitación pluvial para la estación Actela _____	73
Cuadro 22 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Argentina _____	74
Cuadro 23 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Cahabón _____	76
Cuadro 24 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial Para la estación Campur _____	77

Cuadro 25 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Centro de Formación SFE_____	78
Cuadro 26 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Chajcar_____	80
Cuadro 27 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Chiacam_____	81
Cuadro 28 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Cobán_____	83
Cuadro 29 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Los Alpes_____	84
Cuadro 30 Precipitación pluvial para la estación Mayagua_____	85
Cuadro 31 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Mocca_____	86
Cuadro 32 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Panzos_____	88
Cuadro 33 Precipitación pluvial para la estación Rexahá_____	89
Cuadro 34 Precipitación pluvial para la estación Rubeltzul_____	90
Cuadro 35 Precipitación pluvial para la estación San Cristóbal Verapaz_____	91
Cuadro 36 Precipitación pluvial para la estación San Juan_____	92
Cuadro 37 Precipitación pluvial para la estación San Luis_____	93
Cuadro 38 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación San Vicente_____	94
Cuadro 39 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial Para la estación Santa Margarita_____	95
Cuadro 40 Temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Saquija_____	97
Cuadro 41 Precipitación pluvial para la estación Sasis_____	98
Cuadro 42 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Seamay_____	99
Cuadro 43 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Seapacuité_____	100
Cuadro 44 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Trece Aguas_____	102

Cuadro 45 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Vista Hermosa_____	103
Cuadro 46 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Volcán_____	105
Cuadro 47 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Xicacao_____	106
Cuadro 48 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Zona Vial No. 7_____	107
Cuadro 49 Precipitación pluvial para la estación Cahaboncito_____	109
Cuadro 50 Precipitación pluvial para la estación Caquipec_____	110
Cuadro 51 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Cerro La Laguna_____	111
Cuadro 52 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Chirresquiché_____	113
Cuadro 53 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Purulhá_____	114
Cuadro 54 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Sasís_____	115
Cuadro 55 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Montaña Xucaneb_____	117
Cuadro 56 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Río Frío_____	119
Cuadro 57 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Finca Chichén_____	120
Cuadro 58 Precipitación pluvial para la estación Finca Secamquim_____	122
Cuadro 59 Resumen representativo de el número de gráficas por variable del total de estaciones_____	122
Cuadro 60 Listado de estaciones utilizadas para elaborar el mapa de isoyetas_____	123
Cuadro 61 Precipitación pluvial media anual por municipio de la cuenca del río Cahabón_____	126
Cuadro 62 Datos para el cálculo de precipitación media por isoyetas_____	130
Cuadro 63 Listado de estaciones utilizadas para elaborar el mapa de isotermas _____	133
Cuadro 64 Temperatura media por municipio de la cuenca del río Cahabón_____	136
Cuadro 65 Datos para el cálculo de temperatura media por isotermas_____	139
Cuadro 66 Evapotranspiración potencial por municipio de la cuenca del río Cahabón_____	141

Cuadro 67 Datos para el cálculo de evapotranspiración potencial por isopletas_____	144
Cuadro 68 Georeferenciación de estaciones para cubrir vacíos de información_____	148
Cuadro 69 Apoyo de actividades técnicas _____	159
Cuadro 70 Actividades de protección y capacitación forestal_____	160
Cuadro 71 Generalidades de las estaciones instaladas_____	170
Cuadro 72 Registro de estaciones instaladas_____	172

## Lista de Siglas y Abreviaturas

1. ANACAFÉ = Asociación Nacional del Café
2. ARROZGUA = Asociación de Arroceros de Guatemala
3. CARE = Corporación Americana de Remesas al Exterior
4. CEFE = Proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos
5. CONTIERRA = Comisión Nacional de Tierras
6. CUNOR = Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala
7. EGEE-INDE = Empresa Generadora de Energía Eléctrica
8. ETP = Evapotranspiración potencial
9. FAUSAC = Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala
10. FEDECOVERA = Federación de Cooperativas de las Verapaces
11. FONAPAZ = Fondo Nacional para la Paz
12. FONTIERRA = Fondo de Tierras
13. FRMT = Fundación Rigoberto Menchú Tum
14. GTZ = Sociedad Alemana de Cooperación Técnica
15. INAB = Instituto Nacional de Bosques
16. INDE = Instituto Nacional de Electrificación
17. INSIVUMEH = Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
18. MAGA = Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
19. MC&PF = Mesa de Concertación y Política Forestal
20. NE = Noreste
21. OMM = Organización Meteorológica Mundial
22. PDP = Proyecto de Desarrollo de Producción
23. PLV = Programa Las Verapaces
24. PP = Precipitación Pluvial
25. PRODEVER = Proyecto de Desarrollo de las Verapaces
26. SE = Sureste
27. SEGEPLAN = Secretaría General del Consejo de Planificación Económica
28. TALITA KUMI = ONG con traducción al castellano significa Niña Levántate
29. UTJ = Unidad Técnica Jurídica

## **CAPITULO I**

# **DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN**

## 1. Introducción

La cuenca del río Cahabón se localiza en la vertiente del Caribe hacia el océano Atlántico, con una extensión de 2,451.67 Km<sup>2</sup>. Según la geografía de Guatemala está ubicada en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal como se muestra en la figura 1, entre las coordenadas geográficas 15°24'24" y 15°26'35" de Latitud Norte y con 90°34'10" y 90°33'28" de Longitud Oeste.

Posee 4 Zonas de Vida, 09 Unidades Geológicas, en lo que respecta a fisiografía posee áreas localizadas dentro de las Tierras Altas Sedimentarias, Tierras Altas Cristalinas y la Depresión de Izabal, con 11 Series de Suelos según Simmons, Tárano y Pinto 1959 (12). La cuenca en el 75% de su extensión es catalogada como de alta recarga hídrica conformada por 11 subcuencas y el área de captación del río, con respecto al clima presente en la cuenca se distingue una precipitación pluvial promedio de 1,600 a 4,000 mm con temperaturas mínimas de 10 a 20 °C y temperaturas máximas de 26 a 32 °C la humedad relativa es de 80% a 90% y la evapotranspiración potencial promedio de 1,200 a 1,800 mm.

Teniendo en cuenta para el ordenamiento territorial que la categoría de mayor influencia que se recomienda es la de Zonas Aptas para la Producción Agroforestal con 88.59% solamente el 1.61% es apropiado para Agricultura Intensiva, en comparación con el uso actual de la tierra que para 1999 corresponde al 41.17% de la cuenca con Agricultura Limpia Anual y el 35.92% con bosque de Latifoliadas, por otra parte, con respecto a la cobertura forestal la Agroforestería representa el 38.73% y el área Sin Cobertura Forestal corresponde al 32.75%.

Es importante mencionar que en forma general la cuenca se caracteriza por suelos de origen kárstico con presencia de material parental de rocas carbonatadas, considerando la alta cantidad de lluvias propias del clima y la presencia de carbonatos, se desarrolla una fuerte densidad de cavidades en disolución y baja densidad de drenaje superficial.

Por la riqueza y diversidad de recursos naturales presentes en la cuenca del río Cahabón, es necesario conocer la problemática que afecta la degradación de dichos recursos, en tal sentido, se ha desarrollado el Diagnóstico de los recursos naturales de la cuenca del río Cahabón para comprender el uso y manejo de los recursos naturales en la cuenca y los problemas que se presentan.

Para lo cual el diagnóstico se ha desarrollado entre febrero y abril del 2004 durante el tiempo, espacio y recursos disponibles correspondientes al Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el periodo de febrero a noviembre del 2004.

El diagnóstico se compone básicamente de la introducción, los objetivos, la metodología empleada, antecedentes, el marco referencial, caracterización biofísica del área, el análisis de la problemática, las conclusiones, recomendaciones y bibliografía empleada.

Haciendo uso de la matriz de priorización de problemas se obtuvieron en orden descendente, los siguientes problemas:

- Cambios inadecuados de la cobertura vegetal.
- Insuficiente disponibilidad de agua.
- Suelos erosionados.
- Alteración del ciclo hidrológico.

Con la problemática detectada y priorizada, el trabajo de EPS y tesis, realizado en la región II del INAB y bajo el programa de investigación en hidrología forestal, se enfocó al apoyo en las actividades técnicas de la institución y los requerimientos técnicos que planteó la línea de investigación en hidrología forestal.



## **2. Objetivos**

### **2.1. General**

Determinar el estado actual de los recursos naturales de la cuenca del río Cahabón, para el análisis de la problemática, como base para el desarrollo del programa de investigación en hidrología forestal por parte del INAB.

### **2.2. Específicos**

- Recopilar información biofísica de la cuenca del río Cahabón, para caracterizar el estado actual de los recursos naturales y con ello analizar y priorizar los problemas existentes.
- Determinar la problemática actual de la cuenca del río Cahabón como base para el planteamiento de servicios y la investigación, siguiendo los lineamientos y propósitos del programa de investigación en hidrología forestal por parte del INAB.

### **3. Metodología**

- 3.1. Por el tiempo y los recursos disponibles, el diagnóstico, se realizó a través de fuentes documentales, visitando centros de documentación, consultas con instituciones que trabajan en el área e información digital existente.
- 3.2. Se determinó la localización, generalidades y vías de comunicación del área.
- 3.3. Posteriormente se obtuvo la información referente a geología, fisiografía, zonas de vida, clima, capacidad de uso de la tierra, ordenamiento territorial, uso de la tierra, suelos, cobertura forestal y recurso hídrico. Haciendo uso de la información documental que existe con respecto a la república de Guatemala y la región en estudio, así también con la información de mapas temáticos digitales del MAGA, 2001 (6).
- 3.4. Con respecto al análisis de la problemática, se realizó por medio de la matriz de priorización de problemas, mediante la cual se incluyeron los problemas por gran tema.

#### 4. Antecedentes

Entre los primeros estudios hidrológicos de la cuenca del río Cahabón, está el de Hernández, 1971 (3), sobre aspectos morfométricos. Recordando que la cuenca del río Cahabón forma parte de la vertiente Atlántica es importante hacer mención que Ponce, 1972 (12) realizó un análisis de frecuencias para ciclones provenientes del océano Atlántico que han afectado a Guatemala, en la historia reciente de los desastres naturales a causa del clima se reporta el huracán Mitch en octubre de 1998, llegando a catalogarse por 33 horas como devastador.

Se presentó el estudio de CARE, 2001 (1) sobre evaluación de riesgo a remociones, otros procesos erosivos e inundaciones para la cuenca del río Polochic y la parte baja de la cuenca del río Cahabón, así como, la tesis de grado en la carrera de geología por Yash, 2003 (13) que tiene por objetivo general realizar el análisis de crecidas en la parte occidental de la cuenca del río Cahabón, para lo cual fue necesario construir un banco hidrometeorológico de Alta Verapaz con boletines publicados por el INSIVUMEH e INDE. En el mismo estudio se recomienda la implementación de un sistema de monitoreo puntual, por lo menos de lluvias, para llegar a establecer un sistema de alerta temprana por inundaciones para la zona.

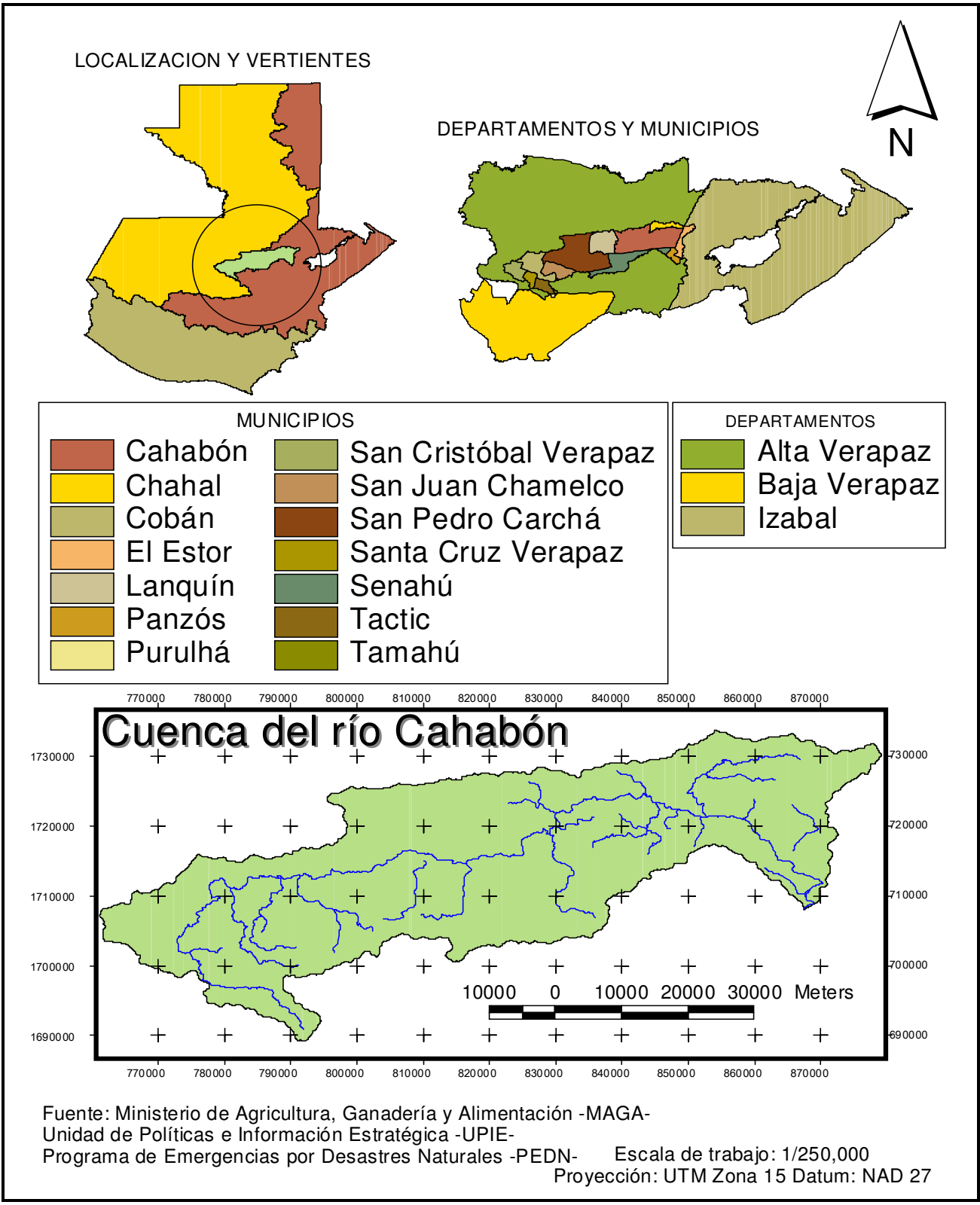
La Política forestal de Guatemala plantea directrices generales e instrumentos de política para la conservación de zonas de recarga hídrica, así también el Instituto Nacional de Bosques (INAB), como órgano de dirección y ejecución de la política, en su plan de trabajo del 2001 al 2015 establece la actividad programática de Conservación de Áreas de Recarga Hídrica y propone la incorporación de áreas con bosque natural identificadas como zonas estratégicas de recarga hídrica se incorporen al manejo y protección.

En la cuenca actualmente tienen presencia e influencia en su manejo diferentes instituciones gubernamentales, no gubernamentales (ONG's) y privadas, que con sus siglas podemos mencionar a CARE, PDP, FRMT, FONAPAZ, FONTIERRA, CONTIERRA, SEGEPLAN, UTJ, GTZ, ANACAFE, FEDECOVERA, TALITA KUMI, PLV, PRODEVER, entre otras, que ejecutan programas y proyectos de desarrollo con base en la producción agrícola, agropecuaria, forestal, agroforestal y energética, de educación, salud, enfoque de género, manejo y conservación de los recursos naturales.

## **5. Localización y generalidades**

La cuenca del río Cahabón, con un área de 2,451.67 Km<sup>2</sup> que drena hacia la vertiente del Caribe, se localiza en la parte Norte de la república de Guatemala, entre las coordenadas geográficas 15°24'24" y 15°26'35" de Latitud Norte y 90°35'17" y 89°33'47" de Longitud Oeste. Presentando aproximadamente alturas desde los 50 msnm hasta los 2,645 msnm. Como se muestra en la Figura 1.

La cuenca abarca parte de los municipios de Santa María Cahabón, Chahal, Cobán, Lanquín, Panzós, San Cristóbal Verapaz, San Juan Chamelco, San Pedro Carchá, Santa Cruz Verapaz, Senahú, Tactic y Tamahú del departamento de Alta Verapaz. Así también el municipio de Purulhá del departamento de Baja Verapaz y el municipio de El Estor del departamento de Izabal. A continuación se presenta la figura 1 como referencia de lo descrito.



**Figura 1** Localización y vertientes, departamentos y municipios de la cuenca del río Cahabón.

## 6. Vías de comunicación

Para planificar diferentes actividades productivas en la cuenca es necesario conocer las vías de comunicación, con lo cual determinar el recorrido hacia algún punto de interés.

En tal sentido, para llegar a cabecera departamental de Alta Verapaz, desde la ciudad capital se toma la ruta al Atlántico (CA-9, Norte) hasta llegar al Rancho, El Progreso, en este punto se toma la carretera CA-14, que conduce a Cobán.

En lo que al área de la cuenca se refiere, existe comunicación interdepartamental por la carretera No. 3 entre Purulhá y Tactic, la cual es asfaltada y de dos carriles. Luego la comunicación entre Tactic y San Cristóbal Verapaz es por carretera asfaltada de dos carriles, con desvío a Santa Cruz Verapaz o bien comunicación entre Santa Cruz Verapaz y San Cristóbal Verapaz por la carretera nacional 7w, asfaltada y de dos carriles.

A partir del desvío a Santa Cruz Verapaz se llega a la ciudad de Cobán, recorriendo la carretera nacional No. 5 de asfalto y con dos carriles, posteriormente Cobán se comunica con San Pedro Carchá por la carretera departamental No. 5 con asfalto y de dos carriles; así también Cobán con San Juan Chamelco se intercomunican por la carretera asfaltada y de dos carriles No. 1. Posteriormente de San Pedro Carchá a través de la carretera nacional No. 5 y la departamental No. 6 que son de dos carriles y transitables todo el año se llega a Lanquín y posteriormente a Santa María Cahabón para dirigirse por una carretera de terracería con solo un carril a El Estor.

## 7. Geología

En la cuenca del río Cahabón se distinguen 09 unidades geológicas que en forma resumida se presentan a continuación.

**Cuadro 1 Área de las Unidades geológicas de la cuenca del río Cahabón**

<b>UNIDAD GEOLOGICA</b>	<b>CODIGO</b>	<b>AREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Carbonífero-Pérmico	<b>CPsr</b>	43.02	1.75
Jurásico-Cretácico	<b>JKts</b>	18.68	0.76
Cretácico	<b>Ksd</b>	1,491.91	60.85
Cretácico-Terciario	<b>KTs</b>	320.88	13.09
Pérmico	<b>Pc</b>	246.44	10.05
Edad desconocida	<b>π</b>	308.81	12.60
Paleozoico	<b>Pzm</b>	2.59	0.12
Aluviones Cuaternarios	<b>Qa</b>	15.33	0.62
Cuaternario	<b>Qp</b>	4.01	0.16
	<b>TOTAL:</b>	<b>2,451.67</b>	<b>100</b>

Fuente: MAGA, (2001) (12)

Haciendo una breve descripción de las unidades tenemos:

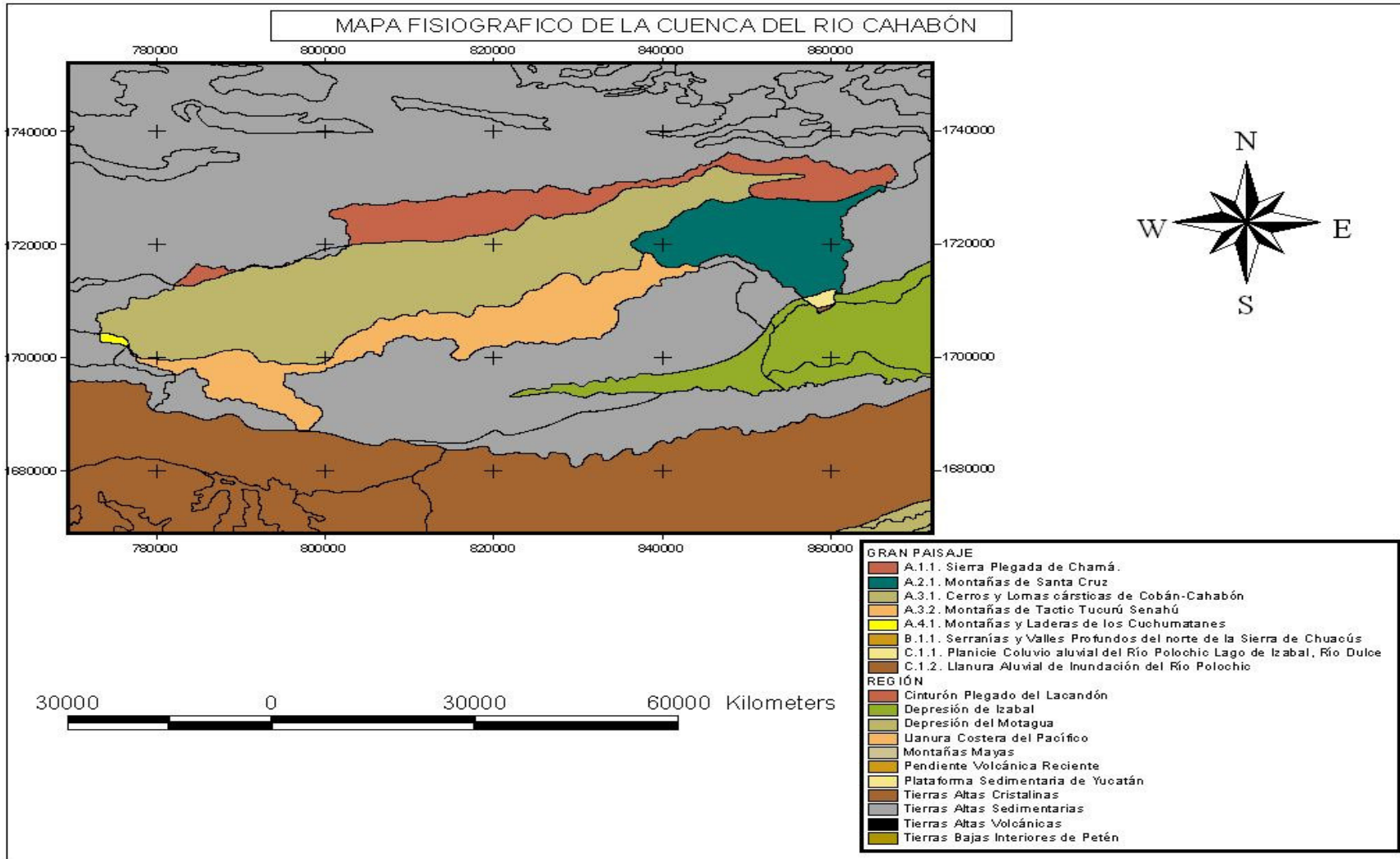
1. **CPsr:** presencia de Rocas Sedimentarias, del periodo Carbonífero-Pérmico, se caracteriza por el grupo Santa Rosa (lutitas, areniscas, conglomerados y filitas) formaciones Santa Rosa, Sacapulas, Tactic y Macal.
2. **JKts:** con Rocas Sedimentarias, del periodo Jurásico-Cretácico, caracterizada por formaciones Todos Santos, de edad del Jurásico Superior-Neocomiano (capas rojas). Incluye las formaciones San Ricardo.
3. **Ksd:** presencia de Rocas Sedimentarias, del periodo Cretácico, caracterizada por los carbonatos del Neocomiano-Camapanianos. Incluye grupos Cobán, Ixcoy, Campur, Sierra Madre y Yojoa.
4. **Kts:** presencia de Rocas Sedimentarias, del periodo Cretácico-Terciario. Se caracteriza por formaciones Sepur del Campaniano-Eoceno. Predomina la presencia de sedimentos clásticos marinos. Incluye las formaciones Toledo, Reforma, Cambio y Grupo Verapaz.
5. **Pc:** presencia de Rocas Sedimentarias, del periodo pérmico, se caracteriza por las formaciones Chóchal (carbonatos).
6. **Pi:** con Rocas Igneas y Metamórficas, del periodo Terciario, se caracteriza por rocas ultra básicas de edad desconocida. Predominantemente Serpentinitas en parte con edad pre-Mestrichtiano.
7. **Pzm:** con Rocas Ígneas y Metamórficas, del periodo Paleozoico, se caracteriza por rocas metamórficas sin dividir. Presencia de Filitas, Esquistos clorítico y granatíferos, Esquistos y Gneisses de cuarzo-mica-feldespatos, Mármol y Migmatitas.
8. **Qa:** presencia de Rocas Sedimentarias, del periodo de Aluviones Cuaternarios.
9. **Qp:** con Rocas Ígneas y Metamórficas, del periodo Cuaternario, caracterizada por rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso.

Teniendo en cuenta lo anterior es de hacer notar que el 60.85% de la cuenca esta conformado por **Ksd** unidad de rocas sedimentarias con carbonatos que por su característica es un material con fuerte densidad de cavidades de disolución.

## **8. Fisiografía**

Sobre la base de los mapas temáticos digitales publicados por el MAGA, 2001 (6) se obtuvieron 08 unidades fisiográficas como se observa en la figura 2 y se presentan en la leyenda fisiográfica:





**Figura 2 Fisiografía de la cuenca del río Cahabón.**

**Cuadro 2 Leyenda fisiográfica de la cuenca del río Cahabón**

REGIÓN	SUB-REGIÓN	GRAN PAISAJE	CODIGO	No. de UNIDAD	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	(%)
<b>Tierras Altas Sedimentarias (A)</b>	Sierra de Chamá (1)	Sierra Plegada de Chamá (1)	<b>A.1.1.</b>	1	410.52	16.74
	Zona Montañosa de Santa Cruz (2)	Montaña de Santa Cruz (1)	<b>A.2.1.</b>	2	363.00	14.81
	Zona Montañosa de Cobán-Senahú (3)	Cerros y Lomas Kársticas de Cobán-Cahabón (1)	<b>A.3.1.</b>	3	1,160.51	47.34
		Montañas de Tactic-Tucurú-Senahú (2)	<b>A.3.2.</b>	4	500.37	20.41
	Cordillera de los Cuchumatanes (4)	Montañas y Laderas de los Cuchumatanes (1)	<b>A.4.1.</b>	5	6.03	0.25
<b>Tierras Altas Cristalinas (B)</b>	Sierra de Chuacús (1)	Serranias y Valles Profundos del Norte de la Sierra de Chuacús (1)	<b>B.1.1.</b>	6	0.18	0.007
<b>Depresión de Izabal (C)</b>	Planicie Aluvial del Polochic (1)	Planicie Coluvio Aluvial del Río Polochic, Lago de Izabal, Río Dulce (1)	<b>C.1.1.</b>	7	9.38	0.38
		Llanura Aluvial de Inundación del Río Polochic (2)	<b>C.1.2.</b>	8	1.68	0.07
<b>TOTAL</b>					<b>2,451.67</b>	<b>100</b>

Fuente: MAGA, (2001) (12)

Haciendo una breve descripción de las unidades fisiográficas tenemos:

- **A.1.1. Sierra Plegada de Chamá:** con lo que respecta al gran paisaje, constituye el eje central norte del país, desde el occidente en Huehuetenango hasta el Norte de Izabal, pasando por Quiché y Alta Verapaz. Con elevaciones desde 1,800 msnm hasta 1,939 msnm. Presencia de Carbonatos de las formaciones Ixcoy, Cobán y Campur, dominan las Calizas y en menor grado las Dolomías, algunas intercalaciones de Lutitas, Limonitas y Brechas Calcáreas, en la formación Cobán encontramos capas de Anhydrita. Refiriéndonos a la morfología geológica de gran paisaje de acuerdo a los fósiles asociados con las fases litológicas, esta unidad estuvo relacionada en algún tiempo a un ambiente marino de poca profundidad. Correspondiente al periodo Terciario.

Con lo que respecta a la Sub-región (Sierra de Chamá), se ubica desde el Occidente (Oeste) de Huehuetenango y Quiché, Norte de Izabal y el vértice de Guatemala-Belice. Con elevaciones desde los 200 msnm hasta los 2,000 msnm, presentando drenaje Escaso y con rocas de Carbonatos (calizas, dolomías y evaporitas), Anhydrita, Clásticos y material Coluvio-Aluvial. Con edad del Cretácico superior, Terciario y Cuaternario.

Observaciones de la Sub-región: debido a la dominación del fenómeno de Karst, las corrientes de drenaje superficial son escasas.

- **A.2.1. Montaña de Santa Cruz:** mencionando al gran paisaje, lo ubicamos, al Noroeste del Lago de Izabal, al este de Cahabón y al Norte de El Estor y Sahilá al Noreste. Presentando pendientes entre los 4-32%, drenaje Paralelo y Subparalelo. Con rocas Serpentinitas, Peridotitas serpentinizadas, algunos afloramientos de Carbonatos de las formaciones de Cobán y Sepur. La morfología geológica aparentemente es parte del manto subtropical, sobre el que se depositan rocas sedimentarias en lo relacionado a su composición, ya que esta constituida por serpentinitas. La Edad geológica se considera compleja de finales del Terciario (mioceno-plioceno) al Cuaternario reciente.

- **A.3.1. Cerros y Lomas Kársticas de Cobán-Cahabón:** el gran paisaje se extiende desde Cobán a San Cristóbal Verapaz, abarcando principalmente el municipio de Cahabón en Alta Verapaz. Con elevaciones de 700 a 2,002 msnm y pendientes mayores al 32%. Se presentan rocas con Carbonatos, principalmente calizas, dolomías y evaporitas (Anhydrita) de la formación Cobán. En la morfología geológica podemos mencionar que esta unidad se formó bajo el nivel del mar y luego fue elevada, plegada y erosionada. La Edad corresponde al Cretácico superior.

En la sub-región (Zonas montañosas Cobán-Senahú) el drenaje es Escaso y las rocas que se presentan son calizas, dolomías, evaporitas clásticas y plutónicas.

Como Observación de la sub-región: no se observan muchas corrientes de drenaje superficial debido a la presencia de Karst. Dentro de esta unidad se encuentran las rocas más antiguas del país.

- **A.3.2. Montañas de Tactic, Tucurú y Senahú:** el gran paisaje se ubica desde Tactic hacia el Norte de Purulhá, Tucurú y Senahú en Alta Verapaz. Con elevaciones entre 100 a 2,000 msnm y pendientes entre 24-40%. Las rocas que se presentan son del grupo Santa Rosa (lutitas, areniscas, conglomerados y filitas) Carbonatos de la formación Chocal, rocas Clásticas (formación Todo Santos), Carbonatos y Rocas Metamórficas del Chuacús y algunas rocas Plutónicas. Con respecto a la morfología geológica, el levantamiento y la erosión ha dejado a estas montañas en un estado de degradación alto, ha existido erosión hídrica que ha ayudado a la formación de esta unidad. Con una Edad geológica del Cretácico superior en el Terciario.

Respecto a la sub-región (Zona montañosa Cobán-Senahú) se menciona en la anterior unidad.

- **A.4.1. Montañas y Laderas de los Cuchumatanes:** el gran paisaje se ubica como eje occidental del país, desde el Noreste en el departamento de Huehuetenango, en la frontera con México hasta el Noreste de Uspantán en el departamento de Quiché. Presenta rocas Graníticas prepérmicas que afloran en el río Rancho Viejo, rocas Sedimentarias, rocas Clásticas, Calizas y Dolomías y en algunas partes Detríticas carbonatadas. En la morfología geológica el origen de la cordillera es principalmente sedimentario, con Edad del Terciario.

Como observación del Gran Paisaje: que una pequeña parte del municipio de San Cristóbal Verapaz es la que forma parte de la fisiografía de la cuenca del Río Cahabón.

Con respecto a la sub-región (Cordillera de los Cuchumatanes) el drenaje es subdendrítico, paralelo y subparalelo. Con rocas Sedimentarias; Carbonatadas, Clásticas, Calizas y Dolomías.

- **B.1.1. Serranías y Valles Profundos del Norte de la Sierra de Chuacús:**

Como observación al Gran paisaje: una parte muy pequeña del municipio de Purulhá conforma la fisiografía de la cuenca del Río Cahabón. Considerando que por su tamaño, la unidad, puede ser parte de la unidad denominada Montañas de Tactic-Tucurú-Senahú, mencionada anteriormente.

Entre las rocas presentes tenemos Periodotita, Serpentinita, rocas Sedimentarias; Clásticas de las distintas formaciones, así como Carbonatos de la formación Cobán.

- **C.1.1. Planicie Coluvio Aluvial del Río Polochic, Lago de Izabal, Río Dulce:** el gran paisaje es todo el contorno del Lago de Izabal, desde Panzos, El Estor y Castillo de San Felipe. Con elevaciones de 2 a 7 msnm. Conformado por rocas Metamórficas y Sedimentarias carbonatadas, arenosas con lentes de grava. La morfología geológica tiene un origen fluvial con aporte de coluvios, además de los procesos tectónicos sedimentarios de la cuenca a la Bahía de Amatique. La Edad geológica corresponde del Terciario superior al Cuaternario actual.

Observaciones al Gran Paisaje: en la parte correspondiendo a Panzos el drenaje es hacia la cuenca del Río Cahabón, razón por la cual, siendo unidad del Polochic en su mayoría afecta al Río Cahabón objeto de estudio.

- **C.1.2. Llanura Aluvial de Inundación del Río Polochic:** el gran paisaje inicia al Sur de la población de Panzos en el límite del departamento de Baja Verapaz con Izabal, hasta la parte Suroeste del Lago de Izabal. Con elevaciones hasta los 2 msnm, pendientes de 4%. La llanura está formada por fracciones de arena, limo y arcilla provenientes de rocas Sedimentaris y Metamórficas. Con la morfología geológica la unidad tiene un origen fluvial con aportes de coluvios, con Edades geológica del Pleistoceno al actual.

Observaciones al Gran paisaje: una pequeña parte de la unidad que corresponde al municipio de Panzos, drena hacia el Río Cahabón.

De las 8 unidades, solo entre las unidades **A.1.1.**, **A.2.1.**, **A.3.1.** y **A.3.2.** se cubre el 99.30% de la cuenca que se caracterizan por la presencia de rocas carbonatadas pudiendo distinguirlo como un ambiente kárstico con presencia de cavidades de disolución y con baja densidad de drenaje superficial.

## 9. Zonas de vida

La cuenca del río Cahabón presenta un total de 04 zonas de vida tomadas a partir de MAGA, 2001 (6), como se observan en la figura 3 y en forma resumida se presenta en el cuadro 3:

**Cuadro 3 Zonas de vida presentes en la cuenca del río Cahabón.**

<b>CODIGO</b>	<b>ZONA DE VIDA</b>	<b>ÁREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
bmh-S (c)	Bosque muy húmedo Subtropical (cálido)	1,224.53	49.95
bmh-S (f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	1063.97	43.40
bp-S	Bosque pluvial Subtropical	30.45	01.24
bp-MB	Bosque pluvial Montano Bajo Subtropical	132.72	05.41
<b>TOTAL</b>		<b>2,451.67</b>	<b>100</b>

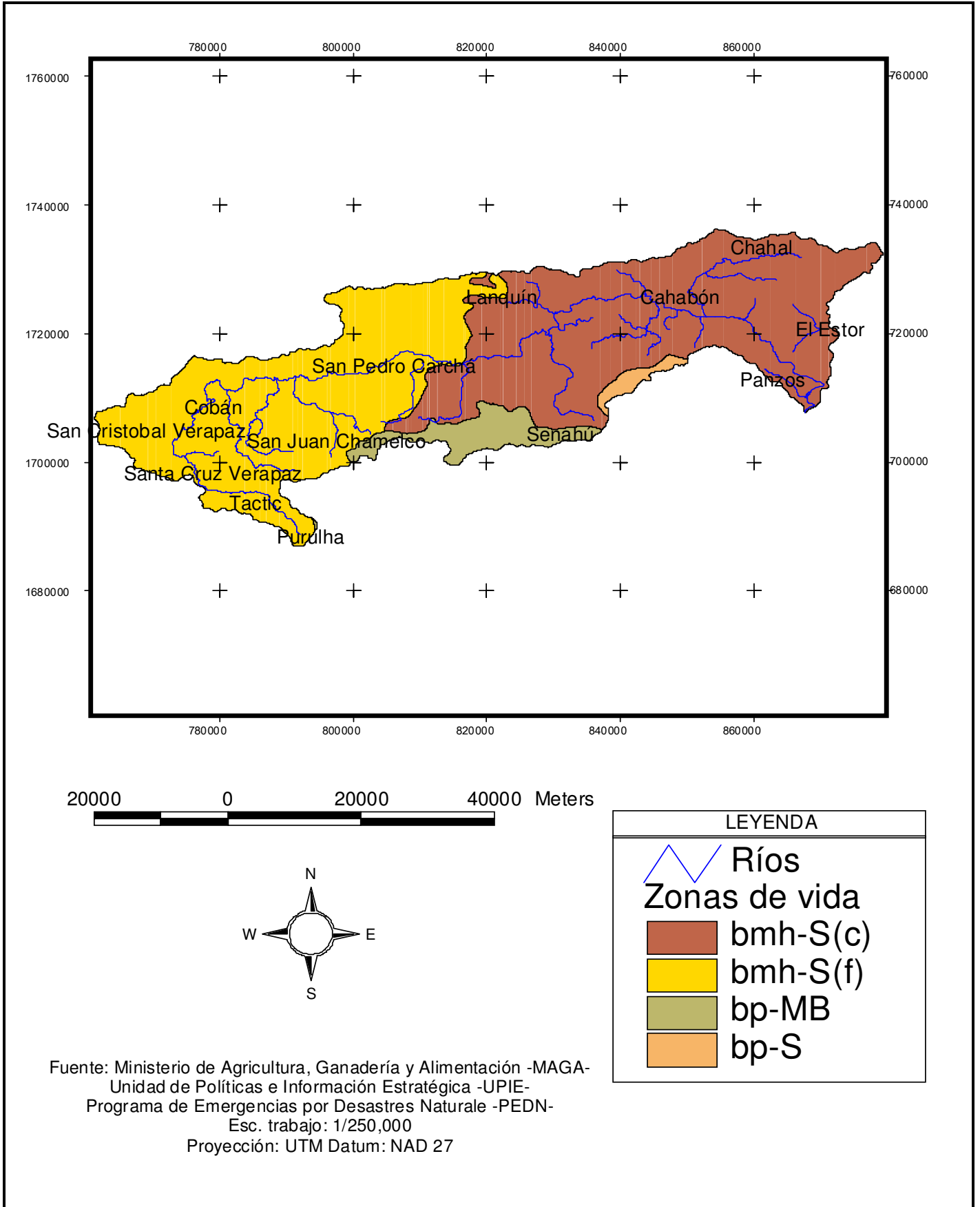
Fuente: MAGA, (2001) (12)

Como se puede observar la mayor parte del ambiente es predominado por el **Bosque muy húmedo Subtropical cálido y frío** en 93.35% de la cuenca, con la particularidad de presentar una alta cantidad de lluvia. Por tanto, se describe a continuación las características principales de estas zonas de vida mencionadas.

El Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido) se refiere a las zonas bajas del país donde la biotemperatura es obtenida por medio de los cálculos utilizando también temperaturas que sobrepasan los

30 °C. cubriendo parte de la Costa Sur y en el Norte abarca los departamentos de Izabal, Norte de Alta Verapaz, Quiché y Huehuetenango, asimismo la parte Sur del Petén. Con respecto a las condiciones climáticas se especifica información para la Costa Sur y zona Sur de Petén. Los terrenos de esta zona de vida son de topografía desde plana hasta accidentada, con elevación que varía desde 80 y 1,600 msnm. En vegetación podemos citar como especies indicadoras: *Orbignya cohune*, *Terminalia amazonia*, *Brosimum alicastrum*, *Lochocarpus spp*, *Virola spp*, *Cecropia spp*, *Ceiba pentandra*, *Vochysia hondurensis* y *Pinus caribaea*.

Para el Bosque Muy Húmedo Subtropical (frío) se hace referencia a las zonas de mayor altura donde las temperaturas medias son iguales a las biotemperaturas. Este segmento abarca los alrededores de Cobán, siguiendo una faja angosta de 2 a 4 Km. de ancho para Baja Verapaz, pasando por la cumbre de Santa Elena. Luego se separa la faja para seguir bordeando la Sierra de Las Minas por un lado y por el otro a la cumbre de El Chol en Baja Verapaz. El promedio de precipitación pluvial anual se estima en 2,284 mm. Las biotemperaturas van de 16 a 23 °C. La topografía es generalmente ondulada llegando a ser eventualmente accidentada, con elevación varía entre 1,100 msnm hasta 1,800 msnm. En vegetación se consideran como especies indicadoras: *Liquidambar styraciflua*, *Persea spp*, *Pinus pseudostrobus*, *Persea spp*, *Rapanea ferruginea*, *Clethra spp*, *Myrica spp*, *Croton draco*, *Eurya seemanii*.



**Figura 3 Zonas de vida presentes en la cuenca del río Cahabón.**

## 10. Clima

Con base en los mapas temáticos digitales del MAGA, 2001 (6) en la cuenca los mapas de isolíneas presentan precipitaciones promedio de 1,600 a 4,000 mm y temperaturas mínimas promedio de 10 a 20 °C con temperaturas máximas promedio de 26 a 32 °C, y humedad relativa que oscila entre el 80 al 90%, así también la evapotranspiración promedio es de 1,200 a 1,800 mm, todos los rangos en forma anual.

Sobre la base del trabajo realizado por Thorntwhite y que se presenta en los mapas temáticos digitales del MAGA, 2001 (6) se obtuvo la información que en forma resumida se presenta en el cuadro 4 y la figura 4:

**Cuadro 4 Resumen del clima presente en la cuenca del río Cahabón.**

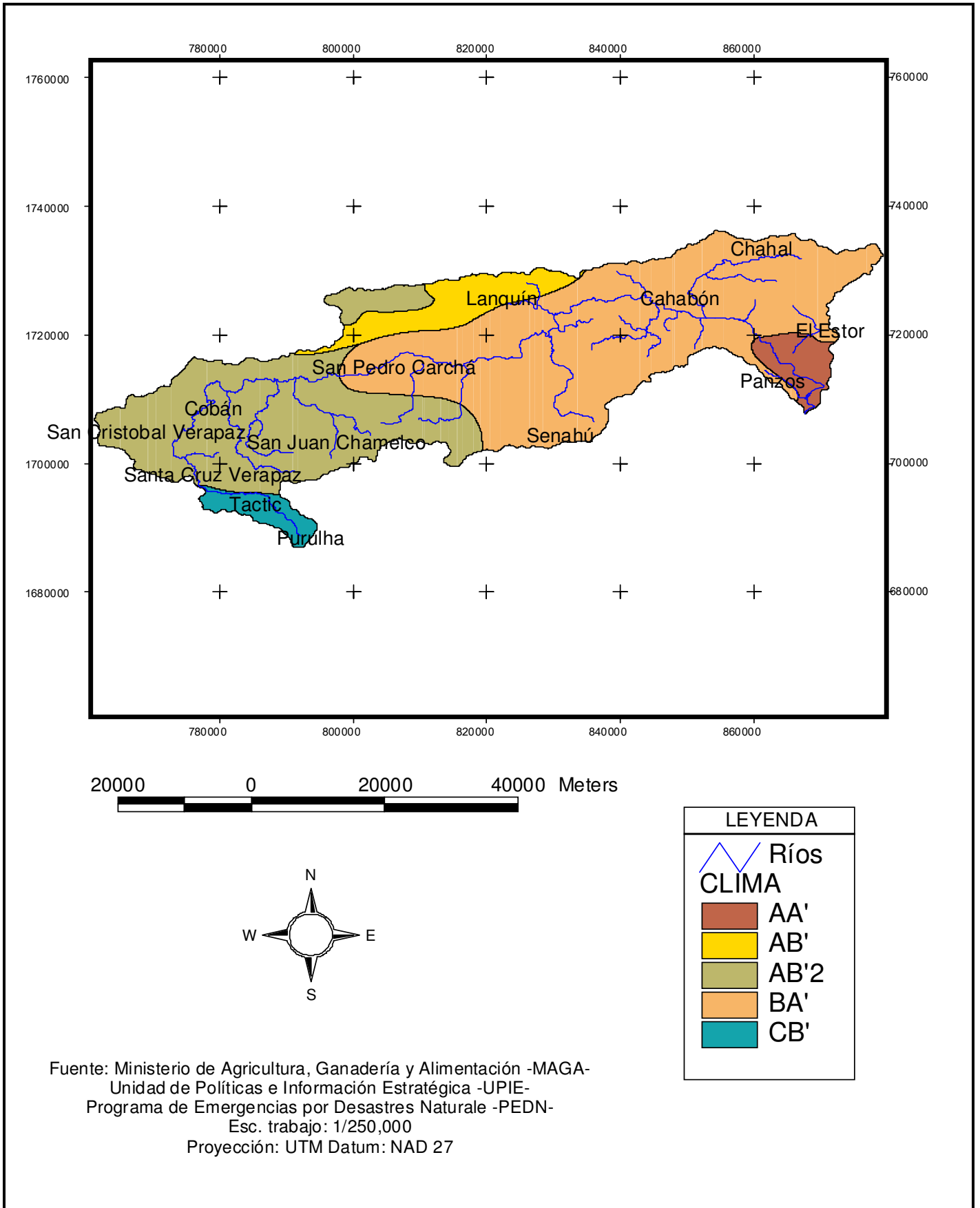
<b>CODIGO DE HUMEDAD</b>	<b>TIPO</b>	<b>CODIGO DE TEMPERATURA</b>	<b>TIPO</b>
A	Muy Húmedo	A'	Cálido
B	Húmedo	B'	Semi Cálido
C	Semi Seco	B'2	Templado
<b>CLASIFICACION CLIMATICA POR THORNTWHITE</b>			
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>AREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
CB'	Semi Seco – Semi Cálido	70.63	03
AB'2	Muy Húmedo – Templado	840.11	34
AB'	Muy Húmedo – Semi Cálido	169.20	07
BA'	Húmedo – Cálido	1,283.06	52
AA'	Muy Húmedo - Cálido	88.67	04
<b>TOTAL</b>		2,451.67	100

Fuente: MAGA, (2001) (6)

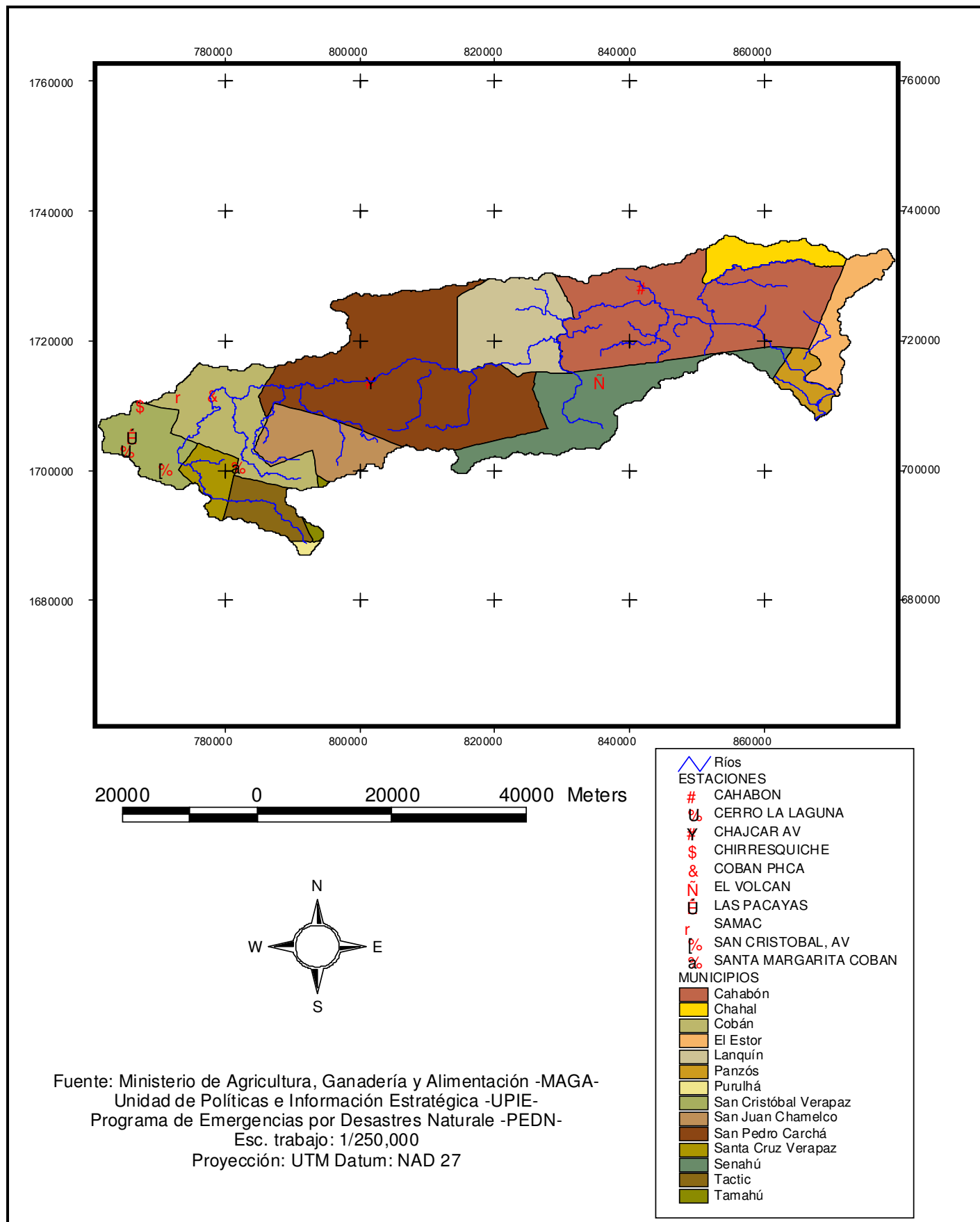
El 34% de la superficie de la cuenca corresponde a clima **Muy Húmedo-Templado** y 52% corresponde a clima **Húmedo-Cálido**, haciendo un total de superficie representada de 86% y el 14% restante se distribuye entre los otros tipos. En base a las clasificaciones climáticas de mayor influencia en la cuenca, es de esperar que por los tipos de húmedo y muy húmedo las precipitaciones pluviales sean frecuentes, con variación en los tipos de temperaturas.

Importante de mencionar la ubicación geográfica de solamente 10 estaciones climáticas aprobadas por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH- de las cuales parte el desarrollo de los estudios climáticos de la región de interés, por lo tanto se presentan las figuras 4 y 5, para su consideración:





**Figura 4** Clima presente en la cuenca del río Cahabón.



**Figura 5 Estaciones de referencia de la cuenca del río Cahabón.**

## 11. Capacidad de uso de la tierra

La información obtenida de la capacidad de uso de la tierra se realizó sobre la base de clasificación del Departamento de Agricultura de EEUU en el trabajo realizado por el MAGA, 2001 (6) para la república de Guatemala a escala 1:250,000. Obteniéndose con ello un total de 07 Clases Agrológicas presentando desde la clase II hasta la Clase VIII, con una capacidad de uso que va desde Tierras cultivables con pocas limitaciones (Clase II), pasando por Tierras cultivables con medianas y severas limitaciones, tierras no cultivables y en mayor porcentaje tierras con fines de producción forestal, hasta la Clase VIII correspondiente a Tierras aptas para protección. En forma resumida se presenta en el cuadro 5 la capacidad de uso para la cuenca del Río Cahabón.

**Cuadro 5 Capacidad de uso de la tierra para la cuenca del río Cahabón**

CLASE	CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
I	Tierras cultivables sin limitaciones	0.00	0.00
II	Tierras cultivables con pocas limitaciones	39.56	1.61
III	Tierras cultivables con medianas limitaciones	20.00	0.81
IV	Tierras cultivables con severas limitaciones	100.69	4.11
V	Tierras aptas para pastos y bosques	0.83	0.03
VI	Tierras aptas para cultivos perennes y forestal	269.35	10.99
VII	Tierras aptas solo para producción forestal	1,924.04	78.48
VIII	Tierras aptas para protección	97.20	3.96
<b>TOTAL</b>		<b>2,451.67</b>	<b>100</b>

Fuente: MAGA, (2001) (6)

Es importante mencionar que el 78.48% de la cuenca posee una capacidad de uso correspondiente a Tierras aptas solo para producción forestal, teniendo en cuenta la máxima aplicación del recurso suelo sin que se deteriore.

## 12. Ordenamiento territorial

Sobre la base del mapa para ordenamiento territorial del MAGA, 2001 (6), se obtiene el cuadro 6 resumen que se presenta a continuación:

**Cuadro 6 Ordenamiento territorial 2001 para la cuenca del río Cahabón**

CATEGORIA	AREA (Km <sup>2</sup> )	(%)
Áreas Protegidas	21.03	0.86
Áreas de Protección Especial	00.50	0.02
Zonas Aptas para la Agricultura Intensiva	39.56	1.61
Zonas Aptas para la Agricultura con Prácticas de Conservación	120.69	4.92
Zonas Aptas para la Producción Agroforestal	2,171.86	88.59
Zonas de Protección y Conservación de Biodiversidad	98.03	4.00
<b>TOTAL</b>	<b>2,461.67</b>	<b>100</b>

Fuente: MAGA, (2001) (6)

## 13. Uso de la tierra

En la cuenca del río Cahabón, con una extensión de 2,451.67 Km<sup>2</sup>, para el año 1,999 se presentaron 11 tipos de usos de la tierra, sobre la base de los mapas temáticos presentados por el MAGA, 2001 (6) por tanto el cuadro 7 en resumen describe la información más importante obtenida para la cuenca.

**Cuadro 7 Uso de la tierra para la cuenca del río Cahabón**

SUB-GRUPO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	(%)
Agricultura Limpia Anual	1,009.46	41.17
Agricultura Perenne	62.28	2.53
Arbustos con alturas de 1.5 a 5mts. (Incluye bosque secundario y regeneración)	285.32	11.64
Áreas construidas	8.94	0.36
Coníferas	6.96	0.28
Hierbazal	11.46	0.47
Humedal con Bosque (Incluye bosque de mangle)	0.70	0.03
Lagos, Lagunas y otros (lénticos)	0.98	0.04
Latifoliadas	880.41	35.92
Matorral (Guamil) con alturas de 0.5 a 1.5 mts.	172.50	7.04
Mixto	12.66	0.52
<b>TOTAL</b>	<b>2,451.67</b>	<b>100</b>

Fuente: MAGA, (2001) (6)

Es de resaltar que la **Agricultura Limpia Anual** se práctica en 41.17% de la superficie de la cuenca y la cobertura por **Latifoliadas y Coníferas** corresponde a 42.88 %. Por tanto, al tener como lineamiento la

capacidad de uso de la tierra y el ordenamiento territorial que en síntesis establecen el uso correcto para la cuenca en aproximadamente el 80% de la superficie en forestal o forestal con asociados, se determina que aproximadamente el 40% de la superficie se encuentra bajo uso inadecuado. Para lo cual se debe tener en cuenta que en el uso inadecuado puede presentarse una mayor intensidad de uso de suelo, lo cual repercute en el deterioro del mismo, o bien coberturas sin valor como lo son arbustos o matorrales que dependiendo de los intereses de producción puede establecerse un sobreuso o subuso.

#### 14. Suelos

Con el trabajo realizado por Simmons, Tárano y Pinto en 1959 (12) se tienen los tipos de suelos hasta serie para la república de Guatemala, a partir de dicho trabajo y el presentado por el MAGA, 2001 (6) se obtuvo que para la cuenca del río Cahabón se presenten 11 series, como se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 8 Serie de suelos presentes en la cuenca del río Cahabón**

SERIE	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
<b>Carchá</b>	149.94	6.11
<b>Chacalté</b>	48.69	1.98
<b>Chixoy</b>	0.43	0.02
<b>Cobán</b>	280.69	11.45
<b>Guapaca</b>	272.13	11.10
<b>Polochic</b>	5.29	0.23
<b>Sebach</b>	253.31	10.33
<b>Semuc</b>	10.04	0.41
<b>Suelos de los Valles</b>	8.35	0.34
<b>Tamahú</b>	1,173.94	47.88
<b>Telemán</b>	248.86	10.15
<b>TOTAL</b>	<b>2,451.67</b>	<b>100</b>

Fuente: MAGA, (2001) (6)

En orden descendente de cobertura las series de suelos **Tamahú, Cobán, Guapaca, Sebach** y **Telemán** conforman el 90.91% del área.

Haciendo una breve descripción por cada serie de suelos, se presenta la siguiente información:

- **Carchá:** suelo con ceniza volcánica como material originario, en un rango altitudinal desde los 600 msnm hasta 1,800 msnm, presentando un relieve de ligeramente ondulado a ondulado, en forma general tiene un buen drenaje como buen drenaje interno. La textura superior es Franco-Limosa a Franco-Arcillosa de color café muy oscuro y la textura subterránea es Franco-Limosa a Franco-Arcillo-Limosa de color café oscuro, café claro y café amarillento. Considerado como suelo profundo con una

profundidad efectiva de 150 cm, con valores de pH = 5.50 considerado como Ácido, con bajo riesgo de erosión y limitante de fertilización por la baja saturación de bases, teniendo un alto potencial de fertilización teniendo en cuenta la baja saturación de bases por el manejo.

- **Chacalté:** la roca caliza es el material originario, con altitudes de 0 a 450 msnm, el relieve es Karst, en general con buen drenaje y buen drenaje interno, la textura superior es Arcilla predominando el color café muy oscuro y la textura subterránea Arcilla predominado el color café, suelos con profundidad de 50 cm considerados de profundidad media, con valores de pH = 7.10 considerado Neutro, alto riesgo de erosión, por afloramiento de roca es limitante de pedregosidad, con limitante de profundidad y alto potencial de fertilización.
- **Chixoy:** la roca caliza es el material originario, con relieve quebrado, con drenaje interno y en forma general excesivo, la textura superior es Arcilla con color café grisáceo muy oscuro y la textura subterránea es caliza fracturada, con una profundidad efectiva de 30 cm clasificado como profundidad delgada. El pH es de 7.25 considerado Neutro, con alto riesgo de erosión, limitante de relieve por pendiente, limitante de pedregosidad y profundidad que en sinergia conducen a limitante de riesgo por la erosión y exceso de drenaje que también es limitante.
- **Cobán:** el material originario es roca caliza, con altitudes de 900 a 1,800 msnm presentes en un relieve de ondulado a inclinado, con buen drenaje interno y superficial, el suelo presente en horizontes superiores presenta una textura Franco-Limosa de color café muy oscuro y la textura subterránea es Franco-Limosa a Arcillosa, suelos muy profundos con una profundidad efectiva de 300 cm y con pH = 6.20 considerado como Ácido.
- **Guapaca:** el material originario es de Esquistos (Arcilloso), con altitudes de 250 msnm a 600 msnm presentando relieve ondulado con buen drenaje, la textura superior es Arcillosa de color café oscuro a café grisáceo y la textura subterránea es Arcillosa de color café amarillento o café grisáceo, clasificado como suelo delgado por poseer una profundidad efectiva de 45 cm., el pH del suelo es Ácido de 4.86 aproximadamente, con limitante de relieve, limitante por el mal drenaje y limitante por el riesgo a erosión, con baja productividad pero un potencial fértil alto.
- **Polochic:** su material originario el Aluvión, con relieve plano, un drenaje interno malo y clasificado como suelo con drenaje muy pobre. La textura superior es Franco-Arcillo-Limosa de color gris cafésáceo y la textura subterránea Franco-Arcillo-Limosa de color gris a gris cafésáceo claro, suelo profundo con una profundidad efectiva de 100 cm, el pH = 6.50 tomado como Neutro, con bajo riesgo a la erosión, limitante por el mal drenaje que causa baja productividad por las inundaciones y el potencial fértil alto.
- **Sebach:** la serpentina o roca máfica serpentizada es el material originario, con relieve inclinado y buen drenaje en general, la textura superior es arcilla y su color café muy oscuro, la textura subterránea es arcilla de color café, clasificado como suelo delgado por la profundidad efectiva de 40 cm., con pH =

6.30 considerado Ácido, con alto riesgo a la erosión, limitante de relieve por la pendiente, con limitante de pedregosidad, limitante de erosión, por la baja profundidad limitante y con potencial fertilización regular a bajo.

- **Semuc:** con serpentina como material originario, a una altitud de 600 msnm, relieve ondulado, buen drenaje en general e interno, con textura superior arcillosa de color café rojizo y textura subterránea arcillosa de color café rojizo, suelo profundo con una profundidad efectiva de 100 cm, suelo Ácidos con pH = 5.34, con riesgo a la erosión de regular a bajo y limitante de fertilidad por ser baja o regular.
- **Suelos de los Valles:** suelos misceláneos que se depositan en los valles por el relieve.
- **Tamahú:** con roca caliza como material originario, relieve Karst con drenaje interno de bueno a excesivo y una clasificación general de buen drenaje, la textura superior Franca a Franco-Arcillosa de color café muy oscuro, con textura subterránea Franco-Calcareo a Franco-Arcillosa de color café oscuro, suelo medianamente profundo con profundidad efectiva de 50 cm., pH = 7.83 considerado Alcalino, alto riesgo de erosión, con limitante de relieve, profundidad, pedregosidad y por ende de erosión. Con potencial fértil de regular a alto.
- **Telemán:** el material originario es Esquisto, con altitudes de 60 a 500 msnm, un relieve inclinado, buen drenaje en general incluyendo interno, con textura superior Franco-Limosa y de color café oscuro a café, textura subterránea Franco-Limosa o Franco-Arcillo-Limosa a Arcilla de color café claro o café rojizo, suelo profundo de 60 a 100 cm. de profundidad efectiva, con pH = 5.22 considerado Ácido, alto riesgo a la erosión considerada como limitante, limitante de relieve y de pedregosidad presentando fragmentos de esquistos en todos los horizontes, con bajo potencial fértil.

## 15. Cobertura forestal

Por la interrelación existente entre el manejo de la tierras y su grado de degradación es necesario hacer mención de las áreas protegidas significativas existentes en la cuenca, por tanto, el área denominada Laguna Chichoj es un área protegida de 50.00 ha, K'antí Shul de 1,138.39 ha, Semuc Champey de 964.42 ha y el área restante de 243,014.19 ha es área Sin Protección considerada como zona de usos múltiples de cualquier índole.

Así también, es importante hacer mención que entre las instituciones que trabajan con respecto al recurso forestal resalta el Instituto Nacional de Bosque –INAB- como institución directora que vela por desarrollo de las actividades, teniendo en cuenta que del año de 1,999 viene funcionando en la región de las Verapaces la **MESA DE CONCERTACIÓN Y POLÍTICA FORESTAL MC&PF**, 1999 (9); instancia conformada por distintas organizaciones públicas y privadas, relacionadas con el sector forestal en las Verapaces; cuya finalidad es promover el desarrollo socio-económico de la región a través de la actividad forestal sostenible, y mediante acciones enmarcadas dentro de la política forestal nacional y la búsqueda de soluciones a la problemática que afecta el sector forestal y a la producción en general. La MC&PF se ha

convertido en un foro de discusión, análisis y propuesta en torno al desarrollo del sector forestal en la región de las Verapaces.

Se poseen datos de la cobertura forestal para el año de 1,999 de la Republica de Guatemala, para lo cual en la cuenca del río Cahabón se presentan los siguientes datos:

**Cuadro 9 Cobertura forestal (1,999) para la cuenca del río Cahabón.**

TIPO DE BOSQUE	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	%
Área sin Cobertura Forestal	803.01	32.75
Asocio de Latifoliado-Cultivos	497.35	20.29
Asocio de Mixto-Cultivos	452.12	18.44
Bosque de Coníferas	81.04	3.30
Bosque de Latifoliadas	321.81	13.13
Bosque Mixto	186.15	7.59
Bosque Secundario Arbustal	110.08	4.50
<b>TOTAL</b>	<b>2,451.67</b>	<b>100</b>

Fuente: MAGA, (2001) (6)

Es de hacer notar que la presencia de **Cultivos** en asocio con **Latifoliado y Mixto** como sistema agroforestal representa el 38.73% del área, **Área sin Cobertura Forestal** de 32.75%, la presencia de **Latifoliadas** cubre el 13.13% del área, el **Bosque Mixto** presente es 7.59% del área y restando por mencionar el **Bosque Secundario Arbustal** con 4.50% y el **Bosque de Coníferas** 3.30%. presentandose la mayor cobertura forestal en sistemas agroforestales, considerando esta tendencia, es necesario establecer el asocio de cultivos y bosque, como camino a seguir para el manejo adecuado del suelo.

## 16. Recurso hídrico

La cuenca del río Cahabón cuenta con 11 Subcuencas y el Área de Captación de la cuenca, como se puede observar en la figura 6, y en el cuadro 10 que presentan en forma resumida información por cada unidad que influye en la cuenca. Así también es importante mencionar que sobre la base del mapa de recarga hídrica, presentado en el trabajo del MAGA, 2001 (6) la cuenca del río Cahabón presenta, ALTA recarga en aproximadamente 75% del total, siendo BAJA recarga el restante 25% en los municipios de Panzos, Cahabón y El Estor.

La cuenca del río Cahabón pertenece a la vertiente del Atlántico (mar Caribe) de Guatemala, con una frecuencia de corriente de 6.41 corrientes por Km<sup>2</sup> y una longitud media de corriente de 184.40 Km.

Para tener idea del aprovechamiento del agua a nivel industrial en la cuenca, se hace mención que en la cuenca existe la planta hidroeléctrica Chichaic con la función de complementar la energía producida por la hidroeléctrica de Chixoy, también la hidroeléctrica del río Chajcar se encuentra en funcionamiento en



el municipio de San Pedro Carchá y actualmente en construcción la hidroeléctrica Chulac del municipio de Santa María Cahabón. En San Cristóbal Verapaz existe la planta para curtir cueros drenando sus aguas residuales a un afluente del río Cahabón, al Sur de la ciudad de Cobán funciona la planta de agua potable que abastece a la población del área urbana y en el municipio de San Juan Chamelco existe la planta de embotellamiento de agua potable Chabil Ha' con mercado de demanda distribuido en Alta y Baja Verapaz.

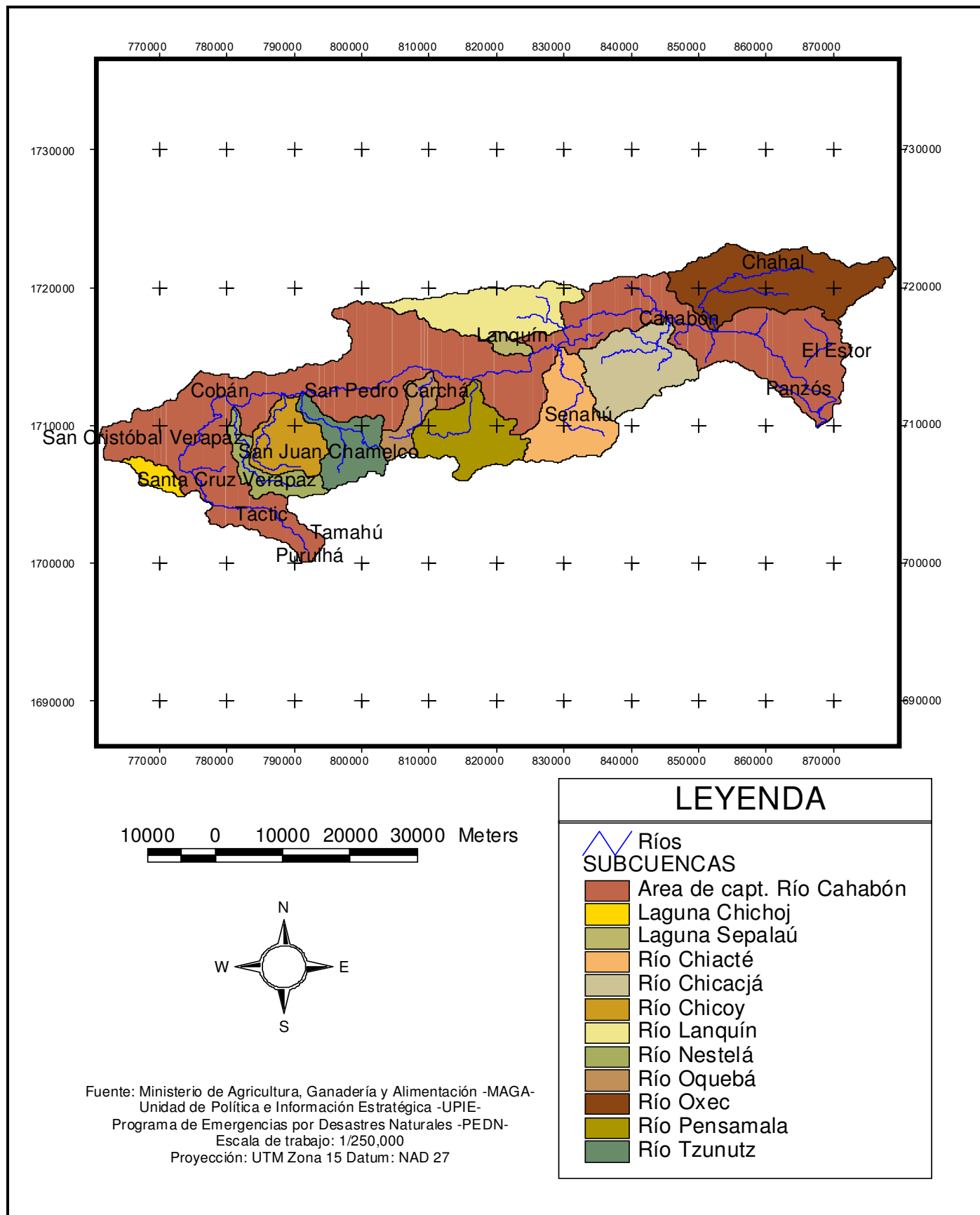
Así también, el agua que abastece a los poblados que se encuentran en la cuenca proviene de los afluentes y río principal.

**Cuadro 10 Unidades hidrológicas con influencia en la cuenca del río Cahabón.**

<b>UNIDAD HIDROLÓGICA</b>	<b>AREA POR UNIDAD HIDROLOGICA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Río Oxec	267.08	10.89
Área de Captación del Río Cahabón	1,211.29	49.40
Río Lanquin	158.17	6.45
Río Chicacjá	165.75	6.76
Laguna Sepalaú	14.76	0.60
Río Chiacté	142.49	5.81
Río Oquebá	51.21	2.09
Río Pensamala	138.12	5.63
Río Tzunutz	98.54	4.02
Río Chicoy	97.27	3.97
Río Mestelá	81.78	3.33
Laguana Chichoij	25.21	1.05
<b>TOTAL</b>	<b>2,451.67</b>	<b>100</b>

Fuente: MAGA, (2001) (6)

En el cuadro 10 se presentan 9 subcuencas que se distribuyen en toda la cuenca del río Cahabón como se presenta en la figura 6, así también en la cuenca existen dos lagunas y el área de captación en la cual los afluentes que se presentan en esta área no forman parte de ninguna subcuenca aunque pueden presentarse como microcuencas, en tal sentido, se considera que los afluentes drenan directamente a la corriente principal del río Cahabón.



**Figura 6** Unidades hidrológicas que conforman la cuenca del río Cahabón.

## 17. Análisis de la problemática

Considerando la información obtenida de los recursos naturales de la cuenca del río Cahabón, las observaciones en los recorridos de campo, los lineamientos y propósitos del programa de investigación en hidrología forestal, las percepciones de pobladores y personal de instituciones con respecto al manejo de los recursos naturales, lo anterior, con apoyo y participación del personal técnico de la Región II del INAB y del proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos –CEFE-. Se presenta el cuadro 11 de la matriz de priorización de problemas.

**Cuadro 11 Matriz de priorización de problemas**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>Pérdidas económicas (0-10)</b>	<b>Daños al ambiente (0-10)</b>	<b>Personas afectadas por el problema (0-10)</b>	<b>Prioridad (sumatoria)</b>
Insuficiente disponibilidad de agua	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>21 B</b>
Alteración del ciclo hidrológico	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>17 D</b>
Cambios inadecuados de la cobertura vegetal	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>22 A</b>
Suelos erosionados	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>18 C</b>

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la problemática detectada en el cuadro 11 se coloca en el primer lugar de priorización el cambio inadecuado de la cobertura vegetal, que al remover la cobertura natural de los suelos, que en la cuenca se caracteriza por ser de cobertura forestal, quedan desprotegidos y por tanto se degradan al momento de realizar agricultura intensiva sin prácticas de conservación, lo cual lleva a esperar que la producción en estos suelos disminuya a tal grado de llegar a ser improductivas y nada rentables, considerando estas circunstancias las fuentes de trabajo y alimentación disminuyen para las poblaciones presentes y futuras.

El segundo lugar lo ocupa la insuficiente disponibilidad del agua debido a su contaminación por circunstancias tales como los sedimentos de suelos, desechos sólidos, químicos y orgánicos producidos en los centros poblados y tierras bajo aprovechamiento, trayendo como consecuencia la reducción de actividades que necesitan del agua, lo cual aumenta costos y disminuye ganancias, afectando a las personas que perciben ingresos y se abastecen del líquido, comprometiendo el futuro de las generaciones.

Continuando se encuentran los suelos erosionados, que debido al uso inadecuado de los mismos éstos se degradan perdiendo productividad, lo cual reduce la actividad económica y al aumentar el acarreo de sedimentos éstos se depositan en las fuentes de agua y las contaminan reduciendo su disponibilidad, haciendo que la producción sea negativa y afecte la estabilidad de las familias y futuras generaciones.

En último punto de priorización, la alteración del ciclo hidrológico que al momento de retirar la cobertura vegetal que permite la regulación del ciclo y mantiene protegido recursos naturales tales como el suelo, flora y fauna, lo cual realiza a cabalidad la cobertura forestal, la alteración del ciclo distorsiona la distribución y disponibilidad en el tiempo del recurso agua, lo cual afecta las actividad productivas dependientes del líquido y afecta el desarrollo de la vida actual y por ende lleva a un futuro negativo.

## 18. Conclusiones

1. La cuenca del río Cahabón en gran parte de su área se localiza en un ambiente karstico, carbonatos solubles con facilidad al contacto con el agua, considerando que en el área aproximadamente la precipitación pluvial se estima en 2,500 mm anuales, aunado a la remoción de la cobertura natural como los son los bosques y además de ello la tendencia de someter los suelos a agricultura intensiva lo cual contradice la capacidad de uso y el ordenamiento territorial.  
Por lo anterior, resulta el deterioro de los suelos y relacionando lo descrito con la producción de agua en la cuenca, la misma disminuye.
2. En el análisis de la problemática, como se presenta en el cuadro 11 se realiza la respectiva priorización en la cual en orden de prioridad aparecen los problemas detectados de la siguiente forma: cambio inadecuado de la cobertura vegetal, insuficiente disponibilidad del agua, suelos erosionados y alteración del ciclo hidrológico.
3. Con la problemática detectada y priorizada, el trabajo de EPS e investigación, a realizarse en la Región II del INAB y bajo el programa de investigación en hidrología forestal, debe desarrollarse enfocado en las actividades de manejo sostenible de los recursos naturales de la cuenca del río Cahabón, con mayor enfoque al recurso forestal, lo cual coincide con los lineamientos de trabajo establecidos por esta institución.

## 20. Bibliografía

1. CARE (Cooperative for Assistance and Relief Everywhere, GT). 2001. Evaluación de riesgo a remociones, otros procesos erosivos e inundaciones para la cuenca del río Polochic y la parte baja de la cuenca del río Cahabón. Guatemala. 208 p.
2. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zona de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, MAGA. 42 p.
3. Hernández, F. 1971. Estudio morfométrico de la cuenca del río Cahabón hasta la estación Cahaboncito. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. 10 p.
4. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1974. Mapa topográfico de Guatemala, hoja Cobán, no. ND 15-4. Guatemala, Esc. 250,000. Color.
5. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1974. Mapa topográfico de Guatemala, hoja Puerto Barrios, no. ND 16-1. Guatemala, Esc. 250,000. Color.
6. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. 1 CD.
7. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1998. Diagnostico forestal región II, las Verapaces. Guatemala, 57 p.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 1999. Política forestal de Guatemala. Guatemala. 37 p.
9. MC&PF (Mesa de Concertación y Política Forestal de Las Verapaces, GT). 2002. Agenda de desarrollo forestal las Verapaces 2003-20012. Guatemala, GTZ / INAB / PAFG. 48 p.
10. Ponce, H. 1972. Evaluación de crecidas en la republica de Guatemala. Tesis Ing. Civil. Guatemala, USAC. 184 p.
11. Seminario-Taller sobre estado del recurso forestal y diagnostico de la industria forestal en las Verapaces (1., 1998, Santa Cruz Verapaz, GT). 1998. Memoria. Guatemala, INAB. 24 p.
12. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional. 1000 p.
13. Yash, EO. 2003. Evaluación de la amenaza por inundación en la parte occidental de la cuenca del río Cahabón. Tesis Ing. Geo. Guatemala, USAC, Centro Universitario del Norte. 64 p.

**CAPITULO II**

**INVESTIGACIÓN**

**CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE  
LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN**

**CLIMATIC CHARACTERIZATION OF THE CAHABÓN RIVER BASIN**

## 1. Introducción

Los recursos suelo y agua son directamente afectados, en diferentes intensidades, de acuerdo al manejo forestal. Siendo el agua uno de los recursos naturales renovables que más conflicto de uso generará en el futuro, con acentuación en tierras con aptitud preferentemente forestal, por ejemplo, en cabeceras de cuenca, sitios próximos a nacimientos de agua, riberas de ríos y otros cuerpos de agua; donde la cobertura forestal es un elemento crítico para la regulación del ciclo hidrológico.

En tal sentido, la política forestal de Guatemala plantea directrices generales e instrumentos para la conservación de zonas de recarga hídrica, como el Instituto Nacional de Bosques (INAB) en su plan de trabajo del 2001 al 2015 establece la actividad programática de Conservación de Áreas de Recarga Hídrica y propone la incorporación de áreas con bosque natural identificadas como zonas estratégicas para que se incorporen al manejo y protección.

Por lo que el INAB con el proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos (CEFE), que tiene bajo su responsabilidad la implementación de proyectos piloto para la conservación y manejo de áreas de recarga hídrica en el país, busca con la implementación de los proyectos piloto los siguientes fines:

- a.) La generación de información básica
- b.) Capacitación, sensibilización e integración de actores clave
- c.) La validación e implementación de metodologías de planificación estratégica participativa
- d.) Desarrollo e implementación de mecanismos de internacionalización de costos de conservación de bosques
- e.) Validar en campo medidas técnicas de mitigación de impactos negativos del manejo forestal
- f.) Desarrollo de bosques modelos de manejo forestal en áreas de recarga hídrica.

Por tanto, el proyecto CEFE en convenio con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, ha trabajado conjuntamente en lo que respecta al tema de hidrología forestal, donde se incluye la recarga hídrica, en tal sentido las dos instituciones tienen en cuenta la importancia de generar información básica, como lo es la información climatológica, sirviendo de insumo para estudios de recarga hídrica y por ende para hidrología forestal.

Las instituciones mencionadas han priorizado la cuenca del río Cahabón para la determinación de la recarga hídrica, identificación de áreas críticas para su recuperación y el pago por servicios ambientales.

Se ha elaborado la presente investigación con el propósito de generar la información básica, recopilando, sistematizando y analizando la parte climática, que se necesita para comprender la recarga hídrica. Esta investigación se desarrollo de febrero del 2004 hasta julio del 2005.

Así también, el presente trabajo contiene información de utilidad para cualquier usuario con intereses de investigación o producción. En forma general se presenta: existencia de estaciones, tipo de estación y



ubicación, estado actual del equipo, análisis de la ubicación, vacíos de información identificados, elaboración de base de datos digital y generación de información por análisis espacial.

## 2. Definición del problema

La cuenca del río Cahabón con alta riqueza y diversidad de recursos naturales, como se muestra en sus 4 zonas de vida, 9 unidades geológicas, 11 series de suelos según Simmons, Táranó y Pinto, fisiografía y 11 subcuencas, además del área de captación del río Cahabón.

Además, teniendo en cuenta que el uso y manejo inadecuado de los recursos naturales que interactúan en los ecosistemas de la cuenca, por parte del ser humano, tiene repercusión directa en el clima y el ciclo hidrológico, factores que al actuar negativamente, no se perciben como problema hasta el momento en que tiene efectos contraproducentes en el desarrollo social<sup>1</sup>.

Por lo tanto, es de tener en cuenta que la intervención antropogénica de los ecosistemas tiene un efecto de retorno, que puede ser negativo hacia el desarrollo y considerarse como problema, el cual debe solucionarse a partir de sus causas, es decir, la alteración de los ecosistemas.

Para poder observar objetivamente es necesario caracterizar los fenómenos de forma científica, focalizándose a obtener el comportamiento de las variables climáticas, con ello deducir sus efectos y tener bases de acción en las soluciones.

Actualmente se posee información climática para toda la república, como se presenta en la base de mapas temáticos digitales del MAGA, 2001. (12), y al analizar la información para la cuenca del río Cahabón se obtiene que es a partir de registros en diez estaciones del INSIVUMEH.

Dicha información puede y es empleada en la actualidad por investigadores y productores, de la cual se extraen resultados generales, poco detallados y origen poco claro, considerando que dicha información puede ser ampliada y de mayor confiabilidad, con la pretensión de tener un ambiente climatológico caracterizado para su implementación acertada en proyectos.

Cabe mencionar que el Instituto Nacional de Bosques y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos en la búsqueda de trabajo conjunto han firmado un convenio para el desarrollo de estudios sobre recarga hídrica donde es indispensable la información climatológica.

---

<sup>1</sup> Entendiéndose como desarrollo social a la generación de riqueza que sea distribuida de forma equitativa y justa entre los actores que la generen a partir del manejo y uso sostenible de los recursos.

### 3. Marco teórico

#### 3.1. Marco conceptual

##### 3.1.1. Antecedentes

Entre los primeros estudios hidrológicos de la cuenca del río Cahabón, está el de Hernández, 1971 (4), sobre aspectos morfométricos. Recordando que la cuenca del Río Cahabón forma parte de la vertiente Atlántica es importante hacer mención que Ponce, 1972 (19) realizó un análisis de frecuencias para ciclones provenientes del océano atlántico que han afectado a Guatemala, en la historia reciente de los desastres naturales a causa del clima se reporta el huracán Mitch en octubre de 1998 llegando a catalogarse por 33 horas como devastador.

Se presentó el estudio de CARE, 2001 (2) sobre evaluación de riesgo a remociones, otros procesos erosivos e inundaciones para la cuenca del río Polochic y la parte baja de la cuenca del río Cahabón, así como, la tesis de grado en la carrera de geología por Yash, 2003 (21) que tiene por objetivo general; realizar el análisis de crecidas en la parte occidental de la cuenca del río Cahabón, para lo cual fue necesario construir un banco hidrometeorológico de Alta Verapaz con boletines publicados por el INSIVUMEH e INDE. En el mismo estudio se recomienda la implementación de un sistema de monitoreo puntual, por lo menos de lluvias, para llegar a establecer un sistema de alerta temprana por inundaciones para la zona.

La Política forestal de Guatemala plantea directrices generales e instrumentos de política para la conservación de zonas de recarga hídrica, así también el Instituto Nacional de Bosques (INAB), como órgano de dirección y ejecución de la política, en su plan de trabajo del 2001 al 2015 establece la actividad programática de Conservación de Áreas de Recarga Hídrica y propone la incorporación de áreas con bosque natural identificadas como zonas estratégicas de recarga hídrica se incorporen al manejo y protección.

En la cuenca actualmente tienen presencia e influencia en su manejo diferentes organizaciones de carácter gubernativo y no gubernativo, públicas y privadas, que con sus siglas podemos mencionar a CARE, PDP, FRMT, FONAPAZ, FONTIERRA, CONTIERRA, SEGEPLAN, UTJ, GTZ, ANACAFE, FEDECOVERA, TALITA KUMI, PLV, PRODEVER, entre otras, que ejecutan programas y proyectos de desarrollo con base en la producción; agrícola, agropecuaria, forestal, agroforestal y energética, de educación, salud, enfoque de género, manejo y conservación de los recursos naturales.

### 3.1.2. Naturaleza de las observaciones meteorológicas

Según la Organización Meteorológica Mundial para 1991 (17) todo estudio científico de la atmósfera supone disponer, ante todo, de datos meteorológicos adecuados.; nuestros sentidos y los instrumentos nos permiten hacer observaciones, a las que denominamos observaciones sensoriales y observaciones instrumentales respectivamente. Las diferentes categorías de estaciones meteorológicas son las siguientes:

- a.) Estaciones sinópticas (terrestres y marítimas);
- b.) Estaciones climatológicas
- c.) Estaciones meteorológicas aeronáuticas;
- d.) Estaciones especiales.

Estación sinóptica es aquella donde se efectúan observaciones meteorológicas para las necesidades de la meteorología sinóptica. Esta rama de la meteorología se refiere al estudio del tiempo real basado en observaciones anotadas en mapas geográficos.

Estaciones climatológicas en los estudios climatológicos los datos meteorológicos utilizados se obtienen de las mismas. El clima corresponde las condiciones meteorológicas consideradas en un largo período de tiempo. Ciertas estaciones como, por ejemplo, las estaciones sinópticas, no han sido instaladas para proporcionar esta clase de datos. Sin embargo, las informaciones suministradas pueden ser útiles a la climatología y, por esta razón, se las considera también como estaciones climatológicas.

Estaciones meteorológicas aeronáuticas están situadas en los aeródromos. En principio han sido creadas para cubrir, las necesidades particulares de la aviación pero pueden también efectuar observaciones sinópticas y climatológicas.

Las estaciones meteorológicas agrícolas se instalan con el fin de proporcionar asistencia a la agricultura. Aquí, el término agricultura se utiliza en más amplio sentido, es decir incluye particularmente la horticultura, la ganadería y la silvicultura. Las estaciones meteorológicas agrícolas hacen observaciones particulares sobre el medio físico así como observaciones de carácter biológico.

Las estaciones especiales se establecen para evaluar fenómenos meteorológicos particulares. Comprenden las estaciones para los fines siguientes: observaciones de parámetros atmosféricos, electricidad atmosférica, localización con radar de nubes e hidrometeoros, hidrología, medida de la radiación, medida del ozono, etc.

De acuerdo a Contreras, (1992) (3) según al instrumental que posee la estación y por lo tanto, el numero de elementos meteorológicos que se observan, en Guatemala la clasificación de estaciones climatológicas, es de la siguiente manera:

#### Estación Tipo A

Se llevan registros de: temperatura, precipitación, humedad relativa del aire, presión atmosférica, brillo solar o insolación, evaporación, radiación solar, nubosidad, viento en superficie, temperatura del subsuelo y visibilidad.

#### Estación Tipo B

Registro de: temperatura, precipitación, velocidad del viento y humedad relativa del aire.

#### Estación Tipo C

Registros de: temperatura y precipitación.

#### Estación Tipo D

Registro únicamente de precipitación.

### **3.1.3. Estación meteorológica<sup>2</sup>**

Haciendo mención a Contreras, (1992) (3) la estación meteorológica es el lugar donde se efectúan observaciones y evaluaciones de uno o varios elementos meteorológicos.

Además dice, que los valores de los diversos elementos meteorológicos obtenidos en las estaciones meteorológicas, constituyen la base fundamental de todo servicio operacional y el elemento indispensable para cualquier estudio o investigación sobre el comportamiento y dinámica de la atmósfera. Por lo tanto: es esencial que las observaciones que se efectúen en dichas estaciones sean normalizadas, sistemáticas y con la mayor precisión posible, de modo que los valores que se obtengan sean considerados representativos y homogéneos. Con base en lo anterior, los requerimientos generales que una estación debe cumplir son:

- a.) Adecuada ubicación y exposición: las estaciones deberán estar situadas en un lugar que permita instalar correctamente los instrumentos y realizar las observaciones no instrumentales en forma satisfactoria. Los requerimientos de exposición pueden variar.

---

<sup>2</sup> Contreras, V.M. 1992. anota que en la practica, toda estación meteorológica independiente de cualquier clasificación y en la cual se lleven registros y posee su archivo, puede ser llamada, también, climatológica.

- b.) Equipamiento instrumental: los requisitos mas importantes son; seguridad y precisión, sencillos de diseño, facilidad de funcionamiento y mantenimiento, robustez de construcción.
- c.) Nivel de observadores: el nivel de capacitación de un observador, así como el grado de responsabilidad de este, con elementos fundamentales para la obtención de datos reales. Es hasta cierto punto lógico aceptar que un observador menos capacitado tenga, también, menos grado de responsabilidad. Debe existir un eficiente sistema de verificación de datos complementado con un eficiente sistema de inspección de estaciones, tarea que corresponde al meteorólogo y al inspector de estaciones.
- d.) Plan de observaciones normalizado: deben existir instrucciones complementaria y precisas para el observador, a modo de asegurar la normalización de procedimientos, precisión de observaciones y adecuado mantenimiento.

#### Información que debe llenar una estación meteorológica

Para establecer un método de registro normalizado, toda estación debe tener la información siguiente: identificación de la estación; coordenadas geográficas y altitud; orientación; situación topográfica; historia.

#### Los componentes de una estación meteorológica o climatológica son:

- Terreno circundante
- Parcela meteorológica
- Abrigo meteorológico
- Oficina o local para observador
- Instrumentación

### 3.1.4. Principios fundamentales de la medida de la temperatura

#### Temperatura del aire en superficie

Como referencia la OMM, (1991) (17) en el lenguaje meteorológico, entiende por temperatura del aire en superficie la temperatura del aire libre a una altura comprendida entre 1.25 y 2 metros sobre el nivel del suelo. Sin embargo hay que señalar que para las necesidades de la agricultura puede ser necesario medir la temperatura a diferentes niveles comprendidos entre la superficie del suelo y 10 m aproximadamente por encima del límite superior de la vegetación predominante. Las lecturas de temperaturas, incluidas las de los valores extremos alcanzados durante el día, se hacen generalmente en hora fijadas. Al definir temperatura nos referimos a la medición de lo frío o caliente que se encuentra un cuerpo.

El termómetro: es el instrumento que sirve para medir la temperatura. Para su realización se utilizan un gran número de propiedades físicas de la materia, principalmente dilatación de los sólidos, de los líquidos y de los gases, y la variación de la resistencia eléctrica en función de la temperatura. Los instrumentos para medir temperaturas muy elevadas se llaman pirómetros. Los termómetros que indican la temperatura ambiente se denominan termómetros “ordinarios” o “normales”, mientras los que indican temperaturas extremas se denominan “de máxima” y “de mínima”. Además existen los “termógrafos”.

Las dos escalas de temperatura que se utilizan más frecuentemente son la escala Celsius y la Fahrenheit. En la escala Celsius 0°C corresponde al punto de fusión del hielo, mientras que 100°C corresponde al punto de ebullición del agua.

En la escala Fahrenheit al punto de fusión del hielo se le asigna 32°F y al punto de ebullición del agua le corresponde 212°F.

#### Temperatura del suelo y del subsuelo

La capa superficial de la tierra es la que experimenta mayores oscilaciones de temperatura, oscilaciones que se propagan muy amortiguadas tanto en el aire como en la tierra, pero mucho más en este segundo medio. Se dispone de tres campos de geotermómetros en las estaciones principales y de dos campos en las estaciones secundarias.

#### Isotermas

Se denomina isoterma en meteorología, a la línea, que en las cartas del tiempo, une puntos de igual temperatura. La temperatura se registra en grados Celsius; en países que usan el sistema inglés, la temperatura se consigna en grados Fahrenheit.

La temperatura de un lugar no está en función de su paralelo; pues además de la latitud, se debe de tomar en cuenta la altura, la disposición del relieve, el poder de absorción calórico de las rocas, situación oceánica o continental, naturaleza de las corrientes marinas, dirección de los vientos, etc.

### **3.1.5. Principios para la medición de viento en la superficie**

La OMM, (1991) (16) define como viento el aire en movimiento. En la superficie del suelo la componente horizontal de dicho movimiento es mucho mayor que las posibles componentes verticales.

#### La dirección del viento

Se define como la cual el viento sopla y se mide en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico. Los instrumentos utilizados generalmente para ello se denominan “veletas”.

#### Velocidad del viento

Está definida por el espacio recorrido por cada partícula en la unidad de tiempo. Las unidades para medir el viento en superficie son; Km/hr, m/s, y nudo. El instrumento utilizado para medir la velocidad del viento se llama “anemómetro”.

### **3.1.6. Principios para la medición de la humedad relativa del aire**

Sobre la base de la OMM, (1991) (17) de las masas de agua líquida puede evaporarse parte de la misma y el vapor de agua producido, pasa a la atmósfera originando la humedad del aire. Mientras no se produzca una condensación el vapor de agua se comporta como un gas. La atmósfera realiza un transporte de humedad en sentido vertical, evaporación local, y en sentido horizontal, corrientes de aire húmedo de un sitio a otro.

A continuación se presentan los siguientes términos para una mejor comprensión del subtema en descripción:

#### Humedad relativa

Es la relación entre masa de vapor de agua contenida en la unidad de volumen de aire y la del vapor de agua que sería necesario para saturar este volumen a la misma temperatura. Normalmente se expresa en porcentaje.

#### Tensión de vapor de aire húmedo

Cada gas que conforma la atmósfera ejerce su propia presión, llamada presión parcial. La presión atmosférica es igual a la suma de las presiones parciales ejercidas por cada uno de los gases que componen la atmósfera, comprendido el vapor de agua. Cuando el agua se evapora en el aire seco, el vapor así formado ejerce su propia presión que se llama “tensión de vapor”.



### Punto de rocío

Se le llama punto de rocío, si el aire se enfría isobáricamente<sup>3</sup>, a presión constante, alcanza una temperatura a la cual estará saturado.

### Psicrómetro

Un método termodinámico sencillo, pero preciso para medir la humedad relativa, la tensión de vapor y la temperatura de punto de rocío, consiste en utilizar el psicrómetro. Se compone, esencialmente, de dos termómetros colocados uno al lado del otro; uno de ellos mide la temperatura normal del aire y el otro la temperatura del termómetro húmedo. El termómetro húmedo es idéntico al termómetro seco empleado para medir la temperatura del aire, pero su depósito de mercurio está rodeado de una fina muselina de algodón que se mantiene húmeda.

### **3.1.7. Principios para la medición de la evaporación**

#### Medida de la evaporación

En la OMM, (1991) (17) el índice de la evaporación se define como la cantidad de agua evaporada desde una unidad de superficie, durante una unidad de tiempo en toda la superficie considerada. La unidad de tiempo es, normalmente, un día y la altura se expresa en centímetros o milímetros. Los instrumentos utilizados para la medida de la evaporación se denominan “evaporímetros”.

#### Evaporímetros

Así también en la OMM, (1991) (17) el término evaporímetro se aplica a cierto número de instrumentos, el atmómetro (el utilizado en Centroamérica es el “evaporímetro de piche”) entre ellos, mediante los cuales se mide la pérdida de agua en una superficies normal saturada. Los valores obtenidos no pueden utilizarse sin un ajuste para llegar a la estimación correcta de la evaporación de los lagos o la evapotranspiración real y potencial de las superficies naturales.

---

<sup>3</sup> El proceso físico en el curso del cual la presión de un gas permanece constante. La palabra “isobárico” significa igual presión.

### 3.1.8. Principios para la determinación de la evapotranspiración potencial

Haciendo mención a Orozco et. al., (2003) (18) se describe que para el cálculo de la evapotranspiración pueden utilizarse métodos directos e indirectos. Dentro de los métodos directos se menciona los lisímetros y las parcelas de campo. En los métodos indirectos existen varias formulas empíricas que permiten obtener la evapotranspiración potencial, los factores que determinan la evapotranspiración potencial son tan complejos que es muy difícil poder considerarlos todos en una expresión matemática, por lo tanto existen autores que se basan en la temperatura, mientras otros procuran acercarse mas a la realidad incluyendo otros factores físicos y biológicos.

Por la información encontrada en el área de estudio el método que mejor se ajusta es el de Hargreaves.

#### Método de Hargreaves:

Este investigador diseñó una fórmula específica para la región Centroamericana. La fórmula diseñada es:

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM \text{ (mm/mes)}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

TMF = Temperatura media mensual en grados Fahrenheit

RSM = Radiación solar incidente mensual

Donde:

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

Donde:

RMM = Radiación Mensual extraterrestre, (mm/mes)

RMM = RS \* No. de días del mes

RS = Radiación Solar extraterrestre (Datos de tabla)

**Cuadro 13 Radiación Solar extraterrestre, RS, expresada en evaporación equivalente en mm/día.**

LATITUD	Norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	0	13.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	
4	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	

	<b>8</b>	13.6	14.5	15.3	15.6	15.2	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
	<b>10</b>	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.9	12.9
	<b>12</b>	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
	<b>14</b>	12.4	13.6	14.9	15.7	15.0	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
	<b>16</b>	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
	<b>18</b>	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
	<b>20</b>	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.7	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7

Fuente: Orozco et. al., (2003) (18)

S = Brillo solar mensual en %

$S = K_s * (100 - HR)^{1/2}$  (con datos de humedad relativa)

S = Duración máxima media diaria de horas de brillo solar (Cuadro 2)

$K_s$  = Constancia igual a 12.5

HR = Humedad Relativa media en %

Al momento de no disponer de información suficiente, el brillo solar se puede estimar en base al cuadro 14, presente a continuación:

**Cuadro 14 Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes meses y latitudes.**

LATITUD	Norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	<b>0</b>	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
<b>5</b>	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
<b>10</b>	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5	11.5
<b>15</b>	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2	11.2
<b>20</b>	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9	10.9

Fuente: Orozco et. al., (2003) (18)

### Isopletas

Son líneas que unen puntos de igual cantidad de evapotranspiración.

En tal sentido entre los datos puntuales derivados de las estaciones mediante interpolación reobtienen los puntos por donde se trazan las líneas de evapotranspiración, considerando al momento del trazado la orografía del terreno.

Por lo cual, cada isopleta es representativa de la evapotranspiración a diferente altura.

### 3.1.9. Principios para la medición de la precipitación

#### Precipitación

Sobre la base de la OMM, (1991) (17) se emplea para designar una caída de hidrometeoros<sup>4</sup> que alcanzan finalmente la superficie terrestre. Por lo tanto, no se aplica a una virga<sup>5</sup> que se desprende de la base de una nube, pero no alcanza la superficie terrestre.

La medida de cantidad de precipitación se expresa por la altura de la capa de agua que cubriría el suelo, supuesto perfectamente horizontal, si no se filtrase, evaporase ni escurriese. A esta medida se llama altura de precipitación.

La intensidad de la precipitación es la razón de aumento de la altura de precipitación. También es igual a la rapidez con la cual la precipitación se acumula en un pluviómetro. Se acostumbra a expresarla con el término débil, moderado o fuerte, aunque se presta a diversas interpretaciones.

#### Procesos de precipitación

Para que se formen nubes es necesario que el vapor del agua de la atmósfera se transforme en gotitas de agua o en cristales de hielo. Sin embargo, estas partículas nubosas deben adquirir mayor masa para que produzcan precipitaciones.

Las nubes se forman y se desarrollan en la atmósfera, casi exclusivamente, por la expansión del aire húmedo ascendente y el enfriamiento de que ella resulta.

Cuando el aire ascendente rebasa el nivel de condensación, los núcleos de condensación más activos se transforman en gotitas de agua. Si el enfriamiento alcanza temperaturas inferiores a 0°C, no necesariamente ocurre la congelación de las gotitas de agua.

El crecimiento de las gotitas de agua por condensación es al principio rápido pero decrece cuando las gotitas se van haciendo de mayor tamaño. Del mismo modo el crecimiento de los cristales de hielo, es rápido mientras son pequeños, pero se tarda cuando sus dimensiones aumentan.

Es necesario que intervenga un proceso de crecimiento por colisiones, para que pueda alcanzar un tamaño de partículas líquidas o sólidas precipitables. Los cristales de hielo o las gotitas de agua de mayor masa tienen una velocidad de caída mayor que la de las partículas más pequeñas y, si sobrepasan una dimensión crítica, entran en colisión con las que se encuentran en su trayectoria.

Eventualmente, las gotitas de agua o las partículas de hielo alcanzan dimensiones tales que las corrientes ascendentes no pueden mantenerlas en la nube. Aun pueden producirse colisiones entre las partículas de dimensiones y velocidades de caída diferentes, lo cual ocasiona el crecimiento de algunas de

---

<sup>4</sup> Es un meteoro que consiste en un conjunto de partículas de agua, líquida o sólida, en caída o suspensión en la atmósfera, o levantadas de la superficie por el viento, o depositadas sobre los objetos del suelo o en la atmósfera libre como por ejemplo lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla y neblina.

<sup>5</sup> Partículas líquidas que no alcanzan el suelo, pero parecen suspendidas a determinada altura por debajo de las nubes.

ellas. Sin embargo, en el transcurso de la caída por debajo de la nube, las partículas líquidas tienden a evaporarse y las partículas sólidas a fundirse o sublimarse.

Si las partículas no se evaporan completamente mientras caen en el aire no saturado que atraviesa por debajo de la nube, se dice que hay precipitación. Si no alcanzan el suelo, pero parecen suspendidas a una determinada altura por debajo de las nubes, se las designa con el nombre de virga.

Se llama precipitación a todo hidrometeoro constituido por una caída de partículas que alcanzan el suelo. Estas partículas se desprenden de la nube, ya en forma de gotas de agua, ya bajo forma sólida. Siendo esta definición punto de referencia para catalogar llovizna, lluvia, nieve, chubasco, prisma de hielo, cinarra, nieve granulada, gránulos de hielo y granizo.

### Unidades de medida

Para una observación sinóptica de superficie, la cantidad de precipitación es la suma de la precipitación líquida y el equivalente líquido de la precipitación sólida. Sin embargo, debe indicarse con cada observación si se trata de lluvia, granizo, de nieve o de una combinación de estas.

La cantidad de precipitación debe medirse, preferiblemente, en milímetros, y las lecturas deben hacerse con una aproximación de 0.1 mm.

En algunos países todavía se mide la altura de la precipitación en pulgadas y en fracciones decimales de pulgada.

### Pluviómetro

El modelo adoptado por la región centroamericana, consiste en un cilindro cuya boca receptora tiene un área de 200 centímetros cuadrados, delimitada por un anillo de bronce con borde biselado. El aparato está formado interiormente por dos partes, un receptor en la parte superior unido al borde mencionado, cuyo fondo tiene forma de embudo y que ocupa, aproximadamente, la mitad del cilindro; el agua recogida por él va a través del embudo a una vasija de boca estrecha llamada colector, que ocupa la parte inferior y que para evitar la evaporación, está aislado del cilindro exterior. Para la cuantificación del agua recolectada en el pluviómetro, se utiliza una probeta de vidrio o de plástico especialmente graduada y en cuya escala se obtienen, directamente, en milímetros la altura que habría alcanzado la capa de agua.

### Instalación

- a.) Se instala sujeto a un poste de madera o de metal clavado verticalmente de manera que la boca del receptor quede horizontal y a una altura del suelo que en la región centroamericana se ha adoptado a 1.50 metros.
- b.) Que el poste no sobresalga por encima del nivel de la boca y que su extremo superior quede cortado en bisel hacia afuera para que la cantidad de agua recogida no se vea afectada por salpicaduras o efectos del viento sobre el poste.

- c.) No se debe instalar en sitios sobre pendientes o en los que el terreno se inclina marcadamente en una dirección. Por lo mismo, no es adecuado una exposición sobre terrazas o techos de edificios.
- d.) En lugares con vientos moderados, no es conveniente que existan obstáculos importantes, pero cuando no es posible, la distancia entre estos y el pluviómetro no debe ser inferior al doble de la altura del obstáculo.
- e.) En lugares con viento intenso, sin perder de vista la limitación anterior, seleccionar un sitio resguardado del viento sin afectar la caída de la lluvia.

### Pluviógrafo

Para registrar de forma continua las cantidades de precipitación pluvial caídas, se utiliza el pluviógrafo o pluviómetro registrador. La ventaja de este tipo de instrumento es que de los registros pueden definirse no solo la cantidad de precipitación pluvial sino, también, el tiempo que estas utilizó, con lo cual se puede analizar la distribución la lluvia en el tiempo para así poder calcular la “intensidad de lluvia”.

### **3.1.10. Red de pluviómetros**

En lo descrito por Linsley et. al., (1988) (11) los usos para los cuales se presume utilizar la información sobre la precipitación, deberían determinar la densidad de la red. Una red de estaciones relativamente dispersa deberían de bastar para el estudio de grandes tormentas, o para determinar promedios de grades áreas planas. Las redes deben ser planeadas de tal manera que se obtenga un cuadro representativo de la distribución espacial de la precipitación. Desafortunadamente, el costo de instalación y mantenimiento de una red y la accesibilidad al sitio del pluviómetro por un observador son siempre consideraciones importantes.

Las siguientes densidades mínimas para redes de precipitación, se recomiendan para propósitos hidrometeorológicos generales:

- a.) Para regiones planas en zonas tropicales, mediterráneas o templadas, 600 a 900 km<sup>2</sup> por estación.
- b.) Para regiones montañosas en zonas tropicales mediterráneas o templadas, 100 a 250 km<sup>2</sup> por estación.
- c.) Para islas montañosas pequeñas con precipitación irregular, 25 km<sup>2</sup> por estación.
- d.) Para zonas áridas y polares, 1.50 a 10.00 km<sup>2</sup> por estación.

### **3.1.11. Interpretación de los datos de precipitación pluvial**

Según Duque, (1987) (4), los datos de precipitación pluvial deben ser analizados y verificados antes de ser usados para un proyecto específico. Los datos faltantes también deben ser calculados usando técnicas específicas que deben extenderse a un período base de diseño.

Citando a Isaac Herrera, (1995) (6), muchas estaciones de precipitación tienen intervalos cortos en los cuales, ya sea por faltas en la observación o por desperfectos en los aparatos registradores, no tienen la información. Por lo anterior, es necesario completar estos registros para el período básico de diseño, por medio de la estimación de los datos faltantes, para lo cual existen varios métodos como: Promedio aritmético, proporción o relación normal, y correlación lineal.

Adicionalmente a esto, se debe establecer la consistencia de datos de precipitación, es decir, determinar si la distribución es adecuada para estimar posteriormente parámetros hidrológicos; Generalmente se utiliza el método de análisis doblemente acumulativo o curva doblemente másica.

### 3.1.12. Determinación de la precipitación media de una cuenca

Existen varios métodos para la determinar la lámina de agua promedio que cae en una cuenca, entre éstos, los más importantes son:

- El promedio Aritmético
- El método de los Polígonos de Thiessen
- El método de las Curvas Isoyetas
- El método de la Red de Puntos

#### Isoyetas

Citando a Isaac Herrera, (1995) (6), consiste en trazar curvas de igual precipitación para un periodo elegido. Los intervalos de profundidad de precipitación y de incremento de tiempo se toman de acuerdo a la necesidad del problema.

Es el método mas exacto para promediar la precipitación sobre un área, donde la localización de las estaciones y las cantidades de lluvia se grafican en un mapa adecuado (mapa topográfico) y sobre este se dibujan las líneas de igual precipitación (isoyetas).

Las curvas de isoyetas son líneas que unen puntos de igual cantidad de lluvia. Estas líneas se trazan interpolando los datos puntuales dados por los distintos pluviómetros con una técnica similar a la utilizada en topografía, y de acuerdo a las condiciones locales de la cuenca.

El trazado de las isoyetas debe considerar la variación de la precipitación con la altura y las condiciones sinópticas de la zona. Por medio de la planimetría se determina el área entre dos curvas isoyetas contiguas, y multiplicando por el valor de la isoyeta intermedia se define la cantidad de lluvia entre las dos isoyetas contiguas. La precipitación media para el área se calcula ponderando la precipitación entre isoyetas sucesivas por el área de las isoyetas, totalizando estos productos y dividiendo este por el área total.

El calculo de las áreas se puede realizar con el planímetro o pesando franjas de papel o superponiendo el mapa a un papel milimetrado.

Según Duque, (1987) (4), para trazar las isoyetas, se recomienda superponer la cuenca a un mapa con curvas a nivel, para tener en cuenta el efecto de la orografía, pues de otra forma no se diferencia mayormente del obtenido por el método de los polígonos de Thiessen. Debe evitarse recurrir a interpolaciones lineales, sobre todo cuando se trabaja en zonas montañosas. Este método es el mas preciso cuando el análisis de las curvas se hace debidamente.

El método de las isoyetas permite el uso y la interpretación de toda la información disponible y se adapta muy bien para discusión. En la construcción de un mapa de isoyetas, el analista puede utilizar todo su conocimiento sobre los posibles efectos orográficos y la morfología de la tormenta; en este caso el mapa



final debe representar un patrón mucho más real de la precipitación que aquel que se puede obtener utilizando únicamente las cantidades medidas. La exactitud del método de las isoyetas depende en gran parte de la habilidad del analista. Si se utiliza una interpolación lineal entre estaciones, el resultado será esencialmente el mismo que se obtiene utilizando el método de Thiessen.

### Funciones de los observadores

Los observadores competentes deben desempeñar las siguientes misiones:

- a.) Mantener los instrumentos en buen estado de funcionamiento;
- b.) Cambiar las bandas de los instrumentos registradores;
- c.) Hacer las observaciones sinópticas y climatológicas con la debida precisión;
- d.) Cifrar y transmitir las observaciones.
- e.) Hacer los resúmenes semanales y/o mensuales de los datos climatológicos.

### Características generales que han de reunir los instrumentos meteorológicos

Las principales características son:

- a.) Regularidad en el funcionamiento;
- b.) Precisión;
- c.) Sencillez en el diseño;
- d.) Comodidad de manejo y de mantenimiento;
- e.) Solidez de construcción.

#### **3.1.13. Distribución geográfica**

Teniendo como referencia a Jimeno, (2000) (10) la distribución de la precipitación en el mundo, aparte de su gran variabilidad en puntos próximos depende de la localización geográfica y es función de muy diversos factores relacionados principalmente con la circulación general de la atmósfera, así también con la latitud, longitud, altura, orografía, costas, islas, continentes y con multitud de factores locales. Todo ello incide decisivamente en el tipo de cultivos más indicados y favorables en cada lugar.

### Circulación general de la atmósfera

Los movimientos que realiza la atmósfera no son caóticos sino controlados por leyes muy complejas que regulan toda la circulación general. En síntesis podemos expresarlo según la figura 7.

En la franja ecuatorial el calor es intenso y en consecuencia la presión es baja, aunque no excesivamente. Los vientos son flojos o calmados. Las precipitaciones en la zona de calma consisten exclusivamente en chubascos o tormentas ocasionales.

En ambos hemisferios en latitudes 30° N y 30° S, se encuentran dos cinturones de altas presiones subtropicales sede de buen tiempo, constituyendo el del Hemisferio Norte el popular anticiclón de las Azores en el Atlántico.

Entre los dos anticiclones subtropicales y el rosario de bajas ecuatoriales fluyen los vientos alisios, del NE en el Hemisferio Norte y del SE en el Hemisferio Sur.

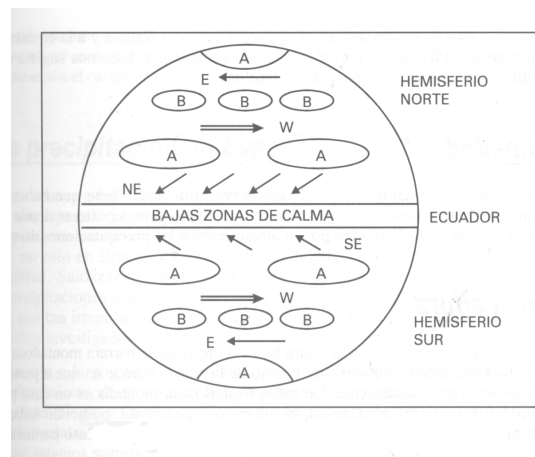
En latitudes medias circula la corriente zonal del oeste, amplia franja de vientos de poniente que dirige y gobierna la circulación que afecta esta zona del mundo.

Más al norte se establece una cadena de borrascas. De ellas hay que esperar las deseadas precipitaciones cuando se desplazan hacia el sur.

Sobre los casquetes polares el aire frío da lugar a un aumento de presión formándose anticiclones débiles. Las precipitaciones son muy escasas.

Entre los anticiclones polares y las borrascas subsolares sopla la corriente zonal de vientos del Este, que por su posición tiene una incidencia menor que la del Oeste en la economía agrícola del mundo.

La circulación expuesta se refiere a condiciones medias que sólo puede considerarse como modelo de comparación. A lo largo del año el modelo experimenta grandes alteraciones. Todos los sistemas se desplazan según el movimiento aparente del Sol. Hay que tener en cuenta también las grandes variaciones debidas a la influencia de las diferentes masas de aire.



Fuente: Jimeno, (2000) (10)

**Figura 7**      **Circulación general media de la atmósfera**

### Variación latitudinal

En general la precipitación es más intensa cerca del Ecuador y disminuye hacia latitudes más altas. No obstante, la irregularidad sugiere para diferentes regiones, factores de mayor importancia que la latitud.

### Fuente de humedad

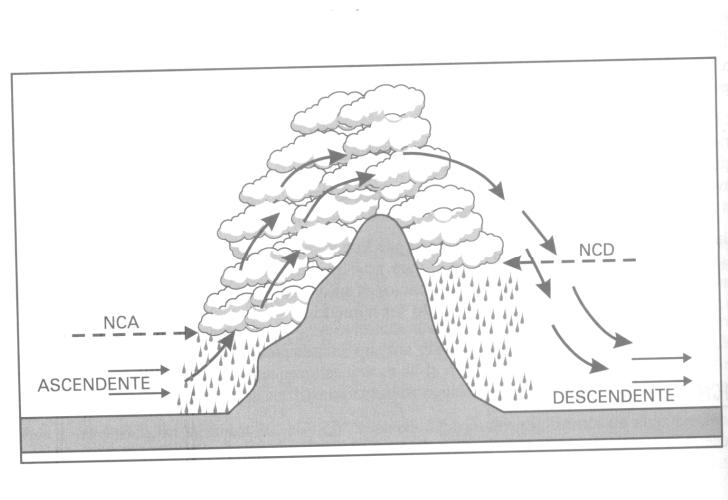
Para que haya precipitaciones es imprescindible que haya humedad. Tiene que haber una fuente o manantial próximo que suministre la necesaria. Esto sucede en las regiones costeras donde la fuente está en el mar. En el interior disminuye la humedad por su alejamiento y las precipitaciones disminuyen.

### Variación con la altura

Normalmente la precipitación aumenta con la altura hasta la cresta de la barrera montañosa. Sin embargo para la alta montaña la máxima precipitación ocurre debajo de la cresta. Parece ser que a partir de 1,500 metros las cantidades se reducen notablemente. De todas formas cada montaña es un caso particular, que depende de la proximidad a la costa, orientación, inclinación y pendiente, pudiendo haber variaciones importantes, que dada la compleja orografía habría que estudiar en cada caso particular.

### Variación orográfica

La precipitación no es uniforme sobre un mismo sistema orográfico. A barlovento la masa de aire que llega a la montaña empujada por el viento se ve obligada a subir enfriándose en el ascenso, de tal manera que al alcanzar cierta altura se condensa en una masa nubosa que dará lugar a la precipitación. Sin embargo, el aire pasando sobre la cima no empieza a descender inmediatamente sino que lo hace a cierta distancia dependiendo del viento, ver figura 8. Tenemos así dos efectos, el de “viento arriba” a barlovento y el de “vertido” a sotavento. A barlovento las precipitaciones son importantes y base de las nubes se establecen al nivel de condensación ascendente NCA. A sotavento las precipitaciones son menores y el nivel de condensación descendente NCD está más alto.



Fuente: Jimeno, (2000) (10)

**Figura 8 Efecto de viento arriba y vertido**

## **4. Objetivos**

### **4.1. General**

Realizar la caracterización climática de la cuenca del río Cahabón, con el propósito de determinar el estado actual de las estaciones climatológicas, determinar la representatividad de las estaciones climatológicas e identificar vacíos de información, elaborar una base de datos y analizar el comportamiento de las variables climáticas, para obtener información básica de utilidad en el planteamiento de investigaciones de hidrología forestal.

### **4.2. Específicos**

- 4.2.1. Determinar el estado actual de las estaciones climatológicas que operan dentro y fuera de la cuenca.
- 4.2.2. Determinar la representatividad de las estaciones climatológicas con respecto a la cuenca e identificar vacíos de información.
- 4.2.3. Elaborar una base de datos climática en formato digital, que sea de fácil acceso y de acuerdo a información existente.
- 4.2.4. Analizar el comportamiento de las variables climáticas en la cuenca del río Cahabón.

## 5. Metodología

### 5.1. Fase de Gabinete I

#### 5.1.1. Existencia de estaciones

Se recopiló información en el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y la Empresa Generadora de Energía Eléctrica (EGEE-INDE), acerca de los listados generales y ubicación geográfica de las estaciones climatológicas dentro y alrededor de la cuenca.

En el Instituto Nacional de Bosques (INAB) se recopiló información general y se realizaron los contactos con fincas, que contaron o cuentan con estaciones climáticas.

Se contactó con la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ) y la Asociación de Arroceros de Guatemala (ARROZGUA) para obtener información general de fincas con registros climáticos, sin ningún resultado.

Con lo anterior, se realizó la verificación y ubicación de estaciones que en el proceso surgieron.

#### 5.1.2. Tipo de estación y ubicación

Sobre la base de la información obtenida y la tipificación existente en Guatemala según Contreras, 1992 (3) se determinó el tipo de estación.

#### 5.1.3. Ubicación de estaciones

Con los listados de las estaciones y sus respectivas coordenadas, se distribuyeron los puntos de ubicación, ploteando dichos puntos en un mapa a escala 1:250,000 con el área de la cuenca y alrededor. Posteriormente se realizaron las depuraciones pertinentes para dejar las estaciones que se encontraran a 10 Km. de distancia aproximada de la cuenca.

Teniendo en cuenta que las coordenadas geográficas de referencia de la cuenca son:

Parte Oeste	Parte Este
15° 23' 39" Latitud Norte	15° 25' 48" Latitud Norte
90° 35' 17" Longitud Oeste	89° 33' 47" Longitud Oeste

#### **5.1.4. Análisis de ubicación**

Sobre la base de lo obtenido en el inciso anterior y tomando un radio de cobertura por cada estación de 5.6419 Kms, para obtener una superficie de 100 Km<sup>2</sup> acuerpado en lo descrito por Linsley et. al., 1998 (11), se determinaron las estaciones de importancia para con ello recavar información puntual y de datos climáticos.

Posteriormente se realizó otra depuración, haciendo uso de Sistemas de Información Geográfico (SIG) por lo observado en pantalla con el traslape de áreas de cobertura y área de influencia en la cuenca se obtuvieron las estaciones definitivas para ser analizados los registros e información recavada. Considerado como el listado de estaciones con importancia.

#### **5.1.5. Recopilación de información**

Teniendo el listado de estaciones con importancia, se recopiló información de datos climáticos, tanto de registros históricos como actuales.

### **5.2. Fase de Campo I**

#### **5.2.1. Estado de funcionamiento de los equipos**

Se visitaron las estaciones ubicadas en gabinete en estado activo. Posteriormente sobre la base de las especificaciones del equipo y sus funciones, tomado como comparador para establecer si el funcionamiento del equipo es adecuado o no. Así también se verificó el tipo de estación determinado en gabinete.

### **5.3. Fase de Gabinete II**

#### **5.3.1. Análisis de ubicación**

Con lo obtenido en la revisión de gabinete y campo, no fueron necesarias las modificaciones al mapa de estaciones, debido que las coordenadas por la diferencia de precisión en los instrumentos se consideran aceptables.

### **5.3.2. Identificar vacíos de información**

Realizado el análisis de ubicación de las estaciones con su radio de influencia, se determinaron áreas no cubiertas por la información existente. Es decir espacios donde no ha existido estación climática alguna.

Teniendo en cuenta que por la cobertura de cada estación se observan áreas de la cuenca sin información, es necesaria la existencia de estaciones para cubrirlos.

## **5.4. Fase de Campo II**

### **5.4.1. Instalación y monitoreo de equipo climático**

Por los vacíos de información identificados y la necesidad de llenar dichos vacíos, se realizaron sondeos en los lugares de interés para instalar equipo climático, teniendo en cuenta los recursos, la programación, accesibilidad, anuencia de actores, toma de datos, seguridad del equipo e intereses institucionales, por lo tanto, se programo la instalación de cinco estaciones.

Realizando las gestiones necesarias al proyecto CEFE del INAB para la instalación y monitoreo de cinco estaciones, consistentes en un equipo pluviométrico y de termómetros, así como el pago de personal eventual y coordinaciones pertinentes para la toma de datos.

Teniendo muy en cuenta los recursos disponibles para tal actividad, donde la disponibilidad puntual y oportuna del equipo genero atrasos en la toma de datos, repercutiendo, en el inicio y cierre de registros climáticos.

Se contactó con los propietarios de fincas o en el caso de Xucaneb con emisora radial de la región, anuentes de instalar estación climática en su propiedad. Así también se instalo equipo climático en los puntos de interés para el proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos (CEFE).

Para la toma de datos se elaboraron boletas, capacitando a las personas encargadas para su llenado y control, la información de la boleta consiste en:

- Nombre de la estación.
- Altitud (msnm)
- Localización (municipio/departamento)
- Mes/Año de registro
- Día
- Hora (7:00, 13:00 y 18:00 hrs)
- Temperatura °C (max-min)



- Lluvia mm (precipitación pluvial)

Se realizó el seguimiento a las estaciones instaladas mediante el monitoreo de las mismas en forma trimestral, tomando en consideración la evaluación de funcionamiento de equipo, llenado de boletas, lectura y datos de equipo y por último observaciones del encargado en la toma de datos.

## **5.5. Fase de Gabinete III**

### **5.5.1. Generación de mapas**

Con los puntos de estaciones ploteados adecuadamente en las hojas cartográficas, Cobán ND 15-4 y Puerto Barrios ND 16-1 a escala 1:250,000, que conforman la cuenca, y teniendo en cuenta las variables de precipitación pluvial, temperatura y evapotranspiración, se generaron las redes de puntos para realizar las interpolaciones entre estaciones, siendo para cada variable climática una red de puntos distinta, a partir de las diferentes redes de puntos y las interpolaciones se unieron los diferentes valores que conforman cada línea climática, posteriormente se suavizaron las curvas y por último luego de haber trabajado en mesa los mapas se procedió a realizar la digitalización en pantalla, con lo cual se generaron los mapas temáticos y se prepararon para su presentación.

Se generaron los mapas de:

- Isoyetas (precipitación pluvial)
- Isotermas (temperatura)
- Isopletas (evapotranspiración potencial)

### **5.5.2. Elaboración de climadiagramas**

Con la información climática obtenida se obtuvo el valor promedio mensual, por cada estación, en lo referente a la precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial.

Obteniendo estos valores se plotean en un gráfico representativo con dos ejes en Y y un eje en X, una de las escalas del eje Y representa en milímetros (mm) la precipitación pluvial y la evapotranspiración potencial, por el otro lado en el segundo eje Y se representa en grados Celsius (C°) la temperatura promedio, todo en periodos mensuales que se representan en el eje X, elaborando estos gráficos mediante Excel 2003.

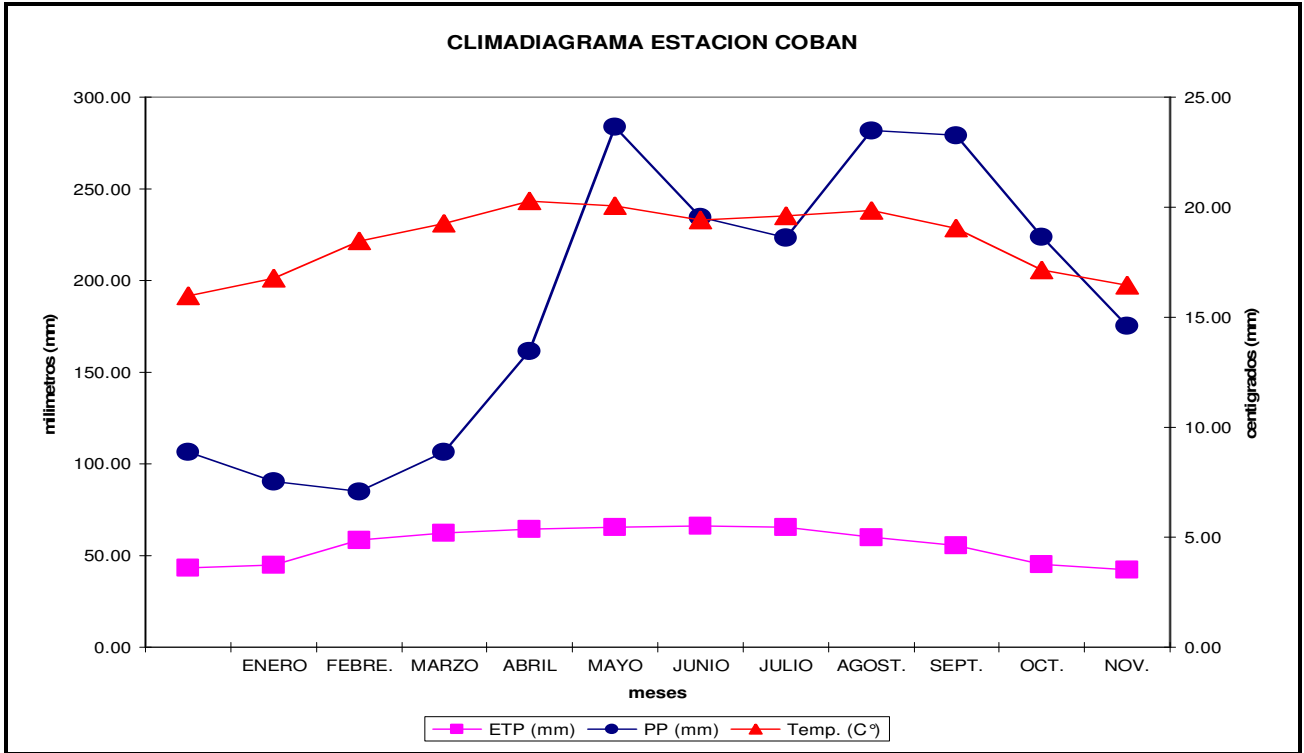
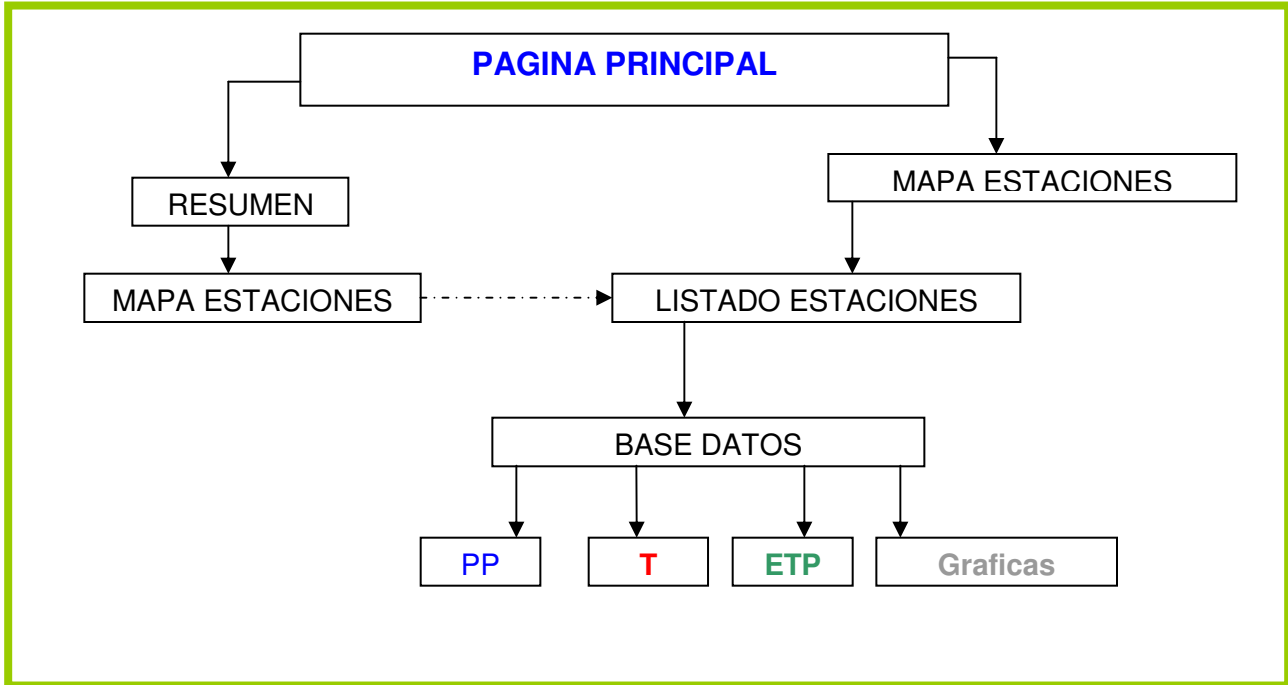


Figura 9 Ejemplo representativo de un climadiagrama

### 5.5.3. Elaboración de una base de datos digital

Con respecto a este inciso se presenta en forma resumida un esquema de la base de datos digital.



**Figura 10** Esquema para la elaboración de una base de datos digital con datos climáticos de estaciones de la cuenca del río Cahabón.

## 6. Resultados

### 6.1. Estaciones climatológicas que operan dentro y alrededor de la cuenca

Se recopiló la información general de estaciones ubicadas en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal, que componen la cuenca, obteniendo del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y la Empresa de Generación de Energía Eléctrica (EGEE-INDE) los listados generales de estaciones, con su código y coordenadas geográficas. Con dicha información se obtuvo la disposición espacial de 59 estaciones del INSIVUMEH y 9 estaciones de EGEE-INDE, en hojas cartográficas 1:250,000, posteriormente se realizó el análisis de ubicación, generando la primera depuración de estaciones, de lo cual se concentró la búsqueda de información en 40 estaciones del INSIVUMEH y 6 estaciones de EGEE-INDE. Con la información obtenida, posteriormente realizando otro análisis de ubicación, se decidió tomar como estaciones de interés las que contaran con registros más completos, recientes y que tuvieran mayor cobertura de influencia dentro o cerca de la cuenca.

Con lo cual se obtuvo un total de 28 estaciones del INSIVUMEH y 6 estaciones del INDE, presentando en el cuadro 24 la situación actual de las estaciones de interés.

**Cuadro 15 Listado de estaciones propiedad del INSIVUMEH y EGEE-INDE de las cuales se recopiló información climática para su análisis.**

#	Estación	Ubicación	Coord. geográficas y altitud	Tip Est	Registro Precip. Pluvial	Registro Temperatura	Estado	Propietario
1	Cobán	Cobán, A.V.	N 15°28'10" W 90°23'34" 1330 msnm	A	1947-1952 1970-1979 1990-2003	1947-1952 1970-1979 1990-2003	Activa	INSIVUMEH
2	Cahabón	Santa María Cahabón, A.V.	N 15°36'18" W 89°48'37" 284 msnm	A	1955-1960 1962 1965 1966 1972-1979 1990-2003	1972-1979	Activa	INSIVUMEH
3	Argentina	San Miguel Tacurú, A.V.	N 15°19'07" W 90°00'07" 609 msnm	C	1958-1959 1960-1969	1959 1960-1969	Inactiva	INSIVUMEH
4	Actela	Senahú, A.V.	N 15°22'02" W 89°53'33" 240 msnm	D	1960-1962	-----	Inactiva	INSIVUMEH
5	Campur	San Pedro Carchá, A.V.	N 15°28'00" W 90°03'00" 560 msnm	C	1930 1932 1957-1958	1957-1958	Inactiva	INSIVUMEH
6	Centro Formación SFE	San Juan Chamelco, A.V.	N 15°25'23" W 90°19'34" 1480 msnm	C	1959-1965	1959-1965	Inactiva	INSIVUMEH
7	Chascar	San Pedro Carchá, A.V.	N 15°29'00" W 90°11'04" 1219 msnm	C	1956-1969 1989-2001	1989-2001	Inactiva	INSIVUMEH
8	Chiacam	San Pedro Carchá, A.V.	N 15°32'40" W 90°06'35" 950 msnm	C	1914-1922 1930 1932 1958 1959 1960-1961	1958-1962	Inactiva	INSIVUMEH
9	Los Alpes	Tacurú, A.V.	N 15°20'30" W 89°58'00" 900 msnm	C	1930 1934-1969	1938-1944	Inactiva	INSIVUMEH
10	Mayagua	Senahú, A.V.	N 15°26'45" W 89°41'06" 500 msnm	D	1930 1932 1935-1949	-----	Inactiva	INSIVUMEH
11	Mocca	Senahú, A.V.	N 15°21'35" W 89°55'28" 1020 msnm	C	1911 1928 1930 1934-1940 1943-1951 1953-1955 1958-1959	1938-1940 1969	Inactiva	INSIVUMEH
12	Rexahá	San Pedro Carchá, A.V.	N 15°33'00" W 90°16'22" 1197 msnm	D	1956-1969	-----	Inactiva	INSIVUMEH
13	Rubeltzul	Senahú, A.V.	N 15°26'13" W 89°44'14" 1330 msnm	D	1931-1939	-----	Inactiva	INSIVUMEH
14	San Juan	Senahú, A.V.	N 15°22'22" W 89°49'40" 580 msnm	D	1938-1939 1944-1959 1967-1969	-----	Inactiva	INSIVUMEH
15	San Luis	Panzós, A.V.	N 15°23'00" W 89°40'00" 50 msnm	D	1951-1958	-----	Inactiva	INSIVUMEH
16	San Vicente	San Pedro Carcha, A.V.	N 15°28'00" W 90°17'00" 1500 msnm	D	1950-1952 1957-1961	-----	Inactiva	INSIVUMEH
17	Saquita	Panzós, A.V.	N 15°34'35" W 89°54'03" 48 msnm	D	-----	1966-1969	Inactiva	INSIVUMEH
18	Sasís	San Pedro Carchá, A.V.	N 15°30'10" W 90°08'59" 1080 msnm	D	1970-1979	-----	Inactiva	INSIVUMEH
19	Seamay	Senahú, A.V.	N 15°24'32"	C	1955-1969	1955-1969	Inactiva	INSIVUMEH

			W 89°48'10" 1038 msnm					
20	San Cristóbal Verapaz	San Cristóbal Verapaz, A.V.	N 15°21'55" W 90°28'31" 1490 msnm	D	1967-1969 1970-1971	-----	Inactiva	INSIVUMEH
21	Trece Aguas	Senahú, A.V.	N 15°25'00" W 89°47'00" 900 msnm	D	1921-1944 1949-1953	1940-1942	Inactiva	INSIVUMEH
22	Vista Hermosa	Purulhá, A.V.	N 15°15'23" W 90°17'01" 2300 msnm	C	1960-1961	1960-1961	Inactiva	INSIVUMEH
23	Xicacao	San Pedro Carcha, A.V.	N 15°29'34" W 90°04'50" 963 msnm	C	1930 1932 1957-1960	1957-1962	Inactiva	INSIVUMEH
24	Zona Vial 7	Santa Cruz Verapaz, A.V.	N 15°22'17" W 90°26'20" 1409 msnm	C	1960-1969	1961-1966 1968-1969	Inactiva	INSIVUMEH
25	Panzós	Panzós, A.V.	N 15°23'50" W 89°38'38" 20 msnm	B	1970-1979 1990-1998 2002-2003	1990-1998	Activa	INSIVUMEH
26	Volcán	Senahú, A.V.	N 15°28'45" W 89°52'20" 840 msnm	C	1955-1969	1960-1969	Inactiva	INSIVUMEH
27	Sepacuite	Senahú, A.V.	N 15°28'02" W 89°46'52" 980 msnm	C	1934-1961	1938-1961	Inactiva	INSIVUMEH
28	Santa Margarita	Cobán, A.V.	N 15°30'00" W 90°22'00" 1310 msnm	C	1956-1969 1989-2000	1956-1969 1989-1995	Inactiva	INSIVUMEH
29	Cahabonci to	Panzós, A.V.	N 15°27'30" W 89°33'20" 50 msnm	D	1977-1999	-----	Inactiva	EGEE-INDE
30	Chaquipec	San Pedro Carcha, A.V.	N 15°25'04" W 90°12'04" 1620 msnm	D	1978-1998	-----	Inactiva	EGEE-INDE
31	Cerro La Laguna	Cobán, A.V.	N 15°23'29" W 90°31'41" 2000 msnm	C	1974-2005	1977-2005	Activa	EGEE-INDE
32	Chirresqui che	San Cristóbal Verapaz, A.V.	N 15°27'10" W 90°30'20" 2000 msnm	C	1978-1982	1980-1982	Inactiva	EGEE-INDE
33	Purulhá	Purulhá, A.V.	N 15°14'02" W 90°14'00" 1700 msnm	C	1977-2005	1981-1982 1986-2005	Activa	EGEE-INDE
34	Sasis	San Pedro Carcha, A.V.	N 15°30'11" W 90°08'59" 1065 msnm	C	1919-1928 1931-1998	1980-1992	Inactiva	EGEE-INDE

Fuente: Elaboración propia.

Las estaciones registradas por el INSIVUMEH y que en la actualidad se encuentran inactivas en un 95% existieron en propiedad privada, por tanto, el INSIVUMEH solamente recibía la información presentada por los propietarios para tenerla a disposición de los usuarios, independientemente de la ubicación y mantenimiento del equipo. Olvidando la necesidad de una red de estaciones climáticas adecuada y confiables, bajo la responsabilidad del INSIVUMEH.

En lo referente a los contactos realizados con instituciones que pudieran contar o conocer de fincas con registros de datos climáticos, solamente en el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y a través de él, se

obtuvieron datos de precipitación pluvial de la finca Secamquim y datos de precipitación pluvial y temperatura de la finca Chichén.

Con respecto a la instalación y monitoreo de estaciones climáticas, se obtuvieron los recursos y contactos a través del INAB para la instalación de cinco estaciones, de las cuales, por el período de registro necesario como mínimo de un año para la investigación, se cuenta con dos estaciones utilizadas en la investigación. De acuerdo a lo discutido anteriormente se presenta a continuación la información de las estaciones, en el cuadro 16.

**Cuadro 16 Listado de estaciones propiedad del INAB y privada de las cuales se recopiló información climática para su análisis.**

#	Estación	Ubicación	Coord. geográficas y altitud	Tip Est	Registro Precip. Pluvial	Registro Temperatura	Estado	Propietario
35	Finca Chichén	San Juan Chamelco, A.V.	N 15°23'25" W 90°22'07" 1500 msnm	C	2001-2005	2001-2005	Activa	Privada
36	Finca Secamquim	Santa María Cahabón, A.V.	N 15°31'15" W 89°47'25" 250 msnm	D	2001-2003	-----	Activa	Privada
37	Montaña Xucaneb	Tamahú, A.V.	N 15°20'14" W 90°16'34" 2653 msnm	C	2004-2005	2004-2005	Activa	INAB
38	Finca Río Frío	Santa Cruz Verapaz, A.V.	N 15°20'33" W 90°25'06" 1410 msnm	C	2004-2005	2004-2005	Activa	INAB

**Fuente: Elaboración propia.**

Se visitaron las estaciones ubicadas en gabinete en estado activo. Posteriormente con las especificaciones del equipo y sus funciones, se tomaron como comparador para establecer si el funcionamiento del equipo es adecuado o no. Así también se verificó el tipo de estación determinado en gabinete. Como se presenta en el cuadro 17.

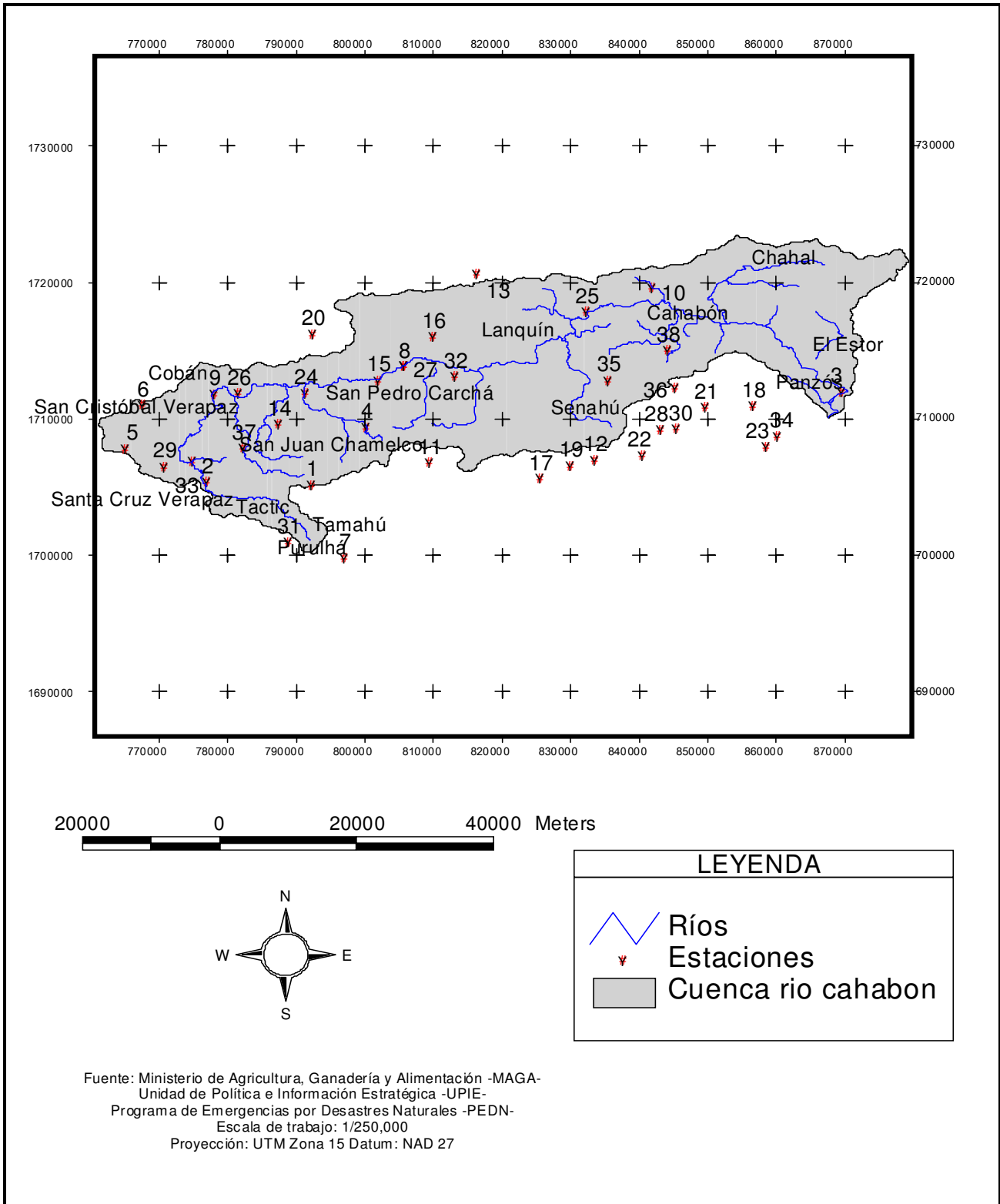
**Cuadro 17 Resumen de estaciones verificadas de funcionamiento**

ESTACION	UBICACIÓN	PROPIEDAD	ESTADO
Cobán	Cobán, A.V.	INSIVUMEH	Activa y Adecuada
Cahabón	Cahabón, A.V.	INSIVUMEH	Activa y Adecuada
Panzós	Panzós, A.V.	INSIVUMEH	Activa y Adecuada
Cerro La Laguna	San Cristóbal Verapaz, A.V.	EGEE-INDE	Activa y Adecuada
Purulhá	Purulhá, B.V.	EGEE-INDE	Activa y Adecuada
Finca Chichén	Cobán, A.V.	PRIVADA	Activa y Adecuada
Finca Secamquim	Cahabón, A.V.	PRIVADA	Activa y Adecuada

Con la información anterior se presenta el cuadro 18, mostrando el tipo de información obtenida con las estaciones climatológicas.

**Cuadro 18 Estaciones con influencia en la cuenca del río Cahabón, agrupadas por carácter.**

Propiedad	Tipo	Estado	Variable		
			PP	°T	ETP
INSIVUMEH	A = 02	Activa = 02	02	02	02
		Inactiva = 00	--	--	--
	B = 01	Activa = 01	01	01	01
		Inactiva = 00	--	--	--
	C = 14	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 14	14	14	14
	D = 11	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 11	10	01	01
EGEE-INDE	A = 00	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 00	--	--	--
	B = 00	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 00	--	--	--
	C = 04	Activa = 02	02	02	02
		Inactiva = 02	02	02	02
	D = 02	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 02	02	--	--
INAB	A = 00	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 00	--	--	--
	B = 00	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 00	--	--	--
	C = 02	Activa = 02	02	02	02
		Inactiva = 00	--	--	--
	D = 00	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 00	--	--	--
PRIVADA	A = 00	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 00	--	--	--
	B = 00	Activa = 00	--	--	--
		Inactiva = 00	--	--	--
	C = 01	Activa = 01	01	01	01
		Inactiva = 00	--	--	--
	D = 01	Activa = 01	01	--	--
		Inactiva = 00	--	--	--
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>37</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

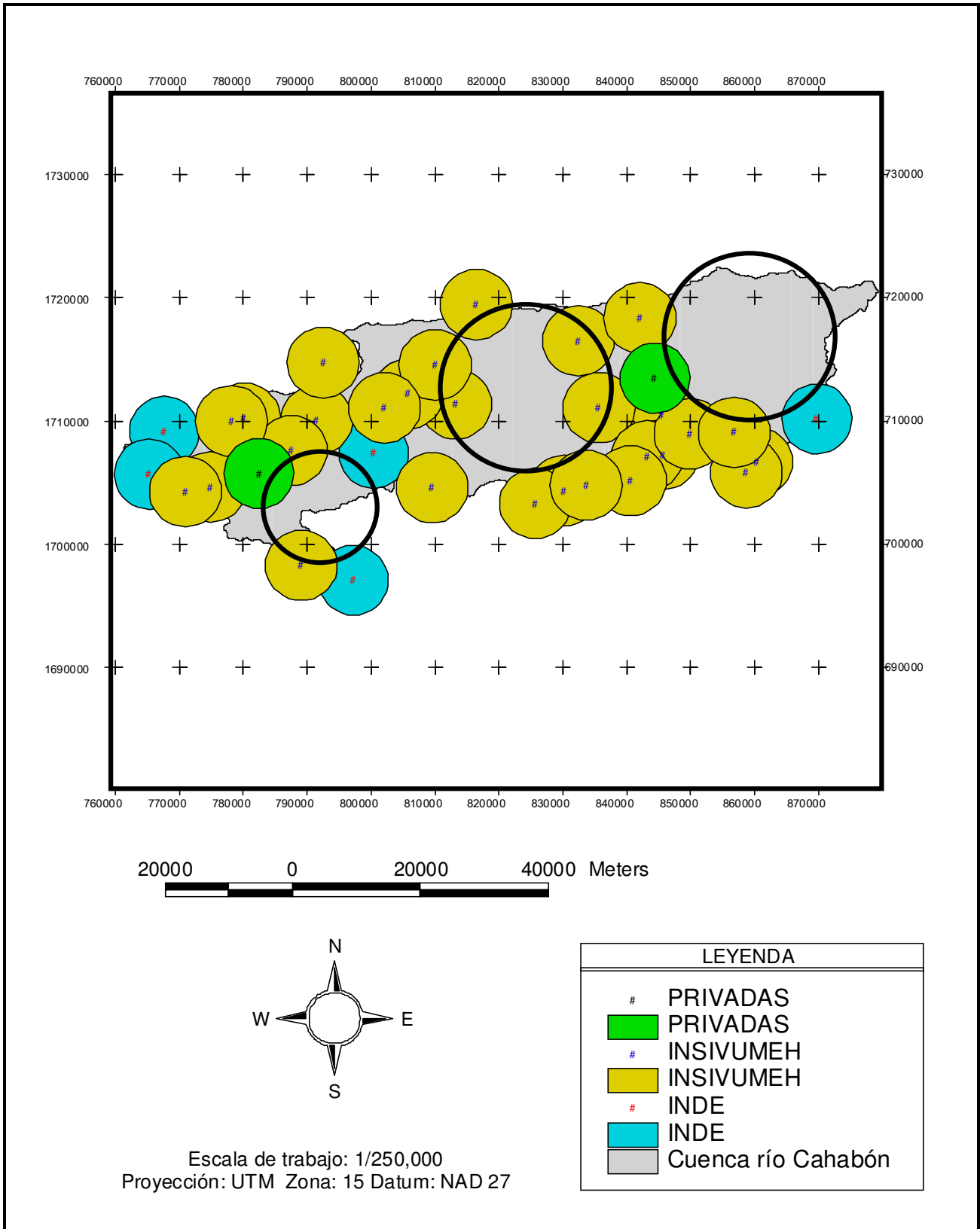


**Figura 11** Distribución de todas las estaciones con registros meteorológicos



## **6.2. Representatividad de estaciones y vacíos de información**

En la figura 14 se pueden observar los puntos representativos de cada estación y un área circular a color que representa la cobertura de cada una. Teniendo en cuenta la distribución espacial de cada estación y su cobertura, se observan tres áreas específicas de interés encerradas con circunferencias negras, dichas áreas son los lugares donde existen vacíos de información.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Distribución de estaciones para identificar vacíos de información.

En tal sentido se instalaron cinco estaciones pertenecientes al Instituto Nacional de Bosques (INAB) con la finalidad de reducir los vacíos de información. Las estaciones son:

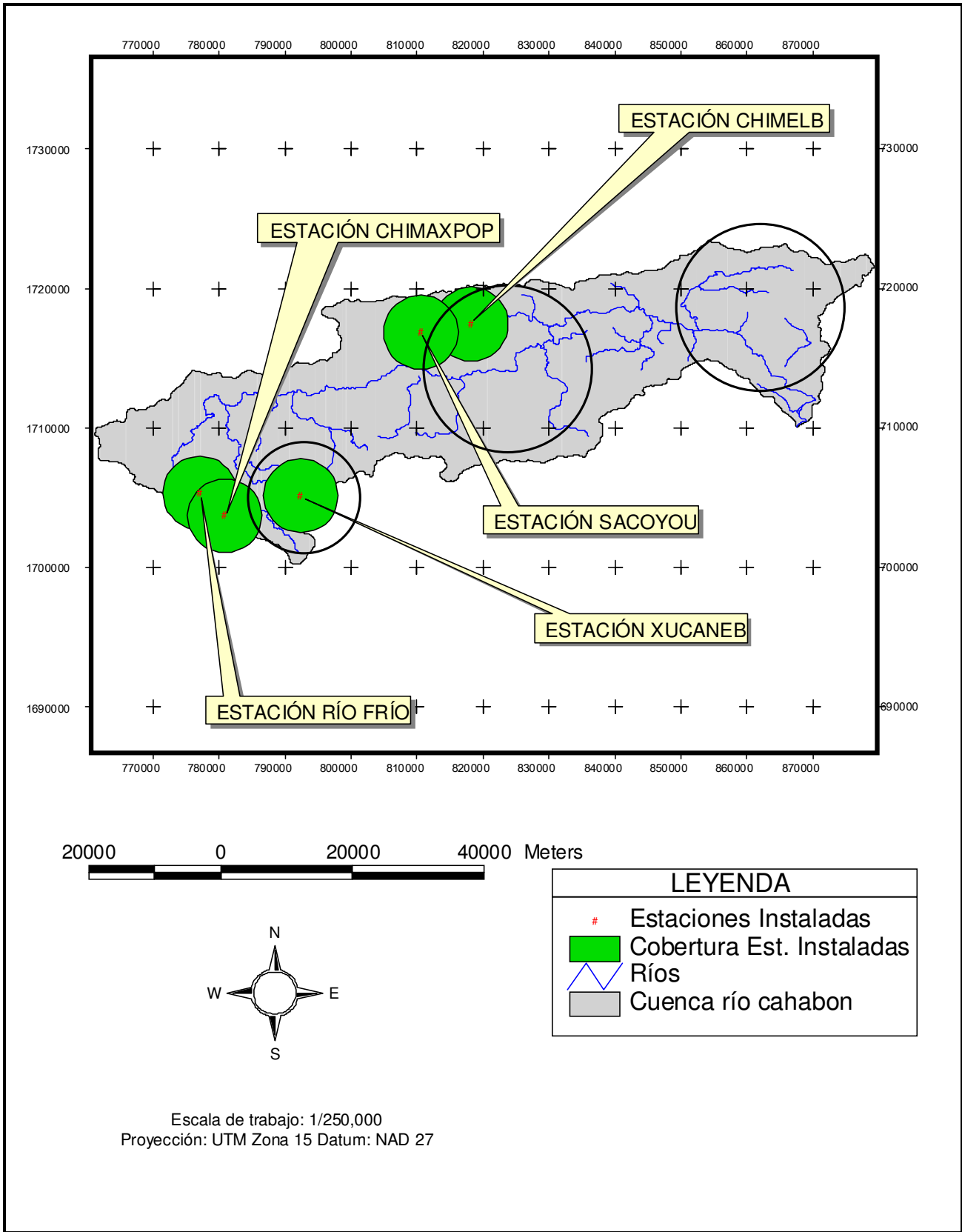
**Cuadro 19 Listado de estaciones instaladas.**

<b>Estación</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Inicio de Registro</b>
Xucaneb	2,653	N 15° 20' 14" W 90° 16' 34"	Montaña Xucaneb, Tamahú, A.V.	Mayo 2004
Río Frío	1,410	N 15° 20' 33" W 90° 25' 06"	Finca Rio Frio, Snt Cruz V, A.V.	Julio 2004
Chimaxpop	1,477	N 15° 18' 39" W 90° 23' 01"	Finca Chimaxpop, Tactic, A.V.	Sept. 2004
Sacoyou	1,249	N 15° 33' 39" W 90° 06' 13"	Finca Sacoyou, Sn P. Carcha, AV	Octub. 2004
Chimelb	1,155	N 15° 34' 15" W 90° 01' 58"	Finca Chimelb, Lanquín, A.V.	Octub. 2004

**Fuente: Elaboración propia**

Se realizó el seguimiento a las estaciones instaladas mediante el monitoreo de las mismas en forma trimestral, tomado en consideración la evaluación de funcionamiento de equipo, llenado de boletas, lectura y datos de equipo y por último observaciones del encargado en la toma de datos.

En la figura 13 se puede observar las estaciones instaladas.

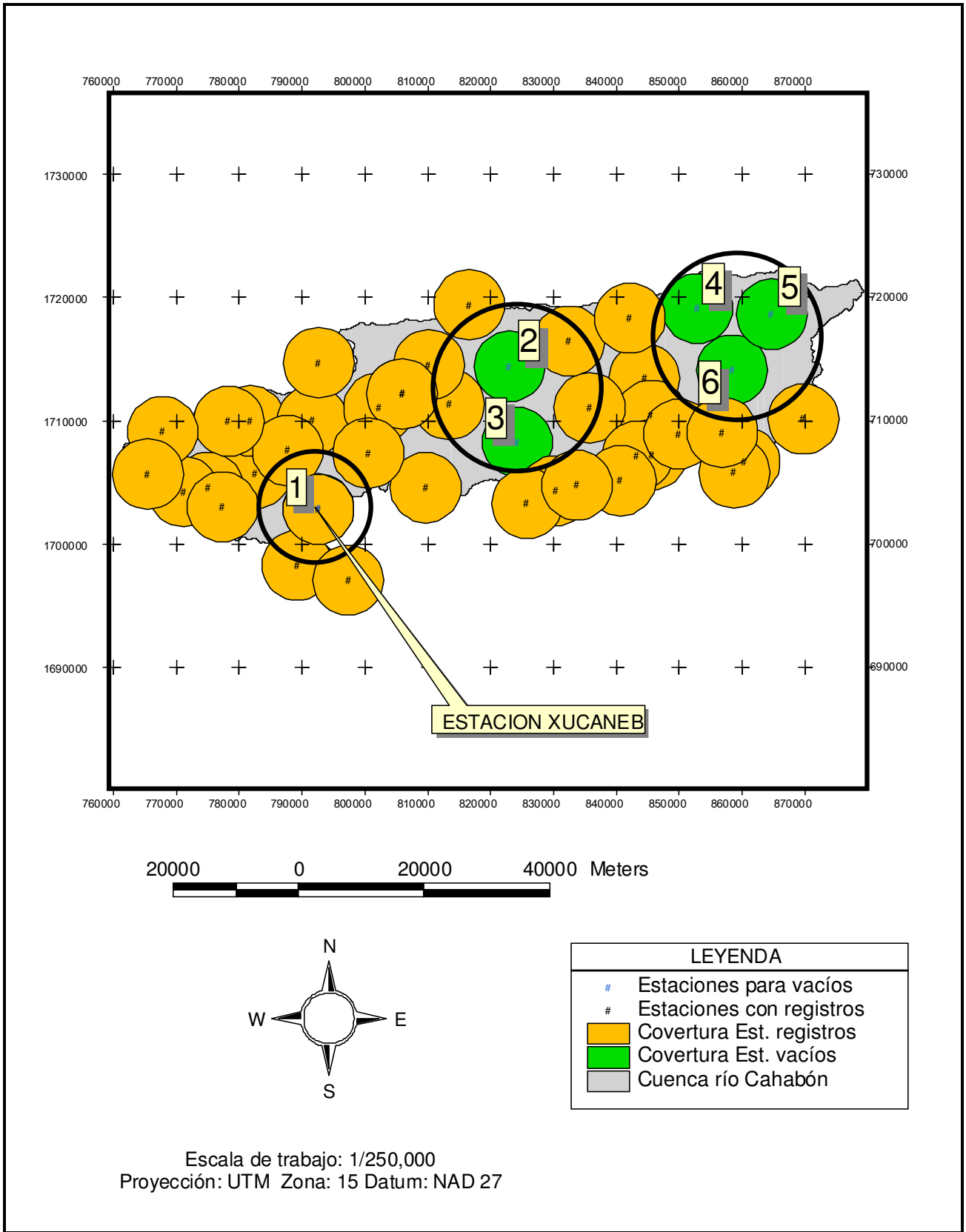


Fuente: Elaboración propia  
**Figura 13 Estaciones instaladas propiedad del -INAB-**

Partiendo de lo observado en la figura 12 que las circunferencias negras son los lugares con vacíos de información, por lo tanto, en la figura 13 se observa que las estaciones instaladas poseen cierta área de influencia para llenar los vacíos, además de ello considerando el inicio de registro de las estaciones para resultados confiables; se obtuvieron eficientemente dos estaciones para ser utilizadas, que son

<b>ESTACION</b>	<b>REGISTRO</b>
Xucaneb	De Mayo 2004 a Julio 2005
Río Frío	De Julio 2004 a Julio 2005

Por lo obtenido anteriormente, a continuación se presenta la figura 14.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Vacíos de información cubiertos con estaciones

En la figura 12 se puede observar cada punto de estación con registro y alrededor de cada punto un área de 100 km<sup>2</sup>, sobre la base de lo descrito en Linsley et. al., 1988 (11).

No presenta área de cobertura en la región central y región Este de la cuenca. Por dificultades en la región central donde no fue posible el cierre de un año de registro y en la región Este por la inaccesibilidad y tenencia de la tierra no fue posible la instalación de alguna estación.

Se presentan las coberturas de estaciones con registros en color anaranjado y para las estaciones que no existieron o se anuló en el proceso, en color verde. Así también, las circunferencias negras representan las áreas con vacíos de información.

En forma resumida para cubrir los vacíos de información deberían de existir seis estaciones, de las cuales solo una de ellas tuvo verdadero éxito, la estación Xucaneb ubicada en las coordenadas geograficas de N 15° 20' 14" W 90° 16' 34".

**Cuadro 20 Georeferenciación de estaciones para cubrir vacíos de información**

No.	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	15° 20' 14"	90° 16' 34"
2	15° 32' 24"	89° 59' 24"
3	15° 25' 48"	89° 58' 48"
4	15° 37' 12"	89° 42' 36"
5	15° 36' 36"	89° 36' 00"
6	15° 31' 48"	89° 39' 36"

## 6.2. Base de datos climática en formato digital

En el disco compacto que acompaña este informe se presenta la información electrónica obtenida. En cada carpeta identificada por propietario existen varios libros en programa Excel, donde cada libro representa una estación, en el libro de cada estación se encuentran las correspondientes hojas electrónicas dependiendo de los registros climáticos encontrados para cada estación en particular.

Para cada estación existen por lo menos dos hojas electrónicas, siendo una hoja para cada variable climática y una hoja para el respectivo gráfico que representa el comportamiento de la(s) variable(s) climática(s). La mayor cantidad de hojas con las que puede contar un libro es de cuatro hojas, siendo de precipitación pluvial, temperatura, evapotranspiración y climadiagrama, independientemente del tipo de estación, solamente fueron tres máximo las variables climáticas analizadas.

Teniendo en cuenta en algún momento la ausencia del disco compacto, al lector se le presenta la información sintetizada en cada gráfica que represente el comportamiento del clima en cada estación climática.

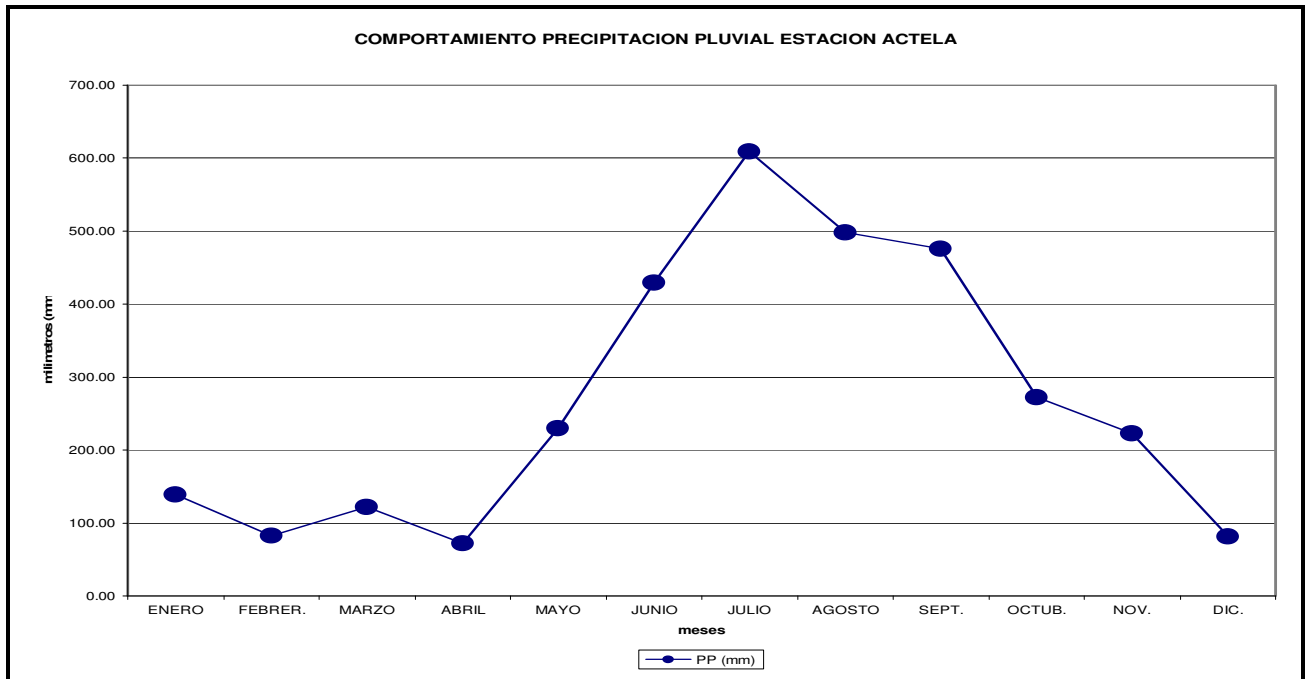
## 6.3. Graficas representativas del comportamiento de variables climáticas por cada estación

En cada grafica se presenta el comportamiento de las variables climáticas, el cuadro de valores y la discusión.

Para un mejor orden, se dividieron en cuatro grupos de propietarios las estaciones, siendo:

- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)
- Empresa Generadora de Energía Eléctrica (EGEE-INDE)
- Instituto Nacional de Bosques (INAB)
- Privada

**6.3.1. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 15 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación Actelá**

**Cuadro 21 Precipitación pluvial para la estación Actelá**

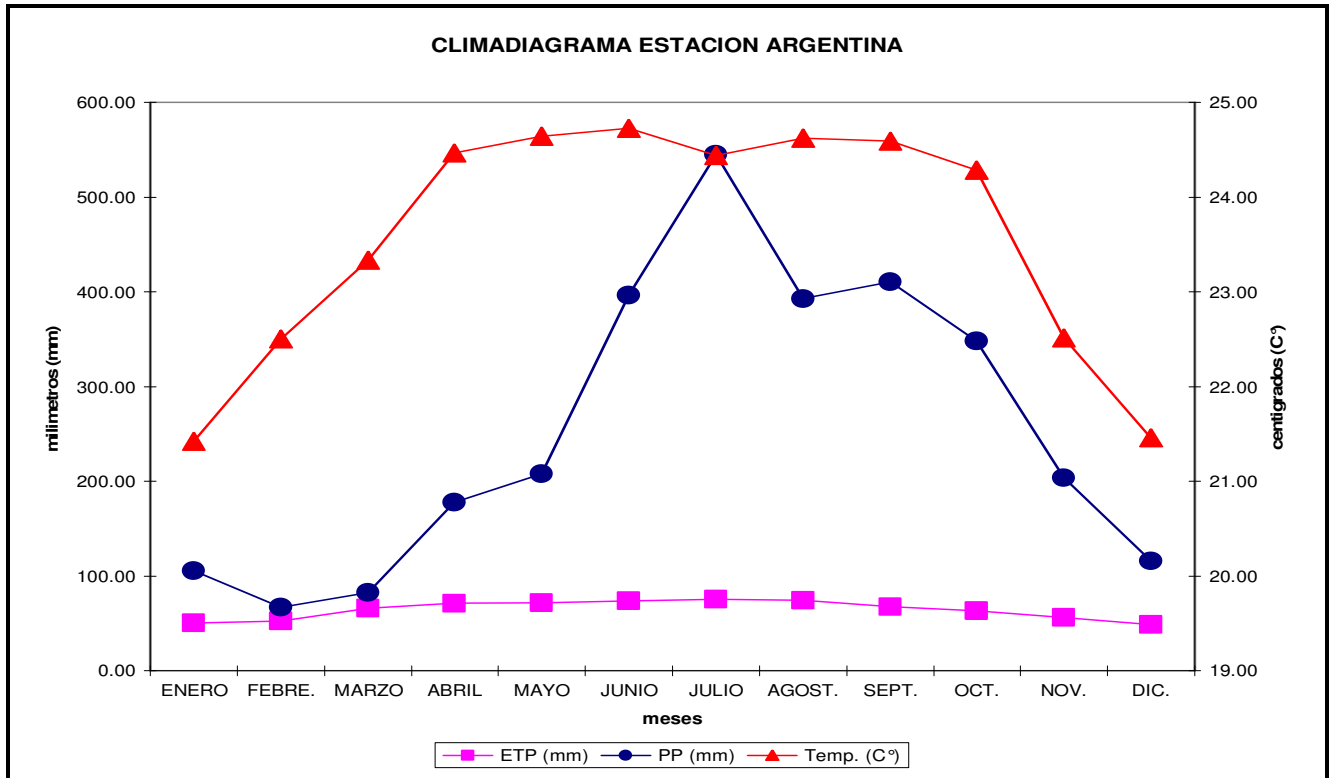
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	139.00	83.00	122.00	72.00	230.00	429.70	609.33	498.33	475.67	272.50	223.00	81.50	3236.03

Fuente: Elaboración propia

**Estación Actelá:** La estación Actelá presenta en la figura 17 únicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), con registro de lluvia desde 1960 a 1962 en estado inactivo.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de julio con 609.33 mm/mes, seguido por agosto, septiembre y junio en orden descendente de valores, las menores PP se presentan en los meses de abril con 72.00 mm/mes, seguida por diciembre y febrero con 81.50 mm/mes y 83.00 mm/mes respectivamente obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 3,236.03 mm.





Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Climadiagrama representativo de la estación Argentina

Cuadro 22 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Argentina.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	105.50	67.23	82.55	177.45	207.75	396.38	544.70	392.92	410.48	348.05	203.53	115.93	3052.45
T°	21.42	22.50	23.33	24.47	24.64	24.72	24.44	24.62	24.59	24.29	22.51	21.46	23.58
ETP	50.46	52.31	66.15	71.01	71.69	73.54	75.20	74.16	67.65	63.50	55.94	48.64	770.23

Fuente: Elaboración propia

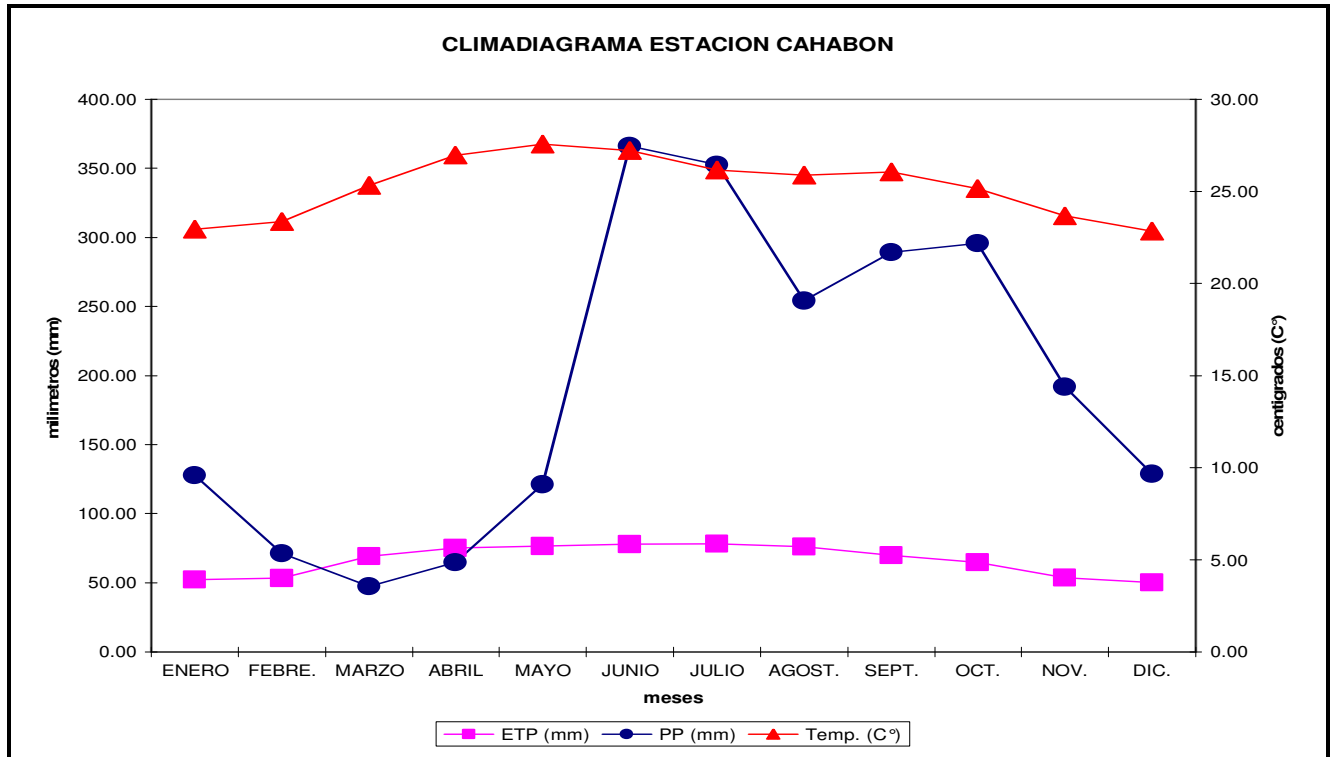
**Estación Argentina:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Argentina se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de lluvia de 1958 a 1969 y de temperatura de 1959 a 1969 en estado inactivo.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de julio con 544.70 mm/mes, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero y marzo con 67.23 mm/mes y 82.55 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 3,052.45 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, agosto y junio con 75.20 mm/mes, 74.16 mm/mes y 73.54 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre y enero con 48.64 mm/mes y 50.46 mm/mes respectivamente, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 770.23 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 2,282.22 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de julio con PP de 544.70 mm/mes y ETP de 75.20 mm/mes, resultando el exceso de 469.50 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 21.42 C° y junio con 24.72 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 21.50 C° hasta los 24.60 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 17 Climadiagrama representativo de la estación Cahabón

Cuadro 23 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Cahabón

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	127.92	71.35	47.46	64.61	121.16	366.12	352.53	254.25	289.35	295.63	191.70	128.93	2310.98
Tº	22.93	23.35	25.33	26.97	27.56	27.23	26.16	25.86	26.05	25.15	23.65	22.83	25.26
ETP	52.40	53.41	69.36	75.20	76.63	77.88	78.27	76.34	69.98	64.80	53.54	50.33	798.13

Fuente: Elaboración propia

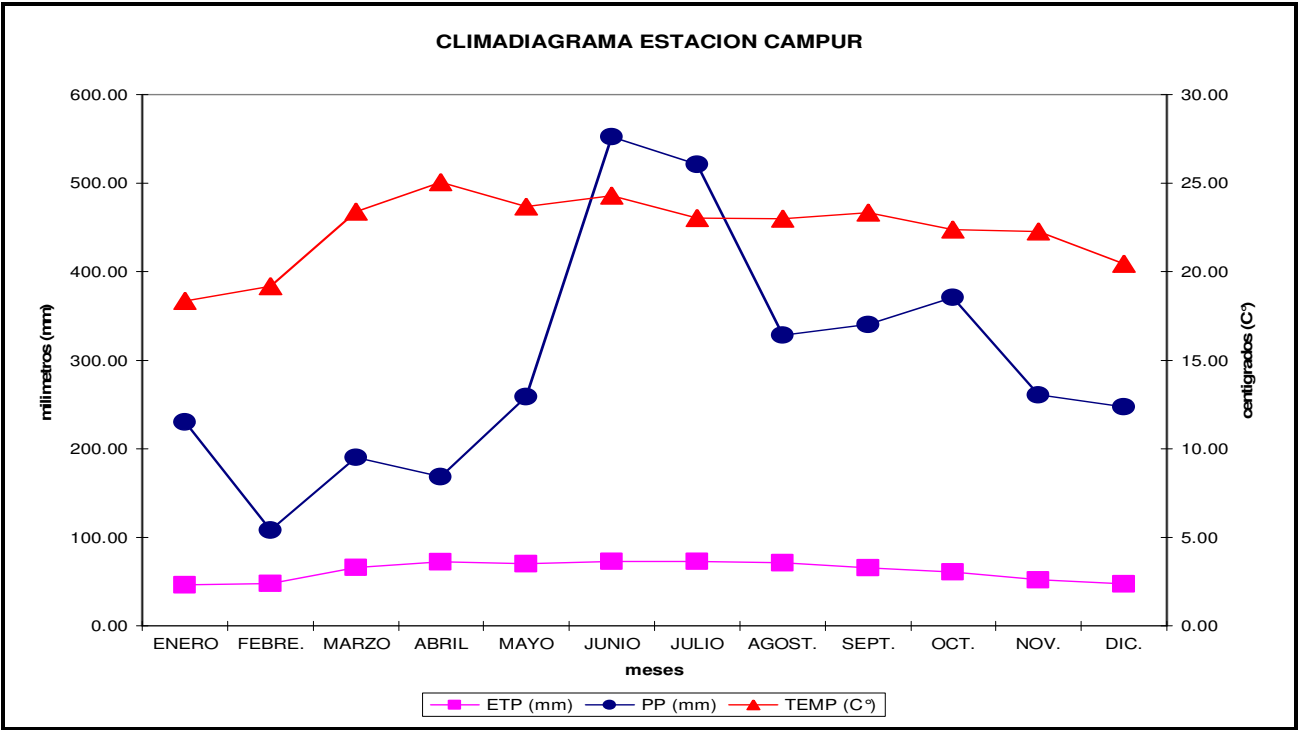
**Estación Cahabón:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Cahabón se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registro de precipitación pluvial de forma intermitente en 1955 a 1960 del 1962 al 1966 después de 1972 a 1979 y por último de 1990 al 2003 y en temperatura de 1972 a 1979, en la actualidad estación activa.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de julio y junio con 352.53 mm/mes y 366.12 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de marzo, abril y febrero con 47.46 mm/mes, 64.61 mm/mes y 71.35 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 2,310.98 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio y junio con 78.27 mm/mes y 77.88 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 50.33 mm/mes seguida por enero con 52.40 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 798.13 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año existe solamente 32.50 mm/mes de déficit presente en los meses de marzo y abril con PP de 47.46 y 64.61 mm/mes respectivamente y ETP de 69.36 y 75.20 mm/mes respectivamente, durante los otros meses se presenta exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 1,545.34 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de junio con PP de 366.12 mm/mes y ETP de 77.88 mm/mes, resultando el exceso de 288.24 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de diciembre con 22.83 C° y abril con 27.97 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 22.90 C° hasta los 27.50 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Climadiagrama representativo de la estación Campur

Cuadro 24 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Campur

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	230.00	107.85	190.10	168.10	258.55	552.35	521.23	328.20	340.45	370.80	260.63	247.53	3575.78
T°	18.33	19.18	23.38	25.05	23.65	24.28	23.03	22.98	23.33	22.38	22.25	20.45	22.35
ETP	46.48	48.00	66.23	71.98	70.01	72.78	72.69	71.29	65.64	60.62	51.73	47.38	744.82

Fuente: Elaboración propia

**Estación Campur:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Campur se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), posee registros de lluvia de 1930 a 1932 y de 1957 al 1958 con temperatura de 1957 al 1958, en estado inactivo.

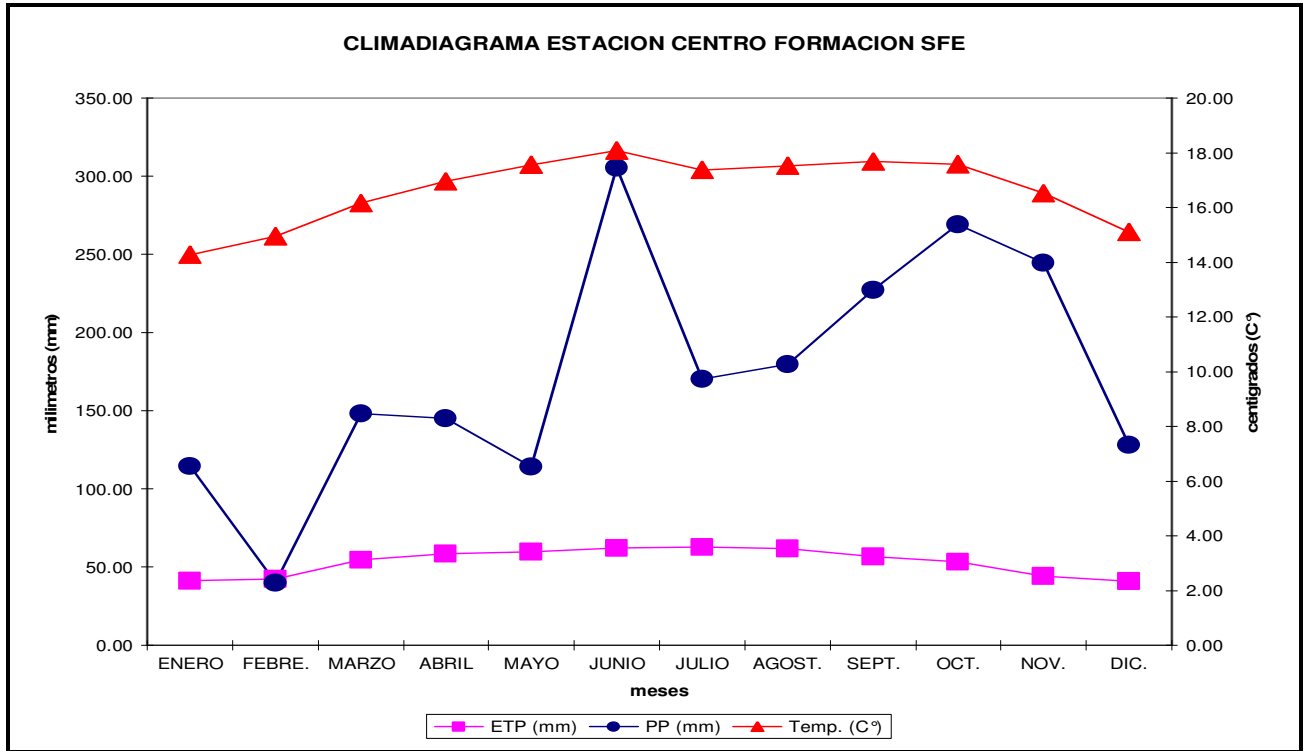
En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de junio y julio con 552.35 mm/mes y 521.23 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero, abril y marzo con 107.85 mm/mes, 168.10 mm/mes y 190.10 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 3,575.78 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio y junio con 72.69 mm/mes y 72.78 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 47.38 mm/mes seguida por enero con 46.48 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 744.82 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año que no existe déficit solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 2,830.95 mm de exceso agua, con

mayor cantidad en los meses de junio y julio con PP de 552.35 mm/mes y 521.23 mm/mes respectivamente, así también con ETP de 72.78 mm/mes y 72.69 mm/mes respectivamente, resultando el exceso de 479.57 mm/mes y 448.54 mm/mes respectivamente.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 18.33 C° y abril con 25.05 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 19.00 C° hasta los 24.00 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 19 Climadiagrama representativo de la estación Centro de Formación SFE

Cuadro 25 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Centro de Formación SFE

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	114.60	39.90	148.30	145.23	114.10	305.55	170.30	179.60	227.40	268.96	244.50	128.08	2086.52
<b>T°</b>	14.27	14.95	16.15	16.95	17.57	18.08	17.36	17.52	17.69	17.58	16.52	15.11	16.64
<b>ETP</b>	41.25	42.50	54.60	58.37	59.74	62.05	62.59	61.74	56.63	53.37	44.32	40.76	637.93

Fuente: Elaboración propia

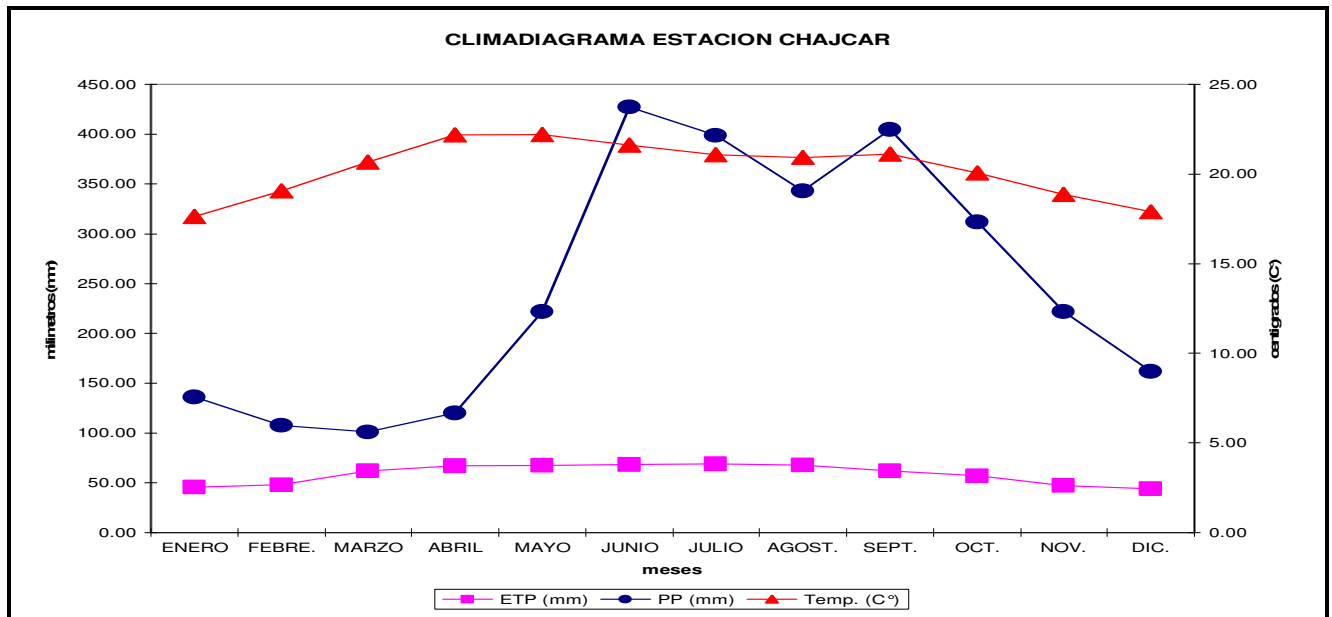
**Estación Centro de Formación SFE:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Centro de Formación SFE se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de lluvias desde 1959 a 1965 y de temperatura de 1959 a 1965, esta inactiva actualmente.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de junio con 305.55 mm/mes, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en el mes de febrero con 39.90 mm/mes, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 2,086.52 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, junio y agosto con 62.59 mm/mes, 62.05 mm/mes, 61.74 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 40.76 mm/mes, seguida por enero con 41.25 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 637.93 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 1,448.59 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de junio con PP de 305.55 mm/mes y ETP de 62.05 mm/mes, resultando el exceso de 243.50 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 14.27 C° y junio con 18.08 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 15.00 C° hasta los 17.60 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 20

Climadiagrama representativo de la estación Chajcar

Cuadro 26 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Chajcar

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	136.01	107.63	101.14	119.95	221.71	427.26	398.91	342.97	404.79	311.98	221.79	161.86	2956.00
<b>Tº</b>	17.63	19.07	20.67	22.19	22.20	21.62	21.08	20.93	21.13	20.05	18.86	17.89	20.28
<b>ETP</b>	45.58	47.85	61.87	67.17	67.56	68.17	69.21	67.71	62.13	57.10	47.34	44.21	705.91

Fuente: Elaboración propia

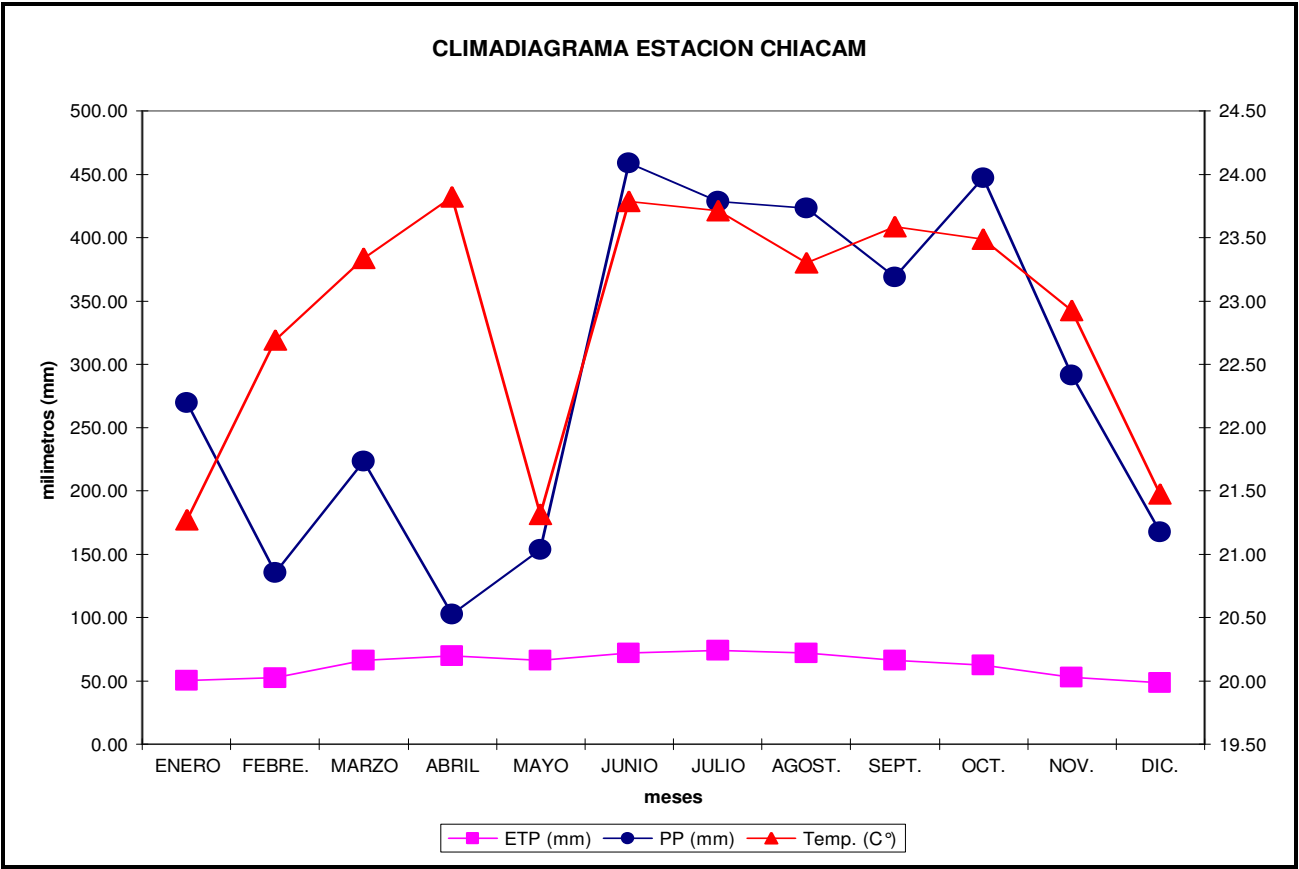
**Estación Chajcar:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Chajcar se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registro de lluvia de 1956 a 1969 y 1989 al 2001 el registro de temperatura de 1989 al 2001, se encuentra inactiva actualmente.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de junio, septiembre y julio con 427.26 mm/mes, 404.79 mm/mes, y 398.91 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de marzo y febrero con 101.14 mm/mes y 107.63 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 2,956.00 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, junio y agosto con 69.21 mm/mes, 68.17 mm/mes y 67.71 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 44.21 mm/mes, seguida por enero con 45.58 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 705.91 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 2,250.09 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de junio con PP de 427.26 mm/mes y ETP de 68.17 mm/mes, resultando el exceso de 359.09 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 14.28 C° y junio con 19.43 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 15.00 C° hasta los 18.50 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Climadiagrama representativo de la estación Chiacam

Cuadro 27 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Chiacam

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	269.71	135.65	223.54	102.40	153.53	459.08	428.53	423.25	368.95	447.33	291.20	167.48	3470.67
<b>Tº</b>	21.27	22.69	23.34	23.82	21.31	23.79	23.71	23.30	23.59	23.49	22.93	21.48	22.89
<b>ETP</b>	50.26	52.55	66.17	69.91	66.06	71.93	73.90	71.85	66.05	62.29	52.60	48.66	752.25

Fuente: Elaboración propia

**Estación Chiacam:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Chiacam se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), registros de lluvia intermitentes desde 1914 a 1922 luego 1930 a 1932 y 1958 a 1961 en temperatura únicamente 1958 a 1962, actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de junio, octubre, julio y agosto con 459.08 mm/mes, 447.33 mm/mes, 428.53 mm/mes y 423.25 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero y abril con 135.65 mm/mes y 102.40 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 3,470.67 mm.

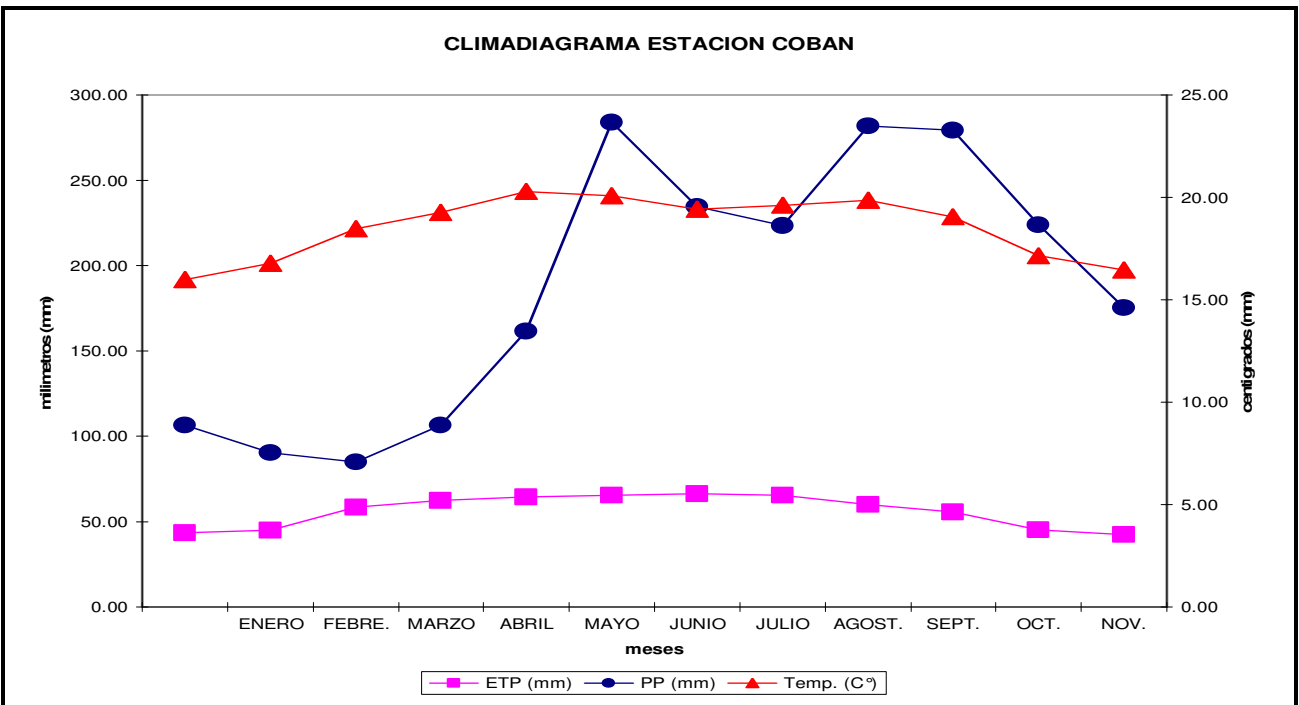
En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, junio y agosto con 73.90 mm/mes, 71.93 mm/mes y 71.85 mm/mes respectivamente, la menor ETP se



calcula en diciembre con 48.66 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 752.25 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 2,718.42 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de junio con PP de 459.08 mm/mes y ETP de 71.93 mm/mes, resultando el exceso de 387.16 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 21.27 C° y abril con 23.82 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 21.30 C° hasta los 23.70 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 22 Climadiagrama representativo de la estación Cobán

Cuadro 28 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Cobán

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	106.44	90.46	84.94	106.57	161.60	283.89	234.54	223.33	281.73	279.21	224.02	175.30	2252.04
<b>Tº</b>	15.97	16.77	18.47	19.27	20.29	20.06	19.41	19.60	19.85	19.05	17.14	16.45	18.53
<b>ETP</b>	43.44	44.87	58.33	62.26	64.33	65.47	66.24	65.38	60.08	55.60	45.13	42.42	673.55

Fuente: Elaboración propia

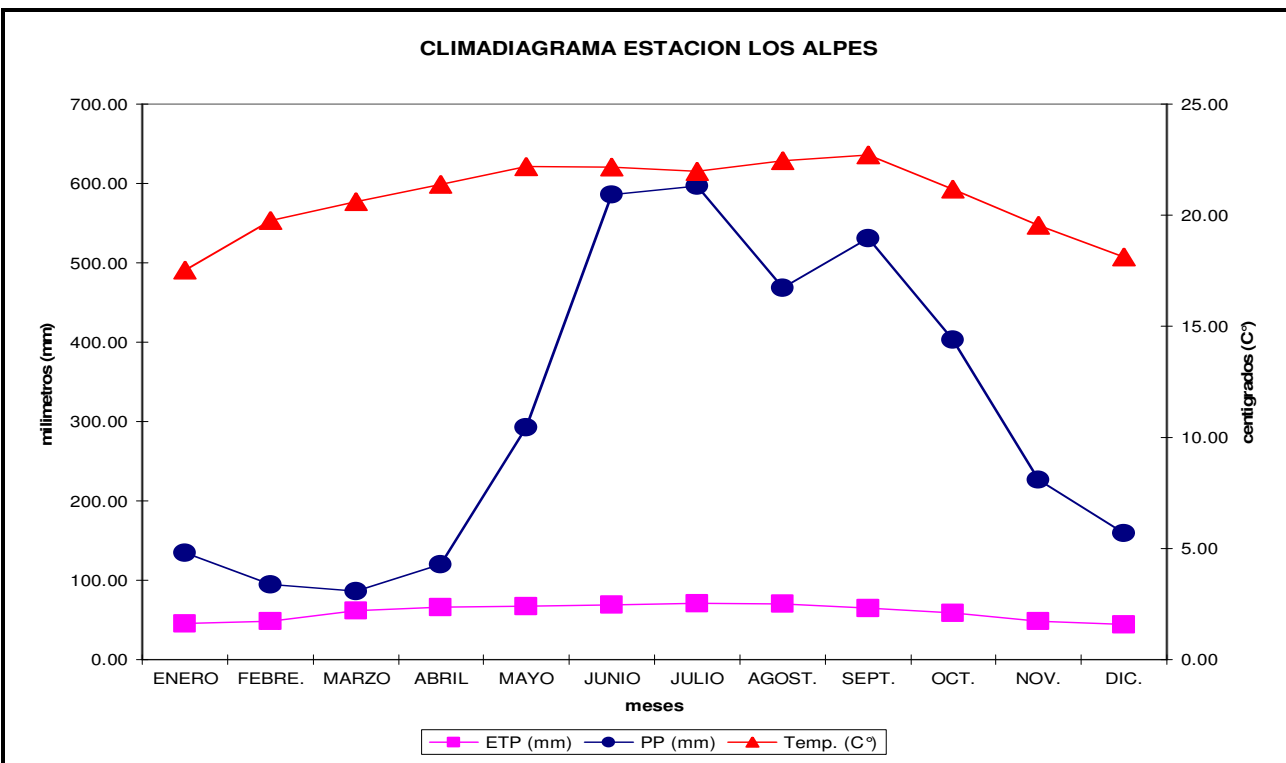
**Estación Cobán:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Cobán se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registro de lluvia desde 1947 a 1952 pasando por 1970 a 1979 y por último de 1990 al 2003, registro de temperatura de en los mismos periodos, actualmente activa.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de mayo, agosto y septiembre con 283.99 mm/mes, 281.73 mm/mes, y 279.20 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero y marzo con 90.46 mm/mes y 84.94 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 2,252.04 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de junio, julio y mayo con 65.47 mm/mes, 66.24 mm/mes y 64.33 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 42.42 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 673.55 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 1,578.49 mm de exceso agua, con mayor cantidad en los meses de agosto y septiembre con PP de 281.73 mm/mes y 279.20 mm/mes respectivamente, con ETP de 65.38 mm/mes y 60.08 mm/mes respectivamente, resultando el exceso de 157.95 mm/mes y 221.66 mm/mes respectivamente.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 15.97 C° y mayo con 20.29 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 16.40 C° hasta los 20.00 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 23 Climadiagrama representativo de la estación Los Alpes

Cuadro 29 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Los Alpes

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	134.70	94.32	86.03	120.07	292.46	585.83	597.22	468.68	530.62	403.33	226.45	159.31	3699.02
T°	17.53	19.77	20.60	21.39	22.19	22.16	21.98	22.45	22.71	21.16	19.55	18.12	20.80
ETP	45.45	48.76	61.76	65.83	67.55	69.11	70.82	70.37	64.65	58.78	48.24	44.50	715.79

Fuente: Elaboración propia

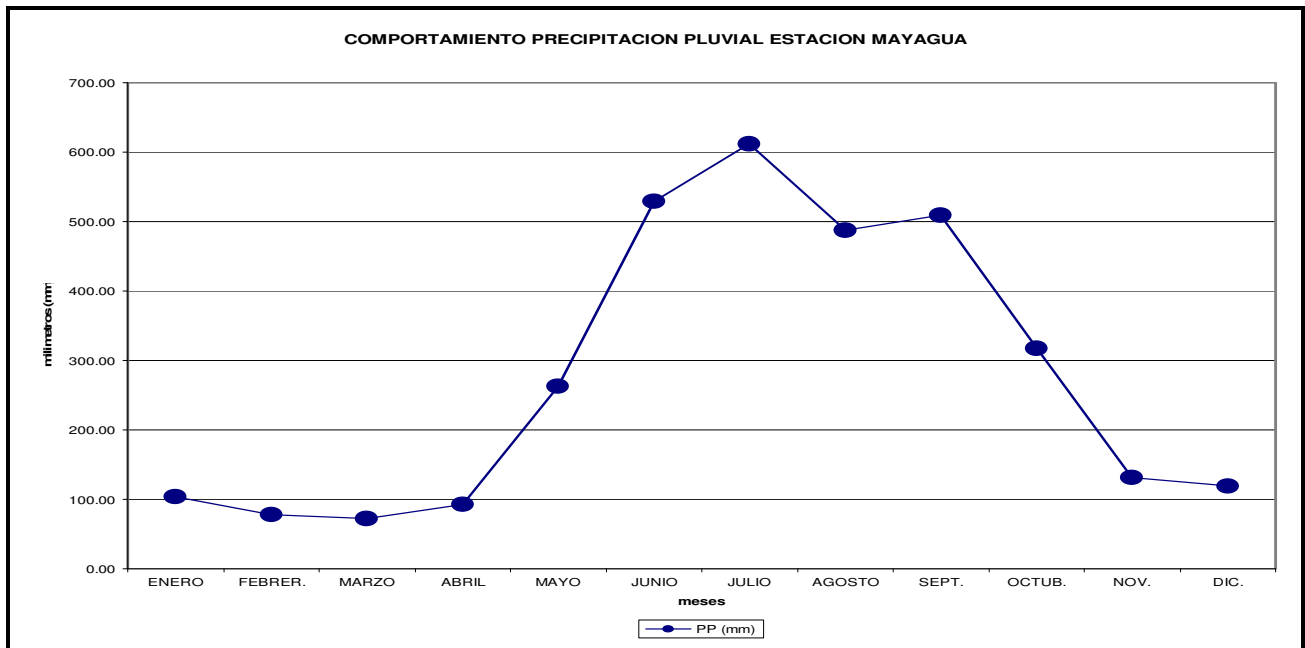
**Estación Los Alpes:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Los Alpes se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registro de lluvia de 1930 luego de 1934 a 1969 y registro de temperatura de 1938 a 1944, actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de junio y julio con 585.83 mm/mes y 597.22 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero y marzo con 94.32 mm/mes y 86.03 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 3,699.02 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio y agosto con 70.82 mm/mes y 70.37 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre y enero con 44.50 mm/mes y 45.45 mm/mes respectivamente, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 715.79 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 2,983.23 mm de exceso agua, con mayor cantidad en los meses de junio y julio con PP de 585.83 mm/mes y 597.22 mm/mes respectivamente, con ETP de 69.11 mm/mes y 70.82 mm/mes respectivamente, resultando el exceso de 516.72 mm/mes y 526.40 mm/mes respectivamente.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 17.53 C° y septiembre con 22.71 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 19.50 C° hasta los 22.40 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Comportamiento de la precipitación pluvial de la estación Mayagua

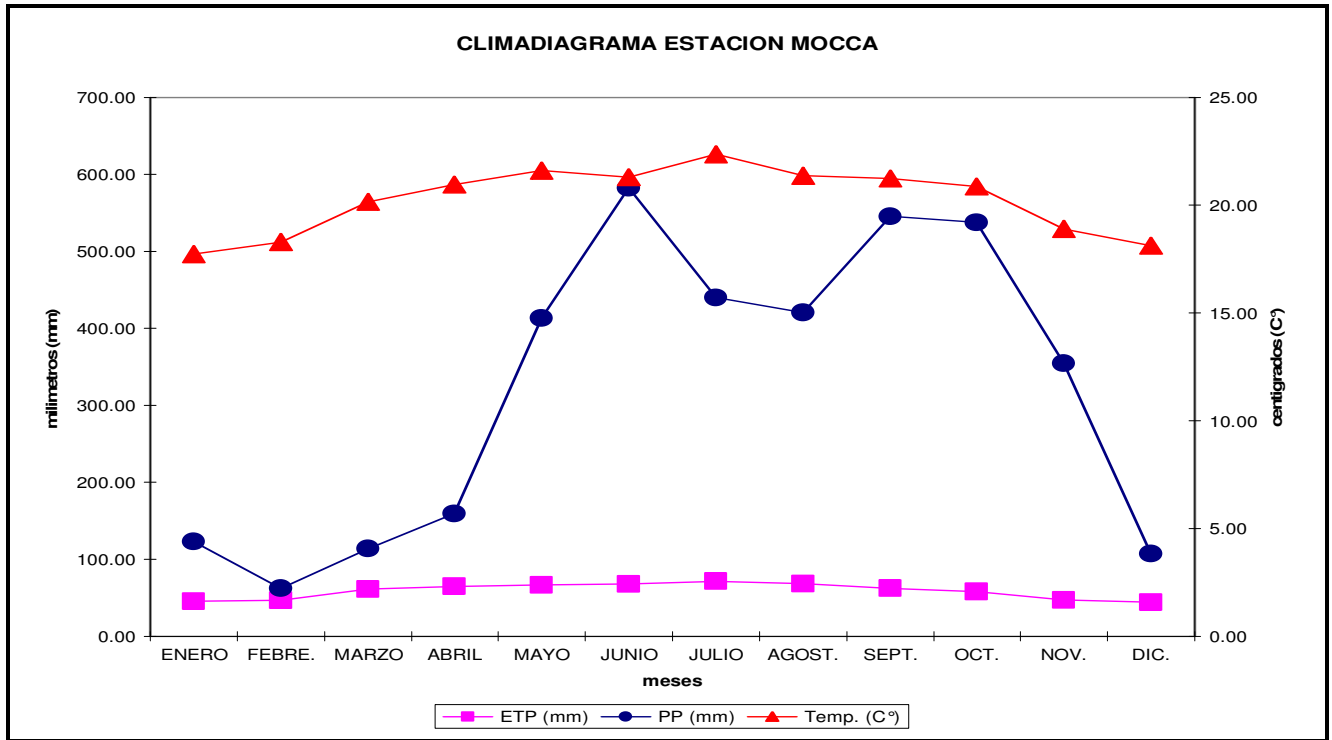
Cuadro 30 Precipitación pluvial para la estación Mayagua

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	104.00	78.31	72.38	92.88	263.00	529.35	612.24	487.71	509.29	317.35	131.59	119.24	3317.33

Fuente: Elaboración propia

**Estación Mayagua:** La estación Mayagua presenta en el climadiagrama únicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), con registros en 1930, 1932 y de 1935 a 1949, estación inactiva actualmente.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de julio y junio con 612.24 mm/mes y 529.35 mm/mes respectivamente, las menores PP se presentan en los meses de marzo y febrero con 72.38 mm/mes y 78.31 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 3,317.33 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Climadiagrama representativo de la estación Mocca

Cuadro 31 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Mocca

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	122.91	62.21	113.74	159.35	413.35	582.19	439.96	420.88	545.20	537.34	354.46	107.56	3859.17
Tº	17.73	18.28	20.15	20.96	21.60	21.30	22.36	21.36	21.23	20.87	18.90	18.12	20.24
ETP	45.71	46.83	61.03	65.10	66.55	67.62	71.49	68.46	62.28	58.33	47.40	44.49	705.29

Fuente: Elaboración propia

**Estación Mocca:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Mocca se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP).

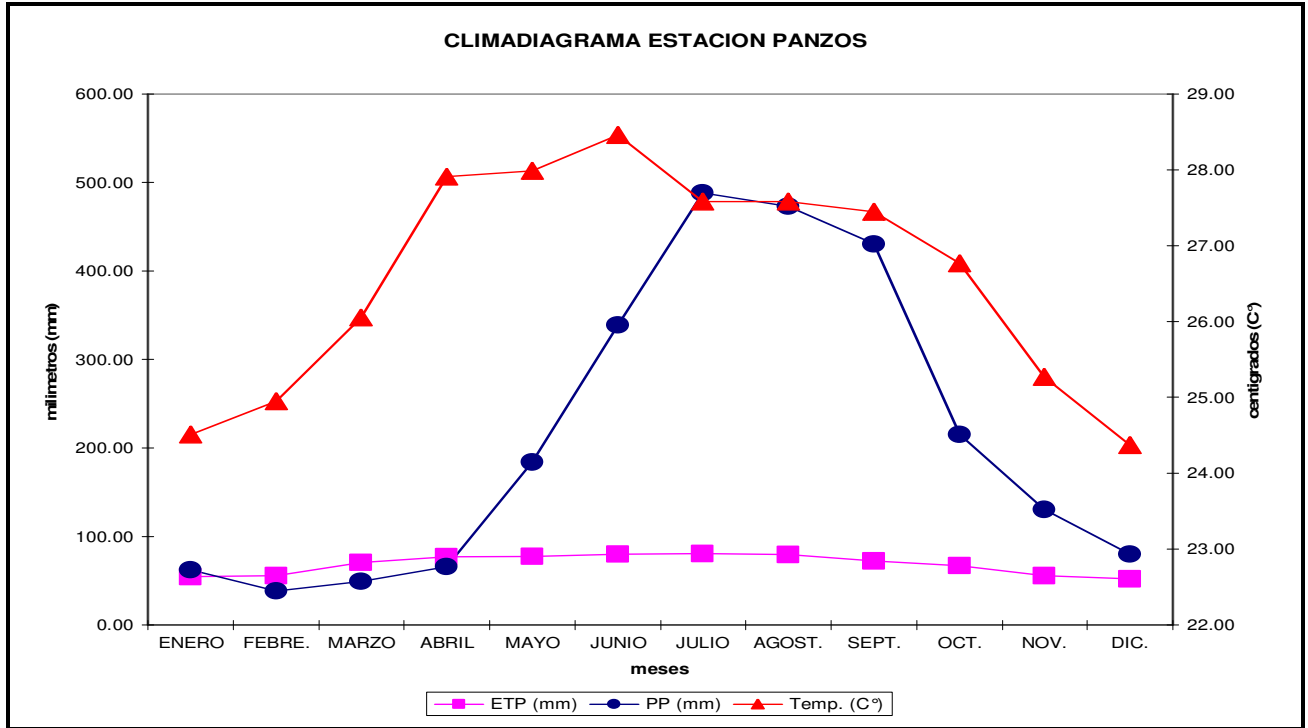
En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de junio, septiembre y octubre con 582.19 mm/mes, 545.20 mm/mes y 537.34 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en el mes de febrero con 62.21 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 3,859.17 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio y agosto con 71.49 mm/mes y 68.46 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 44.49 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual de 705.29 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 3,153.88 mm de exceso agua, con

mayor cantidad en el mes de junio con PP de 582.19 mm/mes y ETP de 67.62 mm/mes, resultando el exceso de 514.57 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 17.73 C° y julio con 22.36 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 18.10 C° hasta los 21.60 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Climadiagrama representativo de la estación Panzos

**Cuadro 32 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Panzos**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	62.18	38.73	49.33	65.82	183.86	338.83	488.19	473.26	430.67	215.09	130.69	80.07	2556.70
<b>Tº</b>	24.51	24.95	26.05	27.91	27.99	28.46	27.58	27.58	27.45	26.77	25.27	24.37	26.57
<b>ETP</b>	54.43	55.49	70.53	76.79	77.35	80.01	80.79	79.34	72.22	67.24	55.63	52.24	822.06

Fuente: Elaboración propia

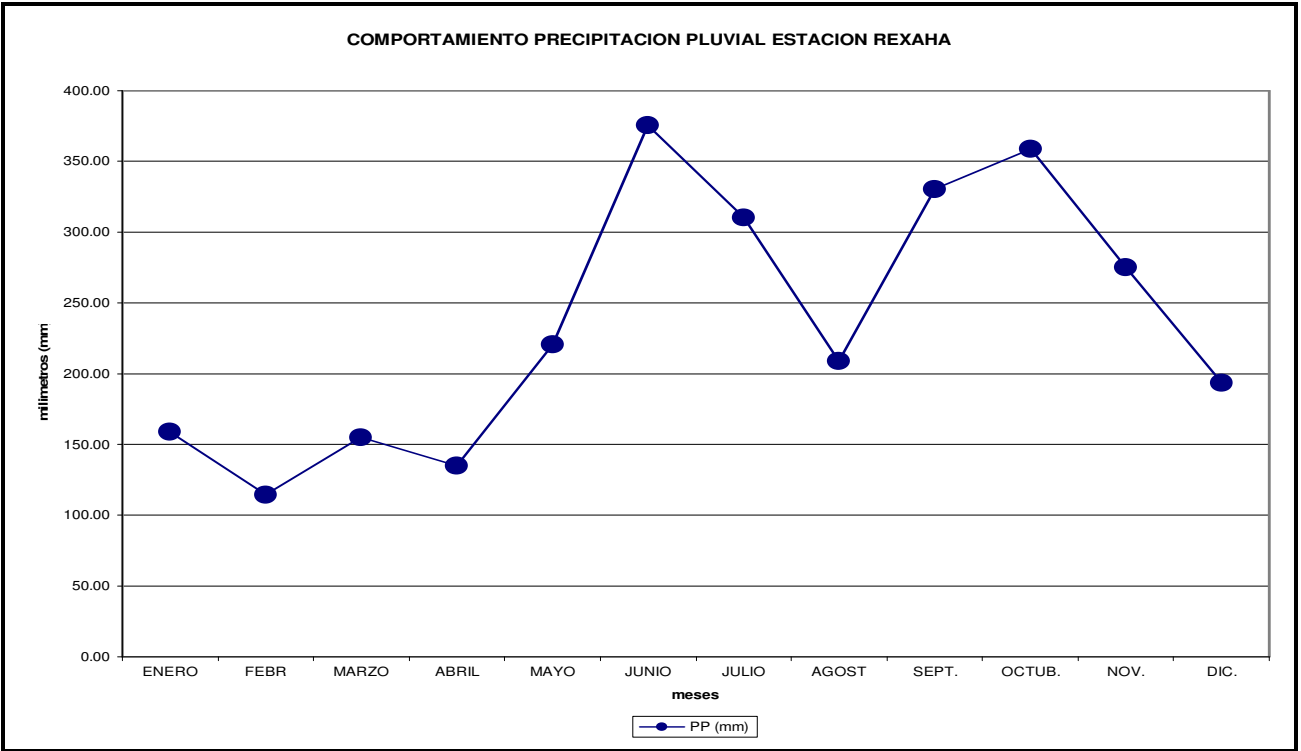
**Estación Panzos:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Panzos se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registro de lluvia de 1970 a 1979 1990 a 1998 y 2002 al 2003, registros de temperatura de 1990 a 1998 actualmente activa.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de julio, agosto y septiembre con 488.19 mm/mes, 473.26 mm/mes y 430.67 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de marzo y febrero con 49.33 mm/mes y 38.73 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 2,556.70 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, junio y agosto con 80.79 mm/mes, 80.01 mm/mes y 79.34 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 52.24 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 822.06 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año existe 16.76 mm/mes 21.20 mm/mes y 10.97 mm/mes de déficit en los meses de febrero, marzo y abril respectivamente con, durante los otros meses se presenta exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 1,783.57 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de julio con PP de 488.19 mm/mes y ETP de 80.79 mm/mes, resultando el exceso de 407.40 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de diciembre con 24.37 C° y junio con 28.46 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 24.50 C° hasta los 28.00 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 27 Comportamiento de la precipitación pluvial de estación Rexahá**

**Cuadro 33 Precipitación pluvial para la estación Rexahá**

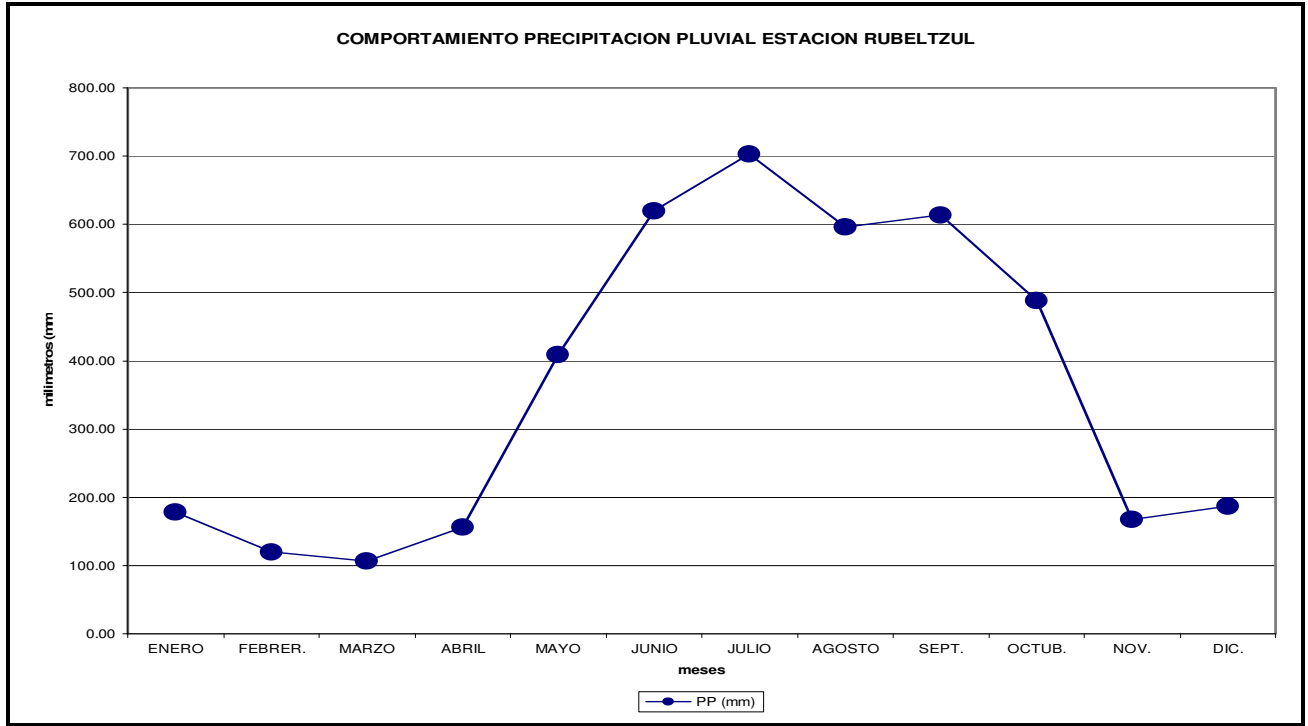
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	159.01	114.49	155.10	134.86	220.43	375.55	310.29	208.95	330.53	358.93	275.04	193.61	2836.78

Fuente: Elaboración propia

**Estación Rexahá:** La estación Rexahá presenta en el climadiagrama únicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), con registro de únicamente de 1956 a 1969, actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de junio y octubre con 375.55 mm/mes y 358.93 mm/mes respectivamente, la menor PP se presenta en el mes febrero con 114.49 mm/mes, obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 2,836.78 mm.





Fuente: Elaboración propia

Figura 28 Comportamiento de la precipitación pluvial de estación Rubeltzul

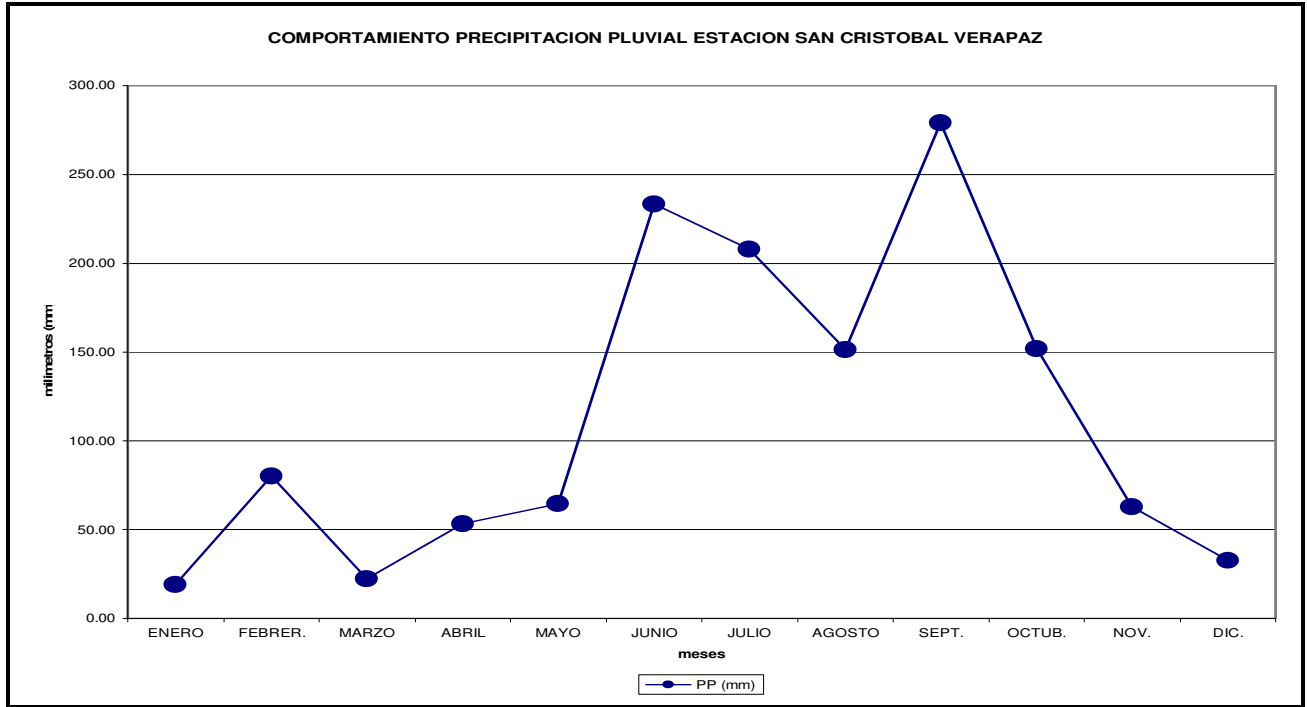
Cuadro 34 Precipitación pluvial para la estación Rubeltzul

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	178.56	120.11	106.44	156.56	409.33	619.78	703.00	596.33	613.67	488.33	167.89	186.78	4346.78

Fuente: Elaboración propia

**Estación Rubeltzul:** La estación Rubeltzul presenta en el climadiagrama únicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), con registros de 1931 a 1939, estación inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de julio y junio con 703.00 mm/mes y 619.78 mm/mes respectivamente, la menor PP se presenta en los meses de febrero y marzo con 120.11 mm/mes y 106.44 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 4,346.78 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 29 Comportamiento de la precipitación pluvial de estación San Cristóbal Verapaz

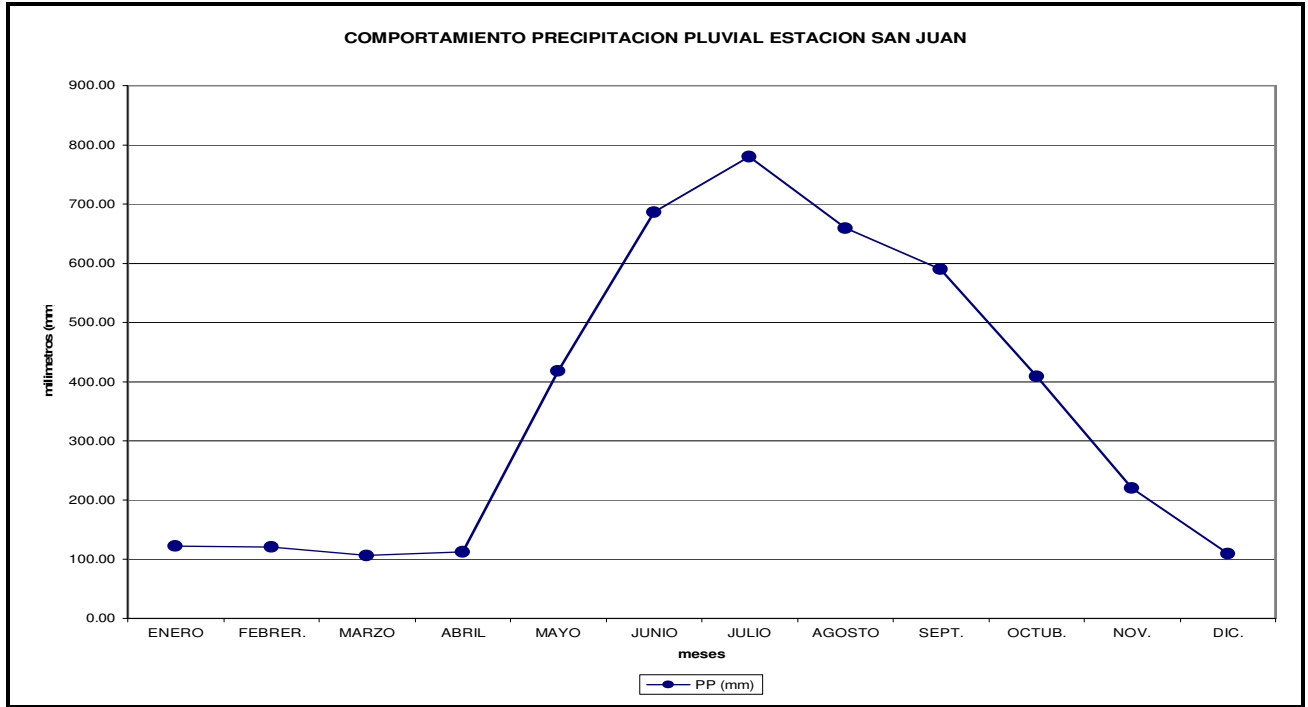
Cuadro 35 Precipitación pluvial para la estación San Cristóbal Verapaz

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	19.19	80.23	22.30	53.25	64.53	233.45	207.93	151.49	279.22	151.95	62.81	32.75	1359.09

Fuente: Elaboración propia

**Estación San Cristóbal Verapaz:** La estación San Cristóbal Verapaz presenta en el climadiagrama únicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), con registro de 1967 a 1969 y 1970 a 1971, inactiva actualmente.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de septiembre y junio con 279.22 mm/mes y 233.45 mm/mes respectivamente, la menor PP se presenta en los meses de enero y marzo con 19.19 mm/mes y 22.30 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 1,359.09 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 30 Comportamiento de la precipitación pluvial de estación San Juan

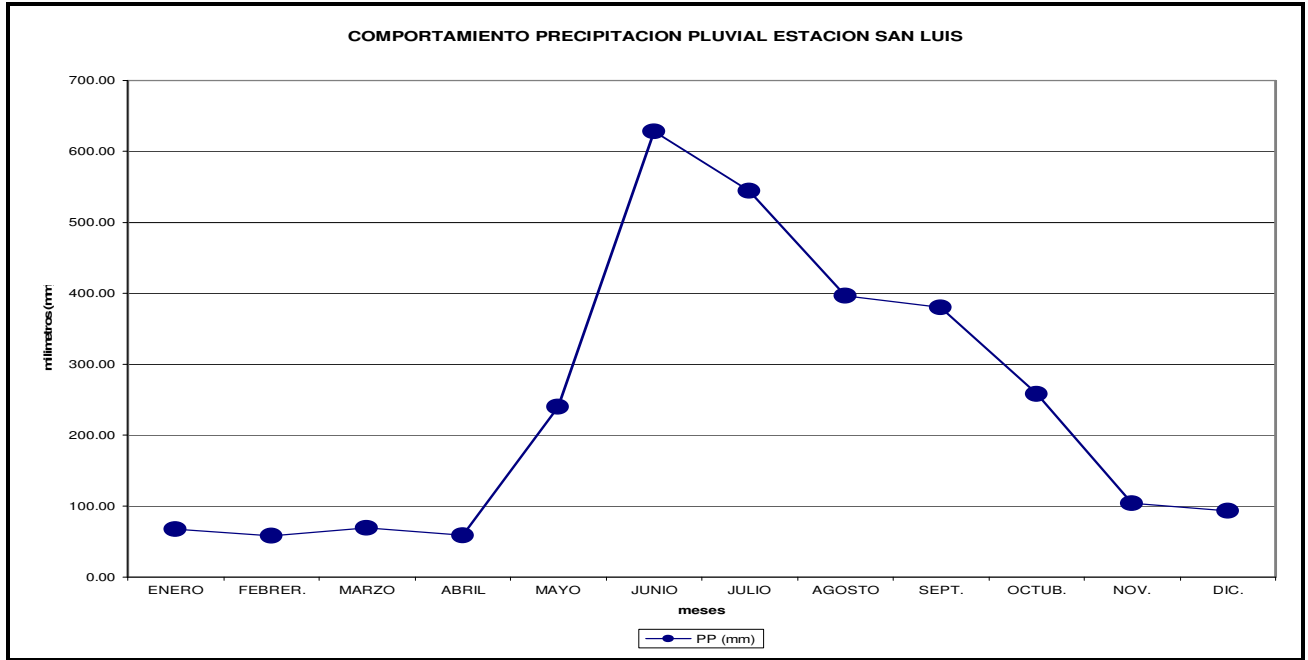
Cuadro 36 Precipitación pluvial para la estación San Juan

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	122.24	120.88	106.25	112.27	418.11	686.54	779.83	659.71	589.60	408.72	219.98	109.24	4333.36

Fuente: Elaboración propia

**Estación San Juan:** La estación San Juan presenta en el climadiagrama únicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), con registros de 1938 a 1939, 1944 a 1959 y 1967 a 1969 actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en julio con 779.83 mm/mes, la menor PP se presenta en los meses de marzo, abril y diciembre con 106.25 mm/mes, 112.27 mm/mes y 109.24 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 4,333.36 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 31 Comportamiento de la precipitación pluvial de estación San Luis

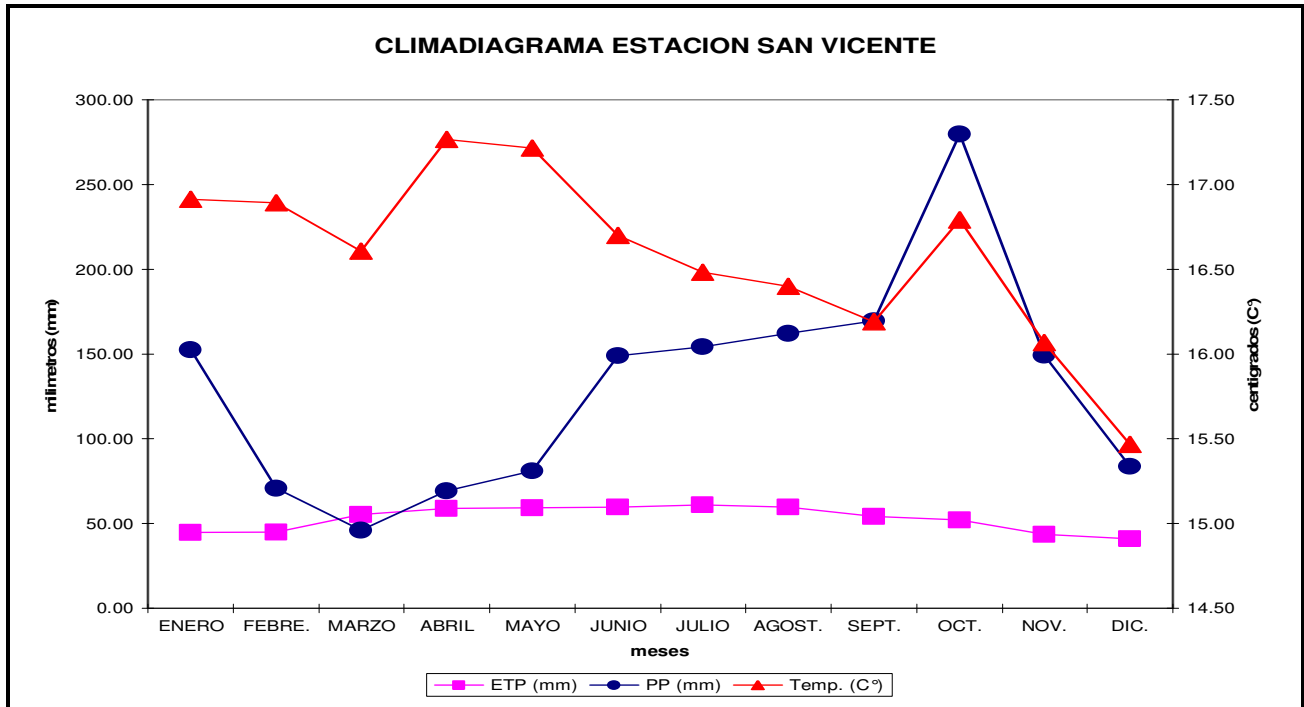
Cuadro 37 Precipitación pluvial para la estación San Luis

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	67.29	57.81	69.38	58.63	240.00	628.46	544.29	396.63	380.25	258.36	103.58	93.29	2897.95

Fuente: Elaboración propia

**Estación San Luis:** La estación San Luis presenta en el climadiagrama únicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), con registros de 1951 a 1958 actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en junio con 628.46 mm/mes, la menor PP se presenta en los meses de febrero y abril con 57.81 mm/mes y 58.63 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 2,897.95 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 32 Climadiagrama representativo de estación San Vicente

Cuadro 38 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación San Vicente

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	152.38	70.97	46.08	69.32	81.13	149.06	154.27	162.35	169.63	279.76	149.28	83.73	1567.94
<b>Tº</b>	16.91	16.89	16.61	17.27	17.22	16.70	16.48	16.40	16.19	16.79	16.07	15.47	16.58
<b>ETP</b>	44.65	45.02	55.33	58.90	59.14	59.66	61.03	59.78	54.24	52.18	43.73	41.21	634.89

Fuente: Elaboración propia

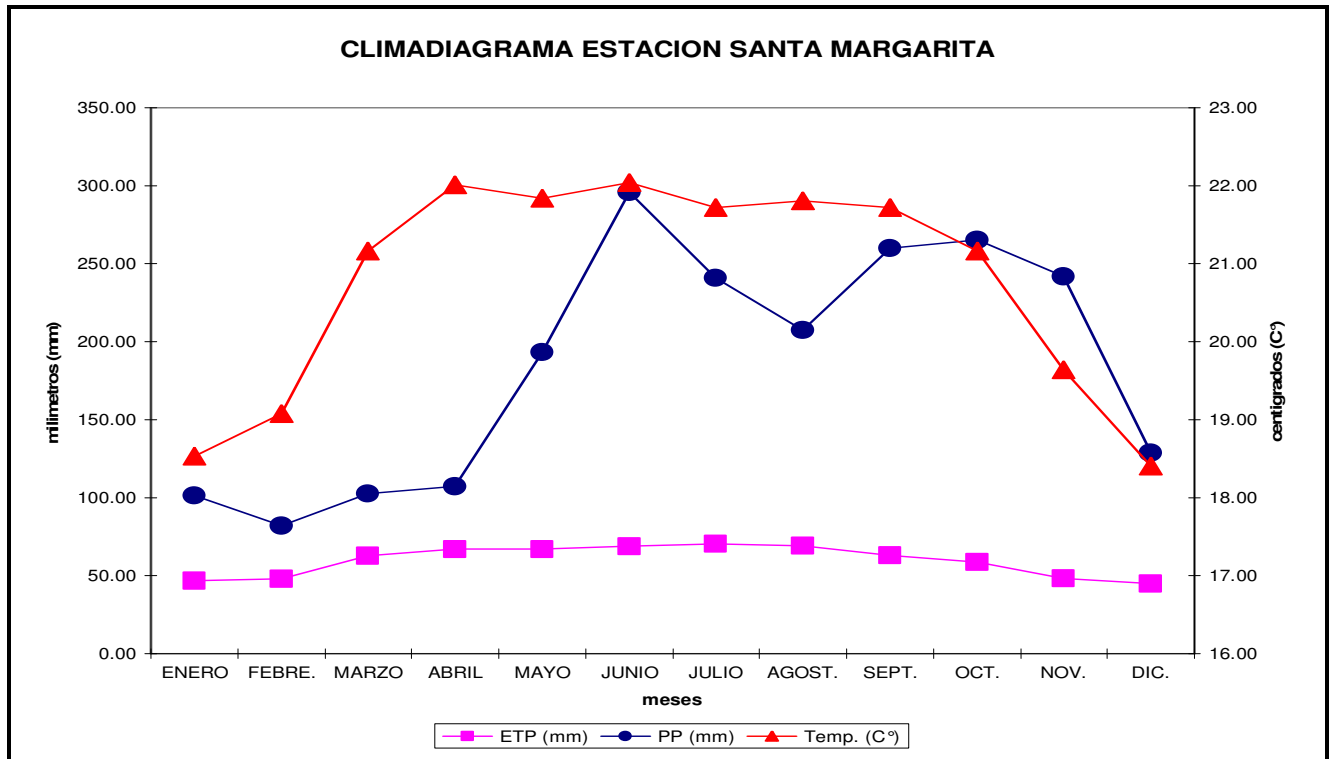
**Estación San Vicente:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada San Vicente se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de 1950 a 1952 y 1957 a 1961, actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de octubre con 279.76 mm/mes, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de marzo, abril y febrero con 46.08 mm/mes, 69.32 mm/mes y 70.97 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 1,567.94 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, junio y agosto con 61.03 mm/mes, 59.66 mm/mes y 59.78 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 41.21 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulado de 634.89 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 942.31 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes octubre con PP de 279.76 mm/mes y ETP de 52.18 mm/mes, resultando el exceso de 227.58 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en el mes diciembre con 15.47 C° y abril con 17.27 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 16.00 C° hasta los 17.20 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 33 Climadiagrama representativo de la estación Santa Margarita

Cuadro 39 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Santa Margarita

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	101.31	82.20	102.59	107.38	193.21	295.83	240.89	207.43	259.84	265.21	241.72	128.82	2226.41
<b>T°</b>	18.53	19.08	21.16	22.01	21.84	22.04	21.72	21.81	21.72	21.16	19.64	18.40	20.76
<b>ETP</b>	46.74	47.87	62.66	66.87	66.96	68.90	70.35	69.25	63.07	58.78	48.35	44.84	714.63

Fuente: Elaboración propia

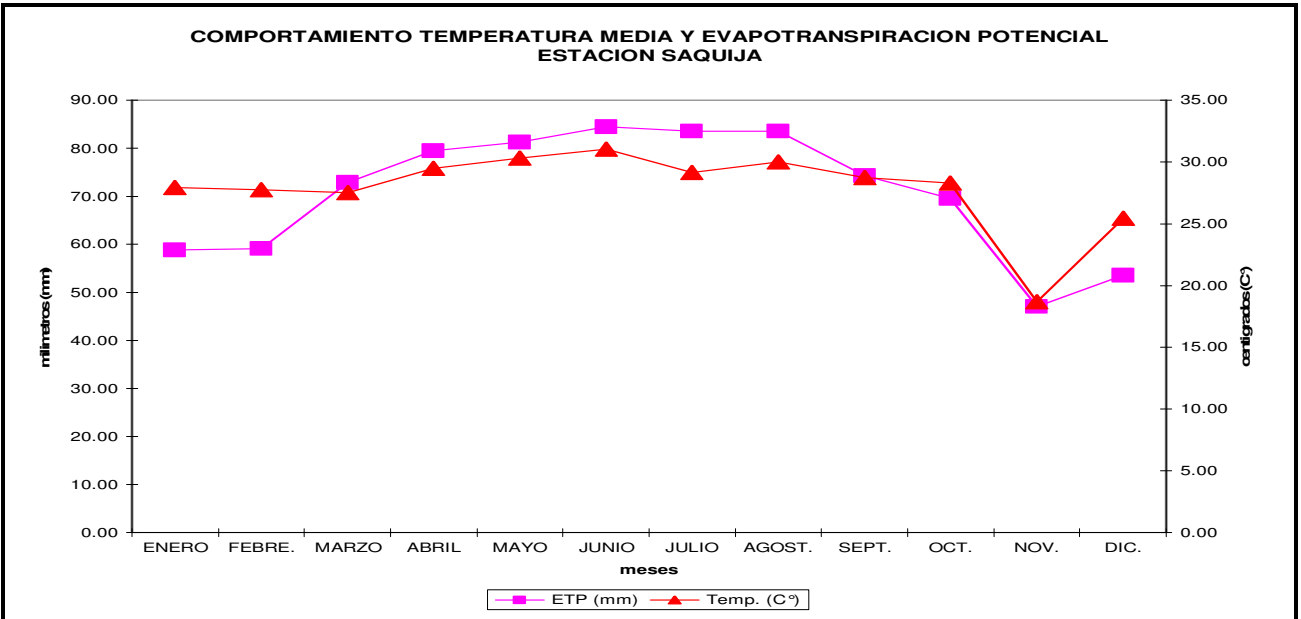
**Estación Santa Margarita:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Santa Margarita se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de precipitación pluvial de 1956 a 1969 y 1989 al 2000 en temperatura registros de 1956 a 1969 y 1989 a 1995, inactiva actualmente.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de junio con 295.83 mm/mes, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en el mes de febrero con 82.20 mm/mes, obteniéndose una PP promedio anual acumulado de 2,226.41 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, agosto y junio con 70.35 mm/mes, 69.25 mm/mes y 68.90 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 44.84 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulado de 714.63 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 1,511.78 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes junio con PP de 295.83 mm/mes y ETP de 68.90 mm/mes, resultando el exceso de 226.92 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en el mes diciembre con 18.40 C° y junio con 22.04 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 18.50 C° hasta los 22.00 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 34** Comportamiento de temperatura media y evapotranspiración potencial de estación Saquiya

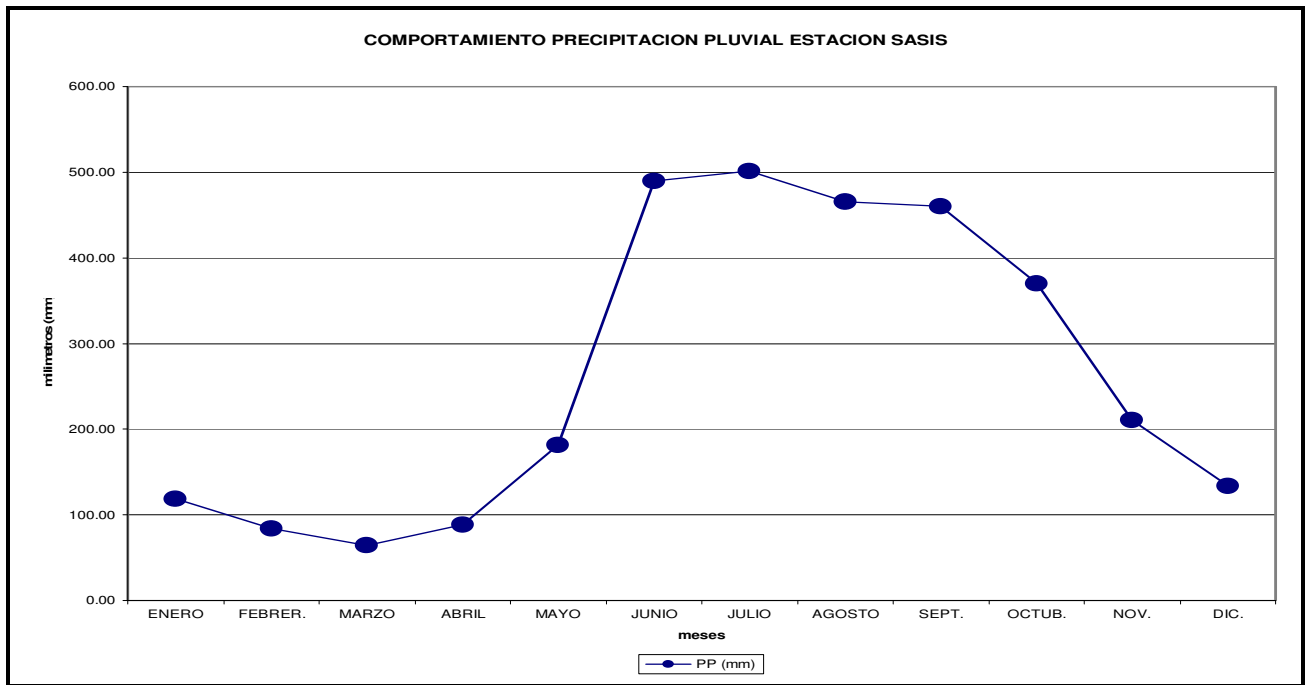
**Cuadro 40 Temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Saquija**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Tº</b>	27.93	27.75	27.54	29.50	30.30	31.05	29.14	30.00	28.74	28.30	18.68	25.45	27.86
<b>ETP</b>	58.84	59.13	72.92	79.46	81.25	84.49	83.56	83.57	74.27	69.55	47.11	53.58	847.74

Fuente: Elaboración propia

Estación Saquija: En la estación Saquija por tener únicamente registros de temperatura fue posible calcular los valores para evapotranspiración, por tal razón, en el climadiagrama se puede observar únicamente el comportamiento de las curvas para evapotranspiración potencial (ETP) y temperatura media (Temp.), los registros de temperatura son de 1966 a 1969, inactiva actualmente.

Observando que con respecto a la ETP se presenta un promedio anual acumulado de 847.74 mm, con los mayores valores de ETP en junio, julio y agosto con 84.49 mm/mes, 83.56 mm/mes y 83.57 mm/mes, y con los valores mas bajos en diciembre y noviembre con 53.58 mm/mes y 47.11 mm/mes respectivamente, en lo referente a la temperatura media se presentan valores extremos en noviembre con 18.68 C° y junio con 31.05 C°, presentando temperaturas de 25.40 C° hasta los 30.30 C° en los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 35 Comportamiento de la precipitación pluvial de estación Sasís**



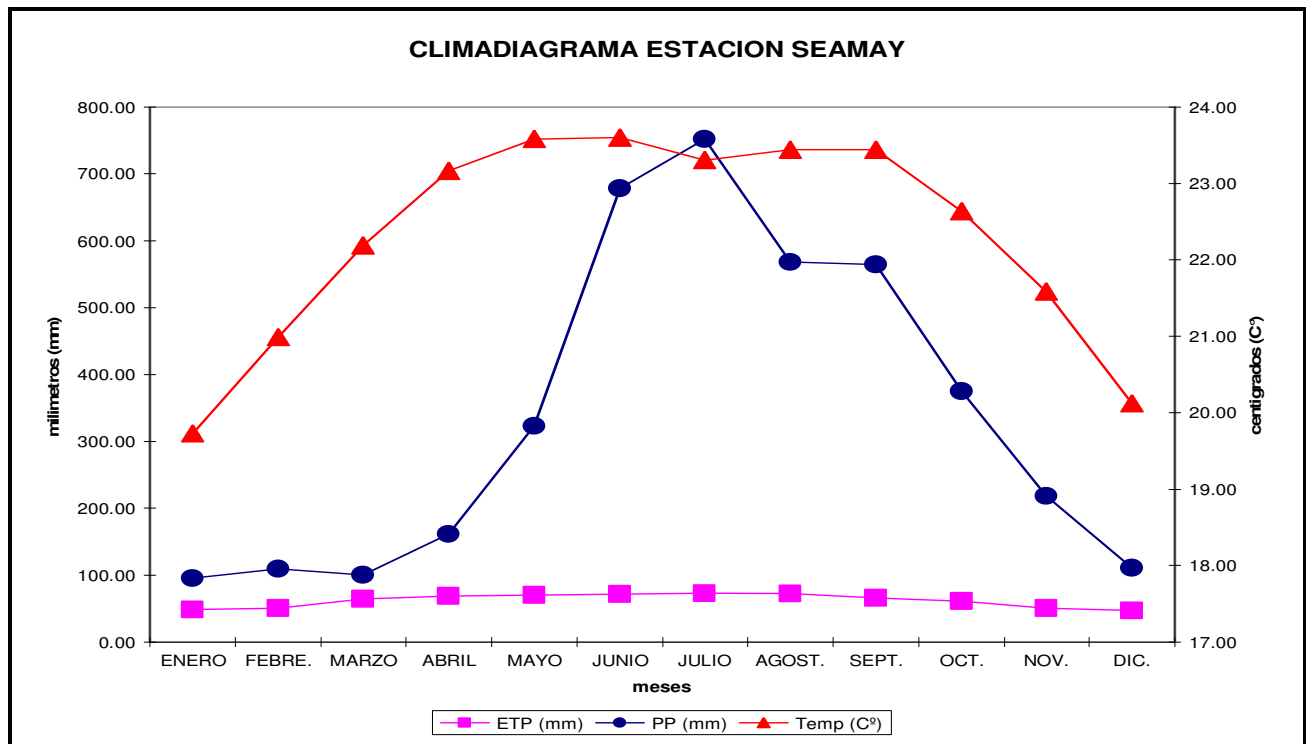
Cuadro 41 Precipitación pluvial para la estación Sasís

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	118.54	84.12	64.21	88.62	181.61	489.75	501.63	465.85	460.11	370.20	210.96	133.66	3169.26

Fuente: Elaboración propia

**Estación Sasís:** como se menciona con la estación Sasís posee registros por el INSIVUMEH y la EGEE-INDE, en este caso se presentan los registros obtenidos con el INSIVUMEH, por lo tanto únicamente se observa el climadiagrama de la curva representativa de precipitación pluvial (PP), se registra de 1970 a 1979, estación inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en julio con 501.63 mm/mes seguida por junio con 489.75 mm/mes, la menor PP se presenta en los meses de marzo, febrero y abril con 64.21 mm/mes, 84.12 mm/mes y 88.62 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 3,169.26 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 36 Climadiagrama representativo de estación Seamay

Cuadro 42 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Seamay

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	95.64	109.28	100.70	161.60	323.14	678.26	752.35	567.87	564.74	374.88	218.11	111.03	4057.58
<b>Tº</b>	19.73	20.99	22.19	23.17	23.58	23.60	23.30	23.44	23.44	22.64	21.58	20.12	22.31
<b>ETP</b>	48.28	50.34	64.32	68.81	69.90	71.60	73.17	72.10	65.82	61.00	50.86	46.98	743.18

Fuente: Elaboración propia

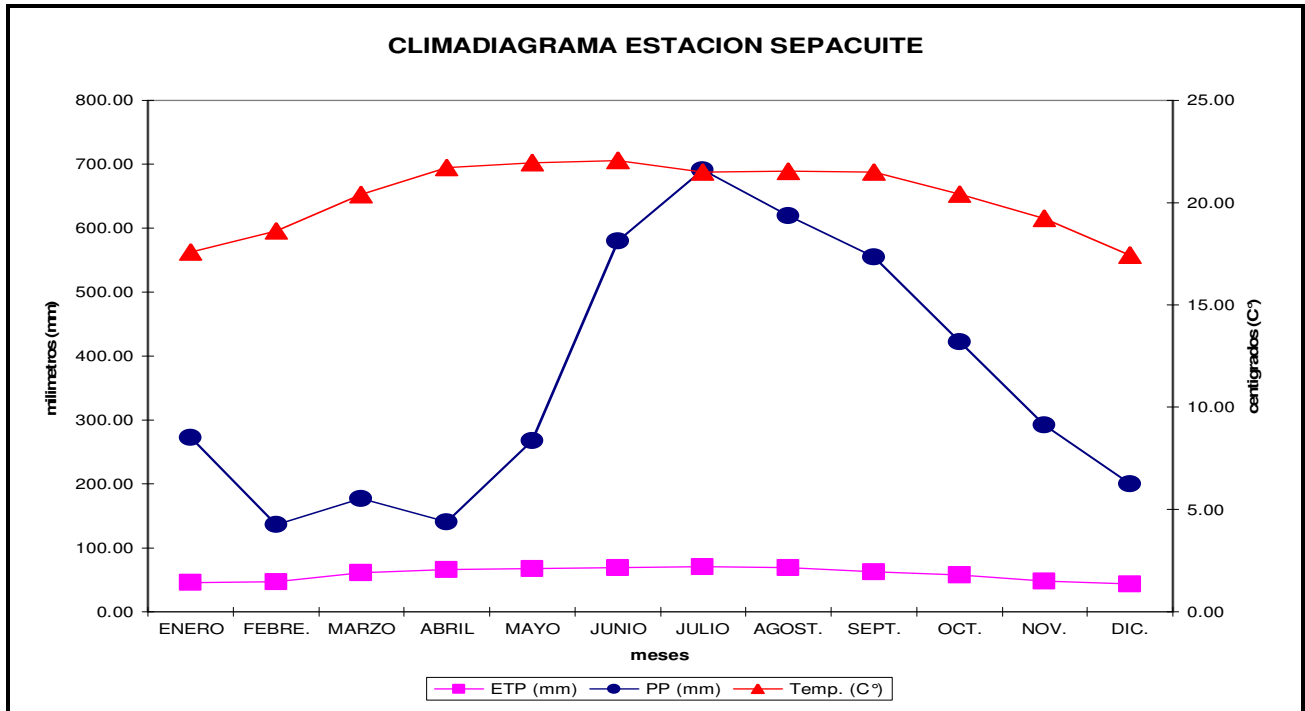
**Estación Seamay:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Seamay se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de lluvia de 1955 a 1969 y temperatura igual número de años, estación inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de julio y junio con 752.35 mm/mes y 678.26 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en el mes de enero con 95.64 mm/mes, obteniéndose una PP promedio anual acumulado de 4,057.58 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio y agosto con 73.17 mm/mes y 72.10 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 46.98 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulado de 743.18 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 3,314.39 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes julio con PP de 752.35 mm/mes y ETP de 73.17 mm/mes, resultando el exceso de 679.18 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en el mes enero con 19.73 C° y junio con 23.60 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 20.10 C° hasta los 23.50 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 37 Climadiagrama representativo de estación Sepacuite

Cuadro 43 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Sepacuite

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	272.46	136.09	176.93	140.81	267.84	580.11	690.78	619.43	554.90	422.36	292.17	200.48	4354.35
T°	17.58	18.61	20.40	21.71	21.96	22.07	21.50	21.52	21.49	20.41	19.23	17.44	20.33
ETP	45.51	47.25	61.43	66.36	67.16	68.95	69.96	68.74	62.71	57.65	47.83	43.65	707.19

Fuente: Elaboración propia

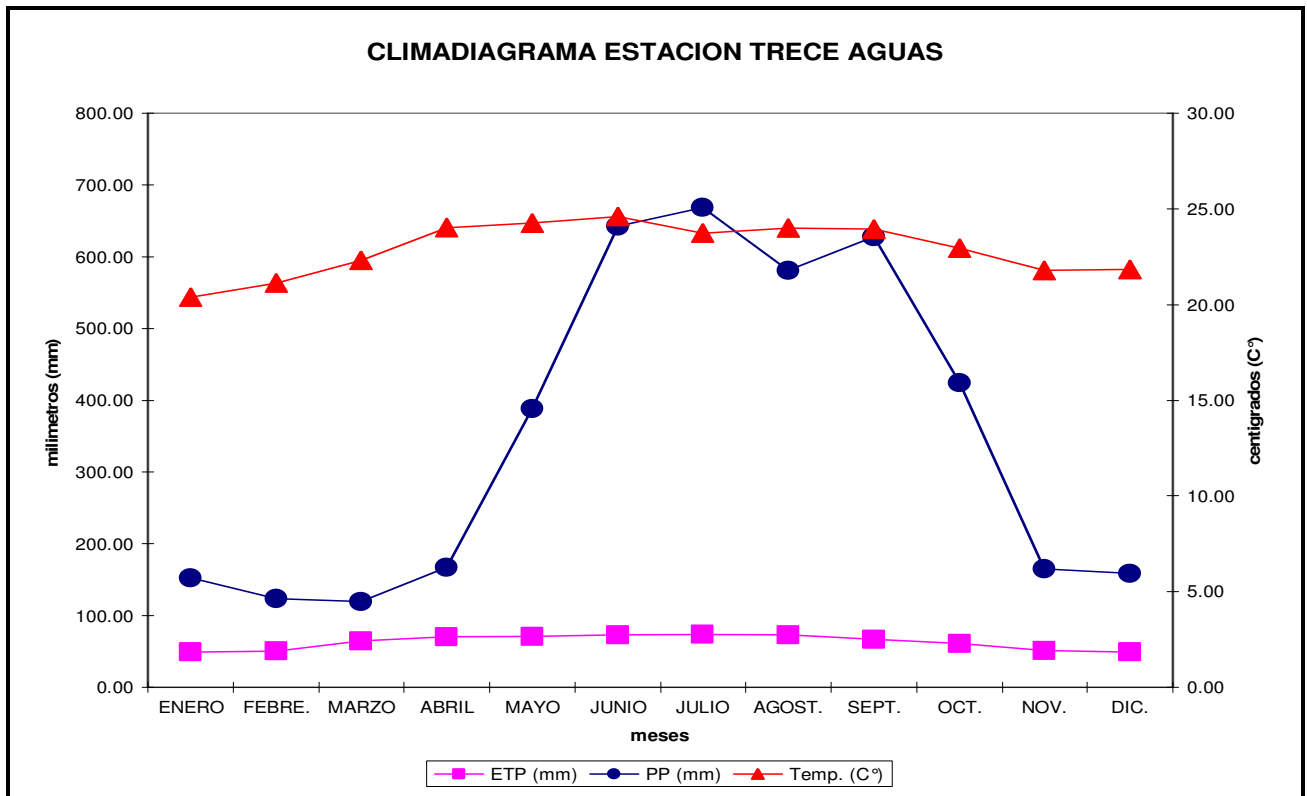
**Estación Sepacuite:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Sepacuite se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de 1934 a 1961 en precipitación pluvial y en temperatura de 1938 a 1961 en estado inactivo actualmente.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de julio con 690.78 mm/mes, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero y abril con 136.09 mm/mes y 140.81 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulado de 4,354.35 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, agosto y junio con 69.96 mm/mes, 68.74 mm/mes y 68.95 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 43.65 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulado de 707.19 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 3,647.16 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes julio con PP de 690.78 mm/mes y ETP de 69.96 mm/mes, resultando el exceso de 620.83 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en el mes diciembre con 17.44 C° y junio con 22.07 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 17.50 C° hasta los 21.90 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 38 Climadiagrama representativo de estación Trece Aguas

Cuadro 44 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración para la estación Trece Aguas

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	152.67	123.43	119.64	166.85	388.65	642.90	668.43	580.64	628.24	423.92	165.36	158.47	4219.19
<b>T°</b>	20.38	21.12	22.30	24.02	24.25	24.60	23.73	24.00	23.95	22.93	21.78	21.83	22.91
<b>ETP</b>	49.12	50.51	64.49	70.24	71.03	73.33	73.94	73.08	66.63	61.45	51.12	49.10	754.05

Fuente: Elaboración propia

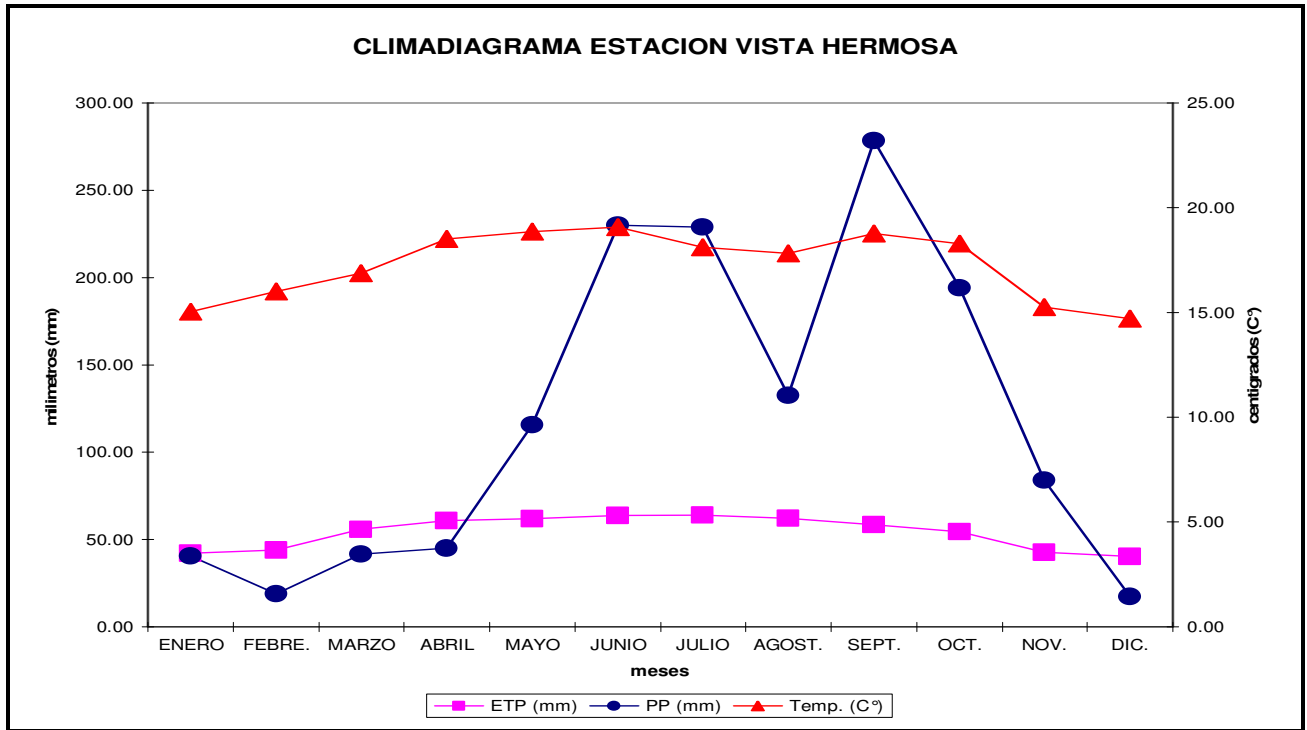
**Estación Trece Aguas:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Trece Aguas se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de lluvia de 1921 a 1944 y 1949 a 1953 y en temperatura de 1940 a 1942, actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de julio y junio con 668.43 mm/mes y 642.90 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero y marzo con 123.43 mm/mes y 119.64 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulado de 4,219.19 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, agosto y junio con 73.94 mm/mes, 73.08 mm/mes y 73.33 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 49.10 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulado de 754.05 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 3,465.15 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes julio con PP de 668.43 mm/mes y ETP de 73.94 mm/mes, resultando el exceso de 594.49 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en el mes enero con 20.38 C° y junio con 24.60 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 21.10 C° hasta los 24.20 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 39 Climadiagrama representativo de estación Vista Hermosa

Cuadro 45 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Vista Hermosa

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	40.50	19.00	41.50	45.00	115.50	230.00	229.00	132.50	278.50	194.00	84.00	17.50	1427.00
<b>T°</b>	15.03	16.00	16.88	18.50	18.85	19.08	18.10	17.83	18.78	18.28	15.25	14.70	17.27
<b>ETP</b>	42.22	43.87	55.76	60.97	61.90	63.77	63.90	62.28	58.37	54.42	42.68	40.26	650.40

Fuente: Elaboración propia

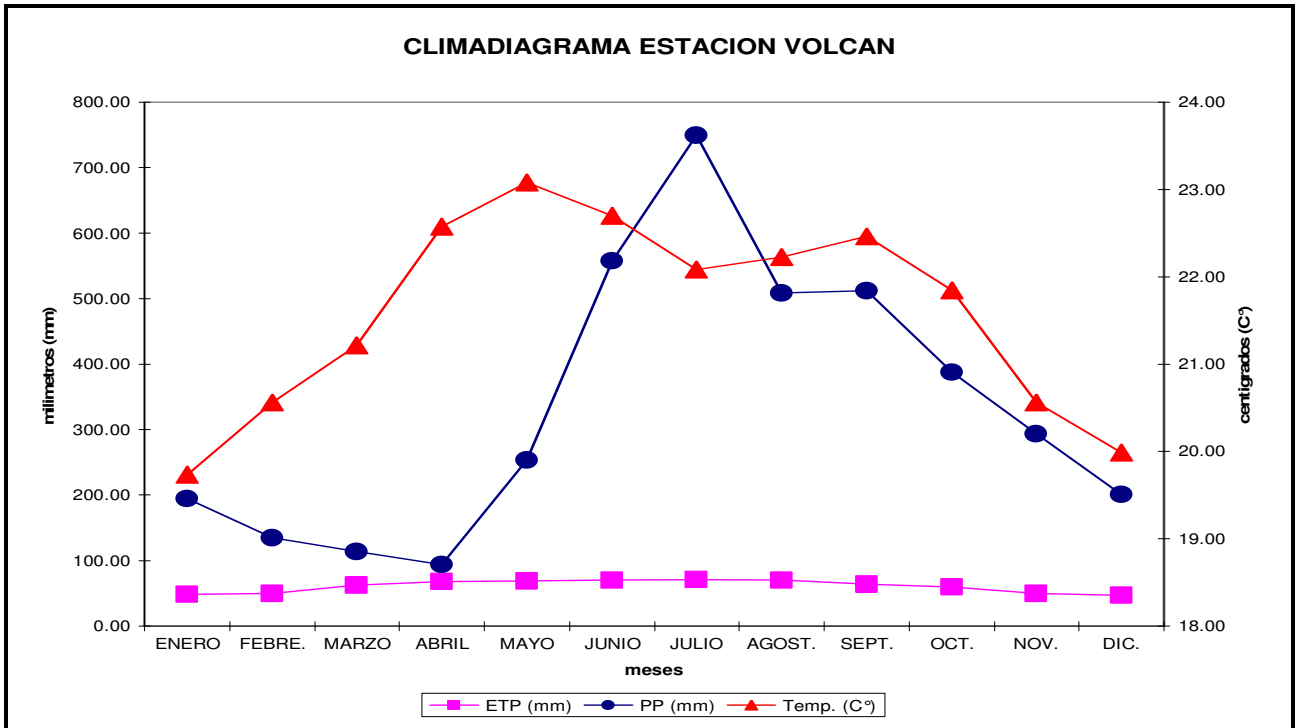
**Estación Vista Hermosa:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Vista Hermosa se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), registro de lluvia de 1960 a 1961 y de temperatura igual, actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de septiembre con 278.50 mm/mes, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero y diciembre con 19.00 mm/mes y 17.50 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 1,427.00 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio y junio con 63.90 mm/mes y 63.77 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 40.26 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 650.40 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año existe 1.72 mm/mes, 24.87 mm/mes, 14.26 mm/mes, 15.97 mm/mes y 22.76 mm/mes de déficit en los meses de enero, febrero,

marzo, abril y diciembre respectivamente, durante los otros meses se presenta exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 856.18 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de septiembre con PP de 278.50 mm/mes y ETP de 58.37 mm/mes, resultando el exceso de 220.13 mm/mes. La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de diciembre con 14.70 C° y junio con 19.08 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 15.00 C° hasta los 18.80 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 40 Climadiagrama representativo de estación Volcán

Cuadro 46 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Volcán

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	194.59	134.99	113.61	94.07	253.44	557.82	749.21	508.86	511.88	387.81	293.41	200.58	4000.24
<b>Tº</b>	19.73	20.56	21.21	22.57	23.08	22.70	22.08	22.22	22.46	21.85	20.56	19.99	21.58
<b>ETP</b>	48.29	49.79	62.74	67.82	69.05	70.04	71.00	69.97	64.25	59.81	49.54	46.81	729.10

Fuente: Elaboración propia

**Estación Volcán:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Volcan se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), registros de lluvia de 1955 a 1969 y temperatura de 1960 a 1969, actualmente inactiva.

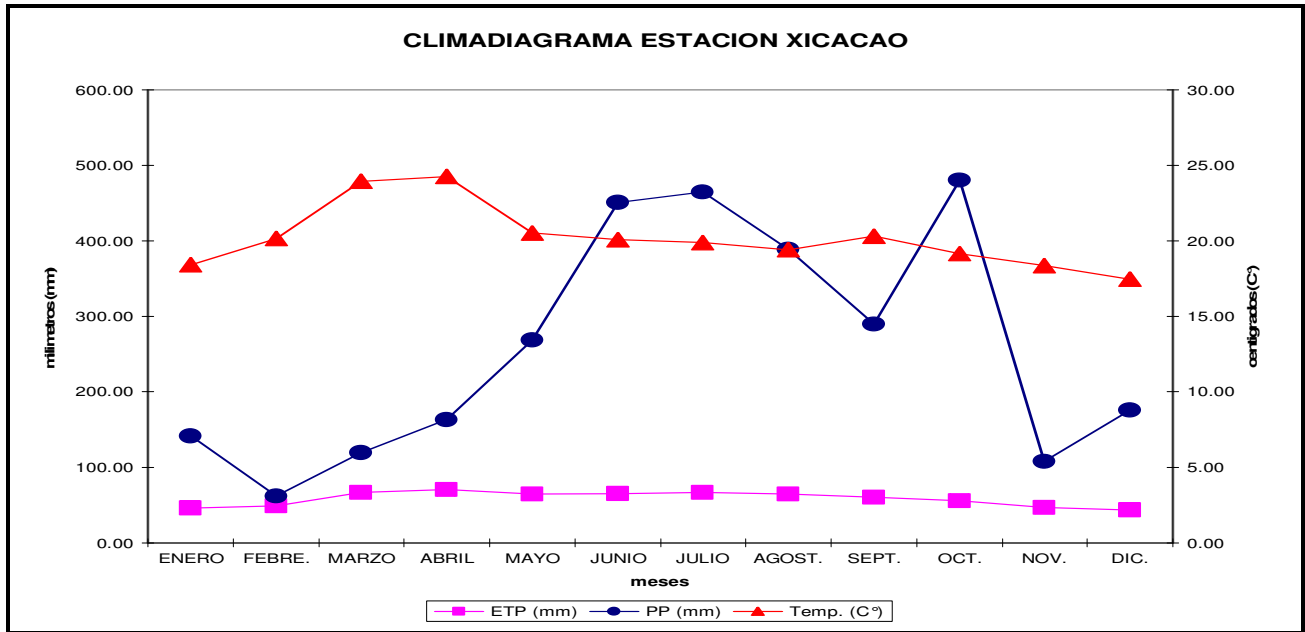
En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de julio con 749.21 mm/mes, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de abril y marzo con 94.07 mm/mes y 113.61 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulado de 4000.24 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en el mes de julio con 71.00 mm/mes, la menor ETP se calcula en diciembre con 46.81 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulado de 729.10 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 3,271.14 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de julio con PP de 749.21 mm/mes y ETP de 71.00 mm/mes, resultando el exceso de 678.21 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en el mes enero con 19.73 C° y mayo con 23.08 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 20.00 C° hasta los 22.70 C° durante los otros meses.





Fuente: Elaboración propia

Figura 41 Climadiagrama representativo de estación Xicacao

Cuadro 47 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Xicacao

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUA
<b>PP</b>	141.51	62.41	119.44	163.25	268.42	450.68	464.44	388.78	289.82	480.50	107.98	175.90	3113.
<b>Tº</b>	18.41	20.14	23.95	24.26	20.52	20.08	19.88	19.41	20.32	19.16	18.36	17.47	20.16
<b>ETP</b>	46.58	49.25	67.15	70.65	64.72	65.51	67.07	65.05	60.83	55.75	46.70	43.69	702.9

Fuente: Elaboración propia

**Estación Xicacao:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Xicacao se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de lluvia de 1930, 1932 y de 1957 a 1960 en temperatura registro de 1957 a 1962, actualmente inactiva.

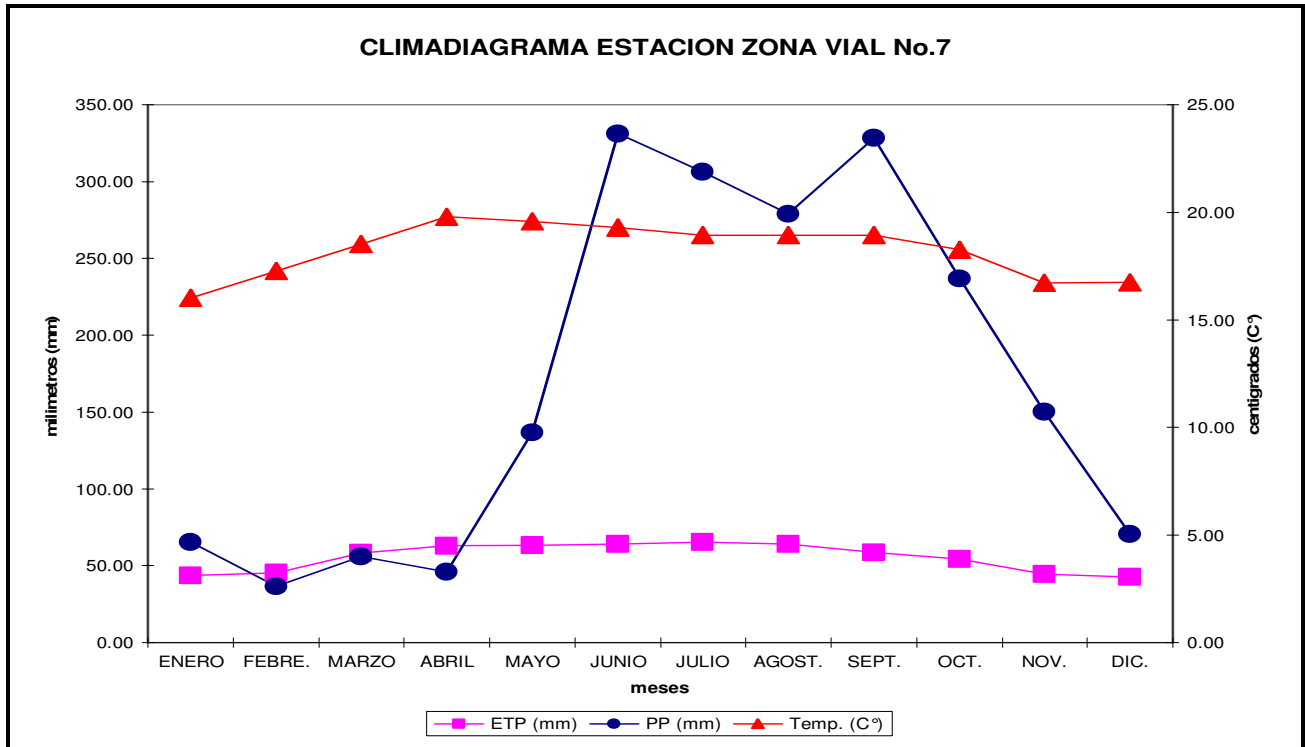
En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de octubre, julio y junio con 480.50 mm/mes, 464.44 mm/mes y 450.68 mm/mes la menor precipitación pluvial promedio se calcula en el mes de febrero con 62.41 mm/mes, obteniéndose una PP promedio anual acumulado de 3,113.13 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en el mes de abril con 70.65 mm/mes, la menor ETP se calcula en diciembre con 43.69 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulado de 702.93 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 2,410.20 mm de exceso agua, con

mayor cantidad en el mes de octubre con PP de 480.50 mm/mes y ETP de 55.75 mm/mes, resultando el exceso de 424.75 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en el mes diciembre con 17.47 C° y abril con 24.26 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 18.40 C° hasta los 23.90 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 42 Climadiagrama representativo de la estación Zona Vial No. 7

Cuadro 48 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Zona Vial No. 7

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	65.57	36.44	56.08	46.00	136.67	331.38	306.25	279.13	328.63	237.00	150.38	70.63	2044.14
<b>T°</b>	16.03	17.28	18.53	19.79	19.59	19.30	18.94	18.94	18.94	18.26	16.71	16.75	18.26
<b>ETP</b>	43.52	45.52	58.43	63.15	63.15	64.16	65.39	64.22	58.63	54.40	44.57	42.80	667.94

Fuente: Elaboración propia

**Estación Zona Vial No.7:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Zona Vial No. 7 se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), registros de lluvia de 1960 a 1969 y temperatura de 1961 a 1966 y 1968 a 1969, actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de junio y septiembre con 331.38 mm/mes y 328.63 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial

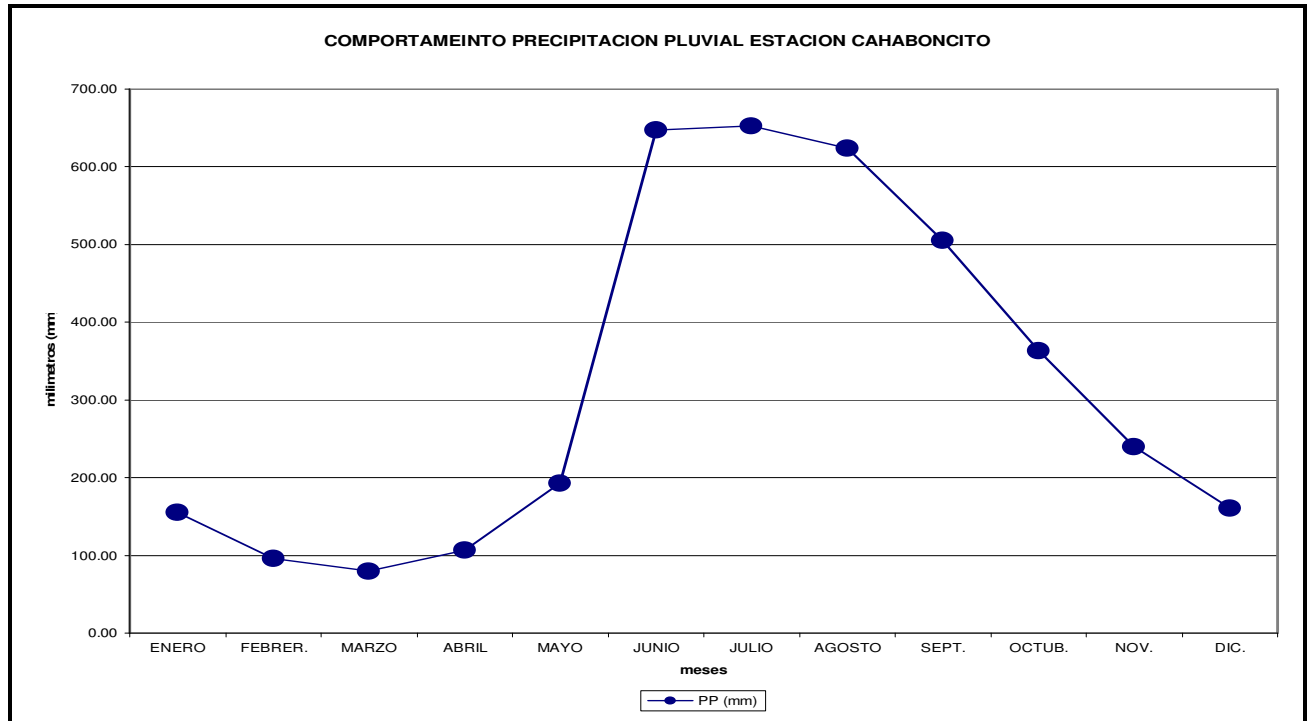
promedio se calcula en los meses de febrero y abril con 36.44 mm/mes y 46.00 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 2,044.14 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, agosto y junio con 65.39 mm/mes, 64.22 mm/mes y 64.16 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 42.80 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 667.94 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año existe 9.08 mm/mes, 2.35 mm/mes y 17.15 mm/mes de déficit en los meses de febrero, marzo y abril respectivamente, durante los otros meses se presenta exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 1,404.77 mm de exceso agua, con mayor cantidad en los meses de junio y septiembre con PP de 331.38 mm/mes y 328.63 mm/mes respectivamente, ETP de 64.16 mm/mes y 58.63 mm/mes respectivamente, resultando el exceso de 267.22 mm/mes y 269.99 mm/mes respectivamente.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 16.03 C° y abril con 19.79 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 16.70 C° hasta los 19.50 C° durante los otros meses.

## 6.4.2. Empresa Generadora de Energía Eléctrica (EGEE-INDE)



Fuente: Elaboración propia

**Figura 43** Comportamiento de la precipitación pluvial de estación Cahaboncito

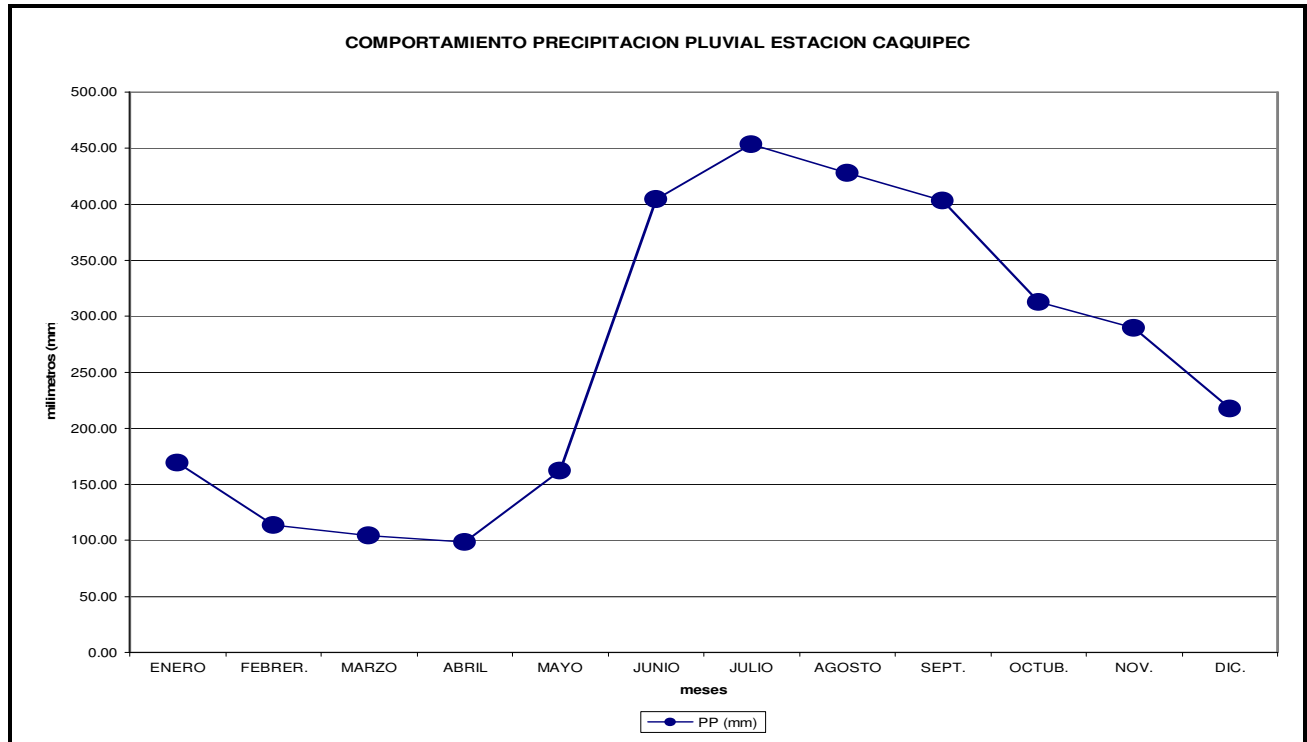
**Cuadro 49** Precipitación pluvial para la estación Cahaboncito

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	155.64	96.11	80.02	106.82	193.25	647.46	652.47	623.57	505.42	363.11	239.70	160.59	3824.15

Fuente: Elaboración propia

**Estación Cahaboncito:** La estación Cahaboncito se encuentra en la unión del Río Cahabón con el Río Polochic presentando en el climadiagrama únicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), el registro es de 1977 a 1999, actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de julio, junio y agosto con 652.47 mm/mes, 647.46 mm/mes y 623.57 mm/mes respectivamente, las menores PP se presentan en los meses de marzo, febrero y abril con 80.02 mm/mes, 96.11 mm/mes y 106.82 mm/mes respectivamente obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 3,824.15 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 44 Comportamiento de la precipitación pluvial de estación Caquipec

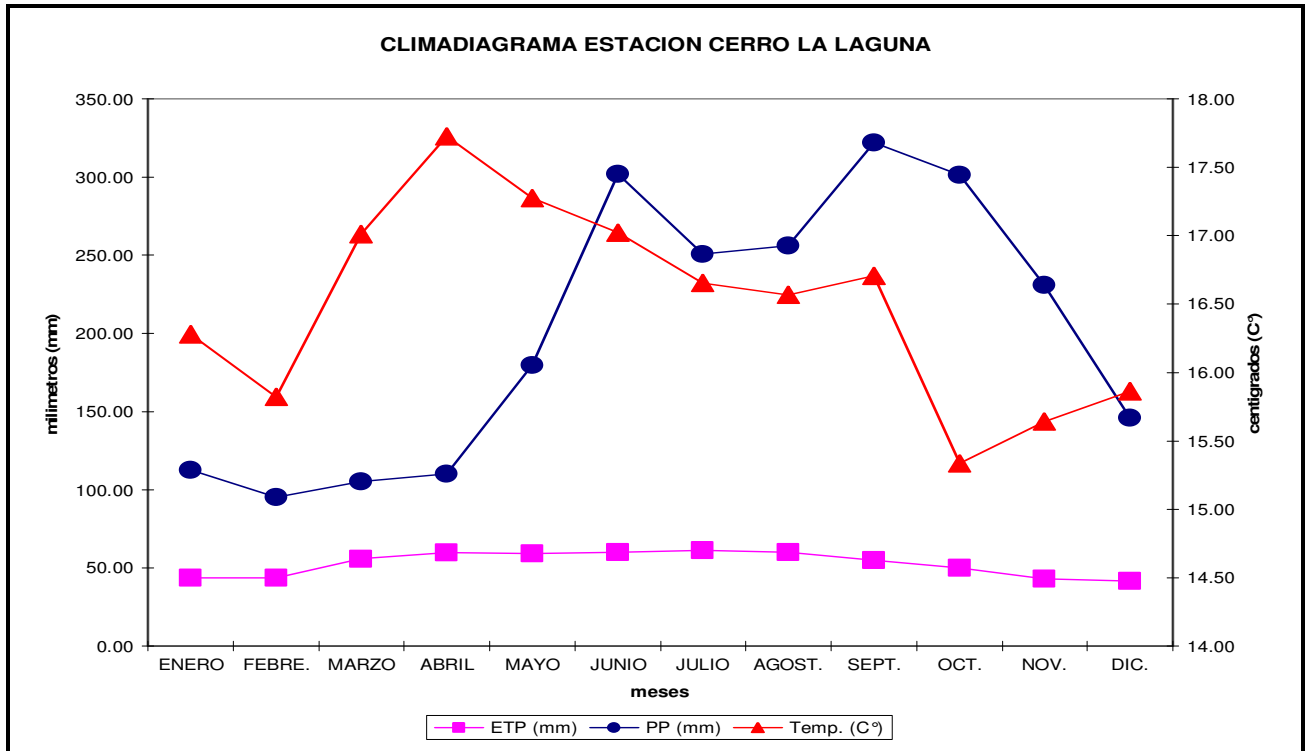
Cuadro 50 Precipitación pluvial para la estación Caquipec

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC.	ANUAL
PP	169.36	113.48	104.35	98.58	162.23	404.25	453.65	427.96	403.18	312.74	289.41	217.41	3156.60

Fuente: Elaboración propia

**Estación Caquipec:** La estación Caquipec presenta en el climadiagrama únicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), con registro de 1978 a 1998, actualmente inactiva.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de julio con 453.65 mm/mes, seguido por agosto, junio y septiembre con 427.96 mm/mes, 404.25 mm/mes y 403.18 mm/mes respectivamente, las menores PP se presentan en los meses de abril marzo y febrero con 98.58 mm/mes, 104.35 mm/mes y 113.48 mm/mes respectivamente obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 3,156.60 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 45 Climadiagrama representativo de estación Cerro La Laguna

Cuadro 51 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Cerro La Laguna

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	112.56	95.42	105.28	110.23	179.85	302.13	250.73	256.07	321.96	301.34	231.15	146.16	2412.89
<b>Tº</b>	16.28	15.82	17.01	17.72	17.27	17.02	16.66	16.57	16.71	15.34	15.64	15.86	16.49
<b>ETP</b>	43.84	43.64	55.99	59.67	59.24	60.22	61.33	60.08	55.06	49.98	43.18	41.70	633.92

Fuente: Elaboración propia

**Estación Cerro La Laguna:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Cerro La Laguna se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registro de lluvia de 1974 al 2005 y temperatura de 1977 al 2005, en estado activo.

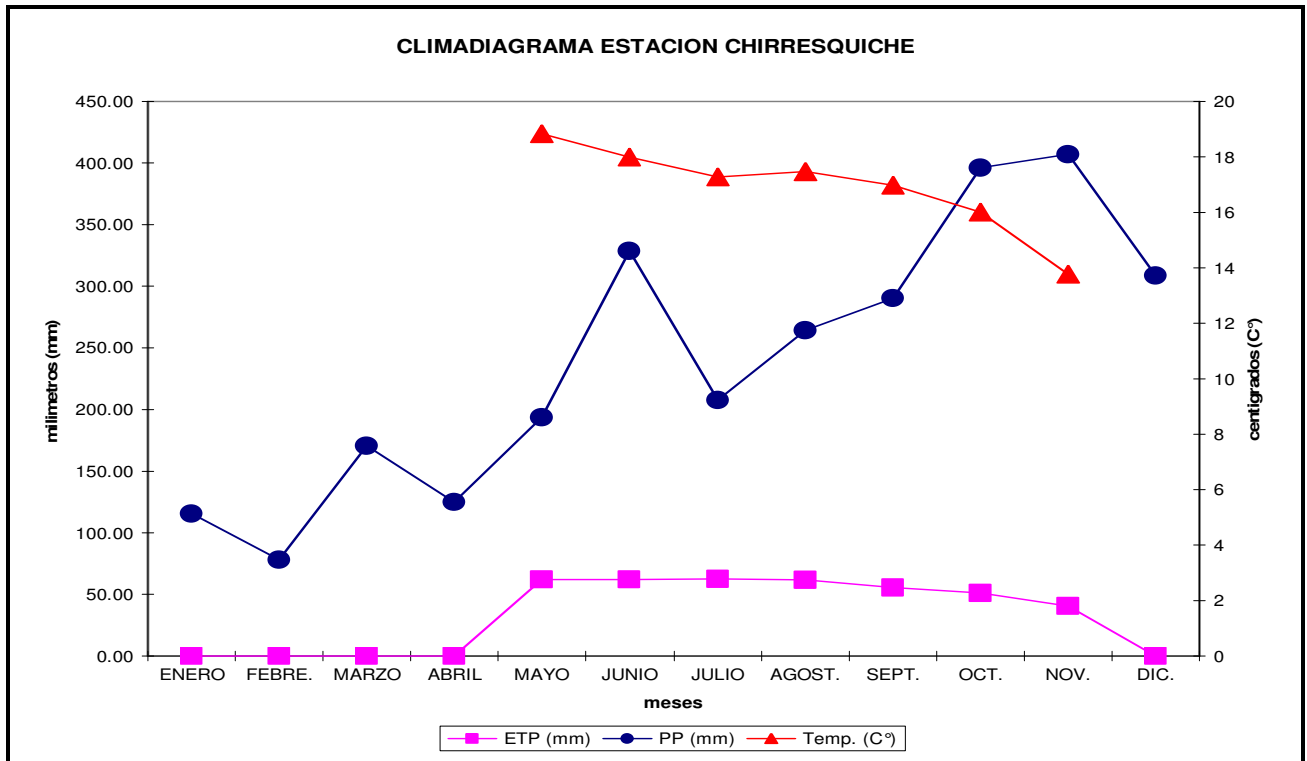
En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de septiembre, junio y octubre con 321.96 mm/mes, 302.13 mm/mes, y 301.34 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero, marzo, abril y enero con 95.42 mm/mes, 105.28 mm/mes, 110.23 mm/mes y 112.56 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 2,412.89 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en el mes de julio con 61.33 mm/mes, difiriendo con los meses de abril, mayo, junio y agosto con aproximadamente dos

milímetros menos, la menor ETP se calcula en el mes de diciembre con 41.70 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 633.92 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 1778.97 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de septiembre con PP de 321.96 mm/mes y ETP de 55.06 mm/mes, resultando el exceso de 266.90 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de octubre con 15.34 C° y abril con 17.72 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 15.50 °C hasta los 17.00 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 46 Climadiagrama representativo de la estación Chirresquiche

Cuadro 52 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Chirresquiche

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	115.70	78.20	170.70	124.83	193.63	328.60	207.67	264.37	290.30	396.00	406.90	308.80	2885.70
<b>Tº</b>	----	----	----	----	18.83	17.99	17.27	17.47	16.98	16.01	13.78	----	----
<b>ETP</b>	----	----	----	----	61.87	61.89	62.43	61.66	55.50	51.00	40.78	----	----

Fuente: Elaboración propia

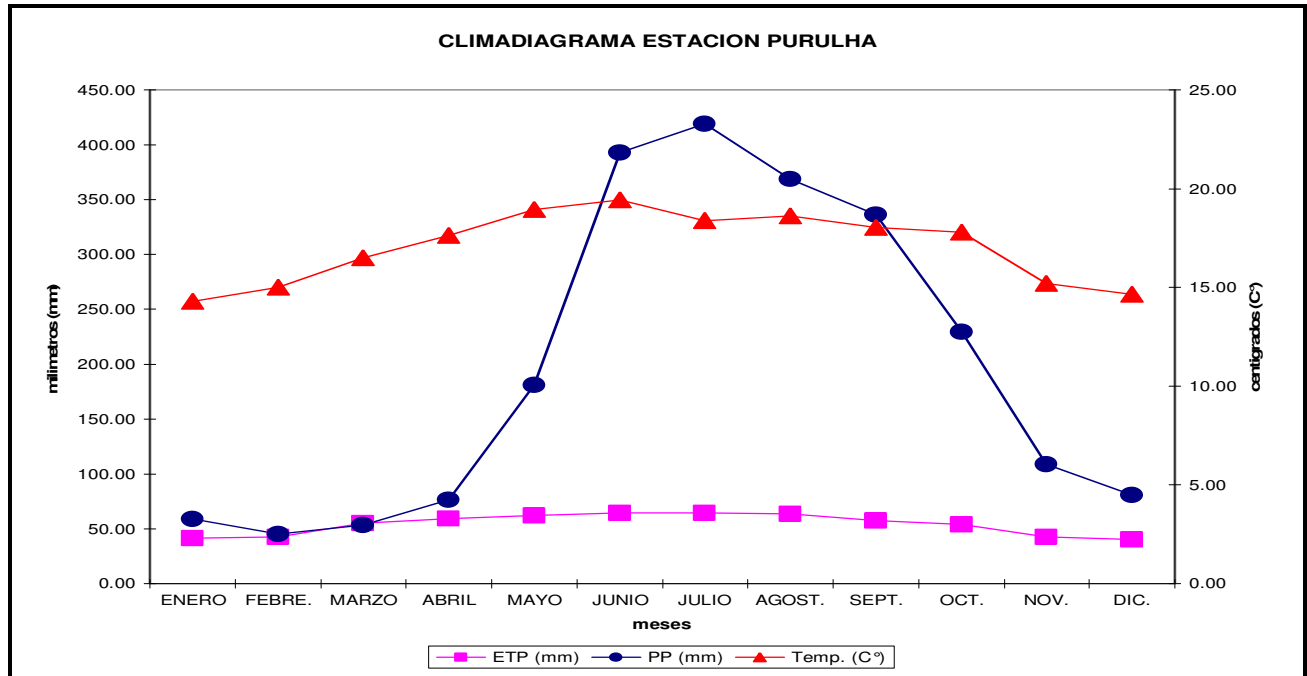
**Estación Chirresquiche:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Chirresquiche se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), es de hacer notar que los datos registrados de temperatura corresponden a los meses de mayo a noviembre, por ende el calculo de la ETP que se deriva de la temperatura registrada pose el mismo periodo de meses calculados, con registros de precipitación pluvial de 1978 a 1982 y temperatura de 1980 a 1982, actualmente inactiva.

Los registros de precipitación se poseen de los doce meses, en tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de noviembre con 406.90 mm/mes, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en el mes de febrero con 78.20 mm/mes, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 2,885.70 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en el mes de julio con 62.43 mm/mes, la menor ETP se calcula en el mes de noviembre con 40.78 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de noviembre con 13.78 C° y mayo con 18.83 C°.





Fuente: Elaboración propia

Figura 47 Climadiagrama representativo de estación Purulhá

Cuadro 53 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Purulhá

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	58.84	45.38	53.62	76.62	181.28	393.20	418.97	368.91	336.31	229.49	108.85	80.93	2352.42
<b>T°</b>	14.28	14.99	16.51	17.62	18.96	19.43	18.38	18.62	18.03	17.79	15.19	14.66	17.04
<b>ETP</b>	41.27	42.56	55.18	59.50	62.08	64.39	64.41	63.68	57.18	53.69	42.60	40.20	646.75

Fuente: Elaboración propia

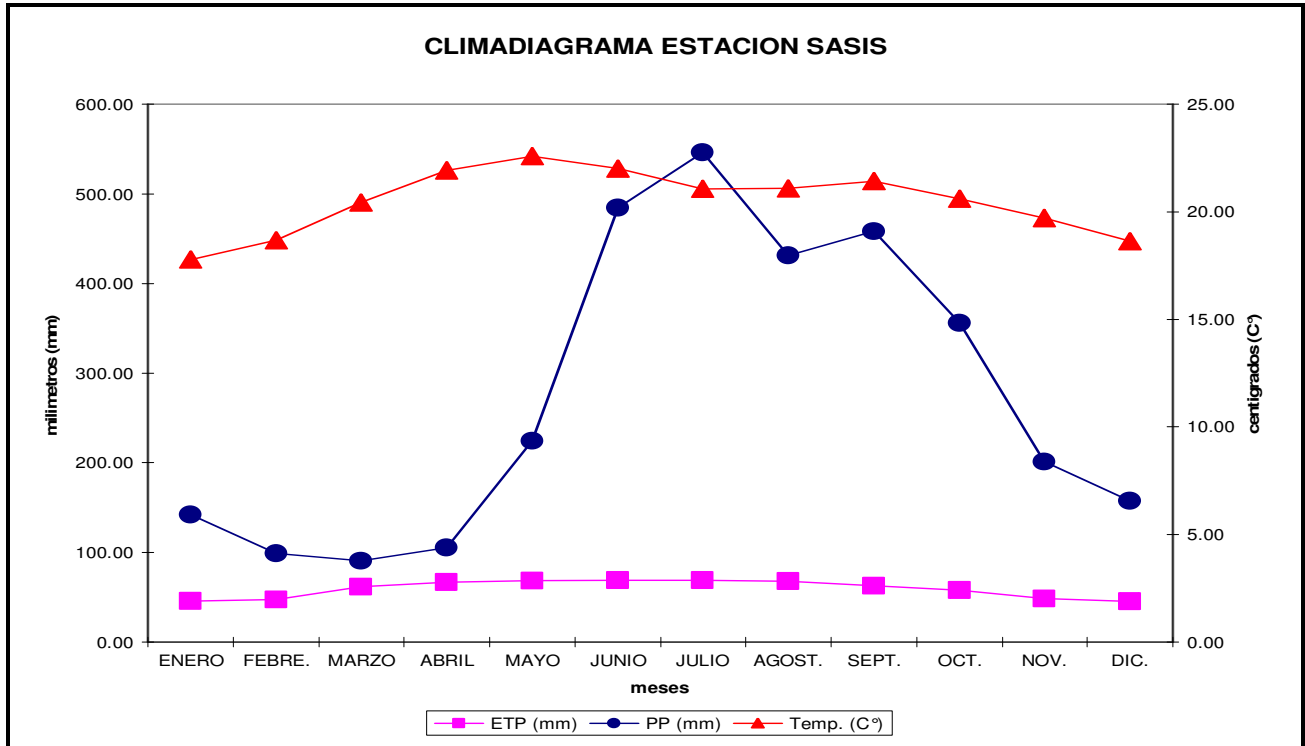
**Estación Purulhá:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Purulhá se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de lluvia de 1977 al 2005 y temperatura de 1981 a 1982 y 1986 al 2005 actualmente activa.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de julio, junio y agosto con 418.98 mm/mes, 393.20 mm/mes, y 368.91 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero, marzo y enero con 45.38 mm/mes, 53.63 mm/mes, 58.84 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 2,352.42 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio, agosto, junio y mayo con 64.41 mm/mes, 63.68 mm/mes, 64.39 mm/mes y 62.08 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 40.20 mm/mes, seguida por enero con 41.27 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 646.75 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año se presenta déficit en marzo con 1.55 mm/mes, siendo para los meses restantes exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 1,707.23 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de julio con PP de 418.98 mm/mes y ETP de 64.41 mm/mes, resultando el exceso de 354.57 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 14.28 C° y junio con 19.43 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 15.00 C° hasta los 18.50 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 48 Climadiagrama representativo de estación Sasís

Cuadro 54 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Sasís

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	141.98	98.91	90.51	105.47	224.21	484.41	546.28	431.39	458.30	356.18	201.49	157.63	3296.76
<b>Tº</b>	17.78	18.68	20.43	21.93	22.59	22.01	21.08	21.10	21.42	20.62	19.72	18.64	20.50
<b>ETP</b>	45.77	47.35	61.48	66.74	68.22	68.85	69.21	68.01	62.59	57.96	48.46	45.14	709.77

Fuente: Elaboración propia

**Estación Sasís:** con respecto a la estación Sasís se obtuvieron datos del INSIVUMEH y de la EGEE-INDE para lo cual se presenta el climadiagrama obtenido con los datos de la EGEE-INDE con lo cual se presentan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de lluvia de 1919 a 1928 y 1931 a 1998 en temperatura de 1980 a 1992, actualmente inactiva.

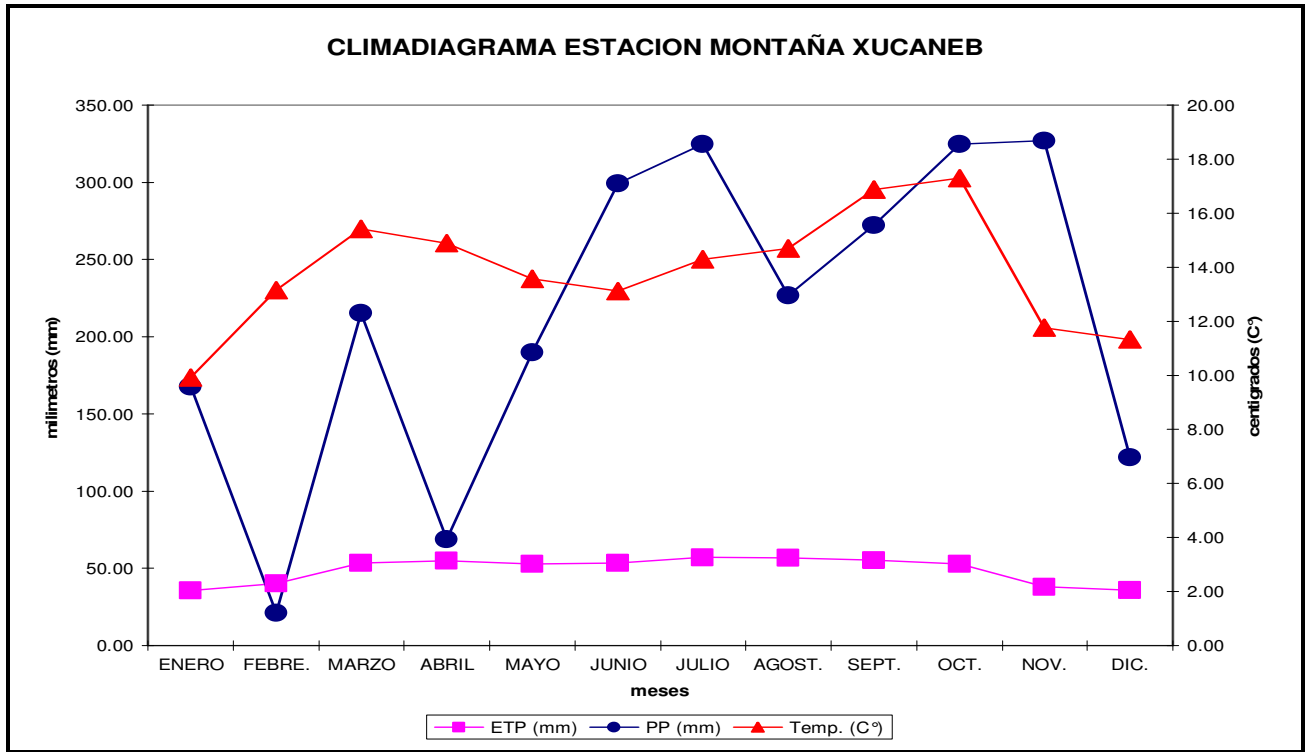
En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de julio, junio y agosto con 546.28 mm/mes, 484.41 mm/mes, y 431.39 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de marzo y febrero con 90.51 mm/mes y 98.91 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP promedio anual acumulada de 3,296.76 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio y junio con 69.21 mm/mes y 68.85 mm/mes respectivamente, la menor ETP se calcula en diciembre con 45.14 mm/mes, seguida por enero con 45.77 mm/mes, obteniendo un total de ETP promedio anual acumulada de 709.77 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 2,586.99 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de julio con PP de 546.28 mm/mes y ETP de 69.21 mm/mes, resultando el exceso de 477.07 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 17.78 C° y junio con 22.01 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 18.60 C° hasta los 21.50 C° durante los otros meses.

6.4.3. Instituto Nacional de Bosques (INAB)



Fuente: Elaboración propia

Figura 49 Climadiagrama representativo de estación Montaña Xucaneb

Cuadro 55 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Montaña Xucaneb

	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV.	DIC.	ANUAL
PP	167.90	21.30	215.30	68.90	190.00	299.20	324.85	226.80	272.30	324.80	326.80	122.10	2560.25
Tº	9.92	13.15	15.43	14.89	13.57	13.11	14.30	14.70	16.88	17.30	11.77	11.33	13.86
ETP	35.65	40.17	53.43	54.90	52.98	53.45	57.14	56.80	55.34	52.95	38.18	36.08	587.06

Fuente: Elaboración propia

**Estación Montaña Xucaneb:** en el climadiagrama que se presenta de la estación Montaña Xucaneb o también denominada Las Torres Xucaneb se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de lluvia y temperatura desde mayo del 2004 a julio del 2005, actualmente activa con tendencia a ser desactivada.

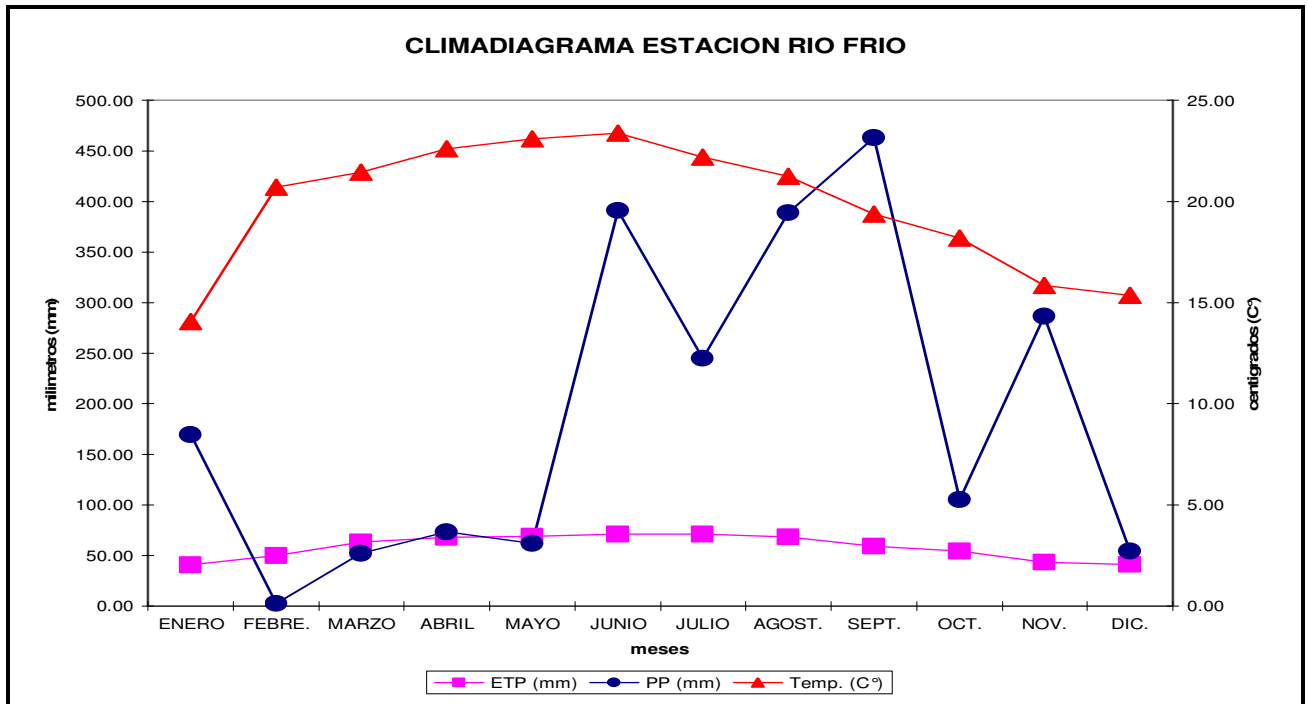
En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de noviembre con 326.80 mm/mes estando por abajo aproximadamente dos milímetros los meses de julio y octubre con 324.85 mm/mes y 324.80 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero y abril con 21.30 mm/mes y 68.90 mm/mes respectivamente, obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 2,560.25 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en el mes de julio con 57.14 mm/mes seguida por los meses de agosto y abril con 56.80 mm/mes y 54.90 mm/mes

respectivamente, siendo en los meses de diciembre y enero donde se calcularon las menores ETP con 36.08 mm/mes y 35.65 mm/mes respectivamente, obteniendo una ETP anual acumulada promedio de 587.06 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año existe mayor exceso de agua que déficit de la misma, al realizar los cálculos se obtiene que el único déficit de agua se presenta en el mes de febrero con 21.30 mm/mes de PP y 40.17 mm/mes de ETP resultando un déficit de 18.87 mm/mes y en el mes de noviembre existe el mayor exceso de agua con 326.80 mm/mes de PP y 38.18 mm/mes de ETP obteniéndose 288.62 mm/mes de exceso, en total durante el año se obtiene un exceso promedio de 1,992.06 mm.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 9.92 C° y octubre con 17.30 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 11.00 °C hasta los 15.00 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 50 Climadiagrama representativo de estación Río Frío

Cuadro 56 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Río Frío

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	169.60	2.60	52.20	73.10	61.80	391.30	245.00	388.90	463.20	105.20	286.50	54.40	2293.80
<b>Tº</b>	14.06	20.69	21.46	22.62	23.08	23.39	22.19	21.25	19.38	18.20	15.85	15.38	19.79
<b>ETP</b>	40.98	49.96	63.14	67.90	69.05	71.24	71.19	68.27	59.33	54.31	43.45	41.10	699.92

Fuente: Elaboración propia

**Estación Río Frío:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Río Frío se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registros de precipitación pluvial y temperatura del 2004 al 2005, actualmente activa y se pretende que continúe activa.

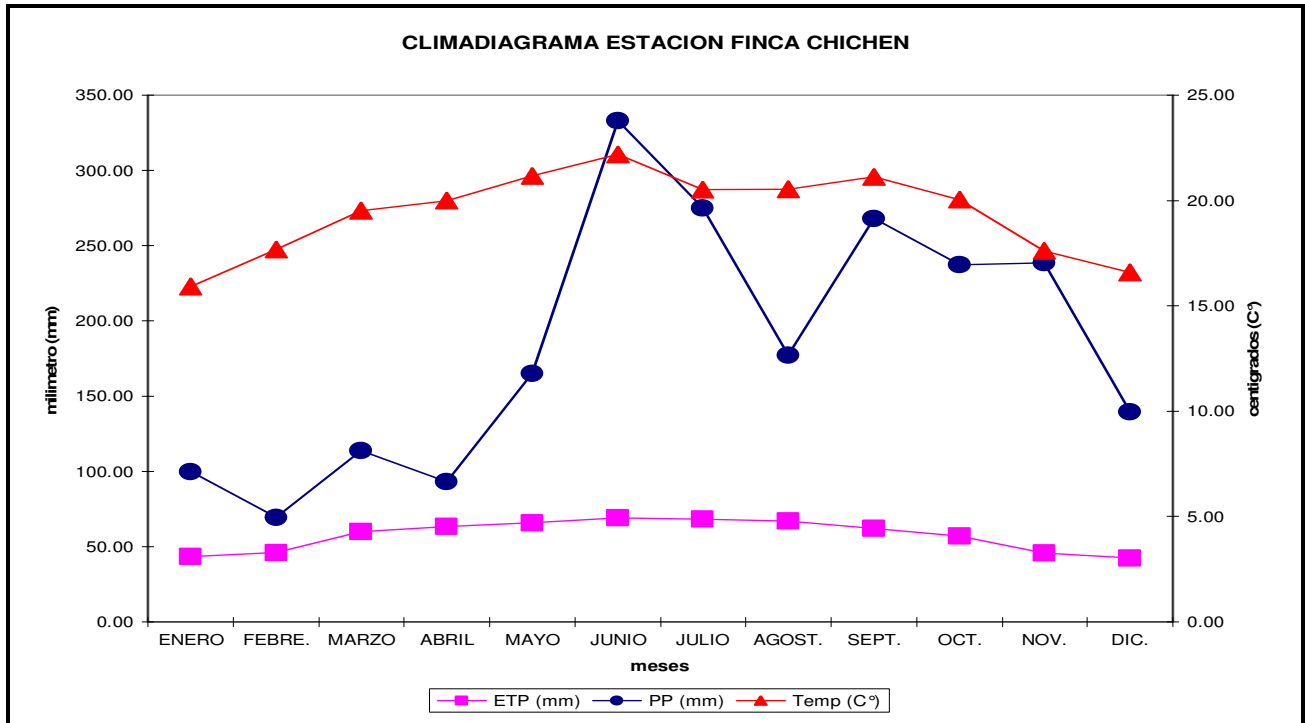
En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de septiembre con 463.20 mm/mes, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en el mes de febrero con 2.60 mm/mes, obteniendo una PP anual acumulada promedio de 2,293.80 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de junio y julio con 71.24 mm/mes y 71.19 mm/mes seguidas por los meses de mayo y agosto con 69.05 mm/mes y 68.27 mm/mes respectivamente, siendo en los meses de diciembre y enero donde se calcularon las menores ETP con 41.10 mm/mes y 40.98 mm/mes respectivamente, con el total de ETP anual acumulada promedio de 699.92 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año existe mayor exceso de agua que déficit de la misma, al realizar los cálculos se obtiene que el déficit de agua se presenta en los meses de febrero, marzo y mayo resultando déficit de 65.55 mm/mes y en el resto del año el exceso calculado es de 1,659.43 mm/mes, siendo septiembre el mayor mes con exceso de agua presentando 463.20 mm/mes de PP y 59.33 mm/mes de ETP obteniéndose 403.87 mm/mes de exceso.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 14.06 C° y junio con 23.39 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 15.00 °C hasta los 22.00 C° durante los otros meses.

6.4.4. Privada



Fuente: Elaboración propia

Figura 51 Climadiagrama representativo de estación de Finca Chichén

Cuadro 57 Precipitación pluvial, temperatura media y evapotranspiración potencial para la estación Finca Chichén

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PP</b>	99.88	69.50	113.75	93.13	165.12	333.00	274.87	177.33	268.00	237.50	238.50	139.50	2210.08
<b>Tº</b>	15.91	17.67	19.52	19.99	21.17	22.19	20.52	20.54	21.13	20.05	17.61	16.59	19.41
<b>ETP</b>	43.36	46.03	60.03	63.47	65.82	69.15	68.21	67.03	62.12	57.09	45.73	42.59	690.64

Fuente: Elaboración propia

**Estación Finca Chichén:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Finca Chichén se observan las curvas representativas de las variables de precipitación pluvial (PP), temperatura media (Temp.) y evapotranspiración potencial (ETP), con registro de precipitación y temperatura del 2001 al 2005, actualmente activa y por la importancia en la producción agrícola de ornamentales en la finca continuara activa.

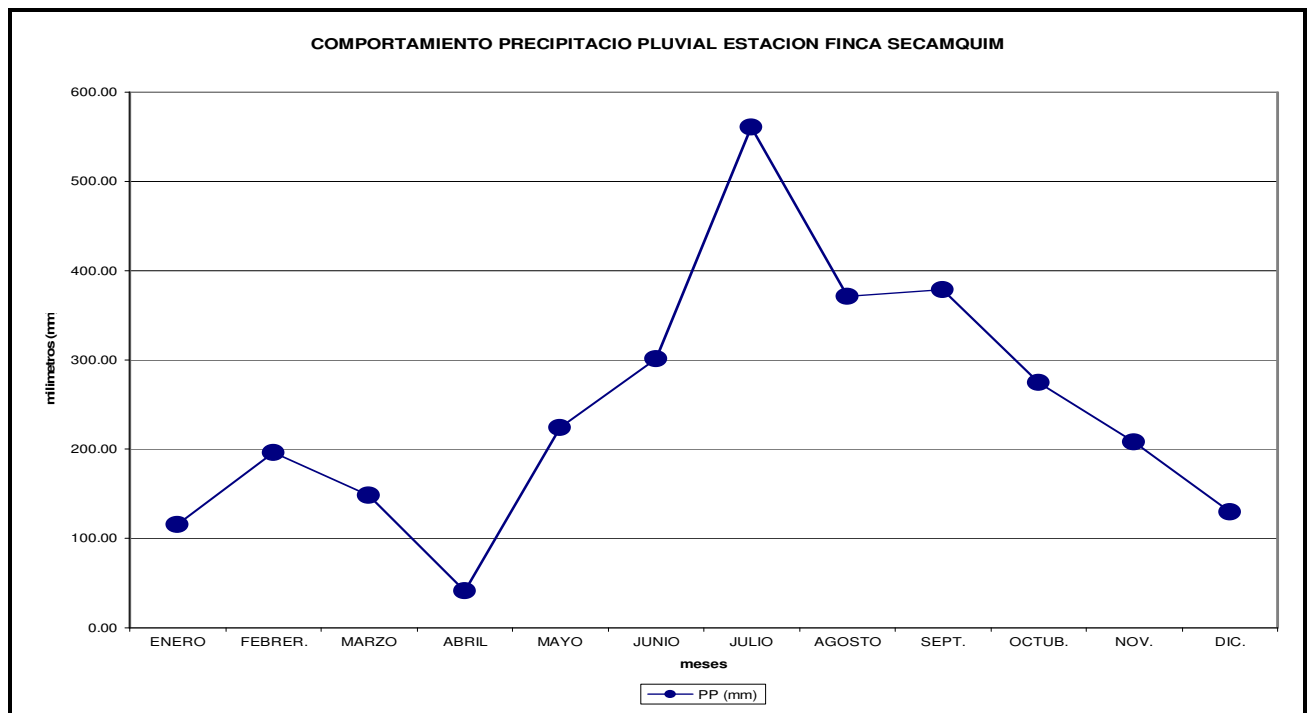
En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en el mes de julio con 274.88 mm/mes seguido por los meses de septiembre, octubre y noviembre con 268.00 mm/mes, 237.50 y 238.50 mm/mes respectivamente, la menor precipitación pluvial promedio se calcula en los meses de febrero, abril y enero con 69.50 mm/mes, 93.13 mm/mes y 99.88 mm/mes respectivamente, con el total de PP anual acumulada promedio de 2,210.08 mm.

En lo referente a la evapotranspiración potencial promedio la mayor ETP se calcula en los meses de julio y junio con 68.21 mm/mes y 69.15 mm/mes respectivamente, seguidas por agosto con 67.03 mm/mes,

siendo en los meses de noviembre, diciembre y enero donde se calcularon las menores ETP con 45.73 mm/mes, 42.59 mm/mes y 43.36 mm/mes respectivamente, obteniéndose una ETP anual acumulada promedio de 690.64 mm.

Se puede observar que entre las curvas de PP y ETP durante el transcurso del año no existe déficit, solamente exceso de agua, al realizar los cálculos se obtiene que existe 1,519.45 mm de exceso agua, con mayor cantidad en el mes de junio con PP de 333.00 mm/mes y ETP de 69.15 mm/mes, resultando el exceso de 263.85 mm/mes.

La temperatura media mensual tiene sus valores extremos en los meses de enero con 15.91 C° y junio con 22.19 C° presentando temperaturas aproximadas desde los 16.50 °C hasta los 21.00 C° durante los otros meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 52 Comportamiento de la precipitación media de la estación en Finca Secamquim



Cuadro 58 Precipitación pluvial para la estación Finca Secamquim

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	115.83	196.33	148.33	41.00	224.33	301.17	561.00	371.33	378.67	274.67	208.00	130.00	2950.67

Fuente: Elaboración propia

**Estación Finca Secamquim:** en el climadiagrama que se presenta de la estación denominada Finca Secamquim se observa unicamente la curva representativa de la precipitación pluvial (PP), con registros de precipitación pluvial correctos desde 2001 al 2003, actualmente activa, finca de producción forestal.

En tal sentido se puede observar que la mayor precipitación pluvial promedio se presenta en los meses de septiembre y agosto con 378.67 mm/mes y 371.33 mm/mes respectivamente, la menor PP se presenta en abril con 41.00 mm/mes, obteniéndose una PP anual acumulada promedio de 2950.67 mm.

**Cuadro 59 Resumen representativo del número de gráficas por variable del total de estaciones.**

Precipitación Pluvial	Temperatura Media	Evapotranspiración	Déficit de Agua	Exceso de Agua	Total
<b>36</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>38</b>

En el cuadro 59 se ordenan las graficas por alguna característica de interés, entonces al mencionar la precipitación pluvial son graficas con curva de esa variable, igual forma en temperatura y evapotranspiración, teniendo en cuenta que una misma grafica puede presentar mas de una curva, en lo referente a déficit de agua son las graficas que en algún mes o más presentan déficit aunque en el resto no y en exceso de agua son las graficas que solamente presentan exceso de agua en todos los meses, para lo cual es necesario tener presente los cálculos respectivos.

En forma general sobre la base del comportamiento presentado en las gráficas, el periodo seco se presenta a partir del mes de Febrero para Abril, en lo referente al periodo lluvioso se presenta desde el mes de Junio hasta Octubre, en contraparte lo obtenido con evapotranspiración potencial se presentan las mayores evapotranspiraciones desde el mes de Junio hasta Agosto y las menores evapotranspiraciones en Diciembre y Enero, por último, haciendo referencia a la temperatura media las mayores temperaturas medias se acentúan en el mes de Junio y las menores temperaturas medias en Diciembre y Enero.

## 6.5. Elaboración de mapas temáticos

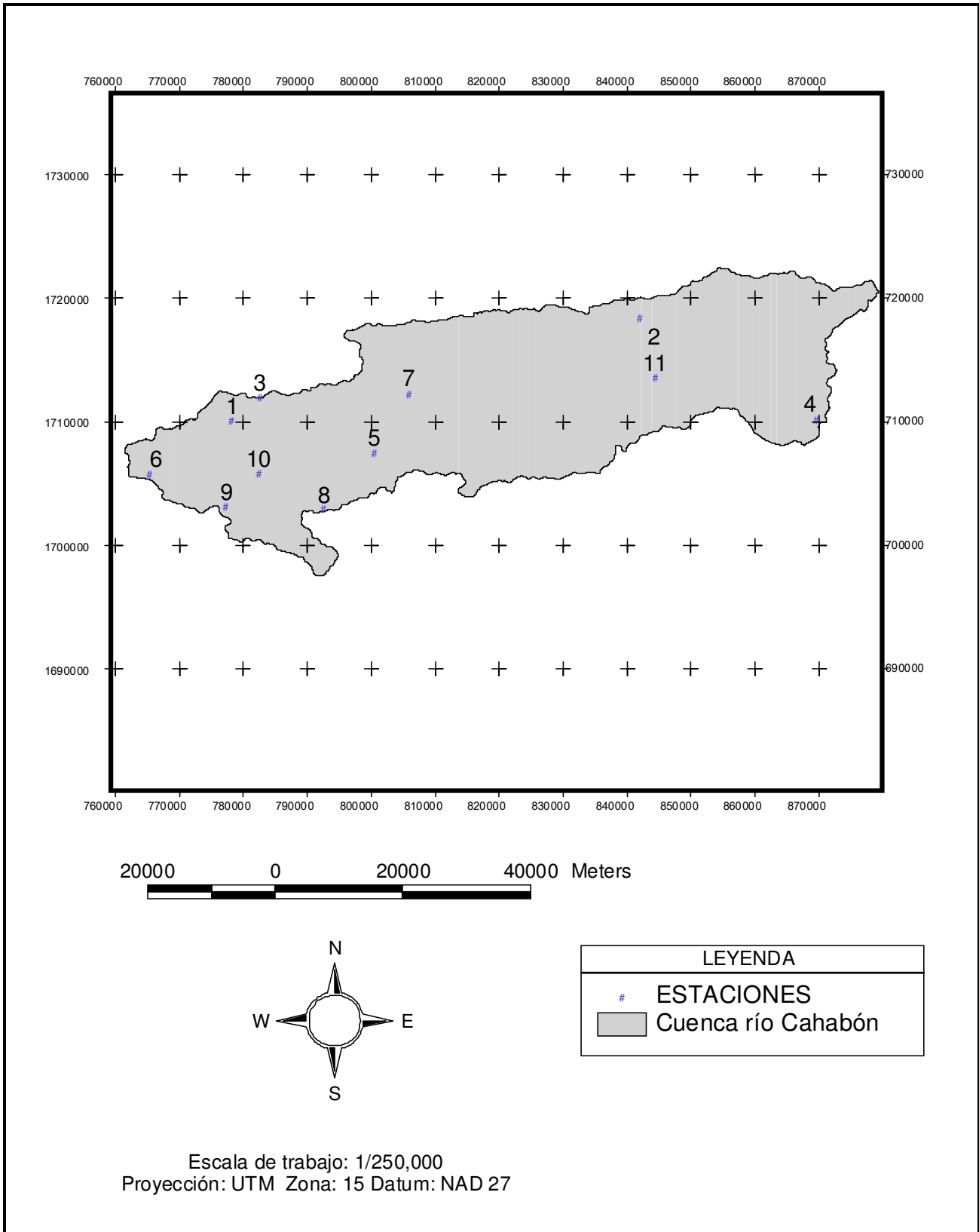
### 6.5.1. Mapa de Isoyetas

Para tal efecto se tomaron en consideración los registros de precipitación promedio anual de 37 estaciones climáticas incluyendo estaciones del INSIVUMEH, EGEE-INDE, INAB y privadas, con las cuales se obtuvo la red de puntos para la interpolación. Por los resultados obtenidos inicialmente con esta red de puntos, no fue posible establecer una explicación lógica a los mismos. En tal sentido se realizó otra red de puntos en la cual solo se incluyeron las estaciones localizadas dentro del límite del parte aguas de la cuenca, así también, esta segunda red de puntos no tuvo explicación lógica, por lo tanto, se decidió por trabajar únicamente con las estaciones que presentaran registros climáticos más recientes, como mínimo, desde la década de los 80's a la fecha y que se ubicaran dentro de los límites del parte aguas de la cuenca.

De acuerdo a lo anterior se obtuvieron 11 estaciones, con las características anteriores que las catalogaron para ser utilizadas efectivamente, a continuación se presenta en resumen el resultado obtenido con la red de puntos elaborada.

**Cuadro 59 Listado de estaciones utilizadas para elaborar el mapa de isoyetas.**

No	ESTACIÓN	PROPIETARIO	Coordenadas	ALTITUD (msnm)	Registro PP
1	Cobán	INSIVUMEH	N 15° 28' 10" W 90° 23' 34"	1,330	1947-1952 1970-1979 1990-2003
2	Cahabón	INSIVUMEH	N 15° 36' 18" W 89° 48' 37"	284	1955-1960 1962 1965- 1966 1972-1979 1990- 2003
3	Santa Margarita	INSIVUMEH	N 15° 30' 00" W 90° 22' 00"	1,310	1956-1969 1989-2000
4	Cahaboncito	INDE	N 15° 27' 30" W 89° 33' 20"	50	1977-1999
5	Chaquipéc	INDE	N 15° 25' 04" W 90° 12' 04"	1,620	1978-1998
6	Cerro La Laguna	INDE	N 15° 23' 29" W 90° 31' 41"	2,000	1974-2005
7	Sasís	INDE	N 15° 30' 11" W 90° 08' 59"	1,065	1919-1928 1931-1998
8	Montaña Xucaneb	INAB	N 15° 20' 14" W 90° 16' 34"	2,653	2004-2005
9	Finca Río Frío	INAB	N 15° 20' 33" W 90° 25' 06"	1,410	2004-2005
10	Finca Chichén	PRIVADA	N 15° 23' 25" W 90° 22' 07"	1,500	2001-2005
11	Finca Secamquim	PRIVADA	N 15° 31' 15" W 89° 47' 25"	250	2001-2003



**Figura 53 Red de puntos ploteados con el listado de estaciones efectivamente utilizadas para elaborar el mapa de isoyetas.**

Ya teniendo los puntos ploteados en las hojas cartográficas a escala 1:250,000 de la cuenca se realizaron las interpolaciones para ubicar el paso de las isoyetas a diferentes intervalos entre las estaciones y mediante la hipsometría a cada 500 y 100 metros se realizaron las uniones entre interpolaciones y posterior suavización de las curvas, lo cual se graficó en pliegos de acetato.

Posteriormente, teniendo como referencia las hojas cartográficas y los acetatos, fue necesario realizar la digitalización en pantalla de lo obtenido en mesa, para elaborar los mapas temáticos y su presentación.

En el mapa elaborado puede observarse lo siguiente;

Al hablar de precipitación pluvial hacemos referencia a la acumulada anual promedio en mm/año, observando valores desde los 2,200 mm/año hasta los 3,800 mm/año, dividiendo la cuenca en tres regiones; Oeste, Central y Este; distinguiéndose para la región Oeste isoyetas de 2,400 a 2,200 mm/año con alturas de 2000 msnm, pasando por 1,500 msnm llegando hasta el valle de Cobán. La precipitación disminuye conforme desciende al valle, atribuyéndose a la variación orográfica, esperando que las nubes se condensen y precipiten la mayor cantidad de agua del lado Oeste, debido a la mayor condensación de la masa nubosa empujada por el viento en la cima de las montañas que causa mayores precipitaciones en el ascenso y menores precipitaciones al descenso.

En lo referente a la región Central y norcentral se puede observar que las isoyetas pasan transversalmente la topografía de la cuenca, presentando precipitaciones desde los 2,400 mm/año a los 3,200 mm/año atravesando por alturas que van en la región Central de 2,000 a 1,500 msnm con la parte media a 1,000 msnm y la región norcentral con alturas de 1,000 a 500 msnm, el comportamiento de esta región Central se atribuye a la circulación general de la atmósfera que en la franja ecuatorial o de baja presión se ve influenciada por los vientos alisios que se presentan en dirección NE, presentando altas precipitaciones al momento que las nubes traídas por los vientos alisios chocan con el terreno escabroso característico de la cuenca, conforme estas nubes avanzan siguen descargando el agua y disminuyen los valores de precipitación pluvial.

Con la región Este se observan precipitaciones pluviales de 3,200 a 3,800 mm/año en una topografía en su mayor parte dominada por alturas de 500 msnm, en esta región se presentan los valores de precipitación más elevados atribuible a la cercanía con el lago de Izabal como fuente de humedad, producida por la evaporación del agua del lago y parte del océano atlántico, provocando que se incremente el vapor de agua como componente importante en la formación de nubes que al condensarse las partículas de agua se desprenden de la nube y precipitan. Con excepción de no ser un área costera la fuente de humedad que es próxima, las nubes al entrar a la cuenca cargadas de agua chocan con la orográfica presente, lo que acelera la condensación de las partículas de agua en la nube y provoca la precipitación y al internarse dichas nubes disminuye la precipitación debido a las cantidades dejadas en el camino.

Con respecto a la precipitación pluvial presente por municipio, se observa que dependiendo de las isoyetas con influencia en el municipio de interés, se obtiene una aproximación mediante promedio aritmético y análisis a la precipitación pluvial media anual, como se muestra en el cuadro 70.

**Cuadro 61 Precipitación pluvial media anual por municipio de la cuenca del río Cahabón.**

<b>Municipios</b>	<b>PP (mm/año)</b>
Purulhá, Baja Verapaz	2,200
Tamahú, Alta Verapaz	2,500
Tactic, Alta Verapaz	2,300
Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz	2,200
San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	2,300
Cobán, Alta Verapaz	2,500
San Juan Chamelco, Alta Verapaz	2,700
San Pedro Carchá, Alta Verapaz	2,800
Lanquín, Alta Verapaz	3,000
Santa María Cahabón, Alta Verapaz	2,600
Senahú, Alta Verapaz	3,100
Chahal, Alta Verapaz	2,700
Panzós, Alta Verapaz	3,500
El Estor, Izabal	3,400

Las precipitaciones pluviales presentadas por municipio son representativa específicamente del área con presencia en la cuenca, lo cual, indica valores que reflejan la influencia de factores tales como la orografía, latitud, altitud, fuente de humedad, etc.

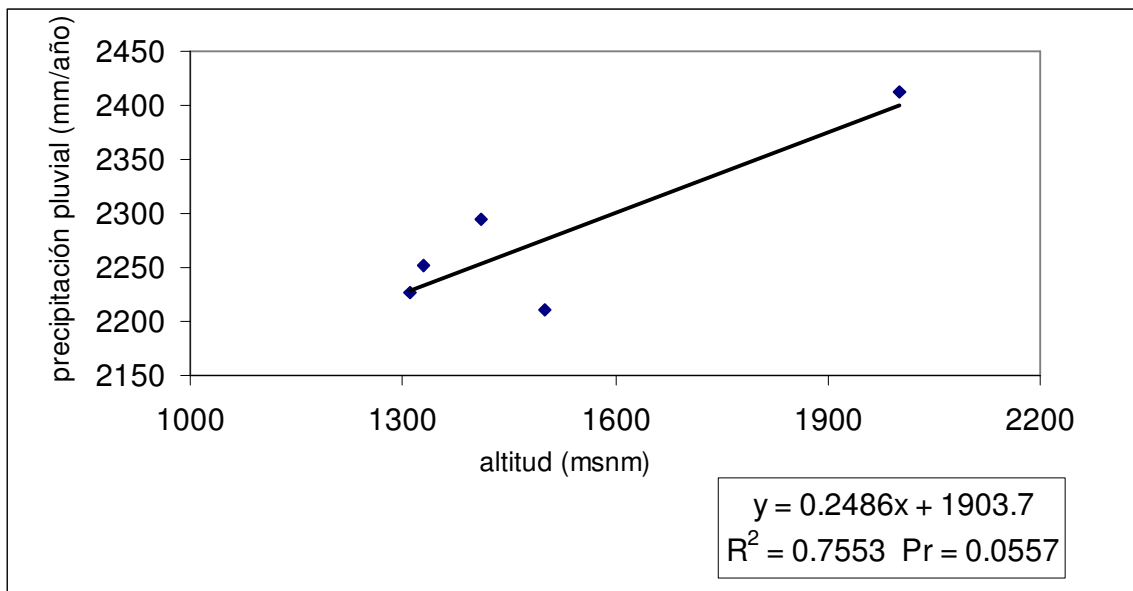
Siguiendo el comportamiento de las isoyetas, los municipios con mayor precipitación pluvial son los ubicados en la región Este de la cuenca.

Al analizar el comportamiento de la altitud con relación a la precipitación pluvial anual se obtuvieron las figuras 54, 55, 56, teniendo en cuenta únicamente las estaciones utilizadas para la elaboración de las isoyetas, por tanto, cada gráfica corresponde a diferente región de la cuenca, dividida en región Oeste, Central y Este, como también a la respectiva agrupación de estaciones analizadas.

Considerando para la región Oeste el análisis de las estaciones Cerro La Laguna, Finca Río Frío, Cobán, Finca Chichén y Santa Margarita, se obtuvo en el análisis con una correlación ( $R^2$ ) de 0.7553 según la ecuación lineal se refleja el comportamiento de la precipitación pluvial anual como

variable dependiente de la altitud, donde a mayor altitud se espera mayor precipitación pluvial y viceversa, en relación directamente proporcional.

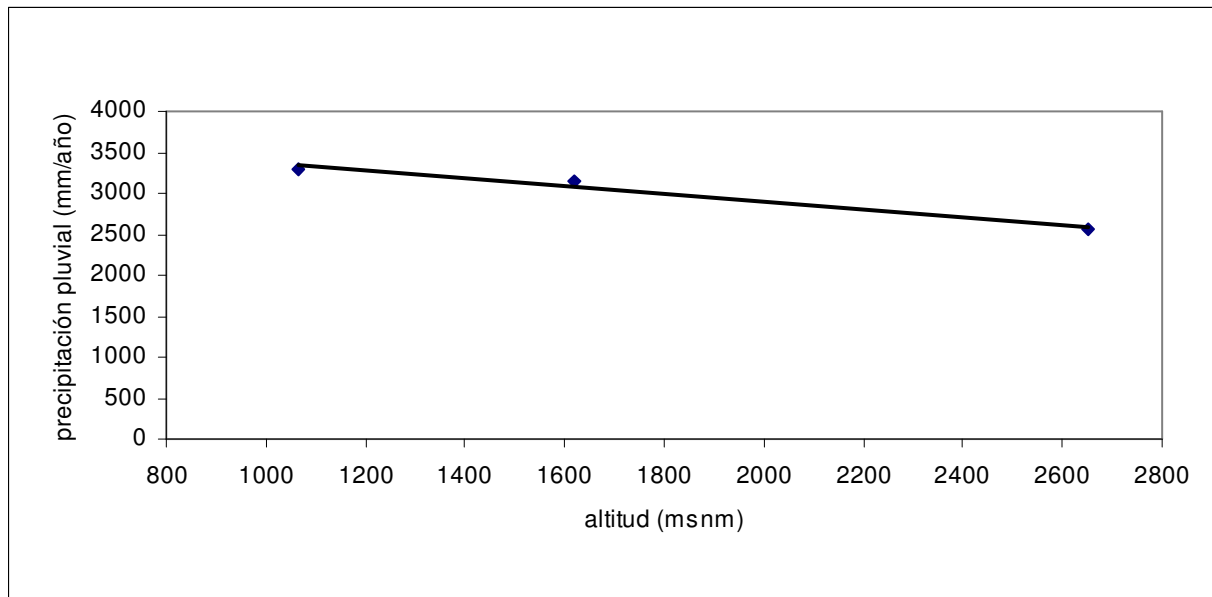
Tomando en cuenta que de las cinco estaciones analizadas tres de ellas superan los 20 años de registro y dos estaciones son inferiores con uno y cuatro años de registro, así también, estadísticamente se obtuvo una probabilidad (Pr) de 0.0557, por tanto, se consideran como datos poco significativos y confiables para respaldar la gráfica y la ecuación lineal simple que reflejan el comportamiento de la precipitación pluvial anual. La gráfica únicamente afirma el comportamiento orográfico de la precipitación, en la región Oeste de la cuenca.



**Figura 54** Relación entre altitud y precipitación pluvial en la región Oeste de la cuenca del río Cahabón.

Para la región central se analizaron las estaciones Montaña Xucaneb con un año de registro, Caquipec con 20 años de registro y Sasís con 76 años de registro, según la ecuación lineal simple se representa el comportamiento de la precipitación pluvial como variable dependiente de la altitud, en relación inversamente proporcional, es decir, a mayor altitud se espera menor precipitación pluvial y viceversa.

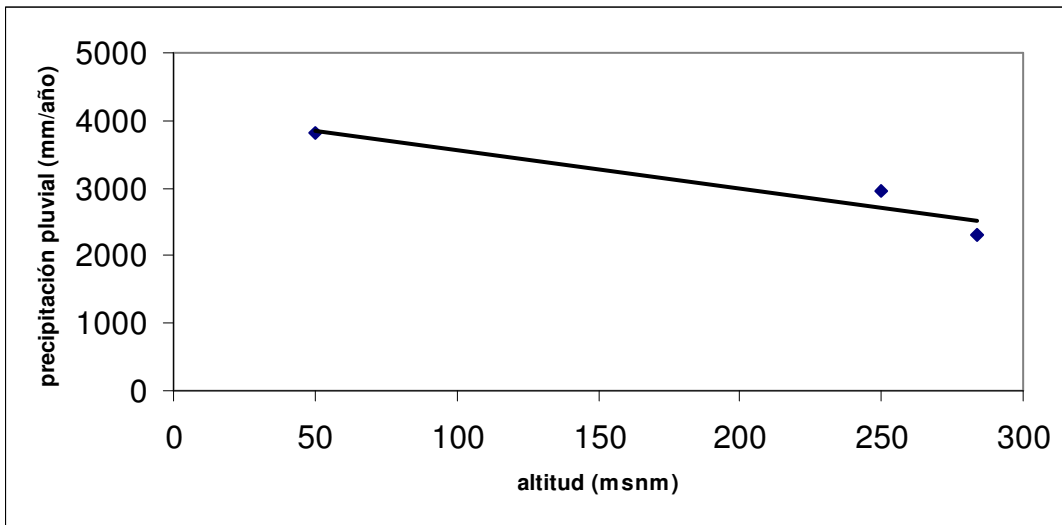
De las tres estaciones analizada dos de ellas superan o igualan los 20 años de registro y solamente una estación es inferior, así también, la falta de confiabilidad al utilizar tres puntos para estimar una ecuación lineal simple, por tanto, se considera solamente como una gráfica que representa el comportamiento de la precipitación pluvial anual no siendo útil como modelo de predicción.



**Figura 55** Relación entre altitud y precipitación pluvial en la región Central de la cuenca del río Cahabón.

Analizando en la región Este las estaciones Cahabón, Finca Secamquim y Cahaboncito, se obtuvo la ecuación lineal simple que refleja el comportamiento de la precipitación pluvial como variable dependiente de la altitud, con tendencia inversamente proporcional donde a mayor altitud se espera menor precipitación pluvial y viceversa.

Dos estaciones analizadas reportan más de 20 años de registro y una estación dos años de registro, como la carencia de confiabilidad al utilizar solo tres puntos para estimar una ecuación lineal simple, se consideran como datos no significativos para el respaldo de la ecuación lineal simple y la gráfica refleja únicamente el comportamiento de la precipitación pluvial.



**Figura 56** Relación entre altitud y precipitación pluvial en la región Este de la cuenca del río Cahabón



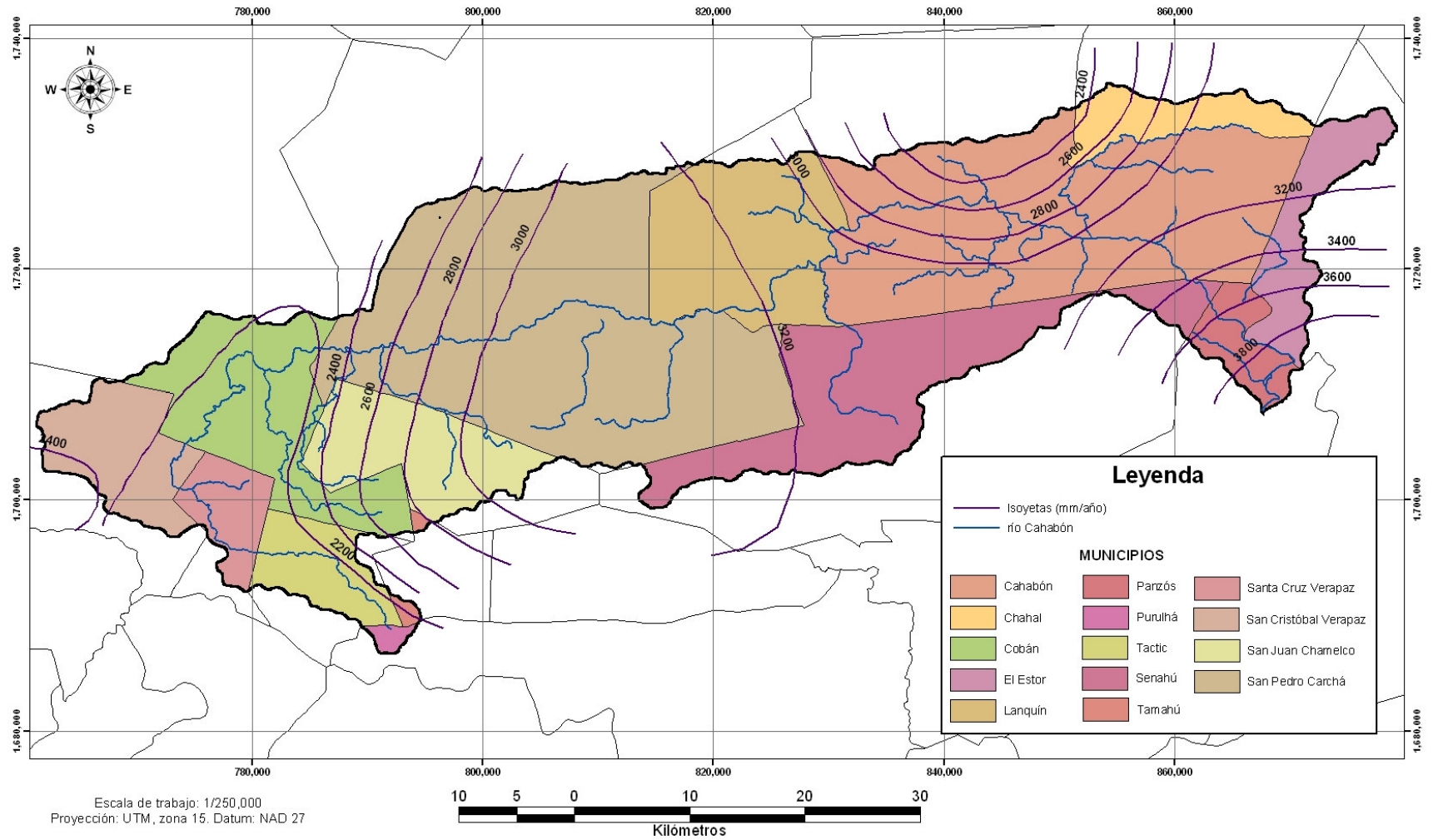
### 6.5.1.1. Precipitación media de la cuenca por el método de Isoyetas

**Cuadro 62 Datos para el cálculo de precipitación media por isoyetas**

No.	Isoyetas		Área Parcial (Km <sup>2</sup> )	Precip. Pluvial Media (mm/año)	Área parcial por PP media
	De	A			
1	2600	2400	5.9814	2500	14953.5
2	2400	2200	103.3642	2300	237737.66
3	2400	2200	289.1536	2300	665053.28
4	2200	2400	63.6146	2300	146313.58
5	2400	2600	106.9572	2500	267393
6	2600	2800	104.597	2700	282411.9
7	2800	3000	141.0242	2900	408970.18
8	3000	3200	586.3952	3100	1817825.12
9	2200	2400	43.305	2300	99601.5
10	2400	2600	62.9561	2500	157390.25
11	2600	2800	92.2973	2700	249202.71
12	2800	3000	107.3042	2900	311182.18
13	3000	3200	598.0964	3100	1854098.84
14	3200	3400	79.7639	3300	263220.87
15	3400	3600	53.166	3500	186081
16	3800	4000	25.4783	3900	99365.37
17	3600	3800	38.2082	3700	141370.34
<b>TOTAL</b>			<b>2,501.6628</b>		<b>7,202,171.28</b>

**PRECIPITACIÓN MEDIA =  $7,202,171.28 / 2,501.6628 = 2,878.95$  mm/año**

# Mapa de isoyetas de la cuenca del río Cahabón



### **6.5.2. Mapa de Isotermas**

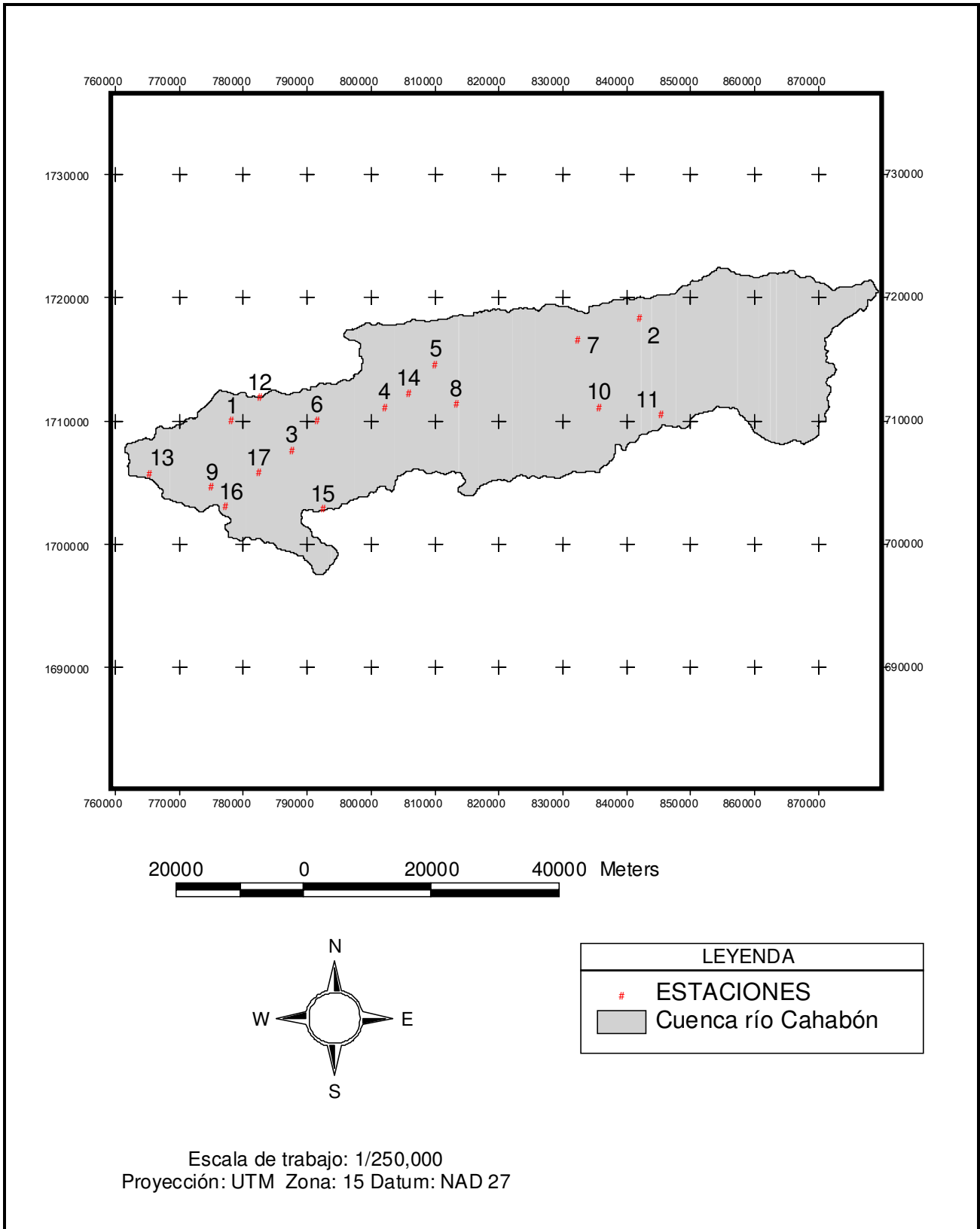
Se realizó el procedimiento similar en lo que respecta a la interpolación, unión de puntos interpolados, suavización de curvas, digitalización y elaboración de la presentación.

Con la diferencia que se utilizaron en su inicio 26 estaciones con su respectivo registro de temperatura, pero debido a que existen nueve estaciones del otro lado del parte aguas, contraria exposición a la ladera que drena a la cuenca en estudio, lo cual es fuente de errores, confusiones y resultados muy contrarios a la realidad, se optó por no incluir estas nueve estaciones.

Por tanto, quedaron únicamente 17 estaciones ubicadas dentro de la cuenca, que se utilizaron efectivamente.

**Cuadro 63 Listado de estaciones utilizadas para elaborar el mapa de isotermas.**

<b>No</b>	<b>Estación</b>	<b>Propietario</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>ALTITUD (msnm)</b>	<b>Registro Temperatura</b>
1	Cobán	INSIVUMEH	N 15° 28' 10" W 90° 23' 34"	1,330	1947-1952 1970-1979 1990-2003
2	Cahabón	INSIVUMEH	N 15° 36' 18" W 89° 48' 37"	284	1955-1960 1962 1965-1966 1972-1979 1990-2003
3	Centro Formación SFE	INSIVUMEH	N 15° 25' 23" W 90° 19' 34"	1,480	1959-1965
4	Chajcar	INSIVUMEH	N 15° 29' 00" W 90° 11' 04"	1,219	1989-2001
5	Chiacam	INSIVUMEH	N 15° 32' 40" W 90° 06' 35"	950	1958-1962
6	San Vicente	INSIVUMEH	N 15° 28' 00" W 90° 17' 00"	1,500	1957-1961
7	Saquiija	INSIVUMEH	N 15° 34' 35" W 89° 54' 03"	48	1966-1969
8	Xicacao	INSIVUMEH	N 15° 29' 34" W 90° 04' 50"	963	1957-1962
9	Zona Vial 7	INSIVUMEH	N 15° 22' 17" W 90° 26' 20"	1,409	1961-1966 1968-1969
10	Volcan	INSIVUMEH	N 15° 28' 45" W 89° 52' 20"	840	1960-1969
11	Sepacuité	INSIVUMEH	N 15° 28' 02" W 89° 46' 52"	980	1938-1961
12	Santa Margarita	INSIVUMEH	N 15° 30' 00" W 90° 22' 00"	1,310	1956-1969 1989-1995
13	Cerro La Laguna	INDE	N 15° 23' 29" W 90° 31' 41"	2,000	1977-2005
14	Sasís	INDE	N 15° 30' 11" W 90° 08' 59"	1,065	1980-1992
15	Montaña Xucaneb	INAB	N 15° 20' 14" W 90° 16' 34"	2,653	2004-2005
16	Finca Río Frío	INAB	N 15° 20' 33" W 90° 25' 06"	1,410	2004-2005
17	Finca Chichén	PRIVADA	N 15° 23' 25" W 90° 22' 07"	1,500	2001-2005



**Figura 58** Red de puntos ploteados con el listado de estaciones efectivamente utilizadas para elaborar el mapa de isotermas.

Con el mapa obtenido puede observarse lo siguiente;

Se hace referencia a la temperatura promedio anual. Al observar las isotermas y teniendo en cuenta las diferencias altitudinales, el comportamiento es el esperado, la temperatura disminuye con la altura, presentándose valores de 26 °C a los 500 msnm aproximadamente, disminuyendo a 15 °C con altura aproximada de 2,000 msnm.

Así también, en la región Este, en los municipios de Santa María Cahabón y El Estor, las temperaturas son altas, atribuibles a condiciones locales debido a la masa de agua presente en el lago de Izabal, donde por efecto de evaporación las partículas evaporadas se trasladan en forma vertical hacia la atmósfera cargadas con energía térmica, la cual se expresa con la elevación de la temperatura, a diferencia de la región Oeste donde se presentan menores temperaturas.

Este gradiente o diferencia de temperatura entre ambos lados, provoca la transferencia horizontal, de donde se trasladan las partículas con mayor energía térmica expresada en la temperatura hacia el área con menor temperatura, es decir, en el caso de la cuenca se observa el traslado de partículas de la región Este donde se presentan mayores temperaturas hacia la región Oeste con menores temperaturas, teniendo en cuenta que durante este recorrido la temperatura desciende gradualmente hasta alcanzar los valores presentes en la región Oeste.

La región Central se presenta como zona de transición, entre la región Este con mayores temperaturas hacia la región Oeste con menores temperaturas.

Es necesario hacer mención que la región Central presenta las mayores altitudes con altitud máxima en el cerro Xucaneb de 2,653 msnm con cercanía a la isoterma de 15°C como la menor temperatura, a diferencia de la isoterma de 19°C cercana a los 1,500 msnm, es justificable por el efecto de la altitud que al momento de ascender la temperatura desciende.

En la región Oeste de la cuenca en los valles de los municipios de Cobán y Tactic a una altura aproximada de 1500 msnm, por el efecto de la orografía el aire frío que ha descendido se estanca en estos valles, a lo cual se le atribuye la presencia de heladas.

Con respecto a la temperatura media por municipio, se obtuvo una aproximación mediante el promedio aritmético y análisis de las isotermas con influencia en cada municipio, como se muestra en el cuadro 73.

**Cuadro 64 Temperatura media por municipio de la cuenca del río Cahabon.**

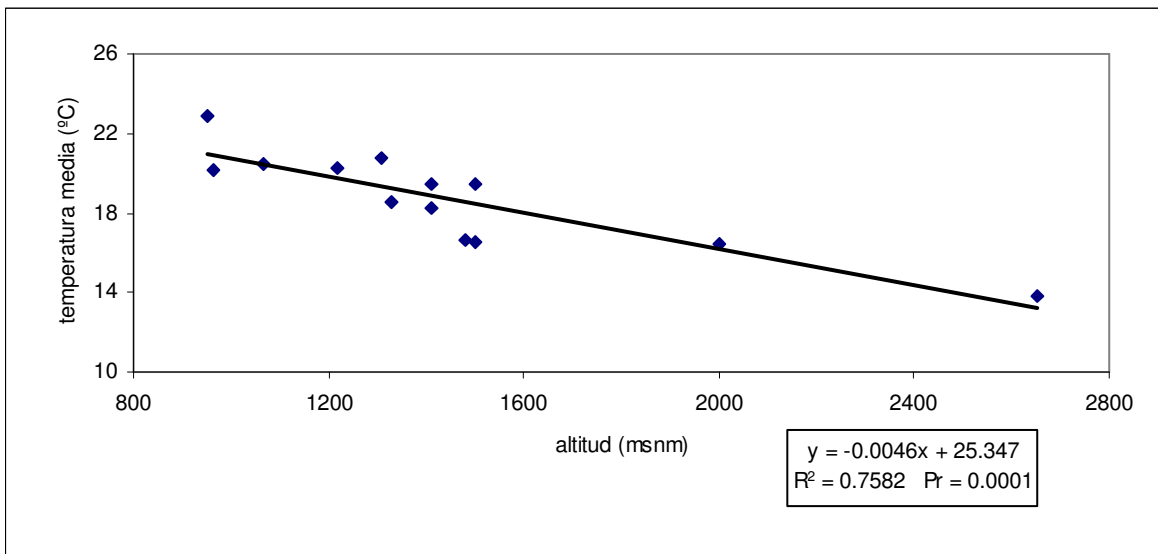
<b>Municipios</b>	<b>Temperatura media (°C)</b>
Purulhá, Baja Verapaz	15.00
Tamahú, Alta Verapaz	15.00
Tactic, Alta Verapaz	16.50
Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz	18.50
San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	18.00
Cobán, Alta Verapaz	17.00
San Juan Chamelco, Alta Verapaz	17.00
San Pedro Carchá, Alta Verapaz	19.00
Lanquín, Alta Verapaz	22.00
Santa María Cahabón, Alta Verapaz	23.50
Senahú, Alta Verapaz	22.00
Chahal, Alta Verapaz	25.00
Panzós, Alta Verapaz	25.00
El Estor, Izabal	25.50

Con respecto a la temperatura media por cada municipio, es representativa del área que se presente en la cuenca, por lo tanto, los valores presentados son influenciados por diferentes factores como la orografía, altitud, latitud, etc. particulares del área analizada. Así también, los municipios con mayores temperaturas son los de la región Este en comparación con los municipios de la región Oeste de la cuenca, derivado del comportamiento de las isotermas.

Al analizar el comportamiento de la altitud con relación a la temperatura media se obtuvieron las figuras 59, 60, teniendo en cuenta únicamente las estaciones utilizadas para la elaboración de las isotermas, la figura 59 corresponde a la región Oeste y Central de la cuenca y la figura 60 a la región Este, debido a la falta de suficientes estaciones para el análisis en la región Central se analizan en conjunto con las estaciones de la región Oeste.

En este análisis se consideran las estaciones Cobán, Centro Formación SFE, Chajcar, Chiacam, San Vicente, Xicacao, Zona Vial 7, Santa Margarita, Cerro La Laguna, Sasís, Montaña Xucaneb, Finca Río Frío y Finca Chichén obteniendo con una correlación ( $R^2$ ) de 0.7582 y una probabilidad (Pr) de 0.0001 en la ecuación lineal simple se representa el comportamiento de la temperatura media como variable dependiente de la altitud, con tendencia inversamente proporcional, donde a mayor altitud se presentan menores temperaturas y viceversa.

Sin embargo de las 13 estaciones con registro de temperatura que fueron analizadas, solamente dos de ellas superan el registro de 20 años y el resto siendo 11 estaciones poseen registros inferiores a los 20 años, por tanto, es de considerarse que la gráfica y la ecuación lineal simple presentadas no son respaldadas por registros confiables, en tal sentido, el comportamiento de la temperatura media es solamente una aproximación preliminar que necesita de mayores registros para ser confiable.

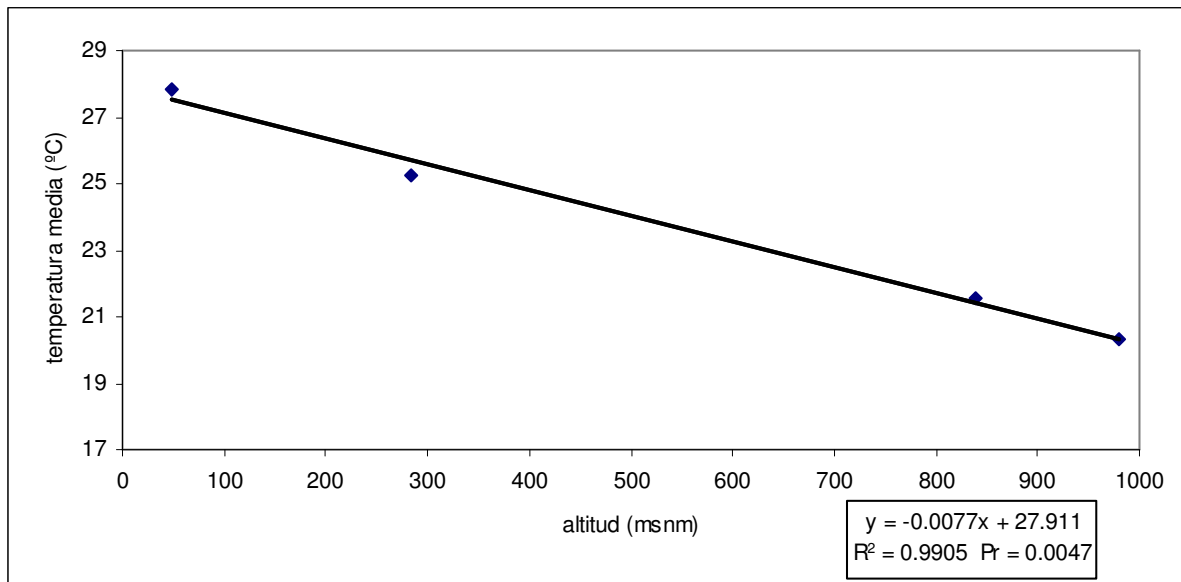


**Figura 59** Relación entre altitud y temperatura media en la región Oeste y Central de la cuenca del río Cahabón



Para la región Este se analizaron las estaciones Cahabón con 29 años de registro, Saquija con tres años de registro, Volcán con nueve años de registro y Sepacuite con 23 años de registro, con lo que se obtuvo con una correlación ( $R^2$ ) de 0.9905 y probabilidad (Pr) de 0.0047 la ecuación lineal simple que representa el comportamiento de la temperatura media como variable dependiente de la altitud, que en forma inversamente proporcional se obtiene que a mayores altitudes menores temperaturas y viceversa.

Con los años de registro reportados para cada estación, se puede considerar que la gráfica y la ecuación lineal simple que representan el comportamiento de la temperatura media son aproximaciones preliminares que carecen de respaldo confiable por falta de registros.



**Figura 60** Relación entre altitud y temperatura media en la región Este de la cuenca del río Cahabón

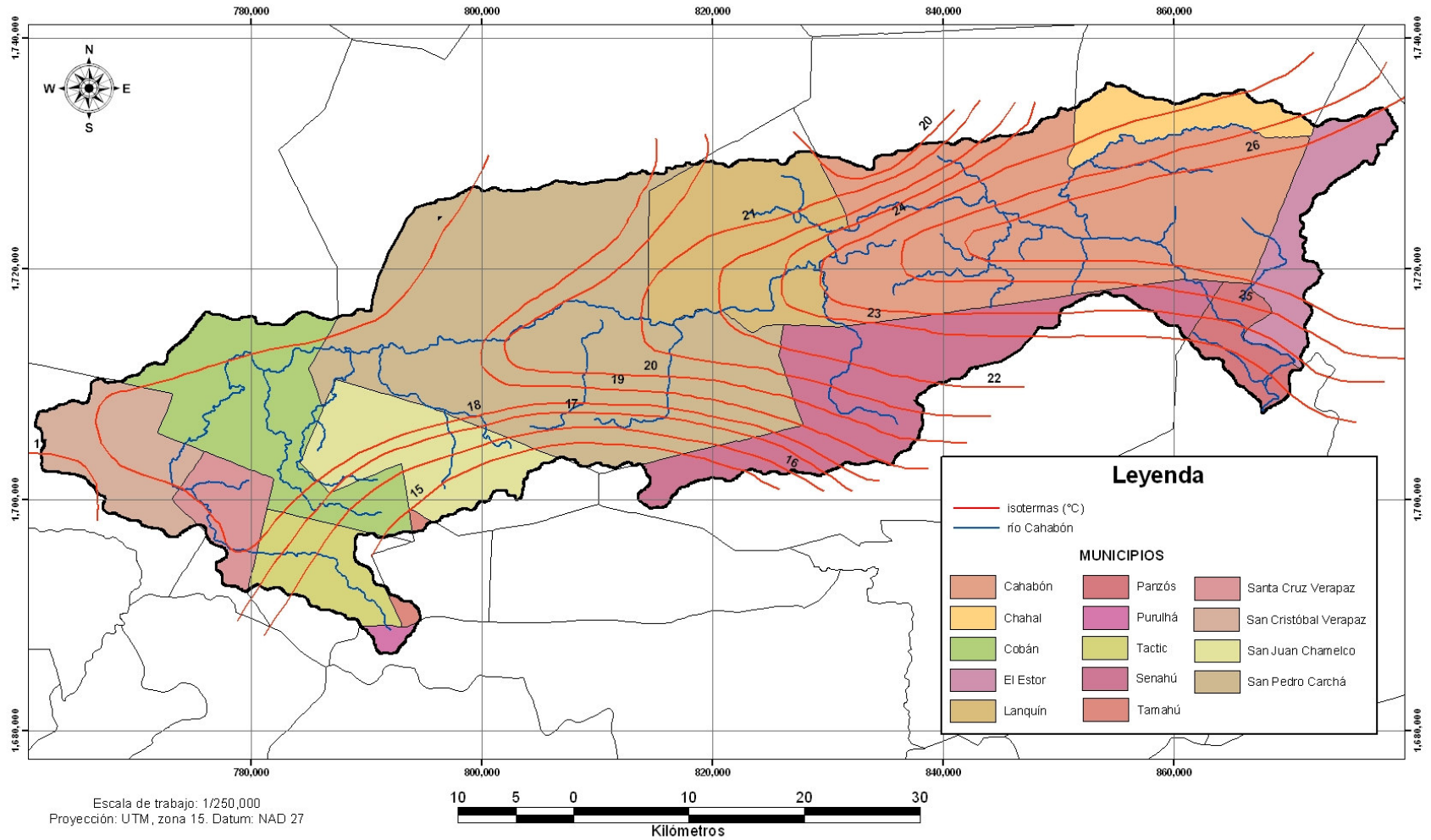
### 6.5.2.1. Temperatura media de la cuenca por el método de Isotermas

**Cuadro 65 Datos para el cálculo de temperatura media por isotermas**

No.	Isotermas		Área Parcial (Km <sup>2</sup> )	Temperatur Media (°C)	Área parcial por T° media
	De	A			
1	16	17	5.85052	16.50	96.53358
2	17	18	229.73149	17.50	4020.30108
3	17	16	92.447	16.50	1525.3755
4	15	14	72.3124	14.50	1048.5298
5	15	16	127.14685	15.50	1970.77618
6	18	19	577.35269	18.50	10681.0248
7	19	20	112.85368	19.50	2200.64676
8	19	20	9.05079	19.50	176.490405
9	20	21	225.06006	20.50	4613.73123
10	21	22	144.32694	21.50	3103.02921
11	22	23	133.80205	22.50	3010.54613
12	22	23	16.19876	22.50	364.4721
13	23	24	27.2213	23.50	639.70055
14	23	24	117.68798	23.50	2765.66753
15	24	25	218.80346	24.50	5360.68477
16	25	26	150.20665	25.50	3830.26958
17	26	27	241.61023	26.50	6402.6711
<b>TOTAL</b>			<b>2,501.66285</b>		<b>51,810.4502</b>

<b>TEMPERATURA MEDIA = 51,810.4502/2,501.663 = 20.71 °C</b>
---

# Mapa de isotermas de la cuenca del río Cahabón



### 6.5.3. Mapa de Isopletas

En este se siguió respetando el mismo procedimiento, cabe mencionar que el cálculo de ETP se obtuvo a partir de la temperatura mediante por el método de Hargreaves, tomado de Orozco, Padilla y Salguero, 2003 (18). Para lo cual se presentan similares referencias para acuerpar la elaboración de las curvas de evapotranspiración, teniendo en cuenta, el cambio de variable climática, unidad de medida e intervalos entre curvas.

En el mapa elaborado de isopletas puede observarse lo siguiente,

Que la evapotranspiración (ETP) se presenta como anual promedio. Con lo presentado en las isotermas y debido a la obtención de ETP por el método de Hargreaves, tomado de Orozco, Padilla y Salguero (12), de origen en la temperatura media, es de esperar una distribución similar a la presentada en las isotermas.

Se observa que en las alturas aproximadas de 500 msnm presentan 800 mm/año y hacia arriba a 2,000 msnm aproximadamente se presentan 600 mm/año.

Así también, por las diferentes temperaturas medias presentadas en la región Este, Central y Oeste de la cuenca, se obtienen diferentes evapotranspiraciones potenciales para lo cual al momento de presentarse altas temperaturas la evapotranspiración potencial calculada también es alta y al la inversa con bajas temperaturas.

Teniendo en cuenta que el mapa de Isoyetas con mayor cantidad de mm/año precipitados que los presentes en el mapa de Isopletas por perdidas en ETP, se obtiene un exceso de agua en la cuenca.

La aproximación a la evapotranspiración potencial media por cada municipio, se obtuvo mediante el análisis y promedio aritmético de las isopletas con influencia en el área presente por cada municipio de la cuenca, representado en el cuadro 75.

**Cuadro 66 Evapotranspiración potencial media por municipio de la cuenca del río Cahabón.**

Municipios	ETP media (mm/año)
Purulhá, Baja Verapaz	600
Tamahú, Alta Verapaz	600
Tactic, Alta Verapaz	630
Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz	670
San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	660
Cobán, Alta Verapaz	640
San Juan Chamelco, Alta Verapaz	640
San Pedro Carchá, Alta Verapaz	680
Lanquín, Alta Verapaz	740

Santa María Cahabón, Alta Verapaz	760
Senahú, Alta Verapaz	700
Chahal, Alta Verapaz	790
Panzós, Alta Verapaz	790
El Estor, Izabal	790

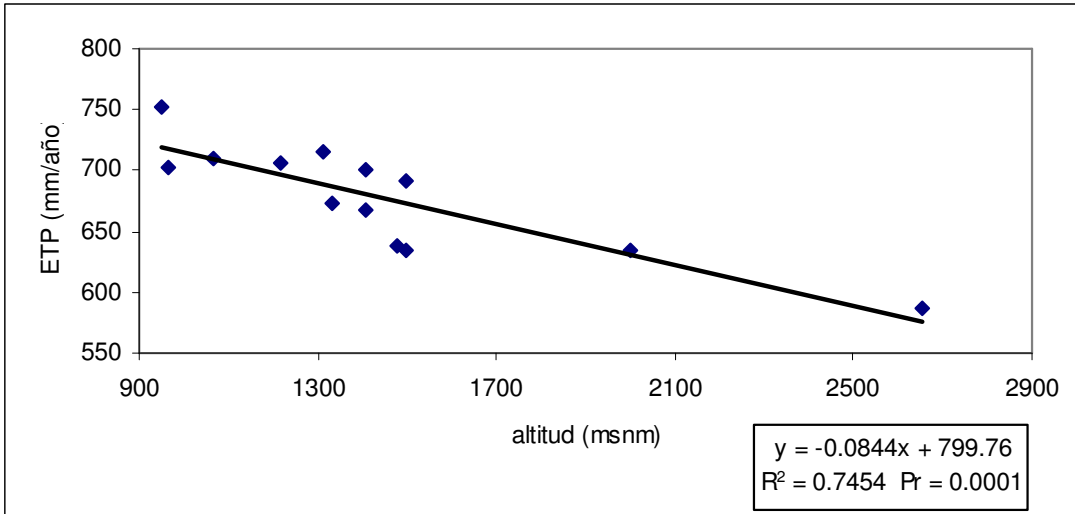
La evapotranspiración potencial media obtenida para cada municipio es representativa específicamente del área presente en la cuenca.

El comportamiento de las isopleas marca los valores presentes por municipio, donde las mayores evapotranspiraciones se presentan en la región Este con respecto a la región Oeste de la cuenca.

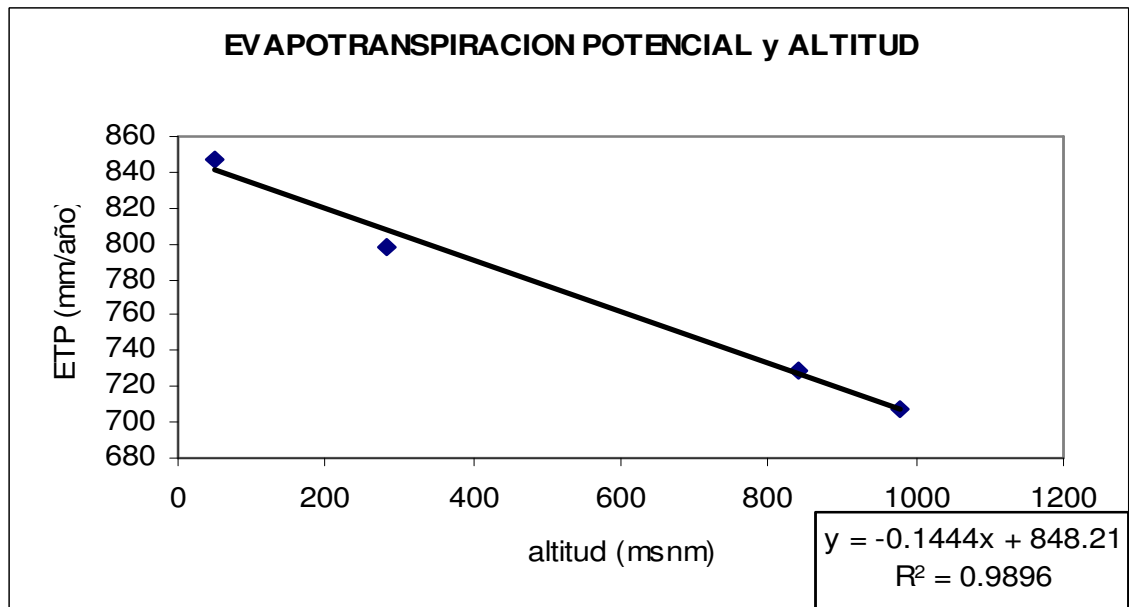
Para el análisis de la relación existente entre la altitud y la evapotranspiración potencial se utilizaron únicamente las estaciones que dieron origen a las isopleas, considerando que la evapotranspiración potencial se calculó a partir de la temperatura media, se obtuvieron las figuras 64, 65, que representan dos grupos de estaciones analizadas como lo hecho con la temperatura media.

Se utilizaron las estaciones Cobán, Centro Formación SFE, Chajcar, Chiacam, San Vicente, Xicacao, Zona Vial 7, Santa Margarita, Cerro La Laguna, Sasís, Montaña Xucaneb, Finca Río Frío y Finca Chichén obteniendo con una correlación ( $R^2$ ) de 0.7454 y probabilidad (Pr) de 0.0001 la ecuación lineal simple que representa la tendencia de la evapotranspiración potencial como variable dependiente de la altitud, en donde a mayor altitud se espera menor evapotranspiración potencial y viceversa.

La evapotranspiración potencial por derivarse a partir de la temperatura media, se espera que la gráfica y la ecuación lineal simple que explican el comportamiento de la evapotranspiración potencial, sean aproximaciones preliminares que carecen de respaldo confiable por presentar registros climáticos insuficientes.



**Figura 62** Relación entre altitud y evapotranspiración potencial en la región Oeste y Central de la cuenca del río Cahabón



**Figura 63** Relación entre altitud y evapotranspiración potencial en la región Este de la cuenca del río Cahabón

Para la región Este se analizaron las estaciones Cahabón, Saquija, Volcan y Sepacuité, con lo cual se obtuvo con una correlación ( $R^2$ ) de 0.9896 y probabilidad (Pr) de 0.0052 la ecuación lineal que representa la relación de la evapotranspiración potencial como variable dependiente de la altitud, con tendencia inversamente proporcional, donde a mayor altitud se espera menor evapotranspiración potencial y viceversa.

Debido que la evapotranspiración potencial se calcula a partir de la temperatura media, se considera que la gráfica y la ecuación lineal simple que representan el comportamiento de la evapotranspiración potencial sean aproximaciones preliminares que carecen de registros suficientes para dar confiabilidad a los resultados.

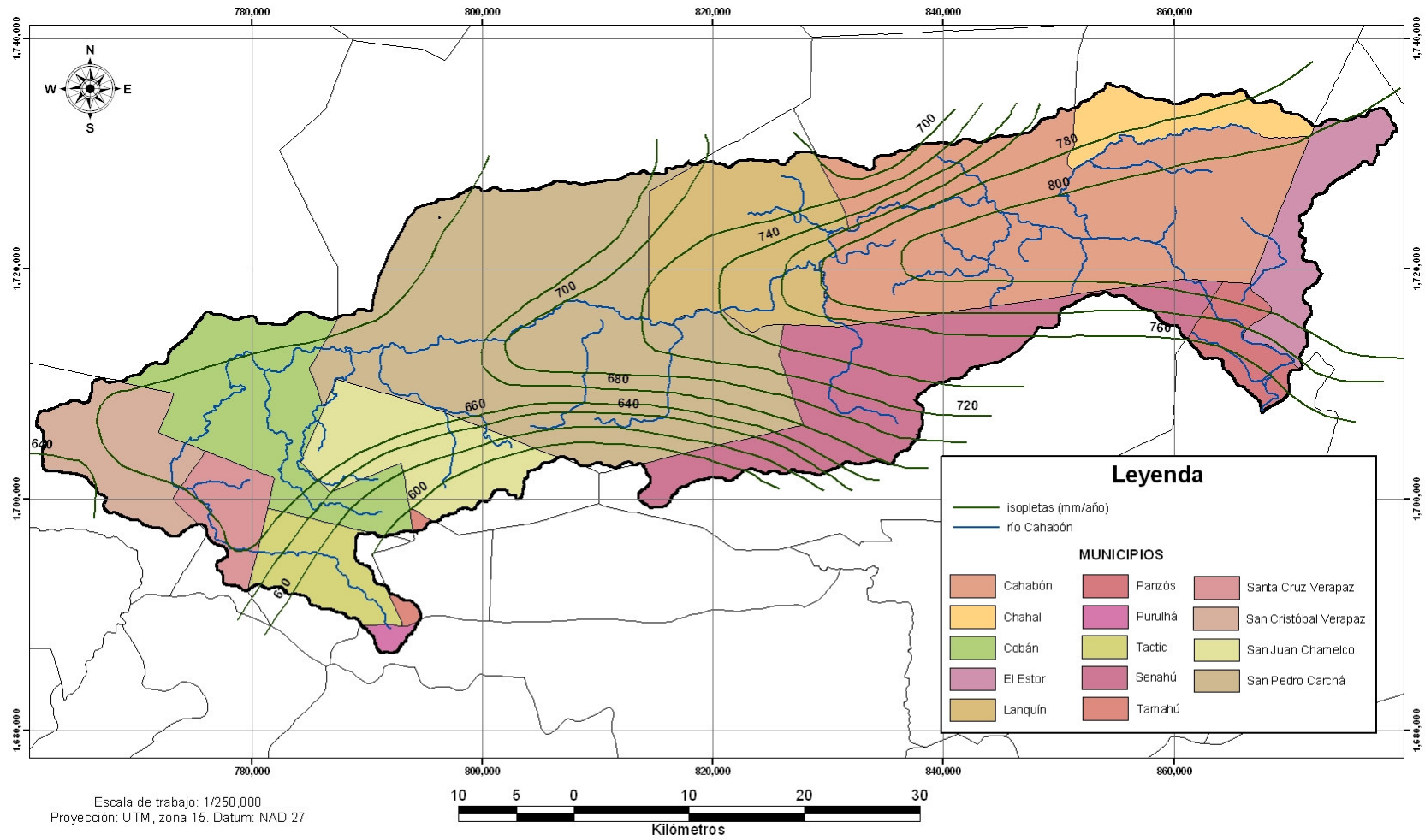
### 6.5.3.1. Evapotranspiración potencial media de la cuenca por el método de Isopletras

**Cuadro 67 Datos para el cálculo de evapotranspiración potencial por isopletras**

No.	Isopletras		Área Parcial (Km <sup>2</sup> )	ETP Media (mm/año)	Área parcial por ETP media
	De	A			
1	640	620	89.00302	630	56071.9026
2	580	600	73.83308	590	43561.5172
3	600	620	122.69702	610	74845.1822
4	660	680	582.9941	670	390606.047
5	680	700	105.24941	690	72622.0929
6	680	700	10.05221	690	6936.0249
7	700	720	225.11042	710	159828.398
8	720	740	146.32037	730	106813.87
9	740	760	137.16463	750	102873.473
10	740	760	16.37354	750	12280.155
11	760	780	28.13978	770	21667.6306
12	760	780	134.20152	770	103335.17
13	780	800	239.53641	790	189233.764
14	800	820	350.17282	810	283639.984
15	620	640	5.21559	630	3285.8217
16	640	660	235.59891	650	153139.292
<b>TOTAL</b>			<b>2,501.66283</b>		<b>1,780,740.32</b>

**EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL MEDIA =  $1,780,740.32 / 2,501.663 = 711.82$  mm/año**

# Mapa de isopletas de la cuenca del río Cahabón





## 7. Conclusiones

**7.1.** Se obtuvieron 38 estaciones climatológicas con influencia en la cuenca, con el 76% de las estaciones en estado inactivo y el 24% restante en estado activo. El 97% del total de estaciones presentan información de precipitación pluvial y el tipo de estación más frecuente es el C (temperatura y precipitación), seguido por el tipo D (precipitación). El 74% aproximadamente del total de estaciones son propiedad del INSIVUMEH, con registros de precipitación y temperatura desde 1940 hasta el 2003, en contraste con las estaciones que presentan menor período de registro que son las del INAB, con un año de registro.

Las estaciones registradas por el INSIVUMEH y que en la actualidad se encuentran inactivas en un 95% existieron en propiedad privada, por tanto, el INSIVUMEH solamente recibía la información presentada por los propietarios para tenerla a disposición de los usuarios independientemente de la ubicación y mantenimiento del equipo. Olvidando la necesidad de una red de estaciones climáticas adecuada y confiable.

**7.2.** Con los registros que se tienen de las 38 estaciones con una cobertura de 100 km<sup>2</sup> por estación, se cubre aproximadamente el 75% de la cuenca equivalente a 1,838.75 km<sup>2</sup>, por tanto, del 25% restante equivalente a 612.92 km<sup>2</sup> no se tiene cobertura e información climática. Teniendo en consideración el área cubierta, es posible la extrapolación de valores a toda la cuenca. Se identificaron tres vacíos de información los cuales se localizan en la parte Este, Central y Oeste de la cuenca, los cuales se considera poder ser cubiertos con la existencia y generación de información de 6 estaciones climáticas.

**7.3.** La base de datos se adjunta en disco compacto con la información recopilada, previendo en algún momento la inaccesibilidad o ausencia de la base de datos, se sugiere la utilización de las gráficas presentadas en el documento donde se sintetiza la información de la base de datos.

**7.4.** Se elaboraron 38 gráficas representativas del comportamiento de las variables climáticas por cada estación, para lo cual se presenta el cuadro 68 que sintetiza el número de gráficas elaboradas y separadas por variable. En cada gráfica representativa, se adjunta el cuadro de valores y la discusión de la misma, donde se toman en cuenta valores extremos de las variables climáticas y se presentan diferencias entre precipitación pluvial y evapotranspiración para obtener algún déficit o exceso de agua con respecto al área de

influencia por cada estación. En las gráficas se observan las curvas del comportamiento de la precipitación pluvial en milímetros y/o la temperatura media en centígrados y/o la evapotranspiración en milímetros, todas las variables de forma mensual.

- 7.5.** Se presentan los mapas de isoyetas, isotermas e isopletas, obteniéndose los valores medios de las variables climáticas en la cuenca, los mapas representan las líneas que unen puntos de interpolaciones entre las estaciones que tuvieron las mejores representaciones de valores climáticos para la cuenca, con lo cual mediante la obtención del valor medio entre isolíneas y el área entre las mismas, se obtuvo una precipitación pluvial media de 2,878.95 mm/año, la temperatura media de 20.71 °C y la evapotranspiración potencial media de 711.82 mm/año. De forma general se puede observar que tomando en cuenta la precipitación pluvial media de 2,878.95 mm/año y la evapotranspiración potencial media de 711.82 mm/año, en la cuenca, se espera un exceso de agua de 2,167.13 mm/año. Es decir considerando el principio de entrada de agua al sistema a través de la precipitación pluvial y salida de agua del sistema por la evapotranspiración en la cuenca, es mayor la cantidad de agua que es captada que la pérdida, por tanto se dice que existe un exceso, siendo excluyente de otros factores.
- 7.6.** Teniendo en cuenta la presencia de las mayores temperaturas a partir del mes de Abril con acentuación en el mes de Junio, se espera el calentamiento del ambiente lo que provoca la evaporación del agua presente en el suelo y la vegetación, lo cual se expresa en la evapotranspiración mayor en esos meses.
- 7.7.** Considerando que el periodo lluvioso se marca del mes de Junio hasta Octubre y las mayores temperaturas a partir de Abril a Junio, con lo cual, el aporte de agua aunado a las altas temperaturas permite mayor evapotranspiración que según los registros meteorológicos se acentúa del mes de Junio hasta Agosto, concordando el efecto de las altas temperaturas, el aporte de agua con las precipitaciones y la respectiva evapotranspiración, para darle continuidad al ciclo hidrológico, en donde se interrelacionan las variables climáticas y la vegetación.

## 8. Recomendaciones

- 8.1.** Con los vacíos de información presentados, se recomienda la instalación de estaciones climáticas, en los lugares necesarios, que posean acceso y puedan tener un monitoreo constante. Se recomienda la instalación de estaciones climáticas conforme a lo presentado en la figura 16 considerando las siguientes coordenadas geográficas.

**Cuadro 68 Georeferenciación de estaciones para cubrir vacíos de información**

No.	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	15° 20' 14"	90° 16' 34"
2	15° 32' 24"	89° 59' 24"
3	15° 25' 48"	89° 58' 48"
4	15° 37' 12"	89° 42' 36"
5	15° 36' 36"	89° 36' 00"
6	15° 31' 48"	89° 39' 36"

Considerando la figura 16 y el cuadro 77 se muestran seis puntos, en donde, cada punto representa una estación climática con su respectiva área de cobertura, así también, se muestran las coordenadas geográficas correspondientes a cada punto identificado. Es importante mencionar que para cumplir a cabalidad con la instalación ideal de estas 6 estaciones, es necesario tener en cuenta, las vías de acceso, vigilancia del equipo, toma de datos y mantenimiento del equipo.

- 8.2.** Las estaciones propiedad del INAB que se encuentran activas, se recomienda la continuidad de su monitoreo y seguimiento, teniendo en cuenta los contactos necesarios para la toma de datos y vigilancia del equipo.
- 8.3.** Con los mapas elaborados se recomienda su utilización en proyectos de investigación y productivos, tomando en consideración el detalle de la información o escala de trabajo a 1:250,000. Para los objetivos del INAB es posible utilizarlos para la estimación de recarga hídrica y el programa de investigación en hidrología forestal.

## 9. Bibliografía

- 1) Aguilar, D. 1979. Estudio climatológico de la cuenca del río Polochic. Tesis Ing. Civil. Guatemala, USAC. 219 p.
- 2) CARE (Cooperative for Assistance and Relief Everywhere, GT). 2001. Evaluación de riesgo a remociones, otros procesos erosivos e inundaciones para la cuenca del río Polochic y la parte baja de la cuenca del río Cahabón. Guatemala. 208 p.
- 3) Contreras, VM. 1992. Manual de instalación de estaciones meteorológicas de superficie terrestre. Tesis Ing. Civil. Guatemala, USAC. 137 p.
- 4) Duque, R. 1987. Precipitación: formación, medición y análisis de datos. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 58 p.
- 5) Hernández, F. 1971. Estudio morfométrico de la cuenca del río Cahabón hasta la estación Cahaboncito. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. 10 p.
- 6) Herrera, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
- 7) Herrera, IR. 2001. Cartografía introductiva. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 125 p.
- 8) IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1974. Mapa topográfico de Guatemala, hoja Cobán, no. ND 15-4. Guatemala, Esc. 250,000. Color.
- 9) IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1974. Mapa topográfico de Guatemala, hoja Puerto Barrios, no. ND 16-1. Guatemala, Esc. 250,000. Color.
- 10) Jimeno, ML. 2000. Climatología y meteorología agrícola. Madrid, España, Paraninfo. 451 p.
- 11) Linsley, R Jr; Kohler, M; Paulhus, J. 1988. Hidrología para ingenieros. Trad. por A Deeb, I Ordóñez, F Castellón. 2 ed. México, McGraw-Hill. 382 p.
- 12) MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. 1 CD.
- 13) MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, GT). 1985. Tercer curso de drenaje agrícola y control de inundaciones. Guatemala, FAUSAC. 60 p.
- 14) MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1998. Diagnostico forestal región II, las Verapaces. Guatemala. 57 p.
- 15) MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 1999. Política forestal de Guatemala. Guatemala. 37 p.
- 16) MC&PF (Mesa de Concertación y Política Forestal de Las Verapaces, GT). 2002. Agenda de desarrollo forestal las Verapaces 2003-20012. Guatemala, GTZ / INAB / PAFG. 48 p.

- 17) OMM (Organización Meteorológica Mundial, SZ). 1991. Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la clase IV. Ginebra, Suiza. 2v. 339 p.
- 18) Orozco, EO; Padilla, TA; Salguero, MR. 2003. Metodología para la determinación de área de recarga hídrica natural (capacitación técnica). Guatemala, FAUSAC / INAB / CEFE. 62 p.
- 19) Ponce, H. 1972. Evaluación de crecidas en la república de Guatemala. Tesis Ing. Civil. Guatemala, USAC. 184 p.
- 20) 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.
- 21) Yash, EO. 2003. Evaluación de la amenaza por inundación en la parte occidental de la cuenca del río Cahabón. Tesis Ing. Geo. Guatemala, USAC, Centro Universitario del Norte. 64 p.

### **CAPITULO III**

## **SERVICIOS REALIZADOS EN LA REGIÓN II DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB- Y LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN**

## 1. Introducción

El trabajo de servicios se dividió en dos áreas de acción, siendo una de ellas la Región II del Instituto Nacional de Bosques –INAB- integrada por los departamentos de Alta Verapaz y Baja Verapaz, incluyendo además al municipio de Ixcán, del departamento de Quiché, con una extensión territorial total de 13,385 km<sup>2</sup>. en dicha región se encuentra la cuenca del río Cahabón, con un área de 2,451.67 Km<sup>2</sup> que drena hacia la vertiente del Caribe, la cuenca se localiza en la parte Norte de la república de Guatemala, entre las coordenadas geográficas 15°23'39" y 15°25'48" de Latitud Norte y 89°33'47" y 90°35'17" de Longitud Oeste.

Entre la problemática de la región II del INAB podemos mencionar:

- La falta de cultura para el manejo del bosque, incidencia de incendios forestales, deficiente sistema de información, insuficiente recurso humano calificado, incipiente educación forestal en la población, avance de la frontera agrícola y falta de un régimen legal de la propiedad, lo que causa la pérdida de opción de desarrollo por la vía del manejo forestal.
- Problemática debida a que la mayoría de áreas forestales en áreas con alta recarga hídrica han sufrido intervención, el aprovechamiento inadecuado del recurso agua, la inexistencia de valoración económica ni de mecanismos de compensación de los servicios ambientales que presta el bosque, poca cultura de protección y conservación, el manejo inadecuado de las zonas de recarga hídrica y deficiente sistema de información en el sector forestal tiene efecto en la limitación de la potencialidades hidráulicas, reducción del abastecimiento del agua, avance de la frontera agrícola y aumento de la erosión, entre otros efectos.
- Así como también, como se mencionó en el diagnóstico, para obtener un desarrollo en la cuenca del río Cahabón y el interés del INAB como institución, es importante la generación de investigación científica que sea la base para el desarrollo de proyectos.

**Por lo tanto en este informe se presentan los resultados y análisis de los siguientes servicios:**

- Apoyar a Región II del INAB en actividades técnicas, para poder contribuir en la solución de la problemática forestal del país.
- Apoyar en la generación de información para el estudio de recarga hídrica en la cuenca del río Cahabón.
- Establecimiento y monitoreo de equipo de medición climática; recopilando y tabulando la información generada.

Los servicios que se describen en el presente documento se realizaron durante el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la Facultad de Agronomía de la USAC, en el periodo de febrero a noviembre del 2004.

## 2. Marco referencial

### 2.1. Localización, extensión y límites de la Región II del INAB

La Región II del Instituto Nacional de Bosque –INAB- se encuentra integrada por los departamentos Alta y Baja Verapaz, incluyendo además al municipio de Ixcán, del departamento de Quiché.

Localiza al Norte de la república de Guatemala, entre las coordenadas geográficas 14° 45' 00" y 16° 15' 00" de Latitud Norte, y 89° 25' 00" y 91° 00' 00" de longitud Oeste. La región limita al Norte con el departamento de Petén y la República de México, al Sur con los departamentos de Chimaltenango y Guatemala; al Oeste con Quiché y al Este con los departamentos de Izabal, Zacapa y El Progreso.

La extensión territorial total de la región es de 13,385 km<sup>2</sup>, constituyendo un 12.3% del total del territorio del país; se tiene que Alta Verapaz abarca 8,686 km<sup>2</sup>, Baja Verapaz contiene 3,124 km<sup>2</sup> y el municipio de Ixcán abarca 1,575 km<sup>2</sup>. En la figura 65 se presenta el mapa de localización de la región.



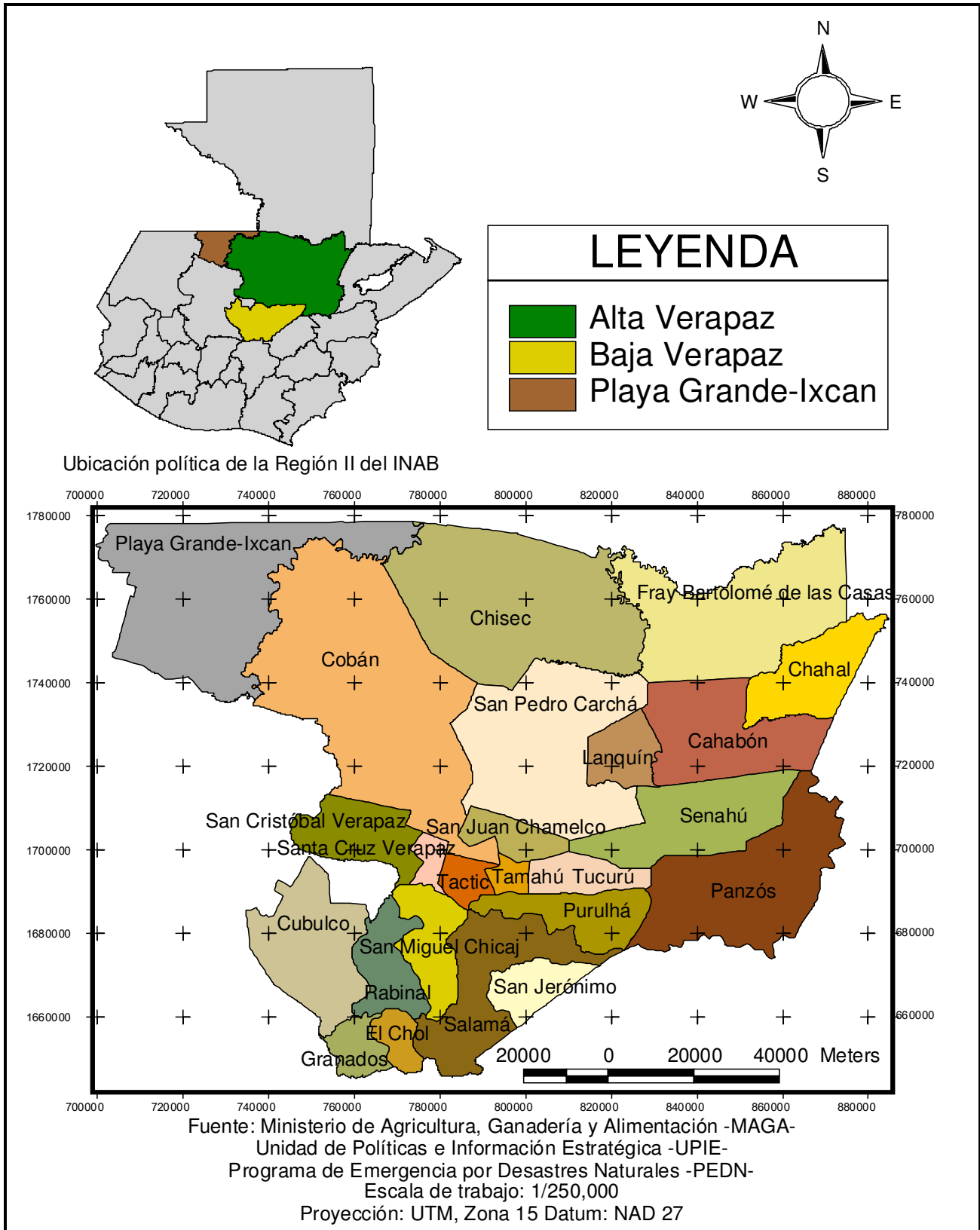
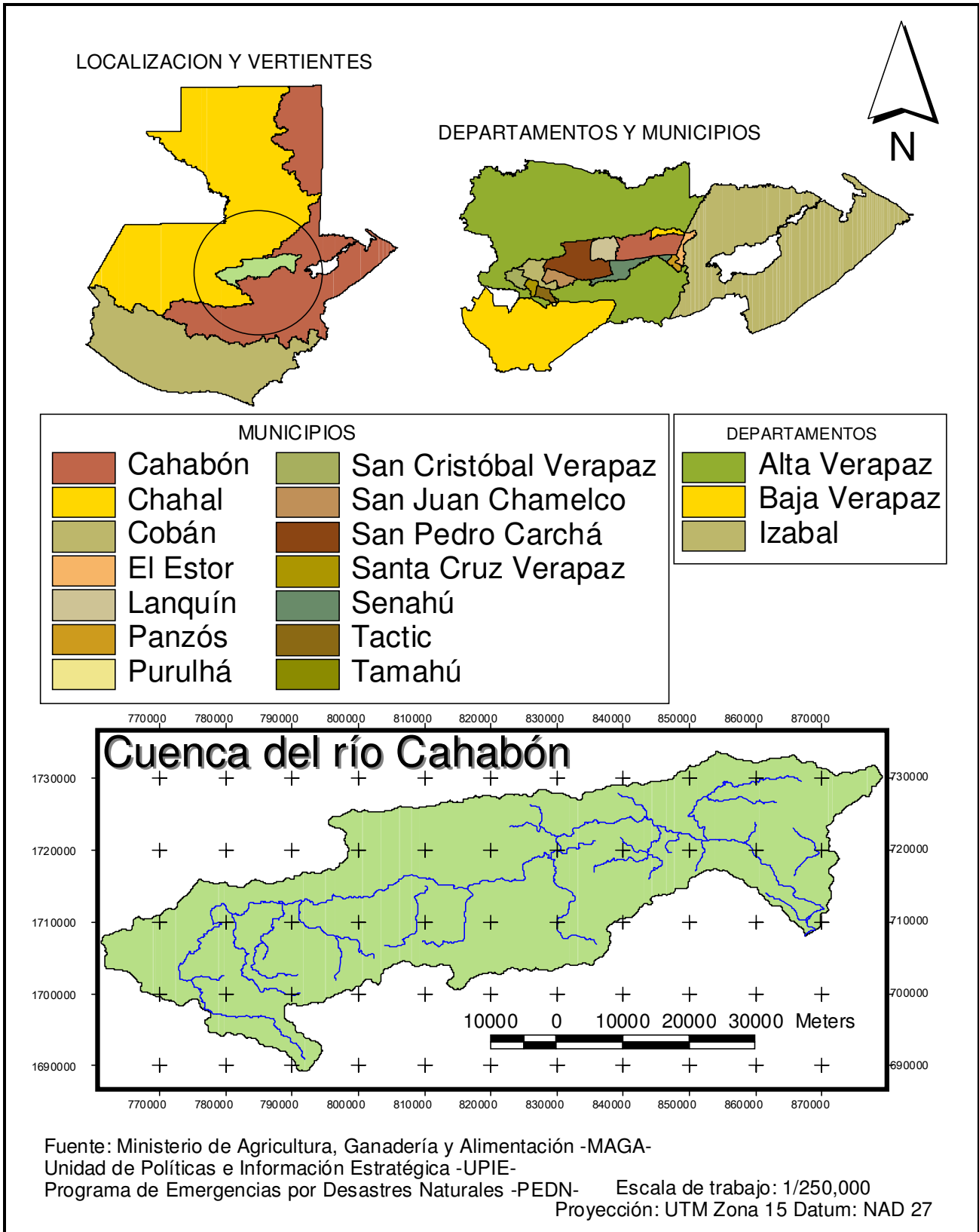


Figura 65 Localización y generalidades de la Región II del Instituto Nacional de Bosques -INAB-

## 2.2. Localización, extensión y límites de la cuenca del río Cahabón

La cuenca del río Cahabón, con un área de 2,451.67 Km<sup>2</sup> drena hacia la vertiente del Caribe, se localiza en la parte Norte de la república de Guatemala, entre las coordenadas geográficas 15°24'24" y 15°26'35" de Latitud Norte con 90°35'17" y 89°33'47" de Longitud Oeste. Presenta en el mapa de hízolíneas alturas desde los 50 msnm hasta los 2,645 msnm. En la figura 68 se muestra la localización del área.

La cuenca abarca parte de los municipios de Santa María Cahabón, Chahal, Cobán, Lanquín, Panzos, San Cristóbal Verapaz, San Juan Chamelco, San Pedro Carchá, Santa Cruz Verapaz, Senahú, Tactic y Tamahú del departamento de Alta Verapaz. Así también el municipio de Purulhá del departamento de Baja Verapaz y el municipio de El Estor del departamento de Izabal, como se muestra en la figura 66.



**Figura 66 Localización y vertientes, departamentos y municipios de la cuenca del río Cahabón**

### **3. Presentación de Resultados**

#### **3.1. APOYO A LA REGION II DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB- EN ACTIVIDADES TÉCNICAS**

##### **3.1.1. Definición del problema**

La deforestación es un problema latente en la región, contrario a la producción sostenible del bosque, satisfaciendo únicamente las necesidades actuales y perdiendo la oportunidad de satisfacción de futuras generaciones, así también, perdiendo la opción de desarrollo por la vía del manejo forestal. Con lo cual se aumenta el riesgo a desastres naturales, la degradación de los suelos descubiertos, la pérdida de riqueza genética y alteración del ciclo hidrológico.

Debido a la falta de cultura de manejo de plantaciones, incidencia de incendios forestales, deficiente sistema de información en el sector forestal, insuficiente recurso humano calificado, incipiente educación forestal en la población, fuerte dependencia de la leña como energético principal, habilitación de tierras para el desarrollo de agricultura y ganadería que tienen aptitud forestal y falta de un régimen legal de propiedad de la tierra lo que causa la pérdida de opción de desarrollo por la vía del manejo forestal.

Todo lo anterior es importante mencionar para poder intervenir en la solución del problema, apoyando en sus actividades al Instituto Nacional de Bosques –INAB-, con carácter autónomo y descentralizado que se constituye en el órgano de dirección y ejecución de la política forestal, velando por el cumplimiento de la ley forestal.

##### **3.1.2. Objetivos**

- Apoyar las actividades de evaluación de proyectos de reforestación, la verificación de planes de manejo, peritajes, inspección de consumos familiares y de licencias comerciales regulados bajo la jurisdicción de la Región II del INAB.
- Desarrollar actividades de protección y capacitación forestal como parte de los planes de trabajo de la subregión II-3 del INAB.

### 3.1.3. Metodología

Para el primer objetivo descrito se realizaron los siguientes pasos metodológicos:

- Habiendo cumplido con una fase de inducción y capacitación de actividades, se procedió a apoyar la evaluación y certificación del Programa de Incentivos Forestales -PINFOR-, evaluación de planes de manejo, peritajes, consumos familiares y monitoreo de planes de manejo.
- Primeramente con la evaluación de los proyectos de reforestación del PINFOR; se realizó la visita de campo para el levantamiento de parcelas circulares de 100 m<sup>2</sup>, en las que se tomaron en cuenta prendimiento, sobrevivencia y fitosanidad, tomando las anotaciones en libreta de campo. Posteriormente se apoyó en el dictamen y certificación para el pago de proyectos, con lo cual se realizaron trabajos de gabinete para realizar los cálculos estadísticos y elaborar los respectivos informes.
- Se realizó la lectura y análisis de los planes de manejo presentados para posteriormente constatar la información en el campo, haciendo las observaciones pertinentes, tomando medidas de altura y diámetros de árboles para obtener los cálculos de volumen, que sirven como comparadores a los volúmenes presentes en el plan. Con estos datos se realizaron los informes correspondientes. Así también es importante mencionar, que para algunos planes de manejo solamente se realizó el apoyo técnico en la fase de campo,.
- En los peritajes se llevó a cabo la cubicación y anotaciones pertinentes en los depósitos o lugares de control, que bajo una orden de juzgado se solicitó el avalúo de lo incautado, apoyando solamente en actividades de campo, a los técnicos nombrados.
- Con los consumos familiares, se realizaron visitas de campo, para la toma de datos de altura y diámetro de los árboles para cubicar la madera en pie a ser aprovechada, la cual no debe ser mayor a los 15 m<sup>3</sup> para ser autorizada como consumo familiar. En las licencias comerciales, es un volumen mayor a los 15 m<sup>3</sup>. Posteriormente se realizó el informe técnico.
- Para el monitoreo de planes de manejo en su fase de aprovechamiento con licencia, se procedió a realizar visitas de campo para establecer el producto en bacadilla y en pie, con lo cual se realiza el cálculo e informe técnico para describir el avance del plan de manejo autorizado por la institución.

- Lo anterior se realizó como parte de la planificación en apoyo técnico a prestar en las actividades, bajo el asesoramiento y supervisión del equipo técnico experimentado que labora en la institución.

Con respecto al segundo objetivo se realizaron los siguientes pasos metodológicos:

- En lo referente a protección contra plagas y enfermedades forestales se brindó apoyo en el monitoreo e inspección.
- Para la capacitación forestal, se buscó información de los temas de interés, se apoyó en actividades logísticas de capacitación y en las sugeridas por el personal encargado de las mismas.

#### 3.1.4. Resultados

**Es importante mencionar que el apoyo realizado se localizó en la sub-región II-3 Cobán, A.V. y en la sub-región II-6 Ixcán, Quiché. A manera de resumen se presentan los cuadros 69 y 70:**

Cuadro 69 Apoyo de actividades técnicas.

ACTIVIDAD	CANTIDAD
<b>Proyectos de Reforestación del PINFOR.</b>	58
<b>Planes de Manejo con Informe Elaborado.</b>	07
<b>Planes de Manejo con Apoyo Únicamente de Campo.</b>	11
<b>Peritajes</b>	01
<b>Consumos Familiares con Informe Elaborado</b>	01
<b>Monitoreo de Aprovechamientos con Licencia</b>	03
<b>Elaboración de informes para la certificación de proyectos PINFOR</b>	168

Cuadro 70 Actividades de protección y capacitación forestal.

ACTIVIDAD	CANTIDAD
<b>Protección contra Plagas.</b>	01
<b>Capacitaciones</b>	02

**En lo referente a protección contra plagas se apoyó en la recolección y monitoreo de trampas con feromonas para el control de *Dendroctonus spp.*, para las capacitaciones se dio apoyo en el curso estudio de capacidad de uso de la tierra con la aplicación de la metodología del INAB y en la charla de metodología para la cubicación de trocilla en la Cooperativa Samac, Cobán, A.V.**

#### 3.1.5. Evaluación

**Para lo cual se toma como referencia el logro de las metas y resultados trazados, sobre la base de apoyar al personal de la Región, con un apoyo del 80% del total de actividades se consideran cumplidas las metas.**

#### 3.1.6. Conclusiones

- Se apoyó en actividades tales como; la evaluación de proyectos de reforestación, verificación de planes de manejo, peritajes e inspecciones de consumos familiares tal como se muestra en el cuadro 78, en dichas actividades técnicas se enfocó el apoyo en la fase de campo y gabinete.
- Se apoyó en las actividades técnicas de protección y capacitación forestal como se muestra en el cuadro 79, en estas actividades se apoyó en búsqueda de información, planificación y ejecución de actividades,

#### 3.1.7. Recomendaciones

- Debido a la carga de trabajo que se presenta en la Región II del INAB, se recomienda que la cantidad de personal técnico aumente, para desarrollar de mejor forma las actividades atribuidas fijadas en un tiempo límite.
- Con la alta cantidad de trabajo y la diversidad de situaciones que pueden presentarse, se recomienda aumentar el número de capacitaciones, para con ello actualizar al personal técnico que debe analizar y resolver de la mejor forma posible las situaciones que se presenten en el trabajo diario.

- **Teniendo en cuenta el trabajo realizado en capacitaciones, es necesario que la persona encargada de la misma, tenga dominio del idioma materno de las personas a recibir la capacitación.**
- A manera de inducción instruir al estudiante de EPS en las diferentes actividades que realiza la institución, específicamente al trabajo regional, buscando un mejor desarrollo de las actividades en las que apoye.



### **3.2. APOYO A LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL ESTUDIO DE RECARGA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN.**

#### **3.2.1. Definición del problema**

A causa de que la mayoría de área forestal en áreas de recarga hídrica ha sufrido intervención antropogénica, ha aumentado la preocupación por el aprovechamiento del recurso agua sin predisponer su producción vía el manejo del bosque, la inexistencia de valoración económica, mecanismos de compensación de los servicios ambientales que presta el bosque, poca cultura de protección y conservación de la población, el manejo inadecuado de las zonas de recarga hídrica y deficiente sistema de información en el sector forestal.

Lo anterior tiene su efecto en la limitación de las potencialidades hidráulicas, la reducción de abastecimiento de agua, reducción del potencial del agua en la producción, habilitación de tierras para la agricultura de subsistencia, desarrollo de malas prácticas agrícolas y aumento de la susceptibilidad de erosión.

Por parte del Instituto Nacional de Bosques –INAB- se ha creado el proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos (CEFE) que tiene bajo su responsabilidad la implementación de proyectos piloto para la conservación y manejo de áreas de recarga hídrica en el país. El proyecto en mención ha priorizado la cuenca del río Cahabón para la determinación de la recarga hídrica, identificación de áreas críticas para su recuperación y el pago por servicios ambientales.

Por lo cual es necesaria la generación de información básica para la caracterización y manejo adecuado de la cuenca del río Cahabón, por lo tanto se propone la generación de información básica de infiltración, grados de humedad y densidad aparente.

#### **3.2.2. Objetivo**

- Apoyar en el estudio de infiltración básica, grados de humedad y densidad aparente de los suelos en la cuenca como parte del estudio de áreas de recarga hídrica.

### 3.2.3. Metodología

- Se definieron las unidades de muestreo presentes en la cuenca, mediante la combinación de los mapas de geología, fisiografía y ecosistemas, como se presenta en la figura 69.
- Posteriormente se realizó la planificación de actividades a desarrollar en coordinación con la subregión, que brindó el apoyo.
- Se realizaron los trabajos de campo, con el apoyo de por lo menos una persona, para la prueba de infiltración por el método de Porchet o cilindro invertido, como se menciona en la metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica en Orozco et. al., 2003 (5), así también, se realizó la toma de muestras de suelo para el análisis de laboratorio y obtención de la información de grados de humedad, densidad aparente y textura, por cada prueba de infiltración realizada.
- Se tomaron los datos de campo y trasladaron las muestras de suelo a las oficinas regionales para el secado, luego por parte del INAB a través del CEFÉ se trasladaron las muestras al laboratorio para su análisis y obtención de resultados.
- Por último se realizó la tabulación y análisis de datos.

#### 3.2.4. Resultados

**Se realizaron 35 pruebas de infiltración, con el apoyo de la sub-región II-3 Cobán, A.V., y la sub-región II-1 Tactic, A.V., el mismo número corresponde a las muestras de suelo. Las pruebas de infiltración y muestras de suelo realizadas, corresponden a los municipios de Cobán, San Pedro Carchá, San Juan Chamelco, Tactic, Santa Cruz Verapaz, San Cristóbal Verapaz y Santa Maria Cahabón.**

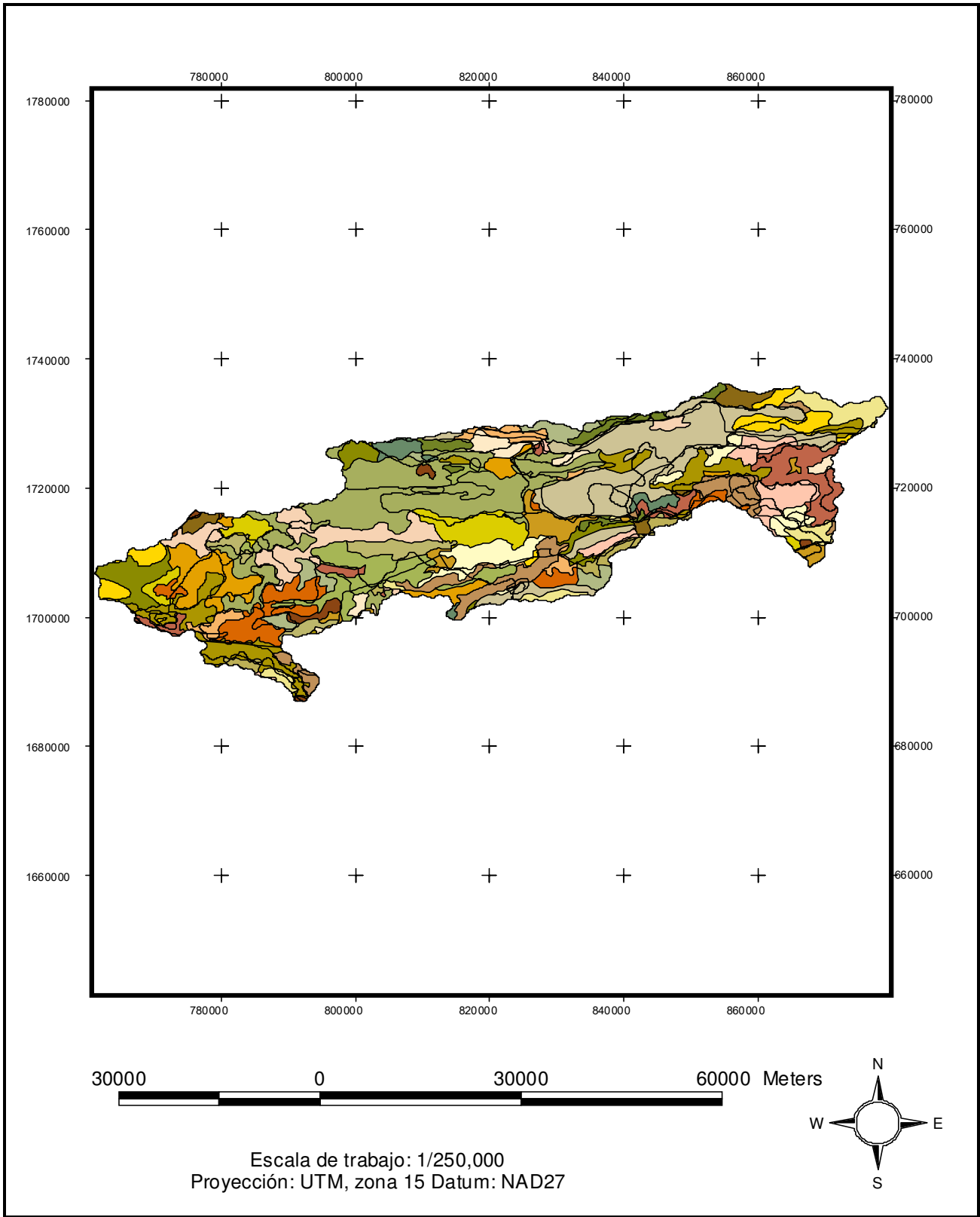


Figura 67 Mapa de unidades de muestreo para el estudio de infiltración básica en la cuenca del río Cahabón.

Se presenta la siguiente figura para tener idea de lo obtenido con la tabulación de datos de campo:

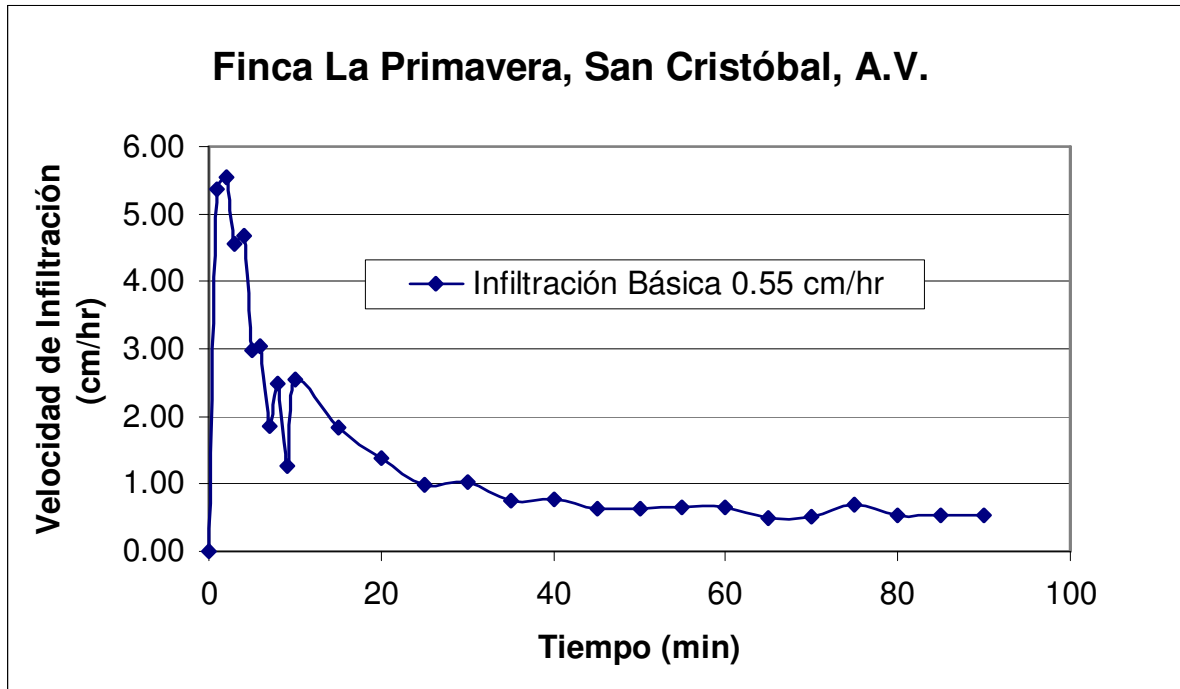


Figura 68 Gráfica de infiltración básica para una unidad de muestreo.

### 3.2.5. Evaluación

Teniendo en cuenta que en el plan de servicios se colocó como meta la realización de 35 pruebas de infiltración con sus respectivas muestras de suelos, se toma como el cumplimiento en su totalidad del servicio, habiendo alcanzando las metas y resultados esperados.

### 3.2.6. Conclusiones

- Teniendo en cuenta el mapa de unidades de muestreo se apoyó en la realización de 35 pruebas de infiltración y muestreo de suelos, siendo dicha información de importancia para el estudio de infiltración básica y reconocimiento de suelos, de la cuenca del río Cahabón.

### 3.2.7. Recomendaciones

- **Al momento de cuantificar la diferencia de altura del espejo de agua en la toma de datos para las pruebas de infiltración, se recomienda iniciar las lecturas a una distancia de la superficie del agujero de 10 a 20cm. Ya que en este horizonte se encuentra material orgánico y raíces, lo cual no es una lectura confiable.**
- **Realizar reuniones de retroalimentación con el equipo de trabajo del proyecto CEFÉ, para desarrollar de mejor forma las actividades.**

- **Al estudiante de EPS que apoya en las actividades del proyecto CEFÉ informarlo de las líneas de acción del proyecto, para que el estudiante tenga claro las actividades que apoyará.**

### **3.3. ESTABLECIMIENTO DE EQUIPO DE MEDICIÓN CLIMÁTICA**

#### **3.3.1. Definición del problema**

El problema de reducción de los recursos hídricos es un tema de auge por el conflicto que genera el acceso a un líquido vital como lo es el agua, en la medida que los recursos se hacen escasos el valor que el ser humano da a los mismos aumentan y de igual manera la alteración en los ecosistemas naturales tiene repercusión directa en el clima y el ciclo hidrológico.

La Región II del Instituto Nacional de Bosques –INAB- se caracteriza por tener una alta actividad forestal en el país, por lo que, es catalogada como la Región piloto modelo a nivel nacional. Así también, por ser un área con esas características se ha generado en algún grado la intervención a la mayoría de áreas forestales, que son también, áreas de recarga hídrica.

Por la importancia del agua como el líquido vital para la vida, se ha desarrollado en el INAB la línea de investigación en hidrología forestal, línea en la cual, es indispensable la existencia de información climática básica.

Por lo tanto, se han detectado áreas con inexistencia de dicha información, siendo indispensable la generación de la misma en estas áreas, para lo cual se debe establecer equipo adecuado para alcanzar buenos resultados, recopilación y tabulación de los datos.

#### **3.3.2. Objetivo**

- Ubicar, instalar, monitorear y lectura de datos de equipos de medición climática.

### 3.3.3. Metodología

- **Ubicación de los equipos, teniendo en cuenta el análisis espacial, las vías de acceso, la representatividad del punto con respecto al área seleccionada y centros poblados o infraestructura existentes.**
- **Con la ubicación establecida, se realizaron los contactos para el apoyo institucional (INAB) y exterior, para la instalación, monitoreo del equipo y toma de datos.**
- **Se generaron las boletas para la recolección de datos climáticos, con el siguiente contenido:**

Nombre de Estación	Altitud	Número de Días	Temperatura °C (max-min)
Localización	Mes y Año	Hora de Lecturas	Precipitación Pluvial

- **Se identificaron los equipo, con los códigos y nombres de la institución propietaria, en tal caso correspondiente al INAB.**
- **Instalación del equipo, siendo necesaria la planificación de las acciones que se desarrollaran, como el reconocimiento del área, selección del lugar de instalación, colocación de 2 párales de madera de 4"x4"x7' a 30 cm de profundidad, la colocación de un pluviómetro y en el otro paral el termómetro (máx.-min.). Teniendo en cuenta la orientación y recomendaciones según la OMM.(5)**
- **Capacitación de las personas responsables para la realización de la lectura y toma de datos.**
- **Recolección de datos y monitoreo de las estaciones.**



### 3.3.4. Resultados

En el presente servicio se muestran a continuación los datos generales de las estaciones climáticas instaladas:

**Cuadro 71 Generalidades de las estaciones instaladas.**

No.	LUGAR	COORDENADAS		ALTITUD (msnm)
		LAT.	LONG.	
1	Finca Sacoyou, San Pedro Carchá, A.V.	15° 33' 39"	90° 06' 13.1"	1249
1	Finca Chimel, Lanquín, A.V.	15° 34' 15.2"	90° 01' 57.5"	1155
1	Montaña Xucaneb, Tamahú, A.V.	15° 20' 14"	90° 16' 34"	2653
1	Finca Chimaxpop, Tactic, A.V.	15° 18' 38.8"	90° 23' 01.3"	1477
1	Finca Río Frío, Santa Cruz V., A.V.	15° 20' 33.2"	90° 25' 06.1"	1410

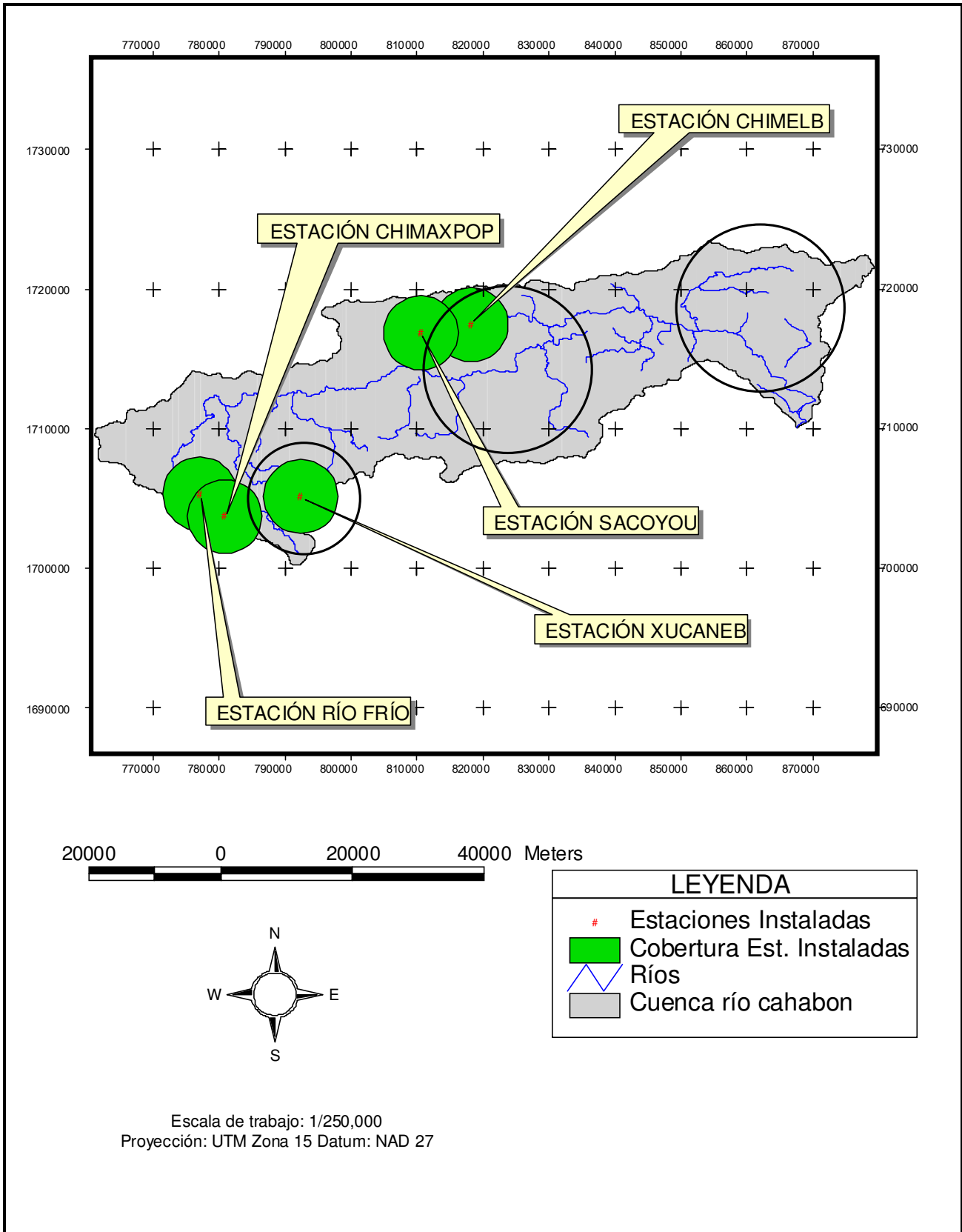


Figura 69 Mapa de estaciones instaladas propiedad del INAB.

Para las estaciones instaladas, se cuenta con los siguientes periodos de registro, dependiendo del mes de instalación y activación:

**Cuadro 72 Registro de estaciones instaladas.**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>REGISTRO</b>
SACOYOU	De Octubre del 2004 hasta la fecha.
CHIMEL	De Octubre del 2004 hasta la fecha.
ANTENAS XUCANEB	De Mayo del 2004 hasta la fecha.
CHIMAXPOP	De Septiembre del 2004 hasta la fecha.
RÍO FRÍO	De Julio del 2004 hasta la fecha.

Nota: se considera como fecha limite de registros hasta Noviembre del 2004, debido a que el informe final de servicios se presentó en esa fecha.

### **3.3.5. Evaluación**

En el plan de servicios se contaba con 2 equipos completos de medición climática, conformados por 1 termómetro y 1 pluviómetro. Posteriormente se obtuvieron otros 3 equipos, haciendo un total de 5 equipos de medición. Los cuales fueron instalados en su totalidad. Sobre la base de lo anterior, las metas y resultados esperados fueron alcanzados.

### **3.3.6. Conclusiones**

- **Se cumplió con la ubicación, instalación, monitoreo e inicio de lectura de datos de 5 equipos para la medición climática. Posteriormente se realizó la tabulación y procesamiento de datos.**

### **3.3.7. Recomendaciones**

- **Continuar con el monitoreo y toma de datos de los equipos climáticos instalados.**
- **Tener en cuenta como preferencia la ubicación e instalación de equipo en fincas privadas, por las dificultades que se pueden presentar en comunidades.**
- **Elaborar material didáctico para la capacitación del personal que debe tomar los datos climáticos, pretendiendo que el registro sea confiable.**

#### 4. Comentario General

Durante el periodo de EPS se desarrollaron los servicios de apoyo a la Región II del INAB en actividades técnicas, apoyo a la generación de información para el estudio de recarga hídrica en la cuenca del río Cahabón y el establecimiento de equipo de medición climática, dichos servicios se desarrollaron durante el periodo de febrero a noviembre del 2004.

Primeramente fue necesario un tiempo de adaptación a las actividades que se apoyaron, realizando reconocimiento de las áreas de trabajo y aproximaciones con las personas relacionadas en las actividades, paralelamente se inició con las actividades planificadas, se realizaron los servicios propuestos logrando alcanzar los objetivos, metas y resultados propuestos.

Durante el desarrollo del EPS se conocieron las funciones que desempeña una institución semiautónoma como lo es el INAB y el desarrollo del proyecto CEFÉ como parte de esta institución. Es importante resaltar, que en este ejercicio se afrontó la realidad que juega el Ingeniero Agrónomo, para alcanzar los objetivos establecidos en la política y ley forestal, mediante el trabajo diario en una institución como el INAB. En la Facultad como estudiantes nos brindan las herramientas básicas, pero la experiencia y los verdaderos valores de ética profesional son aprendidos en campo.

La Facultad a través de sus catedráticos y estudiantes tiene que entablar mayor comunicación y actividades con entidades públicas y privadas, que permitan una mejor percepción por parte del estudiante del verdadero papel que desempeñará como profesional. Es valioso decir que el EPS es el ejercicio que permite alcanzar este objetivo, pero es necesario, que como parte de la verdadera formación del estudiante en un profesional se realicen mayores y mejores contactos con la realidad.

La problemática entre el manejo sostenible de los bosques, zonas de recarga hídrica, los conflictos sociales, diferentes intereses y formas de pensamiento, hacen del manejo de los recursos una situación compleja en la cual el Ingeniero Agrónomo en sinergismo con otros actores, debe influir en busca de soluciones concretas. La realidad del país es cruel pero no imposible de cambiar, las situaciones vividas por las diferentes generaciones han cambiado, es necesario tomar con responsabilidad y energía el reto que nos toca afrontar en busca del verdadero desarrollo.

La visión puede centrarse a nivel macro pero nunca debe olvidarse nuestro círculo próximo de influencia donde a diario podemos realmente modificar actitudes y acciones.

## 5. Bibliografía

- 1 Contreras, VM. 1992. Manual de instalación de estaciones meteorológicas de superficie terrestre. Tesis Ing. Civil. Guatemala, USAC. 137 p.
- 2 JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, GT); MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1997. Estudio del plan maestro de manejo forestal en Baja Verapaz. Guatemala, Pasaco Internacional. 282 p.
- 3 MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1998. Diagnóstico forestal de la región II, las Verapaces. Guatemala. 57 p.
- 4 OMM (Organización Meteorológica Mundial, SZ). 1991. Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la clase IV. Ginebra, Suiza. 2 v., 339 p.
- 5 Orozco, EO; Padilla, TA; Salguero, MR. 2003. Metodología para la determinación de área de recarga hídrica natural (capacitación técnica). Guatemala, FAUSAC / INAB / CEFÉ. 62 p.
- 6 SEGEPLAN (Secretaría General del Consejo de Planificación Económica, GT); GTZ (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, GT). 1996. Plan marco para el desarrollo del departamento de Alta Verapaz. Guatemala. 344 p.
- 7 Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional. 1000 p.