

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO  
HIDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE, CANTON  
MONTE GRANDE, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:**  
BR. JOSE LUIS FLORES  
BR. OSCAR ROBERTO TORRES GUERRERO  
BR. HECTOR ERNESTO YANES

**PARA OPTAR AL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

SEPTIEMBRE DE 2008

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**  
**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSC. Rufino Antonio Quezada**

VICERECTOR ACADEMICO:

**Msc. Miguel Angel Pérez Ramos.**

SECRETARIA GENERAL:

**Lic. Douglas Bladimir Alfaro Chávez**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

DECANO:

**Ing. David Arnoldo Chávez Saravia**

SECRETARIO:

**Ing. Jorge Alberto Rugamas Ramírez**

JEFE DE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA:

**Ing. Uvin Edgardo Zúniga**

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

DOCENTE DIRECTOR:

---

**ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO BARDALES**

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACION:

---

**ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO BARDALES**

## **DEDICATORIA**

Mis más sinceros agradecimientos a:

**A JEHOVA DIOS:** por haber sido mi guía en los momentos difíciles en todo el lapso de tiempo que duro nuestro trabajo de graduación, por estar siempre ahí cuando lo es requerido, por ser el amigo fiel y verdadero mil gracias por eso y mucho mas Alfa y Omega.

A mi Madre: **MIRTALA FLORES GONZALES** por brindarme su apoyo en los distintos aspectos que la necesite, tanto económicamente, espiritualmente y psicológicamente, siempre estuvo ahí, soportando mi carácter en los momentos que me alteraba y se volvía cada vez mas estresante la continuidad de nuestro trabajo de investigación, gracias mamá.

A mi Padrastro: **LORENZO MARTINEZ BARAHONA** por todo el esfuerzo incondicional, por haberme guiado en la vida, siendo un sostén para el hogar tanto para mi madre como hacia mi persona en los momentos que mas lo necesite, siempre que toque esa puerta el estuvo ahí dispuesto a abrirla.

A mi esposa y mi hija: **JOHANNA ROSALI Y HASSEL DANIELA** por ser las personas que mas me apoyaron en mi ciclo de estudio y trabajo de graduación ellas

siempre estuvieron ahí brindándome su apoyo hombro a hombro no tengo mas palabras para expresar el apoyo incondicional y desinteresado que recibí por parte de ellas.

A mis Hermanos: por soportar día a día mis desplantes de conducta que como consecuencia de lo estresante que se volvió nuestro trabajo de investigación en ciertas etapas daban a relucir la debilidad que tenemos los seres humanos, pero ellos también jugaron un papel muy importante para la consolidación de mis metas.

A mi Padre: **MANUEL ISRAEL FLORES TORRES** que de forma indirecta también apporto a esta causa de tal forma que mis metas se consolidaran con el pasar del tiempo.

A mis Abuel@s: en principal a mi abuelo **LUIS DE JESUS GONZALES**, que aunque no estuvo ahí, siempre me apoyo durante mi educación básica y media, a él que siempre me guio por la senda correcta para que mi pie no tropezara con los obstáculos que se encuentran en el largo camino de la vida, muchas gracias abuelo.

A mis Ti@s y demás familia: les agradezco su apoyo en todo momento de mi vida y de mi carrera son parte de este triunfo y los llevo en mi corazón siempre.

A mis amigos: gracias a todos ellos por permitirme su amistad.

*José Luis Flores*

## DEDICATORIA

Quiero agradecer al **Dios Todopoderoso Jehová**, por ayudarme a alcanzar todas mis metas y por guiarme hasta lograr el éxito en mi carrera universitaria.

**A mi padre Roberto Torres**, por apoyarme en todo sentido y por sus palabras de estímulo en los momentos de mayor presión; **a mi madre Olga Marisol (1961-1995)** quien a lo largo de mi infancia inculco muchos consejos y lecciones que hasta el día de hoy recuerdo y guardo con mucho cariño, esperando el día en que Cristo Jesús la traiga de nuevo a la vida.

**A mis abuelos Simón y Amelia Torres**, por su apoyo incondicional y consejos acertados, **a mis abuelos Tomas (1919 - 2008) y Mesalina Guerrero**, por creer en mis habilidades y destrezas.

**A mis hermanas Laura, Amelia y Claudia** por ayudarme y brindarme su cariño siempre, **a mis tíos y tías y a toda mi familia**, por su apoyo y estímulos sinceros, así como también por el tiempo que me han dedicado a lo largo de los años, gracias infinitamente.

**A mis compañeros de tesis Héctor y José Luis** por trabajar hombro a hombro y haberse esforzado en alcanzar este fruto, **A todos mis amigos y amigas** que de muchas

maneras estuvieron a mi lado apoyándome, estoy muy agradecido por su apoyo su tiempo y comprensión a lo largo de toda mi carrera.

*Oscar Roberto Torres Guerrero*

## **DEDICATORIA**

Este triunfo es el producto de un esfuerzo intelectual, material y espiritual, por tanto expreso mis más profundos y sinceros agradecimientos a:

**Dios todopoderoso** por iluminar mi mente y darme fortaleza encada momento de mi vida para vencer todas las dificultades que se me han presentado en el transcurso de mi carrera y el resto de mi vida.

**A mi madre** quien con su ejemplo de humildad y fortaleza espiritual me ha servido de motivación y me ha dado su apoyo incondicional, este triunfo en gran parte se lo debo a ella.

**A mi padre** quien con su entusiasmo y apoyo en las situaciones más difíciles ha sido un bastión importante para alcanzar este logro.

**A mis hermanos** por su valiosa ayuda. Y a todos mis familiares y amigos con los que siempre he podido contar.

Ultimo en orden pero no en importancia expreso mis agradecimientos a todos mis amigos y amigas quienes me han apoyado y brindado su amistad.

A todos ellos gracias.



**A nuestra Alma Mater, la Universidad de El Salvador** por ser la institución que nos ha formado profesionalmente y nos ha hecho personas más cultas y de bien, a su cuerpo docente por los conocimientos que nos han transmitido.

*Hector Ernesto Yanes*

## **AGRADECIMIENTOS ESPECIALES**

A nuestra Docente Director **Ing. Milagro de María Romero Bardales**, por habernos apoyado todo el tiempo que duro nuestro trabajo de graduación, por guiarnos hasta alcanzar este logro, así como por la paciencia que brindo al grupo.

Agradecemos al **Ing. Guillermo Moya Turcios**, al **Ing. Rigoberto López** y al **Ing. Luis Clayton Martínez**, por sus observaciones y consejos claros y prácticos que nos dieron una visión más clara de nuestros objetivos, al **Ing. Germán Antonio Chevez** por el tiempo que dedico a solventar nuestras dudas relacionadas al campo de la agronomía y manejo de cuencas.

Al **Lic. William Reyes** así como a la **SECCION DE QUIMICA** de nuestra facultad, por su colaboración en nuestras pruebas fisico-químicas, y por su apoyo en nuestra investigación, también agradecemos a la **SECCION DE BIOLOGIA** por ayudarnos en la elaboración de las pruebas de calidad del agua en búsqueda de bacterias coliformes fecales, con su ayuda fueron posibles dichas pruebas.

Al **Ing. José Atilio Vásquez**, por su ayuda en nuestra investigación y por el tiempo brindado, a todos nuestros **AMIG@S** y **COMPAÑER@S** por brindarnos su amistad y afecto.

# INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINAS</b>
<b>CAPITULO I: “ANTEPROYECTO”</b>	
1.1 INTRODUCCION.....	28
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	30
1.3 JUSTIFICACION.....	33
1.4 OBJETIVOS	
1.4.1 Objetivo General.....	35
1.4.2 Objetivos Específicos.....	35
1.5 ALCANCES.....	36
1.6 LIMITACIONES.....	38
1.7 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	39
1.7.1 Recopilación de Información Bibliográfica.....	39
1.7.2 Investigación de Campo.....	40
1.7.3 Trabajo de Gabinete.....	41
<b>CAPITULO II: “MARCO REFERENCIAL”</b>	
2.1 INTRODUCCION.....	43
2.2 MARCO NORMATIVO.....	44
2.2.1 CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR.....	44
2.2.2 LEY DE MEDIO AMBIENTE.....	45
2.2.2.1 Normas ambientales en los planes de desarrollo.....	47
2.2.2.2 Actividades, obras o proyectos que requerirán de un estudio de impacto ambiental.....	48
2.2.2.3 Prevención y control de la contaminación inventarios de emisiones y medios receptores.....	49
2.2.2.4 Protección del recurso hídrico.....	49
2.2.2.5 Criterios de supervisión.....	50
2.2.2.6 Gestión y uso de las aguas y ecosistemas acuáticos.....	50
2.2.2.7 Protección de zonas.....	51
2.2.2.8 Manejo de los suelos y ecosistemas terrestres.....	51
2.2.3 LEY FORESTAL.....	53

2.2.4	LEY DE URBANISMO Y CONSTRUCCION.....	54
2.2.4.1	Obras de urbanización para aguas lluvias.....	56
2.2.5	REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCION.....	57
2.2.6	REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TECNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL.....	61
2.2.6.1	Calidad del agua como medio receptor.....	61
2.2.6.2	Aguas residuales.....	63
2.2.7	CODIGO PENAL.....	63
2.2.8	AMBITO INTERNACIONAL.....	64
2.3	MARCO HISTORICO.....	66
2.3.1	DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL PLANETA.....	66
2.3.2	DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SALVADOR.....	67
2.3.2.1	Tratamiento del agua.....	68
2.3.3	LA REFORMA DEL SECTOR HIDRICO EN EL SALVADOR: oportunidad para avanzar hacia la gestión integrada del agua.....	69
2.3.3.1	Reconocer la gravedad de la crisis del agua.....	70
2.3.3.2	Incorporar los aportes de la experiencia internacional sobre la gestión integrada del agua.....	72
2.3.3.3	Integración de la institucionalidad para la gestión.....	72
2.3.3.4	Compatibilizar los objetivos económicos con los objetivos ambientales.....	73
2.3.3.5	Concertación, participación y transparencia.....	73
2.3.3.6	Incorporar plenamente la dimensión territorial.....	74
2.3.3.7	El desafío del conocimiento del sistema hidrológico.....	74
2.3.4	CONSTRUCCION NACIONAL DE UN MARCO PARA LA GESTION INTEGRAL DEL AGUA.....	75
2.3.5	ASPECTOS RELEVANTES SOBRE LA GESTION INTEGRAL DEL AGUA, USOS DEL SUELO Y REORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.....	77
2.4	MARCO TEORICO	
2.4.1	HIDROLOGIA GENERAL.....	81
2.4.1.1	Breve historia de la hidrología.....	81
2.4.1.2	Definición y objetivo de la hidrología.....	81

2.4.2	CICLO HIDROLOGICO.....	84
2.4.2.1	Breve historia.....	84
2.4.2.2	Dinámica del ciclo hidrológico.....	87
2.4.3	PRECIPITACION.....	89
2.4.3.1	Formas de precipitación.....	90
2.4.3.2	Clasificación de la precipitación.....	91
2.4.3.2.1	Convectiva.....	91
2.4.3.2.2	Orográfica.....	92
2.4.3.2.3	Ciclónica.....	92
2.4.3.3	Medición de la precipitación.....	94
2.4.3.3.1	Pluviómetro.....	94
2.4.3.3.2	Pluviografos.....	95
2.4.4	EVAPOTRANSPIRACION.....	96
2.4.4.1	Factores que influyen en la evapotranspiración.....	98
2.4.4.1.1	Factores físicos.....	99
2.4.4.1.2	Factores fisiológicos.....	99
2.4.4.2	Métodos para determinar la evapotranspiración.....	99
2.4.4.2.1	Métodos directos.....	100
2.4.4.2.1.1	Método del lisímetro.....	100
2.4.4.2.1.2	Evapotranspirómetro de thornthwaite.....	101
2.4.4.2.1.3	Atmómetro de livingstone.....	102
2.4.4.2.1.4	Método gravimétrico.....	103
2.4.4.2.2	Métodos indirectos o empíricos.....	103
2.4.5	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL O ESCORRENTIA.....	104
2.4.5.1	Ciclo del escurrimiento.....	106
2.4.5.2	Factores que afectan al escurrimiento.....	109
2.4.5.2.1	Factores climáticos.....	109
2.4.5.2.2	Factores fisiográficos.....	110
2.4.5.2.3	Factores humanos.....	111
2.4.5.3	Medida del escurrimiento.....	111
2.4.5.4	Representación grafica de la escorrentía.....	113
2.4.5.4.1	Limnigramas.....	113
2.4.5.4.2	Curva de gastos o de descarga.....	114
2.4.5.4.3	Hidrograma.....	114
2.4.6	INFILTRACION.....	116
2.4.6.1	Capacidad de infiltración.....	117
2.4.6.2	Factores que intervienen en la capacidad de infiltración.....	117

2.4.6.3	Variaciones de la capacidad de infiltración.....	118
2.4.6.4	Medida de la infiltración.....	119
2.4.7	CUENCA.....	121
2.4.7.1	Conceptos generales.....	121
2.4.7.2	Tipos de cuenca.....	122
2.4.7.3	Clasificación de la cuenca según su categoría.....	123
2.4.7.3.1	Cuenca hidrográfica.....	123
2.4.7.3.2	Cuenca operativa.....	123
2.4.7.3.3	Cuenca representativa.....	124
2.4.7.3.4	Cuenca experimental.....	124
2.4.7.3.5	Subcuenca.....	125
2.4.7.3.6	Microcuenca.....	125
2.4.8	CUENCA HIDROGRAFICA.....	125
2.4.8.1	Hidrología de una cuenca hidrográfica.....	126
2.4.8.2	Modelos de drenaje de una cuenca hidrográfica.....	128
2.4.8.3	Morfometría de una cuenca hidrográfica.....	130
2.4.8.4	Características físicas de una cuenca hidrográfica.....	130
2.4.8.4.1	Divisoria hidrográfica.....	131
2.4.8.4.2	Área de la cuenca.....	132
2.4.8.4.3	Perímetro de la cuenca.....	132
2.4.8.4.4	Corriente principal (cauce principal).....	133
2.4.8.4.5	Cauce más largo.....	133
2.4.8.4.6	Orden de corrientes.....	133
2.4.8.4.7	Drenaje de la cuenca.....	134
2.4.8.4.7.1	Densidad de corriente (Ds).....	135
2.4.8.4.7.2	Densidad de drenaje (Dd).....	135
2.4.8.4.7.3	Extensión media de la escorrentía superficial (Es).....	135
2.4.8.4.8	Pendiente media.....	136
2.4.8.4.8.1	La pendiente media.....	136
2.4.8.4.8.2	La pendiente compensada o equivalente.....	136
2.4.8.4.8.3	Taylor y Schwarz.....	137
2.4.8.4.9	Elevación media.....	138
2.4.8.4.9.1	El de los puntos de intersección.....	138
2.4.8.4.9.2	El de los pares de contorno.....	138
2.4.8.4.9.3	El de la curva hipsométrica.....	139
2.4.8.4.10	Forma de la cuenca.....	139
2.4.8.5	Precipitación media sobre una cuenca.....	140

2.4.8.5.1	Método aritmético.....	141
2.4.8.5.2	Método de polígonos de thiessen.....	142
2.4.8.5.3	Método de las isoyetas.....	143
2.4.8.6	Tiempo de concentración (Tc).....	144
2.4.8.6.1	Ecuación de california.....	144
2.4.8.6.2	Ecuación de giandotti.....	145
2.4.8.6.3	Ecuación de PHCA.....	145
2.4.8.7	Coefficiente de escorrentía (C).....	145
2.4.8.8	Análisis de la lluvia.....	148
2.4.8.8.1	La intensidad.....	148
2.4.8.8.2	La duración.....	148
2.4.8.8.3	La frecuencia.....	149
2.4.8.8.4	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).....	149
2.4.8.8.4.1	Metodología para la determinación de las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).....	149
2.4.9	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL.....	151
2.4.9.1	Calculo del balance hídrico.....	153
2.4.9.1.1	Cálculo del balance hídrico por medio de la evapotranspiración.....	153
2.4.9.1.2	Método basado en la ecuación de L. Turc.....	154
2.4.10	MANEJO DE CUENCAS.....	154
2.4.10.1	Como se puede lograr el manejo de una cuenca.....	157
2.4.10.2	Porque es importante manejar las cuencas.....	158
2.4.10.3	Que beneficios perciben los actores locales que participan en el manejo de cuencas.....	159
2.4.10.4	Diagnostico.....	161
2.4.10.4.1	Métodos e instrumentos para realizar el diagnostico.....	165
2.4.10.4.2	Guía metodológica para la elaboración del diagnostico de subcuencas o microcuencas.....	166
2.4.10.5	Línea base.....	175
2.4.10.5.1	Variables.....	177
2.4.10.5.2	Indicadores.....	178
2.4.10.5.2.1	Tipos de indicadores.....	178
2.4.10.5.2.2	Características generales de los indicadores.....	180
2.4.10.5.2.3	Utilidad de los indicadores seleccionados para una línea base.....	181
2.4.10.6	Planificación de cuencas.....	182
2.4.10.6.1	Porque planificar el manejo de una cuenca.....	183

2.4.10.6.2	Procesos participativos y esfuerzos colaborativos para la planificación de cuencas.....	184
2.4.10.6.3	Que es un plan de manejo de cuenca.....	185
2.4.10.6.4	Diseño del plan de manejo de cuencas a nivel comunitario.....	186
2.4.10.6.5	Como sabemos que un plan de manejo es apropiado y responde a los intereses de los actores locales.....	189
2.4.10.6.6	Que se necesita para ejecutar un plan de manejo de cuencas.....	192
2.4.10.6.7	Como y quienes ejecutan un plan de manejo de cuencas.....	192
2.4.10.6.7	El plan de manejo de cuencas en forma comprensible por los actores locales.....	193
2.4.11	ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA.....	194
2.4.11.1	Contaminación del agua.....	194
2.4.11.2	Tipos de contaminantes.....	194
2.4.11.3	Fuentes de contaminación.....	196
2.4.11.4	Impacto de la contaminación en la salud humana.....	198
2.4.11.5	Calidad del agua.....	198
2.4.11.6	Descripción de los parámetros utilizados para determinar la calidad del agua.....	199
2.4.11.6.1	Análisis físico.....	199
2.4.11.6.2	Análisis químico.....	205
2.4.11.6.3	Análisis bacteriológico.....	217
2.4.11.7	Indice de la calidad del agua (ICA).....	218
2.4.11.7.1	Clasificación “ICA” propuesto por BROWN.....	220
2.4.11.7.2	Indice simplificado de la calidad del agua (ISCA).....	221

### **CAPITULO III: “DIAGNOSTICO”**

3.1	INTRODUCCION.....	225
3.2	MATERIALES Y METODOS.....	227
3.2.1	UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	227
3.2.2	MATERIALES Y EQUIPO.....	227
3.2.3	DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA.....	228
3.2.3.1	Fase preliminar.....	228
3.2.3.1.1	Delimitación de la subcuenca.....	228
3.2.3.1.2	Elaboración de mapa base.....	229
3.2.3.1.3	Mapa de pendiente.....	229
3.2.3.1.4	Elaboración de mapa de uso actual.....	230
3.2.3.1.5	Identificación de zonas de vida.....	230
3.2.3.1.6	Identificación preliminar de áreas críticas.....	230



3.2.3.1.7	Caracterización climática.....	230
3.2.3.1.8	Aspectos socioeconómicos.....	231
3.2.3.2	Fase de campo.....	231
3.2.3.2.1	Reconocimiento general de la subcuenca.....	231
3.2.3.2.2	Recopilación de información biofísica.....	231
3.2.3.2.3	Recopilación de información socioeconómica.....	232
3.2.4	FASE DE ANALISIS DE INFORMACION Y ELABORACION DE DOCUMENTO.....	233
3.2.5	ELABORACION DE LA LINEA BASE PARA LA SUBCUENCA.....	233
3.2.6	IDENTIFICACION DE AREAS CRITICAS.....	233
3.2.7	FORMULACION DEL PLAN DE MANEJO DE LA SUBCUENCA.....	233
3.3	DIAGNOSTICO	
3.3.1	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SUBCUENCA.....	235
3.3.2	CARACTERISTICAS CLIMATICAS.....	238
3.3.2.1	Climatología.....	238
3.3.2.2	Cantidad anual de lluvia.....	239
3.3.2.3	Temperatura.....	239
3.3.2.4	Humedad relativa del aire.....	240
3.3.2.5	Viento.....	240
3.3.3	GEOLOGIA.....	240
3.3.4	OROGRAFIA.....	242
3.3.5	HIDROLOGIA.....	243
3.3.5.1	Fuentes y uso del agua.....	243
3.3.5.2	Calidad del agua.....	244
3.3.6	CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS.....	246
3.3.6.1	Uso actual del suelo.....	246
3.3.6.2	Fisiografía.....	247
3.3.6.3	Potencial agrícola.....	248
3.3.6.4	Mapa de elevaciones.....	248
3.3.6.5	Mapa pedológico.....	249
3.3.7	VEGETACION.....	251
3.3.8	FAUNA.....	253
3.3.9	SERVICIOS BASICOS.....	253
3.3.9.1	Agua potable.....	253
3.3.9.2	Salud.....	253
3.3.9.3	Educación.....	254
3.3.9.4	Vivienda.....	255
3.3.9.5	Energía eléctrica.....	255

3.3.10 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS.....	256
3.3.10.1 Población.....	256
3.3.10.2 Principales ocupaciones y fuentes de ingreso.....	256
3.3.10.3 Comercialización.....	257
3.3.10.4 Creencias y costumbres.....	257
3.3.10.5 Organizaciones locales.....	258
3.3.11 PRINCIPALES SISTEMAS DE PRODUCCION EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	258
3.3.11.1 Producción agrícola.....	258
3.3.11.2 Producción pecuaria.....	259
3.3.12 PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	259
3.3.12.1 Componentes agropecuarios.....	259
3.3.12.2 Ambientales.....	259
3.3.12.3 Área socioeconómica.....	260
3.3.12.4 Problemas relacionados con servicios básicos.....	260
3.4 ESTUDIOS REALIZADOS	
3.4.1 ESTUDIO HIDROLOGICO.....	261
3.4.1.1 Criterios para el trazo del parteaguas.....	261
3.4.1.2 Parámetros físicos de la subcuenca del Rio El Jute.....	262
3.4.1.2.1 Delimitación de la subcuenca.....	262
3.4.1.2.2 Determinación del drenaje de la subcuenca.....	262
3.4.1.2.3 Área de la subcuenca (A).....	263
3.4.1.2.4 Longitud perimetral de la subcuenca (Lp).....	263
3.4.1.2.5 Densidad de drenaje o longitud de corriente (Dd).....	263
3.4.1.2.6 Longitud de planta de la subcuenca (Lplanta).....	264
3.4.1.2.7 Desnivel de la subcuenca (H).....	264
3.4.1.2.8 Longitud del cauce principal (Lc).....	265
3.4.1.2.9 Cálculo de la pendiente media de la subcuenca (Pm).....	266
3.4.1.3 Características de la forma de la subcuenca.....	266
3.4.1.3.1 Factor de forma (Kf).....	267
3.4.1.3.2 Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc).....	267
3.4.1.4 Calculo del caudal máximo.....	268
3.4.1.4.1 Tiempo de concentración.....	268
3.4.1.4.1.1 Fórmula de Pickering.....	268
3.4.1.4.1.2 Fórmula de Giandotti.....	269
3.4.1.4.2 Análisis de intensidad, duración y frecuencia de lluvias.....	270
3.4.1.4.3 Duración de la tormenta.....	271

3.4.1.4.4	Períodos de retorno.....	272
3.4.1.4.5	Coefficiente de escorrentía.....	272
3.4.1.4.5.1	Cálculo del C ponderado para un periodo de retorno de 15 años.....	273
3.4.1.4.5.2	Cálculo del C ponderado para un periodo de retorno de 25 años.....	274
3.4.1.4.5.3	Cálculo del C ponderado para un periodo de retorno de 30 años.....	274
3.4.1.4.5.4	Cálculo del C ponderado para un periodo de retorno de 50 años.....	274
3.4.1.4.6	Calculo de caudal.....	276
3.4.1.5	Calculo de tirante crítico (puente el jute).....	281
3.4.2	BALANCE HIDRICO.....	282
3.4.2.1	Introducción.....	282
3.4.2.2	Balance hídrico de la subcuenca del Rio El Jute.....	283
3.4.2.2.1	Ubicación.....	284
3.4.2.2.2	Precipitación media de la subcuenca.....	284
3.4.2.2.3	Evapotranspiración de referencia.....	286
3.4.2.2.3.1	Temperatura promedio mensual.....	286
3.4.2.2.3.2	Humedad relativa promedio mensual.....	287
3.4.2.2.3.3	Radiación solar incidente.....	288
3.4.2.2.4	Cálculo de la evapotranspiración real, reserva y excedente del área de estudio.....	290
3.4.2.2.5	Calculo de la escorrentía y la infiltración.....	297
3.4.3	PRUEBAS DE INFILTRACION.....	301
3.4.3.1	Método del infiltrometro de doble anillo.....	301
3.4.3.1.1	Materiales y herramientas.....	301
3.4.3.1.2	Metodología para llevar a cabo la prueba de infiltracion.....	302
3.4.3.1.2.1	Preparación de equipo: construcción de un infiltrómetro de doble anillo.....	302
3.4.3.1.2.2	Selección del lugar de la prueba.....	302
3.4.3.1.2.3	Tiempo.....	302
3.4.3.1.3	Medición de la infiltración.....	302
3.4.3.1.4	Análisis y presentación de datos.....	305
3.4.3.1.5	Resultados obtenidos.....	307
3.4.4	PRUEBAS FISICO-QUIMICAS.....	311
3.4.4.1	Clasificación de las aguas.....	311

3.4.4.1.1	Clasificación de las aguas según su uso.....	311
3.4.4.1.2	Clasificación de las aguas según su temperatura.....	311
3.4.4.2	Contaminantes del agua.....	312
3.4.4.3	Parámetros físico-químicos.....	313
3.4.4.3.1	Color.....	313
3.4.4.3.2	Temperatura.....	314
3.4.4.3.3	Sólidos.....	315
3.4.4.4	Determinación de sólidos totales.....	316
3.4.4.5	Determinación de sólidos disueltos.....	318
3.4.4.6	Cálculos.....	320
3.4.4.6.1	Sólidos totales.....	320
3.4.4.6.2	Sólidos disueltos.....	321
3.4.4.6.3	Potencial de hidrogeno (PH).....	322
3.4.4.6.4	Temperatura.....	322
3.4.4.6.5	Hora.....	323
3.4.4.7	Resultados.....	324
3.4.4.8	Análisis de resultados.....	324
3.4.5	ANALISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA.....	326
3.4.5.1	Técnica de tubos múltiples para la investigación de coliformes totales y fecales en muestras de agua.....	326
3.4.5.1.1	Prueba presuntiva.....	326
3.4.5.1.2	Prueba confirmativa.....	326
3.4.5.1.3	Prueba completa.....	327
3.4.5.2	Tabla de resultados, análisis bacteriológicos.....	329

**CAPITULO IV: “PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA  
SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE”**

4.1	INTRODUCCION.....	332
4.2	INDICADORES DE LINEA BASE PARA LA ELABORACION DEL PLAN.....	334
4.3	ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN.....	335
4.3.1	INICIAR LA INTERVENCION EN AREAS CRÍTICAS.....	335
4.3.2	PROMOVER LA ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE CAPACIDADES.....	335
4.3.3	PROMOVER LA COMPLEMENTARIEDAD DE LAS ACCIONES EN LA SUBCUENCA.....	335
4.3.4	IDENTIFICAR, VALORAR Y POTENCIAR EL CONOCIMIENTO LOCAL.....	336
4.3.5	PROMOVER LA SUBCUENCA COMO UNIDAD BASICA DE INTERVENCION Y LA FAMILIA COMO EJE INTEGRADOR DEL TRABAJO.....	336

4.4	BENEFICIARIOS DEL PLAN DE MANEJO.....	336
4.5	COMPONENTES PRINCIPALES DEL PLAN.....	337
4.6	PROGRAMA DE OBRA CIVIL.....	337
4.6.1	COLOCACION DE MALLAS GEOSINTETICAS PARA LA ESTABILIZACION DE TALUDES EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	339
4.6.2	CONSTRUCCION DE MUROS GUARDANIVEL EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	340
4.6.3	CONSTRUCCION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CENTRO TURISTICO MONTE GRANDE.....	341
4.7	PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE TIERRAS.....	344
4.7.1	MANEJO SOSTENIBLE DEL SUELO Y AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	345
4.7.1.1	Incremento de la cobertura arbórea en la subcuenca del Río El Jute.....	347
4.7.1.2	Promover la diversificación de la producción a nivel de pequeñas zonas de la Subcuenca del Río El Jute.....	349
4.8	PROGRAMA DE DESARROLLO PECUARIO.....	351
4.8.1	INCREMENTO DE LA PRODUCCION DE FORRAJES EN PEQUEÑAS EXPLOTACIONES DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	352
4.8.2	INCREMENTO DE LA PRODUCCION DE ESPECIES MENORES EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	353
4.9	PROGRAMA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL.....	355
4.9.1	PROTECCION Y CAPTACION DE FUENTES DE AGUA EN LASUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	356
4.9.2	INTRODUCCION DE COCINAS MEJORADAS Y LETRINAS EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	357
4.10	PROGRAMA DE DESARROLLO LOCAL.....	359
4.10.1	MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS BASICOS DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE.....	360
4.11	UNIDAD EJECUTORA DEL PLAN DE MANEJO.....	362
4.12	MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN DE MANEJO.....	364
4.10.1	EL MONITOREO DEL PLAN.....	364
4.10.2	LA EVALUACION DEL PLAN.....	365

CAPITULO V: “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”	
5.1 INTRODUCCION.....	368
5.2 CONCLUSIONES.....	369
5.2 RECOMENDACIONES.....	371
<b>PLANOS.....</b>	<b>375</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>411</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>435</b>
<b>FUENTES DE CONSULTA.....</b>	<b>441</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>444</b>

## INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PAGINAS
FIGURA 2.4.2.2.1: Ciclo Hidrológico.....	87
FIGURA 2.4.3.2.1.1: Precipitación convectiva.....	91
FIGURA 2.4.3.2.2.1: Precipitación orográfica.....	92
FIGURA 2.4.3.2.3.1: Formaciones ciclónicas y anticiclónicas.....	93
FIGURA 2.4.3.2.3.2: Frentes frío y cálido.....	94
FIGURA 2.4.3.3.1: Pluviómetro.....	95
FIGURA 2.4.3.3.2: Pluviógrafo.....	96
FIGURA 2.4.4.2.1.1.1: Lisímetro.....	101
FIGURA 2.4.4.2.1.3.1: Atmómetro de Livingstone.....	102
FIGURA 2.4.5.1: Diagrama del escurrimiento.....	105
FIGURA 2.4.5.1.1: Tipo de corriente según recargue al manto freático (influyente) o se alimente del manto freático (efluente).....	108
FIGURA 2.4.5.4.1.1: Limnigrama. H, altura del agua en metros, t, tiempo en horas.....	113
FIGURA 2.4.5.4.2.1: Curva de gastos o de descarga.....	114
FIGURA 2.4.5.4.3.1: El hidrograma y sus partes.....	116
FIGURA 2.4.6.4.1: Infiltrómetro de cilindros concéntricos.....	121
FIGURA 2.4.7.2.1: Cuenca Endorreica y Exorreica.....	123
FIGURA 2.4.7.3.1: Clasificación de una cuenca hidrográfica.....	125
FIGURA 2.4.8.1: Modelo de cuenca hidrográfica.....	126
FIGURA 2.4.8.1.1: Hidrología de una cuenca hidrográfica.....	128
FIGURA 2.4.8.2.1: Modelos de drenaje.....	130
FIGURA 2.4.10.4.3: Diagnostico y proceso participativo.....	164
FIGURA 2.4.10.4.1.1: Métodos e instrumentos para el diagnostico.....	165
FIGURA 2.4.10.4.2.1: Pasos a seguir para la elaboración de diagnósticos de subcuencas/microcuencas.....	175
FIGURA 2.4.10.6.1.1: Modelo de Planificación de cuencas.....	184
FIGURA 2.4.10.6.4.1: Esquema general para la elaboración de un plan de manejo.....	188
FIGURA 3.3.1.1: Mapa hidrológico de la subcuenca del Rio El Jute.....	236
FIGURA 3.3.1.2: Mapa de cantones de la subcuenca del Rio El Jute.....	236
FIGURA 3.3.1.3: Acceso a la zona por medio de la carretera Panamericana.....	237

FIGURA 3.3.1.4: Acceso a la zona por medio de la carretera Litoral.....	237
FIGURA 3.3.2.1.1: Mapa de zonas de vida según Holdridge.....	238
FIGURA 3.3.3.1: Mapa geológico de la subcuenca del Rio El Jute.....	241
FIGURA 3.3.4.1: Mapa de pendientes de la subcuenca del Rio El Jute.....	242
FIGURA 3.3.5.1.1: Mapa de quebradas y ríos afluentes del Rio El Jute.....	244
FIGURA 3.3.5.2.1: Basura depositada a lo largo del cauce del Rio El Jute.....	245
FIGURA 3.3.6.1.1: Mapa de uso actual del suelo de la subcuenca del Rio El Jute.....	246
FIGURA 3.3.6.4.1: Mapa de elevaciones promedios de la subcuenca del Rio El Jute.....	248
FIGURA 3.3.6.5.1: Mapa de tipos de suelos en la subcuenca del Rio El Jute.....	250
FIGURA 3.4.1.2.1: Delimitación de la subcuenca del Rio El Jute.....	262
FIGURA 3.4.1.2.6.1: Longitud de planta de la subcuenca.....	264
FIGURA 3.4.1.2.7.1: Elevaciones de la subcuenca del Rio El Jute.....	265
FIGURA 3.4.1.4.5.2: Grafica de curvas IDF.....	275
FIGURA 3.4.2.2.1.1: Regiones hidrográficas de El Salvador.....	284
FIGURA 3.4.3.1.1.1 Materiales y Herramientas.....	301
FIGURA 3.4.3.1.3.1 Preparación y colocación de recipientes.....	303
FIGURA 3.4.3.1.3.2 Inicio de prueba.....	304
FIGURA 3.4.3.1.3.3: Abastecimiento de anillos durante pruebas.....	305
FIGURA 4.11.1 Esquema de estructura de comité de cuencas.....	363



## INDICE DE TABLAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINAS</b>
TABLA 2.2.6.1.1: Límites para los parámetros de calidad para cuerpos de agua superficiales.....	62
TABLA 2.4.8.7.1: Valores de coeficientes de escorrentía “C”.....	147
TABLA 2.4.8.7.2: Estimación de coeficientes de escorrentía “C”.....	148
TABLA 2.4.11.7.1 Clasificación “ICA” propuesto por BROWN.....	220
TABLA 3.3.2.1: Distribución de las zonas de vida en la subcuenca.....	239
TABLA 3.3.3.1: Distribución de los tipos de rocas en la subcuenca.....	241
TABLA 3.3.4.1: Distribución de las pendientes en la subcuenca.....	243
TABLA 3.2.3.1.4: Distribución de los usos del suelo en la subcuenca.....	247
TABLA 3.3.6.4.1: Distribución de elevaciones promedios en la subcuenca.....	249
TABLA 3.3.6.5.1: Distribución de los tipos de suelo en la subcuenca.....	250
TABLA 3.3.7.1: Especies arbóreas y arbustivas encontradas en la subcuenca del Rio El Jute, Cantón Monte Grande, Municipio de San Miguel.....	252
TABLA 3.3.9.2.1: Aspectos generales sobre la salud en la subcuenca del Rio El Jute, Cantón Monte Grande, Municipio de San Miguel.....	254
TABLA 3.3.9.3.1: Aspectos generales sobre la educación en la subcuenca del Rio El Jute, Cantón Monte Grande, Municipio de San Miguel.....	255
TABLA 3.3.10.1.1: Aspectos generales sobre la población en la subcuenca del Rio El Jute, Cantón Monte Grande, Municipio de San Miguel.....	256
TABLA 3.4.1.4.2.1: Valores de intensidad, duración y frecuencia de lluvias.....	270
TABLA 3.4.1.4.3.1: Valores de frecuencia empírica.....	271
TABLA 3.4.1.4.4.1: Valores de intensidades máximas (mm/min).....	272
TABLA 3.4.1.4.5.1: Valores de C.....	273
TABLA 3.4.1.4.6 Calculo de Caudal.....	275
TABLA 3.4.2.2.1: Precipitación mensual en la Estación Meteorológica El Papalón.....	285
TABLA 3.4.2.2.3.1.1: Temperatura mensual media (°C).....	287
TABLA 3.3.1.2: Mapa de cantones de la subcuenca del Rio El Jute.....	287
TABLA 3.3.1.3: Acceso a la zona por medio de la carretera Panamericana.....	287
TABLA 3.4.2.2.3.2.1: Humedad relativa promedio mensual (%).....	287
TABLA 3.4.2.2.3.3.1: Radiación extraterrestre mensual para latitud 13° 26.4”.....	289

TABLA 3.4.2.2.3.3.2: Evapotranspiración potencial (mm) calculada por el método de Hargreaves.....	290
TABLA 3.4.2.2.4.1: Evapotranspiración real en la Zona Urbana (mm).....	291
TABLA 3.4.2.2.4.2: Determinación del coeficiente de cultivo del área de estudio (adimensional).....	292
TABLA 3.4.2.2.4.3: Evapotranspiración de cultivo (mm).....	293
TABLA 3.4.2.2.4.4: Evapotranspiración real en la Zona Rural (mm).....	294
TABLA 3.4.2.2.4.5: Reserva de área útil (SAT) (mm) para el área rural.....	295
TABLA 3.4.2.2.4.6: Reserva en el área rural (mm).....	296
TABLA 3.4.2.2.4.7: Excedente en el área rural (mm).....	297
TABLA 3.4.2.2.5.1: Escorrentía en el área rural (millones de m <sup>3</sup> ).....	298
TABLA 3.4.2.2.5.2: Escorrentía en el área urbana (millones de m <sup>3</sup> ).....	298
TABLA 3.4.2.2.5.3: Escorrentía en el área de estudio (millones de m <sup>3</sup> ).....	299
TABLA 3.4.2.2.5.4: Excedente en el área rural (millones de m <sup>3</sup> ).....	299
TABLA 3.4.2.2.5.5: Infiltración en el área rural y en el área de estudio (Millones de m <sup>3</sup> ).....	300
TABLA 3.4.3.1.4: Formato para registrar los valores obtenidos.....	306
TABLA 3.4.4.7 Resultados.....	324
TABLA 3.4.4.8 Análisis de resultados.....	324

# **CAPITULO I**

# **ANTEPROYECTO**

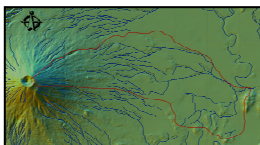


### 1.1 INTRODUCCION

La cuenca constituye la principal unidad territorial, donde el agua proveniente del ciclo hidrológico es captada, almacenada y disponible como oferta de agua. También constituye un área en donde interdependen e interactúan, en un proceso permanente y dinámico, el agua con los sistemas físicos (suelo, relieve) y biótico (flora y fauna). Los tipos de apropiación de los recursos naturales, originan una modificación del ciclo hidrológico en cantidad, calidad y oportunidad. Es por esta razón, que en el ámbito de una cuenca es donde se puede lograr una mejor integración del manejo de los recursos naturales.

El recurso hídrico en nuestro país, cada vez es más escaso debido al mal uso que se le da al mismo, la contaminación y la extracción desmedida a causado estrago en muchas cuencas, así como en mantos acuíferos. El Río El Jute, que se ubica al sur de la ciudad de san miguel, es una de las fuentes de agua superficial que se ve amenazada por factores como la contaminación, degradación y explotación del recurso hídrico.

El presente capítulo describe de forma detallada el problema que afecta a la subcuenca del Río El Jute, así como también las razones por las cuales es necesario realizar estudios y propuestas de protección y manejo para la misma, además planteamos objetivos que pretendemos lograr a lo largo de nuestra investigación, como todo proyecto tendremos limitaciones que nos impedirán llegar más lejos con nuestra temática de estudio, por ejemplo diseñar y presupuestar las obras de protección a proponer. Al final describimos nuestra metodología de investigación para poder realizar

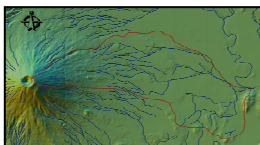




## CAPITULO I: ANTEPROYECTO

---

nuestro trabajo con una secuencia lógica, dicha metodología será una guía para que el desarrollo de nuestra investigación se lleve a cabo de manera sistemática y ordenada.



**PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO  
PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE, CANTON MONTE GRANDE  
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL**

---



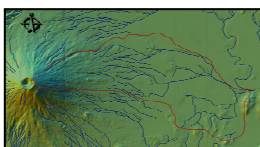
### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un elemento natural existente en la naturaleza, considerado fundamentalmente para la existencia del hombre, los animales y las plantas; esta en realidad es abundante para la subsistencia, solo que hay necesidad de localizarla, encauzarla, tratarla, distribuirla y administrarla conscientemente.

El tema del agua en su perspectiva futura es altamente preocupante, teniendo en cuenta al menos tres variables, las cuales podrían ser de mayor incidencia:

- ✚ La falta de conciencia sobre el verdadero valor del agua por parte de la población.
- ✚ La disminución de los acuíferos subterráneos y la alta contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.
- ✚ La acelerada deforestación, la cual impide propiciar condiciones de filtración del agua lluvia como medida para alimentar los acuíferos.

A través del tiempo en El Salvador, la necesidad del recurso hídrico tan vital como lo es el agua ha ido creciendo inevitablemente, debido en gran manera a los altos índices de crecimiento poblacional; tornándose cada vez más escasa la adquisición de este recurso natural, por la constante explotación inadecuada que se hace para la extracción de dicho fluido, así también la escasez relativa actual se debe principalmente a que el hombre en su afán de alcanzar un desarrollo económico y social; la desperdicia y contamina en forma irracional degradando así los mantos acuíferos.



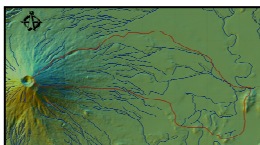


## CAPITULO I: ANTEPROYECTO

El Salvador como un país en vías de desarrollo debe implementar, en forma impostergable el concepto de desarrollo sostenible; que es un estado de cosas generadas por el ser humano, tales que son capaces de satisfacer las necesidades de la población, sin detrimento de las condiciones ambientales para las generaciones futuras. Cuando al llamado desarrollo sostenible se le incorpora la variable urbana, se focalizan ciudades como San Miguel; que tienen la característica de mostrar una infraestructura de servicio más o menos aceptable, y es entonces cuando se hace referencia al desarrollo urbano sostenible, ya que este se ve afectado en el tiempo, con la formación de los llamados “Polos de Desarrollo”, que se caracterizan por demandar una gran cantidad de servicios básicos. Desde ese punto de vista se puede inferir, que los seres humanos no pueden impulsar acciones de desarrollo sostenible, sin considerar la utilización racional y las acciones de protección de los recursos naturales en general y del agua en particular.

El Río El Jute, ubicado al Sur de la Ciudad de San Miguel, se origina en el Cantón Monte Grande y se extiende hasta el Río Grande de San Miguel, en las planicies alrededor de la carretera El Litoral que conduce de San Miguel hacia El Delirio. El Río El Jute se forma de la unión de las quebradas: Las Lomitas o La Quebradona, El Borbollón, Los Cujules y El Gómez o Los Coyotes, recibiendo la afluencia del Río La Presa; su ubicación geográfica está dada por los meridianos  $48^{\circ}45'$  y  $48^{\circ}55'$  y los paralelos  $38^{\circ}27'$  y  $38^{\circ}13'$ .

La subcuenca puede describirse como aquella que está ubicada en la Cabecera Departamental de San Miguel, específicamente en la zona rural. Cuyo nacimiento está ubicado en una zona de recarga hídrica, que debido a su alto crecimiento poblacional se ha visto dañada severamente, ya que en el lugar se han llevado a cabo proyectos de urbanización y recreación como lo es el “Centro Turístico Monte Grande”; los cuales a



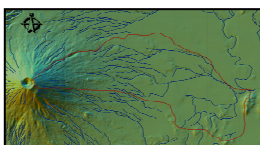


## CAPITULO I: ANTEPROYECTO

---

su vez no han sido diseñados tomando en consideración un ordenamiento territorial de la subcuenca del Río El Jute, el cual se ve plasmado en la estructuración y esquematización de un plan de protección y manejo, poniendo a su vez en grave peligro la flora y fauna existente en el lugar, distorsionando en gran medida el balance hídrico de la subcuenca del Río El Jute. Cabe mencionar entre otras cosas, la eminente explotación inadecuada que se hace del agua para utilizarla en sistema de regadíos, así como la constante migración que se genera adyacente a las laderas del río por parte de los lugareños como una alternativa de solución a la eminente escasez de agua; sumándose así a la explotación desmedida del vital liquido, haciendo uso de este para el aseo personal, doméstico, consumo humano y animal; propiciando como consecuencia de ello severos cambios en las características hídricas de dicho afluente de agua superficial determinantes para la elaboración de un preciso y adecuado balance hídrico.

Debido a esta situación problemática se ve la clara y urgente necesidad de implementar un **“Plan de Protección y Manejo Integral del Recurso Hídrico Para La Subcuenca del Río El Jute, Cantón Monte Grande, Departamento de San Miguel”**, como una solución al mal uso y manejo que se hace de tan preciado y valuado recurso hídrico como lo es el “Agua Superficial”, proyectando de esta forma un uso racional de este elemento; aparte de ponerle un alto a la creciente explotación demográfica que se da en las cercanías del sitio de estudio factor que genera como consecuencia de ello el constante deterioro de la flora y fauna del lugar, indispensable para proporcionar un ecosistema en perfecto equilibrio con la naturaleza.





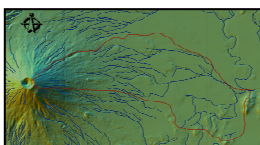


### 1.3 JUSTIFICACION

La necesidad de realizar estudios de calidad del agua, ambientales y ecológicos, relacionados con el recurso hídrico, encuentran su plena justificación al considerar la importancia del vital líquido para la supervivencia del hombre. El entendimiento de los recursos naturales bajo el enfoque de sostenibilidad que permite abordar el tema, bajo una óptica integral, generalista, en la cual se busca la minimización de los impactos negativos con el máximo aprovechamiento de los recursos en un marco de referencia definido en función del potencial existente y las condiciones de oferta y demanda.

El agua es de vital importancia para la vida del hombre, los animales y las plantas, así como para el progreso y bienestar de las comunidades de todos los países y regiones sin excepción, por lo tanto, el presente documento se justifica de la manera siguiente:

- ✚ El aprovechamiento del agua se vuelve cada día más difícil por la creciente contaminación, la falta de regulación y la normalización de su uso, todo lo cual sucede mientras las demandas del recurso se hacen cada vez mayores, haciendo más compleja la solución al problema del suministro para diversos usos.
- ✚ Para satisfacer la demanda de agua para los años venideros, será necesario hacer un uso racional y óptimo de todos los recursos disponibles, utilizando al máximo el recurso agua.
- ✚ El agua, es un recurso absolutamente indispensable para el desarrollo económico y social del país, pues este no podrá alcanzarse si no se suministra el agua requerida para los diversos fines que demanda el ser humano.
- ✚ Con el alarmante y explosivo aumento de la población, la demanda de agua cada día es más creciente; por lo que deben aprovecharse al máximo los



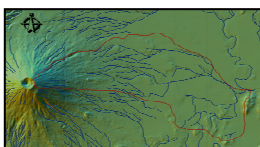


## CAPITULO I: ANTEPROYECTO

recursos existentes, y el Río El Jute proporciona un caudal que esta siendo subutilizado, debido a la contaminación que la vuelve inapropiada para los diversos usos; que a la vez la convierte en un agente peligroso para la salud pública.

- ✚ El lugar presenta un potencial para ser utilizado como fuente de atracción turística, siempre y cuando se cuente con un preciso y adecuado reordenamiento territorial de cuencas hidrográficas.
- ✚ El agua del manantial constituye un peligro para la salud de las personas que utilizan esta agua para consumo, debido a su contaminación.

Por lo expuesto anteriormente y ante la ausencia de un plan de manejo y protección de este recurso hídrico, verificando así la calidad del agua en el Río El Jute, estableciendo con certeza los usos para los cuales esta se podría utilizar; considerando la importancia y conveniencia de efectuar un **“Plan de Protección y Manejo Integral del Recurso Hídrico Para La Subcuenca del Río El Jute, Cantón Monte Grande, Departamento de San Miguel”**. Desarrollando así un manejo integral y de protección de las variables ambientales, para lograr la sostenibilidad de los recursos naturales, considerando al agua como el recurso integrador y estratégico para contribuir con el desarrollo socioeconómico y el mejoramiento de la calidad de vida de la población en ella localizada. Con esta investigación se beneficiaran comunidades en forma directa, entre las que cabe mencionar en su totalidad a los siguientes cantones: Monte Grande y Las Lomitas; también comprende parte de los siguientes cantones: El Jute, El Niño, El Progreso, La Puerta, El Volcán, El Havillal y San Carlos.





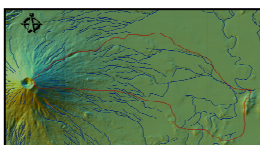
### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- ✚ Elaborar un Plan de Protección y Manejo Integral del Recurso Hídrico para la subcuenca del Río El Jute, que mejore así la gestión y explotación del recurso hídrico con vistas a lograr una economía de agua con el incremento de la eficiencia en sus usos.

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

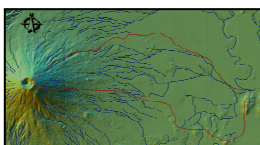
- ✚ Realizar un estudio hidrológico para la subcuenca del Río El Jute.
- ✚ Elaborar el diagnostico de la subcuenca del Rio El Jute, que nos permita conocer los aspectos biofísicos, socioeconómicos y ecológicos que existen en ella.
- ✚ Elaborar un estudio Físico, Químico y Bacteriológico; en sitios estratégicos donde se considere necesario a lo largo del Río El Jute, identificándose así los indicadores de contaminación para establecer la calidad del agua superficial.
- ✚ Proponer las medidas de protección y conservación del recurso hídrico, para su oportuna consideración tanto en proyectos existentes, como en nuevos proyectos de desarrollo en la Ciudad de San Miguel; específicamente aquellos que tengan relevancia con la zona de estudio.





### 1.5 ALCANCES

- ✚ Presentar alternativas sobre sitios específicos donde se pueda llevar a cabo la ejecución de futuras construcciones; así como la elaboración de medidas de protección preventivas para construcciones ya existentes comprendidas dentro del área de estudio, previendo que estas no afecten el sistema hídrico de la subcuenca, ayudando así a mantener el equilibrio ambiental.
- ✚ Proponer medidas preventivas para la conservación de aquellos sectores que sean identificados como zonas de Recarga Hídrica en el Río El Jute, en el tramo de análisis comprendido desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Grande de San Miguel
- ✚ Los respectivos análisis físicos, químicos y bacteriológicos que se le realizaran al agua superficial del Río El Jute, serán aquellos que se consideren necesarios desde el punto de vista de la calidad del agua.
- ✚ Para la elaboración de la investigación se realizara el levantamiento topográfico del Rio El Jute comprendido desde su nacimiento hasta su desembocadura con el Río Grande de San Miguel.
- ✚ En la elaboración del diagnostico se consideraran: encuestas, cuestionarios, visitas de campo y entrevistas con personas que habitan en el área de estudio, conociendo de esta forma aspectos biofísicos, socioeconómicos y ecológicos de la subcuenca del Rio El Jute, en donde existe un sistema que incluye



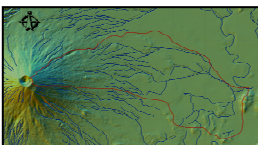


## CAPITULO I: ANTEPROYECTO

---

entradas y salidas dentro de la cual se dan relaciones diferentes y dinámicas, analizar e interpretar los resultados de estas interacciones.

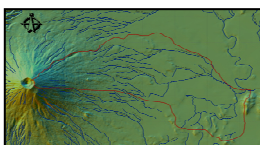
- ✚ Se utilizará el software ArcGIS 9.0 (versión demo) para la obtención de datos más precisos en la elaboración del plan de protección y manejo, así como algunos datos de altimetría y planimetría adicional al levantamiento topográfico que sean de utilidad en la investigación.





### 1.6 LIMITACIONES

- ✚ La investigación, estará comprendida dentro de los límites de la subcuenca superficial del Río El Jute, desde su nacimiento hasta su punto de intersección con el Río Grande de San Miguel.
- ✚ Los datos hidrometeorológicos, serán obtenidos de la estación ubicada en la Universidad de El Salvador (anteriormente ubicada en El Papalón) debido a su cercanía con el lugar de estudio.
- ✚ La disponibilidad de registros sobre información climatológica, meteorológica y planos actualizados de la subcuenca del Río El Jute, por parte de entidades e instituciones a solicitar influirán para el desarrollo de los estudios a realizar, en cuanto a la precisión de los resultados obtenidos.
- ✚ En el presente documento se plantearán posibles soluciones. Pero cuando estas sean obras civiles, la solución se limitará a describir la propuesta seleccionada previamente, considerada como la más factible, apropiada y funcional; sin desarrollar la fase de diseño y presupuesto de las obras civiles.
- ✚ La elaboración de las pruebas físicas, químicas y bacteriológicas, que se hagan para el desarrollo de la presente investigación serán gestionadas a la Universidad de El Salvador, debido al alto costo que representan la realización de las mismas.



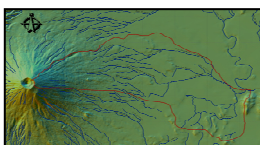


### 1.7 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

La metodología que se considera más adecuada a seguir para alcanzar los objetivos que se han propuesto con esta investigación es la siguiente:

#### 1.7.1 RECOPIACION DE INFORMACION BIBLIOGRAFICA

- ✚ Visitas a bibliotecas, para la revisión y lectura de documentos; libros, tesis, folletos, volantes, tratados, entre otros.
- ✚ Consultas a instituciones públicas y privadas para la respectiva gestión de información bibliográfica de acorde a nuestro trabajo de investigación.
- ✚ Entrevistas a personas que tengan conocimiento sobre la temática que está siendo sujeto de estudio, como Hidrólogos, Ingenieros Agrónomos, especialistas en Manejo de Cuencas Hidrográficas, Ingenieros Civiles, Químicos y Biólogos y otros que se consideren necesarios, para propiciar la obtención de información bibliográfica indispensable para la realización de la investigación.
- ✚ Realización de investigaciones en Internet, para la respectiva gestión de descargas bibliográficas (libros, revistas, tratados, manuales entre otros), que tengan clara incidencia en la investigación a realizar.
- ✚ Obtención de cuadrantes, mapas, planos, software versión demo del ArcGIS 9.0 u otro sistema de información geográfica (SIG) que pueda ser de utilidad, gestionados a instituciones como el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), Ministerio de Agricultura y Recursos Naturales (MARN), Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA); imprescindibles para la realización de los diferentes estudios que se llevaran a cabo en el transcurso de la investigación.





## CAPITULO I: ANTEPROYECTO

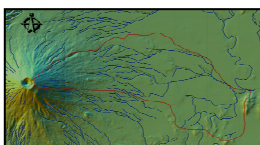
Con la información bibliográfica antes descrita se podrán definir los siguientes aspectos:

- a) Estado hidrológico de la subcuenca del Río El Jute.
- b) Índices de escurrimiento superficial y potenciales de precipitación.
- c) Métodos o herramientas a utilizar para el manejo y protección de la subcuenca del Río El Jute.
- d) Datos de población.

### 1.7.2 INVESTIGACION DE CAMPO

Con el análisis de la información bibliográfica vamos a poder definir los posibles sitios para la realización de acciones que vayan encaminadas a una posible solución del mal manejo y la falta de protección que se le da a la subcuenca del Río El Jute entre las que cabe resaltar:

- ✚ Encuestas o entrevistas a líderes comunales para contemplar un diagnóstico acerca del uso actual.
- ✚ Realizar las distintas pruebas de laboratorio que nos proporcionen indicadores sobre la calidad del agua del Río El Jute (física, química y bacteriológica), el cual está ubicado dentro de la subcuenca.
- ✚ Levantamiento topográfico del Río El Jute; para obtener las pendientes del terreno, así como otra información topográfica que pueda ser útil para la realización de la investigación.
- ✚ Realización de pruebas de infiltración.
- ✚ Elaboración del Balance Hídrico de la subcuenca del Río El Jute.



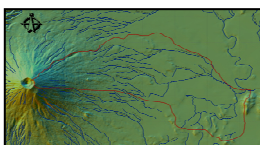




### 1.7.3 TRABAJO DE GABINETE

Con la información bibliográfica y el trabajo de campo realizado se procede a:

- ✚ Ordenar la información.
- ✚ Manejo de datos obtenidos en el campo.
- ✚ Analizar los datos obtenidos; para luego ejecutar las posibles alternativas de solución y protección de la subcuenca.
- ✚ Elaboración de un plan de protección y manejo integral para la subcuenca, contrastando los datos que refleja el diagnostico, con el marco referencial (leyes, proceso histórico y teoría relacionadas).
- ✚ Formulación de conclusiones y recomendaciones para la utilización del plan de protección y manejo propuesto.



**CAPITULO II**

**MARCO**




**REFERENCIAL**



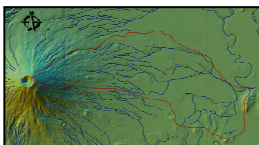
### 2.1 INTRODUCCION

Al llevar a cabo una investigación con el objeto de resolver una problemática es necesario recopilar información relacionada con el problema, para tener una visión más amplia de cómo abordar el tema.

En el presente capítulo se encuentra plasmada la investigación bibliográfica, la cual se subdivide en:

-  Marco Normativo.
-  Marco Histórico.
-  Marco Teórico.

Dicha información es fundamental en el Plan de Protección y Manejo Integral para la subcuenca del Río El Jute, al mismo tiempo será la referencia que guiará toda la investigación, así como también el análisis de resultados y las recomendaciones para la solución de dicha problemática.





### 2.2 MARCO NORMATIVO

El proyecto de investigación “**Plan de protección y manejo integral del recurso hídrico para la subcuenca del Río El Jute, Cantón Monte Grande, Departamento de San Miguel**”, se ve normado en los siguientes aspectos:

1. Protección del recurso hídrico.
2. Manejo integral del recurso hídrico.

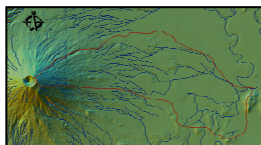
La normativa para el estudio del “**Plan de protección y manejo integral del recurso hídrico**” es la siguiente:

#### 2.2.1 CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR

La Constitución de la República de El Salvador, tiene disposiciones referentes al Medio Ambiente y son las siguientes:

**Art. 113.** De la Constitución de la República dice: "Serán fomentadas y protegidas las asociaciones de tipo económico que tiendan a incrementar la riqueza nacional mediante un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y humanos, y a promover una justa distribución de los beneficios provenientes de sus actividades. En esta clase de asociaciones, además de los particulares, podrán participar el Estado, los municipios y las entidades de utilidad pública”.

**Art. 117.** De la Constitución de la República dice: "Es deber del Estado proteger los recursos naturales así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

garantizar el desarrollo sostenible. Se declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales, en los términos que establezca la ley. Este artículo es reconocido como el fundamento del Derecho Ambiental.

Es de carácter importante los artículos de la Constitución de la República relacionados con la protección y aprovechamiento de recursos naturales, ya que es la constitución la base de todas las leyes en El Salvador y por tanto la principal herramienta de el marco normativo.

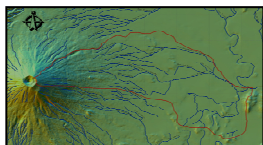
### 2.2.2 LEY DE MEDIO AMBIENTE

Esta ley tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refieran a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también el normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general.

Los artículos que se relacionan con la protección y manejo integral del recurso hídrico son los siguientes:

**Art. 2.** La política nacional del medio ambiente, se fundamentara en los siguientes principios:

- a) Todos los habitantes tienen derecho a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Es obligación del Estado tutelar, promover y

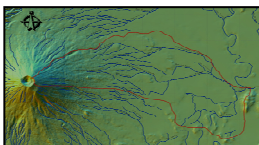




## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

defender este derecho de forma activa y sistemática, como requisito para asegurar la armonía entre los seres humanos y la naturaleza.

- b) El desarrollo económico y social debe ser compatible y equilibrado con el medio ambiente; tomando en consideración el interés social señalado en el Art. 117 de la Constitución.
- c) Se deberá asegurar el uso sostenible, disponibilidad y calidad de los recursos naturales, como base de un desarrollo sustentable y así mejorar la calidad de vida de la población.
- d) Es responsabilidad de la sociedad en general, del Estado y de toda persona natural y jurídica, reponer o compensar los recursos naturales que utiliza para asegurar su existencia, satisfacer sus necesidades básicas, de crecimiento y desarrollo, así como enmarcar sus acciones, para atenuar o mitigar su impacto en el medio ambiente; por consiguiente se procurará la eliminación de los patrones de producción y consumo no sostenible; sin defecto de las sanciones a que esta ley diere lugar.
- e) En la gestión de protección del medio ambiente, prevalecerá el principio de prevención y precaución.
- f) La formulación de la política nacional del medio ambiente, deberá tomar en cuenta las capacidades institucionales del Estado y de las municipalidades, los factores demográficos, los niveles culturales de la población, el grado de contaminación o deterioro de los elementos del ambiente, y la capacidad económica y tecnológica de los sectores productivos del país.
- g) La gestión pública del medio ambiente debe ser global y transectorial, compartida por las distintas instituciones del Estado, incluyendo los Municipios y apoyada y complementada por la sociedad civil, de acuerdo a lo establecido por esta ley, sus reglamentos y demás leyes de la materia.





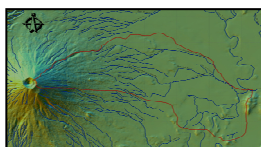
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- h) En los procesos productivos o de importación de productos deberá incentivarse la eficiencia ecológica, estimulando el uso racional de los factores productivos y desincentivándose la producción innecesaria de desechos sólidos, el uso ineficiente de energía, del recurso hídrico, así como el desperdicio de materias primas o materiales que pueden reciclarse.

### 2.2.2.1 Normas ambientales en los planes de desarrollo

**Art. 15.** Los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial deberán incorporar la dimensión ambiental, tomando como base los parámetros siguientes:

- a) Los usos prioritarios para áreas del territorio nacional, de acuerdo a sus potencialidades económicas y culturales, condiciones específicas y capacidades ecológicas, tomando en cuenta la existencia de ecosistemas escasos, entre los que se deben incluir laderas con más de 30% de pendiente, la zona marino-costera y plataforma continental, las zonas de recarga acuífera, los manglares, las áreas altamente erosionadas o degradadas o con altos niveles de población, que sean establecidas como áreas frágiles.
- e) La ubicación de las obras de infraestructura para generación de energía, comunicaciones, transporte, aprovechamiento de recursos naturales, saneamiento de áreas extensas, disposición y tratamiento de desechos sólidos y otras análogas.
- f) La elaboración de planes zonales, departamentales y municipales de ordenamiento del territorio.
- g) La ubicación de obras para el ordenamiento, aprovechamiento y uso de los recursos hídricos.

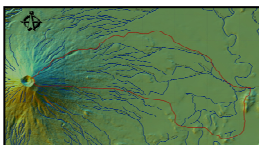




### 2.2.2.2 Actividades, obras o proyectos que requerirán de un estudio de impacto ambiental

**Art. 21.** Toda persona natural o jurídica deberá presentar el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental para ejecutar las siguientes actividades, obras o proyectos:

- c) Oleoductos, gaseoductos, poliductos, carboconductos, otras tuberías que transporten productos sólidos, líquidos o gases, y redes de alcantarillado.
- d) Sistemas de tratamiento, confinamiento y eliminación, instalaciones de almacenamiento y disposición final de residuos sólidos y desechos peligrosos.
- h) Presas, embalses y sistemas hidráulicos para riego y drenaje.
- i) Obras para explotación industrial o con fines comerciales y regulación física de recursos hídricos.
- j) Plantas o complejos pesqueros, industriales, agroindustriales, turísticos o parques recreativos.
- k) Las situadas en áreas frágiles protegidas o en sus zonas de amortiguamiento y humedales.
- l) Proyectos urbanísticos, construcciones, lotificaciones u obras que puedan causar impacto ambiental negativo.
- m) Proyectos del sector agrícola, desarrollo rural integrado, acuicultura y manejo de bosques localizados en áreas frágiles; excepto los proyectos forestales y de acuicultura que cuenten con planes de desarrollo, los cuales deberán registrarse en el Ministerio a partir de la vigencia de la presente ley, dentro del plazo que se establezca para la adecuación ambiental.







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- o) Cualquier otra que pueda tener impactos considerables o irreversibles en el ambiente, la salud y el bienestar humano o los ecosistemas.

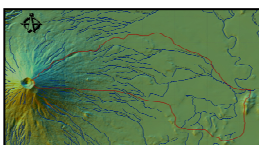
### 2.2.2.3 Prevención y control de la contaminación inventarios de emisiones y medios receptores

**Art. 46.** Para asegurar un eficaz control de protección contra la contaminación, se establecerá, por parte del ministerio en coordinación con el Ministerio de Salud publica y Asistencia Social y con las autoridades competentes en materia de normatividad del uso o protección del agua, el aire y el suelo, la capacidad de estos recursos como medios receptores, priorizando las zonas del país más afectadas por la contaminación.

Para ello, recopilará la información que permita elaborar en forma progresiva los inventarios de emisiones y concentraciones en los medios receptores, con el apoyo de las instituciones integrantes del Sistema de Gestión del Medio Ambiente, a fin de sustentar con base científica el establecimiento y adecuación de las normas técnicas de calidad del aire, el agua y el suelo.

### 2.2.2.4 Protección del recurso hídrico

**Art. 48.** El Ministerio promoverá el manejo integrado de cuencas hidrográficas, una ley especial regulará esta materia. El Ministerio creará un comité interinstitucional nacional de planificación, gestión y uso sostenible de cuencas hidrográficas. Además promoverá la integración de autoridades locales de las mismas.





### 2.2.2.5 Criterios de supervisión

**Art. 49.** El Ministerio será responsable de supervisar la disponibilidad y la calidad del agua.

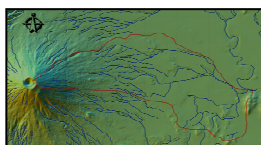
Un reglamento especial contendrá las normas técnicas para tal efecto, tomando en consideración los siguientes criterios básicos:

- a) Garantizar, con la participación de los usuarios, la disponibilidad, cantidad y calidad del agua para el consumo humano y otros usos, mediante los estudios y las directrices necesarias.
- b) Procurar que los habitantes, utilicen prácticas correctas en el uso y disposición del recurso hídrico.
- c) Asegurar que la calidad del agua se mantenga dentro de los niveles establecidos en las normas técnicas de calidad ambiental.
- d) Garantizar que todos los vertidos de sustancias contaminantes, sean tratados previamente por parte de quien los ocasionare.
- e) Vigilar que en toda actividad de reutilización de aguas residuales, se cuente con el Permiso Ambiental correspondiente, de acuerdo a lo establecido en esta Ley.

### 2.2.2.6 Gestión y uso de las aguas y ecosistemas acuáticos

**Art. 70.** El Ministerio, elaborara y propondrá al Presidente de La República para su aprobación los reglamentos necesarios para la gestión, uso, protección y manejo de las aguas y ecosistemas tomando en cuenta la legislación vigente y los criterios siguientes:

- a) Su manejo se realizará en condiciones que prioricen el consumo humano, guardando un equilibrio con los demás recursos naturales.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- b) Los ecosistemas acuáticos deben ser manejados tomando en cuenta las interrelaciones de sus elementos y el equilibrio con otros.
- c) Se promoverán acciones para asegurar que el equilibrio del ciclo hidrológico no sufra alteraciones negativas para la productividad, el equilibrio de los ecosistemas, la conservación del medio ambiente, la calidad de vida y para mantener el régimen climático.
- d) Asegurar la cantidad y calidad del agua, mediante un sistema que regule sus diferentes usos.
- e) Se establecerán las medidas para la protección del recurso hídrico de los efectos de la contaminación.
- f) Todo concesionario de un recurso hídrico para su explotación será responsable de su preservación.

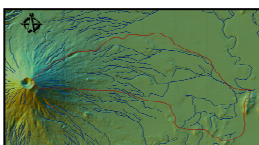
### 2.2.2.7 Protección de zonas de recarga

**Art. 71.** El Ministerio identificara las zonas de recarga acuífera y promoverá acciones que permitan su recuperación y protección.

### 2.2.2.8 Manejo de los suelos y ecosistemas terrestres

**Art. 75.** El Presidente de La República, a propuesta del Ministerio, formulara los reglamentos relativos al manejo de los suelos y ecosistemas terrestres, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- a) El uso del suelo y de los ecosistemas terrestres deberá ser compatible con su vocación natural y capacidad productiva, sin alterar su equilibrio.



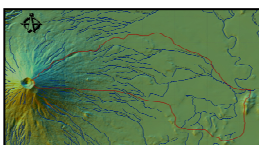


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- b) Deberá evitarse las prácticas que provoquen la erosión, la degradación de los suelos por contaminación o la modificación de sus características topográficas y geomorfológicas.
- c) Deberán llevarse a cabo prácticas de conservación y recuperación de los suelos, por quienes realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales, mineras, urbanísticas, de infraestructura u otras que afecten o puedan afectar negativamente sus condiciones.
- d) En los casos de construcción de obras civiles y aprovechamiento de los recursos naturales no renovables, que puedan directa o indirectamente provocar deterioros significativos de los suelos, deberán realizarse las acciones de regeneración y restauración requeridas.
- e) En áreas de recarga acuífera y cuencas hidrográficas se priorizará la protección de los suelos, las fuentes y corrientes de agua, procurando que éstas mantengan y aumenten sus caudales básicos.

Para el cumplimiento de lo establecido en los literales anteriores, el Ministerio promoverá programas especiales de capacitación y transferencia de tecnología, así como un Plan Nacional de lucha contra la deforestación, la erosión y la desertificación.

En la Ley del Medio Ambiente encontramos artículos los cuales tendrán incidencia directa en nuestra investigación, ya que están íntimamente ligados a nuestra temática.



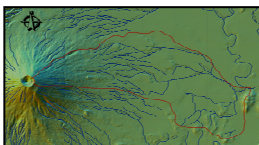


### 2.2.3 LEY FORESTAL

**Art. 23.** Se declaran Áreas de Uso Restringido, las superficies de inmuebles en las que sus propietarios tendrán la obligación de manejar de manera sostenible la vegetación existente, en los siguientes casos:

- a) Los terrenos que bordeen los nacimientos de agua o manantiales, en un área que tenga por radio por lo menos veinticinco metros, o lo que determine el estudio técnico respectivo, medidos horizontalmente a partir de su máxima crecida.
- b) Los terrenos riberaños de ríos y quebradas en una extensión equivalente al doble de la mayor profundidad del cauce, medida en forma horizontal a partir del nivel más alto alcanzado por las aguas en ambas riberas en un período de retorno.
- d) Los terrenos de las partes altas de las cuencas hidrográficas, en especial las que están en zona de recarga hídrica.

Los Concejos Municipales dentro del territorio de su jurisdicción podrán emitir ordenanzas que tengan como fin la protección y el aprovechamiento de los recursos forestales en las áreas de uso restringido con base en lineamientos establecidos por los Ministerios de Agricultura y Ganadería y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dichos lineamientos serán dictados por Acuerdo Ejecutivo en el ramo correspondiente.





### 2.2.4 LEY DE URBANISMO Y CONSTRUCCION

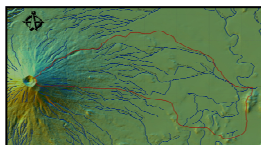
El desarrollo urbano en la Ciudad de San Miguel está reglamentado por la Ley de Urbanismo y Construcción y es el Vice-ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano quien lo regula.

Los artículos que aplican a nuestra investigación son los siguientes:

**Art. 1.** El Vice-ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, será el encargado de formular y dirigir la Política Nacional de Vivienda y Desarrollo Urbano: así como de elaborar los Planes Nacionales y Regionales y las disposiciones de carácter general a que deben sujetarse las urbanizaciones parcelaciones y construcciones en todo el territorio de la República. Vice-ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano quien lo regula.

La elaboración, aprobación y ejecución de planes de Desarrollo Urbano y rural de la localidad corresponde al respectivo Municipio los que deberán enmarcarse dentro de los planes de Desarrollo Regional o Nacional de Vivienda y Desarrollo en defecto de los planes de Desarrollo Local tendrán aplicación las disposiciones de carácter general y los planes a que se refiere el inciso primero de este artículo.

Cuando los Municipios no cuenten con sus propios planes de Desarrollo Local y ordenanzas Municipales respectivas. Todo articular entidad oficial o autónoma. Deberá solicitar la aprobación correspondiente al Vice-ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, antes que a cualquier otra oficina para ejecutar todo tipo de proyecto a que se refiere este artículo.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

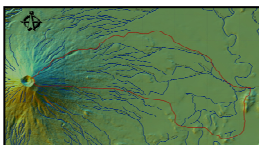
**Art. 2.** Para que el Vice-ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, pueda otorgar la aprobación a que alude el artículo anterior, es indispensable que los Interesados hayan llenado los requisitos siguientes:

- h) Resolución de factibilidad emitida por el organismo correspondiente del problema de agua potable, drenaje completo de aguas lluvias, aguas negras, alumbrado eléctrico, servicio telefónico indicando a sus conexiones con los servicios públicos ya establecidos.

**Art. 44.** Las parcelas comprendidas dentro de los suelos declarados como zonas de reserva ecológica, serán de uso silvícola y cualquier otro uso estará sujeto a las disposiciones que en la materia se dicten. El uso habitacional estará condicionado a una densidad máxima de 10 habitantes por hectárea, en consecuencia el lote mínimo permitido será de 4,000 m<sup>2</sup> y sus edificaciones se deberán limitar a techar el 10% de su área. Su infraestructura deberá realizarse conforme a lo dispuesto en el Art. 98 de este Reglamento.

**Art. 50.** Todo accidente natural dentro de una parcelación o colindante con otra, deberá contar con una zona de protección con las excepciones reguladas en el Art. 51 de este Reglamento.

El ancho de la zona de protección de un río o de una quebrada caudalosa, deberá ser determinado por un estudio de las áreas de recogimiento o influencia de los mismos, con el cual se determinará el área hidráulica necesaria de acuerdo al caudal máximo instantáneo resultante. Este estudio deberá determinar al menos la altura máxima probable que alcanzará la corriente adyacente al terreno, el ancho de la zona de





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

protección y las obras de protección necesarias con sus detalles y características correspondientes (inclinación de taludes, tipos y secciones de muros, etc.). Dicho estudio deberá ser realizado por profesionales o empresas debidamente acreditados.

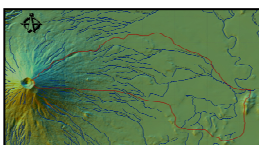
**Art. 51.** Las zonas de protección que no cuenten con vegetación adecuada o que presenten cambios de nivel mayores de un metro deberán ser protegidos con obras tales como taludes engramados, estaquillados, barreras naturales, etc.

El ancho de la zona de protección original en quebradas secas o estacionarias podrá reducirse mediante la construcción de muros o la combinación de muros y taludes cuya relación será de 1.5 horizontal por 1.0 vertical o mediante el cambio de la inclinación de los taludes, la cual podrá aumentarse mediante tratamientos especiales de los mismos, con suelo, cemento, enchapados y otros; pero tal medida deberá justificarse mediante la presentación de un estudio elaborado por un laboratorio de suelos y materiales.

Por ningún motivo se permitirá la tala de árboles dentro de las zonas de protección ni la variación de su perfil natural cuando éste se encuentre cubierto de vegetación natural, con el objeto de reducir el ancho de la misma.

### 2.2.4.1 Obras de urbanización para aguas lluvias

**Art. 91.** Los proyectos de parcelación que tengan áreas de influencia que converjan a ellos o que sean atravesados por quebrada o río; deberán contar con un estudio hidrológico de la cuenca en que se encuentren ubicados, a fin de considerar el desarrollo de otros proyectos tanto aguas arriba como aguas abajo. Si el sector donde se







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

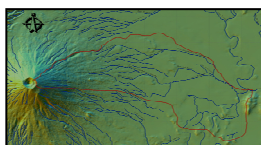
encuentra el proyecto es de pendientes fuertes, deberá prevenirse la erosión hacia adentro o hacia fuera con los terrenos que los circundan, para lo cual será necesario proyectar las obras de protección y canalización necesarias. También contra un diseño hidráulico de las tuberías y otras obras de drenaje internas del proyecto.

### 2.2.5 REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCION

**Art. 3.** El estado, a través de los mecanismos establecido en el presente Reglamento y de la autoridad competente, tomara las medidas adecuadas y oportunas para regular las actividades que lleguen a producir contaminación de las aguas, a fin de armonizar el aprovechamiento racional e integral de los recursos hídricos con la protección de la calidad de los mismos.

**Art. 4.** El órgano Ejecutivo en las ramas de Planificación, Salud Pública y Asistencia Social, de Agricultura y ganadería y de Obras Públicas podrá establecer regulaciones especialmente sobre:

- a) Los procesos industriales cuyos efluentes, no obstante el tratamiento a que puedan ser sometidos, hayan de constituir un peligro de contaminación.
- b) La fabricación importación comercio y utilización de productos que constituyan una amenaza para la calidad del agua, tales como fertilizantes, pesticidas y productos químicos y bioquímicas, según las leyes sobre la materia.
- c) Las actividades que afecten las zonas de protección de los causes mismos y las captaciones de agua.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

d) Las demás que se consideren necesarias a los fines del presente Reglamento.

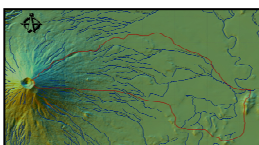
**Art. 5.** Para los fines de este Reglamento se establecen como objetivos de calidad los niveles físicos y biológicos necesarios para mantener, preservar o recuperar la calidad del recurso hídrico, de manera que no se interfiera con el uso previsto en los Planes Nacionales de desarrollo, aprovechamiento o protección de los recursos hídricos.

**Art. 6.** La especificación de los objetivos de calidad la clasificación y reclasificación de las aguas se hará por resolución ministerial conjunta, en los Ramos de MIPLAN, MAG, MOP MSPAS.

**Art. 7.** Las condiciones a que deben sujetarse los vertidos de aguas residuales contaminantes se establecerán de manera que se conserven los objetivos de calidad previamente establecidos, tomando en consideración el destino, volumen, caudal, calidad y poder de autodepuración, tanto del vertido como del cuerpo de agua receptor.

**Art.13.** Cuando el estado de calidad del agua afecte o pueda afectar la salud pública o aspectos relativos al saneamiento, incluyendo vertidos industriales, cloacales, descargas urbanas y demás será el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social por medio de la dependencia ejecutiva correspondiente, quien se encargará de velar por el cumplimiento de las normas de calidad fijadas para cada caso.

**Art. 14.** El Ministerio de Agricultura y Ganadería en cumplimiento del Artículo 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, dictará las medidas necesarias para:





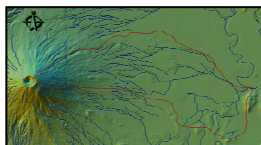
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- a) Impedir que contaminen las aguas.
- b) Impedir que el uso de aguas reduzca la fertilidad de los suelos.
- c) Proteger la fauna y la flora acuática.

**Art. 15.** Cuando se trate d vertidos que puedan perturbar el equilibrio físico, químico, biológico y ecológico de las aguas será el Ministerio de Agricultura y Ganadería, por medio de su dependencia ejecutiva quien se encargará de velar por el cumplimiento de las normas de calidad fijadas para cada caso. Sin perjuicio de los dispuestos en el Artículo 11, el MAG y el MSPAS podrán actuar en forma conjunta cuando lo requiera uno de estos Ministerios.

**Art. 16.** Cuando se trate de descargas de aguas negras o vertidos industriales, el MSPAS deberá establecer sistemas de vigilancia y control para que se cumplan las condiciones fijadas en cada caso. El MAG, por su parte establecerá sus propios mecanismos de vigilancia y control dentro de su competencia. Ambos Ministerios podrán presentarse mutua colaboración técnica cuando sea requerida.

**Art. 17.** Cuando se trate de vertidos que descargan sistemas de alcantarillado sanitario, sistema de conducción de aguas residuales, obras de tratamiento y disposición final de las mismas, de propiedad de ANDA, será esta Institución la que aplicará sus propias normas y regulaciones para asegurar la protección y buen funcionamiento de dichas obras. ANDA establecerá las condiciones que deben cumplir las aguas residuales domésticas o industriales, previo a la autorización de vertido en las obras sanitarias anteriormente mencionadas.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

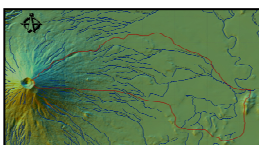
**Art. 19.** Ninguna descarga de residuos sólidos, líquidos o gaseosos a los diferentes medios acuáticos, alcantarillado sanitario y obras de tratamiento podrá ser efectuada sin la previa autorización de la Autoridad Competente.

**Art. 35.** Solamente se podrán efectuar descargas de residuos sólidos, líquidos o gaseosos cuando de conformidad a los objetos de calidad no se perjudiquen las condiciones físico-químicas y biológicas del medio acuático o receptor.

**Art. 46.** De conformidad a las disposiciones contenidas en la Ley forestal, Decretos y demás reglamentos sobre la materia, se consideran como zonas críticas protectoras del recurso agua, las siguientes:

- a) Las partes altas de las cuencas hidrográficas delimitadas al efecto.
- b) Las zonas adyacentes hasta una distancia de cincuenta metros medios soportes de ríos, lagos, lagunas.
- c) En medio soporte de las aguas subterráneas.

Los artículos expuestos en el presente reglamento normalizan los vertidos que se realizan en los diferentes medios receptores, así como las instituciones responsables en hacer cumplir el presente reglamento.





### 2.2.6 REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TECNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL

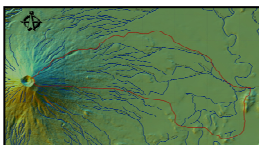
Límites de Vertidos y Emisiones.

**Art. 6.** A efecto de establecer las acciones de prevención, atenuación o compensación a que se refiere el Art. 20 de la Ley del Medio Ambiente, el titular de cualquier actividad, obra o proyecto de las establecidas en el Art. 21 de la misma, deberá incorporar al Estudio de Impacto Ambiental respectivo, lo siguiente:

1. Determinación de las características físico químicas y biológicas del ecosistema y del medio receptor, en el área de influencia de la actividad, obra o proyecto, según lo establecido en los lineamientos técnicos y específicos dictados por el Ministerio para los estudios correspondientes;
2. Determinación del tipo, calidad y cantidad de los vertidos o emisiones de la actividad, obra o proyecto y la evaluación técnica de los mismos. Se deberá considerar la minimización de la generación de los vertidos o emisiones con el propósito de prevenir la contaminación en los diferentes medios, y
3. Determinación de los impactos ocasionados por el vertido o emisión en el ecosistema y el medio receptor en el área de influencia de la actividad.

#### 2.2.6.1 Calidad del agua como medio receptor

**Art. 19.** La norma técnica de calidad del agua como medio receptor, que se establezca de conformidad a lo establecido en este Reglamento, se fundamentará en los parámetros de calidad para cuerpos de agua superficiales, según los límites siguientes:





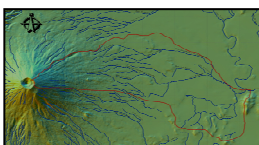
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

**TABLA 2.2.6.1.1:** Límites para los parámetros de calidad para cuerpos de agua superficiales.

PARAMETRO	LIMITE
Bacterias	Que no excedan de una densidad mayor a los 5000 UFC por 100 ml de muestra analizada
Coliformes Totales	Que no excedan de una densidad mayor a los 1000 UFC por 100 ml de muestra analizada
Coliformes Fecales	Que no excedan de una densidad mayor a los 1000 UFC por 100 ml de muestra analizada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5)	No debe permitirse que el nivel de oxígeno disminuya de 5 mg/L
Oxígeno disuelto	Igual o mayor de 5mg/L
PH	Debe mantenerse en un rango de 6.5 a 7.5 unidades o no alterar en 0.5 unidades de PH el valor ambiental natural.
Turbiedad	No deberá incrementarse más de 5 unidades de turbiedad sobre los límites ambientales del cuerpo receptor
Temperatura	Debe mantenerse en un rango entre los 20 a 30° C o no alterar a un nivel de 5°C la temperatura del cuerpo receptor
Toxicidad	No debe exceder de 0.05 mg/L de plaguicidas órgano clorados

**Fuente:** Reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental.

En cumplimiento del Art. 43 de la Ley del Medio Ambiente, el Ministerio, en coordinación con las instituciones competentes, vigilará la calidad del recurso agua





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

como medio receptor mediante un programa sistemático de monitoreo bajo los lineamientos técnicos que establezca con la participación del Consejo.

### 2.2.6.2 Aguas residuales

**Art. 20.** Para la descarga de aguas residuales se establecerá, según lo dispuesto en este Reglamento, la norma de calidad que contenga los límites permisibles, prevaleciendo el principio de precaución a la contaminación del medio que servirá de receptor de la misma.




### 2.2.7 CODIGO PENAL

De acuerdo con el Código Penal, publicado en el D.O. N° 105, tomo N° 335 del 10 de junio de 1997, y que entró en vigencia el día 20 de abril de 1998, se regula un catalogo de conductas di valiosas o negativas en relación a algunos tipos penales para darle protección al entorno medio ambiental.

Entre estos tenemos:

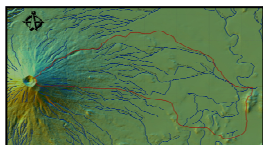
Los delitos relativos a la naturaleza y el medio ambiente en cuanto a:

Atmosfera, agua, suelo:

-  Contaminación Ambiental (Art. 255 Código Penal).
-  Contaminación Agravada (Art. 256 Código Penal).
-  Contaminación Culposa (Art. 257 Código Penal).

En cuanto a bosque y flora:

-  Depredación de bosques (Art. 258 Código Penal).





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- ✚ Depredación a la flora protegida (Art. 259 Código Penal).

Y en cuanto a fauna:

- ✚ Depredación de la fauna (Art. 260 Código Penal).
- ✚ Depredación de la Fauna Protegida (Art. 261 Código Penal).

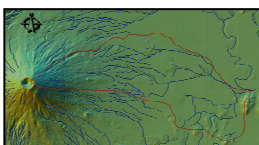
### 2.2.8 AMBITO INTERNACIONAL

La protección de los recursos hídricos a motivado reuniones a los mas altos niveles de autoridades mundiales para la suscripción de tratados que permitan regularlos, con la finalidad de promoverla y castigar aquellos actos que se definan como delitos contra el medio ambiente.

El Salvador ha firmado y ratificado los acuerdos internacionales que en materia ambiental lo obligan a adoptar medidas para cumplir los compromisos adquiridos y operativizar internamente la normativa internacional.

Entre los tratados que tienen aplicabilidad en El Salvador y que se relacionan en alguna medida con los recursos hídricos tenemos:

- ✚ El convenio Constitutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, ratificado el 8 de febrero de 1990 según Diario Oficial N° 36 del tomo 306 del 15 de febrero de 1990, el cual tiene por objeto buscar una mejor calidad de vida en la región a través de un régimen de cooperación para la utilización óptima y racional de los Recursos Naturales del área, el control de la contaminación y el restablecimiento del equilibrio ecológico.



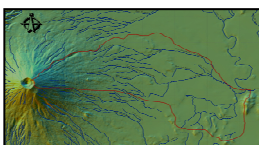




## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

---

- ✚ Además existe el Convenio Regional para el Manejo y la Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales, ratificado el 14 de julio de 1994 según Diario Oficial N° 155 del Tomo 324 del 24 de agosto de 1994, que implícitamente regula sobre la protección y el mejoramiento de las cuencas hidrográficas como consecuencia natural de una adecuada reforestación de las zonas en que estas se encuentran.





### 2.3 MARCO HISTORICO

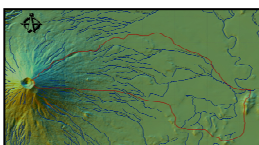
#### 2.3.1 DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL PLANETA

Existe un vínculo entre el desarrollo humano y el acceso al agua potable, al saneamiento y a la higiene. De hecho, el agua es un recurso inseparable de las condiciones de salud, bienestar y desarrollo de la gente. Por lo tanto, la obtención de agua de calidad y en la cantidad necesarias es indispensable para la vida. Por la misma razón, se debe desempeñar con gran responsabilidad la función de proveer de agua a la población, tanto en cantidad como en calidad, para que la salud se vea promovida y no comprometida (OMS-OPS, 1999).

Sin embargo, se sabe que la privación del acceso al agua potable es típicamente una dimensión de las condiciones de la población en situación de pobreza; por ello, la política de agua es fundamental para disminuir o superar la privación del agua, impactando en la salud, en el ingreso, y en la seguridad de la población pobre.

El planeta tierra está cubierto por agua en sus tres cuartas partes, la mayor parte del agua es salada y forma los grandes océanos que rodean los continentes, otra parte se encuentra en forma sólida formando los casquetes polares y la porción restante lo constituyen el agua subterránea y la superficial (ríos, lagos y lagunas).

Según la estimación de la demanda y los usos futuros en comparación con el agua superficial utilizable. El Consejo Nacional de Recursos Hídricos de los Estados Unidos estima que la existencia total de agua superficial sin incluir el agua subterránea es de 256 billones de galones por año; de los cuales en 1980 el uso anual total fue de 162, para el





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

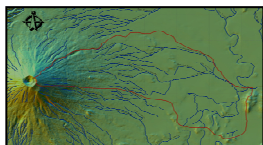
2,000 el uso fue de 294, generando un déficit de casi 40 billones de galones y para el 2,020 el uso anual será de 499, para ese año el déficit estimado alcanzará el 50% de la existencia.

Es importante mencionar que la disponibilidad del agua disminuye cada año, asimismo su calidad se deteriora por el aumento de sustancias contaminantes que el hombre añade, transformándola en no apta para consumo humano.

### 2.3.2 DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SALVADOR

Al tratar de hacer una evaluación de la situación del recurso hídrico en El Salvador, el primer reto con el que se enfrenta es la ausencia de información actualizada. La última vez que se hizo un trabajo de investigación seria y formal fue el Plan Maestro de los Recursos Hídricos (PLAMDARH) concluido en septiembre de 1982 con el apoyo de PNUD, el cual se basó en un análisis de demandas y disponibilidades del recurso para cada cuenca del país; pero no tuvo el seguimiento adecuado, como para ser considerado en los planes nacionales.

El país está ubicado en una región tropical, en términos relativos, el recurso agua no es tan abundante como en otros países de América latina, El Salvador, cuenta con 3,674 m<sup>3</sup>/percápita/año, únicamente las pequeñas islas del Caribe cuentan con menos recurso por habitante. Los acuíferos del país se encuentran ubicados dentro de estas regiones hidrográficas, siendo los principales (en cantidad y calidad del recurso), los que se encuentran en formaciones volcánicas recientes (Cuaternario).





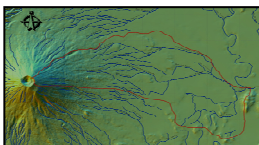
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

En las décadas de los años 70 y 80 se hicieron mediciones del oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes, en los Ríos Sucio, Acelhuate, Lempa y Grande de San Miguel, la condición de esos parámetros era tal en aquella época, que se clasificaron como ríos contaminados en todo su largo los primeros tres y en ciertos tramos los dos últimos. Mediciones más recientes señalan hacia el empeoramiento de las condiciones del agua de esos ríos.

En los últimos 10 años se han hecho grandes esfuerzos para mejorar los servicios de abastecimiento de agua. Un estudio reciente de la OPS destaca que en las áreas urbanas el 92.4% de la población cuenta con algún servicio, sin embargo, en el área rural ocurre todo lo contrario, pues el 75% de la población no cuenta con ningún tipo de servicio formal de agua.

### 2.3.2.1 Tratamiento del agua

El saneamiento en El Salvador, como de hecho en todos los países de America Latina y El Caribe, es una preocupación secundaria, También en ese campo, los municipios del área metropolitana de San Salvador son privilegiados, en relación al resto del país. El 35% de la población rural no cuenta con sistema alguno para la disposición de excretas, en cambio en el área urbana el 96.2 % de las viviendas cuentan con algún sistema (DIGESTYC 1995), pero prácticamente todos los vertidos de los alcantarillados se descargan a los ríos sin ningún tratamiento. Para el saneamiento (disposición de las excretas), la evaluación del sub-sector realizada por la OPS revela que casi el 86% de la población urbana cuenta con alguna forma de disposición adecuada de las excretas, frente a un 50% en la zona rural. Un aspecto preocupante es que de toda la población que cuenta con servicio de alcantarillado, se estima que sólo entre el 2% y el 3% del caudal de aguas residuales generada recibe algún tratamiento, mientras que un 95% se





van sin tratamiento. Las aguas que recolectan las alcantarillas se vierten directamente a ríos y quebradas.

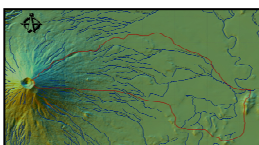
### **2.3.3 LA REFORMA DEL SECTOR HIDRICO EN EL SALVADOR:**

#### **OPORTUNIDAD PARA AVANZAR HACIA LA GESTION INTEGRADA DEL AGUA**

El proceso de modernización y reforma del Estado en El Salvador incluye también al sector de recursos hídricos. Se está en presencia de un proceso simultáneo de propuestas de reforma del marco institucional para la gestión del agua, y de intentos de descentralizar los sistemas de abastecimiento y saneamiento dichos procesos de reforma, son importantes y estratégicos para el futuro del país. Sin embargo, deben debatirse ampliamente a fin de asegurar que permitan avanzar hacia una gestión racional e integrada del recurso hídrico en el país que garantice los objetivos de protección, disponibilidad y eficiencia en el uso del recurso.

Así pues, se generaron muchas propuestas de reforma del sector hídrico por una gama de empresas consultores versadas en la rama hidrológica y manejo del recurso hídrico, en el cual el BID jugó un papel muy importante para el financiamiento de la reforma de este sector, esta propuesta de reforma del sector hídrico yacía en tres pilares fundamentales, los cuales se describen a continuación:

- ✚ La creación de un ente rector o autoridad hídrica que definiría las políticas globales del sector y que asignaría los derechos de uso del agua.
- ✚ La creación de un marco regulatorio del subsector de agua y saneamiento, que incluiría el establecimiento de un ente regulador independiente.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

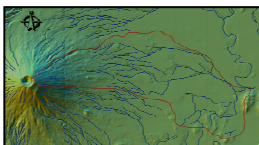
- ✚ Un proceso de reforma empresarial para establecer operadores públicos, privados y mixtos de servicios de agua y alcantarillado.

La posibilidad inmediata de reforma del sector hídrico y del subsector de agua potable y saneamiento, y los intentos de descentralizar el abastecimiento del recurso presenta riesgos si se desarrolla de manera desordenada e inconsulta, pero si se desarrolla de manera concertada, tomando en cuenta las lecciones de la reflexión y experiencia internacional, y la gravedad de los problemas relacionados con el agua en El Salvador, estaríamos frente a una gran oportunidad para avanzar hacia una verdadera gestión integrada del recurso.

Buena parte de las posibles atribuciones que tendría el ente rector del recurso agua están asociadas o son similares a las que le otorga la Ley de Medio Ambiente al MARN. Además del MARN, otras instituciones que se verían comprometidas con la creación de un nuevo ente rector del recurso hídrico son el Ministerio de Salud Pública (vigilancia de la calidad del agua); la Superintendencia de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), que dentro de sus funciones están las de asignar concesiones de agua para hidroelectricidad; y otras instituciones como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (que es el principal usuario del agua para riego), el Ministerio de Obras Públicas y las alcaldías, entre otras.

### 2.3.3.1 Reconocer la gravedad de la crisis del agua

El primer desafío para enfrentar la problemática de la gestión del agua en El Salvador es reconocer la gravedad de la crisis que se enfrenta. Esta crisis se expresa en primer lugar en la pérdida de la capacidad del territorio para regular y almacenar el agua lluvia, lo que provoca un ciclo vicioso de sequías e inundaciones. Esto demanda una





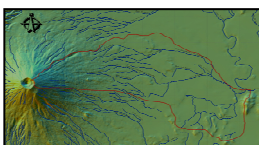
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

gestión integral y participativa de las cuencas, así como la participación masiva de estrategias de revegetación de las zonas de laderas en el país, de modo que se reduzca la vulnerabilidad derivada de la degradación de las cuencas, así como la extrema pobreza prevaleciente en esas zonas.

En segundo lugar, el fuerte deterioro de la calidad del agua por la alarmante contaminación de las aguas superficiales (ríos y lagos), así como de los acuíferos o aguas subterráneas. Al utilizarse los cuerpos de agua y el suelo como receptores de una gran cantidad de desechos domésticos, municipales, industriales, agrícolas y agroindustriales, se disminuye todavía más la disponibilidad del recurso para el consumo directo y la producción. La contaminación está degradando permanentemente el recurso agua y eso supone pérdidas importantes, por lo que es urgente lograr un marco de gestión que propicia la adopción de acciones dirigidas a lograr una reducción acelerada de la contaminación del suelo y del agua.

En tercer lugar, los problemas de cobertura y acceso al agua potable. Se estima que la cobertura alcanza al 62% de la población a nivel nacional, pero en las zonas rurales, la cobertura es de apenas 25% (Conectándonos al Futuro de El Salvador, 1999). Con esta cobertura, gran parte de la población queda obligada a consumir directamente agua contaminada. Por su parte, la población que consume agua previamente tratada por ANDA, está en riesgo por la contaminación en acueductos.

En cuarto lugar, los problemas de escasez y contaminación del agua se magnifican por los vacíos y contradicciones institucionales. El conjunto de leyes y reglamentos relativos a la gestión de los recursos hídricos es disperso, con serios traslapes de





jurisdicción y responsabilidades de aplicaciones de las instituciones públicas como ANDA, CEL, MAG, MOP y MSPAS, entre otros.

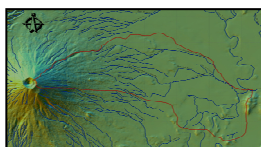
### **2.3.3.2 Incorporar los aportes de la experiencia internacional sobre la gestión integrada del agua**

Un segundo desafío para El Salvador, es el de aprovechar e incorporar los aportes de la experiencia internacional de los últimos años relativos a la gestión integrada del agua. A través de diversos foros internacionales se ha venido acumulando un conjunto de lineamientos estratégicos para una gestión integrada de los recursos hídricos.

Los principales elementos que comparten los planteamientos esbozados por los organismos internacionales son: la urgencia de mejorar el conocimiento del recurso para garantizar y regular sus diversos usos; la necesidad de hacer partícipes cada vez más en las decisiones sobre la gestión a los diversos actores y usuarios del agua; la definición de una unidad territorial que integre usos y actores y finalmente la conformación de una nueva institucionalidad que exprese estos procesos y regule los múltiples usos del agua y la consecución de los objetivos fundamentales de la gestión hídrica.

### **2.3.3.3 Integración de la institucionalidad para la gestión del agua (unión de instituciones)**

La gestión del agua debe considerarse en forma integral y no en partes. La clave para la futura acción sobre el agua y el desarrollo sostenible, es integrar los programas y las políticas sobre la conservación y protección del agua y de la tierra (uso de suelos urbano y rural) y las intervenciones humanas en ellas.







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

En efecto, enfrentar los problemas de utilización del agua, de contaminación y sus efectos externos sobre otros sectores, de explotación excesiva de las aguas subterráneas, de los daños ocasionados por las inundaciones, de abastecimiento insuficiente de agua potable, etc., demanda una innovación de las instituciones que regulan al sector por medio de un sistema institucional integrado. En tal sentido, es importante generar nuevos esquemas y formas de manejo del recurso que se apoyen en la conformación de entidades rectoras de los múltiples usos del agua.

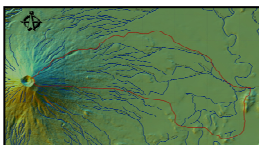
### **2.3.3.4 Compatibilizar los objetivos económicos con los objetivos ambientales**

Cuando no existe un sistema integrado de gestión, las externalidades, tanto negativas (desaprovechamientos, degradación del suelo y el agua) como positivas (generación de servicios ambientales), quedan difusas y no transparentes, por lo que su reconocimiento demanda un enfoque de gestión integral.

Por otro lado, en la medida que se aplique el principio “usuario- contaminador-pagador” se hará transparente no sólo el carácter finito del agua sino también la búsqueda de su protección, preservación y disponibilidad tanto en cantidad como en calidad. Así, instrumentos económicos tales como las tarifas cobradas por el uso y las sanciones cobradas por el mal uso pueden contribuir a mejorar la gestión del recurso y a la eficiencia de su uso.

### **2.3.3.5 Concertación, participación y transparencia**

El propósito central de la gestión integral de los recursos hídricos es por tanto, resolver los conflictos que se producen entre el hombre y su entorno, y entre los diversos usuarios. Los actores en este caso serán quienes usan el agua, quienes se ven directamente afectados por ese uso, quienes regulan su utilización y quienes formulan la





política y la legislación hídrica. En tal sentido, es necesario generar mecanismos transparentes de participación, para que los diversos intereses sectoriales, institucionales y grupales sean tomados en cuenta en las principales decisiones de la gestión hídrica.

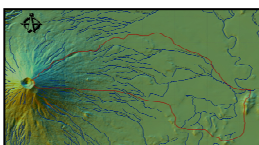
En efecto, una de las condiciones básicas de una gestión integrada de los recursos hídricos es una gestión concertada del agua. La participación de los usuarios, sectores y comunidad se constituye actualmente en un medio eficaz para garantizar que las soluciones técnicas sean adecuadas y duraderas.

### **2.3.3.6 Incorporar plenamente la dimensión territorial**

La integración de sus diversos usos del agua y su protección, a través de la participación de los principales usuarios y actores interesados, debe concretarse sobre una unidad territorial específica, capaz de reflejar las características, elementos y procesos que deben considerarse de cara a la gestión del recurso. La cuenca hidrográfica como espacio entre el suelo, la vegetación, la fauna y la intervención humana representa la unidad de planificación básica a nivel hídrico, por lo que es necesario organizar a escala de las cuencas, las modalidades de gestión integrada de los recursos hídricos. Esto implica desarrollar el manejo de los usos múltiples del agua, así como prevenir los riesgos naturales, de tal manera de satisfacer racional y equitativamente los diferentes usos para un desarrollo económico sostenible, proteger y restaurar los medios acuáticos y su entorno territorial.

### **2.3.3.7 El desafío del conocimiento del sistema hidrológico**

La gestión integrada de los recursos hídricos implica la integración de las actividades sobre el agua a partir de una política de fomento de investigación y conocimiento del recurso, en donde estos dos aspectos son una condición previa





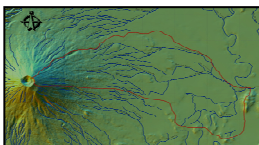
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

indispensable para una gestión integral y equilibrada del agua. En cualquier etapa del desarrollo de los recursos hídricos (planificación, diseño y operación), se necesitan datos hidrometeorológicos básicos, tales como los registros históricos de precipitación, evaporación y escorrentía. Sin una base de datos mínima sobre el agua y sus usos, cualquier proceso de planificación y diseño sobre el mismo resultará inconsistente e incluso peligroso por las implicaciones humanas, económicas, sociales y ambientales. El conocimiento del recurso implica el establecimiento y mantenimiento de redes de medidas y bancos de datos que permitan determinar oferta y demanda del agua para sus múltiples usos. Esto por lo tanto conlleva a la consecución del objetivo de protección del recurso y de disponibilidad del mismo.

### 2.3.4 CONSTRUCCION NACIONAL DE UN MARCO PARA LA GESTION INTEGRAL DEL AGUA

En la construcción nacional de una política hídrica y gestión integrada del agua, se deben buscar respuestas adecuadas a interrogantes sobre temas clave como los siguientes:

- ✚ El conocimiento del recurso hídrico y la necesidad de avanzar en los estudios técnicos y científicos que garanticen una política de uso consistente. La ausencia de información suficiente, fiable y oportuna existente sobre el recurso como una limitante clave en términos de una adecuada toma de decisiones. Esto significa, avanzar en pro del fomento de la investigación y conocimiento del recurso hídrico.
- ✚ Los marcos legales e institucionales para garantizar la protección y valoración del recurso, así como la internalización de los costos derivados de su uso, así como los beneficios derivados de las prácticas que protegen el recurso.





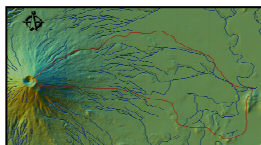
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- ✚ La composición del ente rector y la representación de los usuarios y la institucionalidad ciudadana para la participación informada en el manejo del recurso.
- ✚ La consistencia entre los marcos legales e institucionales para la gestión del territorio y el agua.

En el ámbito mas específico de la reforma del subsector de agua y saneamiento, algunos temas relevantes que hasta el momento se han planteado son:

- ✚ La ausencia de una base de datos confiables a nivel nacional sobre operadores y modalidades de gestión y uso del recurso.
- ✚ Análisis y revisión de la gestión actual en agua y saneamiento con serios problemas de inequidad e ineficiencia (cobertura y calidad de agua), los costos y externalidades negativas asociados a ello.
- ✚ Identificación de nuevas modalidades desde lo local y regional para garantizar la protección del recurso. Estudio de nuevas modalidades orientadas a la gestión territorial sostenible y asociada de sistemas de agua y saneamiento.

En definitiva de lo que se trata, es de aprovechar el potencial de movilización ciudadana, sobre un tema tan vital como el agua para iniciar un esfuerzo orientado a debatir y construir un camino nacional propio que permita una gestión mucho más racional de la riqueza hídrica del país.

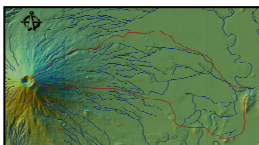




### 2.3.5 ASPECTOS RELEVANTES SOBRE LA GESTION INTEGRAL DEL AGUA, USOS DEL SUELO Y REORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

Con el paso de los años la ciudad de San Miguel ha venido presentando cambios muy acelerados tanto en su infraestructura como en el aspecto socioeconómico y cultural. Se debe en parte que a los finales de la década de lo 70, comenzó una migración de personas o el desplazamiento de poblaciones hacia el municipio, lo cual causó variaciones en la constitución territorial de la región, provocando que terrenos de vocación agrícola fueran parcelados, dando origen a varias lotificaciones, terrenos industriales y comerciales. Debido a la necesidad de desarrollo urbano en la zona, se generó una tala indiscriminada de árboles, provocando por consiguiente que el nivel de los acuíferos empezara a disminuir y poco a poco a escasear el agua, lo cual se ha agudizado mas debido a la impermeabilización del suelo por las numerosas construcciones que se han ido realizando por lo que cada vez es mas difícil la infiltración del agua en el subsuelo.

Se empezó a urbanizar en lugares importantes para la recarga hídrica de la ciudad, y al no cumplir con el plan de desarrollo urbano fue provocando una discordancia en el sistema natural del drenaje pluvial, lo que ha generado hasta la fecha un incremento progresivo de la escorrentía superficial, formando sectores de inundación en sitios aguas abajo de acuerdo a la tendencia del crecimiento urbano. Estos lugares generan una serie de problemas o incomodidades tantos a las familias que ahí residen como al tránsito que circula por estas calles. Hasta la fecha San miguel todavía cuenta con la primera red de distribución de drenaje de aguas lluvias, por lo que este hecho facilita que se den las inundaciones debido a que estos sistemas ya están obsoletos y las condiciones de escorrentía superficial han cambiado bastante, además se han hecho lotificaciones las



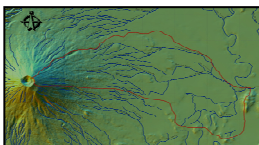


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

cuales carecen de un sistema de drenaje de aguas lluvias lo que provoca que las calles de dichos lugares trabajen como un cauce natural originando crecidas en sectores adyacentes a urbanizaciones.

En cuanto a la búsqueda de información local sobre investigaciones que tengan que ver con propuestas sobre el manejo de cuencas hidrográficas y sobre todo con la protección del recurso hídrico como lo es el agua, es poca la información con que se cuenta que tengan clara incidencia sobre el río El Jute, solo están enfocados en forma general sobre lo que es el acuífero de San Miguel que de alguna forma cuenta con ciertos aspectos que tienen relación con la temática de estudio (tesis) ; los cuales se mencionan a continuación:

- A) “Plan maestro de desarrollo urbano de la ciudad de San miguel (PLAMADUR)”**, fue elaborado en 1996 por el consorcio PADCO-ESCO; donde se encuentran los tomos referentes a: El diagnostico sectorial del plan de ordenamiento territorial y el Diagnostico sectorial del plan de ordenamiento ambiental. En cada uno de ellos se describen alternativas de solución o programas de infraestructura de acción inmediata al problema del desagüe pluvial. Las hipótesis y recomendaciones hechas a partir del diagnostico realizado en la investigación tienen un periodo de efectividad que data hasta el año 2015.
- B) “Identificación y Evaluación de Escorrentías Superficiales que Generan Sectores de Inundación de alto Riesgo en la zona Urbana de la Ciudad de San Miguel”**, tesis realizada en el 2005 en la Universidad de El salvador; en la cual en base a una serie de estudios definen sitios críticos de interés que son

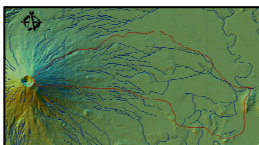




## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

de alto riesgo dentro de la ciudad, además proponen alternativas de solución para el manejo de las escorrentías superficiales basadas en obras civiles que controlen el problema de las inundaciones.

- C) **“Estudio Hidro-ambiental de las Zonas de Recarga Hídrica de la Ciudad de San Miguel”**, realizado en el 2005; en este estudio se verifica la disponibilidad de agua del acuífero de la ciudad de San miguel y propone obras para mejorar la capacidad de recarga, de tal manera que pueda satisfacer la demanda del recurso hídrico hasta el año 2029. También realizan un inventario de los pozos más representativos para el abastecimiento de agua de San miguel, en donde especifica su respectiva columna de agua, el nivel estático y el dinámico, y los caudales de explotación. Además elaboran curvas isopiezas con el propósito de obtener la dirección del flujo del agua subterránea y posteriormente elaboran las redes de flujo que sirven para conocer los caudales que circulan a través del acuífero.
- D) **“Estudio de la Calidad del Agua en el Río Grande de San Miguel”**, La finalidad de la investigación se centro en estudiar la calidad del agua del río grande, en las zonas donde se descargan las aguas residuales de la ciudad de San Miguel. Las muestras se recolectaron durante los meses de febrero y abril del año 2000, realizándose los análisis físicos y químicos en el laboratorio de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (A.N.D.A). Los resultados de los análisis se compararon con la norma oficial salvadoreña para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor y algunas normas internacionales. Al comparar los resultados de sólidos suspendidos, conductividad, color, DQO, DBO se observa que sobrepasa los valores

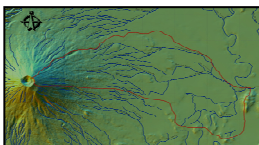




## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

---

normales por lo que se considera que contribuye al deterioro de la calidad del agua del río. Los valores de sólidos disueltos, sólidos sedimentables, cloruros, PH y temperatura no sobrepasan los valores normales y por lo tanto no representan un riesgo de contaminación.







### 2.4 MARCO TEORICO

#### 2.4.1 HIDROLOGIA GENERAL

##### 2.4.1.1 Breve historia de la hidrología

Se acepta que hasta fines del siglo XVII ya existían casi todos los elementos necesarios para fundar la hidrología, pero no se reconocía a ésta como ciencia específica, y sólo se llegó a ese reconocimiento a medida que fue evolucionando en el transcurso de los tres siglos siguientes.

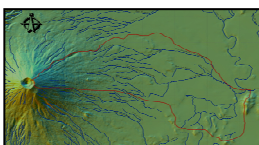
No fue sino hasta el siglo pasado en que la hidrología alcanzó un reconocimiento definitivo como disciplina. Su consolidación fue apoyada durante los últimos sesenta o setenta años por la publicación de una serie de manuales de hidrología, registrándose de esta manera el progreso científico con la aparición de revistas especializadas y con la creación de centros e institutos de investigación hidrológica.

##### 2.4.1.2 Definición y objetivo de la hidrología

Existen varias definiciones de hidrología, pero la más completa es quizás la siguiente:

“Hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo los seres vivos”.

Aceptando esta definición, es necesario limitar la parte de la hidrología que se estudia en la ingeniería a una rama que comúnmente se llama ingeniería hidrológica o hidrología aplicada, que incluye aquellas partes del campo de la hidrología que atañen al





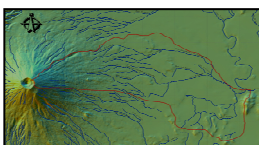
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

diseño y operación de proyectos de ingeniería para el control y aprovechamiento del agua.

El ingeniero que se ocupa de proyectar, construir o supervisar el funcionamiento de instalaciones hidráulicas debe resolver numerosos problemas prácticos de muy variado carácter. Por ejemplo, se encuentra con la necesidad de diseñar puentes, estructuras para el control de avenidas, presas, vertedores, sistemas de drenaje para poblaciones, carreteras y aeropistas y sistemas de abastecimiento de agua. Sin excepción, estos diseños requieren de análisis hidrológicos cuantitativos para la selección del evento de diseño necesario.

El objetivo de la hidrología aplicada es la determinación de los eventos mencionados anteriormente, que son análogos a las cargas de diseño en el análisis estructural, por poner un ejemplo en la ingeniería civil. Los resultados son normalmente solo estimaciones, con aproximación limitada en muchos casos y burda en algunos otros. Sin embargo, estas estimaciones rara vez son menos aproximadas que las cargas usadas en el análisis estructural o el volumen de tráfico en carreteras, por ejemplo. El análisis hidrológico exhaustivo es, pues, el primer paso fundamental en la planeación, diseño y operación de proyectos hidráulicos.

Es así que la hidrología, en cuanto trata con un aspecto importante y vital del medio ambiente, que es el agua, es una ciencia esencial para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos y el diseño de obras de defensa. Aunque esta ciencia está lejos de tener un desarrollo completo, existen varios métodos analíticos y estadísticos que son en mayor o menor grado aceptados en la profesión ingenieril.



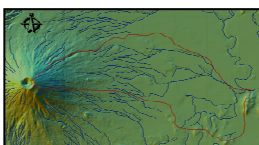


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Los procesos que estudia la hidrología involucran tantas variables que es difícil, si no imposible, prever si alguna vez se aproximará al status de ciencia exacta o, incluso, si alguna vez podrá llegar a ser completamente considerada como una ciencia independiente. Las ciencias en que se apoya la investigación hidrológica son básicamente la geografía física, la meteorología, la geología, la hidráulica, las matemáticas y la estadística, aunque también es fácil encontrar relaciones de la hidrología con disciplinas como la física, química, biología, investigación de operaciones y otras. Los límites que separan a la hidrología de estas ciencias no están determinados y no tiene objeto tratar de definirlos rigurosamente. Así como la hidrología es una ciencia muy amplia, interdisciplinaria porque requiere material de otras ciencias para su propia interpretación y uso.

La hidrología es una parte interesante de la ingeniería, pero en algunos aspectos resulta notablemente diferente de la mayoría de disciplinas integrantes de ésta. Los fenómenos naturales con los cuales se relaciona no se prestan, al menos hasta ahora, a los análisis rigurosos de la mecánica; por esta razón existe una mayor variedad de métodos, mayor latitud para el criterio y una aparente falta de precisión en la solución de los problemas. A pesar de esto último, la precisión de las soluciones hidrológicas se compara favorablemente con otros tipos de cálculo en ingeniería, donde las incertidumbres se ocultan a menudo con el uso de factores de seguridad, o bien con los procedimientos referentes a la determinación de las propiedades de los manantiales.

Generalmente, cada problema hidrológico es único en cuanto trata con un conjunto diferente de condiciones físicas dentro de una cuenca hidrológica específica, lo que implica que el o los que trabaja con este tipo de problemas no puede o pueden tener una filosofía conformista. Cada nuevo caso es un problema de investigación: esto es uno





de los grandes encantos de la hidrología. No es un campo dogmático de la profesión de la ingeniería, sino un reto intelectual sistemático, es un ejercicio de la imaginación y de la inteligencia, de la prudencia y el sentido de la observación.

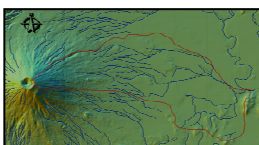
### 2.4.2 CICLO HIDROLOGICO

#### 2.4.2.1 Breve historia

La idea del ciclo hidrológico, que hoy nos parece tan intuitiva, durante siglos no fue comprendida por filósofos y científicos, creyendo que el ciclo se realizaba al revés: el agua penetraba en la corteza desde el fondo de los océanos, se almacenaba en la profundidad, probablemente en grandes cavernas, y ascendía después por el calor de la tierra hasta las partes altas de las montañas, surgiendo en las zonas de nacimiento de los ríos. No creían posible que el caudal de un gran río fuera producido exclusivamente por las lluvias y les maravillaba la existencia de manantiales en lugares topográficamente elevados y con caudales relativamente constantes.

Platón, Aristóteles, Kepler (1571-1630) y Descartes (“Principios de la Filosofía”, 1644) no se limitaban con esbozar la idea del ciclo hidrológico al revés, sino que dedicaban largos textos a pormenorizar las diversas etapas del proceso.

También hubo excepciones, como el arquitecto romano Vitrubio o Leonardo da Vinci que hablaron del ciclo hidrológico tal como es.





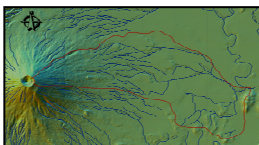
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

La Hidrología moderna nace con las experiencias de Perrault, Mariotte y Halley. Fueron los primeros hidrólogos empíricos que basaron sus ideas en medidas y no en la especulación.

En 1674 Pierre Perrault publica “De l’origine des fontaines”. Había medido las precipitaciones de la cuenca alta del Sena y los aforos del río, concluyendo que el volumen de las precipitaciones era seis veces superior a las aportaciones del río. Mariotte, contemporáneo de Perrault, repitió estos experimentos en un punto distinto de la cuenca del Sena, estudiando además la infiltración profunda del agua, y comprobando que el caudal de ciertos manantiales variaba de acuerdo con la oscilación de las precipitaciones.

Faltaba por cuantificar la otra mitad del ciclo hidrológico: cómo era posible que del cielo cayera tanta agua. El astrónomo Halley se interesó por el fenómeno de la evaporación porque se empañaban los lentes de sus telescopios. Realizó medidas y cálculos concluyendo que el volumen de agua evaporada un día de verano del mediterráneo era superior al volumen de agua que recibe de todos los ríos que llegan a él.

Se pudiera admitir que la cantidad total de agua que existe en la tierra, en sus tres fases: sólida, líquida y gaseosa, se ha mantenido constante desde la aparición de la humanidad. El agua de la tierra que constituye la hidrosfera se distribuye en tres reservorios principales: los océanos, los continentes y la atmósfera, entre los cuales existe una circulación continúa el ciclo hidrológico.





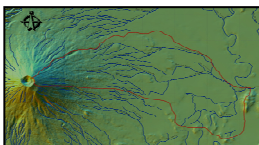
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

---

Podemos pensar el ciclo hidrológico como una serie de reservas, o áreas de almacenamiento, y una serie de procesos que causan que el agua se mueva entre estas reservas. Las reservas más grandes, de lejos, son los océanos, que contienen aproximadamente un 97% del agua de la tierra. El 3% restante es el agua dulce, tan importante para nuestra sobrevivencia. De ésta, aproximadamente 78% está almacenada en la Antártica y en Groenlandia.

Aproximadamente 21% del agua dulce en la tierra es agua almacenada en sedimentos y rocas debajo de la superficie de la tierra. El agua dulce que vemos en los ríos, arroyos, lagos y en la lluvia constituye menos del 1% del agua dulce de la tierra y menos que el 0.1% de toda el agua de la tierra.

El movimiento del agua en el ciclo hidrológico es mantenido por la energía radiante del sol y por la fuerza de la gravedad.



### 2.4.2.2 Dinámica del ciclo hidrológico

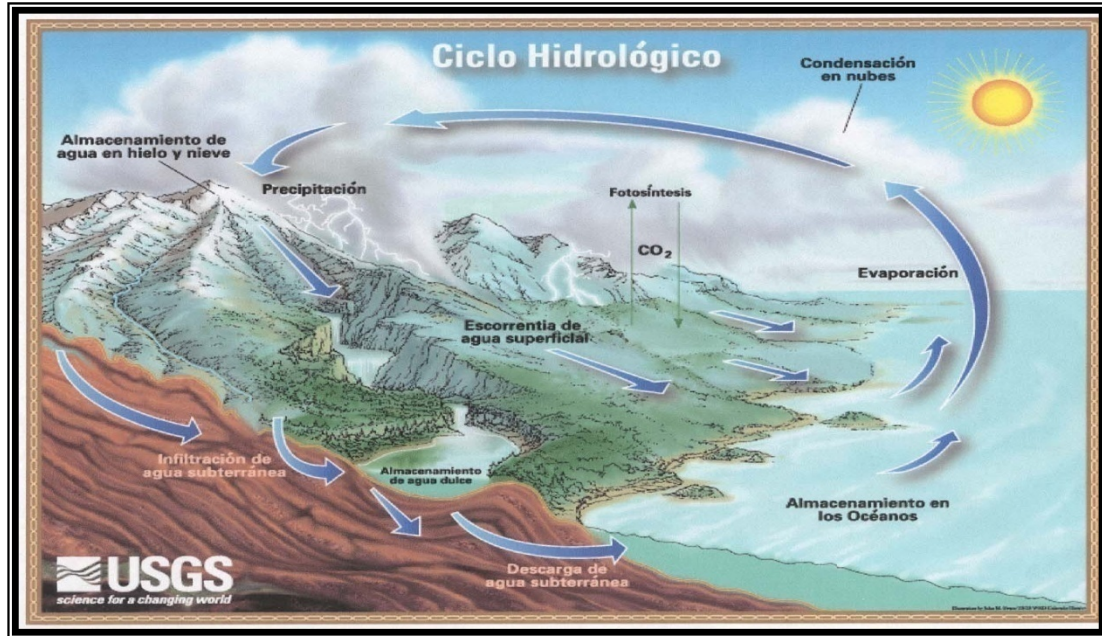
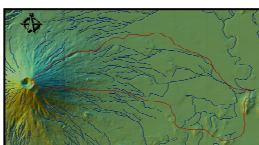


FIGURA 2.4.2.2.1: Ciclo Hidrológico.

El ciclo hidrológico se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida.

El ciclo hidrológico puede ser visto, en una escala planetaria, como un gigantesco sistema de destilación, extendido por todo el planeta. El calentamiento de las regiones tropicales debido a la radiación solar provoca la evaporación continua del agua de los océanos, la cual es transportada bajo forma de vapor de agua por la circulación general de la atmósfera, a otras regiones. Durante la transferencia, parte del vapor de agua se condensa debido al enfriamiento y forma nubes que originan la precipitación.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

La precipitación puede ocurrir en la fase líquida (lluvia) o en la fase sólida (nieve o granizo). El agua precipitada en la fase sólida se presenta con una estructura cristalina, en el caso de la nieve y con estructura granular, regular en capas, en el caso del granizo.

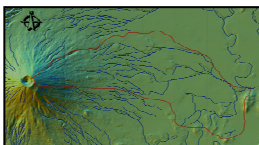
El agua que precipita en tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra parte escurre por la superficie del terreno, escorrentía superficial, que se concentra en surcos y va a originar las líneas de agua. El agua restante se infiltra, esta se penetra en el interior del suelo; puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas.

Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desaguan en lagos y en océanos.

La escorrentía superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber terminado la precipitación. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen.

Así, los cursos de agua alimentados por capas freáticas presentan unos caudales más regulares.

El agua que precipita sobre los suelos va a repartirse, a su vez, en tres grupos: una que es devuelta a la atmósfera por evapotranspiración y dos que producen escurrimiento superficial y subterráneo. Esta división está condicionada por varios factores, unos de







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

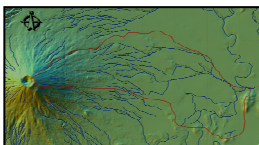
orden climático y otros dependientes de las características físicas del lugar donde ocurre la precipitación.

Así, la precipitación, al encontrar una zona impermeable, origina escurrimiento superficial y la evaporación directa del agua que se acumula y queda en la superficie. Si ocurre en un suelo permeable, poco espeso y localizado sobre una formación geológica impermeable, se produce entonces escurrimiento superficial, evaporación del agua que permanece en la superficie y aún evapotranspiración del agua que fue retenida por la cubierta vegetal. En ambos casos, no hay escurrimiento subterráneo; este ocurre en el caso de una formación geológica subyacente permeable y espesa.

A continuación se explican las componentes del Ciclo Hidrológico.

### 2.4.3 PRECIPITACION

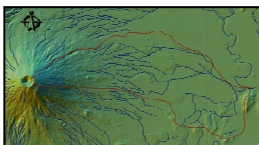
La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico y es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. La precipitación es generada por las nubes, las que son arrastradas por los vientos, algunas permanecen sobre los océanos y otras, son trasladadas hacia el interior de los continentes. Cuando alcanzan un punto de saturación; las gotas de agua en la atmósfera comienzan a hacerse más grandes al disminuir la temperatura y estas se condensan, dando origen a la precipitación. Debido a que las condiciones atmosféricas varían tanto geográfica y estacionalmente, son posibles diferentes formas de precipitación.





### 2.4.3.1 Formas de precipitación

- ✚ **Lluvia:** Se define como una precipitación de agua líquida que llega al suelo. Las gotas pequeñas son casi esféricas, mientras que las mayores están achatadas. Su tamaño oscila entre los 0,5 y los 6,35 mm de diámetro, mientras que su velocidad de caída varía entre los 8 y los 32 km/h, dependiendo de su volumen.
- ✚ **Llovizna:** Es cuando apenas se alcanzan a ver las gotas. En una llovizna la pluviosidad es casi insignificante y se ve como si las gotas flotaran en forma pulverizada. Cuyo diámetro es inferior a 0.05 mm. y su intensidad es inferior a 1 mm/hora.
- ✚ **Chubasco:** Es un nubarrón oscuro y cargado de humedad que se presenta en el horizonte repentinamente, y que, empujado por un viento fuerte, puede resolverse en agua o viento.
- ✚ **Tormenta:** Puede ser débil o intensa; su pluviosidad es alta y las gotas son grandes y el viento, intenso; incluye la posibilidad de que se precipite granizo.
- ✚ **Nieve:** Se forma de cristales de hielo cuando el vapor de agua se congela en diminutas partículas sólidas en niveles donde las temperaturas son muy inferiores a 0°C. Su tamaño, forma y concentración depende de la temperatura de donde se formen y por donde pasan y tienen una gran variedad de formas, pero todos tienen la característica de ser hexagonales.
- ✚ **Granizo:** Es una precipitación en forma de bolas o formas irregulares de hielo de mas de 5 mm de diámetro reunidos o formados por fusión alterna al ser transportados hacia arriba o abajo por corrientes de aire muy turbulentas.





### 2.4.3.2 Clasificación de la precipitación

#### 2.4.3.2.1 Convectiva

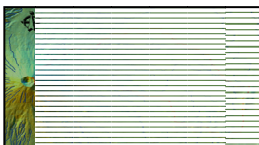
Tiene su origen en la inestabilidad de una masa de aire más caliente que las circundantes. La masa de aire caliente asciende, se enfría, se condensa y se forma la nubosidad de tipo cumuliforme, origen de las precipitaciones en forma de chubascos o tormentas. El ascenso de la masa de aire se debe, generalmente, a un mayor calentamiento en superficie.

Son las típicas lluvias de verano, las cuales generalmente son de corta duración, pero de gran intensidad.

Este tipo de precipitación es clásica en zonas tropicales y también es característico de las regiones templadas en los períodos cálidos.



FIGURA 2.4.3.2.1.1: Precipitación convectiva.





### 2.4.3.2.2 Orográfica

Son producto de aires húmedos, generalmente provenientes de los océanos las cuales al encontrarse con barreras montañosas se ven obligadas a ascender. Producto de este ascenso es el enfriamiento de estas masas de aire, provocando la precipitación.

A veces, en caso de una masa de aire inestable, el efecto orográfico no supone más que el mecanismo de disparo de la inestabilidad convectiva. La precipitación es mayor a barlovento (parte de donde viene el viento, con respecto a un punto o lugar determinado.), disminuyendo rápidamente a sotavento (lo opuesto a barlovento).

Este tipo de precipitación se produce en las zonas montañosas. En las cadenas montañosas importantes, el máximo de precipitación se produce antes de la divisoria o parteaguas. A veces, con menores altitudes, el máximo se produce pasada ésta, debido a que el aire continúa en ascenso.

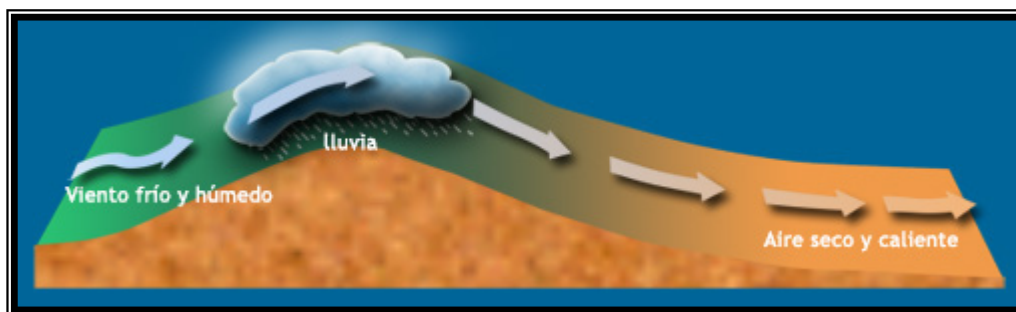
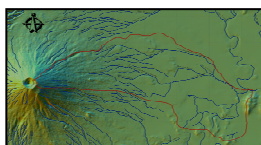


FIGURA 2.4.3.2.2.1: Precipitación orográfica.

### 2.4.3.2.3 Ciclónica

Están asociadas a las superficies de contacto entre masas de aire de diferente temperatura y humedad. Este fenómeno produce habitualmente precipitaciones importantes y prolongadas. Están asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión.



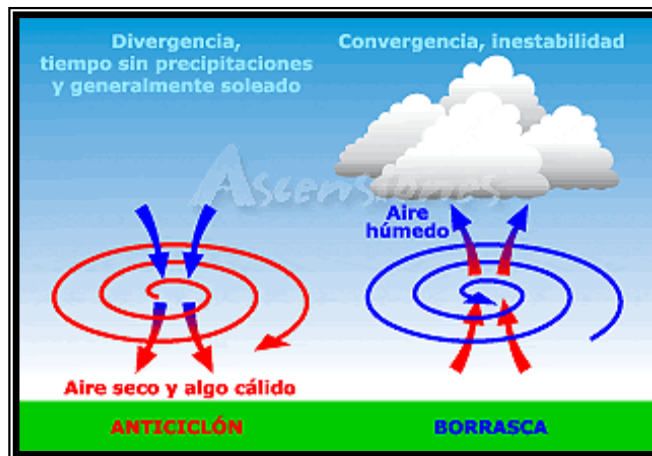


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Existen tres tipos: convergencia propiamente dicha, ciclones y frentes.

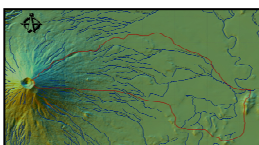
La convergencia propiamente dicha se presenta en el caso en que dos masas de aire de aproximadamente la misma temperatura, que viajan en dirección contraria, se encuentran a un mismo nivel. El choque entre las dos masas de aire hace que ambas se eleven.

El ciclón es una masa de aire circular con baja presión que gira en el sentido contrario al de las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Tiene en su centro el “ojo del ciclón”, en el cual la presión es baja comparada con la masa de aire. Funciona, entonces, como una chimenea, haciendo subir el aire de las capas inferiores. El anticiclón es una zona de alta presión circular, que gira en el sentido en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte.



**FIGURA 2.4.3.2.3.1:** Formaciones ciclónicas y anticiclónicas.

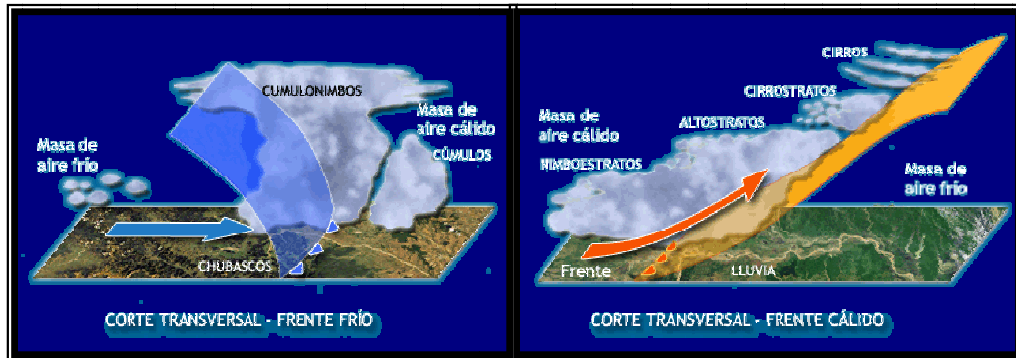
Se forma un frente cuando una masa de aire en movimiento encuentra otra forma de aire de diferente temperatura. Si la masa de aire en movimiento es fría y encuentra en su camino otra de temperatura superior, el aire de esta última, por ser menos denso, se





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

eleva sobre la capa de aire frío formando un frente frío. Si la masa de mayor temperatura encuentra en su movimiento una masa de aire frío, se forma un frente cálido.



Frente frío

Frente cálido

**FIGURA 2.4.3.2.3.2:** Frentes frío y cálido.

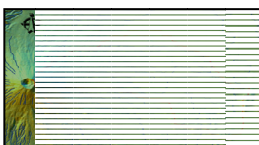
### 2.4.3.3 Medición de la precipitación

Las mediciones de las precipitaciones (siendo esta en forma de lluvia) forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. Estas mediciones se realizan en distintos puntos geográficos en un área determinada (por ejemplo, una cuenca hidrográfica).

Entre los instrumentos destinados para tal fin se tienen: El Pluviómetro y El Pluviógrafo.

#### 2.4.3.3.1 Pluviómetro

El aparato que tradicionalmente sirve para medir la precipitación propiamente dicha es el pluviómetro. Este aparato tiene cerca de tres centurias de antigüedad y a pesar de lo rudimentario que es, aún no ha sido reemplazado y es de esperar que se utilice todavía por largo tiempo. En esencia, consiste en un instrumento que sirve para medir la cantidad de agua precipitada en un lugar determinado. El pluviómetro recoge el





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

agua atmosférica en sus diversos estados (lluvia, nieve), la cantidad total, es medida por la altura en milímetros y se denomina precipitación. Para los estados sólidos, las mediciones se llevan a cabo una vez alcanzado el estado líquido.



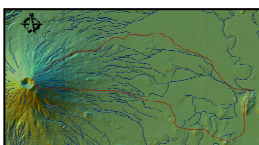
**FIGURA 2.4.3.3.1:** Pluviómetro.

### 2.4.3.3.2 Pluviógrafos

Son semejantes a los pluviómetros, con la diferencia de que tienen un mecanismo para producir un registro continuo de precipitación. Este mecanismo está formado por un tambor que gira a velocidad constante sobre el que se coloca un papel graduado especialmente. En el recipiente se coloca un flotador que se une mediante un juego de varillas a una plumilla que marca las alturas de precipitación en el papel. El recipiente normalmente tiene una capacidad de 10 mm de lluvia y al alcanzarse esta capacidad, se vacía automáticamente mediante un sifón.

Existen otros tipos de pluviógrafos entre los cuales tenemos:

- ✚ **El de resorte**, que en lugar de flotador usa un resorte que se deforma con el peso del agua y que es más preferible cuando se miden alturas de nieve.





- ✚ **El de balancín**, que tiene dos recipientes colocados en un balancín, de modo que cuando uno de ellos se llena desequilibra la balanza, que gira dejando el otro recipiente en posición de ser llenado.

Los aparatos más modernos registran los datos electrónicamente, no se dibujan sino que son grabados en un ordenador, o los comunican instantáneamente a una oficina central.

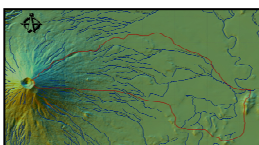
El registro que se obtiene de un pluviógrafo se llama pluviograma. Refleja la precipitación acumulada en función del tiempo.



**FIGURA 2.4.3.3.2:** Pluviógrafo.

### 2.4.4 EVAPOTRANSPIRACION

En los estudios hidrológicos, los conceptos evaporación y transpiración están reunidos en uno solo: la evapotranspiración, que es uno de los elementos principales del balance hídrico superficial. Esta unión se debe a que la determinación por separado de estas variables es muy complicada en la práctica, debido a que los instrumentos utilizados para medirlas representan costos muy elevados, y además en la mayor parte de







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera sea del modo que sea, por lo que tratar estas variables como una sola es mucho más práctico.

La evapotranspiración es de esta forma la transferencia de agua desde la tierra a la atmósfera por evaporación desde el agua de la superficie y el suelo, y por transpiración de la vegetación.

### **La evapotranspiración se divide en:**

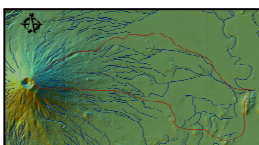
**Evapotranspiración potencial**, que se define como: “la cantidad de agua transpirada por unidad de tiempo, teniendo el suelo un cultivo herbáceo uniforme de 30-50 cm. de altura (alfalfa) y siempre con suficiente agua”. En esas condiciones se produce el máximo de transpiración y coincide con las óptimas condiciones de crecimiento de las plantas.

**Evapotranspiración real**, que es aquella que ocurre en las condiciones naturales de humedad del suelo. Es inferior a la evapotranspiración potencial para los siguientes factores:

- ✚ Falta de agua en algunos períodos.
- ✚ Variación de la evapotranspiración según el desarrollo de la planta.
- ✚ Variaciones de las condiciones atmosféricas como la humedad, la temperatura, etc.

Por todo ello: **Evapotranspiración real = K · evapotranspiración potencial**

El coeficiente K es variable y oscila entre 0.10 y 0.90, aproximándose a 1 cuando la planta está en su máximo desarrollo de foliación y fruto.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Dado que para el cálculo del balance hídrico superficial la evapotranspiración real y potencial son las que se utilizan, no se profundiza en el desarrollo de los conceptos de evaporación y transpiración, por lo que a continuación se explicarán de manera general.

La evaporación es el fenómeno físico en que el agua pasa de líquido a vapor, añadiéndosele la sublimación que se da con el paso del estado sólido a vapor, desde la nieve y el hielo.

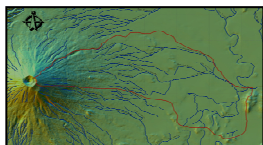
Se produce evaporación desde:

- a) La superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación.
- b) Desde las superficies de agua (ríos, lagos y embalses).
- c) Desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte mas superficial del suelo. Puede tratarse de agua recién infiltrada o, en áreas de descarga, de agua que se acerca de nuevo a la superficie después de un largo recorrido en el subsuelo.

La transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua a la atmósfera. Toman agua del suelo a través de sus raíces, toman una pequeña parte para su crecimiento y el resto lo transpiran.

### 2.4.4.1 Factores que influyen en la evapotranspiración

La tasa de evapotranspiración está determinada por el conjunto de factores que regulan la evaporación y la transpiración. Por lo tanto se puede distinguir entre factores físicos y factores fisiológicos.





### 2.4.4.1.1 Factores físicos

Los factores físicos se dividen en dos grupos: atmosféricos e hidrogeológicos.

Los factores atmosféricos determinan el poder evaporante en la atmósfera. Estos condicionan casi por sí solos la evapotranspiración. La evaporación es el resultado de la acción del déficit de humedad de aire atmosférico, la temperatura, la velocidad y la turbulencia del viento y la presión barométrica.

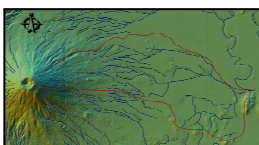
Los factores hidrogeológicos condicionan el estado de la superficie evaporante del suelo. La superficie evaporante del suelo interviene a través de sus características físicas, tales como la granulometría, porosidad, la naturaleza litológica, el manto vegetal y la riqueza en agua. Esta última está determinada por la tasa de humedad en superficie, producto de la alimentación a través de las aguas meteóricas o de los acuíferos subterráneos. Hay que destacar la influencia que poseen los factores geográficos, en particular la altitud y las zonas climáticas, que actúan sobre todo por intermedio de las variaciones de los factores meteorológicos: temperatura, presión barométrica, etc.

### 2.4.4.1.2 Factores fisiológicos

Los factores fisiológicos que condicionan la evapotranspiración son aquellos relacionados con la transpiración: especie vegetal, edad, desarrollo del follaje, profundidad de las raíces, etc.

### 2.4.4.2 Métodos para determinar la evapotranspiración

Los métodos pueden clasificarse en métodos directos e indirectos. Los primeros proporcionan directamente el consumo total del agua requerida, utilizando para ello aparatos e instrumentos para su determinación. Los segundos en forma directa y bajo la





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

---

utilización de fórmulas empíricas, obtienen los consumos de agua a través de todo el ciclo vegetativo de la planta.

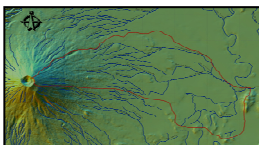
### 2.4.4.2.1 Métodos directos

Miden directamente los consumos por evaporación y requieren para su determinación la instalación de aparatos, el cuidado de ellos y seguir la metodología específica en cada paso. Son aplicables para zonas donde se tiene una agricultura establecida, ya que proporcionan valores mucho más apegados a la realidad y sirven a la vez para ajustar los parámetros de los métodos empíricos.

Los métodos más utilizados son: el del lisímetro, del evapotranspirómetro de Thornthwaite, los atmómetros y el método gravimétrico.

#### 2.4.4.2.1.1 Método del lisímetro

Determina la evapotranspiración potencial y consiste en un recipiente de lámina galvanizada formado por un tanque cilíndrico de más o menos 6 m de diámetro por 95 cm de alto, en el que se coloca el suelo y el cultivo en estudio. El consumo de agua por evapotranspiración se determina pesando diariamente el conjunto del suelo, plantas, agua y aparato, y por diferencia de pesadas se obtiene la humedad consumida.



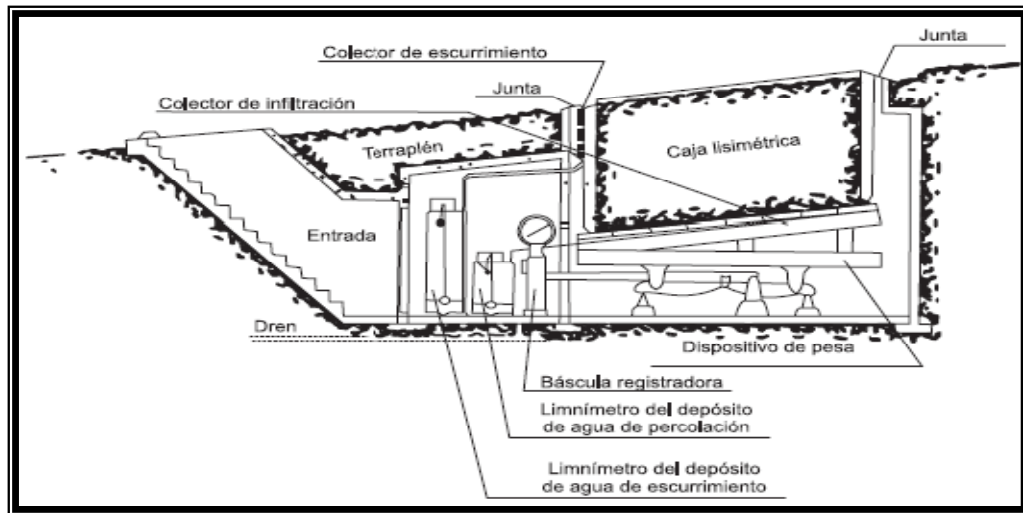
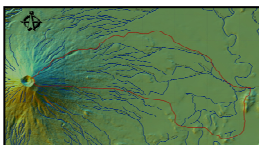


FIGURA 2.4.4.2.1.1.1: Lisímetro.

### 2.4.4.2.1.2 Evapotranspirómetro de thornthwaite

Consta de las siguientes partes:

- Tanque evapotranspirador de fierro galvanizado, con área rectangular de 4 m<sup>2</sup> y 90 cm de profundidad. Este tanque va hundido hasta el nivel del suelo. Se llena de tierra y se siembran las plantas. En el fondo tiene un lecho de grava que ayuda a eliminar el exceso de agua.
- Tubería subterránea ramificada y perforada para conducir el agua al suelo.
- Tanque alimentador en donde se mide y agrega diariamente el agua consumida.
- Tanque regulador en donde se mide y agrega diariamente el agua consumida.
- Tanque de excedentes, que recoge los excesos de agua, generalmente provocados por lluvias.
- Junto a los tanques de excedentes y de alimentación se colocan higrómetros que permiten tener las medidas exactas del agua.
- Tubería que conecta a todo el sistema.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

La cantidad de agua consumida ( $U_c$ ) será la que se agrega al tanque alimentador ( $v_a$ ) más la lluvia ( $v_{ll}$ ), menos la cantidad medida en el tanque de excedentes ( $v_e$ ).

$$U_c = v_a + v_{ll} - v_e$$

### 2.4.4.2.1.3 Atmómetro de livingstone

Está formado por una esfera de cerámica porosa, que tiene un vástago barnizado del mismo material que se introduce dentro de un recipiente graduado que contiene agua; la esfera se encuentra pintada de blanco o de negro. Al recibir energía de la atmósfera, se produce una evaporación en la superficie de la esfera que se traduce en una succión en el depósito graduado, el cual mide la cantidad de agua evaporada.

Se ha visto que existe mayor correlación entre la evapotranspiración y las lecturas de los atmómetros si se utilizan dos, uno negro y otro blanco. El valor se obtiene con la diferencia de lecturas

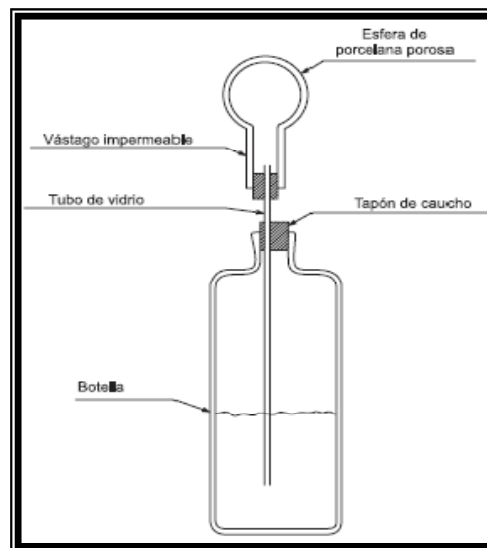
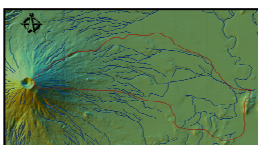


FIGURA 2.4.4.2.1.3.1: Atmómetro de Livingstone.





### 2.4.4.2.1.4 Método gravimétrico

Se basa en la determinación en los diferentes valores de humedad registrados en una serie de pesadas que se efectúan a través del ciclo vegetativo, en muestras de suelo, obtenidas a una profundidad igual a la que tienen las raíces de las plantas del cultivo considerado.

En función de estas diferencias y de las características del suelo, se obtienen las láminas de agua consumidas por evaporación, en un periodo de tiempo determinado.

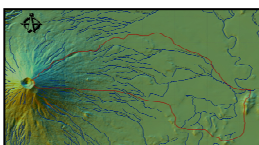
La suma total de las láminas consumidas en los intervalos entre riegos, es igual a la “lámina total consumida” o “uso consuntivo” del cultivo estudiado.

### 2.4.4.2.2 Métodos indirectos o empíricos

Los métodos más comunes para estimar la evapotranspiración son:

1. Thornthwaite.
2. Turc.
3. Blaney y Criddle.
4. Racional Utilizando La Curva de Hansen.
5. Grassi y Christensen.
6. Tanque Evaporímetro Tipo A.
7. Penman Simplificado.

La mayor parte de ellos son demasiado teóricos ya que han sido deducidos bajo condiciones definidas entre regiones y su aplicación precisa de una serie de datos que generalmente no se tienen a la disposición. El método de Thornthwaite calcula la evapotranspiración potencial mediante los datos existentes de las temperaturas medias





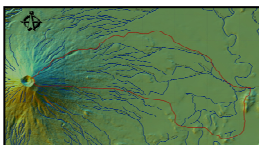
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

---

mensuales, el de Turc utiliza la precipitación y temperatura medias de una cuenca, y los de Blaney y Criddle, y Grassi y Christensen hacen uso de la radiación solar.

### 2.4.5 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL O ESCORRENTIA

El escurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes fluviales superficiales, perennes, intermitentes o efimeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. Dicho de otra manera, es el deslizamiento virgen del agua, que no ha sido afectado por obras artificiales hechas por el hombre. De acuerdo con las partes de la superficie terrestre en las que se realiza el escurrimiento, éste se puede dividir en:







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

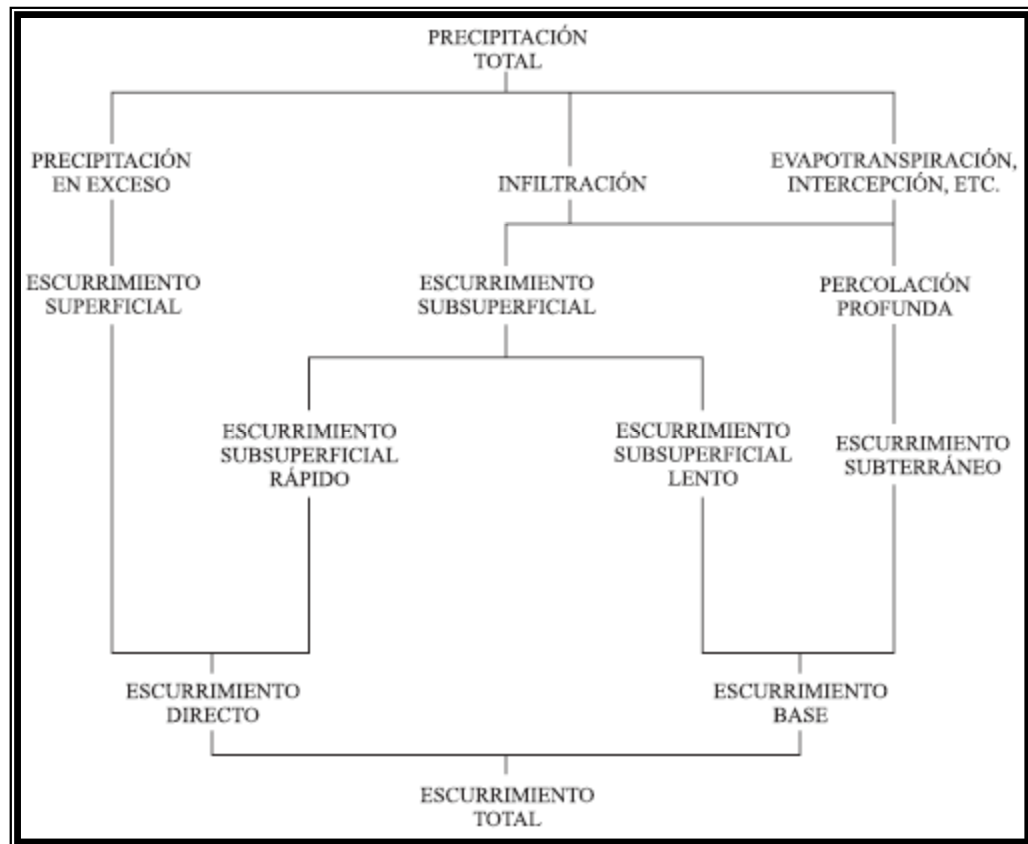
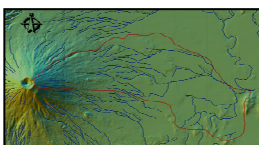


FIGURA 2.4.5.1: Diagrama del escurrimiento.

**Escorrimento superficial o esorrentía:** Es la parte del agua que escurre sobre el suelo y después por los cauces de los ríos.

**Escorrimento subsuperficial:** Es la parte del agua que se desliza a través de los horizontes superiores del suelo hacia las corrientes. Una parte de este tipo de escurrimiento entra rápidamente a formar parte de las corrientes superficiales y a la otra le toma bastante tiempo el unirse a ellas.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

**Escurrimiento subterráneo:** Es aquél que, debido a una profunda percolación del agua infiltrada en el suelo, se lleva a cabo en los mantos subterráneos y que, posteriormente, por lo general, descarga a las corrientes fluviales.

A la parte de la precipitación que contribuye directamente al escurrimiento superficial se le llama precipitación en exceso.

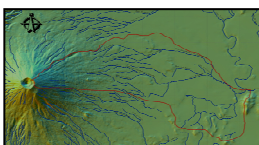
El escurrimiento subterráneo y la parte retardada del escurrimiento subsuperficial constituyen el escurrimiento base de los ríos.

La parte de agua de escurrimiento que entra rápidamente en el cauce de las corrientes es a lo que se llama escurrimiento directo y es igual a la suma del escurrimiento subsuperficial más la precipitación que cae directamente en los cauces.

### 2.4.5.1 Ciclo del escurrimiento

#### Primera fase

1. Comprende la época seca en la que la precipitación es escasa o nula.
2. La corriente de los ríos es alimentada por los mantos de agua subterránea.
3. La evapotranspiración es bastante intensa, y si esta fase no fuera interrumpida, llegarían a secarse las corrientes.
4. En regiones de clima frío, donde la precipitación es en forma de nieve, si la temperatura permite el deshielo, habrá agua disponible para mantener las corrientes fluviales, interrumpiéndose así la primera fase e iniciándose la segunda.





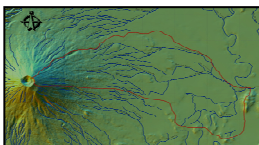
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

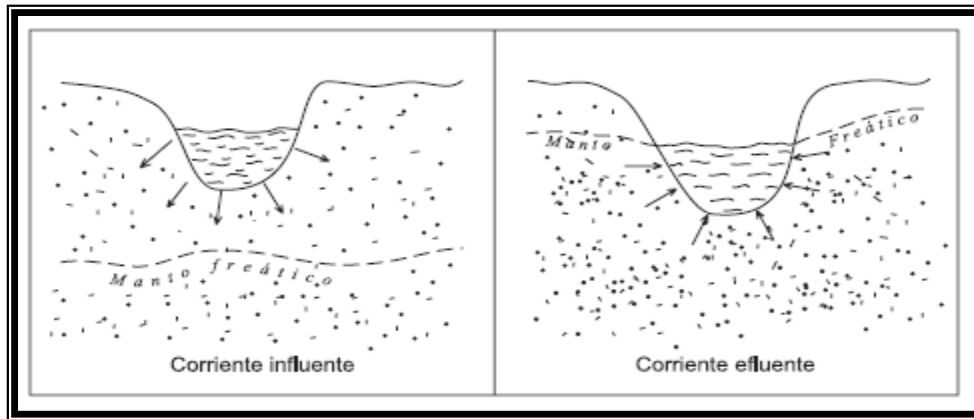
### Segunda fase

1. Caen las primeras precipitaciones cuya misión principal es la de satisfacer la humedad del suelo.
2. Las corrientes superficiales, si no se han secado, siguen siendo alimentadas por el escurrimiento subterráneo.
3. Si se presenta escurrimiento superficial, éste es mínimo.
4. La evapotranspiración se reduce.
5. Cuando existe nieve, ésta absorbe parte de la lluvia caída y su efecto de almacenamiento alargará este segundo período.
6. A través del suelo congelado puede infiltrarse el agua precipitada si su contenido de humedad es bajo.

### Tercera fase

1. Comprende el período húmedo en una etapa más avanzada.
2. El agua de infiltración satura la capa del suelo y pasa, por gravedad, a aumentar las reservas de agua subterránea.
3. Se presenta el escurrimiento superficial, que puede o no llegar a los cauces de las corrientes, lo cual depende de las características del suelo sobre el que el agua se desliza.
4. Si el cauce de las corrientes aún permanece seco, el aumento del manto freático puede ser, en esta fase, suficiente para descargar en los cauces.
5. Si la corriente de agua sufre un aumento considerable, en lugar de que sea alimentada por el almacenamiento subterráneo (corriente efluente), la corriente contribuirá al incremento de dicho almacenamiento (corriente influente).



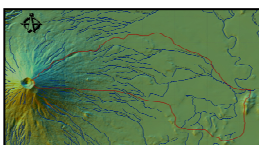


**FIGURA 2.4.5.1.1:** Tipo de corriente según recargo al manto freático (influyente) o se alimente del manto freático (efluente).

6. La evapotranspiración es lenta.
7. En caso de que exista nieve y su capacidad para retener la lluvia haya quedado satisfecha, la lluvia caída se convertirá directamente en escurrimiento superficial.
8. Si el suelo permanece congelado, retardará la infiltración, lo que favorecerá al escurrimiento, pero en cuanto se descongele, el escurrimiento superficial disminuirá y aumentará el almacenamiento subterráneo.

### Cuarta fase

1. Continúa el período húmedo.
2. La lluvia ha satisfecho todo tipo de almacenamiento hidrológico.
3. En algunos casos el escurrimiento subsuperficial llega a las corrientes tan rápido como el escurrimiento superficial.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

4. El manto freático aumenta constantemente y puede llegar a alcanzar la superficie del suelo, o bien la velocidad de descarga hacia las corrientes puede llegar a ser igual a la de recarga.
5. Los efectos de la nieve y el hielo son semejantes a los de la tercera fase.

### Quinta fase

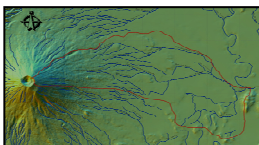
1. El período de lluvia cesa.
2. Las corrientes de agua se abastecen del escurrimiento subsuperficial, del subterráneo y del almacenamiento efectuado por el propio cauce.
3. La evapotranspiración empieza a incrementarse.
4. En caso de existir nieve, cuando la temperatura está bajo 0°C, produce la prolongación de esta fase.
5. Esta fase termina cuando las reservas de agua quedan de tal manera reducida que se presentan las características de la primera fase.

### 2.4.5.2 Factores que afectan al escurrimiento

Los factores que influyen en la esorrentía superficial son:

#### 2.4.5.2.1 Factores climáticos

- ✚ **Intensidad de precipitación:** Cuando la precipitación es suficiente para exceder la capacidad de infiltración del suelo, se presenta el escurrimiento superficial y cualquier aumento en la intensidad repercute rápidamente en dicho escurrimiento.
- ✚ **Duración de precipitación:** Entre más dure la precipitación mayor será el escurrimiento, independientemente de su intensidad. Una lluvia prolongada, aun cuando no sea muy intensa, puede causar gran escurrimiento superficial, ya que con la lluvia decrece la capacidad de infiltración.



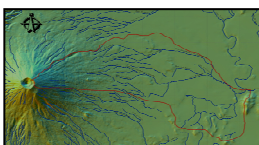


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- ✚ **Distribución de la precipitación en el espacio:** Generalmente la lluvia nunca abarca toda la superficie de la cuenca; para cuencas pequeñas, los mayores escurrimientos superficiales resultan de tormentas que abarcan áreas pequeñas, y para cuencas grandes, resultan de aguaceros poco intensos que cubren una mayor superficie.
- ✚ **Dirección del movimiento de la precipitación:** La dirección del centro de la perturbación atmosférica que causa la precipitación tiene influencia en la lámina y duración del escurrimiento superficial. Si la tormenta se mueve dentro del área de la cuenca, el escurrimiento será mayor que si únicamente la atraviesa. Por otro lado, si el temporal avanza en sentido contrario al drenaje, el escurrimiento será más uniforme y moderado que si se mueve en el sentido de la corriente.
- ✚ **Precipitación antecedente:** Cuando el suelo posee un alto contenido de humedad, la capacidad de infiltración es baja y se facilita el escurrimiento.

### 2.4.5.2.2 Factores fisiográficos

- ✚ **Área:** La extensión del área está directamente relacionada con la mayor o menor cantidad de agua de esorrentía superficial que la cuenca puede generar.
- ✚ **Permeabilidad:** Influye directamente en la capacidad de infiltración. Cuanto más permeable sea el suelo, mayor será la cantidad de agua que puede absorber, disminuyéndose así la ocurrencia de exceso de precipitación.





### 2.4.5.2.3 Factores humanos

- ✚ **Obras hidráulicas construidas en la cuenca:** En el caso, por ejemplo, de una presa, que al acumular agua en un embalse reduce los caudales máximos de la escorrentía superficial y retarda su propagación.
- ✚ **Rectificación de ríos:** Se puede rectificar un río y esto aumenta la velocidad de la escorrentía superficial en el tramo rectificado.

### 2.4.5.3 Medida del escurrimiento

Las mediciones de escurrimiento deben realizarse a través de registros sistemáticos, los cuales deben obtenerse en estaciones de medición o estaciones hidrométricas que han sido establecidas en sitios elegidos cuidadosamente y las cuales son operadas continuamente. Debe haber observaciones diarias o registros continuos de nivel y mediciones periódicas de caudales que hagan posible la conversión de registros de nivel a registros confiables de caudales.

Los lugares en los que se realizan las medidas del escurrimiento se denominan estaciones fluviométricas, hidrométricas o de aforos.

Para medir la escorrentía superficial se utilizan los siguientes métodos:

#### **Aforos directos**

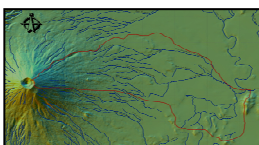
Este se realiza con algún aparato o procedimiento con el cual se mide directamente el caudal. Entre estos se pueden mencionar:

#### **a) Aforo por medida de velocidades (molinetes)**

El procedimiento se basa en medir la velocidad del agua y aplicar la ecuación:

$$Q = AV \quad (\text{Ecuación 2.4.5.3.1})$$

Donde:





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

$Q$  = Caudal de agua, expresada en  $m^3/s$

$A$  = Área de la sección transversal del río o quebrada, expresada en  $m^2$

$V$  = Velocidad del flujo, expresada en  $m/s$

El molinete mide la velocidad de la corriente en varios puntos de la misma vertical y en varias verticales de la sección del cauce. A la vez que se miden las velocidades se mide la anchura exacta del cauce y la profundidad en cada vertical, lo que permite establecer la sección con bastante precisión.

### b) Aforos químicos

El método consiste en inyectar una sustancia de concentración conocida a un cauce, se diluye en la corriente, y aguas abajo se toman muestras y se analizan, cuanto mayor sea el caudal, mas diluidas estarán las muestras analizadas.

### Aforos indirectos

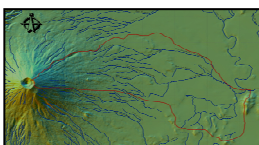
Son aquellos en los que se mide el nivel del agua en el cauce, y a partir de ese nivel se estima el caudal. Los aforos indirectos se clasifican en:

#### a) Aforo por medida del nivel de agua

La medida de la altura de la lámina de agua se realiza por medio de una mira graduada llamada limnómetro, la cual está graduada en centímetros y sujeta firmemente en el suelo.

#### b) Limnógrafos

Miden el nivel guardando un registro grafico o digital del mismo a lo largo del tiempo. El gráfico que proporcionan (altura de la lámina de agua en función del tiempo) se denomina limnograma.







### c) Aforos en una sección de control

En puntos donde el caudal no es muy profundo se pueden realizar obras que generen una sección donde sea calculable por medio de ecuaciones.

Uno de los métodos artificiales utilizados es el del vertedero triangular de pared delgada, con el cual se puede obtener mayor precisión en la estimación del caudal a partir de la altura del agua.

### 2.4.5.4 Representación gráfica de la escorrentía

#### 2.4.5.4.1 Limnigramas

Son gráficas registradas por el limnígrafo. Constituyen curvas trazadas por la intervención de dos variables: el tiempo y el nivel del agua.

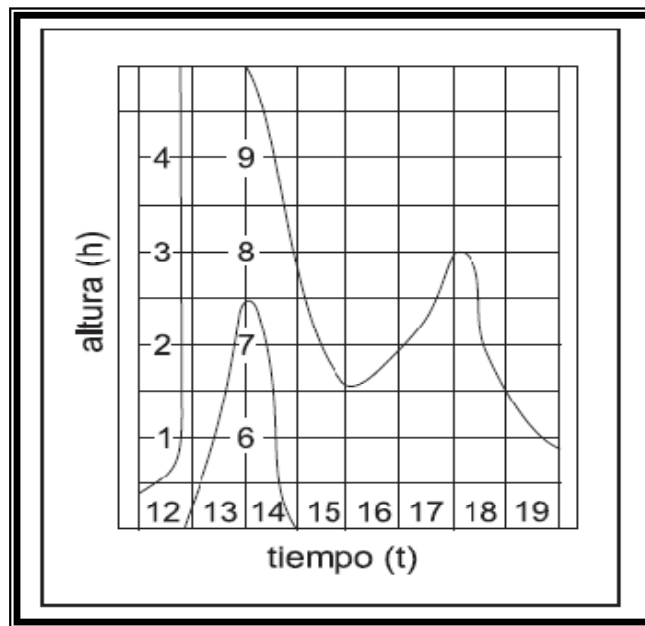
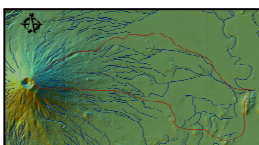


FIGURA 2.4.5.4.1.1: Limnigrama. h, altura del agua en metros, t, tiempo en horas.





### 2.4.5.4.2 Curva de gastos o de descarga

Se traza con niveles de agua y caudales; a cada nivel de agua le corresponde un cierto caudal o gasto. Cuando se tiene controlada esta curva de gastos se puede obtener con bastante aproximación el caudal o gasto del río con solo observar el nivel del agua.

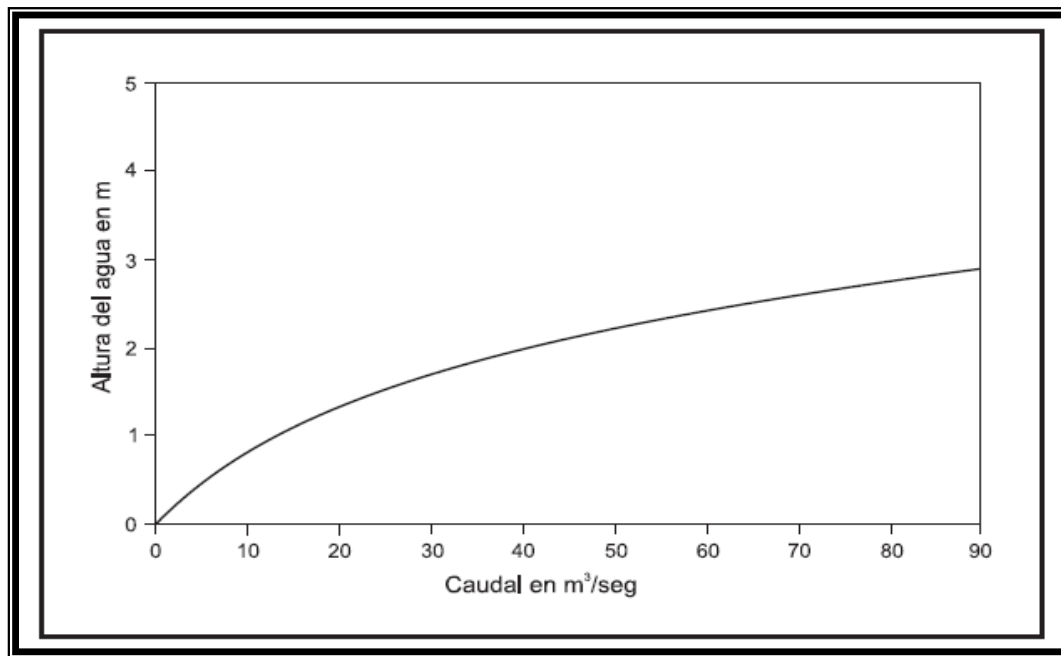
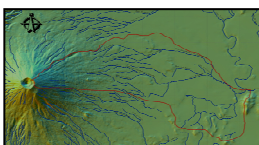


FIGURA 2.4.5.4.2.1: Curva de gastos o de descarga.

### 2.4.5.4.3 Hidrograma

Es la curva que resulta de graficar los caudales en el tiempo en que se presentan. Sirve para estudiar la variación del caudal en las corrientes.

Se considera al hidrograma como una expresión integral de las características fisiográficas y climatológicas de la cuenca. Un hidrograma típico adquiere una forma acampanada en el que la punta, o sea el caudal máximo, corresponde a la máxima intensidad de la lluvia y estos dos fenómenos no necesariamente ocurren al mismo





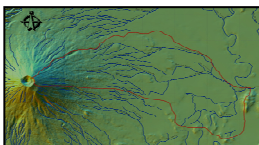
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

tiempo. Este tiempo depende de la distribución de la lluvia en la superficie de la cuenca. Por lo general el análisis de los hidrogramas se hace cuando éstos resultan de precipitaciones muy intensas, que son las que alteran el flujo de las corrientes de agua.

La presencia de varias puntas en un hidrograma se puede deber a varias tormentas consecutivas, o a que el escurrimiento con que contribuyen los diversos afluentes no se presenta de manera sincronizada.

Un hidrograma simple consta de las siguientes partes:

- ✚ **Curva de afluencia o de concentración:** Es el tramo ascendente.
- ✚ **Curva de fluencia:** Es el tramo que va desde la punta del hidrograma al comienzo de la curva de agotamiento.
- ✚ **Curva de agotamiento:** Es el tramo asintótico hacia el caudal permanente.
- ✚ **Tiempo base:** Es el tiempo que abarca desde el momento en que los caudales empiezan a subir hasta donde comienza la curva de agotamiento.
- ✚ **Tiempo de reacción:** Es el tiempo que transcurre entre el instante que corresponde al centro del hidrograma y el perteneciente a la punta del hidrograma.



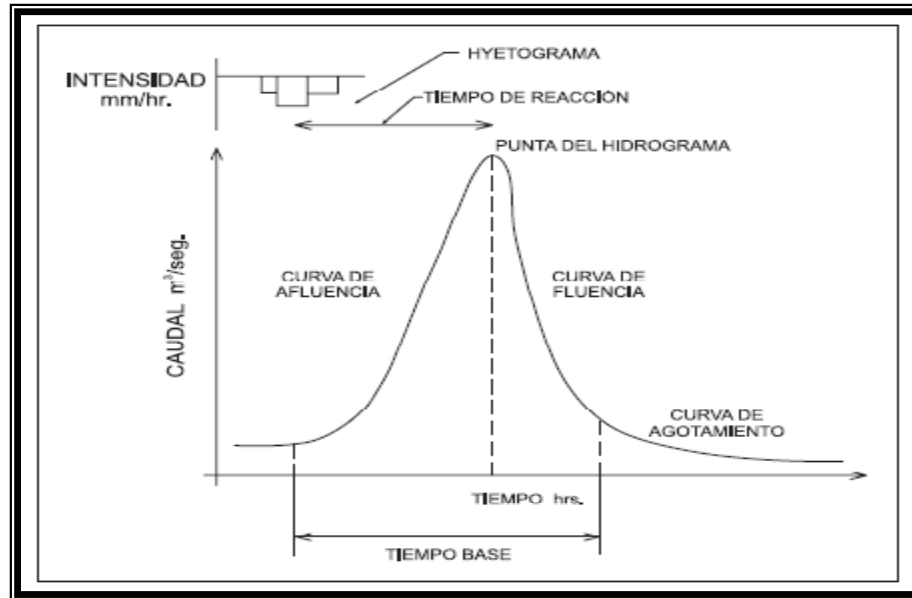


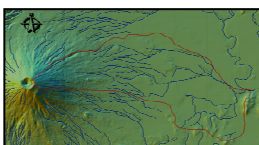
FIGURA 2.4.5.4.3.1: El hidrograma y sus partes.

### 2.4.6 INFILTRACION

La infiltración es el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo. La infiltración es un proceso de gran importancia económica, es vista por el ingeniero como un proceso de pérdida y por el agricultor como una ganancia. Del agua infiltrada se proveen casi todas las plantas terrestres y muchos animales; alimenta al agua subterránea y a la vez a la mayoría de las corrientes en el período de estiaje; reduce las inundaciones y la erosión del suelo.

En el proceso de infiltración se pueden distinguir tres fases:

- Intercambio:** Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmósfera por medio de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.
- Transmisión:** Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.





- c) **Circulación:** Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad, obedeciendo las leyes del escurrimiento subterráneo.

### 2.4.6.1 Capacidad de infiltración

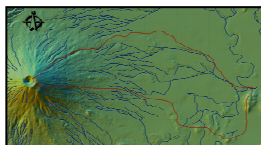
Es la cantidad máxima de agua que un suelo puede absorber por unidad de superficie horizontal y por unidad de tiempo. Se mide por la altura de agua que se infiltra, expresada en mm/hora.

La capacidad de infiltración disminuye hasta alcanzar un valor casi constante a medida que la precipitación se prolonga, y es entonces cuando empieza el escurrimiento.

A la lluvia que es superior a la capacidad de infiltración se le denomina lluvia neta (es la que escurre). A la lluvia que cae en el tiempo en que hay lluvia neta se le llama lluvia eficaz, por lo tanto, la lluvia neta equivale a la lluvia eficaz.

### 2.4.6.2 Factores que intervienen en la capacidad de infiltración

- a) **Tipo de suelo:** Entre mayor sea la porosidad, el tamaño de las partículas y el estado de fisuramiento del suelo, mayor será la capacidad de infiltración.
- b) **Grado de humedad del suelo:** La infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo, es decir, un suelo húmedo presenta menor capacidad de infiltración que un suelo seco.
- c) **Presencia de sustancias coloidales:** Casi todos los suelos contienen coloides. La hidratación de los coloides aumenta su tamaño y reduce el espacio para la infiltración del agua.



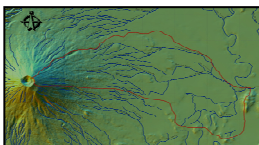


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- d) **Acción de la precipitación sobre el suelo:** El agua de lluvia al chocar con el suelo facilita la compactación de su superficie disminuyendo la capacidad de infiltración; por otra parte, el agua transporta materiales finos que tienden a disminuir la porosidad de la superficie del suelo, humedece la superficie, saturando los horizontes más próximos a la misma, lo que aumenta la resistencia a la penetración del agua y actúa sobre las partículas de sustancias coloidales que, como se dijo, reducen la dimensión de los espacios intergranulares. La intensidad de esta acción varía con la granulometría de los suelos, y la presencia de vegetación la atenúa o elimina.
- e) **Cubierta vegetal:** Con una cubierta vegetal natural aumenta la capacidad de infiltración y en caso de terreno cultivado, depende del tratamiento que se le dé al suelo. La cubierta vegetal densa favorece la infiltración y dificulta el escurrimiento superficial del agua. Una vez que la lluvia cesa, la humedad del suelo es retirada a través de las raíces, aumentando la capacidad de infiltración para próximas precipitaciones.
- f) **Acción del hombre y de los animales:** El suelo virgen tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica y mayor tamaño de los poros. Si el uso de la tierra tiene buen manejo y se aproxima a las condiciones citadas, se favorecerá el proceso de la infiltración, en caso contrario, cuando la tierra está sometida a un uso intensivo por animales o sujeto al paso constante de vehículos, la superficie se compacta y se vuelve impermeable.
- g) **Temperatura:** Las temperaturas bajas dificultan la infiltración.

### 2.4.6.3 Variaciones de la capacidad de infiltración

Pueden ser clasificadas en dos categorías:





- a) Variaciones en áreas geográficas debidas a las condiciones físicas del suelo.
- b) Variaciones a través del tiempo en una superficie limitada:
  1. Variaciones anuales debidas a la acción de los animales, deforestación, etcétera.
  2. Variaciones anuales debidas a diferencias de grado de humedad del suelo, estado de desarrollo de la vegetación, temperatura, etcétera.
  3. Variaciones a lo largo de la misma precipitación.

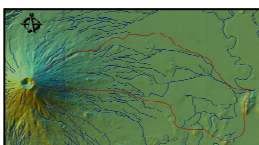
### 2.4.6.4 Medida de la infiltración

El aparato que se usa es muy sencillo, es el infiltrómetro. El más común consiste en un cilindro de 15 cm de largo y fijo, aproximadamente de 20 cm; se pone en él una determinada cantidad de agua y se observa el tiempo que tarda en infiltrarse.

A este aparato se le atribuyen algunos defectos: el agua se infiltra por el círculo que constituye el fondo, pero como alrededor de él no se está infiltrando agua, las zonas del suelo a los lados del aparato participan también en la infiltración, por lo tanto, da medidas superiores a la realidad.

El error apuntado se corrige colocando otro tubo de mayor diámetro (40 cm) alrededor del primero, constituye una especie de corona protectora. En éste también se pone agua aproximadamente al mismo nivel, aunque no se necesita tanta precisión como en el del interior; con ello se evita que el agua que interesa medir se pueda expandir (Figura 2.4.6.4.1).

La medición es menor que la que se hubiera obtenido antes y más concordante con la capacidad real del suelo.



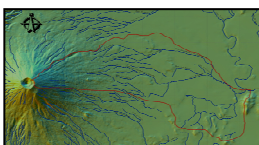


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Hay otro método que no utiliza aparato alguno, sino simplemente consiste en hacer un agujero de dimensiones conocidas en el suelo. Se llena de agua hasta cierta altura y se mide la variación de esa altura a través del tiempo. Como la infiltración se produce tanto por el fondo como por las paredes, el caudal infiltrado será igual a la superficie del cilindro por el coeficiente de infiltración.

Este procedimiento es mucho menos exacto que el anterior, pues partiendo de un suelo seco, al inicio la infiltración horizontal es igual a la vertical, sin embargo, para un período determinado, la infiltración vertical domina sobre la horizontal; pero, por no requerir aparato alguno, se puede improvisar en cualquier caso.

También se puede determinar la capacidad de infiltración considerando una cuenca que esté perfectamente controlada, de la que se tengan datos muy precisos de precipitación, evaporación y escurrimiento. Así, conociendo estos términos, se puede determinar la infiltración. Este método es el ideal, aunque es el más difícil de operar, por ello sólo es aplicable en cuencas de ensayo, para confrontar con datos medidos por otros procedimientos.





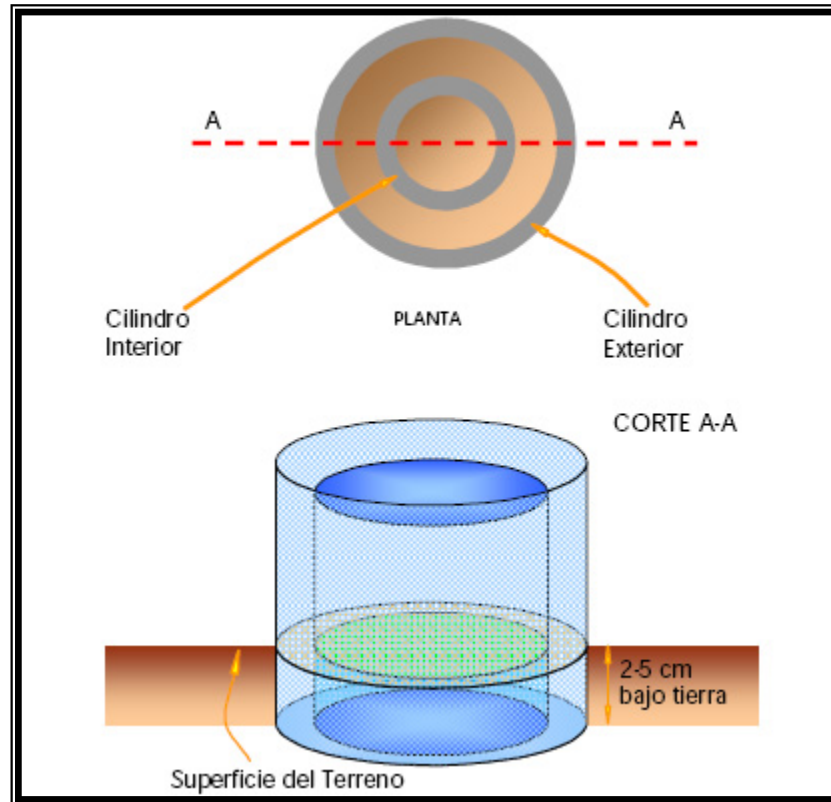
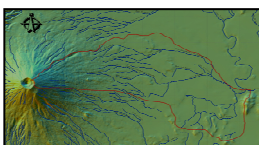


FIGURA 2.4.6.4.1: Infiltrómetro de cilindros concéntricos.

### 2.4.7 CUENCA

#### 2.4.7.1 Conceptos generales

Es el área de la superficie terrestre drenada por un único sistema fluvial. Sus límites están formados por las divisorias de aguas que la separan de zonas adyacentes pertenecientes a otras cuencas fluviales. El tamaño y forma de una cuenca viene determinado generalmente por las condiciones geológicas del terreno. El patrón y densidad de las corrientes y ríos que drenan este territorio no sólo dependen de su estructura geológica, sino también del relieve de la superficie terrestre, el clima, el tipo de suelo, la vegetación y cada vez en mayor medida, de las repercusiones de la acción humana en el medio ambiente de la cuenca.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

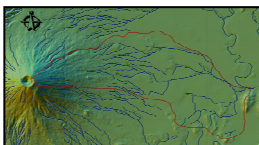
Las cuencas pueden considerarse como sistemas abiertos en los que es posible estudiar los procesos hidrológicos; se llama sistema abierto al conjunto de elementos y alteraciones interrelacionadas que intercambian energía y materia con las zonas circundantes.

La medición y análisis cuantitativo de sus características hidrográficas se denomina morfometría de la cuenca. Por este motivo, constituye uno de los rasgos principales del paisaje, cuyo proceso de formación en la mayoría de los continentes está determinado por la erosión fluvial y el transporte y deposición de sedimentos. Esta es la razón por la que las cuencas también son la unidad básica de estudio de la geografía física.

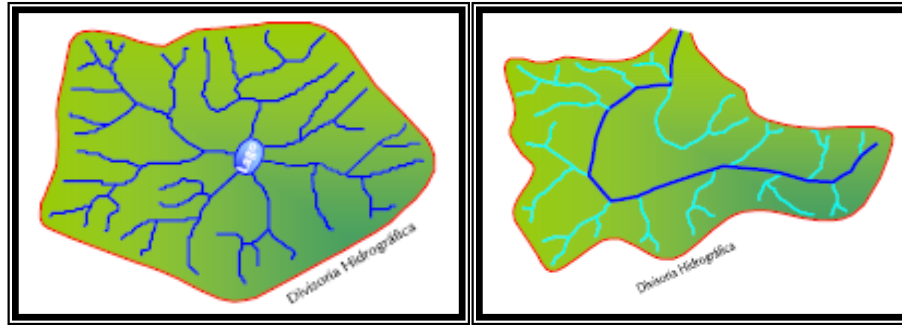
El estudio de las cuencas permite también mejorar la evaluación de los riesgos de inundación y la gestión de los recursos hídricos, gracias a que es posible medir la entrada, acumulación y salida de sus aguas y planificar y gestionar su aprovechamiento analíticamente. Asimismo, se ha comprobado que las investigaciones a pequeña escala no son eficaces: si resuelven un problema concreto, suelen generar otros que afectan a un sector diferente del sistema hidrográfico. Por lo tanto, se considera que la administración integrada de las cuencas es el mejor método para el desarrollo de los recursos hidrológicos y la regulación de los ríos.

### 2.4.7.2 Tipos de cuenca

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente, dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas (Figura 2.4.7.2.1). En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el



punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar.



Endorreica

Exorreica

**FIGURA 2.4.7.2.1:** Cuenca Endorreica y Exorreica.

### 2.4.7.3 Clasificación de la cuenca según su categoría

Dentro de la clasificación de cuenca encontramos las siguientes categorías:

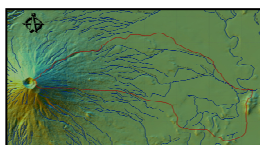
#### 2.4.7.3.1 Cuenca Hidrográfica

Está en dependencia del cuerpo receptor o la formación física y geomorfológica. Esta clasificación es utilizada por el servicio de estaciones meteorológicas internacionales, para determinar o conocer el balance hídrico completo de una cuenca o cuerpo de agua.

Es una unidad para tener un conocimiento general y es utilizada con el fin de economizar recursos, para lo cual se apoya en datos de las estaciones meteorológicas diseminadas en puntos estratégicos dentro de una cuenca.

#### 2.4.7.3.2 Cuenca Operativa

Es una o más subcuencas que está sujeta a la capacidad de manejo, control y vigilancia que se puede tener. Estas cuencas son seleccionadas tomando en cuenta





parámetros como: la geología, desarrollo agrícola, deterioro ambiental, capacidad de los suelos o categorización, importancia económica, etc.

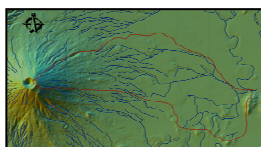
### 2.4.7.3.3 Cuenca Representativa

Esta clasificación se lleva a cabo en investigaciones de cuencas, generalmente se toma como una cuenca base de la cuenca principal y se dice representativa por poseer situaciones parecidas al resto de las cuencas principales; dentro de esta clasificación se toma en cuenta; los medios culturales de cultivos, tipos de cultivos, pendiente, geología, suelo, capacidad hidrodinámica de la cuenca, vegetación, biota, medios sociales, erosión, fragilidad de los suelos, etc.

Generalmente estas cuencas tienen un área de 10 a 50 Km<sup>2</sup> y son fácilmente manejables por una entidad. Bajo esta categoría se encuentran las cuencas productoras de agua, las que están sujetas a un plan de manejo forestal y ambiental. A estas cuencas se les denomina como Veda de Agua, Reserva Hidráulica o Parques Municipales y son fácilmente manejables para llevar a cabo un Balance Hídrico, debido a su fácil manejo y control sobre ella.

### 2.4.7.3.4 Cuenca Experimental

Estas cuencas son seleccionadas por su tamaño de 1 a 2 Hectáreas, para el control seguro de la erosión y sedimentación en suelos cultivados. Dentro de esta clasificación, juega un papel importante las condiciones físico-naturales de la cuenca, los suelos, medios culturales de desarrollo agrícola, velocidades de las corrientes de los afluentes, etc. Esta, es utilizada para tareas específicas correctivas y de investigación.





### 2.4.7.3.5 Subcuenca

Es una cuenca que está en dependencia de varias cuencas de cauces efímeros o con agua.

### 2.4.7.3.6 Microcuenca

Es la selección de una cuenca hidrográfica o de un afluente principal, tomando en cuenta el sistema completo de un río.

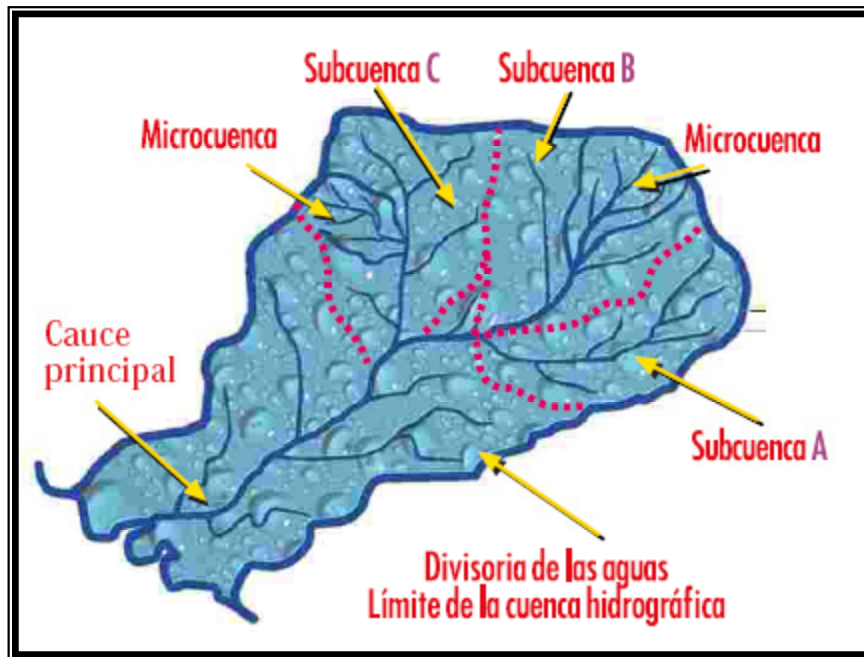
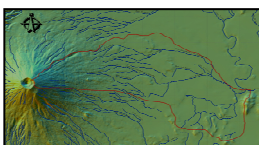


FIGURA 2.4.7.3.1: Clasificación de una cuenca hidrográfica.

## 2.4.8 CUENCA HIDROGRAFICA

Una Cuenca Hidrográfica es una zona de la superficie terrestre en donde el agua precipitada sobre ella es recolectada y concentrada en un mismo cuerpo de agua (río, lago, estero). Ya que un río tiene sus afluentes que lo alimentan, los cuales son de menor





caudal, se dice que una cuenca está compuesta por subcuencas, siendo estas las áreas que drenan los afluentes al río principal.

La Cuenca Hidrográfica es la unidad de planificación y es la gestión hidrológica, en la que es posible conocer el volumen de agua disponible, la calidad, las fuentes de contaminación, la interacción de los diversos usuarios, los factores que afectan y condicionan el uso potencial de aprovechamiento, vinculados con diferentes aspectos de desarrollos técnicos, sociales, económicos y ambientales.

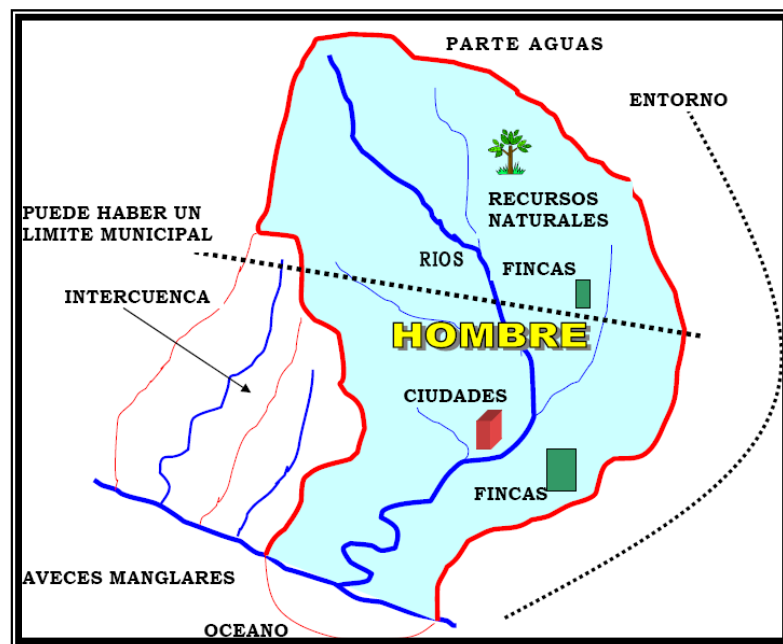
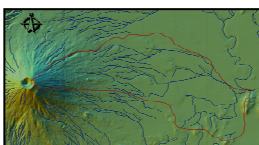


FIGURA 2.4.8.1: Modelo de cuenca hidrográfica.

### 2.4.8.1 Hidrología de una cuenca hidrográfica

Las cuencas reciben agua en forma de precipitaciones como parte del ciclo hidrológico. Algunas precipitaciones regresan a la atmósfera una vez que han sido captadas por la vegetación y se han evaporado en la superficie de las hojas y ramas. La mayor parte se pierde por la evaporación que tiene lugar en el suelo y por la





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

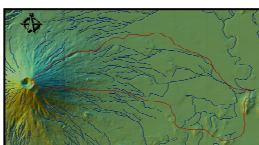
transpiración de las plantas. Lo que nos lleva a concluir que la escorrentía depende de la tasa de evaporación, de la pendiente del terreno, de la naturaleza de las rocas y de la presencia o ausencia de manto vegetal.

Cuando las precipitaciones superan a la pérdida debido a la evaporación y transpiración, el excedente de agua sigue su curso en el sistema de drenaje y corre sobre la superficie del terreno. Sin embargo, su avance no es uniforme; es posible que las aguas se acumulen en lagos, suelos o como parte de las aguas subterráneas durante largos periodos antes de fluir finalmente como escorrentía hasta alcanzar el canal de la cuenca.

La proporción de escorrentía que sigue estos diferentes caminos depende de diversos aspectos, algunos de los cuales son propiedades permanentes de la cuenca (su geología, estructura y relieve), mientras que otros factores pueden variar con el tiempo o como consecuencia de las actividades del hombre (clima, suelos, vegetación) y en función de la meteorología reciente de la cuenca (condiciones antecedentes).

El drenaje del subsuelo, facilitado por el agua vadosa y por las aguas subterráneas, se produce más lentamente que el drenaje ocasionado por las aguas superficiales, un aspecto significativo a la hora de considerar el caudal basal del sistema fluvial junto con los aportes de las precipitaciones (Figura 2.4.8.1.1).

Las condiciones antecedentes son de gran importancia a la hora de determinar la cantidad de escorrentía superficial. Cuando el suelo está saturado, el agua lluvia no puede infiltrarse. El agua fluye sobre la superficie y desagua rápidamente en la red de canales. Después de una serie de tormentas consecutivas o de un periodo de





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

precipitaciones prolongado, el área del suelo saturado se expande, con lo que se incrementa el caudal superficial.

Esta situación ocasiona el vertido rápido de un gran volumen de agua en el sistema de canales, cuya capacidad puede quedar rebasada y provocar así una inundación.

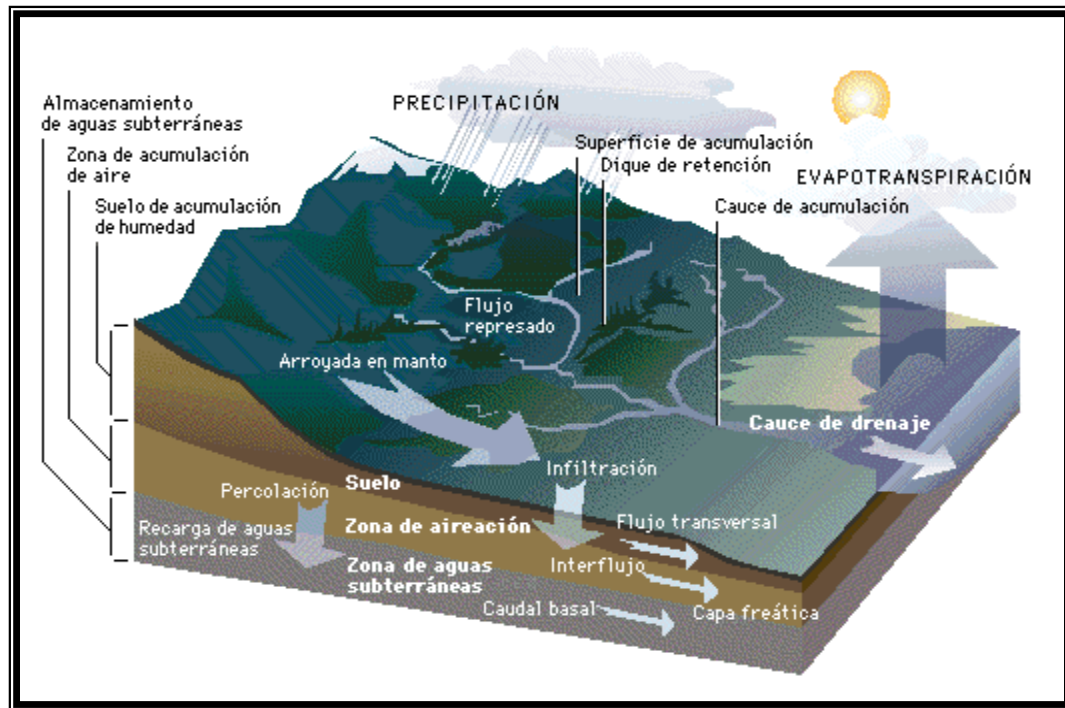
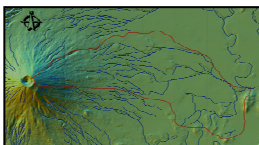


FIGURA 2.4.8.1.1: Hidrología de una cuenca hidrográfica.

### 2.4.8.2 Modelos de drenaje de una cuenca hidrográfica

Un modelo de drenaje determinado describe el modo particular en que los afluentes (es decir, los cursos fluviales que alimentan a otros más grandes) y los ríos se subdividen en diferentes brazos. Los modelos de drenaje toman diversas formas dependiendo primordialmente de la estructura geológica del sustrato rocoso (Figura 2.4.8.2.1.). El más común es el llamado dendrítico, que suele desarrollarse allí donde toda







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

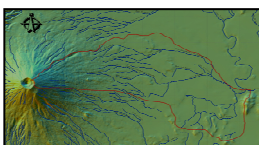
la cuenca de drenaje está constituida por el mismo tipo de roca. En él, los tributarios se reúnen trazando ángulos agudos, con uniones en Y.

El modelo de drenaje rectangular se origina cuando numerosos arroyos se entrelazan en forma de parrilla. Suele darse en rocas como el granito, cuyas grietas aprovechan los ríos para fluir.

Los modelos de drenaje radial, por su parte, aparecen cuando los ríos fluyen en todas las direcciones desde una elevación del terreno, que puede ser un volcán o cualquier tipo de masa rocosa más resistente a la erosión que el material que la rodea.

El drenaje centrípeto se produce cuando los ríos fluyen desde las elevaciones que rodean una cuenca o cubeta central, a menudo ocupada por un lago. Algunos de los modelos de drenaje más complejos se dan en zonas donde la erosión diferencial de diversos estratos de roca ha producido capas paralelas que alternan rocas blandas y duras. En estos casos los ríos suelen tajar valles paralelos en los lechos de roca más blanda, con torrentes cortos que fluyen en ángulo recto desde las alturas de rocas más duras.

Sin embargo, en algunos lugares los ríos cortan los lechos de roca dura y se juntan con los principales cauces fluviales paralelos. Este tipo de drenaje se llama en espaldera o de rejilla, porque recuerda a los enrejados sobre los que crecen la hiedra y las plantas trepadoras.



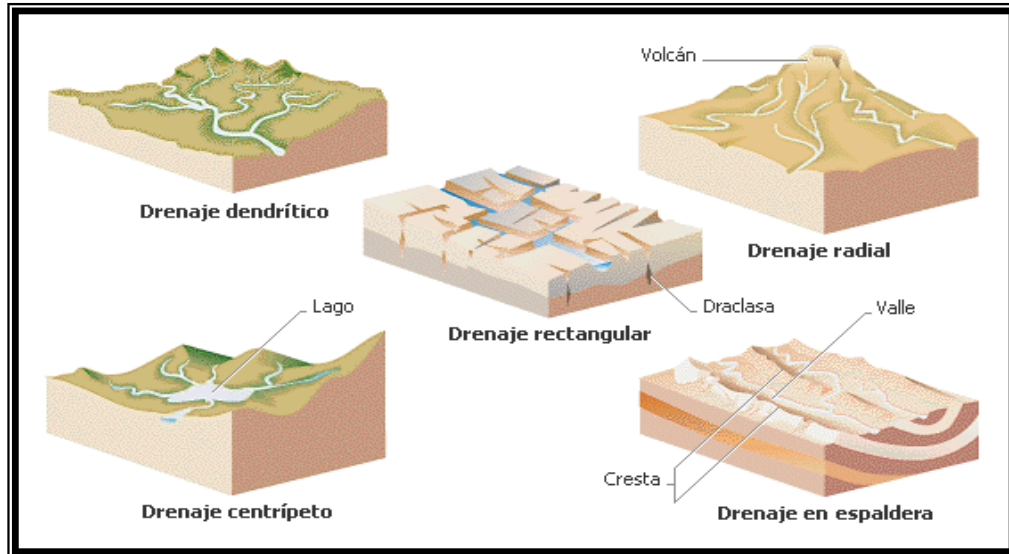


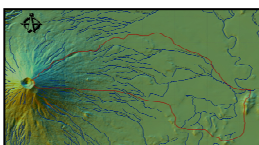
FIGURA 2.4.8.2.1: Modelos de drenaje.

### 2.4.8.3 Morfometría de una cuenca hidrográfica

La morfometría hidrográfica actual tiende a centrarse en el área, longitud, forma, pendiente y densidad de drenaje de la cuenca. La pendiente se define como la diferencia de altura entre el punto más bajo y el más alto de la cuenca dividida por la longitud máxima de la misma. La escorrentía suele ser más rápida en las cuencas con pendiente, lo que provoca caudales más elevados y mayor poder erosivo.

### 2.4.8.4 Características físicas de una cuenca hidrográfica

Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.





Los parámetros físicos más importantes son:

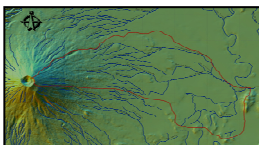
- ✚ Divisoria hidrográfica.
- ✚ Área de la cuenca.
- ✚ Perímetro de la cuenca.
- ✚ Corriente principal (cauce principal).
- ✚ Cauce más largo.
- ✚ Orden de corrientes.
- ✚ Drenaje de la cuenca.
- ✚ Pendiente media.
- ✚ Elevación media.
- ✚ Forma de la cuenca.

### 2.4.8.4.1 Divisoria hidrográfica

Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa las cuencas de las cuencas vecinas. La divisoria hidrográfica atraviesa el curso de agua únicamente en la salida de la cuenca.

Puesto que la divisoria hidrográfica une los puntos de máxima cota entre cuencas, impide que dentro de la cuenca existan cotas más elevadas que cualquier punto de la divisoria.

Para realizar la delimitación de la cuenca y subcuencas; se necesita una carta topográfica a escalas 1:25,000 - 1:50,000 asimismo, se traza la red de drenaje principal.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Criterios para el trazo de la divisoria hidrográfica:

- ✚ Selección de los puntos más elevados del entorno físico de la cuenca.
- ✚ Definición del sistema de drenaje superficial y del cauce más largo.
- ✚ Determinación del punto de interés.
- ✚ La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
- ✚ Cuando la divisoria va aumentando su altitud, está corta a la curva de nivel por su parte convexa.
- ✚ La línea divisoria nunca debe cortar un arroyo o un río.

### 2.4.8.4.2 Área de la cuenca

Se define como la superficie en proyección horizontal delimitada por la divisoria hidrográfica, se expresa en Km<sup>2</sup>.

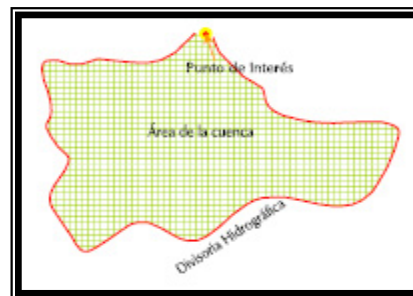
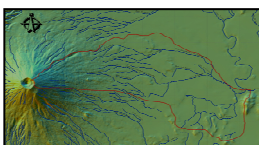


FIGURA 2.4.8.4.2.1: Área de una cuenca.

### 2.4.8.4.3 Perímetro de la cuenca

Es la medida de la longitud del contorno o de la divisoria hidrográfica de la cuenca, se expresa en Kilómetros.





### 2.4.8.4.4 Corriente principal (cauce principal)

Es la corriente que pasa por la salida de la cuenca, esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas. Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y solo una corriente principal. Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o subcuencas.

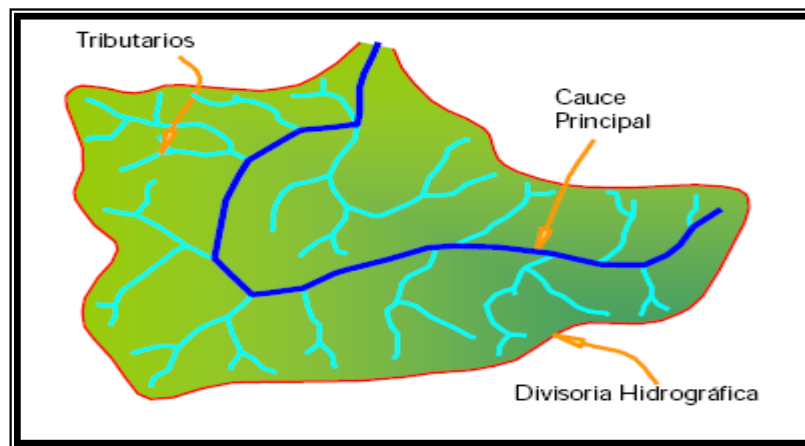


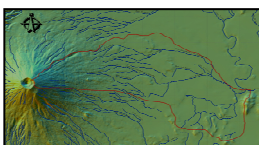
FIGURA 2.4.8.4.4.1: Corriente principal.

### 2.4.8.4.5 Cauce más largo

Es aquel en el cual la distancia es más larga en el recorrido de la vertiente, expresado generalmente en Km.

### 2.4.8.4.6 Orden de corrientes

Refleja el grado de bifurcación o ramificación dentro de una cuenca. Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, etc. Dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc., pero dos corrientes de orden diferente no forman





una corriente de orden superior, el orden de la corriente formada sería igual al orden de la mayor de las corrientes reunidas, por ejemplo, una corriente de orden 2 y una de orden 3 forman otra de orden 3. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida.

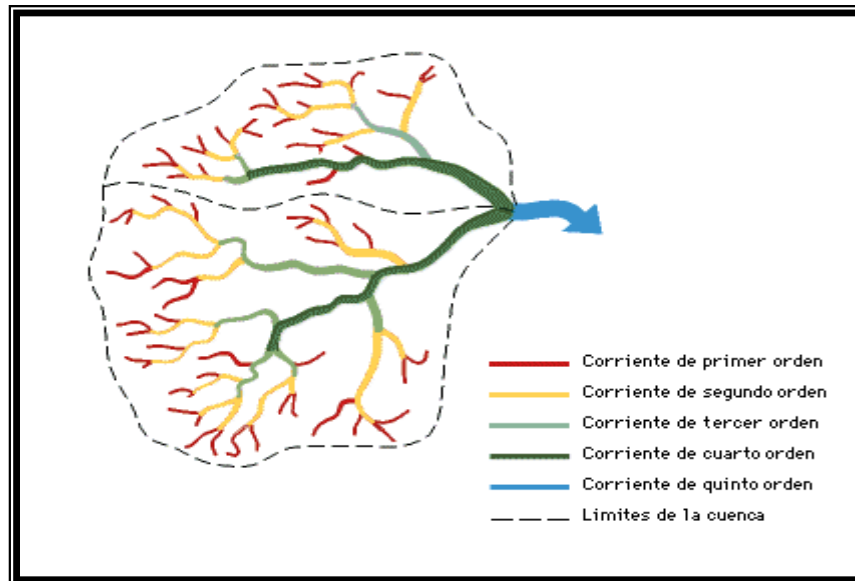
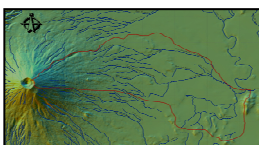


FIGURA 2.4.8.4.6.1: Orden de corrientes.

### 2.4.8.4.7 Drenaje de la cuenca

Por drenaje se entiende la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas provenientes de fuertes lluvias, que tratan de mantenerse sobre la superficie de la tierra por el grado de saturación de las capas del subsuelo. Si este se encuentra saturado y la lluvia continua almacenada sobre la superficie, llegará un momento en que las aguas allí contenidas, tratan de evacuar a través del cauce natural, produciéndose así el drenaje de la cuenca.





Dentro de esta característica se consideran los siguientes parámetros:

### 2.4.8.4.7.1 Densidad de corriente (Ds)

Se define como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área.

$$Ds = \frac{Ns}{A} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.4.7.1.1})$$

Donde:

Ns: Es el número de corrientes perennes e intermitentes.

A: Area de la cuenca (km<sup>2</sup>).

### 2.4.8.4.7.2 Densidad de drenaje (Dd)

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total.

$$Dd = \frac{Ls}{A} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.4.7.2.1})$$

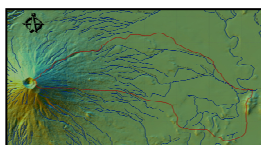
Donde:

Ls: Longitud total de las corrientes (km).

A: Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

### 2.4.8.4.7.3 Extensión media de la escorrentía superficial (Es)

Se define como la distancia media en que el agua lluvia tendría que escurrir sobre los terrenos de una cuenca, en caso de que la escorrentía se diese en línea recta desde donde la lluvia cayó hasta el punto más próximo al lecho de una corriente cualquiera de la cuenca. Su valor esta dado por la relación:





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

$$ES = \frac{A}{4L} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.4.7.3.1})$$

Donde:

A: Superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

L: Longitud total de las corrientes de agua (Km).

### 2.4.8.4.8 Pendiente media

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta es la pendiente del cauce principal. Dado que esta pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media; para ello existen varios métodos, de los cuales se mencionan tres:

#### 2.4.8.4.8.1 La pendiente media

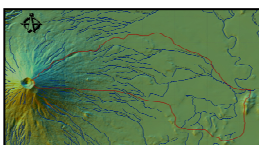
Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo, donde puede expresarse el desnivel =  $H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}$ .

La ecuación puede escribirse como:

$$Sm = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{L} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.4.8.1.1})$$

#### 2.4.8.4.8.2 La pendiente compensada o equivalente

Consiste en una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas debajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cauce arriba y abajo de dicha línea.







2.4.8.4.8.3 Taylor y Schwarz

En este método se calcula la pendiente media como la de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión.

La ecuación propuesta por Taylor y Schwarz para determinar la pendiente media del cauce cuando las longitudes de los tramos considerados son iguales, se representa como:

$$S = \left[ \frac{m}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_m}}} \right]^2 \quad (\text{Ecuación 2.4.8.4.8.3.1})$$

Donde:

m: Número de tramos considerados.

Si: Pendiente del tramo i.

En el caso en que las longitudes de los tramos no sean iguales la pendiente media se representa como:

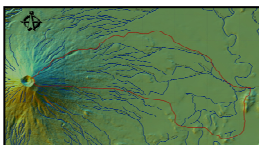
$$S = \left[ \frac{L}{\frac{\Delta X_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{\Delta X_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{\Delta X_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2 \quad (\text{Ecuación 2.4.8.4.8.3.2})$$

Donde:

L: Longitud total del cauce (kms).

ΔXi: Longitud del tramo i (kms).

Si: Pendiente del tramo i.





### 2.4.8.4.9 Elevación media

La elevación media de una corriente es un factor que afecta la temperatura y la precipitación. Pues la variación de la temperatura influye en la variación de pérdidas de agua por evaporación.

Existen tres métodos para calcular la elevación media, los cuales son:

#### 2.4.8.4.9.1 El de los puntos de intersección

La elevación de cada punto se encuentra de la siguiente manera: se cuadrícula un mapa topográfico de la cuenca de manera que existan 100 intersecciones de la misma. La elevación media de la cuenca será la media aritmética de las elevaciones de las intersecciones anteriores.

#### 2.4.8.4.9.2 El de los pares de contorno

Se calcula la elevación media de la cuenca midiendo el área entre pares de contorno (curvas de nivel sucesivas), con ayuda del planímetro o por digitalización.

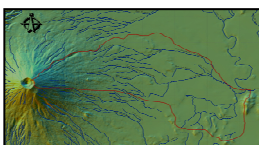
Los porcentajes de estas áreas se calculan con respecto al total y el porcentaje de área sobre o por debajo del contorno (área entre curvas) y se obtienen por sumas acumuladas mediante la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n a_i e_i}{A_i} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.4.9.2.1})$$

Donde:

Em: Elevación media de la cuenca (m.s.n.m.)

ai: Area entre dos curvas de nivel sucesivas (Km<sup>2</sup>)





$e_i$ : Elevación media entre dos curvas de nivel sucesivas (m)

$A_t$ : Área total de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

### 2.4.8.4.9.3 El de la curva hipsométrica

Es la representación gráfica del relieve de una cuenca. Representa la variación de la elevación de los varios terrenos de la cuenca con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones. Dicho gráfico se puede determinar planimetrando o digitalizando las áreas entre curvas de nivel.

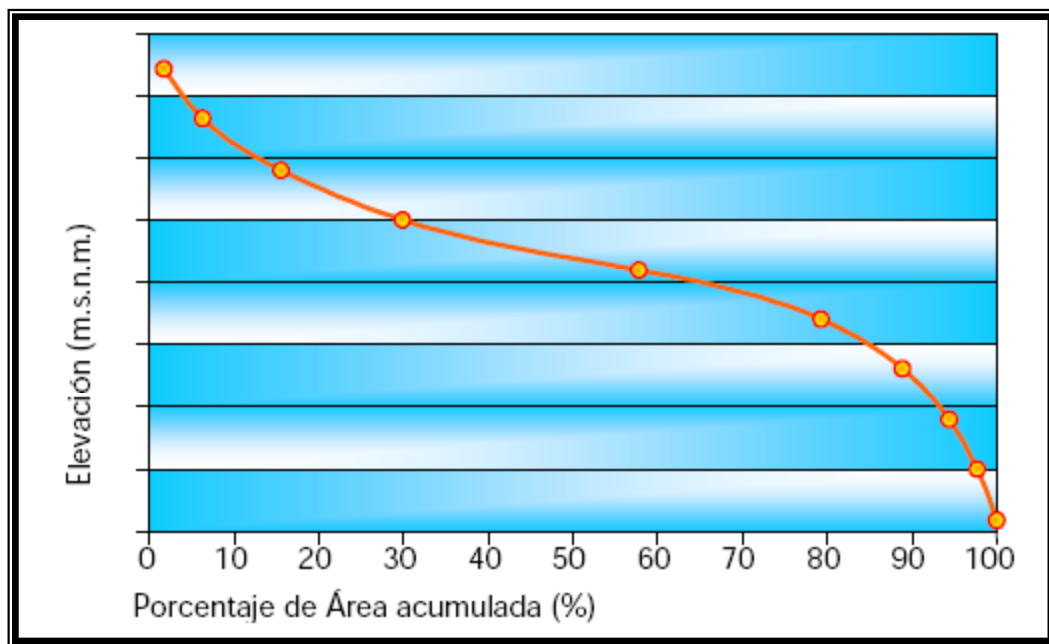
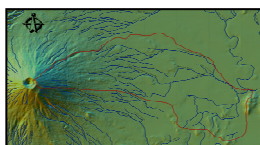


FIGURA 2.4.8.4.9.3.1: Curva Hipsométrica.

### 2.4.8.4.10 Forma de la cuenca

La forma de una cuenca influye sobre los escurrimientos y sobre la marcha del hidrograma resultante de una precipitación dada. Así, en una cuenca de forma alargada el agua discurre en general por un solo cauce principal, mientras que en otra de forma





ovalada los escurrimientos recorren cauces secundarios hasta llegar a uno principal, por lo que la duración del escurrimiento es superior. El índice más empleado para representar esta característica es:

### **Índice de gravelius o coeficiente de compacidad.**

Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca. Su expresión es la siguiente:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \approx 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.4.10.1})$$

Donde:

KC: Índice de Gravelius (adimensional)

P: perímetro de la cuenca en Km

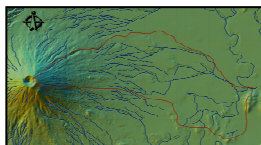
A: superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup>

El valor que toma esta expresión es siempre mayor que la unidad y crece con la irregularidad de la forma de la cuenca, estableciéndose la siguiente clasificación:

KC	Forma
1.00 – 1.25	Redonda
1.25 – 1.50	Ovalada
1.50 – 1.75	Oblonga

### **2.4.8.5 Precipitación media sobre una cuenca**

Para conocer la lámina de precipitación media en una zona geográfica o cuenca, en un período determinado de tiempo se tienen tres métodos generalmente utilizados, estos son:





### 2.4.8.5.1 Método aritmético

Este método provee una buena estimación si los aparatos pluviométricos están distribuidos uniformemente en la cuenca, si el área de la cuenca es bastante plana y la variación de las medidas pluviométricas entre los aparatos es pequeña o despreciable.

El método aritmético consiste en obtener el promedio de las láminas de precipitación registradas en cada una de las estaciones utilizadas en el análisis.

Se suma la lámina de lluvia registrada en un cierto tiempo de cada una de las estaciones pluviométricas localizadas dentro de la zona y se divide entre el número total de estaciones. La exactitud de este método es mayor conforme se tienen más estaciones pluviométricas.

Si se quiere determinar la precipitación promedio en un área específica y dentro de esta se tiene una lámina de precipitación  $P_1$ , registrada en la estación 1; lámina de precipitación  $P_2$ , registrada en la estación 2; lámina de precipitación  $P_3$ , registrada en la estación 3, y así sucesivamente, la lámina de precipitación promedio se obtiene mediante la siguiente ecuación:

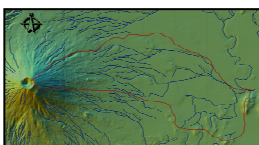
$$\bar{P} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n P_i \quad (\text{Ecuación 2.4.8.5.1.1})$$

Donde:

$\bar{P}$  : Precipitación media en mm.

n: número de aparatos pluviométricos.

$P_i$ : precipitación registrada en la estación pluviométrica  $i$ , en mm.





### 2.4.8.5.2 Método de polígonos de Thiessen

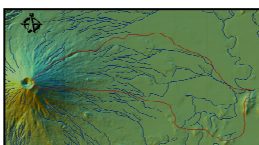
Este método se puede utilizar para una distribución no uniforme de aparatos. Provee resultados más correctos con un área de la cuenca aproximadamente plana.

El método consiste en atribuir un factor de peso a los totales de precipitación en cada aparato, proporcionales al área de influencia de cada uno. Sin embargo, no considera influencias orográficas. Las áreas de influencia se determinan en mapas de la cuenca que contengan la localización de las estaciones, uniendo dichos puntos de localización por medio de líneas rectas. Las perpendiculares en los puntos medios de estas rectas de unión forman polígonos alrededor de cada estación. Los lados de los polígonos son el límite de las áreas de influencia de cada estación. El área de cada polígono se determina por planimetría o por digitalización y se expresa en porcentajes del área total.

La lluvia media del área total se calcula multiplicando la precipitación de cada estación por el porcentaje de superficie asignado. Los resultados suelen ser más precisos que los obtenidos por simple media aritmética.

La mayor limitación del método de Thiessen es su falta de flexibilidad, requiriéndose un diagrama de Thiessen nuevo cada vez que se produce un cambio en la red pluviométrica. Además, el método supone simplemente una variación lineal de precipitación entre estaciones y asigna cada segmento de área a la estación más próxima.

La precipitación promedio de una zona geográfica o cuenca se determina de la siguiente manera:





$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.})$$

Donde:

n: Número de estaciones pluviométricas

Pi: Precipitación registrada en la estación pluviométrica i, en mm.

Ai: Area de influencia correspondiente a la estación pluviométrica i, resultante del método de polígonos de Thiessen, en km<sup>2</sup>.

### 2.4.8.5.3 Método de las isoyetas

Las isoyetas son líneas que unen puntos de igual precipitación. Se trazan usando información de estaciones pluviométricas localizadas dentro y fuera de la cuenca, la metodología del trazado de estas curvas es similar a la usada para las curvas de nivel, en donde la altura de agua precipitada sustituye la cota del terreno. Es el método más preciso.

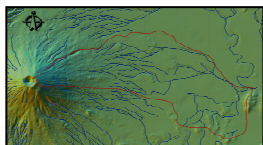
Este método promedia la precipitación de dos isoyetas consecutivas y se le asigna un peso o ponderación proporcional a la sub-área entre las dos isoyetas y la divisoria hidrográfica de la cuenca; de la siguiente manera:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{P_i + P_{i+1}}{2} \right) A_{i+1}}{\sum_{i=1}^{n-1} A_{i+1}} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.5.3.1})$$

Donde:

n : Número de curvas de igual precipitación.

Pi: Precipitación correspondiente a la curva de igual precipitación i.





$P_{i+1}$ : Precipitación correspondiente a la curva de igual precipitación  $i+1$ .

$A_{i,i+1}$ : Área entre las curvas de igual precipitación  $i$  e  $i+1$ .

### 2.4.8.6 Tiempo de concentración ( $T_c$ )

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda en recorrer una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida de la misma, sin encontrar obstrucción a lo largo del recorrido.

Cuando se analiza una cuenca, en donde se presenta una zona urbana y rural, es necesario estimar un tiempo de concentración para la zona rural y otro para la zona urbana. La suma de los dos será el tiempo de concentración para toda la cuenca.

A continuación se presentan varias ecuaciones para determinar el tiempo de concentración, las cuales están en función de varias características físicas de la cuenca:

#### 2.4.8.6.1 Ecuación de california

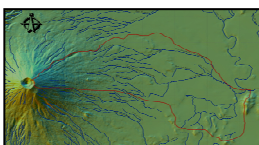
$$T_c = \left( \frac{L^3}{E_{\max}} \right)^{0.385} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.6.1.1})$$

Donde:

$T_c$ : Tiempo de concentración, en horas

$L$ : Longitud del cauce más largo, en km

$E_{\max}$ : Elevación máxima, en metros







### 2.4.8.6.2 Ecuación de giandotti

$$T_c = \left( \frac{(\sqrt{A} + 1.5L)}{\sqrt[0.9]{\frac{(E_{\max} + E_{\min})}{2}}} \right) \quad (\text{Ecuación 2.4.8.6.2.1})$$

Donde:

$T_c$ : Tiempo de concentración, en horas

$A$ : Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$

$L$ : Longitud del cauce más largo, en km.

$E_{\max}$ : Elevación máxima, en metros

$E_{\min}$ : Elevación mínima, en metros

### 2.4.8.6.3 Ecuación de PHCA (Proyecto Hidrometeorológico Centro Americano)

$$T_c = \left( \frac{0.87L^3}{E_{\max} - E_{\min}} \right)^{0.385} \quad (\text{Ecuación 2.4.8.6.3.1})$$

Donde:

$T_c$ : Tiempo de concentración, en horas

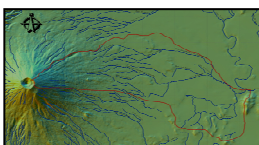
$L$ : Longitud del cauce más largo, en km

$E_{\max}$ : Elevación máxima, en metros

$E_{\min}$ : Elevación mínima, en metros

### 2.4.8.7 Coeficiente de escorrentía (C)

Una de las variables más importantes en el cálculo de caudales y del comportamiento hidrológico de las cuencas, es el coeficiente de escorrentía “C”, ya que este define la relación existente entre el volumen de agua escurrida y el volumen de agua precipitada sobre la zona.





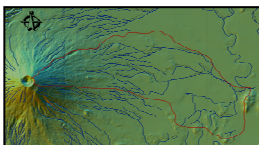
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

---

Por lo tanto el conocimiento del valor de  $C$  es una variable básica para calcular en forma indirecta la escorrentía en función de las características físicas, geológicas, de uso de suelo y cobertura vegetal de la zona de estudio.

Las condiciones del tipo de terreno están definidas en función de la permeabilidad del mismo, éstas se determinan en base a un mapa geológico de la región y la evaluación de la cobertura vegetal se realiza mediante un mapa de uso de suelo a nivel nacional, el cual permite obtener una información bastante aproximada de la cobertura vegetal.

A continuación, se presentan las Tablas, tomados cada uno de diferentes autores, en donde se muestran los valores que puede tomar el Coeficiente de Escorrentía.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

**TABLA 2.4.8.7.1:** Valores de coeficientes de escorrentía “C”.

TIPO DE ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	
	MÍNIMO	MÁXIMO
<b>ZONAS COMERCIALES</b>		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
<b>ZONAS RESIDENCIALES</b>		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casa habitación	0.50	0.70
<b>ZONAS INDUSTRIALES</b>		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
CEMENTERIOS, PARQUES	0.10	0.25
CAMPOS DE FUEGO	0.20	0.35
PATIOS DE FERROCARRIL	0.20	0.40
ZONAS SUBURBANAS	0.10	0.30
<b>CALLES</b>		
Asfaltadas	0.70	0.95
TIPO DE ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	
	MÍNIMO	MÁXIMO
De concreto hidráulico	0.70	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
ESTACIONAMIENTOS	0.75	0.85
TECHADOS	0.75	0.95
<b>PRADERAS</b>		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02 – 0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02 – 0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

**Fuente:** Hidrología Aplicada, Ven Te Chow.

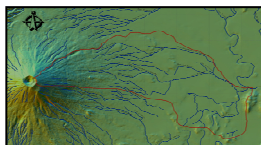




TABLA 2.4.8.7.2: Estimación de coeficientes de escorrentía “C”.

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Fuerte	Alta 50%	Media 20%	Suave 5%	Despreciable 1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semi - permeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.60	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos de granos básicos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semi - permeable	0.60	0.55	0.50	0.54	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Arbustos y pastos	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semi - permeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.10	0.15
Hierba corta o grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semi - permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.12	0.10
Vegetación densa, bosques	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semi - permeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Manual de Hidrología de Rafael Heras.

### 2.4.8.8 Análisis de la lluvia

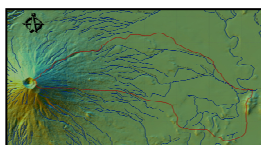
La lluvia posee tres características que son: Intensidad, Duración y Frecuencia.

#### 2.4.8.8.1 La intensidad

Se define como la mayor o menor precipitación de agua para un tiempo determinado y generalmente se expresa en milímetros/minuto. Además puede mencionarse que la escorrentía superficial es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia, es decir, a mayor intensidad de lluvia mayor escorrentía, y también a menor intensidad, menor escorrentía.

#### 2.4.8.8.2 La duración

Es el período de tiempo que tarda una determinada lluvia en precipitar sobre la superficie, expresada en minutos o en horas. Las lluvias que producen caudales máximos en un punto de interés de la cuenca hidrográfica, son aquellas cuya duración de





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

precipitación es igual al tiempo que necesita una gota de agua precipitada en el punto más alejado aguas arriba de la cuenca, en llegar a un punto de interés. En cuencas pequeñas, las tormentas que producen las mayores avenidas son tormentas de corta duración y de alta intensidad de lluvia, en tal sentido se utilizan lluvias de varias duraciones, tales como 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 y 360 minutos.

### 2.4.8.8.3 La frecuencia

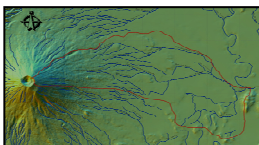
En cuanto mayor es la intensidad de las tormentas, más rara es su ocurrencia o menor su frecuencia. En forma aproximada, a una intensidad más alta de duración específica, tiene una frecuencia de una vez en  $n$  años. Dicha tormenta es llamada tormenta de  $n$  años consignada en el período de registro de  $x$  años.

### 2.4.8.8.4 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

La relación gráfica de la intensidad, la duración y la probabilidad de ocurrencia o período de retorno de la lluvia se realiza mediante el método estadístico de la ley de gumbel de eventos extremos, con el cual se obtienen las curvas llamadas Intensidad - Duración - Frecuencia. Estas curvas reúnen todas las variables de la precipitación.

#### 2.4.8.8.4.1 Metodología para la determinación de las curvas intensidad-duración – frecuencia (IDF)

El comportamiento de la lluvia que cae en un determinado territorio en cantidad y en un tiempo determinado es necesario para definir los diseños de las obras de conservación de suelo, puentes, daños por acumulación de agua y respuesta de los suelos. Uno de los primeros pasos que deben seguirse para realizar muchos proyectos de diseño hidrológico es la elaboración de las curvas I-D-F. Para ello es necesario hacer uso





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

de las intensidades máximas anuales y las duraciones de la estación meteorológica más cercana a la cuenca en estudio.

El proceso a seguir para la elaboración de las curvas I-D-F es el siguiente:

- Se obtienen los registros de intensidades máximas anuales de precipitación por minuto, para las duraciones de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 240 y 360 minutos, para la estación meteorológica cercana al sitio de interés.
- Para cada duración, se ordenan las intensidades de menor a mayor, asignándoles un número de orden (m).
- Se calcula la probabilidad de ocurrencia o frecuencia (f) de cada intensidad para las diferentes duraciones, utilizando la siguiente ecuación:

$$f = \frac{m}{(n+1)} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2.4.8.8.4.1.1})$$

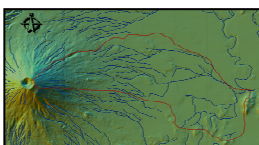
Donde:

m: Posición del dato una vez que se han ordenado de menor a mayor

n: Número total de datos

f: Frecuencia empírica

- Se grafica en papel probabilístico Gumbel, los datos de intensidad (I) contra la Probabilidad de Ocurrencia (f) para cada duración, de acuerdo a las siguientes coordenadas: En el Eje X: Probabilidad de ocurrencia (f); En el Eje Y: Intensidad de Precipitación (I).
- Luego se traza una recta promedio que se ajuste lo mejor posible a la nube de puntos ploteados para cada duración.
- Después de trazar las rectas para las diferentes duraciones, se procede a leer para un periodo de retorno seleccionado 2, 5, 10, 25 y 50 años, los valores de Intensidad - Duración, estos valores a su vez se plotean en papel doble





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

logarítmico de acuerdo a las siguientes coordenadas: En el Eje X: Duración (D); En el Eje Y: Intensidad de Precipitación (I).

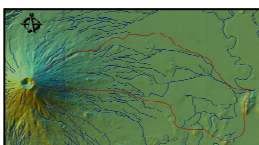
### 2.4.9 BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL

Un balance hídrico es la cuantificación tanto de los parámetros involucrados en el ciclo hidrológico, como de los consumos de agua de los diferentes sectores de usuarios, en un área determinada, cuenca y la interrelación entre ellos, dando como resultado un diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en cuanto a su oferta, disponibilidad y demanda en dicha área. Dado que el Balance Hídrico presenta un diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en un área en particular, permite tomar medidas y establecer lineamientos y estrategias para su protección y utilización de una manera integrada, de tal forma que se garantice su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad.

El establecimiento del balance hídrico en una cuenca o en una región determinada permite obtener información sobre:

- ✚ El volumen anual de escurrimiento o excedentes.
- ✚ El período en el que se produce el excedente y por tanto la infiltración o recarga del acuífero.
- ✚ El período en el que se produce un déficit de agua o sequía.

El establecimiento de un balance supone la medición de flujos de agua (caudales) y almacenamientos de la misma. Se pueden establecer balances de forma general, incluyendo aguas superficiales y subterráneas y parciales de sólo aguas superficiales, de





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

un acuífero, del agua del suelo, etc. En cualquier caso, a la hora de establecer el balance se examinarán las entradas y las salidas al sistema analizado.

La ecuación de continuidad se basa en que la diferencia que se produce cuando la diferencia entre las entradas y las salidas de agua y el agua que queda almacenada en el sistema es igual a cero.

$$\text{Entrada} - \text{Salida} \pm \text{Variación de Almacenamiento} = 0$$

Es de hacer notar que estas variables se expresan en unidades de volumen ( $m^3$ ,  $pie^3$ ,  $mm \times m^2$ , etc.) y esta unidad variara dependiendo de las características de la información disponible.

### Entradas:

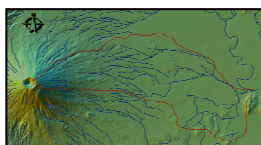
- ✚ Precipitación (P).
- ✚ Escorrentía superficial proveniente de otras áreas (R).

### Salidas:

- ✚ Evapotranspiración (ET).
- ✚ Escorrentía superficial hacia otras áreas (R).
- ✚ Infiltración (I).

### Variación de almacenamiento (DV):

- ✚ Almacenamiento superficial en embalses canales y en la escorrentía superficial.







Aplicando estos conceptos, se expresa el balance hídrico en un área determinada como:

$$P - ET \pm R - I = \Delta V \quad (\text{Ecuación 2.4.9.1})$$

Para poder aplicar esta ecuación hay que tener en cuenta dos condiciones importantes:

- ✚ **Unidad hidrológica:** Es decir, que todas las aguas que se miden y comparan pertenezcan a la misma área.
- ✚ **Período de tiempo:** El período de medición deberá de ser de al menos un año.

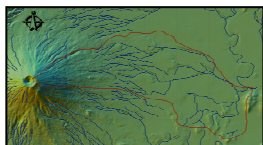
La ecuación del balance hídrico nos indica que el total de agua que entra y sale de un área determinada es constante. Esta ecuación otorga un significado cuantitativo para evaluar el ciclo hidrológico.

### 2.4.9.1 Cálculo del balance hídrico

Existen métodos que permiten determinar directamente algunas variables que intervienen en el balance hídrico, como los hidrogramas y sobre todo los lisímetros, que miden la precipitación, la infiltración. Sin embargo, existen métodos que se valen de la evapotranspiración, los cuales se explican a continuación:

#### 2.4.9.1.1 Cálculo del balance hídrico por medio de la evapotranspiración

Si se conocen las precipitaciones y la temperatura media, de la zona en donde se desea realizar el balance hídrico, puede calcularse mediante la evaluación de la evapotranspiración. Por lo general, los datos numéricos se refieren a un año, es decir a un prolongado período de observaciones.





### 2.4.9.1.2 Método basado en la ecuación de L. Turc

El caso más sencillo es aquel en que por lo menos la escorrentía superficial  $R$  ó la infiltración  $I$  están determinadas. Basta entonces con calcular la evapotranspiración real  $ETR$ , por medio de la ecuación de L. Turc, para conseguir establecer un equilibrio con la precipitación de la manera siguiente:

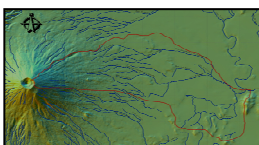
$$P = R + ETR + I \quad (\text{Ecuación 2.4.9.1.2.1})$$

### 2.4.10 MANEJO DE CUENCAS

“Es la gestión que realiza el hombre en un territorio denominado cuenca hidrográfica, para lograr la sostenibilidad de los recursos naturales, considerando al agua como el recurso integrador y estratégico para contribuir con el desarrollo socioeconómico y el mejoramiento de la calidad de las poblaciones rurales y urbanas”.

Quando se quiere comprender ¿de qué trata el manejo de cuencas? es muy importante considerar que en este caso, el administrar o dirigir todo lo que tiene una cuenca no es una tarea sencilla, es muy compleja; ya sea porque son muchos recursos naturales que existen en ella o porque las actividades son muy diversas. Sin embargo el punto fundamental es reconocer quien toma decisiones de cómo manejar los recursos y quien desarrolla las actividades son las personas, por lo tanto el manejo de cuencas debe partir de lograr un entendimiento social. Todo dependerá de la actitud, capacidades y posibilidades de que las familias rurales y urbanas, logren una visión de conjunto, con una responsabilidad compartida, para conservar la cuenca hidrográfica.

Los principios de bienestar de la familia y comunidades, la conservación de los recursos naturales, la sostenibilidad, el mejoramiento ambiental y la calidad de vida se





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

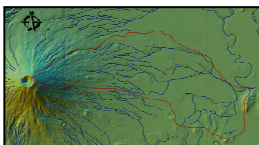
incorporan de manera pragmática, en los diferentes proyectos y planes de manejo de cuencas en este nuevo siglo.

Desde luego el recurso hídrico sigue constituyéndose como el recurso integrador y clave para fomentar el manejo de cuencas, además resulta estratégico en muchos procesos de gestión y desarrollo social, económico y ambiental, en la vida moderna; y será de gran importancia mantener su oferta en calidad y cantidad para las futuras generaciones.

Existen diferentes aspectos que están evolucionando, en los enfoques de manejo de cuencas, por ejemplo: la administración, por medio de organismos de cuencas, el financiamiento mediante el pago de los servicios ambientales, la sostenibilidad con base en procesos participativos. La consideración del entorno para ampliar la articulación socioeconómica y la compatibilización con otras alternativas de planificación estratégica, integrando la planificación regional o la planificación de territorios municipales con base o enfoque de manejo de cuencas y trabajo por medio de las comunidades que habitan las microcuencas.

En síntesis los principales enfoques presentan las relaciones e interacciones con el agua, como recurso estratégico, con los otros recursos que integran el sistema cuenca:

- a) Cuando el agua es el centro de la gestión y manejo, allí adquiere predominancia el concepto de calidad y cantidad de agua, y dependen de cómo funciona y cómo se maneja el sistema hídrico. Se da origen al "Manejo de Cuencas".





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- b) Cuando los recursos naturales constituyen el centro de la gestión y manejo, pero se mantiene al recurso hídrico como elemento integrador en la cuenca. Se da origen al "Manejo Sostenible de Cuencas".
- c) Cuando el enfoque es amplio y se define que el centro de la gestión es el ambiente o que se trata de una acción integral, pero manteniendo el rol estratégico del recurso hídrico. Se da origen al "Manejo integral de cuencas".

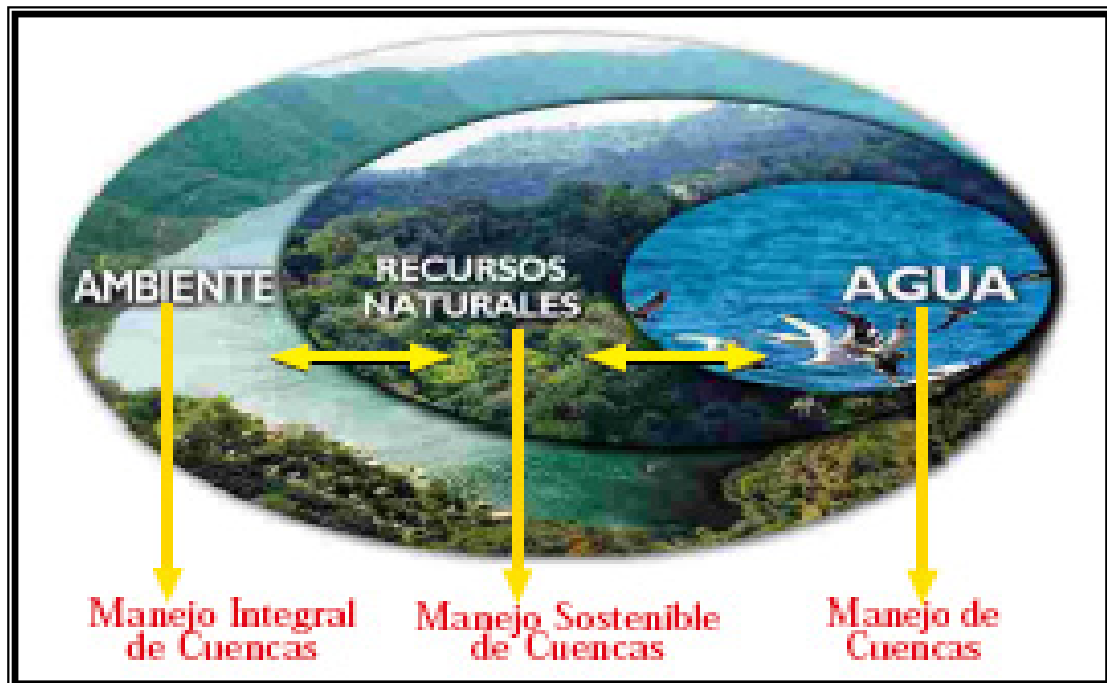
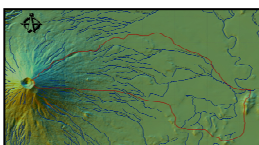


FIGURA 2.4.10.1: Esquema de los tipos de manejo de cuencas.

Para manejar una cuenca hidrográfica se requiere de una visión integral, considerando que todos sus elementos y componentes son importantes, cada uno tiene un rol específico. Por otro lado el manejo de cuencas no se puede lograr en poco tiempo, requiere de un proceso de largo plazo, sobre todo si los cambios que se quieren lograr



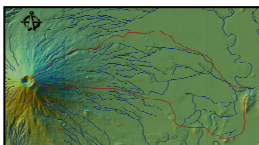


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

necesitan de años y tiempo para consolidarlos. Cambios de actitudes, pueden ser generacionales, adopción de tecnologías pueden demorar años, restaurar una vegetación arbórea puede llevar más de 10 años; entonces se requieren muchos años para lograr los cambios deseados.

### 2.4.10.1 Como se puede lograr el manejo de una cuenca

- a) Lo primero que se requiere, es conocer la realidad, definida como diagnóstico, determinando problemas con sus causas y consecuencias, para con base en esta definición elaborar el plan de manejo que indicará el ordenamiento de la cuenca, es decir cuál es la imagen que desean sus habitantes.
- b) Para pasar de la planificación a la ejecución, es fundamental en desarrollar esfuerzos de colaboración y solidaridad.
- c) La coordinación es otra forma importante para la gestión y manejo de las cuencas, si variados son los actores, las actividades serán diversas, entonces será necesario hacer eficiente tanto el uso de recursos, como la oportuna aplicación de los mismos.
- d) Se requieren de procesos participativos, con responsabilidad compartida, con visión de largo plazo y estableciendo prioridades.
- e) Reconociendo que las demandas urgentes y prioridades de los actores locales, siguen un orden racional de satisfacer alimentación, mejora de ingresos y armonía con la conservación.
- f) La organización y participación local es clave, comunidades, municipios y asociaciones de municipios pueden lograr un rol valioso para establecer un nivel de responsabilidad y liderazgo a través de comités de cuencas.



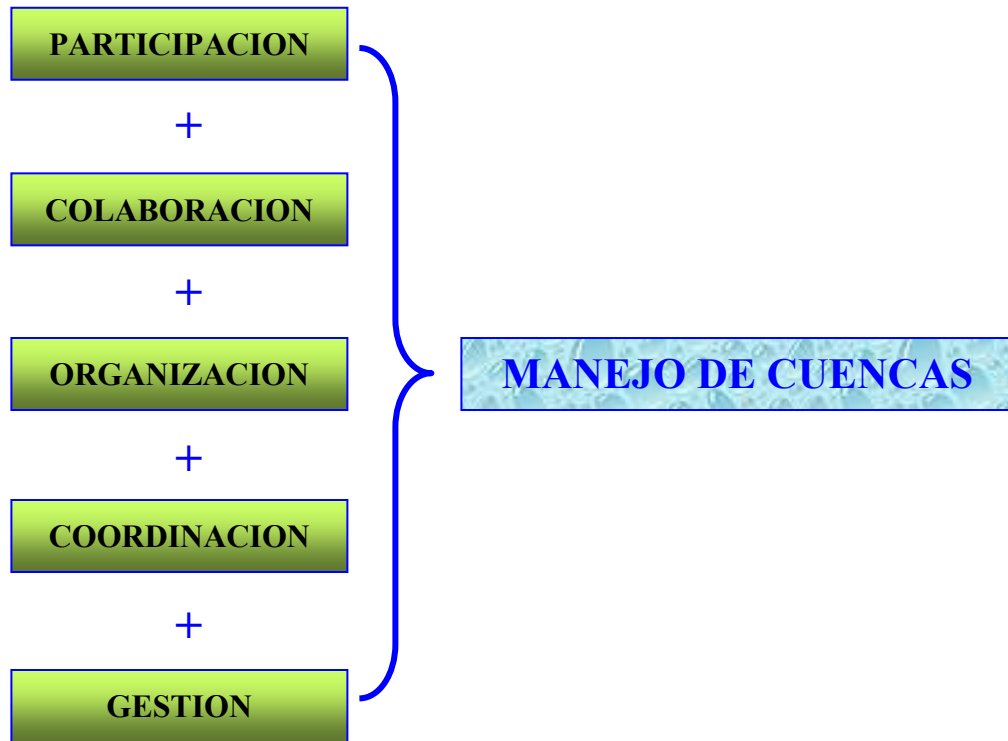
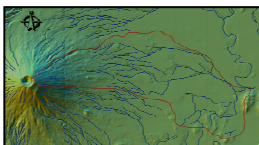


FIGURA 2.4.10.1.1: Estructuración para el manejo de cuencas.

### 2.4.10.2 Porque es importante manejar las cuencas

Cada año o quizás día con día tenemos información que las inundaciones han causado pérdidas valiosas en vidas humanas, cosechas o destrucción de caminos. También que por falta de agua de riego las cosechas han sido malas o que las poblaciones humanas no tienen agua para su uso doméstico.

Este panorama suele complicarse cuando habiendo agua, se encuentra contaminada limitando sus diferentes usos, incrementando los costos de tratamiento o generando efectos en la salud de las personas y de los animales.



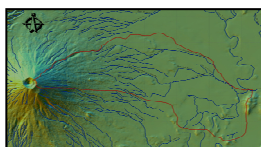


Entonces la importancia de tener agua en calidad y cantidad, de evitar desastres naturales como sequía e inundaciones; es de prioridad que deben atender, tanto autoridades nacionales y locales, así como los propios habitantes. Surge la pregunta ¿Cuál o cuáles serían las alternativas técnicas para resolver o enfrentar esta problemática? El manejo de cuencas resulta ser la alternativa más apropiada y eficiente, porque su sistema hídrico es único y desde el cual se pueden desarrollar un sin número de actividades para asegurar la calidad y cantidad de agua, contrarrestando el riesgo a desastres naturales como inundaciones, sequías y deslizamientos de tierras, entre otros.

### **2.4.10.3 Que beneficios perciben los actores locales que participan en el manejo de cuencas**

Permitirá promover la integración y participación de todos los actores, responsables e interesados en el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales de las cuencas. Para resaltar los beneficios y ventajas, será necesario definir indicadores sobre el mejoramiento ambiental y la sostenibilidad de los RR.NN. logrados mediante manejo de cuencas. Entre los principales beneficios y ventajas se señalan los siguientes:

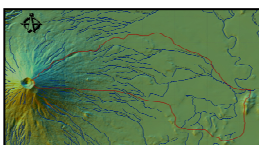
- ✚ La intervención en un sistema integrado “cuenca hidrográfica”, permite una mejor coordinación entre proyectos y acciones, permite tener una mejor visión de los problemas, sus causas, sus efectos y las interacciones entre ellos.
- ✚ Es una alternativa interesante para el ordenamiento territorial y ambiental, posibilita la relación e interacción espacial y los diferentes escenarios asociados a las capacidades y vocación de la cuenca.
- ✚ Facilita la concertación, se maneja mejor los conflictos y se definen prioridades en forma armoniosa.
- ✚ Es posible identificar y manejar un desarrollo metodológico homogéneo.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- ✚ A nivel de microcuencas se puede lograr una participación más inmediata, por el interés común en este nivel de espacio.
- ✚ Es posible lograr una mejor explicación a los usuarios (internos y externos) de los servicios de la cuenca.
- ✚ A nivel de finca a los productores se les demostrará los beneficios que se derivan de la conservación de suelos, aguas, agroforestería, manejo de cultivos, uso racional de agroquímicos (mejor uso de los recursos naturales). Se mostrarán los resultados asociados con el rendimiento de los cultivos, mejor productividad, disminución de insumos y costos de producción, mayor retención de humedad y de calidad de agua, mayor oferta de agua, disponibilidad de leña y otros productos forestales.
- ✚ A nivel de cuenca, se logrará mejorar la calidad del agua, regular el sistema hídrico, controlar inundaciones y sequías, estabilizar a la población, internalizar las externalidades asociadas al manejo de la cuenca.
- ✚ Fuera de la cuenca, se garantiza la oferta de servicios, por ejemplo agua para poblaciones, riego, electricidad, lugares de esparcimiento, oferta de productos forestales y agropecuarios.
- ✚ Se facilita la organización y gestión para la cuenca.
- ✚ Se pueden identificar las fuentes de financiamiento asociados a los efectos globales y específicos que se producen en la cuenca.
- ✚ Se puede promover con mayor respaldo la participación para la apropiación del manejo de la cuenca y su sostenibilidad institucional.
- ✚ Valoración de la tierra y del patrimonio ambiental.
- ✚ Bienestar social, económico y ambiental.





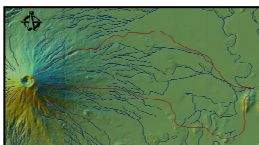


### 2.4.10.4 Diagnostico

El Diagnóstico es un paso previo al inicio de nuevas actividades o proyectos, que nos permite conocer los aspectos biofísicos, socioeconómicos y ecológicos que existen en una cuenca. Una vez conocidos estos aspectos y vista la cuenca como un sistema que incluye entradas y salidas y dentro de la cual se dan relaciones diferentes y dinámicas, analizar e interpretar los resultados de estas interacciones.

También para conocer la vocación de la cuenca, cual es su capacidad y para que sirve, es decir que es lo más importante para el desarrollo. En el diagnóstico se deben determinar las características, los problemas, conflictos, limitantes y potenciales de la cuenca, identificando las alternativas de solución, considerando la cuenca bien o mal manejada.

El diagnóstico puede ser: Biofísico y socioeconómico. En cada caso se deben analizar los problemas y los potenciales que tiene la cuenca.



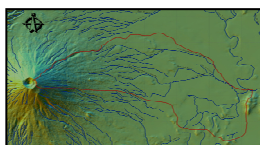


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

ASPECTOS BIOFÍSICOS	ASPECTOS SOCIOECONOMICOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Suelos: tipo de suelos (pedología), clase de suelos (agrología), uso actual, conflicto de uso, pendientes, potencial de erosión, pedregosidad.</li><li>• Sistemas de producción: Cultivos predominantes, rendimientos, principales problemas de los sistemas.</li><li>• Agua: Principales ríos, lagos, números de fuentes de agua, contaminación de fuentes de agua, porcentaje de familias con acceso a agua potable.</li><li>• Flora: Principales especies existentes.</li><li>• Clima: Precipitación, temperatura, radiación solar.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Salud: Servicios de salud con que cuenta la microcuenca (unidad, puesto, hospital, etc.), Programas de salud (preventiva, curativa, reproductiva, materno-infantil, etc.), personal de salud con que se cuenta. Indicadores de salud % niños vacunados, % de atenciones prenatales, % de enfermedades diarreicas, % de infecciones respiratorias agudas.</li><li>• Educación: Números de Centros Educativos, años de escolaridad de cada centro, % de analfabetismo, etc.</li><li>• Vivienda: Porcentaje con vivienda propia, materiales de la vivienda, etc.</li><li>• Generación de empleo e ingreso.</li><li>• Nivel de vida (pobreza).</li></ul>

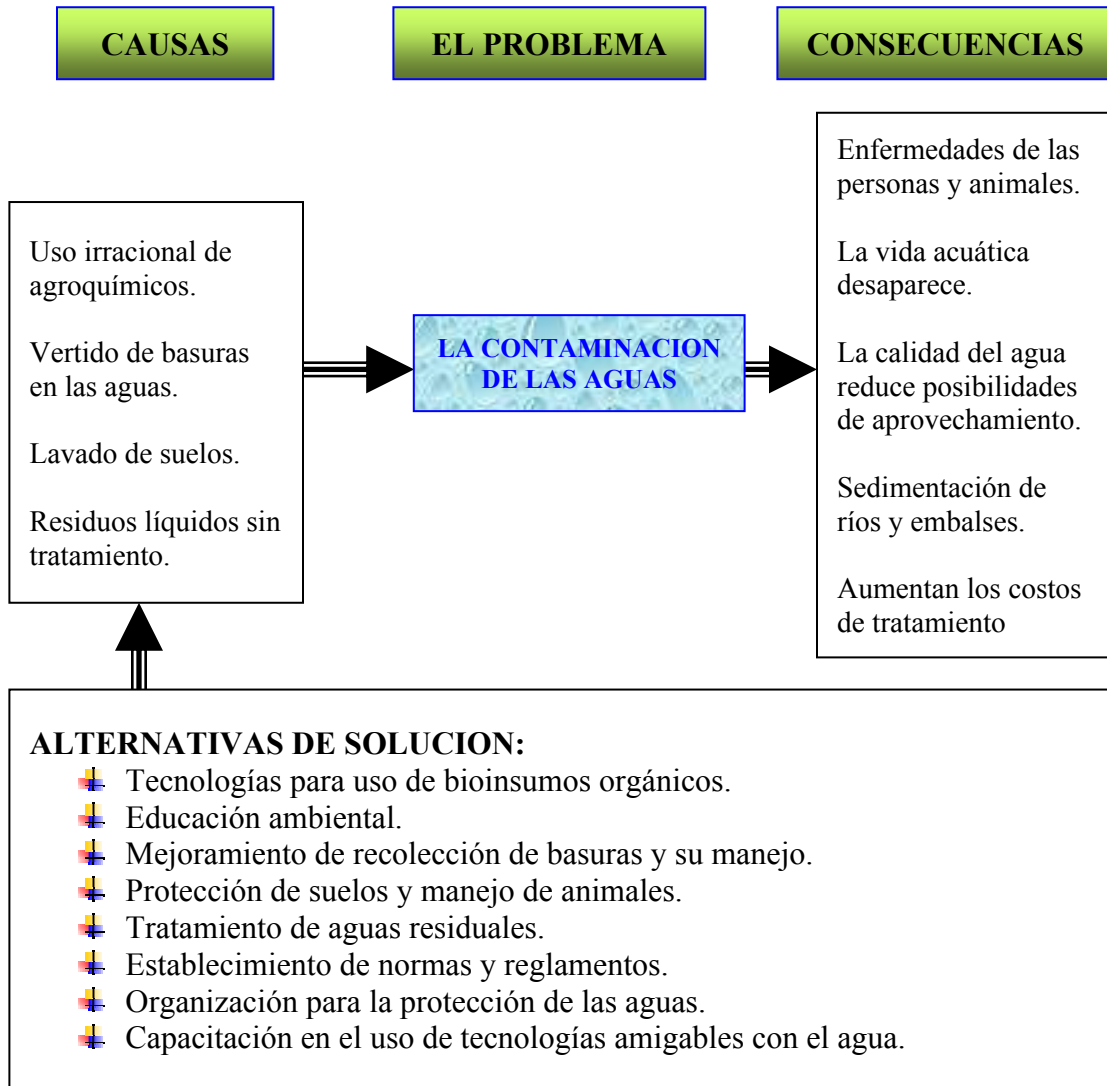
FIGURA 2.4.10.4.1: Componentes del diagnostico.

Para analizar cada problema se deben identificar tanto las causas como las consecuencias, para luego determinar las alternativas de solución. Cada solución va dirigida a eliminar las causas y su importancia está determinada por las consecuencias, por ejemplo:

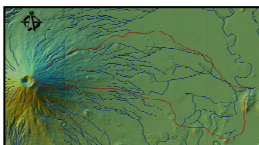




## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL



**FIGURA 2.4.10.4.2:** Ejemplo de causas, consecuencias y alternativas de solución del diagnóstico.



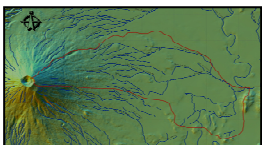


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

¿Cómo quieren ver la cuenca en el futuro?



FIGURA 2.4.10.4.3: Diagnostico y proceso participativo.



PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO  
PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE, CANTON MONTE GRANDE  
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL



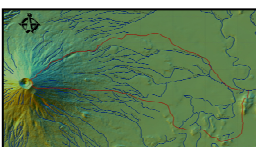
### 2.4.10.4.1 Métodos e instrumentos para realizar el diagnostico

Una de las más grandes lecciones aprendidas en el desarrollo de proyectos, sean estos de manejo de cuencas o de otra naturaleza, es la ineficacia de dichos proyectos sin la participación activa de los actores de las comunidades locales. Numerosas experiencias en el mundo confirman el hecho que el cambio se produce con relativa facilidad cuando una comunidad, que obtiene información de asesores de confianza, determina y prioriza sus problemas y prepara sus propios planes de acción para las cuencas.

En el caso de cuencas pequeñas, desde el inicio los actores pueden participar desde la determinación de necesidades y problemas (Diagnóstico), es decir necesitamos Diagnósticos Participativos y necesitamos herramientas para que esa participación sea efectiva.

TECNICAS PARA RECOLECTAR INFORMACION	HERRAMIENTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Conversación informal con actores de la comunidad</li><li>• Entrevistas y cuestionarios</li><li>• Observación directa</li><li>• Informantes claves</li><li>• Estudios de caso</li><li>• Sondeos</li><li>• Talleres Participativos</li><li>• Revisión de Información Secundaria (Bibliografía)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elaboración de transectos</li><li>• Diagrama de Tortilla</li><li>• Priorización de problemas</li><li>• Mapa de servicios</li><li>• Línea de tiempo</li><li>• Mapa de recursos naturales y uso de la tierra</li><li>• Calendario estacional de actividades con enfoque de género</li><li>• Analisis de beneficios</li><li>• Mapa de finca con aspecto de género</li></ul>

FIGURA 2.4.10.4.1.1: Métodos e instrumentos para el diagnostico.





### 2.4.10.4.2 Guía metodológica para la elaboración del diagnostico de subcuencas o microcuencas

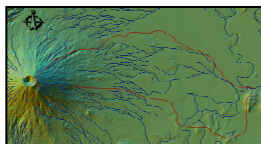
#### 1. Definir si es necesario realizar el diagnostico por subcuencas y/o microcuencas o por unidades territoriales (cantones/municipios)

Dependiendo de las áreas de interés temático para la institución o proyecto, elaborar un modelo biofísico y socioeconómico mediante el cual se pueda visualizar si contesta las interrogantes que buscamos, y así decidir si el diagnostico se hace por subcuencas y/o microcuencas o por cantones y/o municipios.

#### 2. Definir los objetivos o propósitos del diagnóstico

El diagnóstico se realiza antes de ejecutar nuevos programas o proyectos en determinadas áreas, con el fin de partir de la realidad y para que las acciones a realizar sean más efectivas.

Algunos de los objetivos de las realizaciones de diagnósticos podrían ser: Para conocer los problemas del área geográfica a intervenir, sus causas y los efectos, con énfasis en las actividades que interesan prioritariamente a la institución, programa o proyecto que lo realiza, para poder en base a la información recolectada proponer alternativas de solución conjunta con las comunidades, para mejorar la intervención del proyecto, para descubrir nuevos proyectos potenciales en el área, para actualizar los planes de trabajo (si la realidad ha sufrido cambios drásticos en corto tiempo), para evaluar los impactos y efectos de un proyecto en fases definidas (medio término, finalización, ex-post), para comprobar las hipótesis de investigadores y para elaborar documentos que puedan ser útiles para otros en el futuro. [Ramakrishna, B., 1997]





### 3. Identificación y/o selección de la subcuenca y/o microcuenca

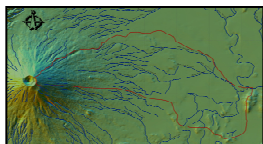
- ✚ Delimitación cartográfica de la cuenca, subcuencas y microcuencas con los ríos, caminos y límites municipales.
- ✚ Basada en condiciones previas del donante, o el ente financiero.
- ✚ Basada en la identificación y priorización de áreas críticas dentro del área de influencia del proyecto.
- ✚ Por demanda directa de los actores de la subcuenca/microcuenca.
- ✚ Por los objetivos del proyecto previamente establecidos.
- ✚ Por criterios de selección propios que la institución o el proyecto creen para tales fines.
- ✚ Otros criterios: porque la subcuenca/microcuenca es fuente abastecedora de agua para poblaciones, aguas abajo, por la presión sobre el uso de los recursos naturales, por el grado de deterioro de los recursos naturales, por la facilidad para implementar el trabajo e irradiarlo, por la visibilidad y facilidad de acceso, por la representatividad.

### 4. Reconocimiento cartográfico y de campo de la subcuenca/microcuenca seleccionada

- ✚ Selección del material cartográfico necesario para el reconocimiento de campo.
- ✚ Gira de campo con el fin de identificar las variables determinantes y trabajar con dichas variables en un modelo preliminar.
- ✚ Contacto con los actores de la subcuenca/microcuenca.

### 5. Diseño o selección de la metodología e instrumentos metodológicos para desarrollar el diagnóstico

- ✚ Selección del tipo de metodología: El diagnóstico puede realizarse a través de sondeos, encuestas, entrevistas, talleres participativos, reuniones con





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

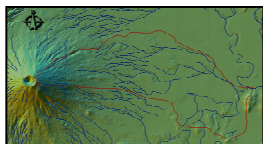
representantes o informantes claves, fichas o guías técnicas. Las metodologías mencionadas anteriormente pueden o no ser excluyentes, es decir pueden combinarse dos o más de estas.

- ✚ Cada metodología tendrá sus propios instrumentos metodológicos, acordes a los objetivos del proyecto, la información clave que necesitamos documentar, los tiempos con que se cuenta para desarrollarlos, y otros.
- ✚ La metodología seleccionada debe ser aquella que nos ayude a identificar las variables que están presionando sobre el medio ambiente y cuáles recursos están siendo subutilizados por la población.

### **6. Identificación, selección y capacitación del equipo facilitador de los talleres, entrevistas, encuestas, fichas, etc**

- ✚ El equipo facilitador debe conformarse por personal Interdisciplinario: Biólogos, Profesionales en Ciencias Agrarias, Ingenieros Civiles, Sociólogos y/o Trabajadores Sociales, Economistas, Administradores de Empresas, Educadores, etc.
- ✚ El equipo debe ser previamente capacitado en las metodologías y herramientas a utilizar de tal manera que dominen la temática y los instrumentos durante las diferentes etapas del diagnóstico y en los diferentes eventos que participen.
- ✚ Deben poseer además empatía, de tal manera que inspiren confianza en los participantes y éstos se sientan con libertad de expresar sus opiniones durante los talleres o entrevistas.

### **7. Determinación de los criterios económicos, físicos, ambientales, culturales y sociales que permitan determinar el número de talleres a realizar por subcuenca y/o microcuenca**

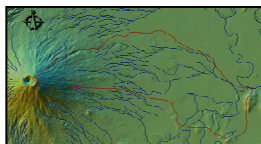






## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- ✚ De acuerdo a criterios físicos podríamos seleccionar por ejemplo tres talleres para una subcuenca haciendo uno para la parte alta, otro para la parte media y otro para la parte baja de la subcuenca. En cambio aplicando criterios ambientales podríamos hablar de subcuencas homogéneas y si presentan las mismas características ambientales, unir dos o tres subcuencas y realizar un taller para la parte alta de las tres subcuencas, y así sucesivamente para la parte media y baja.
- ✚ Otros criterios para la determinación y ejecución del número de talleres participativos son: Cuando existen dos subcuencas vecinas y en una de ellas existe poca población que se encuentra dispersa en el territorio y además, dicha población desarrolla sus actividades económicas y sociales en la subcuenca vecina, es viable desarrollar un solo taller para ambas poblaciones ubicadas en dicha subcuencas.
- ✚ En el caso de que dos subcuencas vecinas presenten áreas homogéneas en cuanto a condiciones agroecológicas y socioeconómicas, y además, las dos subcuencas pertenezcan a una sola jurisdicción político-administrativa, (sea este un Cantón o Municipio) también es viable poder desarrollar un solo taller para ambas poblaciones.
- ✚ Cuando haya una subcuenca, donde se han realizado talleres diagnósticos participativos recientemente y además se cuente con información actualizada y de calidad, también es viable no realizar dicha actividad, para poder incluir otras zonas en donde no se cuente con la información necesaria para el diagnóstico.
- ✚ En las subcuencas cuya población es significativamente mayor y que además tienen mayor número de divisiones administrativas (sean cantones o municipios) deberán realizarse mayor número de talleres, ya que los impactos de la población





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

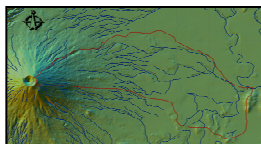
y presión sobre los recursos naturales pueden estar causando un desequilibrio ecológico que podría ser irreversible.

### 8. Identificación y selección de los actores claves de la subcuenca/microcuenca que participaran en los eventos (talleres, consultas, entrevistas, etc)

- ✚ Directivos y líderes de comunidades de la subcuenca y/o microcuenca.
- ✚ Hombres, mujeres y jóvenes. En la medida de lo posible trabajar con enfoque de género y equidad en la participación durante el diagnóstico, es decir trabajar para que la participación de la mujer no sea únicamente reflejada en el número de participantes, sino a través de su análisis crítico de la información, capacidad de negociación, etc.
- ✚ Número de participantes por comunidades representadas dentro de la subcuenca: Tendrá que ser representativo, y se recomienda un número que pueda ser manejable por el equipo facilitador.
- ✚ Aquellos actores del entorno de la microcuenca que están vinculados directamente con el uso y manejo de la subcuenca.

### 9. Selección del lugar donde se realizaran los eventos (talleres, entrevistas, etc)

- ✚ **Comunidad y/o cantón:** En la medida de lo posible deberá seleccionarse un lugar que sea accesible para la mayoría de los participantes.
- ✚ **Local:** Se recomienda que sea un lugar techado, amplio, iluminado, que disponga del mobiliario necesario para desarrollar las herramientas, ejemplo: escuelas, casas comunales, etc.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

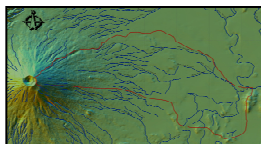
- ✚ **Ambientación:** Se deberá proporcionar un ambiente en el cual los participantes se sientan cómodos, que les permita expresarse y desarrollarse normalmente durante los eventos.

### 10. Convocatoria a los eventos

- ✚ **Estructura del mensaje de la convocatoria:** El mensaje debe ser cuidadosamente analizado, atractivo, poniendo elementos claves que motiven a la participación de la comunidad, ser claro de tal manera que identifiquen fácilmente el objetivo de la reunión, quién convoca (Institución o Proyecto), lugar del evento (Comunidad y local específico), horarios, etc.
- ✚ **Métodos de convocatoria:** Puede ser por escrito, ya sea una carta personal o carta a la organización local, o bien utilizarse medios masivos como perifoneo, anuncios en la radio comunitaria o locales (estos son importantes sobre todo en el caso que la mayoría de la población sea analfabeta), carteles en lugares claves, entre otros. La convocatoria está en función a la organización local.

### 11. Ejecución de los talleres

- ✚ **Duración del evento:** Se puede realizar en uno o dos días dependiendo de la disponibilidad de tiempo y recursos de las Instituciones y Comunidades.
- ✚ **Horarios:** Utilizar los horarios más convenientes a los participantes de las comunidades teniendo en cuenta sus limitaciones de acceso y transporte.
- ✚ **Logística:** Es recomendable poder brindar alimentación a los participantes y si fuere posible proporcionarles transporte a los que tienen difícil acceso.
- ✚ **Equipo y Materiales a utilizar:**





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

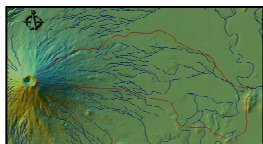
- ◆ **Equipo:** Debe seleccionarse aquel que se adapte a las condiciones del local.
- ◆ **Materiales:** Deben ser elaborados con la debida anticipación, adecuarse al tipo de participante que se tendrá y en las cantidades necesarias.
- ✚ **Los criterios para seleccionar el lugar de la realización del taller de diagnóstico deben permitir:**
  - ◆ Accesibilidad al lugar por parte de todas las comunidades participantes.
  - ◆ Escoger el lugar donde este concentrada la mayor parte de la población de la subcuenca y por ende el mayor número de participantes al taller.

### 12. Recolección de información a través de fichas, encuestas y/o entrevistas

- ✚ Pueden ser diseñadas por el personal interdisciplinario.
- ✚ Deben ser pasadas y/o realizadas por personal técnico debidamente capacitado para el llenado.
- ✚ Deben contar con su guía técnica para asegurar el uniformizar los criterios de la información.
- ✚ Permiten recopilar información más detallada por componentes específicos del proyecto.
- ✚ Sirven como mecanismos de participación y coordinación de los actores de la subcuenca/microcuenca.

### 13. Análisis e interpretación de la información de los talleres y de las fichas, encuestas, entrevistas

Este análisis de la vocación y potencial de la cuenca deberá realizarlo el equipo interdisciplinario, se requiere la interpretación cuidadosa de la vocación y potencial de la cuenca, de las características biofísicas, socioeconómicas y ambientales, de tal manera que se interrelacionen y correlacionen, obteniéndose así la caracterización





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

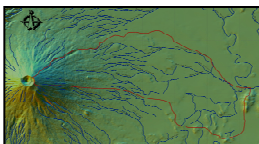
de la problemática de la población que habita la subcuenca y/o microcuenca y el conflicto con la capacidad de carga de la subcuenca y/o microcuenca y la potencialidad de la misma. En todo este análisis es importante también tener consideración y respeto a los aspectos culturales de los actores de la subcuenca y los aspectos legales que respaldan o limitan el accionar de los proyectos de cuencas.

### **14. Recopilación de información secundaria**

De la subcuenca y/o microcuenca puede existir información previa que haya sido generada y procesada por otras instituciones o entidades: Diagnósticos, caracterizaciones, carpetas comunitarias, carpetas de proyectos ejecutados o en proceso de ejecución o de gestión, censos, etc. que pueden ser utilizadas como fuente de información, comparación y verificación. Este proceso de levantamiento de información secundaria puede ser realizado previo a la recolección de la información primaria o paralelamente a esta. Esta información puede ser verificada en campo, y relacionada y correlacionada con la información primaria.

### **15. Utilización de información cartográfica o de Sistemas de Información Geográfica (Sistemas de Información de Tierras o Sistemas de Información Ambiental)**

Para la caracterización de la información biofísica, socioeconómica y ecológica de la subcuenca de interés, pueden utilizarse mapas cartográficos y si es viable y a la vez accesible, utilizar Sistemas de Información Geográfica para desarrollar los diferentes mapas temáticos de la subcuenca. Por ejemplo para la parte biofísica: Mapas climáticos (precipitación, zonas térmicas, canículas), mapas de uso actual,





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

---

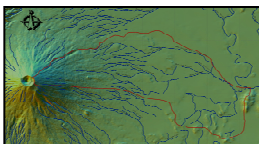
uso potencial y conflicto de usos del suelo, entre otros; para la parte socioeconómica utilizar el mapa de servicios.

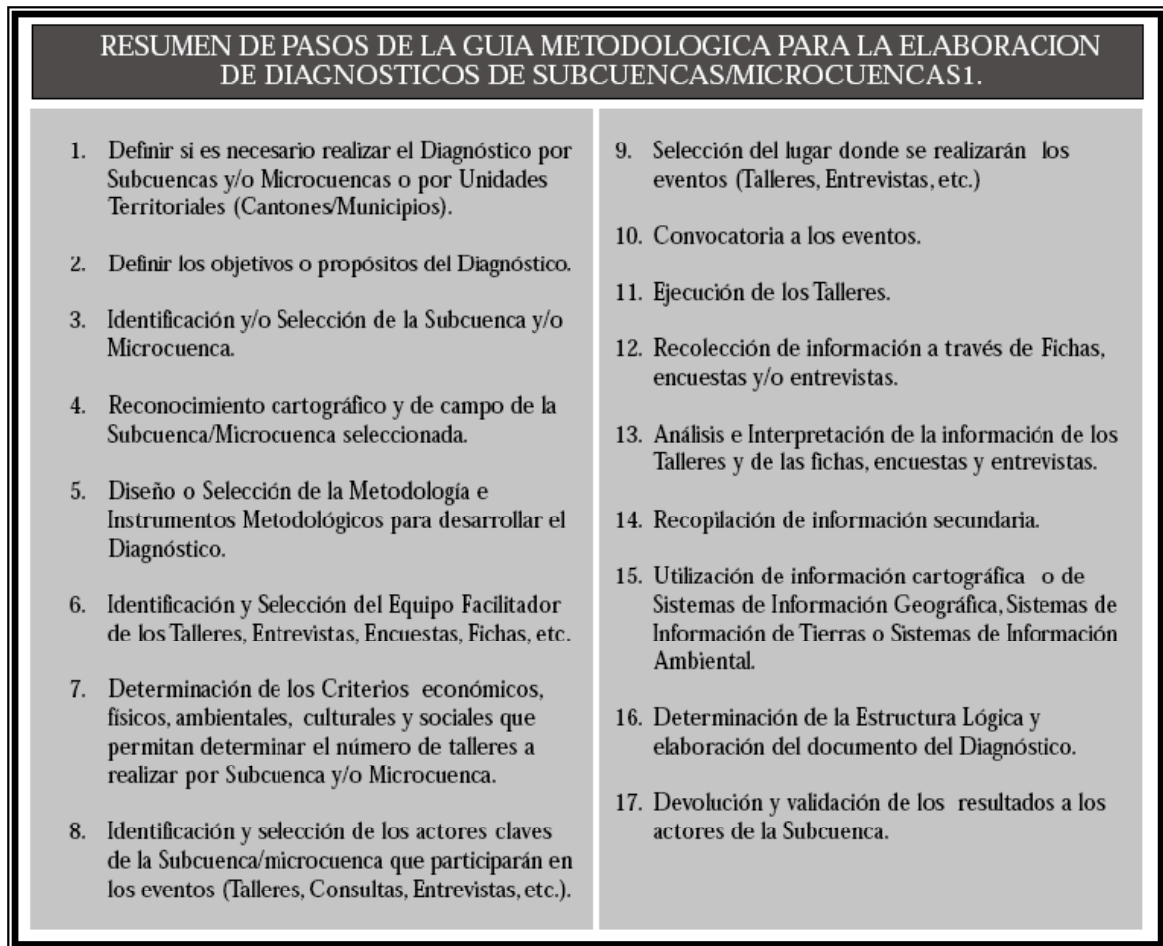
### **16. Determinación de la estructura lógica del diagnóstico**

Para la elaboración del índice o contenido temático del diagnóstico deberá tomarse en cuenta que responda a las necesidades de información de acuerdo a los intereses del proyecto y la población para que posteriormente permita desarrollar el plan o las medidas de intervención en la subcuenca.

### **17. Devolución y validación de los resultados a los actores de la subcuenca**

Una vez estructurado el documento de diagnóstico de la subcuenca, se debe convocar nuevamente a los participantes del diagnóstico para presentarles los resultados del mismo y en base a dicha información iniciar el proceso de Planificación Participativa de la Subcuenca.

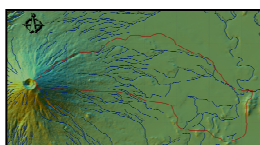




**FIGURA 2.4.10.4.2.1:** Pasos a seguir para la elaboración de diagnósticos de subcuencas/microcuencas

### 2.4.10.5 Línea base

Es el marco de referencia cualitativo y cuantitativo que sirve para poder analizar los impactos y cambios a nivel fisicobiológico y socioeconómico, relacionados con la implementación de actividades de un plan o proyecto.





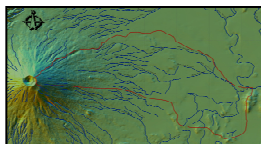
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Esta línea base se puede obtener del diagnóstico y con base en la experiencia y conocimientos de expertos. En algunos casos se utilizan acciones previas para determinar la línea base y se aplica cuando no hay datos y por lo tanto el proyecto establecerá una referencia directa sobre la cual se podrá evaluar el proceso.

En los proyectos de manejo de cuencas, proyectos ambientales y de recursos naturales, los cambios e impactos, se producen a mediano o largo plazo, sin embargo es importante monitorear los procesos, para establecer los ajustes necesarios y sustentar la intensidad de acciones en determinados componentes con el fin de asegurar los productos esperados.

En periodos de corto plazo (3 ó 4 años), la mayoría de cambios, pueden ser poco relevantes en magnitud y no tendrán bases contundentes de sostenibilidad, por lo tanto lo que se puede alcanzar en este horizonte de tiempo son umbrales de cambio que permitirán:

- ✚ Tomar decisiones para realizar reajustes a las diferentes estrategias, métodos y aplicación de técnicos que realiza el proyecto.
- ✚ Sustentar la necesidad de intensificar y fortalecer a determinados componentes para asegurar los productos esperados del proyecto.
- ✚ Respaldar la continuidad del proyecto, con base en los umbrales o indicadores de los primeros años.
- ✚ Demostrar los beneficios del proyecto, la importancia y beneficios de las actividades.
- ✚ Proveer criterios e información para la formulación de propuestas de continuidad del proyecto.
- ✚ Lograr la interacción de otros actores e interesados en el proyecto.







- ✚ Permite reconocer el éxito, fracaso o avance del proyecto.

Una de las formas más utilizadas para organizar y manejar los datos e información en la línea base, es mediante las variables e indicadores.

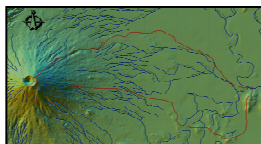
### 2.4.10.5.1 Variables

En su forma más simple, se entiende por variables las características, cualidades, elementos o componentes de una unidad de análisis, las cuales pueden modificarse o variar en el tiempo.

La variable o característica es diferente para cada caso; es decir, entre diferentes unidades u objetos considerados.

Variables estáticas: Entre las cuales se puede mencionar, en primer lugar, el grado de autogestión de las comunidades rurales en dos zonas de amortiguamiento o reservas naturales es diferente entre ellas, y en segundo lugar, el grado o nivel de capacitación de los habitantes de una misma reserva natural, después de un tiempo determinado, es la variable o característica que cambia en un mismo objeto o unidad de análisis.

Una vez hechas todas las diferentes aclaraciones y análisis de las variables, (parámetros de evaluación), se puede entrar de lleno a establecer los indicadores (patrones de evaluación) del comportamiento de cada variable formulada.





### 2.4.10.5.2 Indicadores

El indicador es una expresión sintética y específica, que señala una condición característica o valor determinado en el tiempo. Los indicadores pueden ser cualitativos y cuantitativos, dependiendo de la naturaleza de lo que se requiere evaluar, estos deben ser medibles y verificables, deben permitir el reconocimiento del éxito, fracaso o avance de la intervención.

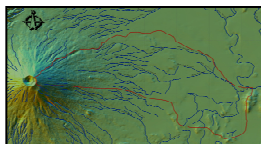
Los indicadores conducen a clarificar el significado de los objetivos del Proyecto y proporciona las bases para evaluar el cumplimiento de los objetivos y monitorear los avances.

#### 2.4.10.5.2.1 Tipos de indicadores

Realmente se pueden distinguir al menos cuatro tipos de indicadores, concordando cada uno de ellos con el nivel de planificación y los objetivos establecidos en cada nivel:

- ✚ Indicadores de impacto.
- ✚ Indicadores de efecto.
- ✚ Indicadores de resultado.
- ✚ Indicadores de proceso/producto.

**Indicadores de Impacto.** Relacionados con los logros a largo plazo y las contribuciones de los proyectos y programas al cumplimiento de la misión u objetivo superior de la institución y/o del grupo. (MISION Y VISION)





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

**Indicadores de efecto.** Relacionados con los logros a mediano plazo y las contribuciones de los proyectos sociales al cumplimiento de los objetivos programáticos en una región específica. (OBJETIVOS ESTRATEGICOS)

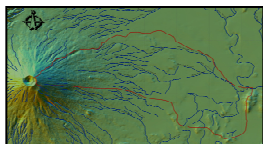
**Indicadores de resultado.** Relacionados con los logros a corto plazo y las contribuciones del proyecto social a resolver directamente problemas y necesidades del grupo. (METAS)

**Indicadores de proceso/producto.** Relacionados con el inmediato plazo y las contribuciones de los componentes y actividades al cumplimiento de los propósitos establecidos en cada objetivo específico del proyecto social. (ACCIONES CLAVE).

Metodológicamente, cada uno de los objetivos, independiente del nivel de planificación a que pertenezca, debe ser compuesto en variables relevantes, y a cada variable se le debe formular al menos un indicador; dando origen así a la trilogía básica para la construcción de cualquier indicador.

Los indicadores pueden ser:

- a) **Globales:** Ejemplo calidad de agua (que es el producto de diferentes acciones relacionadas, ya que depende del manejo de la cobertura, el uso y manejo del suelo, el comportamiento hidrológico, contaminación fisicoquímica). Estos indicadores pueden resultar en un alto costo y son difíciles de monitorear. Los indicadores globales no se usan para tomar decisiones de diseños o acciones específicas, sirven para aspectos estratégicos y decisiones generales.





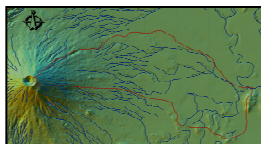
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

**b) Indicadores Claves:** Son aquellos que expresan el efecto principal y que permiten evaluar el impacto básico del proyecto. Entre los cuales se pueden mencionar:

- ◆ Indicadores de presión sobre el medio ambiente (ejemplo áreas con conflicto de uso del suelo).
- ◆ Indicadores de estado del medio ambiente (ejemplo clases de suelo o clasificación agrológica de los suelos, deforestación de áreas, contaminación de las aguas).
- ◆ Indicadores de respuesta sobre el medio ambiente y de progreso hacia la sostenibilidad (ejemplo reducción de la erosión hídrica a nivel de parcela por la aplicación de prácticas de conservación de suelos).

### 2.4.10.5.2 Características generales de los indicadores

- ✚ Medibles y fáciles de cuantificar.
- ✚ Tangibles.
- ✚ Aplicables sobre un rango de diferentes ecosistemas y sistemas económicos y sociales.
- ✚ La recolección de datos debe ser fácil y de bajo costo.
- ✚ Adecuados al nivel de agregación del sistema bajo análisis.
- ✚ Posibles de involucrar a la población local.
- ✚ Realistas y alcanzables.
- ✚ Deben especificar un solo resultado medible por lograr.
- ✚ Específicos y cuantitativos.
- ✚ Prácticos y claros.
- ✚ Las mediciones deben poder repetirse a través del tiempo.
- ✚ Deben ser significativos para interpretar la sostenibilidad.



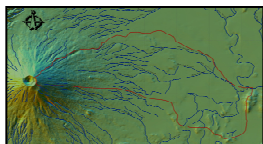


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- + Deben ser sensibles a los cambios del sistema.
- + Ser confiables.
- + Ser relevantes a los objetivos del plan, programa y proyecto.
- + Ser eficientes para lograr que la información obtenida para su uso justifique el costo económico y el tiempo incurrido en su recolección.
- + Ser específicos en el sentido de basarse en la información disponible en el medio de trabajo.
- + Ser sencillos para permitir recoger rápidamente los datos y a bajo costo.

### 2.4.10.5.2.3 Utilidad de los indicadores seleccionados para una línea base

- + Monitorear el avance, las bondades y realizar los ajustes de las diferentes estrategias, métodos y aplicación de técnicas que realiza el proyecto.
- + Para tomar decisiones orientadas a intensificar y fortalecer determinadas actividades para asegurar los productos esperados del proyecto.
- + Para respaldar la continuidad del proyecto, promover su retroalimentación, incrementar la participación, lograr nueva cooperación y difundir a diferentes niveles la importancia de las actividades.
- + Demostrar con datos e información cualitativa y cuantitativa a los beneficiarios del proyecto, la importancia, beneficios y ventajas que ofrecen las actividades.
- + Plantear acciones estratégicas y proveer criterios e información para la gestión y formulación de propuestas de continuidad del proyecto.
- + Promover la integración e interacción de otros actores e interesados en el Proyecto.
- + Reconocer, evaluar y difundir éxitos y lecciones aprendidas o avances del proyecto ante el organismo financiero, supervisión, población y autoridades.



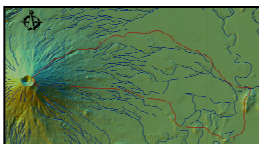


### 2.4.10.6 Planificación de cuencas

La planificación consiste en ordenar, prever y preparar una serie de actividades para lograr una meta o un objetivo; por ejemplo para construir una casa, se elabora un plano, que indica donde se desea cada zona, también indica que es lo que hay que realizar en primer lugar, que materiales se utilizarán, también quien dirige la obra y cuándo terminará de construirse la casa.

En el caso de lograr el abastecimiento de agua para una comunidad, el objetivo es que toda la población logre el servicio de agua potable; por lo tanto la planificación en este caso puede resumirse de esta manera:

- a) Determinar cuál es la demanda de agua, es decir cuál es la población de la comunidad (presente y como se considera a futuro).
- b) Medir cuánta agua existe en la fuente disponible (caudal del río, lago, “vertiente” “ojo de agua” o “manantial”).
- c) Comparar la demanda de agua con la disponibilidad. Falta o todavía queda agua sin utilizar.
- d) Establecer qué hacer si falta agua o como conservar el agua disponible (buscar otras fuentes, proteger las fuentes, mejorar la conducción, realizar tratamiento, descontaminar agua, reforestar, conservar suelos, educar, etc.).
- e) Determinar quien realizará cada actividad, como lo ejecutará, cuando lo hará y con qué recursos (costo y financiamiento).
- f) También es importante considerar quien dirige todo el proceso (toma decisiones, coordina y apoya cualquier gestión).





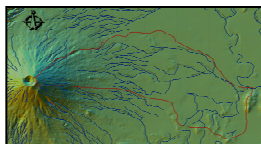
### 2.4.10.6.1 Porque planificar el manejo de una cuenca

Cuando las cuencas se encontraban en su estado natural, existía un orden que había impuesto la naturaleza, después con la intervención humana, con la presión sobre los recursos y la falta de prácticas apropiadas han ido generando conflictos y problemas, como por ejemplo; deforestación, quemas, contaminación, derrumbes, deslizamientos, erosión de suelos, falta de agua para las poblaciones, falta de agua para riego, inundaciones, baja producción y productividad de la tierra, etc.

Esta situación cada día preocupa más a las poblaciones tanto rurales como urbanas, una falta esencial es la disponibilidad de agua en cantidad, calidad y oportunidad. La tierra ya no produce igual que antes, no es rentable porque requiere de muchos insumos inorgánicos. Las inundaciones persisten, destruyen vidas humanas y valiosas inversiones.

Para reducir la vulnerabilidad y prevenir desastres naturales como las sequías e inundaciones; para asegurar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad, en forma sostenible, se considera que una de las alternativas más apropiadas desde el punto de vista social y ambiental, es mediante la aplicación del enfoque de manejo de cuencas, con todas sus metodologías, prácticas y técnicas.

La aplicación del enfoque de manejo de cuencas, permite una visión integral y de sistema, donde todos sus elementos son importantes, pero de manera especial las personas.



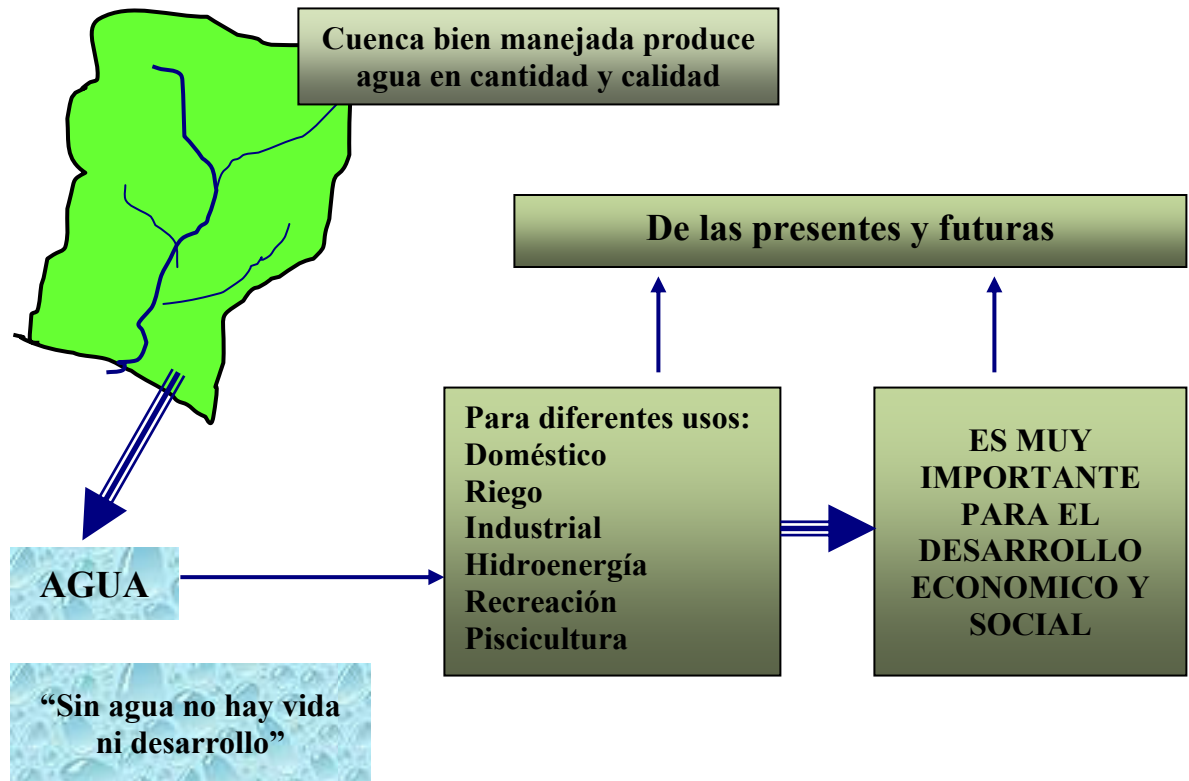
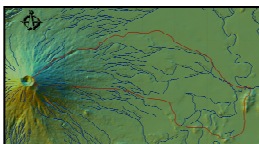


FIGURA 2.4.10.6.1.1: Modelo de Planificación de cuencas.

### 2.4.10.6.2 Procesos participativos y esfuerzos colaborativos para la planificación de cuencas

Un aspecto clave que se debe considerar en la planificación de cuencas, es que el manejo de esta unidad es “un proceso” con base “participativa”, por lo tanto para lograr buenos resultados se requiere tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Todos los actores o pobladores de la cuenca son importantes, hay que tomar en cuenta sus opiniones, demandas y necesidades.
- Cada actor tiene una responsabilidad y por lo tanto su cooperación debe valorarse en toda su dimensión.







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

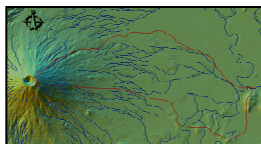
- c) La unión de esfuerzos, la colectividad, la integración, la colaboración y el trabajo solidario son principios que harán viables las actividades que demanda el manejo de una cuenca.
- d) La replicación, la multiplicación y la divulgación son elementos que se deben considerar en todas las actividades de productores, familias, grupos y comunidades.
- e) La coordinación es un principio base para una labor eficiente de las organizaciones que participan en el manejo de la cuenca.

### 2.4.10.6.3 Que es un plan de manejo de cuenca

Un plan de manejo de cuencas “es un instrumento orientador y directriz que señala un conjunto de actividades ordenadas y planificadas, para resolver la problemática y aprovechar los potenciales de la cuenca en forma sostenible y que provea bienestar a las poblaciones”.

El plan de manejo de cuencas debe tener un horizonte de largo plazo, 15 años o más, deber ser flexible, dinámico, proyectivo y comprensible por cada uno de los actores de la cuenca y de quienes van a participar en las actividades identificadas.

La importancia del plan es porque, mediante él se sabe que es lo que se debe hacer para lograr un buen manejo de la cuenca. También se puede tener claridad de las actividades más importante y de prioridad. El plan presenta el ordenamiento más apropiado para beneficio de sus habitantes y quién o quiénes son los responsables de la administración. El plan ayuda a prevenir, a orientar en que realizar mayores esfuerzos de colaboración e integración.





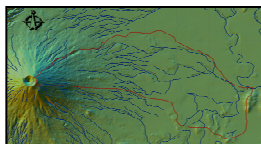
Un plan de manejo también señala y explica cuales serán los beneficios y ventajas de ejecutar las actividades consideradas por los actores.

Sin plan de manejo no sabemos qué hacer, ni tampoco hacia dónde vamos. Sin plan de manejo, la cuenca se seguirá deteriorando hasta llegar a situaciones irreversibles, como la desertificación y pobreza extrema.

### 2.4.10.6.4 Diseño del plan de manejo de cuencas a nivel comunitario

Los planes de manejo de cuencas pueden ser muy complejos y con muchos componentes, dependiendo del tamaño, de la cantidad de la población y de sus problemas. La base de conceptos y metodología para cualquier escala o complejidad es la misma, a continuación una secuencia de cómo diseñar un plan de manejo con base en la participación comunitaria:

- a) Identificar a los actores claves de la cuenca.
- b) Definir porque es importante elaborar un plan de manejo de la cuenca para las comunidades.
- c) Organizar la participación y responsabilidades de cada uno de los actores.
- d) Obtener toda la información requerida para elaborar el plan.
- e) Diagnóstico participativo comunitario de la cuenca
- f) Definir los objetivos del plan de manejo
- g) Quienes serán los beneficiarios del manejo de la cuenca.
- h) Definir componentes y actividades.
- i) Cuales estrategias se utilizarán.
- j)Cuál será la organización para ejecutar el plan de manejo.
- k) Línea base, seguimiento y evaluación.



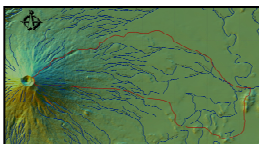


## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

---

- l) Costos y financiamiento.
- m) Sostenibilidad del manejo de la cuenca.

El esquema presentado a continuación ilustra la secuencia general para elaborar un plan de manejo de cuencas indicando los elementos a considerar durante todo el proceso de gestión y manejo.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

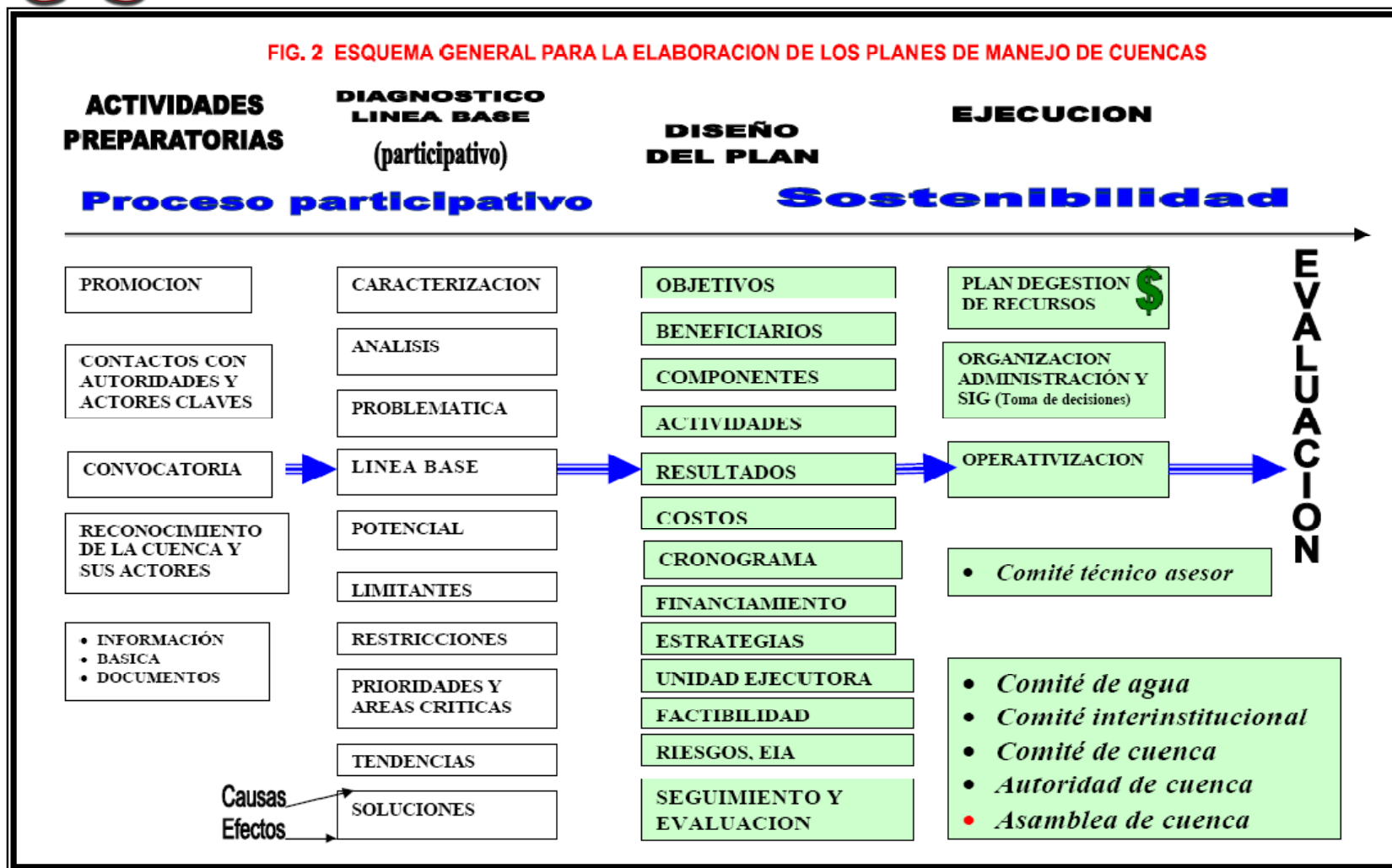
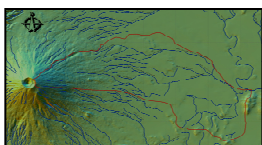


FIGURA 2.4.10.6.4.1: Esquema general para la elaboración de un plan de manejo.



PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO  
 PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE, CANTON MONTE GRANDE  
 DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL



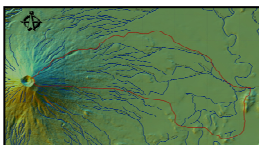
### **2.4.10.6.5 Como sabemos que un plan de manejo es apropiado y responde a los intereses de los actores locales**

La certeza que un plan de manejo es apropiado y que responde a los intereses de los actores locales, se fundamenta en que es producto de un proceso participativo responsable, con representantes auténticos y que responde a los intereses y expectativas de las mayorías.

Mecanismos como los cabildos abiertos y asambleas comunitarias, son entre otros los que respaldan acuerdos de las mayorías y de manera democrática. Otra manera de verificar es mediante las responsabilidades comprometidas, éstas en el proceso de ejecución ponen de manifiesto su aprobación y apropiación cuando responden positivamente de manera permanente y eficaz.

Los actores de la cuenca cuando valoren las actividades diseñadas y acepten que éstas brindarán beneficios individuales y colectivos, estarán más seguros de invertir su tiempo y esfuerzos.

Si la calidad del agua es la preocupación de una comunidad y mediante el plan se propone la protección y conservación del recurso, es muy probable que las actividades diseñadas tendrán aceptación; es decir que los beneficios se deben de presentar o explicar de manera concreta y directa. Los actores comprenderán el plan si las soluciones responden a problemas que enfrentan día con día y que afectan su bienestar.





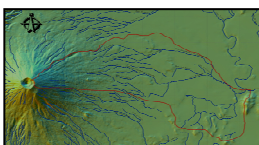
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Al considerar los resultados y productos del manejo o rehabilitación de cuencas se deben distinguir diversos factores: naturaleza, intensidad y duración de la intervención.

Las causas u orígenes de los problemas a solucionar en manejo de cuencas requieren de períodos largos de tratamiento, por esta razón se deben sistematizar y dirigir cada una de las acciones considerando el requerimiento de tiempo para lograr escalonadamente los cambios, efectos e impactos, según la variable espacial y temporal. Estos pueden caracterizarse en formas cualitativas y cuantitativas.

Los primeros resultados pueden ser cambios que se caracterizan por ser: directos, rápidos, sensibles y simples, que expresan una variación simple de estado, por ejemplo el cambio de la producción de un ciclo de cultivo al siguiente, por aplicación de fertilizantes. Otro resultado de las acciones de manejo de cuencas son los efectos que se caracterizan por ser: interpretativos, específicos, requieren consistencia y tiempo, por ejemplo luego de 4 años de intervención medir el efecto de las prácticas de conservación de suelos en el control de la erosión hídrica a nivel de finca.

El resultado esperado como producto a largo plazo, se considera como impacto y se caracterizan por ser: de valores significativos, sostenibles, consistentes, globalizantes, integradores o específicos, por ejemplo luego de 8 años de intervención medir el impacto en la producción hidroenergética por la aplicación de prácticas y obras de conservación de suelos para disminuir el arrastre de sedimentos a los reservorios.





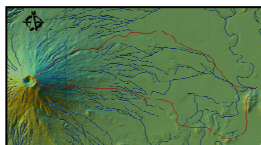
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Estas consideraciones implican métodos y procesos diferentes en la evaluación, variarán también en función de su naturaleza, sin variables biofísicas o socioeconómicas:

- a) Métodos en función de la periodicidad.
- b) Métodos en función de la naturaleza de la variable.
- c) Métodos en función de los efectos esperados.
- d) Métodos en función de los niveles de inversión.
- e) Métodos en función de las condiciones de sitio.

Los métodos expuestos tienen sus propios procedimientos y en cada caso manejan variables o parámetros que permiten determinar la eficacia y propiedad de la intervención con enfoque de cuencas. En la práctica y en presencia de agricultores, pobladores, decisores, donantes, financieros; cómo podríamos verificar si los resultados obedecen a un buen manejo de cuencas (aplicación de tecnologías y prácticas), aquí algunas sugerencias:

1. Ver el cambio en la turbidez del agua y en las diferentes épocas.
2. Presencia de peces en las corrientes de agua.
3. El agua fluye aún en épocas de sequía en proporciones aprovechables.
4. La vegetación de la cuenca cambia en verano (todo está más verde que antes).
5. Los deslizamientos, inundaciones y quemas disminuyen o desaparecen.
6. La comunidad está organizada para los asuntos ambientales (en comités, juntas, patronatos).
7. Los municipios y otras instancias locales demuestran el pago por servicios ambientales.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

8. Los embalses tienen menos sedimentos.
9. Los ecosistemas costeros son más sostenibles.
10. El paisaje y las áreas naturales se aprovechan en turismo.

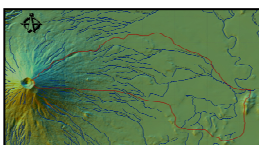
### 2.4.10.6.6 Que se necesita para ejecutar un plan de manejo de cuencas

Son muchas las ideas que se podrían considerar para ejecutar un plan de manejo, pero lo fundamental es que los actores locales comprendan la importancia y necesidad del plan. A continuación algunas bases:

- a) Voluntad de participar.
- b) En forma organizada.
- c) Un programa de capacitación y educación ambiental amplio.
- d) Recursos en el amplio sentido (materiales, técnicos, humanos, financieros).
- e) Liderazgo de grupos, comunitario y municipal.
- f) Estrategias.
- g) Políticas y normas.
- h) Apoyo de autoridades.
- i) Acompañamiento.

### 2.4.10.6.7 Como y quienes ejecutan un plan de manejo de cuencas

La organización es fundamental para ejecutar un plan de manejo de cuencas, puede iniciarse con un comité interinstitucional hasta progresar a un comité de cuencas.







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

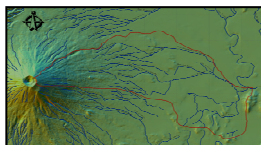
Una de las primeras acciones para ejecutar el plan es la socialización ante todas las comunidades, señalando las actividades de mayor prioridad o de urgencia. Esto implica que todo el plan está diseñado por etapas y que cada una de ellas tiene una programación de acuerdo a una visión integral y que responde a acuerdos concertados entre los participantes.

En la ejecución del plan se debe distinguir diferentes roles, por ejemplo:

- ✚ Rol municipal o comité interinstitucional, facilitador y líder.
- ✚ Rol de organizaciones no gubernamentales y gubernamentales, asistencia técnica.
- ✚ Rol de organizaciones locales, ejecutores de actividades.
- ✚ Rol de supervisión técnica, unidad técnica municipal.
- ✚ Rol de cooperación externa, apoyo financiero.
- ✚ Rol de universidades e instituciones afines, capacitación.

### **2.4.10.6.8 El plan de manejo de cuencas en forma comprensible por los actores locales**

Un plan de manejo de cuencas elaborado con base a criterios y normas establecidas en la gestión de proyectos, es un documento técnico que desarrolla en detalle el enfoque y visión de la cuenca de manera integral. Sin embargo esta forma de presentación debe ser elaborada a un nivel comprensible por los grupos y comunidades: actores de base. Manteniendo los fundamentos del plan técnico se puede presentar una versión adaptada para una comprensión rápida y sencilla, a continuación una propuesta:





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

- + Título del plan.
- + Características y problemas de la cuenca. **¿Dónde?**
- + Síntesis de diagnóstico y soluciones. **¿Por qué?**
- + Objetivo del plan de manejo. **¿Para qué?**
- + Beneficiarios. **¿Para quienes?**
- + Componentes, actividades y cronograma. **¿Qué se va hacer?**
- + Estrategias **¿Cómo?**
- + Responsables y organización. **¿Quiénes lo van a realizar?**
- + Costo y financiamiento. **¿Con que recursos?**
- + Supervisión y evaluación **¿Cómo sabemos que está bien ejecutado?**

### 2.4.11 ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA

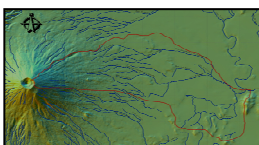
#### 2.4.11.1 Contaminación del agua

“La palabra contaminación se deriva de las raíces griegas que significa “corromper” y se define como un cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del agua, que será o puede ser perjudicial para el hombre y otras formas de vida.

La contaminación es producida por ecosistemas naturales así como las actividades agrícolas e industriales del hombre”<sup>1</sup>

#### 2.4.11.2 Tipos de contaminantes

<sup>1</sup> Odum P.Eugene. Ecología, Primera Edición, Editorial Continental. Impreso en Mexico, 1985 .Pág.256-258.

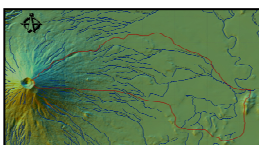




## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

“Existen varios tipos de contaminantes que pueden deteriorar la calidad del agua, entre estos tenemos:

- ✚ **Contaminación biológicos:** Son los diversos clases de microorganismos y virus, principalmente productores de enfermedades (bacterias, algas, protozoarios, nematodos, etc.) los cuales están presentes en materias orgánica fermentada procedentes de agua fecales, de industrias papeleras y agroindustria.
  
- ✚ **Contaminantes químicos:** Son aquellas sustancias que entran en solución en el agua, provocando alteración en sus propiedades. Los cuales son producidos por productos químicos con diferentes niveles de toxicidad procedentes de la industria, los domicilios y la producción agropecuaria, depositados en diferentes cuerpos de aguas superficiales, entre ellos tenemos: nitratos, fosfatos, sales de plomo, mercurio, fertilizantes, pesticidas, agroquímicos, pinturas, desinfectantes, jabones, detergentes, petróleo y sus derivados entre otros.
  
- ✚ **Contaminantes físicos:** Son todas aquellas sustancias (orgánicas e inorgánicas) que en mezcla o combinación con el agua, alteran su composición, entre ellos están el lodo y los desechos sólidos (plásticos, piezas de durapax, botellas de vidrio, latas etc.), que se depositan en el fondo de los cuerpos de agua; representando no solo un problema estético sino impidiendo el paso de la luz solar.
  
- ✚ **Contaminantes térmicos:** Es la contaminación que sufre el agua al estar expuesta a altas temperaturas, la cual es provocada por máquinas industriales y manufactureras, que contaminan el agua, utilizan altas temperaturas para sus procesos de producción enviando a las aguas de los ríos, lagos y lagunas





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

residuos excesivamente calientes que alteran la vida de la comunidad acuática”<sup>2</sup> depositan en el fondo de los cuerpos de agua; representando no solo un problema estético sino impidiendo el paso de la luz solar.

✚ **Contaminantes térmicos:** Es la contaminación que sufre el agua al estar expuesta a altas temperaturas, la cual es provocada por máquinas industriales y manufactureras, que contaminan el agua, utilizan altas temperaturas para sus procesos de producción enviando a las aguas de los ríos, lagos y lagunas residuos excesivamente calientes que alteran la vida de la comunidad acuática”<sup>3</sup>

### 2.4.11.3 Fuentes de contaminación

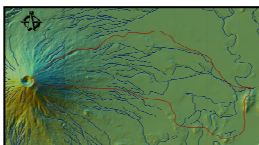
“El origen de la contaminación puede ser puntual o no puntual:

**Los puntuales** son emisores localizados (fuentes fijas) tales como: fabricas de papel, plantas de empaques de de carne de res y otros sitios en donde se procesan productos comestibles; así como plantas de tratamientos de aguas residuales. Se les llama emisores localizados o fijos porque los residuos que provienen de estos establecimientos tienen un punto específico de entrada al agua.

**Los no puntuales** son emisores dispersos (fuentes móviles) tales como: drenaje por donde fluyen los desechos que las mascotas dejan en las aceras o calles, alcantarillados ilegales que vacían las aguas en los ríos, lagos y lagunas, fertilizantes,

<sup>2</sup> López Zelaya. Jaime R; Quezada Alvarado, Marta Sánchez de Campos, Daisy, guía de Didáctica III de educación Ambiental .El medio Ambiente y la comunidad; Ministerio de Educación, El Salvador, Primera Edición, 1997. Pág. 156-162.

<sup>3</sup> López Zelaya. Jaime R; Quezada Alvarado, Marta Sánchez de Campos, Daisy, guía de Didáctica III de educación Ambiental .El medio Ambiente y la comunidad; Ministerio de Educación, El Salvador, Primera Edición, 1997. Pág. 156-162.





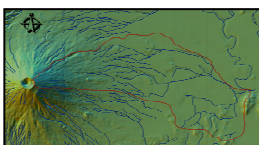
## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

sustancias químicas y tierras de los campos y fincas, cuyos residuos fluyen hacia los cuerpos de agua. Se les llama emisores dispersos o móviles, porque abarcan áreas muy grandes y no es fácil ubicar el punto exacto de donde proviene este tipo de contaminación.

Por su parte, las lagunas cuentan con una capacidad de auto depuración de sus aguas la cual se define como el conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar en el recurso el agua de modo natural y que provocan la destrucción de materias extrañas incorporadas a la laguna. Los compuestos que son posibles de ser degradados por las aguas de la laguna son llamados biodegradables. Pero hay compuestos que son persistentes y que no pueden ser transformados por el curso de agua, estos son denominados no biodegradables o permanentes.

Por otro lado es importante mencionar que muchos compuestos tales como plaguicidas, fertilizantes, metales pesados entre otros, no desaparecen de los ambientes acuáticos sino que cambian de lugar, acumulándose en el fondo de ríos lagos y lagunas e incorporándose a las plantas y a animales produciendo enfermedades a corto, mediano y largo plazo, también pueden comprometer la herencia genética de las futuras generaciones del país”<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Balance Hídrico Dinámico e Integrado de El Salvador, documento Técnico de PH-LACFIA Op. Cit. Pág. 11-19.





### 2.4.11.4 Impacto de la contaminación en la salud humana

“El agua contaminada puede producir efectos muy negativos, ya que provoca enfermedades humanas de corto, mediano y largo plazo.

Según el ministerio de salud pública y asistencia social (MSPAS), las enfermedades gastrointestinales son unas de las primeras seis causas de muerte en el país. Las bacterias mas frecuentes en las aguas contaminadas son los Coliformes Fecales”<sup>5</sup>

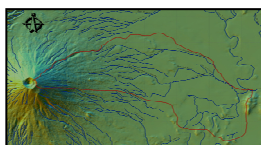
### 2.4.11.5 Calidad del agua

“La calidad del agua se define habitualmente como su capacidad para sustentar especies biológicas y sus procesos bioquímicas asociados. Ambos factores están relacionados; los materiales disueltos en las aguas afectan su capacidad para el sostenimiento de la vida, y los procesos biológicos que en ellos se producen tienen especial incidencia en la limpieza de aguas contaminadas.

La calidad del agua es la propiedad que le permite seguir siendo utilizada para consumo humano, irrigación de las tierras, recreación u otros usos”<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Balance Hídrico Dinámico e Integrado de El Salvador, documento Técnico de PH-LACFIA Op. Cit. Pág. 19.

<sup>6</sup> Spiro G.Tomas y Stigliani M. William, Química Medio Ambiental, Op. Cit. Pág. 259,260.





### 2.4.11.6 Descripción de los parámetros utilizados para determinar la calidad del agua

#### 2.4.11.6.1 Análisis físico

##### **Turbiedad**

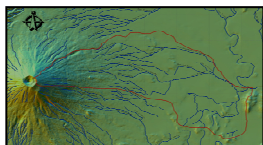
Es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, la turbiedad es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión.

La turbiedad en el agua puede ser causada por una variedad de materiales en suspensión, que varía en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismo.

##### **Color**

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, maderas, raíces, etc. en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ión metálico trivalente con  $Al^{+3}$  el  $Fe^{+3}$ .

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que su turbiedad ha sido removida, y el color aparente que incluye no





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

solamente el color de las sustancias en solución, sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa.

En general el término color se refiere al color verdadero del agua y se acostumbra medirlo conjuntamente con el pH, pues la intensidad del color depende del pH, normalmente el color aumenta con el incremento del pH, de acuerdo a la escala del pH, una sustancia es básica si su pH es mayor que 7, acida si su pH es menor que 7 y neutra si su pH es igual a 7.

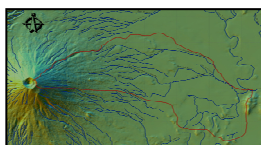
### **Olor y Sabor**

Los olores y sabores en el agua frecuentemente ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de olores y sabores en el agua; entre las más comunes se encuentran: materia orgánica en solución, ácido sulfhídrico, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles etc. un observador experimentando puede detectar la presencia de sales metálicas disueltas de Fe, Zn, Mn, Cu, K, y Na, por medio del sabor; sin embargo debe recordarse siempre que la sensibilidad es diferente de persona a persona y que, incluso, con el mismo individuo no se obtendrán resultados consistentes de un día para otro.”<sup>7</sup>

### **Temperatura**

“La temperatura es una propiedad muy importante en los cuerpos de agua, la cual involucra los siguientes aspectos:

<sup>7</sup> Romero Rojas Jairo Alberto. Calidad del Agua. Po. Cit. Pág. 64-164.







## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

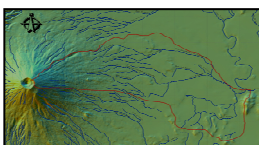
- ✚ **Los niveles de oxígeno disueltos en el agua.** El agua fría contiene más oxígeno que el agua caliente.
- ✚ **Fotosíntesis:** A medida que sube la temperatura, también aumenta el grado de fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. Mas plantas crecen y mas plantas mueren. Cuando mueren las plantas, hay ciertos organismos descomponedores que consumen sus restos y utilizan el oxígeno en el proceso. Por este motivo, cuando el grado de fotosíntesis aumenta, también aumenta la necesidad de oxígeno de los organismos acuáticos.
- ✚ **Supervivencia animal:** Hay diversos animales que necesitan vivir dentro de ciertos parámetros o límites, ya que no pueden sobrevivir si la temperatura del agua varía demasiado. Por ejemplo las moscas de piedra (ninfas) y las truchas necesitan temperaturas bastante frías, en cambio las libélulas y las carpas habitan aguas más cálidas.

La determinación exacta de la temperatura es importante por ejemplo, para diferentes procesos de tratamientos y análisis de laboratorio, puesto que, por, el grado de saturación de oxígeno disuelto (OD). La actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.”<sup>8</sup>

### Sólidos

“En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas presentes en lagos y lagunas etc.

<sup>8</sup> <http://medioambient.gencat.net/aca/es/aiguamedi/cicle.jsp#conte>





### **Sólidos totales**

Se definen como sólidos la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 °C el valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos), para su determinación, la muestra se evapora en una cápsula previamente pesada, preferiblemente de platino o porcelana, sobre un baño de María y luego se seca a 103 – 105 °C. El incremento de peso sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuos totales.

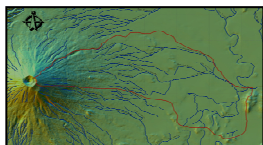
### **Sólidos disueltos (o residuos filtrables)**

Son los materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminado por filtración determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos si la determinación es directa, se filtra la muestra a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch; el filtrado se evapora en una capsula de peso conocido sobre un baño de maría y el residuo de la evaporación se seca a 103 – 105 °C. El incremento de peso sobre el de la capsula vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrable.

### **Sólidos suspendidos**

Son todos aquellos contaminantes cuyo tamaño pequeño y densidad conducen a que se mantengan suspendidas en la columna de agua. La fuente más importante de estos sólidos la constituyen el agro y todos los centros urbanos pequeños y grandes.

En primer lugar se originan los sólidos provenientes de la erosión, así como todo tipo de restos vegetales y animales; del suelo propiamente dicho se suma el humos y las





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

arcillas. La contribución de estos dos últimos elementos es muy grande (miles de toneladas por año).

La biodegradación de muchos de los sólidos de suspensión hace que el oxígeno, disuelto en el agua se reduzca a niveles muy bajos, causando la muerte por asfixia de los peces, anfibios e insectos acuáticos entre otros.

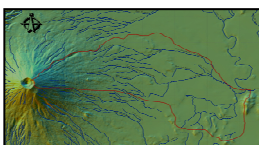
Estos mismos sólidos le imparten un color achocolatado a los cuerpos de agua, lo que reduce la intensidad de la luz solar disponible para la existencia de las plantas acuáticas. Al morir estas plantas se termina la fuente de alimento para otras formas de vida acuática que se alimentan de aquellas.

### **Conductividad**

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación.

El agua destilada fresca tiene una conductividad de  $0.5 - 2 \mu\text{mho/cm}$  y aumenta, según el periodo de almacenamiento, por absorción de dióxido de carbono y de amoníaco, a valores de  $2 - 4 \mu\text{mho/cm}$ .

La pureza de aguas destiladas y desmineralizadas puede controlarse fácilmente mediante la determinación de la conductividad.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancia, en la movilidad de los iones disueltos y su valencia, implica un cambio en la conductividad por ello, el valor de la conductividad es muy usado en análisis de agua para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

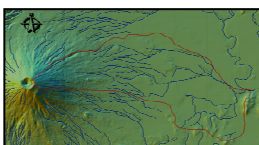
La forma más usual de medir la conductividad en aguas es mediante instrumentos comerciales de lectura directa en  $\mu\text{mho/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$  con un error menor del 1%.

La expresión indica que el producto del valor de la conductividad en  $\mu\text{mho/cm}$  por un factor que oscila entre 0.55 y 0.7 igual al contenido de sólidos disueltos,  $\text{mg/l}$ ; dicho factor dependen de los iones en solución en el agua y de la temperatura; en general es alto, mayor de 0.7, en aguas salinas o de calderas y bajo, menor de 0.55 en aguas con alcalinidad cáustica o acidez mineral.

### **Salinidad**

Cuando el constituyente principal del agua es cloruro de sodio y la concentración es mayor de lo usual, se dice que el agua es salina. La salinidad se puede expresar como el número de gramos de sal por kilogramo de muestra; por ello se expresa en partes por mil %. La medida de la salinidad supone que la muestra contiene una mezcla de estándar de sal y de agua de mar.

Los métodos estándar la definen como los sólidos totales en el agua cuando todos los carbonatos han sido convertidos en óxidos, todos los bromuros y yoduros han sido reemplazados por una cantidad equivalentes de cloruros y toda la materia orgánica ha





sido oxidada. Numéricamente es menor que los sólidos disueltos, o residuo filtrable, y es un valor importante en aguas de mar y ciertos residuos industriales.

### 2.4.11.6.2 Análisis químico

#### Alcalinidad

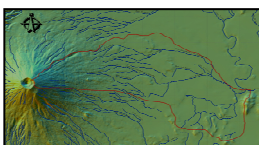
La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, capacidad para reaccionar con iones  $H^+$ , capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas (OH). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón de agua.

Los iones  $H^+$  originados reaccionan con la alcalinidad del agua y, por lo tanto, la alcalinidad actúa como buffer del agua en un intervalo de pH en que el coagulante puede ser efectivo. Por lo consiguiente para que ocurra una coagulación completa y efectiva, es necesario un exceso de alcalinidad.

En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de iones: Bicarbonatos, Carbonatos, Hidróxidos.

En algunas aguas es posible encontrar otras clases de compuestos (boratos, silicatos, fosfatos, etc.) que contribuyen a su alcalinidad; sin embargo, en la práctica la contribución de estos es insignificante y puede ignorarse”<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Romero Rojas Jairo Alberto. Calidad del Agua. Po. Cit. Pág. 64-164.





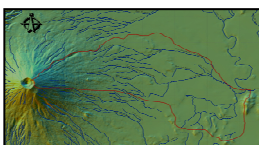
### Potencial de Acidez (pH)

“El pH es la concentración de iones hidrógeno de una solución y se utiliza para medir la acidez o la alcalinidad del agua. Por ejemplo, los limones, las naranjas y el vinagre contienen cantidades altas de ácidos, o sea son muy “ácidos”. Los ácidos pueden picar o arder al contacto con la piel, algo así como lo que se siente cuando uno se come ciertas frutas al tener una llaga en la boca. La escala de pH comprende desde el 0 (muy ácido) hasta el 14 (muy básico), mientras que el 7 representa un valor neutral. El pH del agua natural usualmente se encuentra entre el 6.5 y el 8.2.

Hay muchos organismos que no pueden sobrevivir dentro del agua con niveles extremadamente altos o bajos en pH. Los peces muy jóvenes y los insectos son muy sensibles a los cambios en los niveles de pH y, de hecho, la mayor parte de los organismos acuáticos se adaptan a un nivel específico de pH y pueden morir si el nivel cambia, hasta en una cantidad mínima. Los niveles de pH son afectados por los residuos industriales, los escurrimientos agrícolas o el drenaje de las operaciones mineras que no se manejan adecuadamente.

La acidez en un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, su capacidad para reaccionar con iones hidroxilo, como su capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias acidas.

La causa más común de acidez en aguas es el  $\text{CO}_2$  el cual puede estar disuelto en el agua como resultado de las reacciones de los coagulantes químicos usados en el tratamiento o de la oxidación de la materia orgánica, o por disolución del dióxido de carbono atmosférico.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

El  $\text{CO}_2$  se combina con el agua para formar un ácido débil, inestable, ácido carbónico o  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , el cual se descompone fácilmente por ello, todo el  $\text{CO}_2$ , a un el combinado, se considera como  $\text{CO}_2$  libre”<sup>10</sup>

### Dureza

“Como aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades es en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

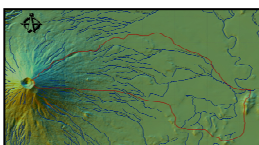
En términos de dureza las aguas se clasifican así:

0 – 75 mg/l	blanda
75 – 150 mg/l	modernamente dura
150 – 300 mg/l	dura
> 300 mg/l	muy dura

La dureza se expresa en mg/l como  $\text{CaCO}_3$ .

Causa de dureza: en la práctica se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones.

<sup>10</sup> <http://medioambient.gencat.net/aca/es//aiguamedi//cicle.jsp#conte>





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Los principales cationes que causan dureza en el agua son iones  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Sr}^{+2}$  y los principales aniones asociados con ellos son los iones  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SiO}_3^-$ .

En menor grado  $\text{Al}^{+3}$  y  $\text{Fe}^{+3}$  Son considerados como iones causantes de durezas. En general, la dureza es igual a la concentración de cationes polivalentes del agua.

En las mayorías de las aguas se consideran que la dureza total es aproximadamente igual a la dureza producida por los iones calcio y magnesio es decir:

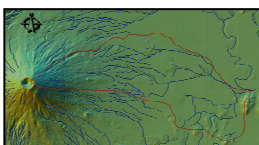
$$\text{Dureza total} = \text{dureza por Ca} + \text{dureza Mg.}^{11}$$

### Nitratos

“Los nitratos son compuestos formados por nitrógeno en combinación con oxígeno y son muy comunes en el mundo, ya que todas las plantas y los animales lo necesitan para crear proteínas. Tanto el nitrato como el fosfato son nutrimentos y ambos se encuentran en los fertilizantes de plantas.

Los nitratos pueden provenir de los fertilizantes, de los desechos humanos o de animales de granja. En ciertos casos, los sistemas sépticos en las áreas rurales permiten que los desechos se integren al suelo y, aunque el suelo alrededor del sistema séptico debe filtrar este desecho, no siempre sucede así. Cuando esto no ocurre, el agua freática (el agua del subsuelo) puede contaminarse por medio de los nitratos en el agua residual. Los niveles altos de nitratos en el agua pueden enfermar a algunas personas, especialmente a los bebés pequeños al consumir el agua directamente de los pozos.

<sup>11</sup> Romero Rojas Jairo Alberto. Calidad del Agua. Po. Cit. Pág. 64-164.







Debido a que los nitratos son nutrimentos como el fósforo, su efecto es casi el mismo. Así como en el caso del fósforo, el exceso de nitrógeno en el agua lleva al rápido crecimiento de las plantas. Las pequeñas plantas crecen con mucha rapidez y luego mueren, entonces caen hasta el fondo, en donde las bacterias se encargan de descomponerlas. Este proceso consume oxígeno y crea una demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O) que ocasiona un deterioro de la calidad del agua”<sup>12</sup>

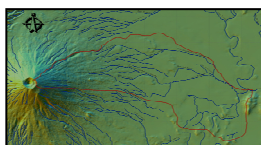
### Azufre

“Tanto en la purificación de aguas como el tratamiento de aguas residuales se presentan diferentes formas químicas de azufre que son de interés formas como ión sulfuro,  $S^{=}$  ión hidrosulfuro,  $HS^{-}$ , ácido sulfhídrico,  $H_2S$ , tiosulfato de sodio,  $NaHSO_3$  metabisulfito de sodio  $Na_2S_2O_5$ ; ácido sulfuroso,  $H_2SO_3$  ión bisulfito  $HSO_3^{-}$  ión sulfito  $SO_3^{=}$ , ácido sulfúrico  $H_2SO_4$ , ión bisulfato  $HSO_4^{-}$  e ión sulfato  $SO_4^{=}$  son ejemplos comunes.

### Sulfato

El ión sulfato es uno de los aniones más comunes en las aguas naturales se encuentran en concentraciones que varían desde unos pocos hasta varios miles de mg/l. Como los sulfatos de sodio y de magnesio tienen un efecto purgante, especialmente entre los niños, se recomienda un límite superior en aguas potables de 250 mg/l de sulfatos. El contenido de sulfatos es también importante porque las aguas con alto contenido de sulfatos tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor.

<sup>12</sup> <http://medioambient.gencat.net/aca/es//aiguamedi//cicle.jsp#conte>





### Sulfuros

Se entiende por sulfuros los compuestos de azufre con número de oxidación  $-2$ . Incluyendo ácido sulfhídrico,  $H_2S$  o sulfuro de hidrógeno, e ión hidrosulfuro,  $HS$ , así como sulfuros metálicos solubles en ácido y otros sulfuros insolubles.

Los sulfuros también presentan en aguas subterráneas y en aguas superficiales, como resultado de la descomposición biológica anaerobia de la materia orgánica.

### Sulfitos

Se entiende por sulfito los componentes de azufre con número de oxidación  $+4$ . Se encuentran en algunos residuos industriales y aguas contaminadas pero generalmente son de interés en aguas de caldera donde se trata el agua con sulfito de sodio para reducir el OD del agua a un mínimo y prevenir la corrosión.

### Cloruros

El ión cloruro es una de las especies de cloro de importancia en aguas. Las principales formas de cloro en aguas son:

Acido Clorhídrico

Ión clorazo

Ión Cloruro

Ión clorito

Cloro Molecular

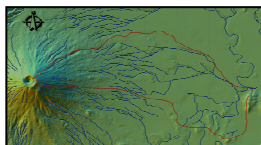
Dióxido de cloro

Ácido Hipocloroso

Ácido clórico

Ión hipoclorito

Ión clorato





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

El contenido de cloruros en aguas superficiales es generalmente menor que el de los bicarbonatos y sulfatos.

### **Fluoruros**

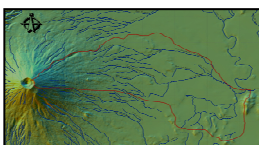
El flúor es el elemento más activo conocido y por su gran actividad no existe libre en la naturaleza. La determinación de fluoruros es necesaria para controlar su nivel presente en los suministros de agua y para determinar cuando las unidades requieren regeneración.

Generalmente, la remoción del fluoruro se efectúa mediante intercambio iónico y porción, haciendo pasar el agua por medios como el fosfato tricálcico, carbón animal, carbón de huesos y alúmina activada.

### **Hierro y Manganeseo**

Tanto el hierro como el manganeseo crean problemas en suministros de agua. En general estos problemas son más comunes en aguas subterráneas y en aguas del hipolimnio anaerobio de lagos estratificados, en algunos casos también en aguas superficiales provenientes de algunos ríos y embalses.

El hierro existe en suelos y minerales principalmente como óxido férrico insoluble y sulfuro de hierro  $\text{FeS}_2$  Pirita. En algunas áreas se presenta también como carbonato ferroso, siderita, la cual es muy poco soluble.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

El manganeso existe en el suelo como dióxido de manganeso, el cual es muy insoluble en aguas que contienen dióxido carbono.

Bajo condiciones anaeróbicas, el manganeso en la forma de dióxido es reducido de una valencia  $+4$  en una valencia  $+2$  y se presenta su solución de la misma manera que los óxidos férricos.

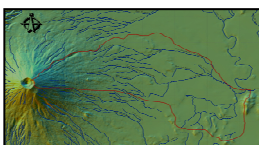
En embalses o Lagos, el problema de hierro manganeso ocurre solamente cuando se desarrollan condiciones anaerobias en el hipolimnio. Al presentarse el volcamiento, o mezcla de las aguas, el hierro y el manganeso del hipolimnio se distribuye en todo el embalse o lago, causando problemas en el suministro del agua, hasta que nuevamente transcurre un tiempo satisfactorio para la oxidación y sedimentación del hierro y el manganeso en condiciones naturales.

Las aguas con hierro y manganeso al ser expuesta al aire, por acción del oxígeno, se hacen turbias e inaceptables estéticamente debido a la oxidación del hierro y el manganeso soluble, en  $Fe^{+4}$  y  $Mn^{+4}$  " <sup>13</sup>

### Fosfato

“Los fosfatos son compuestos formados por fósforos, elementos cuyos átomos se encuentran rodeados en una disposición tetraédrica por átomos de oxígenos. Los fosfatos se encuentran en la naturaleza en una forma de minerales y también son nutrimentos presentes en todos los seres vivientes. Tanto las plantas como los animales contienen

<sup>13</sup> Romero Rojas Jairo Alberto. Calidad del Agua. Po. Cit. Pág. 100 – 114.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

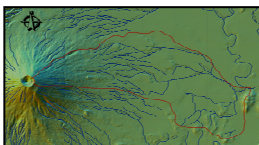
---

fosfatos dentro de sus cuerpos y, de hecho, se encuentran en muchos alimentos que consumimos; así como de los fertilizantes para los jardines y sembradíos.

Algunos tipos de fosfatos son utilizados para otros propósitos, como por ejemplo, en los detergentes para lavar ropa, aunque en algunos estados de los Estados Unidos ya no se permite hacer esto.

Los científicos han determinado que cuando hay demasiado fosfato en un río, lago, laguna las plantas crecen más. Por ejemplo, las plantas minúsculas como las algas, así como otras plantas que viven en la superficie o en el fondo de los ríos, lagos, usan el fosfato para crecer cuando el crecimiento de las plantas aumenta el agua se pone turbia y de color verdoso, el cual proviene de la clorofila que contiene las pequeñas plantas flotantes.

El exceso de plantas en el agua puede causar resultados negativos, ya que, cuando estas plantas mueren, las cuales muy a menudo en el caso de plantas minúsculas, como las algas, caen al fondo. Una vez ahí, las bacterias descomponen las partes de las plantas y consumen el oxígeno del agua. Las bacterias consumen más oxígenos del que crean las plantas por medio de la fotosíntesis. Por este motivo el exceso de plantas en el agua (lo cual sucede cuando hay grandes cantidades de fosfato) disminuye la cantidad del oxígeno.





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Sin embargo, los lagos no tienen corrientes como los ríos, y los nutrientes se mantienen atrapados. Debido a esto los niveles altos de fosfatos son de mayores consecuencias de los lagos y estanques”<sup>14</sup>

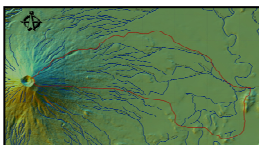
### **Oxígeno disuelto (OD)**

“Los peces y otros organismos acuáticos, al igual que nosotros, necesitan oxígeno para vivir. Sin embargo, el oxígeno que ellos respiran se encuentra disuelto en el agua y utilizan agallas en vez de pulmones para respirar en ella. Como ya sabemos, un pez morirá fuera del agua porque no puede respirar.

Imagínate como es vivir en un lugar con aire contaminado. A medida que la calidad del aire empeora, la salud de las personas se deteriora. Lo mismo pasa con el agua. El agua limpia y saludable tiene mucho oxígeno disuelto, pero cuando su calidad se deteriora, los niveles de oxígeno disuelto bajan y la supervivencia de muchos animales se hace imposible. Algunos peces, como la trucha, necesitan mucho oxígeno disuelto; mientras que otros, como la carpa, pueden vivir en agua con niveles bajos en oxígeno.

Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene de la atmósfera. En áreas donde hay olas o en donde el agua corre sobre piedra, el agua atrapa al oxígeno de la atmósfera y lo mezcla con el resto del agua al caer. El oxígeno disuelto también proviene de la fotosíntesis, el proceso por medio del cual las plantas usan la luz del sol para crear alimentos y liberar el oxígeno. Existen muchos factores, tales como el

<sup>14</sup> <http://medioambient.gencat.net/aca/es/aiguamedi/cicle.jsp#conte>





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

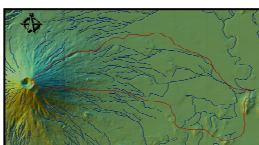
aumento de temperatura de acuerdo a la época del año, que afectan la cantidad de oxígeno disuelto en el agua; por ejemplo el agua caliente contiene menos oxígeno que el agua fría.

Hay organismos microscópicos, llamados descomponedores, que pueden ser de dos tipos: bacterias y protozoarios. Estos organismos desintegran los desechos orgánicos, consumiendo oxígeno en el proceso. Entre más desechos hay, más bacterias y protozoarios hay, y entre más microorganismos hay, más oxígeno se consumen, afectando la calidad del agua.

### **Demanda Química de Oxígeno en el agua (DQO)**

La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los componentes presentes en el agua tanto orgánicos como inorgánicos, por la acción de agentes fuertemente oxidante en medio ácido y se expresa en miligramos de oxígenos por litro ( $\text{mg O}_2 / \text{l}$ ). La materia orgánica se oxida hasta dióxido de carbono y agua, mientras el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco.

La DQO permite hacer estimaciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que a su vez es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua; el término degradable puede interpretarse como expresión de la materia orgánica que puede servir de alimento a las bacterias; a mayor DBO, mayor grado de contaminación.





La DQO es una medida de la susceptibilidad a la oxidación de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en los cuerpos de agua y los afluentes de aguas domésticas y plantas industriales, pero no es un indicador del carbono orgánico total presente en el cuerpo de agua, puesto que algunos compuestos orgánicos no son oxidados por el dicromato de potasio mientras que algunos compuestos inorgánicos si lo son.

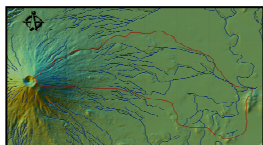
### **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La D.B.O. es la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua y se refiere a la cantidad de oxígeno que los animales acuáticos necesitan para descomponer dicha materia orgánica.

La prueba de D.B.O ayuda a determinar la cantidad de desechos orgánicos presentes en el agua ya que mide la cantidad de oxígeno que los descomponedores necesitan para consumir dichos desechos. Debido a que estos microorganismos, tales como las bacterias, usan oxígenos para consumir los desechos orgánicos, entre más desechos orgánicos hay y mas bacterias existan en el agua, se produce una disminución en la cantidad de oxígeno.

La materia orgánica proviene de fuentes naturales tales como las hojas de los árboles, las algas y los restos de árboles o peces. También puede provenir de fuentes humanas por ejemplo las aguas negras, de la basura y, a veces de los residuos industriales. A la materia orgánica que proviene de fuentes humanas se le llama contaminación orgánica”<sup>15</sup>

<sup>15</sup> <http://clara.ciceana.org.mx/tomaaccion/monitoreaelagua.html>







### 2.4.11.6.3 Análisis bacteriológico

“El análisis bacteriológico del agua es vital en la prevención de epidemia como resultado de la contaminación del agua. El examen bacteriológico de abastecimiento de agua no implica la búsqueda directa de los gérmenes patógenos.

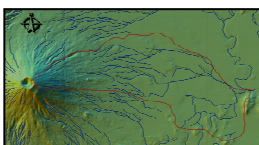
El ensayo se basa en el supuesto de que todas las aguas contaminadas son potencialmente peligrosas. Por consiguiente el control, sanitario del agua se hace con métodos bacteriológicos para determinar la presencia de contaminación fecal.

El examen bacteriológico del agua usualmente involucra dos ensayos. La estimación del número de bacterias de acuerdo con el conteo total de placas y la determinación, más significativa de la presencia o ausencia de los miembros del grupo coliformes.

#### **Coliformes Totales**

El grupo coliformes influye las bacterias bacilares, aerobias y facultativas anaerobias, Gram-negativas, no formadoras de esporas las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un periodo de 48 horas a 35° C (a 37° C).

El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la excreción diaria por habitante varía entre  $125 \times 10^9$  y  $400 \times 10^9$ .





Su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de la ocurrencia de contaminación fecal por lo tanto de contaminación con organismos patógenos.

El ensayo para el grupo coliformes puede efectuarse mediante la técnica de tubos múltiples (ensayo presuntivo, ensayo confirmativo y ensayo completo) el reactivo utilizado es el verde bilis brillante. Los coliformes no solo provienen de los excrementos humanos sino también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo.<sup>14</sup>

### **Coliformes Fecales**

Se llaman bacterias coliformes termotolerantes y son bacterias que tienen las mismas propiedades de los coliformes totales. A 44.5+ 0-0.2 en 24 horas, que producen gas en medio EC y colonias azules en medio ENDO M –FC.

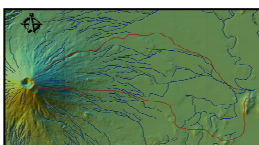
### **Escherichia Coli**

Son bacilos Gran-negativos, no formadores de esporas que fermentan la lactosa con producción de gas y dan la prueba del IMViC con respuesta positiva IMViC: realización de cuatro pruebas, Indol, Rojo de metilo, Voges-Proskaver, Citratos”<sup>16</sup>

#### **2.4.11.7 Índice de la calidad del agua (ICA)**

“El ICA, evalúa la aptitud de la calidad de un agua para el desarrollo de la vida acuática y nos permite conocer el grado de contaminación que posee un determinado cuerpo de agua, se logra analizando el resultado de campañas de monitoreo efectuadas

<sup>16</sup> Romero Rojas Jairo Alberto. Calidad del Agua. Po. Cit. Pág. 149 - 160





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

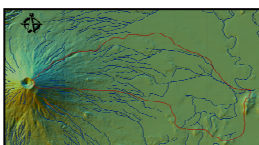
para tal fin, lo que implica una selección de lugares de nuestro, parámetros representativos y la definición de una frecuencia adecuada a los fines de la investigación a desarrollar.

Este tipo de análisis de información se ve dificultado por que algunos parámetros de calidad del agua cumplen con las normativas establecidas para usos específicos y otros no. Una de las formas para enfrentar este problema es el uso de una escala numérica simple, relacionada con el grado de contaminación, este valor es denominado “Índice de la Calidad del Agua” (ICA) y engloba las características más importantes asociadas al uso del agua priorizada a nivel nacional. Dicho índice resume el valor de los parámetros respectivos y puede ser usado para cuantificar y definir la calidad de las aguas.

El ICA adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100 unidades, el cual disminuye con el aumento de la contaminación el curso de agua.

El Índice de la Calidad del Agua que se utilizara esta investigación es una modificación al propuesto por Brown, el, es un versión modificada del “WQI” que fue desarrollado por la fundación de sanidad nacional de EE.UU (NSF), en un esfuerzo por instalar un sistema para compararla calidad del agua de ríos y lagunas en un país determinado.

Para la determinación del “ICA” intervienen 9 parámetros, los cuales son: Coliformes Fecales (en NMP/100 ml), pH (en unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub> en mg/l), Nitratos (NO<sub>3</sub> en mg/l) Fosfatos (PO<sub>4</sub> en mg/l).





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

Cambio de la Temperatura (en 3° C), Turbidez (en UNT), Sólidos Disueltos Totales (en mg/l), Oxígeno Disuelto (OD en % saturación)”<sup>17</sup>

### 2.4.11.7.1 Clasificación “ICA” propuesto por BROWN

Lo cual se resume en la siguiente tabla:

CATEGORIA	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA	PESIMA
COLOR	AZUL	VERDE	AMARILLA	ANARANJADO	NEGRO
RANGO ICA	91 - 100	71 - 90	51 - 70	26 - 50	0 - 25

La evaluación numérica del “ICA”, con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos se debe a Brown.

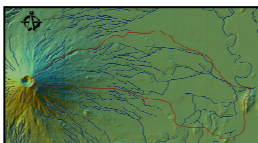
Para calcular el índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICAa = E (\text{Subi} * W_i)$$

$W_i$ : peso relativo asignado a cada parámetro

Subi: suíndice de parámetro  $i$  y ponderados entre 0 y 1 de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a 1.

<sup>17</sup> Balance Hídrico Dinámico e Integrado de El Salvador, Op. Cit. Pág. 11-19.





### Pesos de diferentes parámetros:

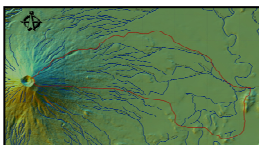
Subi	$W_i$
Coliformes Fecales	0.15
pH	0.12
DBO <sub>5</sub>	0.10
Nitratos	0.10
Fosfatos	0.10
Temperatura	0.10
Turbidez	0.08
Sólidos Disueltos Totales	0.08
Oxígeno Disuelto	0.17

Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella”<sup>18</sup>

#### 2.4.11.7.2 Índice simplificado de la calidad del agua (ISCA)

“El ISCA a diferencia del ICA solo utiliza cinco parámetros físico – químicos de tipo general, como son la temperatura, la materia orgánica (oxidabilidad al permanganato), las materias en suspensión, el oxígeno disuelto y la conductividad según la fórmula:

<sup>18</sup> [http://medioambient.gencat.net/aca/es//aiguamed/rius/indexs\\_qualitat.jsp](http://medioambient.gencat.net/aca/es//aiguamed/rius/indexs_qualitat.jsp)





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

$$ISCA = T (A + B + C+D)$$

Donde

**T** = Temperatura (t) en °C del agua

Puede adquirir valores de 1 a 0.08

Si  $t < 20$  °C entonces  $T = 1$

Si  $t > 20$  °C entonces  $T = 1 ( t - 20 ) * 0.0125$

**A** = se deduce de la oxibilidad al permanganato (a) expresada en mg/l.

Puede adquirir valores de 0 a 30

Si  $a \leq 10$  entonces  $A = 30 - a$

Si  $60 > a > 10$  entonces  $A = 21 (0.35 * a)$

Si  $a > 60$  entonces  $A = 0$

**B** = Materia en suspensión (MES) en mg/l

Puede adquirir valores de 0 a 25

Si  $MES \leq 100$  entonces  $B = 25 - (0.15 * MES)$

Si  $250 > MES > 100$  entonces  $B = 17 - (0.07 * MES)$

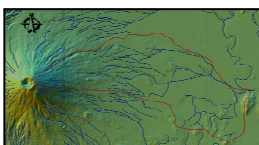
Si  $MES > 250$  entonces  $B = 0$

**C** = Oxígeno disuelto ( $O_2$ ) en mg/l

Puede adquirir valores de 0 a 25

Si  $C = 2.5 O_2$  dis

Si  $O_2$  dis  $\geq 10$  entonces  $C = 25$





## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

**D** = Conductividad expresada en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (c) a 18 C.

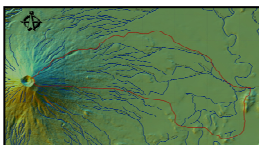
Puede adquirir valores de 0 a 20

Si la conductividad  $\leq 4000$  entonces  $D = (3.6 - \log) * 15.4$

Si es  $> 4000$  entonces  $D = 0$ <sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> <http://www.god.sv/Hidrología/Documentos/calculoICA.pdf>



# **CAPITULO III**

# **DIAGNOSTICO**





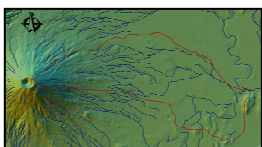
### 3.1 INTRODUCCION

El diagnóstico es una etapa importante del proceso de planificación de una subcuenca, se inicia con el inventario, la evaluación e interpretación de datos, dimensiona las necesidades y soluciones para los diversos componentes de un plan de manejo y su ejecución. El inventario de recursos incluye información no sólo sobre la subcuenca, sino también sobre su entorno físico, social, económico, cultural, entre otros; solamente tiene valor si se hace un análisis de las causas que llevaron al área a su situación actual.

Esta situación es preocupante, ya que en los últimos años ha habido una fuerte migración hacia la subcuenca del Rio El Jute, lo cual ha llevado a un incremento poblacional y a problemas relacionados con el uso y manejo de los recursos naturales. Como consecuencia de ello, ha existido también un incremento de la parcelación de las tierras agrícolas, especialmente en las fincas más grandes, aumento de la contaminación de las principales fuentes de agua, bajos niveles de organización, manejo inadecuado de las tierras, entre otros problemas.

En general, se percibe que existen bajos niveles de conciencia y muy poco conocimiento por parte de la población, sobre la importancia que esta zona representa para su bienestar y de la necesidad de hacer un uso racional de los recursos que poseen.

Es por ello que de un buen diagnóstico se genera un buen plan de manejo, lo más importante es diseñar un conjunto de acciones que den respuestas a las necesidades de la población, con el compromiso de implementarlas y propiciar un uso adecuado de los





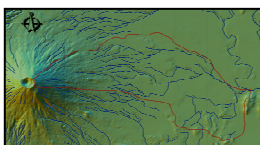
### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

---

recursos naturales, en forma permanente y que influya en el logro del bienestar de la población.

El diseño de un plan de manejo de una subcuenca requiere un diagnóstico participativo, explicativo y crítico que sustente las decisiones sobre el horizonte de planificación, la oferta y demanda; y sobre todo como implementar las soluciones a nivel de campo.

El presente capítulo describe de forma detallada los problemas que afectan a la subcuenca del Río El Jute, así como también las razones por las cuales es necesario realizar dicho estudio.





### 3.2 MATERIALES Y METODOS

#### 3.2.1 UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

La subcuenca del Río El Jute se encuentra ubicada al oriente de El Salvador, en el Departamento de San Miguel, Municipio de San Miguel. Posee una extensión territorial de 5235 ha (52.35 km<sup>2</sup>). Perteneciendo en su totalidad al Municipio de San Miguel.

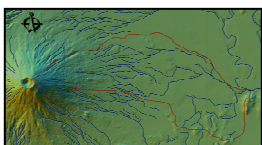
El Río El Jute tiene una longitud de 5.05 km. Se forma de la unión de las quebradas: Las Lomitas o La Quebradona, El Borbollón, Los Cujules y El Gómez o Los Coyotes, recibiendo la afluencia del Río La Presa. Drenando así al Río Grande de San Miguel.

La subcuenca del Río El Jute comprende en su totalidad a los siguientes cantones: Monte Grande y Las Lomitas; también comprendiendo parte de los siguientes cantones: El Jute, El Niño, El Progreso, La Puerta, El Volcán, El Havillal y San Carlos.

#### 3.2.2 MATERIALES Y EQUIPO

Los materiales y el equipo que se utilizaron durante la realización del trabajo de investigación fueron los siguientes:

- ✚ Hojas cartográficas de los cuadrantes planimétricos 2556 II San Miguel y 2556 III Usulután, a escala 1:50,000 a color.
- ✚ Hojas cartográficas de los cuadrantes de levantamiento general de suelos 2556 II San Miguel y 2556 III Usulután, a escala 1:50,000 a color.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

- ✚ Mapa Ecológico de El Salvador: sistemas de zonas de vida del Dr. Holdridge, a escala 1:300,000 a color.
- ✚ Mapa general de suelos.
- ✚ Mapa general de capacidad de uso.
- ✚ Mapa geológico.
- ✚ Sistema de Información Geográfica (SIG), usando el programa ArcGis 9.0 versión demo.
- ✚ Información proporcionada por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).
- ✚ Global Position System (GPS), utilizado para georeferenciar puntos de interés.
- ✚ Estación Total, utilizada para el levantamiento topográfico del Rio El Jute.
- ✚ Cámara fotográfica.
- ✚ Computadora.

### 3.2.3 DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

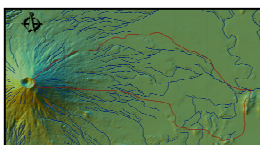
Las principales actividades que se desarrollaron para la elaboración del diagnóstico de la subcuenca del Rio El Jute, se agruparon en dos diferentes fases:

#### 3.2.3.1 Fase preliminar

##### 3.2.3.1.1 Delimitación de la subcuenca

Para la delimitación de la subcuenca se utilizaron mapas topográficos referentes a la zona de estudio a escala 1: 50,000 de acuerdo al siguiente procedimiento:

- a. Se identificó y marcó el curso principal de agua de la subcuenca, desde el punto de descarga o desembocadura hasta su nacimiento.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

- b. Se identificaron y marcaron todos los afluentes (tributarios) del curso principal, así como también todas las quebradas que se dirigen a otras fuentes recolectoras ya sean estas de flujo permanente o solamente de flujo invernal.
- c. Se identificó y marcó la divisoria de la subcuenca en todo el perímetro, saliendo y cerrando en el punto de descarga.

Una vez se delimito la subcuenca en la hoja cartográfica en escala 1:50,000, se procedió a la digitalización haciendo uso del programa ArcGis 9.0 versión demo.

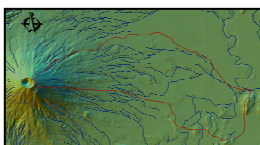
### 3.2.3.1.2 Elaboración de mapa base

El mapa base de la subcuenca se elaboró utilizando la información básica de las hojas cartográficas de los cuadrantes planimétricos 2556 II San Miguel y 2556 III Usulután a escala 1:50,000 a color y las hojas cartográficas de los cuadrantes de levantamiento general de suelos 2556 II San Miguel y 2556 III Usulután, a escala 1:50,000 a color.

Encontrándose así en los cuadrantes toda la información necesaria referente a los límites naturales de la subcuenca, la red hidrográfica, las curvas de nivel, los cantones y caseríos, la infraestructura, etc. Para luego digitalizarla, haciendo uso del programa ArcGis 9.0 versión demo.

### 3.2.3.1.3 Mapa de pendiente

Este se construyó utilizando el programa ArcGis 9.0 versión demo y el mapa planimétrico con escala en 1:50,000 a color, utilizando la metodología para la determinación de la capacidad de uso de los suelos de EL Salvador, la cual presenta las características siguientes:





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

1. Terrenos planos o casi planos = < 3%
2. Terrenos suavemente ondulados = 3 – 15%
3. Terrenos ondulados = 15 – 25%
4. Terrenos fuertemente ondulados = 25 – 50%
5. Terrenos montañosos escarpados = > 50%

### 3.2.3.1.4 Elaboración de mapa de uso actual

Este se construyó utilizando el programa ArcGis 9.0 versión demo, tomándose como base el mapa de uso actual de suelos (1994) en escala 1:100,000 proporcionado por el Ministerio del Medio Ambiente.

### 3.2.3.1.5 Identificación de zonas de vida

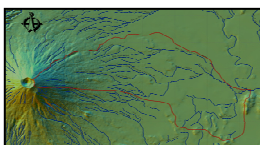
Utilizando el programa ArcGis 9.0 versión demo y los mapas del Ministerio del Medio Ambiente, se obtuvo un mapa de las zonas de vida de la subcuenca del Río El Jute, según el Sistema Holdridge, el cual se basa en la biotemperatura media anual, altitud sobre el nivel del mar (msnm) y la precipitación promedio anual.

### 3.2.3.1.6 Identificación preliminar de áreas críticas

Para la identificación preliminar de áreas críticas en la subcuenca del Río El Jute, se tomaron en cuenta aspectos biofísicos (uso de la tierra, capacidad de uso, contaminación de fuentes de agua, zonas con fuertes pendientes, erosión y quemadas) y socioeconómicos (accesibilidad, marginación, pobreza, servicios básicos).

### 3.2.3.1.7 Caracterización climática

Los datos climáticos se obtuvieron de la Estación Meteorológica ubicada en El Papalón (actualmente en la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria





Oriental), los cuales fueron solicitados al Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), incluyendo: temperatura, humedad relativa del aire, precipitación anual, viento, clima, pendientes.

### 3.2.3.1.8 Aspectos socioeconómicos

Se recopiló información bibliográfica de la zona de estudio y se llevo acabo el paso de una encuesta, así como también diversas entrevistas con habitantes de la zona de estudio, para poder lograr la obtención de algunos aspectos socioeconómicos tales como: salud, educación, vivienda, energía eléctrica, población, principales ocupaciones y fuentes de ingreso, distribución del trabajo en la familia, comercialización, creencias y costumbres, presencia institucional en la subcuenca, participación de la comunidad en las organizaciones, entre otros.

### 3.2.3.2 Fase de campo

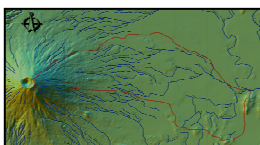
#### 3.2.3.2.1 Reconocimiento general de la subcuenca

Haciendo uso de los mapas que se elaboraron en la fase preliminar, se realizó un recorrido por toda la subcuenca del Rio El Jute, para poder tener un panorama general de las condiciones que predominan en la zona de estudio.

#### 3.2.3.2.2 Recopilación de información biofísica

**Vegetación y zonas de vida:** Haciendo uso del mapa de zonas de vida de Holdridge, el cual se elaboro en la fase preliminar, se realizaron diversas visitas de campo para hacer un levantamiento de la vegetación predominante en la zona de estudio.

**Hidrología:** Con el mapa de la red hídrica, elaborado en la fase preliminar, se realizaron visitas de campo y se identificaron, georeferenciaron y caracterizaron las





fuentes de agua. Además se tomaron muestras de agua en puntos específicos a lo largo de todo el Rio El Jute, las cuales se enviaron a su respectivo análisis, en los laboratorios de Química y Biología de La Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

También se realizó, el levantamiento topográfico del Rio El Jute, desde su nacimiento hasta lo que es su desembocadura con el Rio Grande de San Miguel.

**Uso Actual:** Para hacer los ajustes al mapa que fue elaborado en la fase preliminar, se realizaron chequeos con Global Position System (GPS) a través de diversos recorridos realizados por toda la subcuenca del Rio el Jute.

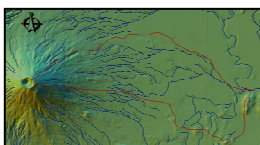
### 3.2.3.2.3 Recopilación de información socioeconómica

**Salud:** Al obtener la información secundaria en la fase preliminar, se realizaron visitas de campo para poder identificar y georeferenciar las Unidades de Salud existentes en la zona de estudio, las cuales se ubicaron en el respectivo mapa.

**Educación:** Se identificaron y georeferenciaron los Centros Educativos ubicados dentro de la zona de estudio.

**Vivienda:** A través de la encuesta y entrevistas a personas que habitan en la zona de estudio, se obtuvo la información sobre las condiciones de vivienda en la subcuenca.

**Institucionales:** Obtener información de las instituciones que trabajan dentro de la subcuenca, proyectos o áreas de trabajo.







### **3.2.4 FASE DE ANALISIS DE INFORMACION Y ELABORACION DE DOCUMENTO**

Después de haber llevado a cabo el paso de las encuestas y realizar entrevistas a diferentes personas que habitan en la zona de estudio. También de observar las condiciones en las cuales se encuentra la zona de estudio o mejor dicho la subcuenca del Rio El Jute, se procedió al análisis de la información recolectada y la elaboración del documento final.

### **3.2.5 ELABORACION DE LA LINEA BASE PARA LA SUBCUENCA**

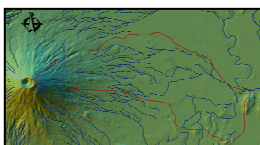
Con la información recolectada, se lograron identificar algunos indicadores generales que forman parte de la línea base que servirá de punto de partida para llevar a cabo el monitoreo y la evaluación del plan.

### **3.2.6 IDENTIFICACION DE AREAS CRÍTICAS**

Al lograr definirse los aspectos biofísicos y socioeconómicos de la subcuenca en la fase preliminar, se hizo una sobre posición de los mapas de uso actual y capacidad de uso. También se identificaron, zonas de contaminación de fuentes de agua, áreas con fuertes pendientes y erosión, entre otras.

### **3.2.7 FORMULACION DEL PLAN DE MANEJO DE LA SUBCUENCA**

Después de haber finalizado el diagnostico, se elaboró el plan de manejo. Para ello se utilizaron métodos que garantizaron la participación de todos los actores sociales,





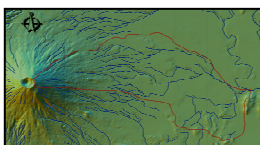
### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

---

tomando como base sus experiencias, el aprendizaje, las soluciones alternativas y las estrategias para operativizarlo.

La estructura del plan de manejo fue la siguiente:

- ✚ Indicadores de línea base.
- ✚ Definición de los objetivos del plan de manejo.
- ✚ Estrategias para la implementación.
- ✚ Beneficiarios del plan.
- ✚ Componentes principales: programas y proyectos.
- ✚ Síntesis de los proyectos (Nombre del proyecto, justificación, objetivos, resultados esperados, actividades principales).
- ✚ Entidad y unidad ejecutora.
- ✚ Monitoreo y evaluación del plan.



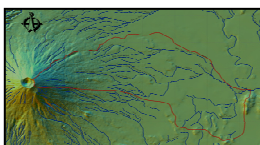


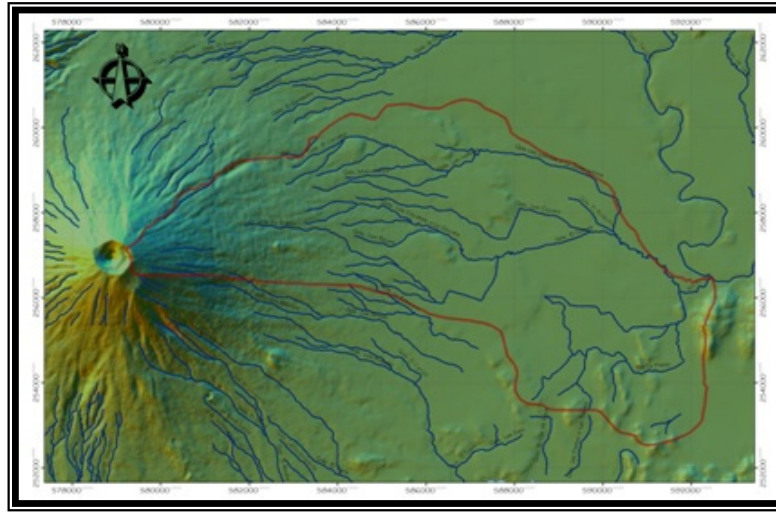
### 3.3 DIAGNOSTICO

#### 3.3.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SUBCUENCA

La subcuenca del Río El Jute se encuentra ubicada al oriente de El Salvador, en el Departamento de San Miguel, geográficamente esta comprendida entre las coordenadas siguientes: en la zona alta  $88^{\circ} 16'$  de Longitud Oeste y  $13^{\circ} 17'$  de Latitud Norte; en la zona media  $88^{\circ} 11'$  de Longitud Oeste y  $13^{\circ} 27'$  de Latitud Norte y en la zona baja  $88^{\circ} 08'$  de Longitud Oeste y  $13^{\circ} 26'$  de Latitud Norte; teniendo así las siguientes alturas: en la zona alta de 2160 metros sobre el nivel del mar, disminuyendo gradualmente en la zona media y en la zona baja de 87 metros sobre el nivel del mar. Posee una extensión territorial de 5235 ha (52.35 km<sup>2</sup>). Perteneciendo en su totalidad al Municipio de San Miguel.

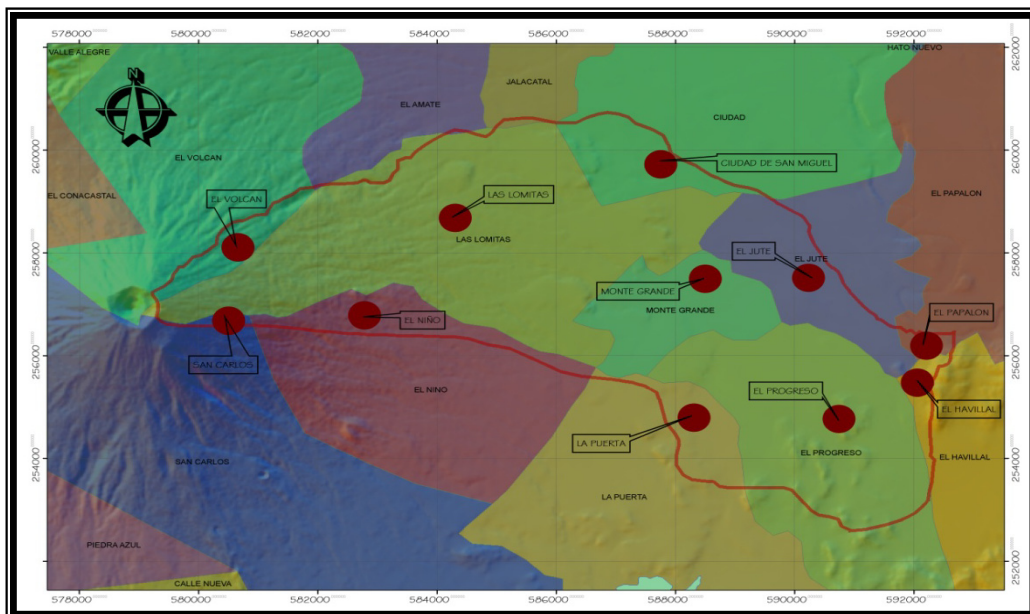
El Río El Jute tiene una longitud de 5.05 km. Se forma de la unión de las quebradas: Las Lomitas o La Quebradona, El Borbollón, Los Cujules y El Gómez o Los Coyotes, recibiendo la afluencia del Río La Presa. Drenando así al Río Grande de San Miguel. (Figura 3.3.1.1)



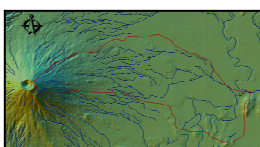


**FIGURA 3.3.1.1:** Mapa hidrológico de la subcuenca del Río El Jute.

La subcuenca del Río El Jute comprende en su totalidad a los siguientes cantones: Monte Grande y Las Lomitas; también comprende parte de los siguientes cantones: El Jute, El Niño, El Progreso, La Puerta, El Volcán, El Havillal y San Carlos (Figura 3.3.1.2).



**FIGURA 3.3.1.2:** Mapa de cantones de la subcuenca del Río El Jute.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

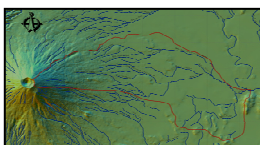
El acceso a la subcuenca del Rio El Jute, esta dado tanto por la carretera al Litoral, así como también por la carretera Panamericana (Figura 3.3.1.3 y 3.3.1.4). Las vías de acceso son bastante transitadas por los habitantes de dicha zona, así también por personas ajenas al lugar, ya que en dicha subcuenca se encuentra ubicado el Centro Turístico Monte Grande y el Polideportivo Don Bosco lo cual permite la afluencia de personas al lugar. Las vías de acceso permanecen en buen estado, permitiendo el flujo rápido de vehículos a la zona.



**FIGURA 3.3.1.3:** Acceso a la zona por medio de la carretera Panamericana.



**FIGURA 3.3.1.4:** Acceso a la zona por medio de la carretera Litoral.





### 3.3.2 CARACTERISTICAS CLIMATICAS

#### 3.3.2.1 Climatología

Según el sistema Holdridge, junto con información obtenida del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), toda la zona baja y una pequeña porción de la zona media de la subcuenca del Rio El Jute, esta comprendida por bosque húmedo subtropical; en cambio la parte restante de la zona media de la subcuenca esta dada por bosque húmedo subtropical, transición a tropical; por otra parte en lo que respecta a la zona alta de la subcuenca esta compuesta por bosque húmedo subtropical, bosque muy húmedo subtropical y bosque muy húmedo montano bajo subtropical. (Figura 3.3.2.1.1)

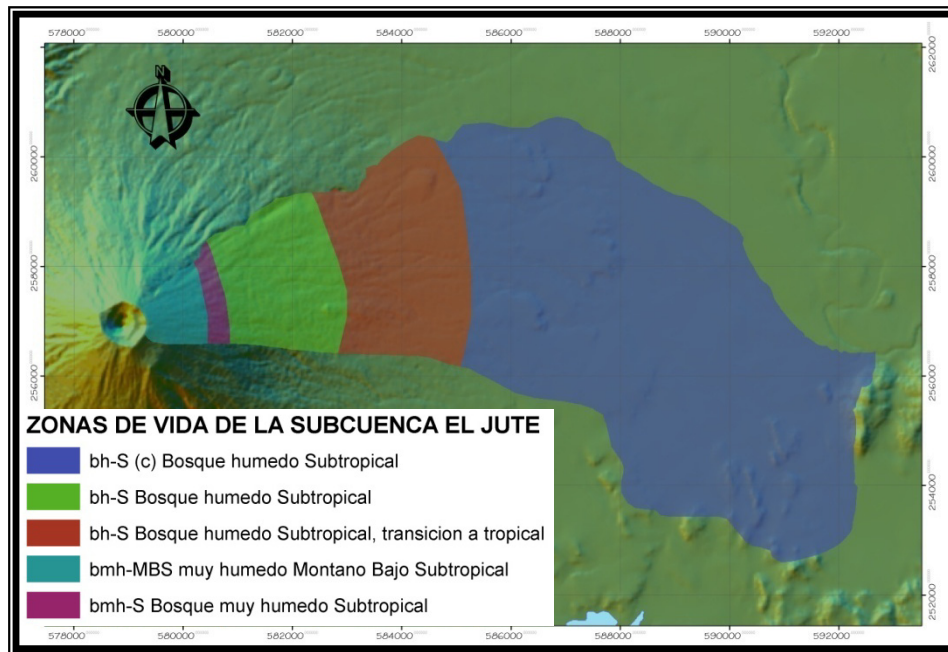
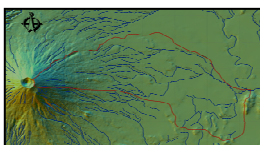


FIGURA 3.3.2.1.1: Mapa de zonas de vida según Holdridge.





**TABLA 3.3.2.1:** Distribución de las zonas de vida en la subcuenca.

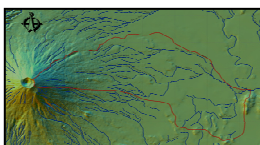
ZONAS DE VIDA	AREAS	PORCENTAJE
Bosque muy húmedo montano bajo subtropical	1.28 km <sup>2</sup>	2.44 %
Bosque muy húmedo subtropical	0.65 km <sup>2</sup>	1.24 %
Bosque húmedo subtropical	5.48 km <sup>2</sup>	10.47 %
Bosque húmedo subtropical, transición a tropical	8.57 km <sup>2</sup>	16.37 %
Bosque húmedo subtropical	36.37 km <sup>2</sup>	69.48 %
<b>Total</b>	<b>52.35 km<sup>2</sup></b>	<b>100 %</b>

### 3.3.2.2 Cantidad anual de lluvia:

La precipitación anual en la subcuenca del Rio El Jute, según datos proporcionados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), esta oscilando entre los valores de 1000 a 1300 milímetros. La distribución de la temporada lluviosa está dada principalmente desde el mes de mayo hasta el mes de octubre, presentándose en ocasiones una disminución de la precipitación durante los meses de julio y agosto.

### 3.3.2.3 Temperatura

La temperatura promedio anual en la subcuenca del Rio El Jute, según datos proporcionados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), es de 29°C, llegando en ocasiones a una temperatura máxima de 40°C





### 3.3.2.4 Humedad relativa del aire

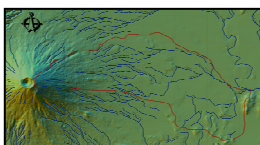
La humedad relativa del aire de la subcuenca del Rio El Jute, según datos proporcionados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), esta oscilando entre el 57% y 90% en el transcurso del año.

### 3.3.2.5 Viento

Se presentan vientos fuertes en algunos meses del año, especialmente durante noviembre, diciembre y enero, causando daños en los cultivos, así como en la infraestructura existente en la zona de la subcuenca del Rio El Jute.

### 3.3.3 GEOLOGIA

En la subcuenca del Rio El Jute, predominan los siguientes tipos de rocas como son los aluviones, localmente con intercalaciones de piroclastitas y las efusivas acidas e intermedias-acidas, localizadas en la zona baja de la subcuenca; también están las piroclastitas acidas, las epiclasticas volcánicas (tobas color café) y las efusivas andesiticas y basálticas: piroclastitas, las cuales se encuentran localizadas en la parte media y alta de la subcuenca. (Figura 3.3.3.1)





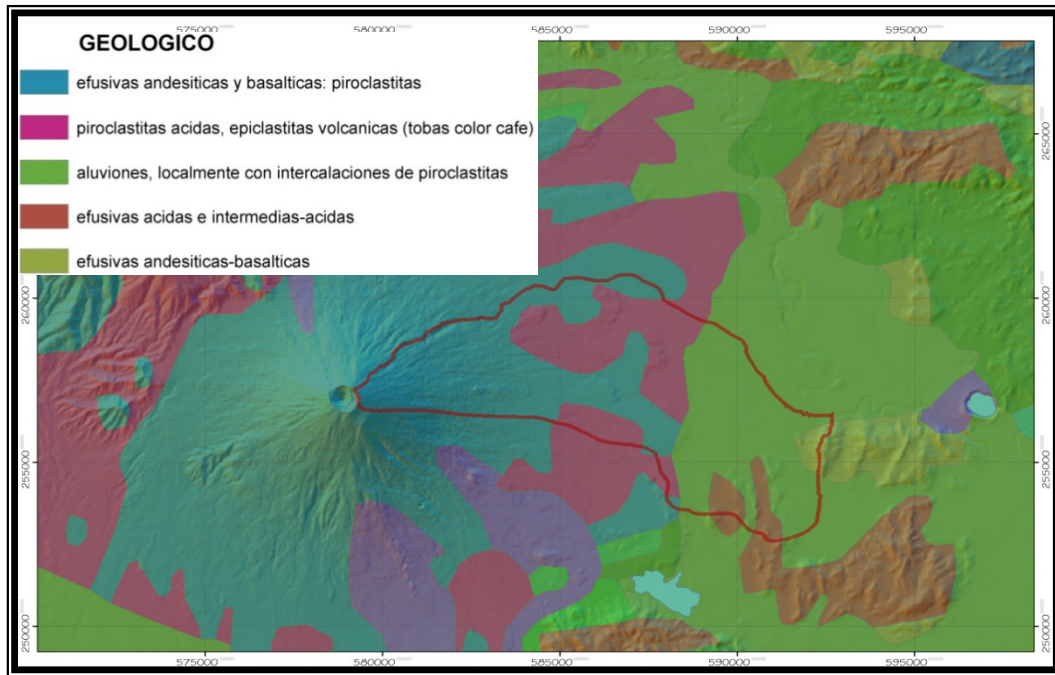
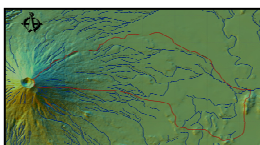


FIGURA 3.3.3.1: Mapa geológico de la subcuenca del Río El Jute.

TABLA 3.3.3.1: Distribución de los tipos de rocas en la subcuenca.

TIPOS DE ROCAS	AREAS	PORCENTAJE
Efu­sivas andesíticas y basálticas: piroclásticas	20.58 km	39.31 %
Piroclásticas ácidas, epiclásticas volcánicas(tobas color café)	12.59 km	24.05 %
Efu­sivas ácidas e intermedias-ácidas	2.19 km	4.18 %
Efu­sivas andesíticas-basálticas	0.84 km	1.61 %
Aluviones, localmente con intercalaciones de piroclásticas	16.15 km	30.85 %
<b>Total</b>	<b>52.35 km<sup>2</sup></b>	<b>100 %</b>



### 3.3.4 OROGRAFIA

Las pendientes de la subcuenca del Río El Jute, se presentan a continuación (Figura 3.3.4.1). Se puede observar que toda la zona baja y parte de la zona media de la subcuenca, tienen una pendiente menor al 15% (terrenos suavemente ondulados); el resto de la zona media de la subcuenca tiene una pendiente de 15% a 30% (terrenos ondulados); en cambio en la zona alta de la subcuenca existen diferentes tipos de pendientes tales como: de 15% a 30% (terrenos ondulados), de 30% a 50% (terrenos fuertemente ondulados), de 50% a 70% (terrenos montañosos escarpados) y mayor que 70% (terreno accidentado). Uno de los rasgos orográficos más notables, tanto en la zona de estudio como en todo el país, es la presencia del Volcán Chaparrastique.

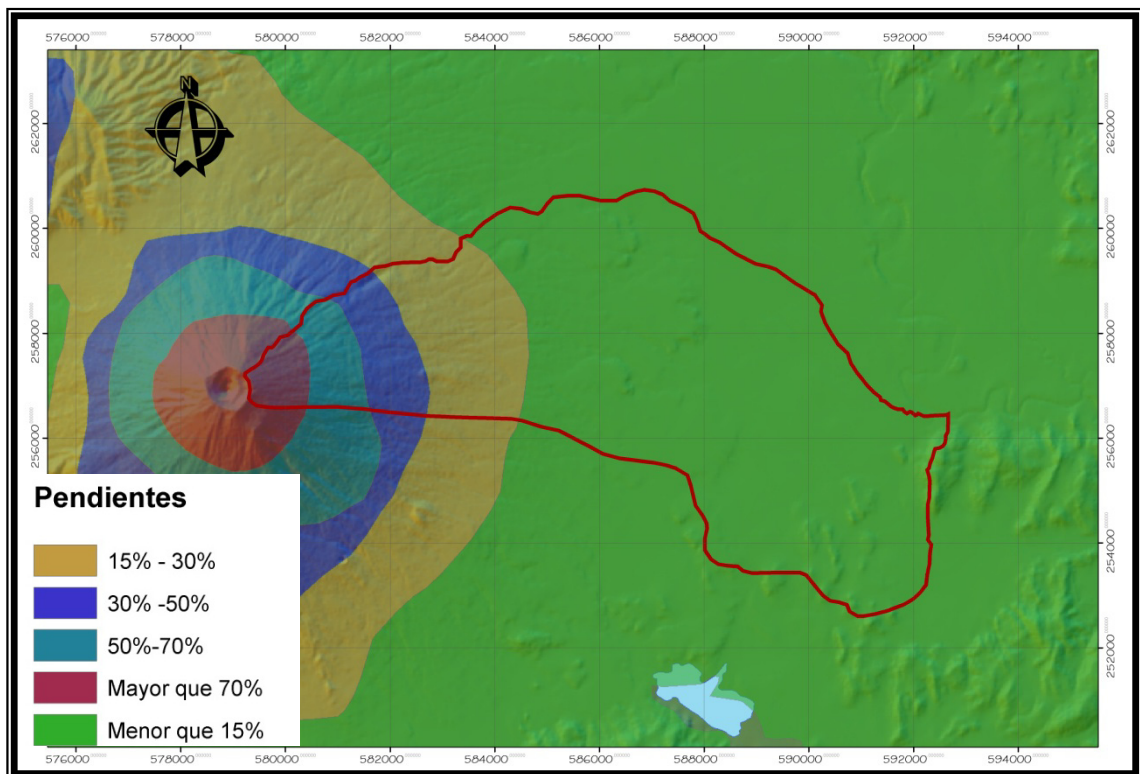
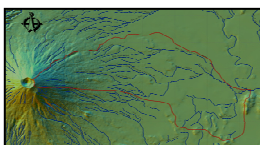


FIGURA 3.3.4.1: Mapa de pendientes de la subcuenca del Río El Jute.





**TABLA 3.3.4.1:** Distribución de las pendientes en la subcuenca.

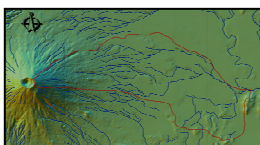
PENDIENTES	AREAS	PORCENTAJE
Mayor que 70%	1.32 km <sup>2</sup>	2.52%
50-70%	2.01 km <sup>2</sup>	3.84%
30-50%	2.80 km <sup>2</sup>	5.35%
15-30%	6.55 km <sup>2</sup>	12.51%
Menor que 15%	39.67 km <sup>2</sup>	75.78%
<b>Total</b>	<b>52.35 km<sup>2</sup></b>	<b>100 %</b>

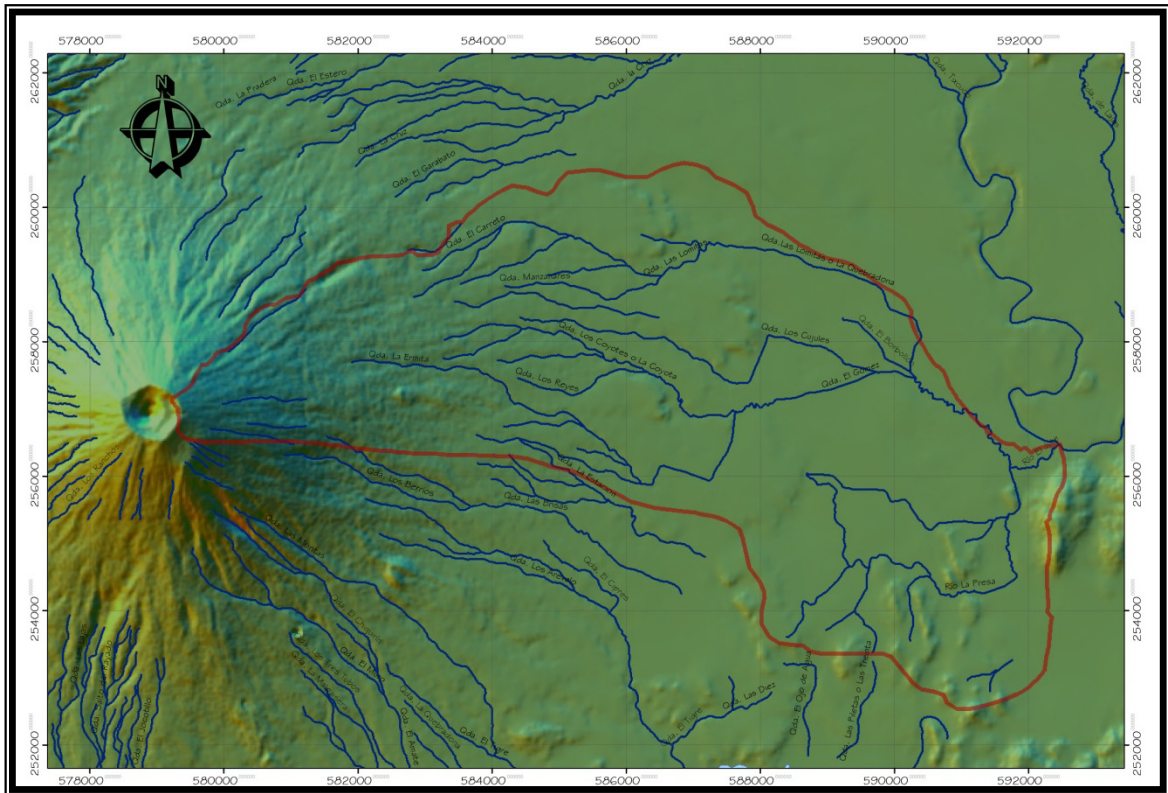
### 3.3.5 HIDROLOGIA

#### 3.3.5.1 Fuentes y uso del agua

El Río El Jute se origina en el Cantón Monte Grande, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel, siendo sus principales afluentes las quebradas: Las Lomitas o La Quebradona, El Borbollón, Los Cujules y El Gómez o Los Coyotes.

A medida que el río avanza en su recorrido, se van uniendo a su caudal una serie de quebradas, que durante la temporada seca pasan desapercibidas. El Río El Jute constituye el eje central de la subcuenca, con una longitud de 4.3 km., aguas abajo, se une el Río La Presa. Desembocando en el Río Grande de San Miguel. (Figura 3.3.5.1.1).



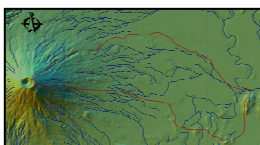


**FIGURA 3.3.5.1.1:** Mapa de quebradas y ríos afluentes del Río El Jute.

En la subcuenca del Río El Jute, existen también otras fuentes de agua, principalmente como lo son los nacimientos y pozos, de los cuales se abastecen algunas personas de cantones y caseríos. Los principales usos del Río El jute y algunas de las fuentes de agua ubicadas dentro de la subcuenca son: consumo humano, lavar ropa y aseo personal, usos domésticos, regadíos, abrevadero para animales.

### 3.3.5.2 Calidad del agua

En la subcuenca del Río El Jute, existen diversas fuentes de contaminación de las aguas superficiales, especialmente la del Río El Jute; ubicadas en diferentes puntos de la zona de estudio, por ejemplo en las zonas media y baja a orillas del río y que la mayoría son generadas por las actividades realizadas por seres humanos.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

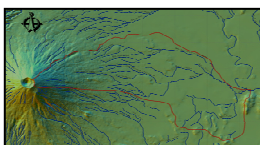
Las fuentes de contaminación se pueden agrupar de la siguiente manera:

- ✚ Contaminación química por plaguicidas y agroquímicos en general, que son utilizados en la agricultura y cuyos envases son depositados en las orillas de los ríos.
- ✚ Arrastre de sedimentos en el río, por problemas de erosión principalmente debido a la falta de prácticas de conservación de suelos en los cultivos. Esto provoca turbidez y mala calidad de las aguas.
- ✚ Contaminación por medio de la basura, que es depositada a lo largo del Rio El Jute, así como a los afluentes que lo alimentan. (Figura 3.3.5.2.1)
- ✚ Contaminación por medio de desechos sólidos, los cuales son depositados en el Rio El Jute.



**FIGURA 3.3.5.2.1:** Basura depositada a lo largo del cauce del Rio El Jute.

Para demostrar que el agua del Rio El Jute esta contaminada, se realizaron una serie de muestras a lo largo de todo su cauce, las cuales fueron llevadas a los





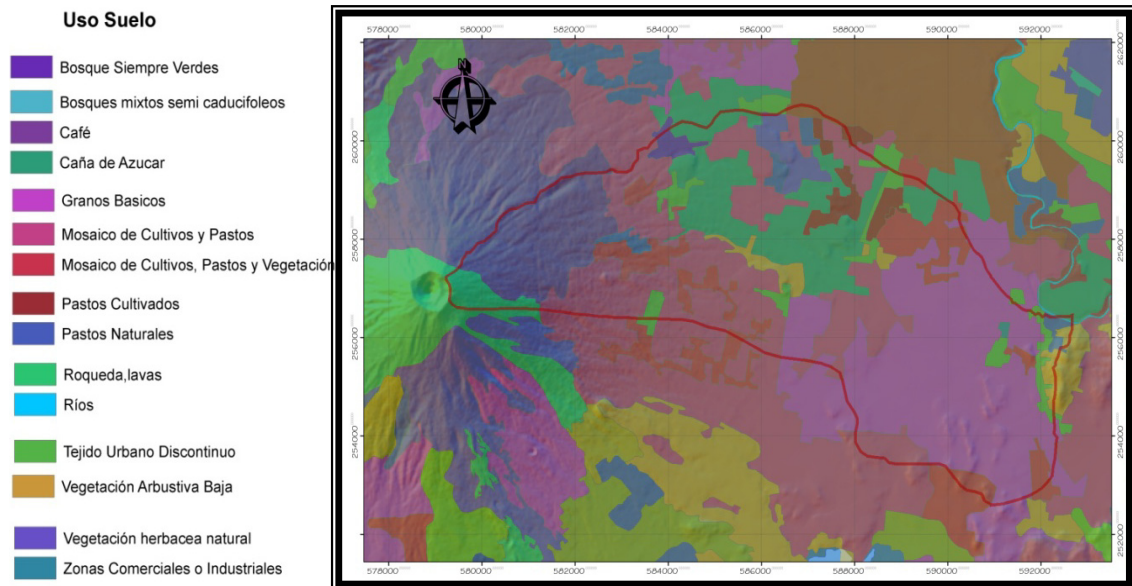
## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

laboratorios de Química y Biología de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental

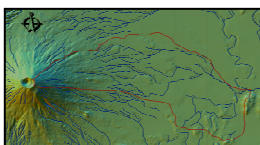
### 3.3.6 CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

#### 3.3.6.1 Uso actual del suelo

El uso actual del suelo de la subcuenca del Rio El Jute, se presenta a continuación (Figura 3.3.6.1.1). Como se puede apreciar en la mayor parte de la subcuenca del Rio El Jute, el uso que se le brinda al suelo es para el cultivo de granos básicos, así como también para el cultivo de la caña de azúcar, el café, y algunas áreas son usadas para pastos y vegetación. También existen pequeñas áreas de suelo que son utilizadas para el comercio y la industria en dicha zona. Así como para el cultivo de hortalizas.



**FIGURA 3.3.6.1.1:** Mapa de uso actual del suelo de la subcuenca del Rio El Jute.





**TABLA 3.2.3.1.4:** Distribución de los usos del suelo en la subcuenca.

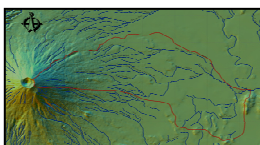
USOS DEL SUELO	AREAS	PORCENTAJE
<b>Granos básicos</b>	18.00 km <sup>2</sup>	34.39%
<b>Tejido urbano discontinuo</b>	6.44 km <sup>2</sup>	12.30%
<b>Mosaico de cultivos y pastos</b>	12.39 km <sup>2</sup>	23.67%
<b>Café</b>	5.09 km <sup>2</sup>	9.72%
<b>Otros usos del suelo</b>	10.43 km <sup>2</sup>	19.92%
<b>Total</b>	52.35 km <sup>2</sup>	100 %

Entre los otros usos del suelo en la subcuenca tenemos:

- ✚ Bosques siempre verdes
- ✚ Pastos cultivados
- ✚ Pastos naturales
- ✚ Roqueda lavas
- ✚ Caña de azúcar

### 3.3.6.2 Fisiografía

Se considera que en la mayor parte de las áreas de la subcuenca del Rio El Jute, el terreno es suavemente ondulado, esto se da más que todo en la parte baja, así como una pequeña área de la parte media de dicha subcuenca; seguido por una pequeña área de terreno ondulado, ubicado en la zona media de la subcuenca; también existe áreas de terreno fuertemente ondulado, terreno montañoso y escarpado y terreno accidentado, los cuales se dan iniciando desde las faldas del Volcán Chaparrastique hasta llegar al cráter de dicho volcán, específicamente en la parte alta de la subcuenca.



### 3.3.6.3 Potencial agrícola

En general, el potencial agrícola de los suelos de la subcuenca del Rio El Jute tiende a variar. Porque en la parte baja y media de la subcuenca se pueden utilizar equipos modernos para los diferentes tipos de cultivos que se desarrollan en la zona de estudio, en cambio en la parte alta de la subcuenca no se pueden llevar acabo, debido a la alta pedregosidad existente en la zona, también a las altas pendientes que existen.

### 3.3.6.4 Mapa de elevaciones

En la subcuenca del Rio El Jute, existen diferentes tipos de elevaciones promedios que van desde los 100 m.s.n.m hasta 1700 m.s.n.m. (Figura 3.3.6.4.1)

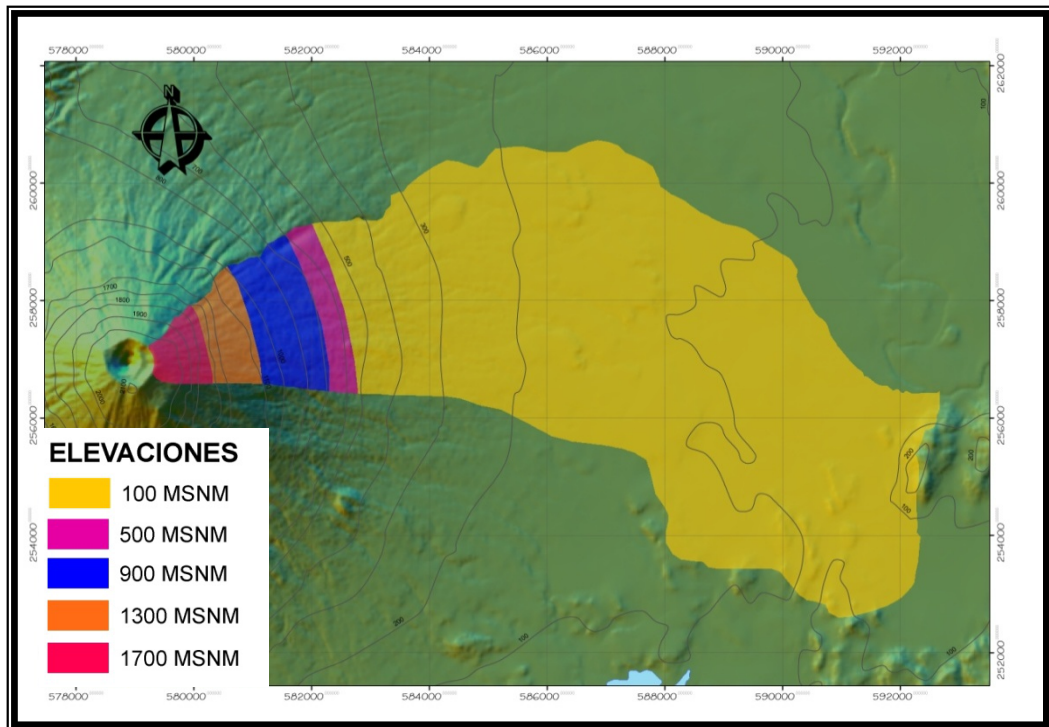
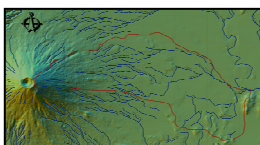


FIGURA 3.3.6.4.1: Mapa de elevaciones promedios de la subcuenca del Rio El Jute.





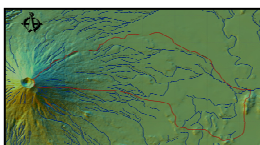


**TABLA 3.3.6.4.1:** Distribución de elevaciones promedios en la subcuenca.

ELEVACION PROMEDIO	AREAS	PORCENTAJE
1700 m.s.n.m	0.95 km <sup>2</sup>	1.82%
1300 m.s.n.m	1.45 km <sup>2</sup>	2.76%
900 m.s.n.m	2.72 km <sup>2</sup>	5.20%
500 m.s.n.m	1.33 km <sup>2</sup>	2.54%
100 m.s.n.m	45.90 km <sup>2</sup>	87.68%
<b>Total</b>	<b>52.35 km<sup>2</sup></b>	<b>100 %</b>

### 3.3.6.5 Mapa pedológico

En la subcuenca del Rio El Jute se encuentran diferentes tipos de suelos, entre lo que cabe mencionar que toda la zona baja y una pequeña parte de la zona media de la subcuenca esta cubierta con los suelos latosoles arcillo rojizos; en cambio el resto de la zona media, junto con una porción de la zona alta de la subcuenca esta cubierta por los suelos andisoles; el resto de la zona alta esta cubierta por los suelos Litosoles. (Figura 3.3.6.5.1)



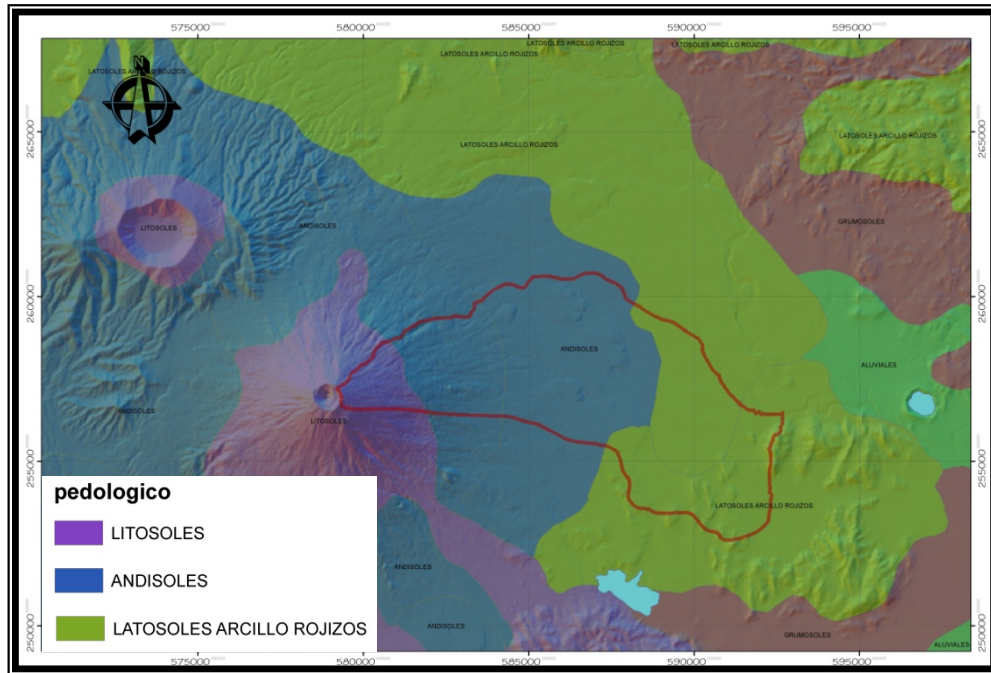
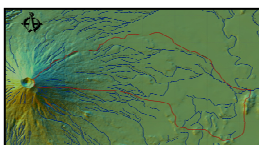


FIGURA 3.3.6.5.1: Mapa de tipos de suelos en la subcuenca del Rio El Jute.

TABLA 3.3.6.5.1: Distribución de los tipos de suelo en la subcuenca.

TIPOS DE SUELO	AREAS	PORCENTAJE
<b>Litosoles</b>	3.28 km <sup>2</sup>	6.27%
<b>Latosoles arcillo rojizos</b>	19.90 km <sup>2</sup>	38.01%
<b>Andisoles</b>	29.17 km <sup>2</sup>	55.72%
<b>Total</b>	52.35 km <sup>2</sup>	100 %



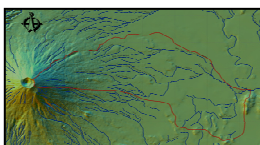


### 3.3.7 VEGETACION

Las especies arbóreas y arbustivas encontradas en la subcuenca del Río El Jute, coinciden con la mayoría de las especies reportadas por Holdridge. La mayoría de estas se encuentran en forma dispersa en toda la subcuenca. La altura de los árboles es muy variada, pero en general no se encuentran árboles muy grandes debido a la alta demanda de productos de la población, principalmente para el uso de leña.

Según muchos habitantes de la subcuenca, existen algunas especies vegetales que son indicadoras de zonas con mayor humedad. Entre éstas se encuentran: Ceiba, amate, conacaste blanco, almendro de río, conacaste negro y castaño. Estas especies presentan las mayores alturas, encontrándose árboles entre 25 y 30 m.

A continuación se presenta una tabla (Tabla 3.3.7.1), en la cual se presentan algunas especies de árboles existentes en la subcuenca del Río El Jute, a la vez estas especies con su respectivo nombre científico y al grupo familiar que estas pertenecen.



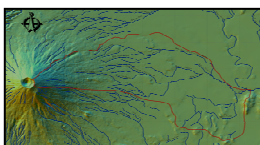


### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

**Tabla 3.3.7.1:** Especies arbóreas y arbustivas encontradas en la subcuenca del Rio El Jute, Cantón Monte Grande, Municipio de San Miguel.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Almendro de rio	Andira inermis H. B. K.	Fabaceae
Ceiba	Ceiba pentandra	Bombacaceae
Aceituno	Simarouba glauca D. C.	Simarubaceae
Amate de rio	Ficus insípida Willd.poket	Moráceae
Conacaste blanco	Albizzia caribea	Fabaceae
Conacaste negro	Enterolobium cyclocarpum	Fabaceae
Carao	Cassia grandis L.	Fabaceae
Madrecacao	Gliricidia sepium Jacq	Fabaceae
Castaño	Sterculia apetala Jacq	Sterculiaceae
Laurel	Cordia alliodora	Borraginaceae
Jiote	Bursera simaruba L.	Burseraceae
Cedro	Cedrela odorata L.	Meliaceae
Aguacate	Persea americana Miller	Lauraceae
Guajinicuil	Inga preussi Harms	Fabaceae
Chaparro	Curatella americana L	Dileniácea
Quebracho	Lysiloma divaricatum Jacq.	Fabaceas
Nance	Byrsonima crassifolia L.	Malpigiaceae
Zapote	Pouteria sapota	Sapotácea
Mango	Mangifera indica L.	Anacardiaceae
Anona	Anona reticulata L.	Anonaceae
Marañón	Anacardium occidentale.	Anacardiaceae
Carbón	Mimosa tenuiflora	Fabaceae
Morro	Crescentia alata H.B.& K.	Bignoniaceae
Achiote	Bixa Orellana	Bixaceae
Capulin del monte	Muntigia calabura L.	Tilliaceae
Copinol	Hymenaea courbaril L.	Fabaceae
Chilamate	Sapium macrocarpum Muell	Euphorbiaceae
Roble	Quercus spp.	Fagaceae
Guayabo	Psidium guajaba L.	Myrtaceae
Tempate	Jatropha curcas L.	Euphorbiaceae
Anona blanca	Annona diversiflora Safford	Annonaceae
Guachipilín	Diphysa robinoides Benth	Fabaceae
Tamarindo	Tamarindus indica L	Fabaceae
Guacimo, Caulote	Guazuma ulmifolia Lam	Sterculiaceae

FUENTE: CENTA, San Miguel.





### 3.3.8 FAUNA

La fauna que se encuentra en la subcuenca del Rio El Jute, esta representada principalmente por especies de reptiles, aves y mamíferos.

### 3.3.9 SERVICIOS BÁSICOS

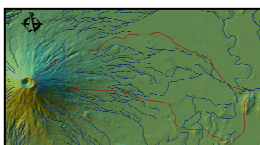
En general, los servicios básicos para la población de la subcuenca del Rio El Jute, son deficientes. Algunas particularidades de los principales servicios se describen a continuación:

#### 3.3.9.1 Agua potable

La mayoría de cantones y caseríos que pertenecen a la subcuenca del Rio El Jute, poseen alguna fuente de agua para abastecer sus necesidades básicas, aunque algunas fuentes no se consideren que tengan la calidad de agua establecida por las Normas de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), ya que no cuentan con ninguna protección física, ni un sistema de tratamiento adecuado. Muchas de estas fuentes de agua reciben diferentes tipos de desechos y productos arrastrados por la escorrentía superficial de la subcuenca. También se utilizan pequeñas quebradas que se forman durante la época lluviosa y parte de la época seca; hasta el mismo Rio El Jute es utilizado para el uso de aseo personal y tareas domésticas como lavado de ropa y utensilios de cocina, entre otros.

#### 3.3.9.2 Salud

En cuanto a la salud en la subcuenca del Rio El Jute, La atención es brindada a través de las Unidades de Salud del Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social (MSPAS).





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

Cabe mencionar que en la zona de estudio solo existe una Unidad de Salud, que es la encargada de la atención en la mayoría de cantones y caseríos (Ver tabla 3.3.9.2.1). Aunque algunos habitantes de cantones y caseríos de la zona de estudio, son atendidos por Unidades de Salud afuera de los límites de nuestra zona de estudio.

**TABLA 3.3.9.2.1:** Aspectos generales sobre la salud en la subcuenca del Rio El Jute, Cantón Monte Grande, Municipio de San Miguel.

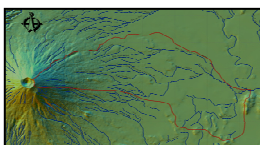
CANTON/ CASERIO	TIPO DE SERVICIO	INSTITUCION RESPONSABLE	PERSONAL TECNICO	FRECUENCIA DE ATENCION
El Niño	Unidad de Salud	Ministerio de Salud	Capacitado	Lunes a Viernes

FUENTE: SIBASI, San Miguel.

### 3.3.9.3 Educación

En cuanto a la educación en la subcuenca del Rio El Jute, la atención es brindada por el Ministerio de Educación (MINED).

Cabe mencionar que hay varios Centros Escolares que brindan la atención en la zona de estudio. La mayoría de ellos, brindan atención desde parvularia hasta noveno grado, ya que por su cercanía con la Ciudad de San Miguel, no existe un Bachillerato en la zona. A continuación se presenta una tabla resumen de los Centros Escolares existentes en la zona. (Tabla 3.3.9.3.1)





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

**TABLA 3.3.9.3.1:** Aspectos generales sobre la educación en la subcuenca del Rio El Jute, Cantón Monte Grande, Municipio de San Miguel.

CANTON/ CASERIO	CENTRO ESCOLAR	INSTITUCION RESPONSABLE
<b>El Niño</b>	Centro Escolar “Caserío El Ciprés”	Ministerio de Educación
<b>El Niño</b>	Centro Escolar “Caserío Chaparrastique”	Ministerio de Educación
<b>El Niño</b>	Centro Escolar “Cantón El Niño”	Ministerio de Educación
<b>Monte Grande</b>	Centro Escolar “Cantón Monte Grande”	Ministerio de Educación
<b>Las lomitas</b>	Centro Escolar “Cantón Las Lomitas”	Ministerio de Educación
<b>El Jute</b>	Centro Escolar “Cantón El Jute”	Ministerio de Educación

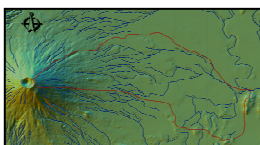
FUENTE: Oficina departamental del Ministerio de Educación, San Miguel.

### 3.3.9.4 Vivienda

La mayoría de las viviendas ubicadas en la subcuenca del Rio El Jute, están construidas de materiales mixtos como: ladrillo, bloque, adobe y bahareque, techo de teja, techo de duralita y piso de cemento y tierra, algunos de ladrillo de cemento y cerámica.

### 3.3.9.5 Energía eléctrica

Con respecto al servicio de energía eléctrica, podríamos decir que un 90% de la población que habita esta zona, cuenta con dicho servicio.





### 3.3.10 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

#### 3.3.10.1 Población

Los datos obtenidos de la población han sido consultados en algunas instituciones y comunidades de la subcuenca, lo cual permitió conocer detalles de la población. (Tabla 3.3.10.1.1)

**TABLA 3.3.10.1.1:** Aspectos generales sobre la población en la subcuenca del Rio El Jute, Cantón Monte Grande, Municipio de San Miguel.

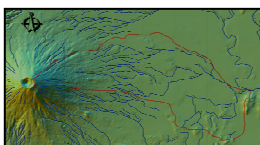
CANTON/ CASERIO	NUMERO DE CASAS	POBLACION
El Niño	394	1665
El Jute	247	795
Monte Grande	657	2558
Las Lomitas	663	2955
El Progreso	632	2510
La Puerta	394	1479
El Volcán	265	1407
El Havillal	144	621
El Papalón	35	175
San Carlos	303	1273

FUENTE: SIBASI, San Miguel

Cabe mencionar que los cantones de Monte Grande y Las Lomitas están en su totalidad; y que comprende parte de los siguientes cantones: El Jute, El Niño, El Progreso, La Puerta, El Volcán, El Havillal, El Papalón, San Carlos y una pequeña parte de la Zona Urbana de La Ciudad de San Miguel.

#### 3.3.10.2 Principales ocupaciones y fuentes de ingreso

Las principales ocupaciones y fuentes de ingreso de las comunidades en la subcuenca del Rio El Jute son: pequeños productores, jornaleros agrícolas, pequeños







comerciantes principalmente dueños de tiendas. Sin embargo las ocupaciones que predominan son las dedicadas a las actividades agrícolas y agropecuarias, tareas que son realizadas en su mayoría por los hombres.

La distribución del trabajo en una familia es la siguiente: El hombre es el que realiza las actividades agrícolas y la mujer es la que se encarga del trabajo doméstico. En cuanto a los niños, la mayoría se dedican a estudiar y en el tiempo libre que les queda se dedican ayudar en los oficios domésticos.

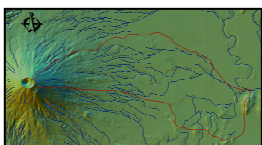
Los ingresos promedios por familia son de \$120.00 dólares mensuales, lo que les permite subsistir para cubrir sus necesidades básicas. Algunas familias reciben un promedio de \$80.00 a \$100.00 dólares mensuales de remesas, destinadas para el consumo familiar, el trabajo agrícola y la compra de insumos.

### **3.3.10.3 Comercialización**

La comercialización de los productos agropecuarios es mínima, debido a que la mayoría producen solamente para subsistencia. Muy pocos venden parte de la producción al mercado local cuando tienen excedentes o para satisfacer una emergencia.

### **3.3.10.4 Creencias y costumbres**

En las prácticas agrícolas se conserva la creencia de la influencia de los movimientos de la luna en sus cultivos, es decir, anteponen la fase de la luna para cualquier actividad agrícola emergencia.





### 3.3.10.5 Organizaciones locales

A pesar que existen organizaciones locales como las ADESCOS, hay muy poca participación de las personas en las mismas, ya que predomina el individualismo y la desconfianza.

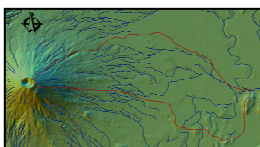
Las ADESCOS existentes dentro de la subcuenca son:

- ✚ Cantón Monte Grande; “Unidos para progresar”.
- ✚ Cantón La Presa; “Obra de Dios”.
- ✚ Cantón El Progreso, Caserío El Uno; “Paz y trabajo”.
- ✚ Cantón El Progreso, Caserío El Cuatro; “Una luz para el progreso”.
- ✚ Cantón El Jute, Caserío Las Vegas; “Amor y fe”.
- ✚ Cantón El Jute, Colonia La Ceiba; “Progreso comunitario”.

### 3.3.11 PRINCIPALES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

#### 3.3.11.1 Producción agrícola

Uno de los sistemas de producción que mas predomina en la zona, por el área sembrada y el número de agricultores que lo practican es el maíz del cual se aprovechan los rastrojos para alimentación de bovinos durante la estación seca. En general, los sistemas de producción predominantes en la subcuenca del Rio El Jute, son de subsistencia, representados por los granos básicos (maíz y maicillo). También se encuentran, aunque en menor proporción, café, frijol, caña de azúcar, pastos naturales, frutales (papaya, cítricos, mango, anonas). Los cultivos de hortalizas se encuentran en áreas muy pequeñas. Se cultiva pepino, tomate, yuca, chile dulce, camote.





### 3.3.11.2 Producción pecuaria

En general, los sistemas de producción pecuaria predominantes son los bovinos (vacas, bueyes, novillos, terneros), porcinos y aves (gallinas, pollos, gallos, patos y pavos).

### 3.3.12 PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

#### 3.3.12.1 Componentes agropecuarios

Los problemas agropecuarios reportados en la subcuenca del Río El Jute son:

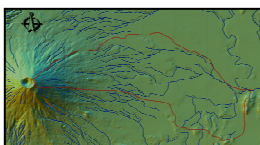
- ❖ Pérdida del recurso suelo.
- ❖ Baja productividad agrícola.
- ❖ Poca cobertura vegetal.

#### 3.3.12.2 Ambientales

Los problemas ambientales que más afectan a las comunidades de la subcuenca del Río El Jute son: La contaminación de las fuentes de agua, la deforestación en la zona y la escasez de agua.

La falta de agua en cantidad y calidad, es uno de los problemas más apremiantes para las comunidades. Esta situación se hace más difícil en la época seca, ya que las fuentes de agua se agotan.

De acuerdo a los resultados de los análisis de laboratorio del estudio realizado al Río El Jute, este presenta diversos tipos de contaminación, especialmente de coliformes fecales y totales.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

---

Esto tiene como consecuencia, una fuerte incidencia de enfermedades gastrointestinales en la población usuaria y por ende mayores gastos en tratamientos médicos. El agua y la salud son dos dimensiones inseparables para la población.

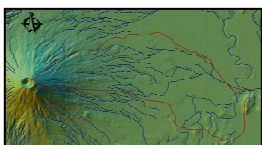
Ante esto, es urgente buscar los mecanismos y estrategias para la solución de este problema en el corto o mediano plazo.

### 3.3.12.3 Área socioeconómica

Los principales problemas socioeconómicos que más afectan a las comunidades de la subcuenca del Río El Jute son: La falta de empleos, la delincuencia en la zona, el analfabetismo, entre otros.

### 3.3.12.4 Problemas relacionados con servicios básicos

En la subcuenca del Río El Jute, existe una deficiente cobertura de servicios básicos, siendo los principales problemas los siguientes: falta de mas Unidades de Salud para poder abastecer la zona, falta de servicio de agua potable en la mayoría de las comunidades de la zona de estudio, uso del tren de aseo para algunas comunidades, entre otros.





### 3.4 ESTUDIOS REALIZADOS

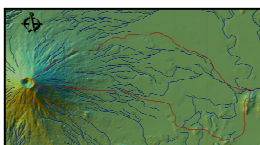
#### 3.4.1 ESTUDIO HIDROLOGICO

Las características de una subcuenca y de las corrientes que forman el sistema hidrográfico pueden representarse cuantitativamente mediante índices de la forma y relieve de la subcuenca y de la conexión con la red fluvial. Muchos de los índices son razones matemáticas, por lo que pueden utilizarse para caracterizar y comparar subcuencas de diferentes tamaños.

La morfometría hidrográfica actual tiende a centrarse en el área, longitud, forma, pendiente y densidad de drenaje de la subcuenca. La pendiente se define como la diferencia de altura entre el punto más bajo y el más alto de la subcuenca dividida por la longitud máxima de la misma. La escorrentía suele ser más rápida en las subcuencas con pendiente, lo que provoca caudales más elevados y mayor poder erosivo.

##### 3.4.1.1 CRITERIOS PARA EL TRAZO DEL PARTEAGUAS

- ✚ Seleccionar los puntos más elevados del entorno físico de la subcuenca.
- ✚ Definición del sistema de drenaje superficial y el cauce más largo.
- ✚ Determinación del punto de interés.
- ✚ La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
- ✚ Cuando la divisoria aumenta su altitud esta corta a la curva de nivel por su parte convexa.
- ✚ La línea divisoria nunca debe cortar a un arroyo, río, excepto en el punto de interés.





### 3.4.1.2 PARAMETROS FISICOS DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

Los datos de área, perímetro y longitudes de la subcuenca de interés se han obtenido del cuadrante del Departamento de San Miguel haciendo uso de AutoCad 2007 versión demo.

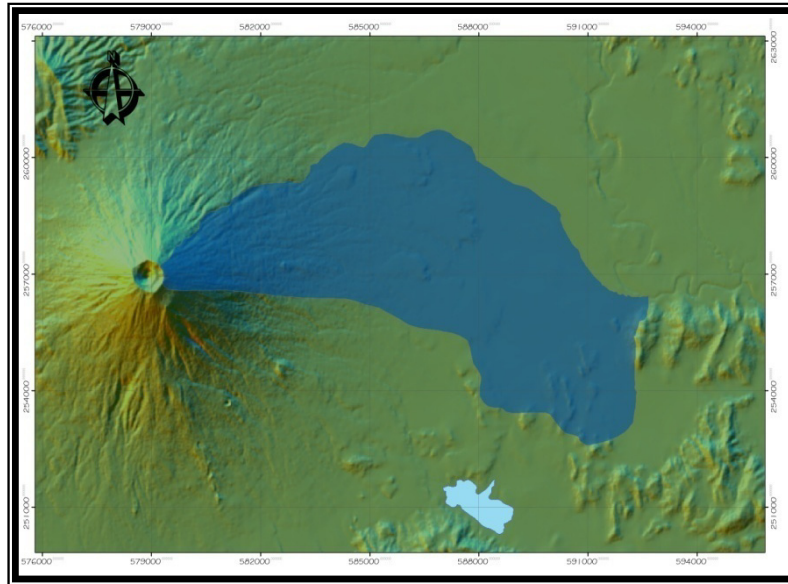


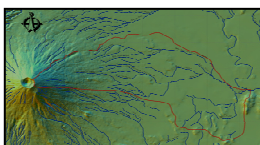
FIGURA 3.4.1.2.1: Delimitación de la subcuenca del Rio El Jute.

#### 3.4.1.2.1 Delimitación de la subcuenca

La delimitación de la subcuenca consiste en la identificación de los causes que contribuyen al drenaje particular de la subcuenca en relación al punto de interés; y al trazo del adecuado parteaguas en el cual se detalla todo su perímetro.

#### 3.4.1.2.2 Determinación del drenaje de la subcuenca

El drenaje es la mayor o menor facilidad que presenta una subcuenca hidrográfica para evacuar las aguas provenientes de fuertes lluvias.





### 3.4.1.2.3 Area de la subcuenca (A)

Es la medida de la superficie de la subcuenca expresada en kilómetros cuadrados (Km<sup>2</sup>).

$$A = 52.35 \text{ km}^2$$

### 3.4.1.2.4 Longitud perimetral de la subcuenca (Lp)

Es la medida de la longitud del contorno o de la línea parteaguas de la subcuenca, expresada en kilómetros (Km.).

$$Lp = 36.12 \text{ Km.}$$

### 3.4.1.2.5 Densidad de drenaje o longitud de corriente (Dd)

Se define como la longitud perimetral de la subcuenca por unidad de área.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Dd = \frac{Lp}{A}$$

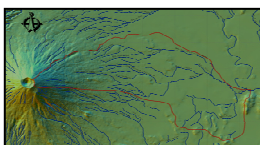
Donde:

Lp = Longitud de la subcuenca.

A = Área de la subcuenca.

$$Dd = \frac{36.12 \text{ km}}{52.35 \text{ km}^2}$$

$$Dd = 0.689 \text{ km/km}^2$$





El rango conocido es  $Cd = 0.5 \text{ km}^{-1}$  de drenaje pobre y  $Cd = 3.5 \text{ km}^{-1}$  excepcionalmente bien drenada, por tanto concluimos que el drenaje de la subcuenca del Río El Jute es pobre.

### 3.4.1.2.6 Longitud de planta de la subcuenca ( $L_{\text{planta}}$ )

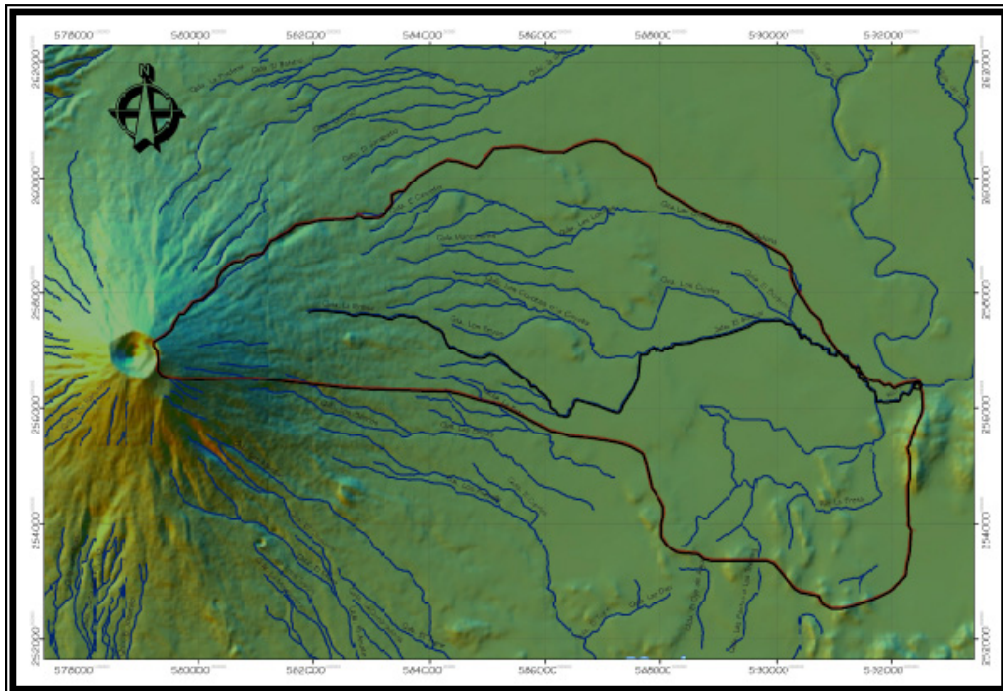
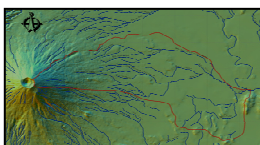


FIGURA 3.4.1.2.6.1: Longitud de planta de la subcuenca.

$$L_{\text{planta}} = 14.15 \text{ Km.}$$

### 3.4.1.2.7 Desnivel de la subcuenca (H)

La elevación media es la dirección promedio de la subcuenca con respecto al nivel del mar, expresado en metros (mts.). Es de interés conocerla, ya que tiene relación con la temperatura y la precipitación.





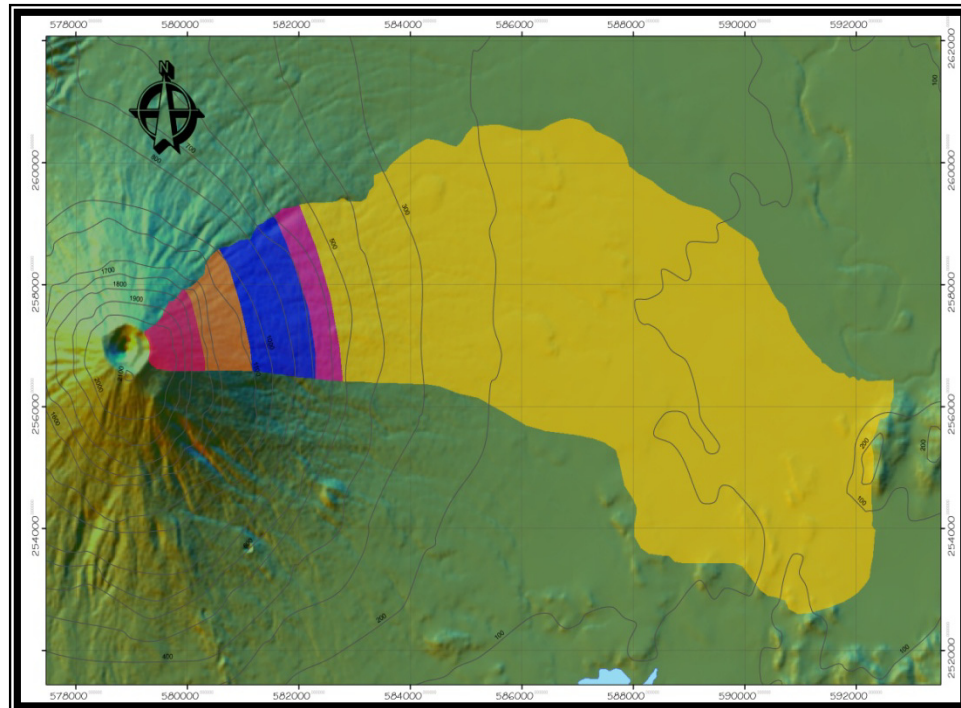


FIGURA 3.4.1.2.7.1: Elevaciones de la subcuenca del Rio El Jute.

**H = Elevación Mayor – Elevación Menor (Cauce más largo)**

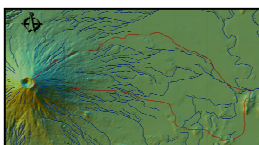
$$H = 750 - 85$$

$$H = 665 \text{ mts.}$$

#### 3.4.1.2.8 Longitud del cauce principal (Lc)

Es la longitud del canal natural o artificial más largo dentro de la subcuenca, expresado en kilómetros (Km.).

Mediante trigonometría, utilizando la longitud de planta de la subcuenca y el desnivel de la cuenca, se puede determinar la longitud del cauce principal





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

$$Lc = \sqrt{(H^2 + L_{Cuenca}^2)}$$

$$Lc = \sqrt{(0.665^2 + 14.15^2)}$$

$$Lc = 14.166km.$$

### 3.4.1.2.9 Cálculo de la pendiente media de la subcuenca (Pm)

**Pendiente media:** Es una de las características hidrológicas más importantes de la cuenca, ya que rige el drenaje. En cuencas pequeñas, para drenaje superficial, puede ser un factor dominante en la determinación del hidrograma.

**Enunciado:** La pendiente media es igual al desnivel entre los extremos de la corriente dividida entre su longitud medida en planta.

$$\text{Pendiente media de la subcuenca} = \mathbf{Pm} = \frac{H}{L_{planta}}$$

Donde:

H = Elevación media de la subcuenca en m.s.n.m.

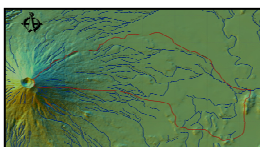
Lplanta = Longitud de la subcuenca medida en planta expresada en Km.

$$\mathbf{Pm} = \frac{0.665km}{14.15km}$$

$$\mathbf{Pm} = 4.7\%$$

### 3.4.1.3 CARACTERISTICAS DE LA FORMA DE LA SUBCUENCA

La forma de la subcuenca hidrológica afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo, debido a ello es importante conocer las siguientes características:





### 3.4.1.3.1 Factor de forma (Kf)

Este factor relaciona la longitud del eje central de la cuenca con el ancho medio. Comparando dos a más cuencas que poseen características físicas iguales, tendrá mayor drenaje aquella que posea el factor de forma más elevado. El factor de forma se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Kf = \frac{Bm}{Lc} = \frac{A/Lc}{Lc}$$

Donde:

Bm = Es el ancho promedio de la subcuenca en Km.

A = Área de la subcuenca en Km<sup>2</sup>.

Lc = Longitud del cauce principal de la subcuenca en Km.

Kf = Factor de forma.

$$Kf = \frac{Bm}{Lc} = \frac{A/Lc}{Lc}$$

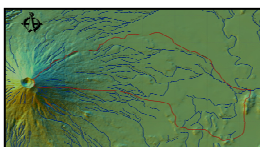
$$B_m = \frac{A}{L_c} = \frac{52.35}{14.166} = 3.70$$

$$Kf = \frac{Bm}{Lc} = \frac{3.70}{14.16}$$

$$Kf = 0.261$$

### 3.4.1.3.2 Indice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc)

El coeficiente de compacidad nos indica el grado de redondez o alargamiento de la cuenca. Es adimensional y sus valores son mayores o iguales a uno (1), y se relaciona únicamente con la forma de cuenca. Si el valor de Kc esta entre 0 y 1 ( $0 \leq Kc < 1$ ) la cuenca tiende a ser redonda y por el contrario si Kc es mayor que 1 ( $Kc >$





1) la cuenca tiende a ser alargada. Al relacionar dos o más cuenca cuyos factores de capacidad sean iguales o aproximadamente iguales, se puede pensar que ambas tienen características de forma igualmente irregulares.

Ecuación:

$$Kc = \frac{Lp}{\sqrt{A}} \times 0.28$$

Donde:

$Lp$  = Perímetro de la cuenca en Km.

$A$  = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

$$Kc = \frac{Lp}{\sqrt{A}} \times 0.28$$

$$Kc = \frac{36.12}{\sqrt{52.35}} \times 0.28$$

$$Kc = 1.40$$

### 3.4.1.4 CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO

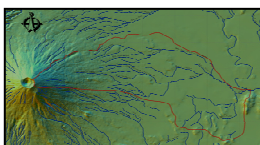
#### 3.4.1.4.1 Tiempo de concentración

##### 3.4.1.4.1.1 Fórmula de Pickering

$$Tc = \left( \frac{0.871Lc^3}{H} \right)^{0.385}$$

$$Tc = \left( \frac{0.871(14.166)^3}{665} \right)^{0.385} = 1.657hrs$$

$$Tc = 99.53 \text{ min.}$$





3.4.1.4.1.2 Fórmula de Giandotti

$$T_c = \left( \frac{1.5Lc + \sqrt{A}}{0.85\sqrt{Hm}} \right)$$

Donde

$$Hm = \frac{H \text{ max} + H \text{ min}}{2} = \frac{750 + 85}{2} = 417.5 \text{ m.s.n.m}$$

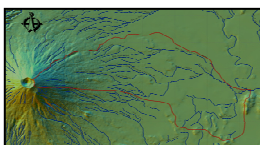
$$T_c = \frac{1.5(14.166) + \sqrt{52.35}}{0.85\sqrt{417.5}} = 1.63867 \text{ hrs}$$

**Tc = 98.40 min.**

Entonces el tiempo de concentración promedio es:

$$T_c = \frac{99.53 + 98.40}{2} = 98.965 \text{ min}$$

**Tc = 98.965 min.**



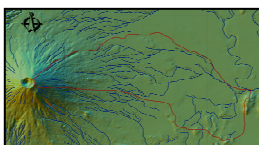


## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

### 3.4.1.4.2 Análisis de intensidad, duración y frecuencia de lluvias

**TABLA 3.4.1.4.2.1:** Valores de intensidad, duración y frecuencia de lluvias.

<b>Intensidad de Precipitación Máxima Anual (absoluta)</b>													
<b>En mm/minuto para diferentes periodos.</b>													
Estación: El Papalón				Índice: M-1-6				Elevación: 80 m s.n.m					
Latitud: 13° 26.6'				Longitud: 88° 07.4'									
Año	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1961	4.08	2.66	2.30	2.15	1.87	1.48	1.17	0.81	0.61	0.52	0.40	0.17	0.14
1962	2.04	1.58	1.35	1.30	1.09	0.89	0.72	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.11
1963	2.40	2.11	1.92	1.58	1.33	1.19	1.01	0.93	0.35	0.28	0.24	0.23	0.12
1964	2.04	1.92	1.81	1.74	1.68	1.42	1.14	0.80	0.68	0.58	0.44	0.34	0.27
1965	2.10	2.03	1.92	1.67	1.30	0.92	0.76	0.51	0.39	0.32	0.28	0.23	0.18
1966	2.44	2.21	2.13	1.96	1.53	1.17	0.92	0.72	0.29	0.09	0.08	0.07	0.06
1967	5.44	3.78	3.17	2.71	1.88	1.50	1.15	0.99	0.52	0.50	0.36	0.27	0.19
1968	2.54	2.04	1.74	1.71	1.23	0.93	0.75	0.64	0.31	0.26	0.22	0.17	0.13
1969	3.72	2.82	2.45	1.87	1.26	0.90	0.63	0.43	0.29	0.27	0.26	0.17	0.07
1970	2.78	2.56	2.33	2.12	1.54	1.07	0.82	0.72	0.56	0.45	0.39	0.31	0.15
1971	2.08	2.05	1.88	1.67	1.33	1.22	0.02	0.75	0.59	0.22	0.18	0.18	0.09
1972	4.00	3.00	2.67	2.50	1.96	1.70	1.38	0.95	0.47	0.38	0.26	0.20	0.18
1973	2.80	2.30	1.94	1.66	1.32	0.96	0.82	0.56	0.38	0.35	0.27	0.21	0.19
*1974	2.94	2.37	2.18	1.92	1.45	1.05	0.89	0.62	0.47	0.49	0.47	0.39	0.29
1975	2.54	2.04	1.51	1.28	1.06	0.80	0.63	0.37	0.29	0.25	0.22	0.15	0.13
1976	2.60	1.80	1.54	1.34	1.10	0.89	0.71	0.51	0.41	0.41	0.40	0.35	0.27
1977	2.70	1.71	1.52	1.42	1.01	0.69	0.52	0.35	0.27	0.22	0.19	0.15	0.11
1978	2.80	2.20	1.94	1.75	1.74	1.45	1.41	1.17	1.03	0.84	0.74	0.59	0.41
1979	2.96	2.45	2.10	1.86	1.37	1.09	1.08	0.79	0.60	0.48	0.40	0.19	0.15
1980	2.15	1.98	1.92	1.63	1.37	1.22	0.97	0.68	0.52	0.43	0.36	0.30	0.21
1981	2.00	1.94	1.94	1.66	1.56	1.28	1.12	0.76	0.58	0.54	0.50	0.16	0.09
1983	2.38	1.94	1.55	1.62	1.45	1.09	0.87	0.60	0.47	0.41	0.36	0.29	0.21



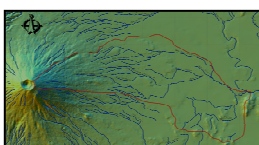


**3.4.1.4.3 Duración de la tormenta**

Basados en el tiempo de concentración de la subcuenca  $T_c = 98.965$  min, se utilizarán lluvias de duraciones de: 1/12 hr (5 min), 1/6 hr (10 min), 1/4 hr (15 min), 1/3 hr (20 min), 1/2 hr (30 min), 3/4 hr (45 min) y 1 hr (60 min). Para cada uno de estos se ordenan los valores de las intensidades máximas en forma ascendente e independiente del tiempo; y luego calculamos su frecuencia a partir de la ecuación  $f = (m/(n+1)) \times 100$ , donde  $f$  = frecuencia empírica,  $n$  = número total de datos y  $m$  = posición del dato. (Tabla 3.4.1.4.3.1)

**TABLA 3.4.1.4.3.1:** Valores de frecuencia empírica.

Posición	5	10	15	20	30	45	60	$f = \left(\frac{m}{n+1}\right) \times 100$
1	2.00	1.58	1.35	1.28	1.01	0.69	0.02	4.35
2	2.04	1.71	1.51	1.30	1.06	0.80	0.52	8.70
3	2.04	1.80	1.52	1.34	1.09	0.89	0.63	13.04
4	2.08	1.92	1.54	1.42	1.10	0.89	0.63	17.39
5	2.10	1.94	1.55	1.58	1.23	0.90	0.71	21.74
6	2.15	1.94	1.74	1.62	1.26	0.92	0.72	26.09
7	2.38	1.98	1.81	1.63	1.30	0.93	0.75	30.43
8	2.40	2.03	1.88	1.66	1.32	0.96	0.76	34.78
9	2.44	2.04	1.92	1.66	1.33	1.05	0.82	39.13
10	2.54	2.04	1.92	1.67	1.33	1.07	0.82	43.48
11	2.54	2.05	1.92	1.67	1.37	1.09	0.87	47.83
12	2.60	2.11	1.94	1.71	1.37	1.09	0.89	52.17
13	2.70	2.20	1.94	1.74	1.45	1.17	0.92	56.52
14	2.78	2.21	1.94	1.75	1.45	1.19	0.97	60.87
15	2.80	2.30	2.10	1.86	1.53	1.22	1.01	65.22
16	2.80	2.37	2.13	1.87	1.54	1.22	1.08	69.57
17	2.94	2.45	2.18	1.92	1.56	1.28	1.12	73.91
18	2.96	2.56	2.30	1.96	1.68	1.42	1.14	78.26
19	3.72	2.66	2.33	2.12	1.74	1.45	1.15	82.61
20	4.00	2.82	2.45	2.15	1.87	1.48	1.17	86.96
21	4.08	3.00	2.67	2.50	1.88	1.50	1.38	91.30
22	5.44	3.78	3.17	2.71	1.96	1.70	1.41	95.65





**3.4.1.4.4 Períodos de retorno**

Para la elección de los períodos de recurrencia, es importante considerar que el dato más actual con que se cuenta de las intensidades máximas anuales corresponde al año de 1983. Es por ello que evaluaremos para períodos de 15, 25, 30 y 50 años.

A continuación se presentan los valores de las intensidades máximas (en mm/min) para una duración y periodo de retorno dado, obtenidas a partir de las curvas IDF.

**TABLA 3.4.1.4.4.1:** Valores de intensidades máximas (mm/min).

Periodo de Retorno (años)	TIEMPO (hrs)						
	1/12	1/6	1/4	1/3	1/2	¾	1
15	3.72	2.98	2.71	2.34	1.92	1.70	1.44
25	4.07	3.24	2.96	2.55	2.10	1.89	1.62
30	4.20	3.32	3.02	2.69	2.27	1.9	1.65
50	4.45	3.52	3.23	2.78	2.28	2.10	1.81

**3.4.1.4.5 Coeficiente de escorrentía**

Se calculará un coeficiente de escorrentía ponderado para los periodos de retorno ya establecidos con la siguiente ecuación.

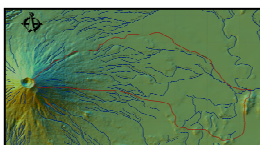
$$C_{ponderado} = \frac{|A_{vivienda} \times C_{vivienda}| + |A_{cv} \times C_{cv}| + |A_e \times C_e|}{A_{cuenca}}$$

Donde:

A<sub>cuenca</sub> = Area de la cuenca

A<sub>vivienda</sub> = Area de vivienda

A<sub>cv</sub> = Area de cobertura vegetal







## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

$A_c$  = Area de cultivo

$C_{vivienda}$  = Coeficiente de escorrentía de viviendas

$C_{cv}$  = Coeficiente de escorrentía para cobertura vegetal.

$C_c$  = Coeficiente de escorrentía para zona de cultivo.

Los valores de C son tomados de Ven Te Chow, “Hidrología Aplicada”.

**TABLA 3.4.1.4.5.1:** Valores de C.

Periodo de Retorno	$C_{cv}$	$C_c$	$C_v$
<b>15</b>	0.36	0.37	0.85
<b>25</b>	0.39	0.4	0.88
<b>30</b>	0.40	0.41	0.89
<b>50</b>	0.42	0.43	0.92

### 3.4.1.4.5.1 Cálculo del $C_{ponderado}$ para un periodo de retorno de 15 años

Datos:

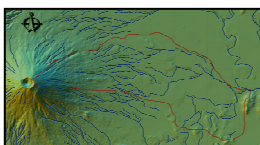
$$A_{cuenca} = 52.35 \text{ km}^2$$

$$A_{vivienda} = 0.2 (A_{cuenca}) = 0.2 (52.35) = 10.47 \text{ km}^2$$

$$A_{cv} = 0.45 (A_{cuenca}) = 0.45 (52.35) = 23.56 \text{ km}^2$$

$$A_c = 0.35 (A_{cuenca}) = 0.35 (52.35) = 18.32 \text{ km}^2$$

$$C_{ponderado} = \frac{|10.47 \times 0.85| + |23.56 \times 0.36| + |18.32 \times 0.37|}{52.35} = 0.46$$





### 3.4.1.4.5.2 Cálculo del $C_{ponderado}$ para un periodo de retorno de 25 años

Datos:

$$A_{cuenca} = 52.35 \text{ km}^2$$

$$A_{vivienda} = 0.25 (A_{cuenca}) = 0.25 (52.35) = 13.09 \text{ km}^2$$

$$A_{cv} = 0.40 (A_{cuenca}) = 0.40 (52.35) = 20.94 \text{ km}^2$$

$$A_c = 0.35 (A_{cuenca}) = 0.35 (52.35) = 18.32 \text{ km}^2$$

$$C_{ponderado} = \frac{|13.09 \times 0.88| + |20.94 \times 0.39| + |18.32 \times 0.40|}{52.35} = 0.52$$

### 3.4.1.4.5.3 Cálculo del $C_{ponderado}$ para un periodo de retorno de 30 años

Datos:

$$A_{cuenca} = 52.35 \text{ km}^2$$

$$A_{vivienda} = 0.30 (A_{cuenca}) = 0.30 (52.35) = 15.71 \text{ km}^2$$

$$A_{cv} = 0.35 (A_{cuenca}) = 0.35 (52.35) = 18.32 \text{ km}^2$$

$$A_c = 0.35 (A_{cuenca}) = 0.35 (52.35) = 18.32 \text{ km}^2$$

$$C_{ponderado} = \frac{|15.71 \times 0.89| + |18.32 \times 0.40| + |18.32 \times 0.41|}{52.35} = 0.55$$

### 3.4.1.4.5.4 Cálculo del $C_{ponderado}$ para un periodo de retorno de 50 años

Datos:

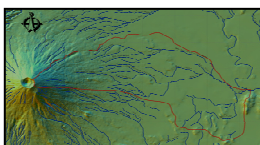
$$A_{cuenca} = 52.35 \text{ km}^2$$

$$A_{vivienda} = 0.40 (A_{cuenca}) = 0.40 (52.35) = 20.94 \text{ km}^2$$

$$A_{cv} = 0.31 (A_{cuenca}) = 0.31 (52.35) = 16.23 \text{ km}^2$$

$$A_c = 0.29 (A_{cuenca}) = 0.29 (52.35) = 15.18 \text{ km}^2$$

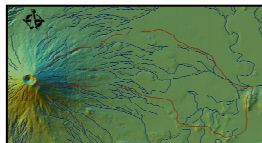
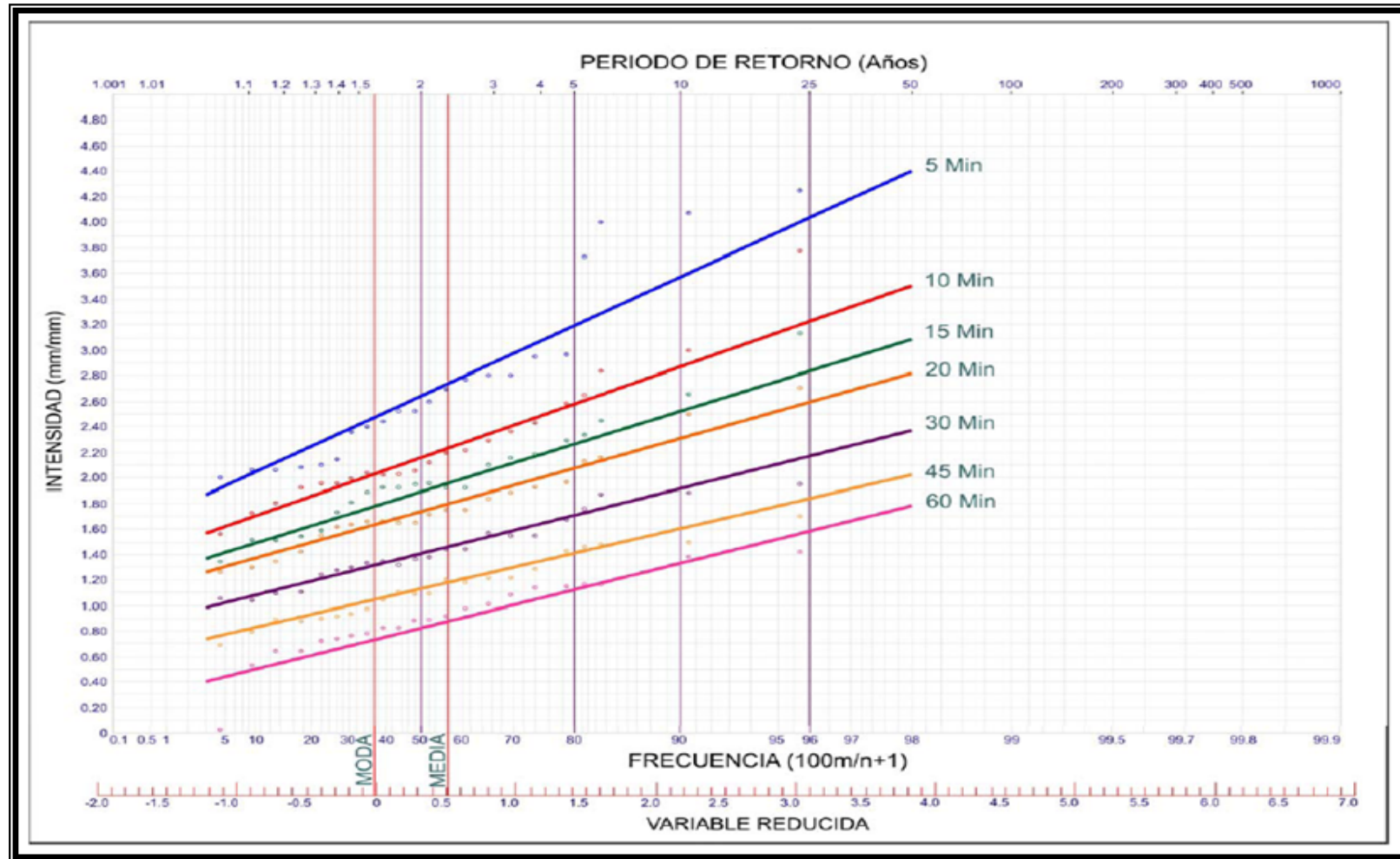
$$C_{ponderado} = \frac{|20.94 \times 0.92| + |16.23 \times 0.42| + |15.18 \times 0.43|}{52.35} = 0.62$$





### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

FIGURA 3.4.1.4.5.2: Grafica de curvas IDF



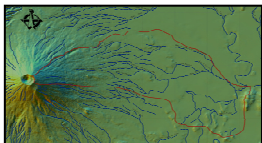
PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO  
PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE, CANTON MONTE GRANDE  
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL



### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

#### 3.4.1.4.6 Calculo de Caudal

PERIODO DE RETORNO 15 ANOS										
Periodo de retorno T (años)	D (horas)	i (mm/hr)	Acuena (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de escorrentía	L (mm)	Llef (mm)	V (m <sup>3</sup> )	tp (hr)	tb (hr)	Caudal pico qp (m <sup>3</sup> /seg)
15	0,08	223,20	52350000	0,46	18,60	7,76	406183,13	1,03	2,75	81,95
15	0,17	178,80	52350000	0,46	29,80	12,43	650766,51	1,07	2,86	126,20
15	0,25	162,60	52350000	0,46	40,65	16,96	887706,67	1,11	2,98	165,71
15	0,33	140,40	52350000	0,46	46,80	19,52	1022009,16	1,16	3,09	183,91
15	0,50	115,20	52350000	0,46	57,60	24,03	1257857,42	1,24	3,31	211,13
15	0,75	102,00	52350000	0,46	76,50	31,91	1670591,89	1,36	3,64	254,72
15	1,00	86,40	52350000	0,46	86,40	36,04	1886786,14	1,49	3,98	<b>263,54</b>

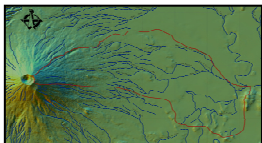




### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

#### PERIODO DE RETORNO 25 ANOS

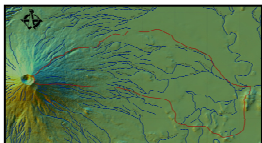
Periodo de retorno T (años)	D (horas)	i (mm/hr)	Acuena (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de escorrentía	L (mm)	Llef (mm)	V (m <sup>3</sup> )	tp (hr)	tb (hr)	Caudal pico qp (m <sup>3</sup> /seg)
25	0,08	244,20	52350000	0,52	20,35	9,45	494735,77	1,03	2,75	99,82
25	0,17	194,40	52350000	0,52	32,40	15,05	787687,42	1,07	2,86	152,75
25	0,25	177,60	52350000	0,52	44,40	20,62	1079423,50	1,11	2,98	201,50
25	0,33	153,00	52350000	0,52	51,00	23,68	1239878,34	1,16	3,09	223,11
25	0,50	126,00	52350000	0,52	63,00	29,26	1531614,42	1,24	3,31	257,08
25	0,75	113,40	52350000	0,52	85,05	39,50	2067679,47	1,36	3,64	315,27
25	1,00	97,20	52350000	0,52	97,20	45,14	2363062,25	1,49	3,98	<b>330,07</b>





### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

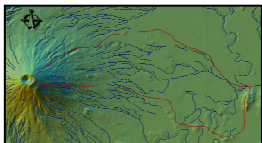
PERIODO DE RETORNO 30 ANOS										
Periodo de retorno T (años)	D (horas)	i (mm/hr)	Acuena (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de escorrentía	L (mm)	Llef (mm)	V (m <sup>3</sup> )	tp (hr)	tb (hr)	Caudal pico qp (m <sup>3</sup> /seg)
30	0,08	252,00	52350000	0,55	21,00	10,34	541308,95	1,03	2,75	109,21
30	0,17	199,20	52350000	0,55	33,20	16,35	855783,67	1,07	2,86	165,95
30	0,25	181,20	52350000	0,55	45,30	22,31	1167680,73	1,11	2,98	217,97
30	0,33	161,40	52350000	0,55	53,80	26,49	1386781,97	1,16	3,09	249,54
30	0,50	136,20	52350000	0,55	68,10	33,53	1755387,58	1,24	3,31	294,64
30	0,75	114,00	52350000	0,55	85,50	42,10	2203900,71	1,36	3,64	336,04
30	1,00	99,00	52350000	0,55	99,00	48,75	2551885,03	1,49	3,98	<b>356,45</b>





### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

PERIODO DE RETORNO 50 ANOS										
Periodo de retorno T (años)	D (horas)	i (mm/hr)	Acuena (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de escorrentía	L (mm)	Llef (mm)	V (m <sup>3</sup> )	tp (hr)	tb (hr)	Caudal pico qp (m <sup>3</sup> /seg)
50	0,08	267,00	52350000	0,62	22,25	12,47	652991,52	1,03	2,75	131,74
50	0,17	211,20	52350000	0,62	35,20	19,73	1033047,26	1,07	2,86	200,33
50	0,25	193,80	52350000	0,62	48,45	27,16	1421907,38	1,11	2,98	265,43
50	0,33	166,80	52350000	0,62	55,60	31,17	1631745,10	1,16	3,09	293,62
50	0,50	136,80	52350000	0,62	68,40	38,35	2007398,65	1,24	3,31	336,94
50	0,75	126,00	52350000	0,62	94,50	52,98	2773379,72	1,36	3,64	422,87
50	1,00	108,60	52350000	0,62	108,60	60,88	3187185,58	1,49	3,98	<b>445,18</b>



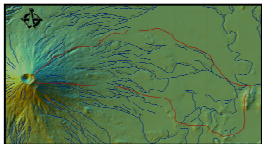


### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

---

De tablas obtenemos el resultado siguiente:

**Caudal Máximo = 445.18 m<sup>3</sup>/seg.**



PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO  
PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE, CANTON MONTE GRANDE  
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL





### 3.4.1.5 CALCULO DE TIRANTE CRÍTICO (Puente El Jute)

FACTOR DE SECCION = FACTOR HIDRAULICO

$$AR^{2/3} = \frac{Qn}{S^{1/2}}$$

$$R = A/Pm$$

Donde:

A = Área hidráulica.

R = Radio hidráulico.

Q = Caudal Máximo.

n = Constante adimensional (Obtenido de tablas).

S = Pendiente media de la subcuenca.

Pm = Perímetro mojado.

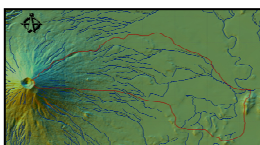
$$AR^{2/3} = \frac{Qn}{S^{1/2}}$$

$$\frac{Qn}{S^{1/2}} = \frac{445.18 * 0.012}{0.047^{1/2}}$$

$$\frac{Qn}{S^{1/2}} = 24.64$$

Mediante el método de prueba y error; y con un ancho de 6 mts. Se procede a calcular el tirante crítico y se obtuvo el siguiente resultado:

$$Yc = 3.1 \text{ mts.}$$





### 3.4.2 BALANCE HIDRICO

#### 3.4.2.1 INTRODUCCION

Un balance hídrico es la cuantificación tanto de los parámetros involucrados en el ciclo hidrológico, como de los consumos de agua de los diferentes sectores de usuarios en un área determinada, cuenca y la interrelación entre ellos, dando como resultado un diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en cuanto a su oferta, disponibilidad y demanda en dicha área. Dado que el Balance Hídrico presenta un diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en un área en particular, permite tomar medidas y establecer lineamientos y estrategias para su protección y utilización de una manera integrada, de tal forma que se garantice su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad.

El modelo de balance hídrico se basa en la ecuación de conservación de masa:

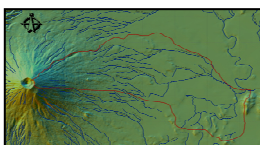
$$\text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \text{CAMBIO DE ALMACENAMIENTO}$$

En el modelo del Balance Hídrico del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), considera las siguientes entradas:

- ✚ Precipitación.
- ✚ Importaciones superficiales de otra cuenca.
- ✚ Retornos de la demanda.

Las salidas consideradas son las siguientes:

- ✚ Evapotranspiración real.
- ✚ Evaporación de cuerpos de agua.
- ✚ Evaporación en áreas urbanas.
- ✚ Escurrimiento superficial.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

- ✚ Demanda interna en la cuenca.
- ✚ Demanda externa de la cuenca.

Como cambio de almacenamiento:

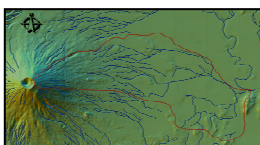
- ✚ Recarga de acuíferos.
- ✚ Variación de nivel en cuerpos de agua (lagos, lagunas, embalses).

A continuación se presenta el Balance Hídrico de la subcuenca del Río El Jute que alimenta el acuífero de “San Miguel”. Para elaborar este Balance Hídrico, se tomaron los datos necesarios de la Estación Meteorológica El Papalón, actualmente ubicada en la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental. Dichos datos fueron proporcionados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) los cuales constan de mediciones de precipitación, temperatura, humedad relativa y caudal.

### 3.4.2.2 BALANCE HIDRICO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

Para el Balance Hídrico, se han tenido en cuenta las variables del ciclo hidrológico:

- ✚ Precipitación.
- ✚ Evapotranspiración real.
- ✚ Evaporación de cuerpos de agua.
- ✚ Evaporación sobre áreas urbanas.
- ✚ Flujo subterráneo y las demandas hídricas en la cuenca.
- ✚ Exportaciones y retornos.





### 3.4.2.2.1 Ubicación

La subcuenca del Río El Jute que representa el área de estudio se encuentra ubicada en la **Región Hidrográfica H** o cuenca del Río Grande de San Miguel (Figura 3.4.2.2.1.1) y se extiende desde la cima del Volcán Chaparrastique, cubriendo los siguientes Cantones: El Volcán, Las Lomitas, El niño, Monte Grande, La Puerta, El Jute, El Progreso y El Havillal; cubriendo así un cierto porcentaje del área rural del Municipio de San Miguel hasta llegar a las riberas del Río Grande de San Miguel.

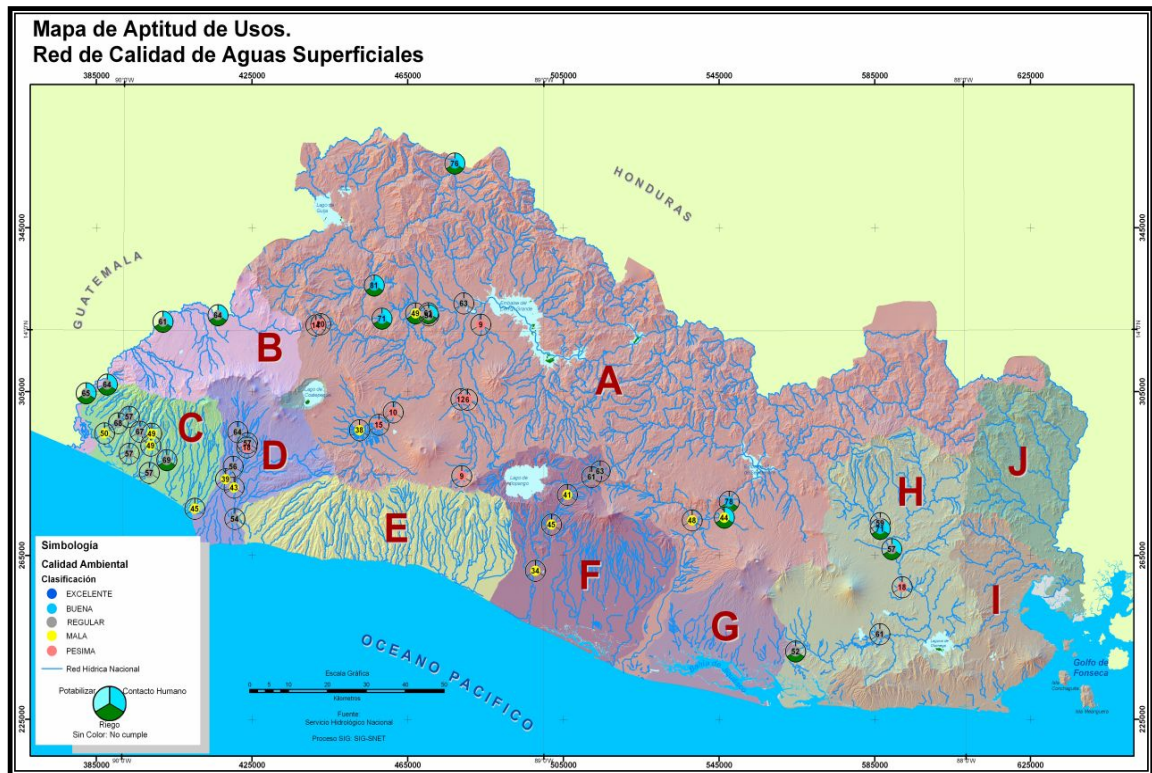
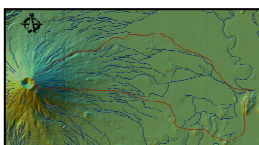


FIGURA 3.4.2.2.1.1: Regiones hidrográficas de El Salvador.

### 3.4.2.2.2 Precipitación media de la subcuenca

Debido a que la Estación Meteorológica El Papalón es la única que es de **tipo A**, la cual tiene toda la información de manera completa, mientras que las demás estaciones





### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

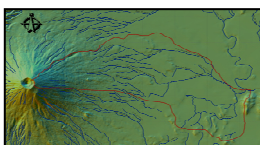
ubicadas en las cercanías de la zona de estudio, tales como: El Sitio, Lolotique, Chirilagua, San Jorge y Chapeltique tienen varios datos faltantes, lo cual generaría resultados imprecisos para calcular la precipitación media por el método de las isoyetas o los polígonos de Thiessen.

Esta información proporcionada por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), se encuentra tabulada de manera mensual del año 1997 al año 2004, sin embargo, es de hacer notar que algunas estaciones no realizaron lectura durante algunos meses (Tabla 3.4.2.2.2.1), así que para calcular la precipitación media para un mes en particular no se consideraron las estaciones con la ausencia de la medición.

Entonces se tomó como precipitación la obtenida directamente de la medición de la estación El Papalón. A continuación se muestra la tabla que contiene los datos mensuales de precipitación para los últimos cinco años:

**TABLA 3.4.2.2.2.1:** Precipitación mensual en la Estación Meteorológica El Papalón.

Año/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
1997	10	1	1	4	48	414	88	208	197	135	110	0	<b>1215</b>
1998	0	0	2	0	65	186	328	306	84	428	246	0	<b>1645</b>
1999	0	0	1	26	148	325	179	177	401	186	28	4	<b>1475</b>
2000	0	0	0	13	357	275	135	332	371	106	11	0	<b>1600</b>
2001	0	0	9	0	277	65	226	241	146	371	1	0	<b>1334</b>
2002	8	0	0	26	315	180	240	220	256	270	56	0	<b>1570</b>
2003	0	0	25	1	169	325	157	289	232	312	60	0	<b>1571</b>
2004	0	0	5	19	239	108	249	82	326	150	66	0	<b>1245</b>





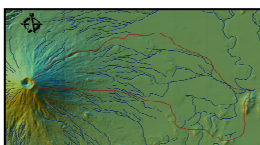
### 3.4.2.2.3 Evapotranspiración de referencia

En El Salvador, aunque no se ha calibrado ninguna de las formulas mencionadas, si se realizó en el año 1980, una evaluación de diferentes formulas para el cálculo de la **ET<sub>0</sub>**, con relación a la formula de Penman, la cual fue considerada como patrón de referencia debido a la gran cantidad de parámetros climáticos que involucra. De acuerdo a los resultados obtenidos, la formula de Hargreaves presentó los resultados más cercanos a la formula de referencia. Dado que la formula de Hargreaves utiliza menos parámetros para el cálculo de la **ET<sub>0</sub>**, que la de Penman y por su correlación con los resultados de esta ultima, la evapotranspiración de referencia que se calcula por parte del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), se hace a través de la formula de Hargreaves, la cual involucra temperatura, radiación solar y humedad relativa.

Al igual que en la determinación de la precipitación media por el método de las isoyetas, se procedió a hacer uso de una hoja de cálculo para encontrar la evapotranspiración potencial por el método de Hargreaves. Para realizar el cálculo fueron necesarias las siguientes variables:

#### 3.4.2.2.3.1 Temperatura promedio mensual

Las temperaturas promedios mensuales, proporcionados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) de las mediciones efectuadas en la Estación Meteorológica de El Papalón, son las que se muestran.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

**TABLA 3.4.2.2.3.1.1:** Temperatura mensual media (°C).

Año/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>1997</b>	26.1	28.2	29.1	29.2	29.7	27.1	28.3	28.0	27.5	26.9	27.0	26.3
<b>1998</b>	27.0	27.4	29.8	30.4	30.1	29.0	27.1	27.2	26.6	26.2	26.1	25.6
<b>1999</b>	26.2	27.1	28.6	29.2	28.1	27.1	26.7	27.0	26.1	25.4	25.1	24.9
<b>2000</b>	25.3	26.8	28.1	29.3	28.1	26.9	26.9	26.8	26.2	26.1	26.2	26.4
<b>2001</b>	26.1	28.0	27.9	30.1	28.6	27.8	27.4	27.5	26.5	26.9	25.9	26.9
<b>2002</b>	27.0	28.9	29.2	30.2	29.2	27.5	27.2	27.3	26.6	26.7	26.0	25.9
<b>2003</b>	26.9	29.4	28.9	29.9	28.6	26.4	27.2	27.1	26.7	26.4	26.4	25.6
<b>2004</b>	26.1	27.5	29.8	29.2	28.4	27.4	26.7	27.7	26.6	26.5	25.9	26.3

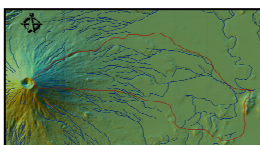
Estos valores, para efectos de cálculo fue necesario convertirlos en unidades Fahrenheit.

### 3.4.2.2.3.2 Humedad relativa promedio mensual

El Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), también proporcionó la información de la Humedad Relativa Promedio Mensual (%), la cual se muestra.

**TABLA 3.4.2.2.3.2.1:** Humedad relativa promedio mensual (%).

Año/mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>1997</b>	69	60	60	68	65	80	74	74	81	82	80	71
<b>1998</b>	65	65	67	63	65	74	82	83	88	89	85	71
<b>1999</b>	65	63	65	68	77	80	82	83	88	84	74	71
<b>2000</b>	65	60	66	64	75	80	77	79	84	79	77	63
<b>2001</b>	62	57	61	60	71	74	74	76	82	79	72	67
<b>2002</b>	64	57	56	57	44	80	81	78	85	85	78	76
<b>2003</b>	65	62	66	67	76	87	82	82	85	87	81	67
<b>2004</b>	68	67	58	65	77	81	83	79	85	86	78	67





$$ETP = 0.0075 * t * R_{sm} \times n \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración Potencial (mm).

R<sub>sm</sub>: Radiación solar incidente (mm).

T: Temperatura promedio mensual (mm).

n: Numero de días del mes correspondiente.

### 3.4.2.2.3.3 Radiación solar incidente

Para calcular la radiación solar incidente, haremos uso de la siguiente fórmula:

$$R_{sm} = 0.075 * R_{MM} * S^{1/2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

R<sub>sm</sub> : Radiación solar incidente (mm).

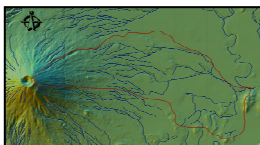
R<sub>MM</sub> : Radiación extraterrestre (mm).

S: Porcentaje de brillo de sol ( $S = 12.5 * (100 - H_N)^{1/2}$ ).

H<sub>N</sub>: Humedad Relativa.

La reserva corresponde a la cantidad de agua contenida en suelo inmediato a la superficie, su valor no deberá exceder la Reserva de Agua Útil (SAT) que es la máxima cantidad de agua que puede contener el suelo hasta su saturación. La SAT puede calcularse conociendo el tipo de suelo, su textura y la altura máxima de la capa.

De la tabla de valores de Radiación Extraterrestre (Tabla 3.4.2.2.3.3.1) según la latitud, se obtuvo por interpolación los correspondientes datos mensuales para la coordenada 13° 26.4' de Latitud de la estación El Papalón.







**TABLA 3.4.2.2.3.3.1:** Radiación extraterrestre mensual para latitud 13° 26.4”.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
12.52	13.71	14.94	15.65	15.79	15.64	15.67	15.63	15.17	14.19	12.95	12.15

Ahora calcularemos el **porcentaje de brillo de sol** para el mes de diciembre del año 2004:

Humedad relativa ( $H_N$ ): 65

Por lo tanto, al sustituir la Humedad Relativa en la ecuación  $S = 12.5 * (100 - H_N)^{1/2}$  obtendremos el porcentaje de brillo de Sol:

$$S = 12.5 * (100 - 67)^{1/2}$$

$$S = 71.81$$

A partir de estos datos se obtuvo la radiación solar incidente ( $R_{sm}$ ) (mm de agua evaporada).

$$R_{sm} = 0.075 * R_{MM} * S^{1/2}$$

$$R_{sm} = 0.075 * 12.15 * 71.81^{1/2}$$

$$R_{sm} = 7.72 \text{ mm}$$

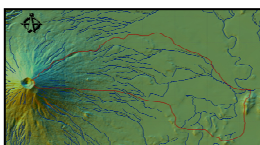
Así, la evapotranspiración potencial se obtuvo de la ecuación 1, como se muestra, para diciembre de 2004:

$$ETP = 0.0075 * t * R_{sm} \times n$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración Potencial (mm).

t = temperatura media mensual (°F) = 26° o 79° F.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

$R_{sm}$  = radiación solar incidente (mm).

n = número de días del mes respectivo.

$$ETP = 0.0075 * 79.34 * 7.72 \times 31$$

$$ETP = 142.44 \text{ mm}$$

Los demás meses de cada año se generaron de manera análoga en una hoja de cálculo. El resumen se muestra a continuación:

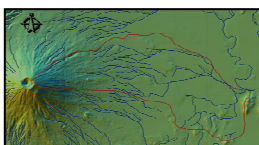
**TABLA 3.4.2.2.3.3.2:** Evapotranspiración potencial (mm) calculada por el método de Hargreaves.

Año/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>1997</b>	143,85	164,57	195,45	187,79	202,35	159,40	180,93	179,30	154,00	144,91	131,69	137,91
<b>1998</b>	151,32	156,40	189,06	199,70	204,05	177,42	160,74	158,41	134,56	126,12	120,09	135,72
<b>1999</b>	148,62	157,53	187,02	187,79	176,05	159,40	159,31	157,71	133,04	135,98	134,65	133,53
<b>2000</b>	145,57	159,56	183,67	193,81	179,76	158,69	170,14	165,52	143,29	147,91	133,94	146,91
<b>2001</b>	151,36	166,84	189,25	202,36	188,58	172,86	177,40	173,82	148,58	150,61	139,73	144,38
<b>2002</b>	152,39	170,12	200,59	206,49	225,18	160,82	163,29	169,33	142,28	137,84	131,86	130,35
<b>2003</b>	150,98	166,71	186,87	192,06	179,87	140,90	161,10	160,33	142,60	132,09	128,27	140,18
<b>2004</b>	144,99	154,45	200,81	192,04	177,20	158,42	157,05	168,86	142,28	134,87	131,55	142,44

### 3.4.2.2.4 Cálculo de la evapotranspiración real, reserva y excedente del área de estudio

Debido a que el área de estudio posee zona rural (48.76 km<sup>2</sup>) y zona urbana (3.4 km<sup>2</sup>) (impermeable) es necesario tratar cada área por separado.

En la zona urbana, la evapotranspiración real se asume, según el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), como el 10% de la precipitación, de la siguiente manera.





### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

El proceso de cálculo es similar al de la evapotranspiración real, al asumir que si la lluvia que cae sobre la zona urbana era menor o igual que la evapotranspiración de referencia en zona urbana por el  $K_u$ , entonces la evaporación en zona urbana es igual a dicha precipitación, en caso contrario sería la evapotranspiración de referencia en la zona urbana por el  $K_u$  así:

$$\text{Si: } P \leq K_u * ETP \Rightarrow ETR_{urb} = P$$

$$\text{Si: } P > K_u * ETP \Rightarrow ETR_{urb} = K_u * ETP$$

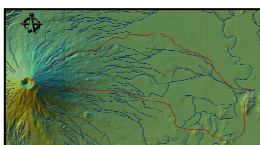
Considerando un valor para el  $K_u$  de **0.10**, el cálculo para los diferentes periodos se presenta a continuación.

**TABLA 3.4.2.2.4.1:** Evapotranspiración real en la zona urbana (mm).

Año/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>1997</b>	0,24	0,03	0,03	0,33	6,60	37,17	6,34	24,23	18,74	11,26	9,15	0,00
<b>1998</b>	0,00	0,00	0,13	0,41	8,24	21,19	31,03	33,83	11,16	54,73	13,55	0,00
<b>1999</b>	0,00	0,00	0,05	3,01	21,22	30,31	28,06	27,77	38,27	31,19	3,59	0,24
<b>2000</b>	0,00	0,00	0,00	0,94	42,48	27,93	15,33	34,20	46,56	13,71	0,63	0,00
<b>2001</b>	0,00	0,00	0,22	0,76	29,96	10,60	27,62	17,04	15,19	40,50	0,08	0,00
<b>2002</b>	0,45	0,00	0,00	2,98	32,00	20,52	19,60	20,86	33,01	28,22	4,40	0,00
<b>2003</b>	0,00	0,00	1,65	0,71	16,73	32,28	16,44	33,42	26,81	30,47	13,50	0,00
<b>2004</b>	0,00	0,01	1,00	1,54	23,34	12,66	25,22	11,50	34,76	18,89	5,17	0,00

Por otro lado en el área rural fue necesario calcular la evapotranspiración real por el método de Thornthwaite.

La evapotranspiración de cultivo se calculó con el producto de la





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

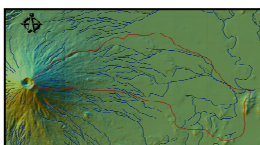
evapotranspiración potencial y el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) del área, el cual fue calculado de la siguiente manera:

**TABLA 3.4.2.2.4.2:** Determinación del coeficiente de cultivo del área de estudio (adimensional).

Descripción	Area (Km <sup>2</sup> )	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Área Urbana	3.4												
Área Rural	48.76												
Café	8,54	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Caña de Azúcar	1,17	0,6	0,8	0,9	0,9	1	1	1	1	1,05	1,15	1,15	0,85
Hortalizas	1,62	1	1	1	1	0,7	1	1,05	1,05	0,95	1	1	1
Lava	0,33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pastos y Granos Básicos	20,37	1	1	1	1	0,68	1	1,03	1,03	0,85	1,05	1,05	1,05
<b>Total</b>	<b>52,16</b>	<b>1,01</b>	<b>1,02</b>	<b>1,02</b>	<b>1,02</b>	<b>0,8</b>	<b>1,03</b>	<b>1,05</b>	<b>1,05</b>	<b>0,93</b>	<b>1,06</b>	<b>1,06</b>	<b>1,05</b>

Con el  $K_c$  para cada mes del año se calculó la Evapotranspiración de cultivo como se resume a continuación para el mes de enero de 1997:

$$ETC = ETP * K_c = 143.90 * 1.01 = 145.64$$





### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

Y de manera análoga para los demás años:

**TABLA 3.4.2.2.4.3:** Evapotranspiración de cultivo (mm).

Año/Mes	ene	Feb	Mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>1997</b>	145,29	166,2	197,41	189,7	204,37	161	182,74	181,09	155,54	146,4	133	139,3
<b>1998</b>	152,83	158	190,95	201,7	206,09	179,2	162,35	159,99	135,91	127,4	121,3	137,1
<b>1999</b>	150,1	159,1	188,89	189,7	177,81	161	160,9	159,28	134,37	137,3	136	134,9
<b>2000</b>	147,03	161,2	185,51	195,7	181,55	160,3	171,84	167,17	144,72	149,4	135,3	148,4
<b>2001</b>	152,87	168,5	191,14	204,4	190,47	174,6	179,17	175,56	150,07	152,1	141,1	145,8
<b>2002</b>	153,91	171,8	202,6	208,6	227,43	162,4	164,93	171,03	143,7	139,2	133,2	131,7
<b>2003</b>	152,49	168,4	188,74	194	181,67	142,3	162,71	161,94	144,03	133,4	129,6	141,6
<b>2004</b>	146,44	156	202,82	194	178,97	160	158,62	170,55	143,7	136,2	132,9	143,9

Basándonos en las siguientes ecuaciones, llegaremos a determinar la evapotranspiración en dicha zona la cual la sumaremos a la evapotranspiración real en la zona urbana:

$$ETP = \begin{cases} \text{si } ETC < P + \text{resi}_{i-1}, ETR = ETC \\ \text{si } ETC > P + \text{resi}_{i-1}, ETR = P + \text{resi}_{i-1} \end{cases}$$

Donde:

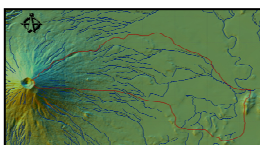
ETC: Evapotranspiración de cultivo.

P: Precipitación.

ETR: Evapotranspiración real.

resi-1: Reserva del periodo anterior al considerado.

$$145.64 \text{ mm} > 2.44 \text{ mm} + 0 \quad ETR = 2.44 \text{ mm}$$





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

De igual manera se calculó la evapotranspiración real para el resto de los meses del año 1997 hasta 2004, como se presenta a continuación.

**TABLA 3.4.2.2.4.4:** Evapotranspiración real en la zona rural (mm).

Año/Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	Nov	dic
<b>1997</b>	2.44	0.34	0.27	3.29	66.00	163.63	157.24	187.38	143.29	154.21	140.16	3.60
<b>1998</b>	0.00	0.00	1.32	4.12	82.44	182.13	167.95	165.56	125.20	134.21	127.81	93.82
<b>1999</b>	0.00	0.00	0.50	30.12	141.63	163.63	166.46	164.82	123.78	144.70	129.72	2.35
<b>2000</b>	0.00	0.00	0.00	9.44	144.61	162.91	177.77	172.98	133.32	157.39	79.80	0.00
<b>2001</b>	0.00	0.00	2.20	7.64	151.72	177.45	185.36	181.66	138.24	160.26	94.57	0.00
<b>2002</b>	4.46	0.00	0.00	29.80	181.16	165.09	170.62	176.97	132.38	146.68	137.84	0.00
<b>2003</b>	0.00	0.00	16.46	7.06	144.71	144.64	168.33	167.56	132.68	140.57	136.52	92.25
<b>2004</b>	0.00	0.12	10.02	15.41	142.56	162.63	164.10	176.48	132.38	143.52	140.02	5.54

La reserva y el excedente de agua en el área rural, necesarios para la determinación de la infiltración, fueron calculados por medio de una hoja de cálculo, presentando el ejemplo para enero de 1997.

Para encontrar la reserva de un mes determinado se utiliza la ecuación

$$exc_i = \begin{cases} si (P - ETR) + res_{i-1} < SAT, exc_i = 0 \\ si (P - ETR) + res_{i-1} > SAT, exc_i = (P - ETR) + res_{i-1} - SAT \end{cases}$$

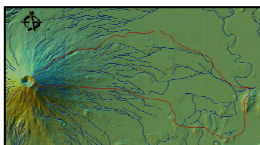
$$2.44 - 2.44 + 0 < 93.82 \quad exc_i = 0$$

Donde:

resi: Reserva del periodo considerado.

ETR: Evapotranspiración real.

resi-1: Reserva del periodo anterior al considerado.





P: Precipitación.

SAT: Reserva de agua útil.

En esta ecuación es necesario determinar una altura máxima de lámina de agua almacenada en el suelo, la cual se establece como 93.82 mm, de la Tabla 3.4.2.2.4.5, como se muestra a continuación:

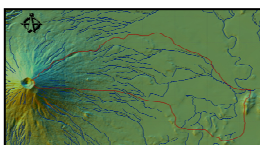
TABLA 3.4.2.2.4.5: Reserva de área útil (SAT) (mm) para el área rural.

Descripción	Area (Km <sup>2</sup> )	Area Rural (permeable) (Km <sup>2</sup> )	Capacidad de agua disponible (2 pies)
<b>Andisol (Franco)</b>	20.84	18.44	101.60 mm
<b>Grumosol (Arcilloso)</b>	0.73	0.46	71.12 mm
<b>Latosol Arcilloso Rojizo (Franco Arcilloso)</b>	31.13	8.96	101.60 mm
<b>Litosol (Arena)</b>	4.16	4.16	45.12 mm
<b>Total</b>	56.86	32.03	SAT = 93.82 mm

$$res_i = \begin{cases} \text{si } (P - ETR) + res_{i-1} < SAT, res_i = (P - ETR) + res_{i-1} \\ \text{si } (P - ETR) + res_{i-1} > SAT, res_i = SAT \end{cases}$$

$$2.44 - 2.44 + 0 < 93.82 \quad res_i = 0$$

De la misma manera se procedió para todos los años, presentando el resumen a continuación.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

**TABLA 3.4.2.2.4.6:** Reserva en el área rural (mm).

Año/Mes	ene	feb	Mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>1997</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.82	0.00	54.90	93.82	52.24	3.60	0.00
<b>1998</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.73	93.82	93.82	80.20	93.82	93.82	0.00
<b>1999</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	70.55	93.82	93.82	93.82	93.82	93.82	0.00	0.00
<b>2000</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	93.82	93.82	69.37	93.82	93.82	73.55	0.00	0.00
<b>2001</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	93.82	22.41	93.82	82.57	93.82	93.82	0.00	0.00
<b>2002</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	93.82	93.82	93.82	93.82	93.82	93.82	0.00	0.00
<b>2003</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	22.62	93.82	89.91	93.82	93.82	93.82	92.25	0.00
<b>2004</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	90.86	54.86	93.82	32.36	93.82	93.82	5.54	0.00

Por último, se calcula el excedente para cada mes según la ecuación

$$exc_i = \begin{cases} si (P - ETR) + res_{i-1} < SAT, exc_i = 0 \\ si (P - ETR) + res_{i-1} > SAT, exc_i = (P - ETR) + res_{i-1} - SAT \end{cases}$$

Donde:

exc<sub>i</sub>: Excedente del periodo considerado.

ETR: Evapotranspiración real.

resi-1: Reserva del periodo anterior al considerado.

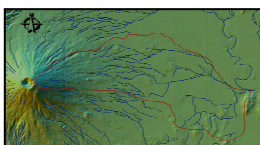
P: Precipitación.

SAT: Reserva de agua útil.

Así para el mes de enero tenemos:

$$exc_i = \begin{cases} si (P - ETR) + res_{i-1} < SAT, exc_i = 0 \\ si (P - ETR) + res_{i-1} > SAT, exc_i = (P - ETR) + res_{i-1} - SAT \end{cases}$$

$$2.44 - 2.44 + 0 < 93.82 \quad exc_i = 0$$







## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

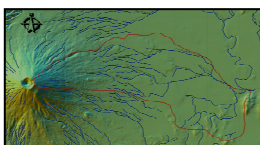
Y de la misma manera los demás años en consideración.

**TABLA 3.4.2.2.4.7:** Excedente en el área rural (mm).

Año/Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>1997</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	114.20	0.00	0.00	5.17	0.00	0.00	0.00
<b>1998</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.21	172.78	0.00	399.47	7.70	0.00
<b>1999</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	116.21	114.11	112.86	258.86	167.16	0.00	0.00
<b>2000</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	186.34	116.38	0.00	144.55	332.24	0.00	0.00	0.00
<b>2001</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	54.09	0.00	19.41	0.00	2.43	244.73	0.00	0.00
<b>2002</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	45.02	40.13	25.40	31.67	197.69	135.49	0.00	0.00
<b>2003</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	106.94	0.00	162.73	135.42	164.17	0.00	0.00
<b>2004</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.17	0.00	153.71	45.41	0.00	0.00

### 3.4.2.2.5 Cálculo de la escorrentía y la infiltración

Para calcular la escorrentía en el área rural fue necesario utilizar los datos de la estación hidrométrica de Moscoso (N 13° 27.7' y W 88° 9.2') la cual tiene un área de influencia de 1074 km<sup>2</sup>, dicha información fue proporcionada por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET); la relación entre el área de influencia de la cuenca de Moscoso y el área de la zona rural (32.03 km<sup>2</sup>) se tomó como factor para calcular la escorrentía del área rural cuyos resultados se muestran a continuación.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

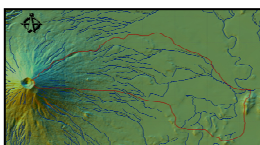
**TABLA 3.4.2.2.5.1:** Escorrentía en el área rural (millones de m<sup>3</sup>).

Año	ene	Feb	Mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>1997</b>	1.22	0.95	0.96	1.09	2.88	0.18	3.87	7.96	18.90	13.93	2.45	1.79
<b>1998</b>	1.24	0.93	0.91	1.05	2.43	3.57	0.00	5.68	20.20	3.87	1.38	1.75
<b>1999</b>	1.21	0.91	0.91	0.44	0.00	1.35	0.00	6.90	13.76	8.81	3.52	1.65
<b>2000</b>	1.18	0.92	0.90	0.88	0.00	1.72	1.50	5.33	11.54	12.40	4.10	1.67
<b>2001</b>	1.15	0.87	0.83	0.89	0.00	5.43	0.00	9.04	18.19	6.11	4.15	1.63
<b>2002</b>	1.03	0.85	0.86	0.38	0.00	3.05	0.34	8.06	13.87	8.56	3.11	1.60
<b>2003</b>	1.10	0.83	0.48	0.86	0.17	0.28	0.94	5.13	14.92	7.78	1.00	1.56
<b>2004</b>	1.08	0.84	0.60	0.66	0.00	4.52	0.00	9.91	12.82	10.10	2.79	1.53

Por otro lado, la escorrentía del área urbana se calculó como el 90% de la precipitación de donde se obtuvo que.

**TABLA 3.4.2.2.5.2:** Escorrentía en el área urbana (millones de m<sup>3</sup>).

Año	ene	Feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
<b>1997</b>	0.05	0.01	0.01	0.07	1.48	8.31	1.42	5.42	4.19	2.52	2.05	0.00	25.51
<b>1998</b>	0.00	0.00	0.03	0.09	1.84	4.74	6.93	7.56	2.49	12.23	3.03	0.00	38.95
<b>1999</b>	0.00	0.00	0.01	0.67	4.74	6.77	6.27	6.21	8.55	6.97	0.80	0.05	41.06
<b>2000</b>	0.00	0.00	0.00	0.21	9.49	6.24	3.43	7.64	10.41	3.06	0.14	0.00	40.63
<b>2001</b>	0.00	0.00	0.05	0.17	6.70	2.37	6.17	3.81	3.40	9.05	0.02	0.00	31.73
<b>2002</b>	0.10	0.00	0.00	0.67	7.15	4.59	4.38	4.66	7.38	6.31	0.98	0.00	36.22
<b>2003</b>	0.00	0.00	0.37	0.16	3.74	7.21	3.67	7.47	5.99	6.81	3.02	0.00	38.44
<b>2004</b>	0.00	0.00	0.22	0.34	5.22	2.83	5.64	2.57	7.77	4.22	1.16	0.00	29.97





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

La suma de la esorrentía rural y urbana se presenta a continuación.

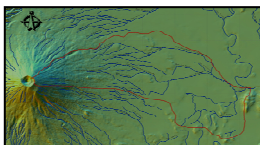
**TABLA 3.4.2.2.5.3:** Escorrentía en el área de estudio (millones de m<sup>3</sup>).

Año	ene	Feb	Mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>1997</b>	1.27	0.96	0.97	1.17	4.35	8.49	5.29	13.37	23.08	16.45	4.49	1.79
<b>1998</b>	1.24	0.93	0.94	1.14	4.27	8.30	6.93	13.24	22.69	16.10	4.41	1.75
<b>1999</b>	1.21	0.91	0.92	1.11	4.74	8.13	6.27	13.11	22.31	15.78	4.32	1.71
<b>2000</b>	1.18	0.92	0.90	1.09	9.49	7.96	4.93	12.98	21.94	15.46	4.24	1.67
<b>2001</b>	1.15	0.87	0.88	1.06	6.70	7.80	6.17	12.85	21.59	15.16	4.17	1.63
<b>2002</b>	1.13	0.85	0.86	1.04	7.15	7.64	4.72	12.72	21.24	14.87	4.09	1.60
<b>2003</b>	1.10	0.83	0.84	1.02	3.91	7.49	4.62	12.60	20.91	14.59	4.02	1.56
<b>2004</b>	1.08	0.84	0.83	1.00	5.22	7.35	5.64	12.48	20.59	14.32	3.95	1.53

El cálculo del excedente en el área de estudio se cambió de mm×m<sup>2</sup> a m<sup>3</sup>, así.

**TABLA 3.4.2.2.5.4:** Excedente en el área rural (millones de m<sup>3</sup>).

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>1997</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00
<b>1998</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	5.53	0.00	12.79	0.25	0.00
<b>1999</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.72	3.65	3.61	8.29	5.35	0.00	0.00
<b>2000</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	5.97	3.73	0.00	4.63	10.64	0.00	0.00	0.00
<b>2001</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	0.00	0.62	0.00	0.08	7.84	0.00	0.00
<b>2002</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	1.29	0.81	1.01	6.33	4.34	0.00	0.00
<b>2003</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42	0.00	5.21	4.34	5.26	0.00	0.00
<b>2004</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00	4.92	1.45	0.00	0.00



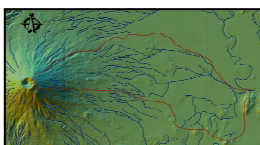


### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

De los datos de la tabla anterior se restó la escorrentía en el área rural (la escorrentía del área urbana no se usa en el cálculo del excedente ya que pertenece a otro sistema) para obtener así la infiltración, si la diferencia es negativa el valor se asume como cero (la infiltración no puede ser negativa). El resumen se presenta a continuación.

**TABLA 3.4.2.2.5.5:** Infiltración en el área rural y en el área de estudio (Millones de m<sup>3</sup>).

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
<b>1997</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.48
<b>1998</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	8.92	0.00	0.00	11.43
<b>1999</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.37	3.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.02
<b>2000</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	5.97	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.98
<b>2001</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	0.00	0.62	0.00	0.00	1.73	0.00	0.00	4.08
<b>2002</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92
<b>2003</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23
<b>2004</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57





### 3.4.3 PRUEBAS DE INFILTRACION

#### 3.4.3.1 METODO DE INFILTROMETRO DE DOBLE ANILLO

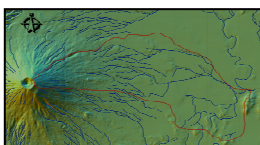
El propósito de esta prueba es determinar la proporción en que el agua penetra en el suelo, en función del tiempo. La infiltración mide cuán fácilmente el agua se mueve verticalmente a través del suelo.

##### 3.4.3.1.1 Materiales y Herramientas

- ✚ Dos anillos de metal, siendo el más pequeño de un diámetro de 10 - 20 cm y el otro de un diámetro de 5 - 10 cm. más que el anterior, (Figura 3.4.3.1.1.1)
- ✚ Cubetas para transportar un total de por lo menos 8 litros de agua por prueba hacia el lugar.
- ✚ Regla.
- ✚ Bloque de madera.
- ✚ Marcador a prueba de agua.
- ✚ Cronómetro.
- ✚ Cuchillo.
- ✚ Martillo.



FIGURA 3.4.3.1.1.1: Materiales y Herramientas.





### 3.4.3.1.2 Metodología para llevar a cabo la prueba de infiltración

#### 3.4.3.1.2.1 Preparación de equipo: construcción de un infiltrómetro de doble anillo

1. Se corta la base de las latas que servirán como anillos.
2. Con un marcador indeleble, a prueba de agua, se pinta parcialmente un anillo o banda en el interior de la lata más pequeña, que se utiliza como marca de referencia para la medición del tiempo. El ancho de la banda o anillo debe corresponder a 20 - 40 mm y centrarse aproximadamente 9 cm. del fondo de la lata.
3. Se mide y se registra el ancho de la banda de referencia (en mm).
4. Se miden y registran los anchos de los anillos interiores y exteriores (en cm).

#### 3.4.3.1.2.2 Selección del lugar de la prueba.

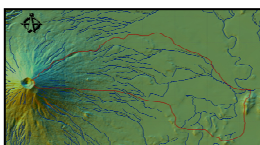
La selección de la prueba se realiza en un lugar libre de intervención humana, de tal manera que el suelo no haya sido alterado de su estado natural de humedad, compacidad, integridad, etc.; de preferencia que posea vegetación, con el objeto de emular con la prueba, la infiltración natural del terreno.

#### 3.4.3.1.2.3 Tiempo

Se utiliza un cronómetro para tomar el tiempo en el que el flujo de agua penetra en el suelo. La activación del cronómetro se inicia al momento en que se vierte el agua en el anillo interno y se lee el tiempo que transcurre desde cada inicio y finalización.

#### 3.4.3.1.3 Medición de la Infiltración

1. Se remueve cualquier vegetación (hierba) a nivel de la superficie y se retira toda la cubierta orgánica suelta dentro de un área un poco más grande que la





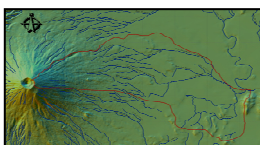
## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

del anillo externo que se utiliza (Figura 3.4.3.1.3.1). Es necesario tener el cuidado de no alterar el suelo.



**FIGURA 3.4.3.1.3.1:** Preparación y colocación de recipientes.

2. Se hacen girar las latas hasta enterrar el borde inferior de 2 a 5 cm. en el suelo, comenzando con la lata más pequeña. Se utiliza un martillo para empotrar la lata en la tierra junto con una tabla de madera encima de la lata para distribuir la fuerza de los martillazos, procurando no martillar tan fuerte para evitar que la lata se tuerza o deforme. Seguidamente se hinca el anillo externo procurando dejarlo de manera concéntrica al anillo externo.
3. Se mide la altura sobre el nivel del piso y al tope de la marca hecha dentro de la lata más pequeña.
4. Tan pronto como es posible, se hace lo siguiente:
  - 4.1. Se vierte agua en ambos anillos y se mantiene el anillo externo a un nivel aproximadamente igual al nivel en el anillo interior, debido a que el nivel del agua en el anillo externo tiende a disminuir más rápidamente que el agua del anillo interno (Figura 3.4.3.1.3.2).





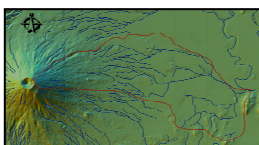
## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

- 4.2. Al verter agua en el anillo interior, se debe llegar apenas por sobre la marca de referencia (1 cm.).
- 4.3. Se inicia el cronometraje y los datos se registran en el formato de medición de infiltración de la Tabla que se presenta en el análisis e interpretación de los datos.



**FIGURA 3.4.3.1.3.2:** Inicio de prueba.

5. A medida que el nivel del agua en el anillo interior alcanza la marca de referencia superior, se registra el tiempo que transcurre desde que comenzó el ensayo.
6. Durante el transcurso de la prueba, se mantiene el nivel de agua en el anillo exterior aproximadamente igual al nivel del anillo interior, este procedimiento se realiza con cuidado para que no se derrame agua en el anillo interior (Figura 3.4.3.1.3.3), procurando no permitir que ninguno de los dos anillos se seque.
7. Al alcanzar el nivel de agua de la lata interna, la marca de referencia inferior:
  - 7.1. Se registra el tiempo al terminar la operación.







## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

- 7.2. Se calcula el intervalo tomando la diferencia entre el tiempo de inicio y final.
- 7.3. Se vierte agua en el anillo interior justo por sobre la marca de referencia superior. Al mismo tiempo se eleva también el nivel de agua del anillo exterior de manera que se encuentren aproximadamente iguales.

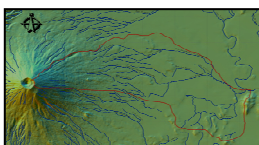


**FIGURA 3.4.3.1.3.3:** Abastecimiento de anillos durante pruebas.

8. Se continúa repitiendo los pasos 5 - 7 durante 45 minutos o hasta cuando los dos intervalos consecutivos de tiempo correspondan a 10 segundos entre uno y otro.
9. Se realizan mediciones adicionales de infiltración dentro de un área de 5 m de diámetro, ya sea al mismo tiempo o a lo largo de varios días (si es que no llueve y cambia la capa superficial y su contenido de agua).

### 3.4.3.1.4 Análisis y Presentación de Datos

La tasa de infiltración corresponde a la distancia que disminuyó el nivel del agua dividida por el tiempo requerido. Para el caso, esto es igual al ancho de la banda de referencia dividida por la diferencia entre los tiempos de inicio y finalización, para





obtener un intervalo. Se utiliza el formato de la siguiente tabla para registrar y posteriormente calcular los valores que se precisan para obtener los resultados.

**TABLA 3.4.3.1.4:** Formato para registrar los valores obtenidos.

Tiempo					Tasa de infiltración mm/min.
1	2	3	4	5	
Inicio min. seg.	Final min. seg.	Intervalo min.	Punto medio min.	Acumulado min.	
				<b>Infiltración media =</b>	

Para llevar a cabo el registro de la tabla anterior se debe realizar el siguiente procedimiento:

**Columna 1:** Se toma el tiempo en el cual el nivel del agua llega a la marca de referencia superior.

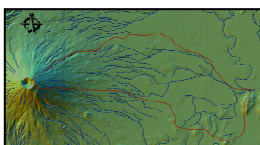
**Columna 2:** Cuando el nivel del agua llega a la marca de referencia inferior se registra el tiempo en el cual ocurrió.

**Columna 3:** El registro de esta columna se determina mediante la diferencia entre la columna 2 (Final) y la columna 1 (Inicio), debe expresarse en minutos.

**Columna 4:** Esta columna se determina de la siguiente manera:

$$\frac{Inicio + Final}{2}$$

**Columna 5:** El proceso para su registro consiste en restar de la columna 4, el primer dato correspondiente a la columna 1.





**Tasa de infiltración:** Esta se determina dividiendo la columna 3 por el cambio en el nivel del agua (ancho de la banda de referencia).

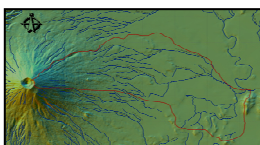
La infiltración media será el promedio de los tres valores menores de cada prueba.

La tasa de infiltración se determina midiendo el tiempo que toma el nivel del agua que se vierte en los anillos en disminuir cierta distancia. Esta tasa cambia con el tiempo, a medida que los poros de la tierra se llenan con agua y alcanza una tasa fija, característica del flujo de agua a través de un suelo cuando está saturado.

### 3.4.3.1.5 Resultados obtenidos

A continuación se presentan los resultados obtenidos, de las pruebas de infiltración que se realizaron en distintos puntos de la subcuenca del Río El Jute; se seleccionaron lugares tanto en la parte alta, media y baja de dicha subcuenca.

El criterio utilizado para seleccionar los lugares donde se realizarían las pruebas, es el de obtener valores de infiltración para el área de la subcuenca del Río El Jute en la parte alta, media y baja.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

### Datos

#### Lugar: Parte Alta de la subcuenca

Fecha de realización del ensayo: julio de 2008.

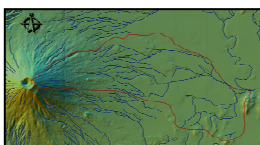
Ancho de banda referencial: 20 mm.

Diámetro: Anillo interno = 10 cm. Anillo externo = 20 cm.

Elevación: 1000 m.s.n.m.

La tasa de infiltración en la parte alta de la cuenca es muy buena; ya que el tipo de suelo de la zona es bastante poroso y granular (cenizas y escoria volcánica), lo que ayuda a que el agua se infiltre más rápidamente.

TIEMPO					TASA DE INFILTRACION
INICIO	FINAL	INTERVALO	PUNTO MEDIO	ACUMULADO	
min:seg	min:seg	min	Min	Min	mm/min
1:00	2:12	1,20	1,6	0,6	16,67
5:30	7:06	1,60	6,3	5,3	12,50
14:30	16:15	1,75	15,375	14,375	11,43
20:24	22:15	1,85	21,325	20,325	10,81
25:54	28:21	2,45	27,125	26,125	8,16
34:30	37:06	2,60	35,8	34,8	7,69
<b>INFILTRACION MEDIA:</b>					<b>8,89</b>





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

### Datos

**Lugar: Parte Media de la subcuenca**

Fecha de realización del ensayo: julio de 2008.

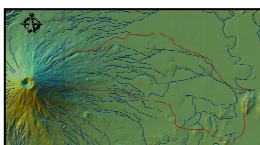
Ancho de banda referencial: 20 mm.

Diámetro: Anillo interno = 10 cm. Anillo externo = 20 cm.

Elevación: 110 m.s.n.m.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

TIEMPO					TASA DE INFILTRACION
INICIO	FINAL	INTERVALO	PUNTO MEDIO	ACUMULADO	
min:seg	min:seg	min	Min	Min	mm/min
1,2	2,50	1,30	1,85	0,65	15,38
5,7	7,55	1,85	6,625	5,425	10,81
14,75	17,35	2,60	16,05	14,85	7,69
20,65	23,60	2,95	22,125	20,925	6,78
26,2	29,40	3,20	27,8	26,6	6,25
34,95	38,40	3,45	36,675	35,475	5,80
<b>INFILTRACION MEDIA:</b>					<b>6,28</b>





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

### Datos

**Lugar: Parte Baja de la subcuenca**

Fecha de realización del ensayo: julio 2008.

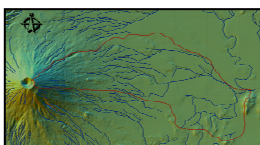
Ancho de banda referencial: 20 mm.

Diámetro: Anillo interno = 10 cm. Anillo externo = 20 cm.

Elevación: 99 m.s.n.m.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

TIEMPO					TASA DE INFILTRACION
INICIO	FINAL	INTERVALO	PUNTO MEDIO	ACUMULADO	
min:seg	min:seg	min	min	Min	mm/min
1,20	2,35	1,15	1,775	0,575	17,39
4,85	6,30	1,45	5,575	4,375	13,79
14,40	17,05	2,65	15,725	14,525	7,55
21,60	25,15	3,55	23,375	22,175	5,63
27,45	31,70	4,25	29,575	28,375	4,71
32,00	37,75	5,75	34,875	33,675	3,48
<b>INFILTRACION MEDIA:</b>					<b>4,61</b>





### 3.4.4 PRUEBAS FISICO-QUIMICAS

#### 3.4.4.1 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS

- 1- Según su uso.
- 2- Según su temperatura.

##### 3.4.4.1.1 Clasificación de las aguas según su uso

###### 1) Agua potable

Se llama agua potable a aquella que es apta para el consumo humano y animal, que se utiliza en la alimentación y en las bebidas sin que se altere su salud. Esta agua no es pura, pues lleva en solución aire, poca cantidad de diversas sales (Cloruros, bicarbonatos, sulfatos, etc.) La presencia de estas sales da al agua de bebida su sabor grato y su fácil digestibilidad.

###### 2) Agua para usos industriales

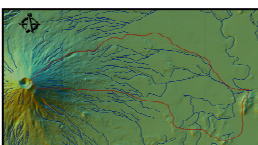
Se usa en la industria para generación de vapor, fabricación de jabones, productos alimenticios, teñido de fibras textiles.

###### 3) Agua para riegos

Empleadas en agricultura y debe cumplir con ciertas características específicas que serán conocidas en la materias de riegos. En el agua es importante la concentración y composición de los constituyentes disueltos.

##### 3.4.4.1.2 Clasificación de las aguas según su temperatura

- 1) **Aguas tibias:** Si su temperatura llega a los 33°C.
- 2) **Aguas calientes:** Si su temperatura está comprendida entre 33 y 37°C.





### 3.4.4.2 CONTAMINANTES DEL AGUA

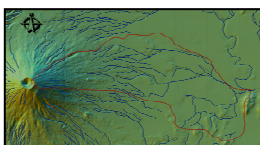
Las causas de contaminación del agua pueden ser: físico-químicos y biológicos.

- 1) **Contaminantes físico-químicos:** Son todas aquellas sustancias (orgánicas e inorgánicas) que en mezcla o combinación con el agua, alteran su composición original.
- 2) **Contaminantes biológicos:** Son las diversas clases de micro organismos y virus, principalmente productores de enfermedades (bacterias, algas, protozoarios, platelmintos, nematodos, anélidos, artrópodos).

Las principales fuentes de contaminación son:

- Las aguas negras.
- Los desperdicios y desechos.
- Los escapes sanitarios y depósitos de alcantarillados.
- Residuos de establos.
- Escapes de tuberías de aceites y otros.
- Abonos químicos, pesticidas, insecticidas, herbicidas, y
- Fertilizantes.
- Petróleo e hidrocarburos.
- Residuos radioactivos.
- Contaminación térmica.
- Erosión.

La calidad del agua se debe medir realizando análisis físico químico en ella; existen normas internacionales y nacionales que establecen los parámetros permitidos para cada elementos, anión o catión presente en el agua. Las unidades de medida utilizados para expresar la calidad de agua son: ppm, Mg/L, ppb, pptmillón.







Entre los parámetros físicos químicos que en ella se realizan podemos mencionar los siguientes: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, carbono orgánico total, turbidez, olor, color, pH, nitrógeno, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos de suspensión, fósforo, calcio, magnesio, elementos traza como plomo, mercurio, etc.

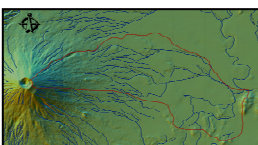
### 3.4.4.3 PARAMETROS FISICO QUIMICOS

#### 3.4.4.3.1 Color.

Las causas mas comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, maderas, raíces, etc. en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ión metálico trivalente con  $Al^{+3}$  el  $Fe^{+3}$ .

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que su turbiedad ha sido removida, y el color aparente que incluye no solamente el color de las sustancias en solución, sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa.

En general el término color se refiere al color verdadero del agua y se acostumbra medirlo conjuntamente con el pH, pues la intensidad del color depende del pH, normalmente el color aumenta con el incremento del pH, de acuerdo a la escala del pH,





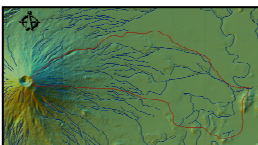
una sustancia es básica si su pH es mayor que 7, acida si su pH es menor que 7 y neutra si su pH es igual a 7.

### 3.4.4.3.2 Temperatura.

La temperatura es una propiedad muy importante en los cuerpos de agua, la cual involucra los siguientes aspectos:

- ✚ **Los niveles de oxígeno disueltos en el agua.** El agua fría contiene más oxígeno que el agua caliente.
- ✚ **Fotosíntesis:** A medida que sube la temperatura, también aumenta el grado de fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. Mas plantas crecen y mas plantas mueren. Cuando mueren las plantas, hay ciertos organismos descomponedores que consumen sus restos y utilizan el oxígeno en el proceso. Por este motivo, cuando el grado de fotosíntesis aumenta, también aumenta la necesidad de oxígeno de los organismos acuáticos.
- ✚ **Supervivencia animal:** Hay diversos animales que necesitan vivir dentro de ciertos parámetros o límites, ya que no pueden sobrevivir si la temperatura del agua varía demasiado. Por ejemplo las moscas de piedra (ninfas) y las truchas necesitan temperaturas bastante frías, en cambio las libélulas y las carpas habitan aguas más cálidas.

La determinación exacta de la temperatura es importante por ejemplo, para diferentes procesos de tratamientos y análisis de laboratorio, puesto que, por, el grado de saturación de oxígeno disuelto (OD). La actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.”





### 3.4.4.3.3 Sólidos.

En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas presentes en lagos y lagunas etc.

#### **Sólidos Totales**

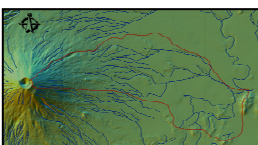
Se definen como sólidos, la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 °C el valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos), para su determinación, la muestra se evapora en una cápsula previamente pesada, preferiblemente de platino o porcelana, sobre un baño de María y luego se seca a 103 – 105 °C. El incremento de peso sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuos totales.

#### **Sólidos Disueltos**

Sólidos disueltos (o residuos filtrables), son los materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminado por filtración determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos si la determinación es directa, se filtra la muestra a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch; el filtrado se evapora en una capsula de peso conocido sobre un baño de maría y el residuo de la evaporación se seca a 103 – 105 °C. El incremento de peso sobre el de la capsula vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrable.

#### **Sólidos Suspendidos**

Son todos aquellos contaminantes cuyo tamaño pequeño y densidad conducen a que se mantengan suspendidas en la columna de agua. La fuente más importante de estos sólidos la constituyen el agro y todos los centros urbanos pequeños y grandes.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

En primer lugar se originan los sólidos provenientes de la erosión, así como todo tipo de restos vegetales y animales; del suelo propiamente dicho se suma el humus y las arcillas. La contribución de estos dos últimos elementos es muy grande (miles de toneladas por año).

La biodegradación de muchos de los sólidos de suspensión hace que el oxígeno, disuelto en el agua se reduzca a niveles muy bajos, causando la muerte por asfixia de los peces, anfibios e insectos acuáticos entre otros.




Estos mismos sólidos le imparten un color achocolatado a los cuerpos de agua, lo que reduce la intensidad de la luz solar disponible para la existencia de las plantas acuáticas. Al morir estas plantas se termina la fuente de alimento para otras formas de vida acuática que se alimentan de aquellas.

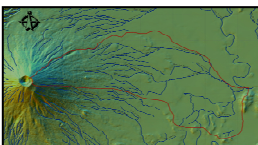
### 3.4.4.4 DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES

#### Fundamento

Una alícuota de muestra se pone a secar en estufa a una temperatura de 105°C, quedando un residuo en el que están presentes todos los sólidos que contiene el agua.

#### Equipo

-  Estufa eléctrica graduada a 105°C.
-  Balanza analítica.
-  Desecador de gabinete.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

### Material

- ✚ Frasco volumétrico de 100 ml.
- ✚ Beaker pirex de 250 ml.
- ✚ Pinzas de acero inoxidable.

### Procedimiento

Mezclar bien el agua, si está refrigerada, permitir que se enfríe a temperatura ambiente, medir en el frasco volumétrico, 100ml, de agua y verter en el beaker previamente seco, pesado e identificado.

Secar en estufa a 105°C, hasta evaporación completa del agua. Enfriar el beaker en desecador durante 30 minutos y pesar en balanza analítica.

### Cálculos:

Peso de beaker más residuo

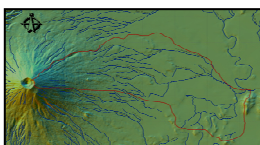
Menos

Peso de beaker vacío

Peso de residuo

Ppm de Sólidos totales =  $\frac{\text{peso de residuo} \times 100.000}{\text{Alícuota de muestra.}}$

Alícuota de muestra.





### 3.4.4.5 DETERMINACION DE SOLIDOS DISUELTOS

#### Fundamento

Una alícuota de la muestra se filtra para separar las partículas en ella suspendidas; después se pone a secar a una temperatura de 105°C, se enfría y pesa. El residuo constituye los sólidos disueltos en la muestra.

#### Equipo

- ✚ Estufa graduada a 105 °C.
- ✚ Balanza analítica.
- ✚ Deseador de Gabinete.

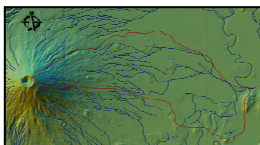
#### Materiales

- ✚ Papel filtro Whatman N° 42.
- ✚ Porta embudo de madera.
- ✚ Beaker de 250 ml.
- ✚ Frasco volumétrico de 100 ml.
- ✚ Pinza de acero inoxidable.

#### Procedimiento

En un frasco volumétrico medir 100 ml, de muestra de agua, filtrar a través de papel filtro colocado en el embudo, recibir el filtrado en un beaker de 250 ml, previamente secado en estufa, enfriado y pesado.

Colocar el beaker con la muestra de agua filtrada en la estufa a una temperatura de 105°C. Dejar que se evapore toda el agua. Retirar el beaker de la estufa, enfriar en secador y pesa.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

### Cálculos.

Peso de beaker + muestra filtrada y evaporada

Menos

Peso de beaker vacío

Peso de residuo

Ppm de sólidos disueltos =  $\frac{\text{Peso de residuo} \times 100.000}{\text{Alícuota de muestra}}$

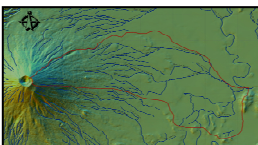
Alícuota de muestra

Sólidos en suspensión. Se obtiene por diferencia entre la cantidad en ppm obtenida de sólidos totales menos la cantidad en ppm de sólidos disueltos.

Ppm sólidos en suspensión = ppm St - ppm Sd

### Causas de error

- ✚ No medir bien la alícuota de la muestra, para evitar este tipo de error procurar aforar bien cuando mida en el frasco volumétrico.
- ✚ Tocar los beakers con las manos antes de cada pesada.
- ✚ No identificar bien cada beaker, de acuerdo al análisis que van a realizar.





### 3.4.4.6 CALCULOS

#### 3.4.4.6.1 Sólidos Totales

**Peso del beaker sin agua**

P1 = 99.1160 gramos.

P2 = 107.7009 gramos.

P3 = 101.3120 gramos.

P4 = 92.0040 gramos.

P5 = 100.0427 gramos.

**Peso del beaker con la muestra:**

P1 = 99.1770 gramos.

P2 = 107.7608 gramos.

P3 = 101.3564 gramos.

P4 = 92.0545 gramos.

P5 = 100.0956 gramos.

**Cálculos:**

P1 = 99.1770 – 99.1160 = 0.0610 gramos.

P2 = 107.7608 – 107.7009 = 0.599 gramos.

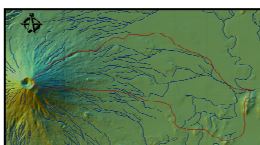
P3 = 101.3564 – 101.3120 = 0.0444 gramos.

P4 = 92.0545 – 92.0040 = 0.0505 gramos.

P5 = 100.0956 – 100.0427 = 0.0529 gramos.

**Ppm de sólidos totales = peso del residuo x 1, 000,000**

Alicuota de muestra







## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

$$P1 \Rightarrow Ppm = \frac{0.06109 \times 1,000,000}{100 \text{ ml}}$$

$$Ppm = 610 \text{ mg/l}$$

$$P2 \Rightarrow Ppm = \frac{0.0599 \times 1,000,000}{100}$$

$$Ppm = 599 \text{ mg/ l}$$

$$P3 \Rightarrow Ppm = \frac{0.0444 \times 1,000,000}{100}$$

$$Ppm = 444 \text{ mg/ l}$$

$$P4 \Rightarrow Ppm = \frac{0.0505 \times 1,000,000}{100}$$

$$Ppm = 505 \text{ mg / l}$$

$$P5 \Rightarrow Ppm = \frac{0.0529 \times 1,000,000}{100}$$

$$Ppm = 529 \text{ mg/ l}$$

### 3.4.4.6.2 Sólidos Disueltos

#### Peso del beaker sin agua:

$$P1 = 98.3424 \text{ gramos.}$$

$$P2 = 87.9041 \text{ gramos.}$$

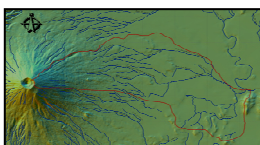
$$P3 = 107.6359 \text{ gramos.}$$

$$P4 = 102.6732 \text{ gramos.}$$

$$P5 = 98.5183 \text{ gramos.}$$

#### Peso del beaker con la muestra filtrada:

$$P1 = 98.3928 \text{ gramos.}$$





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

P2 = 87.9575 gramos.

P3 = 107.6922 gramos.

P4 = 102.7161 gramos.

P5 = 98.5638 gramos.

### Cálculos:

P1 = 98.3928 – 98.3424 = 0.0504 gramos.

P2 = 87.9575 – 87.9041 = 0.0534 gramos.

P3 = 107.6922 – 107.6359 = 0.0563 gramos.

P4 = 102.7161 – 102.6732 = 0.0429 gramos.

P5 = 98.5638 – 98.5183 = 0.0455 gramos.

### 3.4.4.6.3 Potencial de Hidrogeno (PH)

Datos:

P1  $\Rightarrow$  7.81 - 7.74  $\Rightarrow$  7.777.

P2  $\Rightarrow$  8.19 – 8.15  $\Rightarrow$  8.17.

P3  $\Rightarrow$  8.32 – 8.08  $\Rightarrow$  8.075

P4  $\Rightarrow$  8.07 – 8.17  $\Rightarrow$  8.18.

P4  $\Rightarrow$  8.07 – 8.21  $\Rightarrow$  8.14.

### 3.4.4.6.4 Temperatura

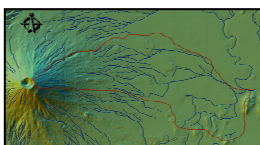
1) 29.6° C

$\rightarrow$  29.45°C

29.3° C

2) 32.45°C

$\rightarrow$  32.48°C





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

---

32.5°C

3) 29.5°C → 29.5°C

4) 29.4°C

→ 29.45°C

29.5°C

5) 29.5°C

→ 29.5°C

29.5°C

### 3.4.4.6.5 Hora

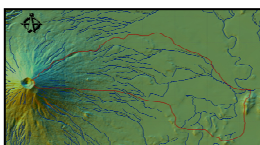
1- 11:05

2- 11:33

3- 10:44

4- 1:20

5- 1:50





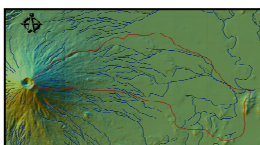
### 3.4.4.7 RESULTADOS.

#	Temperatura	PH	Sólidos Totales	Sólidos Disueltos	Sólidos Suspendidos	Color
1	29.45°C	7.777	610 mg/l	106 mg/l	504 mg/l	Anaranjado
2	32.48°C	8.17	599 mg/l	65mg/l	534 mg/l	Anaranjado
3	29.5°C	8.075	444 mg/l	-119mg/l	563 mg/l	Anaranjado
4	29.45°C	8.18	505 mg/l	76 mg/l	429 mg/l	Anaranjado
5	29.5°C	8.14	529 mg/l	74mg/l	455 mg/l	Anaranjado

### 3.4.4.8 ANALISIS DE RESULTADOS

#### TEMPERATURA

Muestra	Temperatura	Limite	Comparación
1	29.45°C	20-30 °C	No excede el limite
2	32.48°C	20-30 °C	Excede el limite
3	29.5°C	20-30 °C	No excede el limite
4	29.45°C	20-30 °C	No excede el limite
5	29.5°C	20-30 °C	No excede el limite





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

### ✚ POTENCIAL DE HIDROGENO

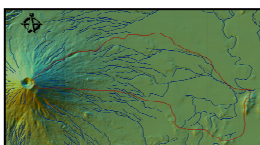
Muestra	PH	Limite	Comparación
1	7.777	(PH>7),(PH<7), (PH= 7)	> 7 sustancia básica
2	8.17	PH>7),(PH<7), (PH= 7)	> 7 sustancia básica
3	8.075	PH>7),(PH<7), (PH= 7)	> 7 sustancia básica
4	8.18	PH>7),(PH<7), (PH= 7)	> 7 sustancia básica
5	8.14	PH>7),(PH<7), (PH= 7)	> 7 sustancia básica

### ✚ COLOR

Muestra	Color	Comparación
1	Anaranjado	Mala
2	Anaranjado	Mala
3	Anaranjado	Mala
4	Anaranjado	Mala
5	Anaranjado	Mala

### ✚ SOLIDOS TOTALES

Muestra	Sólidos Totales	Limite	Comparación
1	610 mg/l	1000.00 mg/l	No Reduce intensidad de luz solar
2	599 mg/l	1000.00 mg/l	No Reduce intensidad de luz solar
3	444 mg/l	1000.00 mg/l	No reduce intensidad de luz solar
4	505 mg/l	1000.00 mg/l	No Reduce intensidad de luz solar
5	529 mg/l	1000.00 mg/l	No Reduce intensidad de luz solar





### 3.4.5 ANALISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA

#### 3.4.5.1 Técnica de tubos múltiples para la investigación de coliformes totales y fecales en muestras de agua

Se ha usado por muchos años, el grupo de bacterias coliformes para indicar la contaminación del agua con aguas negras y desechos.

Para el estudio de coliformes se reconocen tres pruebas:

- 1- Prueba presuntiva.
- 2- Prueba confirmativa.
- 3- Prueba completa.

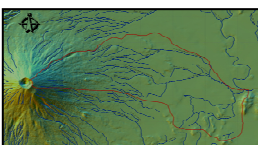
##### 3.4.5.1.1 Prueba presuntiva

- a) Inocular en 3 tubos con 10ml, de caldo lactosado a doble concentración, 10ml de la muestra de agua. Rotular.
- b) Inocular en 3 tubos con 10ml, de caldo lactosado a concentración normal; 1ml de la muestra. Rotular.
- c) Inocular en 3 tubos con 10ml de caldo lactosado a concentración normal; 0.1ml. Rotular.

Incubar a 35°C, durante 24 a 48 horas; todos los tubos que presenten formación de gas; se interpreta como prueba positiva.

##### 3.4.5.1.2 Prueba confirmativa

- a) Inocular en 3 tubos con 10ml de medio caldo Bilis Verde Brillante a, doble concentración; 1 asada por tubo de cada tubo de los caldos lactosados positivos.





## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

- b) Inocular en 3 tubos con 10ml de medio caldo bilis verde brillante, concentración normal; 1 asada por tubo de cada tubo de los caldos lactosados positivos. Rotular.
- c) Inocular en 3 tubos con 10ml de medio caldo bilis verde brillante, concentración normal; 1 asada por tubo de cada tubo de los caldos lactosados positivos.

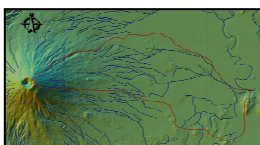
Incubar a 35°C durante 24 horas. Todos los tubos que presenten formación d gas; la prueba es positiva.

### 3.4.5.1.3 Prueba completa

- a) Inocular en 3 tubos con 10 ml de de caldo E. Coli, a doble concentración; 1 asada para cada tubo; de los tubos caldo bilis verde brillante positivo.
- b) Inocular en 3 tubos con 10ml de caldo E, coli, concentración normal; 1 asada para cada tubo; de los tubos de caldo bilis verde brillante positivo.
- c) Inocular en 3 tubos con 10ml de caldo E. Coli, concentración normal; 1 asada para cada tubo; de los tubos de caldo bilis verde brillante positivo. Rotular

Incubar a 44°C durante 24 horas; todos los tubos que presenten formación de gas; la prueba es positiva.

Para dar el número más probable de coliformes totales y fecales por 100ml de agua existe una tabla donde se comparan los resultados.





### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

Ejemplo: Si una muestra de agua dio como resultado en los tubos con bilis verde brillante; los 9 tubos positivos 3 de 10ml, 3 de 1ml, y 3 de 0.1ml; el NMP/100ml de coliformes totales será 1100.

No	NMP/100ml		Coliformes		totales	
	Tubos 10ml	Tubos 1ml	Tubos 0.1ml	NMP 100ml	Limite de NMP	
					INF	SUP
1	3	3	3	1100	460	4800

Si en los tubos con caldo E. Coli, salieron 5 positivos: 3 de 10ml; 2 de de 1ml y 0 de 0.1; el NMP/100ml de coliformes fecales será: 93.

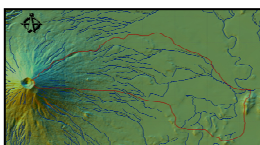
No	NMP/100ml		Coliformes		totales	
	Tubos 10ml	Tubos 1ml	Tubos 0.1ml	NMP 100ml	Limite de NMP	
					INF	SUP
2	3	2	0	93	15	380

Nota: toda agua para consumo humano debe de estar cero coliformes totales y cero de coliformes fecales.

En la prueba confirmativa se muestra que existe presencia de coliformes totales aproximadamente.

$$1,100 \times 100\text{ml de agua} \quad \text{NMP} \times \frac{100\text{ml}}{1,100}$$

De igual forma las demás muestras, se comprueba que existe presencia de coliformes totales con










## CAPITULO III: DIAGNOSTICO

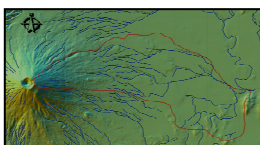
$$1,100 \times 100\text{ml de agua} \quad \text{NMP} \times \frac{100\text{ml}}{1,100}$$

### 3.4.5.2 TABLA DE RESULTADOS, ANALISIS BACTERIOLOGICOS

-  **Prueba presuntiva:** indica la presencia de coliformes fecales.
-  **Prueba confirmativa:** indica la presencia de la bacteria E. Coli.
-  **Prueba completa:** brinda el NMP (Numero Más Probable) de bacterias por cada 100 ml de agua.

Para que el agua sea apta para el consumo humano la cantidad de bacterias debe ser igual a “0”, por tanto el agua del río El Jute esta altamente contaminada con bacterias coliformes fecales como por ejemplo la bacteria E. Coli. Esta agua no es apta para el consumo humano desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Grande.

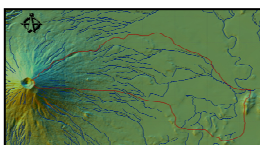
Y es de notar que el equipo con el que se realizo el análisis, únicamente está capacitado para detectar 1,100 x cada 100ml de agua, lo que indica que el río pudiese tener un grado mayor de contaminación.





### CAPITULO III: DIAGNOSTICO

Muestra	Prueba presuntiva	Prueba confirmativa	Prueba Completa
1	Positiva	positiva	NMP=1,100 x cada 100ml de agua
2	Positiva	positiva	NMP=1,100 x cada 100ml de agua
3	Positiva	positiva	NMP=1,100 x cada 100ml de agua
4	Positiva	positiva	NMP=1,100 x cada 100ml de agua
5	Positiva	positiva	NMP=1,100 x cada 100ml de agua



**CAPITULO IV**

**PLAN DE**

**PROTECCION Y**

**MANEJO**



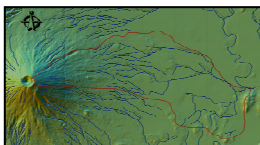
## **4.0 PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE**

### **4.1 INTRODUCCION**

Planes, programas y proyectos, sobre manejo de cuencas son muy contados en El Salvador. De hecho, aún no se puede hablar de manejo integrado de cuencas hidrográficas. Entre los antecedentes de manejo, se conocen los realizados en cuenca del Río San José, en Metapán, Departamento de Santa Ana, el cual fue ejecutado con apoyo de la FAO en la década de los sesenta, con el objetivo de controlar los desastres que se producían aguas abajo.

Entre los programas, sólo puede hablarse del PAES, cuyo contrato (886/OC-ES) se celebró el 26 de marzo de 1996 entre el Gobierno de El Salvador y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), por un monto de treinta millones de dólares americanos (US \$30,000,000.00), para financiar las actividades del componente de inversión del programa.

En cuanto a los proyectos realizados sobre el manejo de cuencas, éstos han sido muy puntuales y se limitan a pequeñas áreas, comparadas con el territorio nacional. Es de aclarar que los proyectos no incluyen el manejo integral de las cuencas, subcuencas y microcuencas, sino un manejo de la situación de deterioro, y de recuperación de los recursos naturales, con componentes muy específicos, tales como desarrollo de la agricultura, control de inundaciones, control torrencial y cobertura vegetal. Ya se han tenido resultados positivos en la cuenca del Lago de Coatepeque, en la subcuenca de la Quebrada El Tránsito, en la parte alta del Río San José y en la microcuenca del Río El





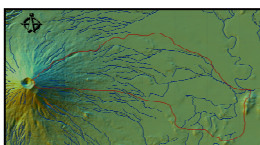
## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

Gualabo. Actualmente, se cuenta con estudios realizados en la cuenca de los Ríos Grande de San Miguel, Jiboa y Paz; también, se están dando inicios a estudios en el Río Goascorán.

Los hechos acaecidos en los últimos tiempos dan cuenta del interés que se ha tomado en la implementación de proyectos de intervención bi o trinacional, tal es el caso del trabajo que se ha desarrollado en la formulación del proyecto de la cuenca del Río Paz, entre los gobiernos de Guatemala y El Salvador; en ese mismo rumbo se está trabajando el Río Goascorán, entre Honduras y El Salvador; ya se ha trabajado y se está trabajando en la cuenca del Río Lempa, la cual incluye tres países (Guatemala, Honduras y El Salvador).

Existen otros tipos de proyectos que apoyan la labor del manejo de cuencas, tales como: IICA Holanda - Laderas, FAO – CENTA - Laderas y todos los ejecutados con fondos del FIAES y el FONAES, los cuales van desde el planteamiento teórico hasta la ejecución de campo.

Proyectos como los últimos, son esfuerzos puntuales ejecutados por ONG's y ADESCOS, que en la mayoría de las veces sobre estiman los resultados a obtener.



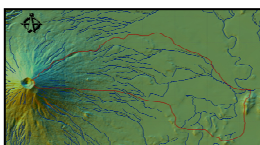


## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### 4.2 INDICADORES DE LINEA BASE PARA LA ELABORACION DEL PLAN

Algunos de los principales indicadores biofísicos y socioeconómicos que se han detectado a través del diagnóstico y que servirán de punto de partida para el monitoreo y evaluación del plan, se presentan a continuación:

- ✚ Niveles de contaminación de coliformes fecales y totales en fuentes de agua: 1100 millones por cada 100 ml de agua (obtenido de las pruebas de laboratorio realizadas al Rio El Jute).
- ✚ Los niveles de incidencia de enfermedades gastrointestinales en la población son del orden del 65%.
- ✚ Bajos niveles de fertilidad de suelos en algunas zonas de la subcuenca.
- ✚ Rendimientos promedio de maíz: 20 qq/mz.
- ✚ Rendimientos promedio de frijol: 10 qq/mz.
- ✚ Rendimiento promedio de maicillo: 16 qq/mz.
- ✚ El 65% de las fuentes de agua están contaminadas.
- ✚ Número de organizaciones comunales: 6.
- ✚ Número de organizaciones de productores: 1.
- ✚ Número de instituciones con presencia en la subcuenca: una de apoyo al sector agrícola, 6 al sector educación y una al sector salud.
- ✚ 45% de las tierras presentan cobertura arbórea.
- ✚ 48% de las tierras están en categoría de sobreuso.
- ✚ Cobertura de servicio de energía eléctrica: 90%.
- ✚ Comunidades sin servicio de agua (potable u otro tipo): 6.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### 4.3 ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN

Para alcanzar los objetivos y resultados esperados en el Plan de Manejo, se implementaran las estrategias siguientes:

#### 4.3.1 Iniciar la intervención en áreas críticas

Para hacer un mejor uso de los recursos y esfuerzos institucionales para la intervención en la subcuenca, se priorizará la atención en las áreas críticas dentro de ésta, comenzando en la parte media y baja, especialmente en las zonas en conflicto de uso del suelo, zonas de inundación y altos índices de contaminación y sobre uso del suelo para revertir las tendencias que limitan el desarrollo productivo y el manejo sostenible de los recursos naturales de estas áreas. Progresivamente con las acciones a mediano y largo plazo, se trabajará en el resto de la subcuenca.

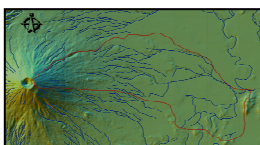
#### 4.3.2 Promover la organización y desarrollo de capacidades

La sostenibilidad de las acciones en manejo de recursos naturales en la subcuenca, dependerá en gran medida de la organización de productores(as) y de las comunidades en general.

Por lo tanto, será necesario promover la participación organizada de las comunidades, apoyándose y fortaleciéndose las organizaciones existentes para lograr la autogestión.

#### 4.3.3 Promover la complementariedad de las acciones en la cuenca

La gestión de cuencas se fundamenta en la coordinación de acciones bajo el enfoque sistémico, por lo que una estrategia importante será la de incentivar y fortalecer la coordinación interinstitucional incluyendo los gobiernos locales, para buscar la





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

complementariedad de las acciones y recursos en un plan único, que permita enfocar los esfuerzos que cada actor puede aportar en una forma coordinada. Esta responsabilidad deberá ser retomada por un comité de cuencas, que será integrado por los diferentes actores.

### **4.3.4 Identificar, valorar y potenciar el conocimiento local**

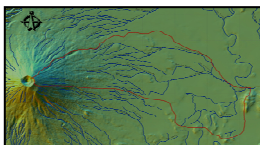
Definir desde el inicio, las acciones y mecanismos que permitan trabajar directamente con comunidades, partiendo de la experiencia y el conocimiento local para no hacer cambios radicales en los sistemas de producción, para poder lograr mayor adopción de las tecnologías y por ende un impacto positivo y sostenible a nivel de campo en el largo plazo.

### **4.3.5 Promover la subcuenca como unidad básica de intervención y la familia como eje integrador del trabajo**

Se parte del hecho que la subcuenca hidrográfica es la unidad que sirvió de base para la planificación global del manejo de los recursos; mientras que para la intervención a nivel de campo, se hará énfasis en el trabajo de parcela en parcela, promoviendo la participación de la familia, como el eje integrador del proceso de implementación de las diferentes acciones.

## **4.4 BENEFICIARIOS DEL PLAN DE MANEJO**

Los beneficiarios directos serán las siguientes comunidades descritas a continuación: Las Lomitas, Monte grande, El Niño, El Volcán, El Progreso, La Puerta, El Havillal, San Carlos y El Jute, sumando un total de 20,000 personas beneficiadas aproximadamente con dicho plan.







## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

El grupo meta, decisivo y final son los pobladores(as) rurales que habitan en las zonas de la subcuenca del Río El Jute. Son ellos los que poseen los derechos para utilizar los recursos, como propietarios legales u ocupantes de pequeñas parcelas, así como sus comunidades o asociaciones y grupos organizados en general, serán los beneficiarios directos del plan.

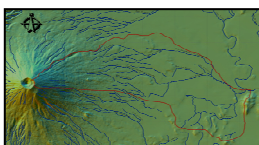
### 4.5 COMPONENTES PRINCIPALES DEL PLAN

El Plan de Protección y Manejo está estructurado en Programas y Proyectos. En éstos se sustenta la intervención a nivel de campo dentro de la subcuenca, la cual está orientada a superar en el corto, mediano y largo plazo, las limitantes y problemas encontrados tanto a nivel biofísico como socioeconómico en una forma pragmática. Los Programas que componen el Plan son los siguientes: **Obra Civil, Manejo Integrado de Tierras, Desarrollo Pecuario, Saneamiento Ambiental y Desarrollo Local**. Cada uno de estos tendrá uno o más proyectos, con los cuales se enfrentarán las causas de los problemas en las diferentes áreas. Las diferentes acciones se implementarán bajo el esquema de planes. Para ello se ha tomado de base en primer lugar, el análisis de los problemas encontrados en el diagnóstico; y en segundo lugar, las fortalezas y oportunidades que se presentan en la subcuenca.

### 4.6 PROGRAMA DE OBRA CIVIL

#### Fundamento

Las características topográficas de la cuenca son bastante favorables en cuanto a su planimetría, no así en la altimetría, pues en el caso de la pendiente media de la subcuenca es del 4.7%, esto implica que la subcuenca tiene una capacidad de arrastre de





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

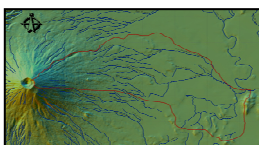
partículas bastante considerable, de acuerdo al diagnostico se encontraron algunos puntos críticos de la subcuenca, aunque pocos pero si en dichos puntos es necesario la proyección de obras civiles para propiciar el manejo sostenible de la subcuenca, dichos puntos están ubicados en la parte media y baja de la subcuenca.

En la parte media en la intercepción de la subcuenca con la carretera El Litoral existe una inclinación de taludes considerablemente alta que oscila en el rango de los 5-7 metros de altura con pendientes de 1:5 a 1:7 H:V, esta situación implica que los taludes están sujetos a deslaves continuos por la inclinación pronunciada que poseen, en donde las partículas de suelo no tienen la suficiente adherencia para soportar en época lluviosa el grado de saturación del suelo, por lo tanto tiende a generarse el desplome de algunos taludes en la subcuenca.

En la parte baja desde el Puente El Jute hasta la desembocadura con el Río Grande se genera una problemática, descrita a continuación. Cuando el caudal del Río Grande aumenta en época lluviosa este tiende a incorporarse al cauce principal del río el jute ocasionando una elevación en el tirante crítico de la subcuenca rebasando el área hidráulica de la subcuenca, provocando inundaciones en gran parte del Cantón El Havillal.

### **Objetivo**

Este programa tiene como objetivo contribuir a revertir los procesos de deterioro de la subcuenca, a través de la ejecución de obras civiles que eviten tanto el deslave de sedimentos de las partículas del río dada la pendiente promedio que tiene así como la ejecución de técnicas de ingeniería civil para el manejo adecuado de los taludes del río,





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

además de priorizar el previo tratamiento de las aguas servidas que deposita el Centro Turístico Monte grande a la subcuenca.

### Proyectos

Este programa tiene cuatro proyectos.

#### 4.6.1 Colocación de mallas geosintéticas para la estabilización de los taludes en la subcuenca del Río El Jute

##### Justificación

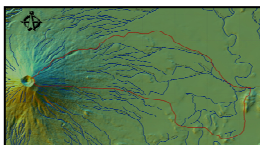
En la intersección del río el Jute con la carretera El Litoral los taludes de este tienen pendientes que oscilan entre los 5 a 7 de altura cuya relación de pendientes es de 1:5 a 1:7, causa por la cual se genera el desprendimiento de tierra dado el alto nivel de saturación que adquiere el suelo en época de lluvia.

##### Objetivo

Disminuir los niveles de deterioro del suelo a través de la colocación de geosintéticos para evitar el desprendimiento de taludes evitando así el incremento del área hidráulica del río y que este a su vez le reste área a los terrenos adyacentes.

##### Resultados esperados

- ✚ Mejorar la estabilización de los taludes evitando así el desprendimiento continuo de estos y la socavación de los terrenos adyacentes.
- ✚ Evitar pérdidas en las cosechas que se pueda generar producto de la socavación de terrenos.
- ✚ Evitar el incremento del área hidráulica del río que pueda generar a futuro inundaciones continuas en los lugares adyacentes a dichas zonas críticas.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### Principales actividades

- ✚ Colocación de mallas geosintéticas para evitar el deslave de taludes mediante asistencia técnica dada por Durman Esquivel
- ✚ Priorizar con los geosintéticos la maximización de las características deseables de una masa de suelo y proveerle o mejorarle aquellas en las que adolece.

### Tiempo de ejecución

El tiempo de ejecución del proyecto será de 2 meses, con acciones progresivas a medida avance la materialización del plan.

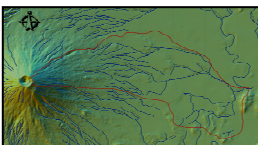
### 4.6.2 Construcción de muros guardanivel en la subcuenca del Rio El Jute

#### Justificación

Es de importancia vital evitar en la intersección del río el jute y el río grande de San Miguel el ingreso de agua que este ultimo genera en la subcuenca el jute mediante la creación de muros guardanivel para evitar que el tirante critico de la subcuenca se incremente generando como consecuencia inundaciones continuas en las áreas aledañas a la desembocadura.

#### Objetivo

Evitar las inundaciones continuas que se generan en época de lluvia en el Río El Jute en el tramo comprendido desde el Puente El Jute hasta la desembocadura, disminuyendo simultáneamente el arrastre de sedimentos que se genera dada la pendiente media que este posee.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### Resultados esperados

- ✚ Disminuir las constantes inundaciones que se generan en época de lluvia, principalmente cuando suceden precipitaciones continuas.
- ✚ Evitar la pérdida de cosechas de agricultores que limitan dentro del área descrita anteriormente, proyectando así el uso sostenible de los recursos en la subcuenca.

### Principales actividades

- ✚ Construcción de muros guardanivel para evitar incremento en el tirante crítico del río mediante la ayuda participativa de la comunidad El Havillal y mano de obra calificada.
- ✚ Construcción de muros guardanivel en tramos desde la naciente del río hasta la intersección del Puente El Jute a cada 500 metros con estructura de mampostería de piedra para evitar el arrastre de sedimentos.

### Tiempo de ejecución

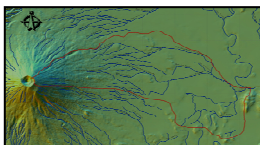
El tiempo de ejecución del proyecto será de 6 meses, con acciones progresivas a medida avance la materialización del plan.

### 4.6.3 Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en Centro

#### Turístico Monte Grande

#### Justificación

Es importante la creación de esta planta de tratamiento debido a que las aguas residuales que en este lugar se generan son depositadas directamente a la cuenca del río El Jute sin previo tratamiento incrementando así el índice de contaminación que este posee.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### Objetivo

Proyectar la protección del recurso hídrico de la subcuenca El Jute mediante mejorar la calidad de este, equilibrando así la oferta y demanda en cuanto a cantidad y calidad.

### Resultados esperados

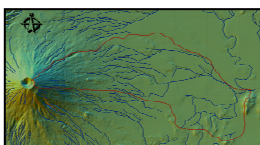
- ✚ Disminuir el índice de contaminación que actualmente posee el río El Jute para que los pobladores del sitio de interés tengan mejor calidad del recurso hídrico.
- ✚ Baja en la tasa de enfermedades de carácter gastrointestinales que se da en los habitantes del lugar como consecuencia del vertimiento de aguas residuales en la subcuenca y que por ende ellos consumen de este recurso.

### Principales actividades

- ✚ Construcción de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales por parte de los propietarios del Centro Turístico como los responsables directos del vertido de aguas servidas en la subcuenca.

### Tiempo de ejecución

El tiempo de ejecución del proyecto será de 5 meses, con acciones progresivas a medida avance la materialización del plan.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### 4.6.4 Construcción de obras de paso y drenaje menor en las zonas donde la escorrentía superficial es alta

#### Justificación

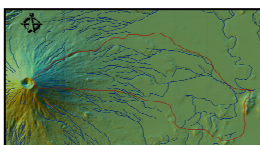
Es de tomar en cuenta las obras de paso como bóvedas, cajas de drenaje, pequeños puentes de hamaca, así como la construcción de obras de drenaje menor como derramaderos que es necesario construir en partes donde se genera el paso continuo de personas y en laderas del río donde la escorrentía es alta al grado de causa deslaves en los taludes, evitando así en la medida de lo posible pérdidas humanas que de alguna manera se pueden generar en épocas de constante lluvia.

#### Objetivo

Construcción de Obras de Paso y de Drenaje Menor que ayuden a evitar los deslaves en los taludes del río el jute y contribuir a que personas cercanas a la subcuenca puedan transitar libremente en época de lluvia sobre los tramos del río donde la escorrentía superficial de este es considerablemente alta como para causar una pérdida humana.

#### Resultados esperados

- ✚ Libre tránsito de personas que se estén trasladando de la ciudad de San Miguel hacia cualquier comunidad cercana al río El Jute y viceversa contribuyendo así al manejo sostenible de la subcuenca.
- ✚ Evitar la degradación del suelo específicamente en los taludes de la subcuenca.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### Principales actividades

- ✚ Construcción de Obras de paso como bóvedas, cajas de drenaje, pequeños puentes de hamaca, con mano de obra calificada y ayuda de las comunidades aledañas.
- ✚ Construcción de Obras de Drenaje Menor como derramaderos que contribuyan a evitar escorrentías superficiales severas en los taludes del río el jute así como puntos críticos donde se presente escorrentía alta que pueda causar deterioro en el suelo.

### Tiempo de ejecución

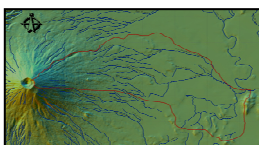
El tiempo de ejecución del proyecto será de 6 meses, con acciones progresivas a medida avanza la materialización del plan.

## 4.7 PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE TIERRAS

### Fundamento

Las características biofísicas predominantes en la subcuenca y su estrecha relación con las condiciones socioeconómicas de los usuarios de los recursos que ésta posee, ha conducido a un acelerado deterioro de los recursos naturales, especialmente en el suelo y agua, lo cual se refleja en los bajos niveles de fertilidad y rendimientos de los cultivos, una escasa cobertura vegetal y muy baja disponibilidad de agua en cantidad y calidad.

Los procesos de deterioro son básicamente una consecuencia del uso y manejo inadecuado, ya que los sistemas de producción predominantes (aproximadamente 80%) son los siguientes: maíz, sorgo, caña de azúcar, hortalizas y frijol, lo cual está estrechamente ligado a problemas de índole social, económico y técnico.







## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

Es necesario implementar una agricultura más diversificada, para buscar compensar los riesgos en la producción y contribuir de esa manera, a mejorar la seguridad alimentaria y aliviar las condiciones de extrema pobreza de las poblaciones beneficiarias. La mayoría de las tierras presentan restricciones para un manejo intensivo, por lo que es necesario implementar prácticas orientadas a recuperar los niveles de deterioro, tratando en lo posible de conciliar la producción y la conservación de los recursos naturales.

### **Objetivo**

Este programa tiene como objetivo contribuir a revertir los procesos de deterioro de los recursos naturales de la subcuenca, a través de la introducción de técnicas más diversificadas y sostenibles en los sistemas de producción de pequeños y medianos productores y productoras, para contribuir a mejorar la dieta alimenticia y los niveles de pobreza.

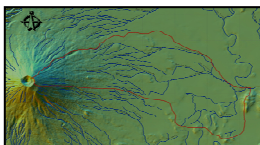
### **Proyectos**

Este programa tiene dos proyectos.

#### **4.7.1 Manejo sostenible del suelo y agua en la subcuenca del Río El Jute**

##### **Justificación**

La mayoría de las tierras de la subcuenca presentan restricciones para la producción de granos básicos, hortalizas y caña de azúcar y más aun cuando éstos se cultivan sin un manejo adecuado. Sin embargo, son cultivos importantes para la población, porque representan la base de la dieta alimenticia y generación de ingresos.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

El deterioro de los suelos en estas áreas está asociado también, a la quema de los rastrojos y la utilización de éstos para alimentación del ganado, lo que genera una escasa cobertura del suelo y por ende mayores problemas de erosión y pérdida de la fertilidad, poca capacidad de infiltración de agua a los mantos acuíferos, entre otros.

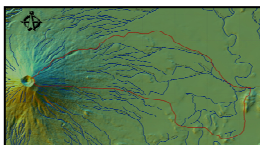
Con este proyecto se implementarán diversas prácticas y obras de conservación de suelo y agua, para aumentar los niveles de cobertura del suelo, promover el reciclaje de nutrientes, disminuir la escorrentía y erosión del suelo, y mejorar la conservación y cosecha de agua en la subcuenca en general. Como estrategia principal de intervención se promoverán los planes integrales. El proyecto se desarrollara en la parte alta, media y baja de la subcuenca.

### Objetivo

Disminuir los niveles de deterioro del suelo a través de la introducción de prácticas y obras de conservación de suelos y agua a nivel de la zona de estudio, con el propósito de mejorar los niveles de producción de las comunidades de la subcuenca del Río El Jute.

### Resultados esperados

- ✚ Mejores niveles de cobertura del suelo, especialmente en 200 parcelas dedicadas a la producción de granos básicos.
- ✚ Aumento de la productividad de los suelos, a través del reciclaje de nutrientes y la disminución de la erosión.
- ✚ Aumento de la productividad e ingresos de 200 parcelas.
- ✚ Mayor diversificación de la producción y dieta alimenticia mejorada en 200 pequeños productores y productoras de la subcuenca.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

- ✚ Mayores niveles de infiltración de agua en el suelo, así como mayor disponibilidad de agua en cantidad y calidad para las comunidades.

### Principales actividades

- ✚ Elaboración y ejecución de planes en parcelas de forma participativa con los productores y productoras de acuerdo a las condiciones biofísicas y socioeconómicas.
- ✚ Desarrollar jornadas de capacitación a productores y productoras en las diferentes prácticas incluidas en los planes.
- ✚ Establecimiento de parcelas demostrativas.
- ✚ Realización de días de logros, giras de campo y otras actividades de extensión.
- ✚ Promover la asociatividad para la producción entre los productores y productoras.

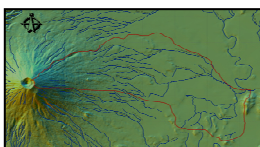
### Tiempo de ejecución

El tiempo de ejecución del proyecto será de 4 años, con acciones progresivas a medida avanza la materialización del plan.

#### 4.7.1.1 Incremento de la cobertura arbórea en la subcuenca del Río El Jute

##### Justificación

La cobertura arbórea en la subcuenca se ha reducido considerablemente, debido a: construcción de urbanizaciones, subutilización de las pocas áreas de vegetación secundaria que existen, alta incidencia de quemadas y el elevado consumo de leña como la principal fuente de energía en los hogares. Esto ha generado mayor degradación del suelo, eliminación de fuentes de agua y pérdida de la biodiversidad, entre otras. El proyecto incluye la implementación de diversas modalidades de sistemas agroforestales





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

en la zona, reforestación de áreas estratégicas y delimitación y recuperación natural de áreas altamente susceptibles. El proyecto se desarrollara en la parte alta, media y baja de la subcuenca.

### Objetivo

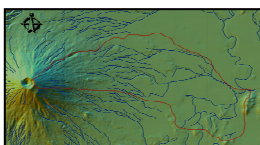
Incrementar la cobertura arbórea de la subcuenca, a través de la implementación de sistemas agroforestales y reforestación, con la finalidad de reducir los niveles de deterioro de los recursos naturales y mejorar las condiciones socioeconómicas de las familias.

### Resultados esperados

- ✚ Incremento de la cobertura arbórea en 2.7 km<sup>2</sup> que comprende parcialmente la subcuenca propiciando así la protección del acuífero y por extensión un adecuado abastecimiento de agua superficial.
- ✚ Mayor disponibilidad de productos forestales en parcelas
- ✚ Mayor capacidad de retención e infiltración de agua en el suelo y por ende mayor aporte a los mantos acuíferos.
- ✚ Mejores condiciones para el incremento de la biodiversidad en general.
- ✚ Aprobación de ordenanzas municipales para la protección y recuperación de áreas degradadas y de alta susceptibilidad a desastres.
- ✚ Mejores condiciones ambientales de la subcuenca en general

### Principales actividades a realizar

- ✚ Desarrollar jornadas de capacitación a diferentes niveles sobre: establecimiento de viveros, sistemas agroforestales, establecimiento y manejo de plantaciones, aprovechamiento forestal, entre otros.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

- ✚ Establecimiento de viveros comunales en puntos estratégicos dentro de la subcuenca.
- ✚ Establecimiento de parcelas energéticas
- ✚ Implementación de sistemas agroforestales en los sistemas de producción de los pequeños productores.
- ✚ Reforestación de áreas críticas identificadas en la subcuenca.
- ✚ Establecimiento de parcelas demostrativas.
- ✚ Realización de días de logros, giras de campo y otras actividades de extensión.
- ✚ Promover la asociatividad para la producción entre los productores.
- ✚ Gestión ante alcaldías municipales, para la formulación de ordenanzas municipales para la protección y recuperación de áreas altamente susceptibles a deslizamientos.

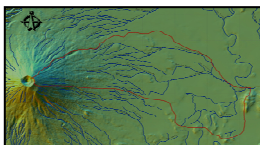
### **Duración del proyecto**

El período de ejecución de este proyecto será de 5 años.

### **4.7.1.2 Promover la diversificación de la producción a nivel de pequeñas zonas de la subcuenca del Río El Jute**

#### **Justificación**

Los sistemas de producción predominantes en la subcuenca del Río El Jute son los granos básicos, principalmente maíz, frijol, sorgo, hortalizas y caña de azúcar. En general, son sistemas de subsistencia con bajos niveles de tecnología, producción y rentabilidad económica, los cuales generan problemas de degradación de suelo y de los recursos naturales en general. Además, en la mayoría de los casos no satisfacen las necesidades básicas de la familia. Para mejorar o mitigar esta situación problemática, es





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

necesario seleccionar e introducir nuevos rubros, considerando las condiciones biofísicas, sociales, económicas y de mercado en cada comunidad.

### Objetivo

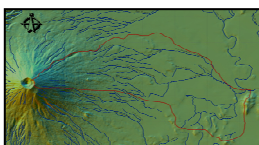
Este proyecto tiene como objetivo promover la incorporación de nuevas opciones productivas en los sistemas de producción de pequeños productores y productoras de la zona, con la finalidad de hacer un mejor aprovechamiento de los recursos del área de la subcuenca y mejorar y diversificar la producción y la dieta de las familias.

### Resultados esperados

- ✚ Incorporación de nuevas opciones productivas en parcelas.
- ✚ Mayor disponibilidad de productos para la dieta de familias en la subcuenca.
- ✚ Mejores niveles de ingreso de productores y productoras por la incorporación de productos más rentables que generarán excedentes económicos.
- ✚ Mayor asociatividad de los productores y productoras para hacer frente al proceso productivo en general.
- ✚ Reducción de los niveles de deterioro de los recursos naturales, a nivel de parcelas y de toda la subcuenca en general, debido a que se reducirán las áreas dedicadas a los granos básicos y por ende las principales causas de deterioro.

### Principales actividades

- ✚ Caracterización y diagnóstico de las parcelas con potencial para la diversificación.
- ✚ Capacitación de productores y productoras en las nuevas técnicas de producción y diversificación.
- ✚ Promoción y fortalecimiento de la organización de productores y productoras.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

- ✚ Incorporar y mejorar las técnicas de captación y uso del agua en las parcelas.
- ✚ Establecimiento de parcelas demostrativas.
- ✚ Realización de días de logros, giras de campo y otras actividades de extensión.
- ✚ Realizar estudios de mercado para los excedentes de producción.
- ✚ Promover técnicas para la agregación de valor a la producción.

### Tiempo de ejecución

La duración del proyecto será de 3 años.

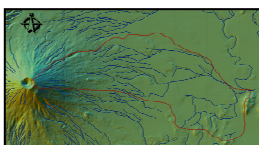
## 4.8 PROGRAMA DE DESARROLLO PECUARIO

### Fundamento

En la subcuenca del Río El Jute, predominan explotaciones pecuarias de subsistencia con bajos niveles de tecnología, que en la mayoría de los casos responden a una estrategia de sobrevivencia que no alcanza a satisfacer las necesidades mínimas de las familias, debido a los bajos niveles de producción y alta incidencia de enfermedades. Este programa pretende apoyar técnicamente tanto a las familias que poseen animales de traspatio que proveen alimento en el corto plazo, así como a productores(as) de pequeña escala de otro tipo de explotación animal (vacunos, cerdos, etc.).

### Objetivo

Este programa tiene como objetivo, incrementar los niveles de producción animal, a través de la implementación de tecnologías accesibles y de bajo costo, para un mejor manejo de los sistemas pecuarios que contribuyan a mejorar la dieta de las familias de la subcuenca del Río El Jute.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### Proyectos

Este programa está compuesto por dos proyectos

#### 4.8.1 Incremento de la producción de forrajes en pequeñas explotaciones de la subcuenca del Río El Jute

##### Justificación

La alimentación animal en las explotaciones ganaderas de la subcuenca, es una fuerte limitante sobre todo durante la época seca. El ganado es manejado en sistemas de pastoreo extensivo en pasturas degradadas y en áreas de rastrojos de maíz y sorgo, lo que ocasiona mayor degradación del suelo y de los recursos en general, por lo que se hace necesario incorporar nuevas técnicas de producción y conservación de forraje, para mejorar los rendimientos de las explotaciones y contribuir a revertir los procesos de deterioro de los recursos naturales, especialmente el suelo y la vegetación.

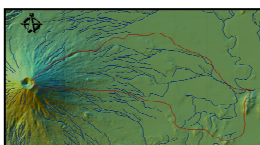
##### Objetivo

Este proyecto tiene como objetivo, mejorar los rendimientos de las explotaciones pecuarias de la subcuenca del río El Jute, a través de la implementación de nuevas técnicas de producción, manejo y conservación de forrajes.

##### Resultados esperados

Los resultados esperados con la implementación de este proyecto son los siguientes:

- ✚ Mayor disponibilidad de productos en cantidad y calidad, para la alimentación de ganado bovino en las parcelas, especialmente durante la época seca.
- ✚ Reducción del deterioro del suelo y la vegetación en general, por la disminución de los sistemas de pastoreo extensivo.







## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

- ✚ Adopción de técnicas de producción, manejo y conservación de forraje por parte de pequeños productores de la subcuenca.

### Actividades principales

- ✚ Para mejorar la alimentación del ganado durante la época seca, se promoverán las prácticas de conservación de forraje en forma de heno, guateras y ensilajes.
- ✚ Capacitación a productores en las nuevas técnicas introducidas.
- ✚ Establecimiento de parcelas demostrativas.
- ✚ Realización de días de logros, giras de campo y otras actividades de extensión.
- ✚ Promover la asociatividad para la producción entre los productores de la subcuenca.

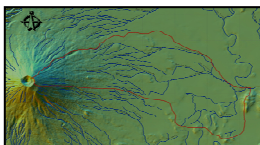
### Duración del proyecto

Este proyecto tendrá una duración de 5 años.

#### 4.8.2 Incremento de la producción de especies menores en la subcuenca del Río El Jute

##### Justificación

En la subcuenca del Río El Jute predomina la producción de aves de traspatio y otras especies menores en pequeña escala, caracterizadas por un inadecuado manejo de los animales y ausencia de planes profilácticos. Bajo estas condiciones, las producciones son muy bajas y las tasas de mortalidad muy elevadas. Tomando en cuenta que las familias rurales obtienen parte de la dieta alimenticia de este componente, es necesario fortalecer la producción de este rubro, incorporando nuevas técnicas de manejo y opciones productivas que generen mayores ingresos, diversificando la producción e integrando pequeñas granjas de pollos de engorde, nuevas razas de aves de traspatio, abejas, conejos, entre otros.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### Objetivo

El objetivo general de este proyecto es incrementar la producción de alimentos de origen animal, a través de la introducción de técnicas y especies mejoradas en las pequeñas explotaciones de la subcuenca del río El Jute.

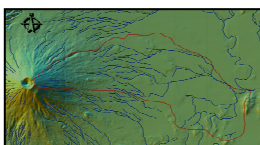
### Resultados esperados

Con la implementación de este proyecto se espera beneficiar a productores y productoras que se dedican a la crianza de especies menores en la subcuenca, y obtener los resultados siguientes:

- ✚ Mejorar las técnicas de manejo de los animales e incrementar los rendimientos.
- ✚ Disminuir o erradicar las tasas de mortalidad de los animales.
- ✚ Introducir especies mejoradas en las distintas explotaciones para mejorar el genotipo.
- ✚ Diversificación de la producción animal en toda la subcuenca.

### Actividades Principales

- ✚ Elaboración del diagnóstico específico.
- ✚ Capacitación a productores y productoras en las áreas de género, técnicas de manejo de especies menores, sanidad avícola y otros.
- ✚ Implementar campañas masivas de vacunación de aves de traspatio, bovinos y equinos.
- ✚ Implementación de módulos para mejorar el manejo tradicional de aves de traspatio.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

- ✚ Se implementaran métodos de extensión tales como: módulos de especies menores, giras de campos, días de logros con los productores, capacitaciones, asistencia técnica.
- ✚ Se promoverá la asociatividad entre los productores.

### **Duración del proyecto**

El proyecto se ejecutará en 3 años.

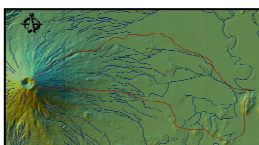
## **4.9 PROGRAMA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL**

### **Fundamento**

Este programa se fundamenta en la búsqueda de mejores condiciones sanitarias y la solución integral de los principales problemas ambientales que enfrentan las comunidades de la subcuenca, como son la escasez de agua, la contaminación de las pocas fuentes existentes y el manejo inadecuado de los desechos sólidos. Una de las metas prioritarias de este programa es mejorar la disponibilidad de agua tanto en cantidad como en calidad para la población.

### **Objetivo**

El objetivo principal de este programa es revertir los problemas de deterioro ambiental en la subcuenca, a través de la implementación tecnologías y el impulso de la educación ambiental a todos los niveles, como estrategia principal para lograr cambios de actitud en las personas y mejorar las condiciones ambientales en general.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### Proyectos

Este programa tiene dos proyectos.

#### 4.9.1 Protección y captación de fuentes de agua en la subcuenca del Río El Jute

##### Fundamento

La escasez de agua y la contaminación de las fuentes existentes, son dos de los principales problemas ambientales en la subcuenca, los cuales tienen como causas, entre otras, la falta de protección adecuada y el mal uso y manejo que se hace de ellas por la población. Esto trae como consecuencias, una alta incidencia de enfermedades gastrointestinales, poca disponibilidad en los períodos críticos y una fuerte inversión de tiempo y dinero de parte de la población para obtenerla. Por lo que es urgente y muy necesario, implementar un proyecto orientado a la protección física de las fuentes y fortalecimiento de las zonas de recarga, educación de la población usuaria para hacer un mejor uso del recurso, así como la introducción de métodos de captación y almacenamiento de aguas lluvias.

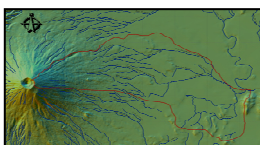
##### Objetivo

Mejorar la producción hídrica en cantidad y calidad en las comunidades de la subcuenca, a través de la introducción de métodos de captación y almacenamiento de aguas y la educación ambiental y protección de las fuentes existentes y sus zonas de recogimiento.

##### Resultados esperados

Entre los principales resultados que se esperan lograr con la implementación de este proyecto, se mencionan los siguientes:

- Protección física de las fuentes de agua.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

- ✚ Erradicación o reducción de las fuentes de contaminación.
- ✚ Cambio de actitud de la población usuaria del recurso en toda la subcuenca.
- ✚ Adopción por parte de la población, de nuevas técnicas de captación y almacenamiento de agua a nivel familiar o comunal.
- ✚ Organización de la población para hacer un uso más sostenible del recurso hídrico.

### Actividades principales

- ✚ Identificación, delimitación y protección de las fuentes de agua en toda la subcuenca.
- ✚ Implementar campañas de educación ambiental y saneamiento básico con estudiantes, maestros y productores.
- ✚ Establecer viveros forestales en sitios estratégicos
- ✚ Reforestar áreas de recogimiento y protección de las fuentes de agua.
- ✚ Implementar giras de campo para conocer experiencias similares, talleres de capacitación, días de campo, etc.

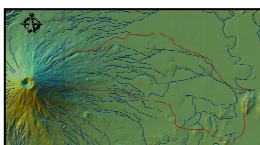
### Duración del proyecto

El proyecto tendrá una duración de 3 años.

#### 4.9.2 Introducción de cocinas mejoradas y letrinas en la subcuenca del Río El Jute

##### Justificación

Uno de los principales problemas de la subcuenca es la deforestación, la cual tiene entre otras causas, la alta incidencia de quemas, la utilización de pequeñas áreas de vegetación secundaria para la producción agrícola y el elevado consumo de leña por las comunidades, como principal fuente de energía. Este problema está asociado también a





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

la escasez y contaminación de fuentes de agua por el mal manejo de desechos sólidos y de las excretas.

Este proyecto incluirá la incorporación de cocinas mejoradas y letrinas aboneras en las comunidades de la subcuenca, combinado con un componente de capacitación y educación ambiental, pretendiendo contribuir a la solución de estos problemas en el mediano plazo.

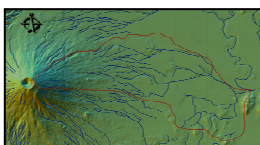
### **Objetivo**

Mejorar las condiciones sanitarias de las comunidades y disminuir los niveles de deforestación en la subcuenca, a través de la introducción de letrinas y cocinas mejoradas.

### **Resultados esperados**

Con la implementación de este proyecto se espera obtener los resultados siguientes:

- ✚ Disminuir los problemas de contaminación debidos a la mala disposición de excretas.
- ✚ Mejorar las condiciones sanitarias tanto en los hogares como en la subcuenca en general.
- ✚ Disminuir los niveles de deforestación, al disminuir el consumo de leña en los hogares.
- ✚ Mayores niveles de concientización en la población.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### Actividades principales

- Realizar diagnósticos participativos para profundizar y analizar el problema identificado.
- Organizar a las comunidades para crear un comité ambiental, así mismo a través de talleres de consulta se seleccionará el modelo de estufa a construir.
- Capacitar a las comunidades para hacer un uso adecuado de las letrinas y cocinas.
- Implementar técnicas sencillas para el manejo de desechos sólidos en las comunidades.
- Desarrollar giras de intercambio de experiencias para motivar a la población beneficiaria.
- Construcción de letrinas y cocinas en los hogares.

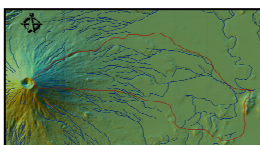
### Duración

El proyecto tendrá una duración aproximada de 4 años.

## 4.10 PROGRAMA DE DESARROLLO LOCAL

### Fundamento

Este programa está fundamentado en el fortalecimiento y fomento de la coordinación de los actores internos y externos de la subcuenca, articulándolos con los gobiernos municipales como entes promotores del desarrollo, bajo el principio de que la organización y la asociatividad son fundamentales para lograr un desarrollo sostenible a nivel local en lo económico, social y ambiental.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### **Objetivo**

Este programa tiene como objetivo, mejorar los servicios básicos en general en la subcuenca, a través del fortalecimiento y consolidación de las capacidades locales, la asociatividad y la capacitación, para lograr en el mediano plazo la capacidad de autogestionar, así como un mayor desarrollo de las comunidades.

### **Proyecto**

Este programa tiene un solo proyecto.

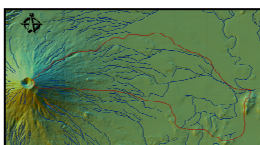
#### **4.10.1 Mejoramiento de los servicios básicos de la subcuenca del Río El Jute**

##### **Justificación**

El poco desarrollo alcanzado por las comunidades de la subcuenca es debido en gran parte, a la falta de servicios básicos como energía eléctrica, agua potable, salud, infraestructura y medios de transporte adecuados. Son varias las causas de esta situación, siendo una de las principales, la débil organización de las comunidades, lo que se traduce en una baja capacidad de gestión y negociación ante los gobiernos locales, instituciones nacionales y no gubernamentales que tienen presencia en la zona. Este proyecto pretende fortalecer la organización interna de las comunidades para mejorar sus capacidades autogestionarias, apoyarlas directamente en la obtención y mejora de los servicios básicos.

### **Objetivo**

Contribuir a mejorar los servicios básicos de la subcuenca del río El Jute, a través del fortalecimiento de la organización y la capacidad de gestión de las comunidades, promoviendo la asociatividad como estrategia fundamental para lograr el desarrollo.







## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### Resultados esperados

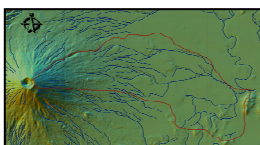
- ✚ Fortalecimiento de la capacidad organizativa y de autogestión de las comunidades.
- ✚ Mejoramiento de la infraestructura básica para facilitar la movilización tanto interna como externa en la subcuenca.
- ✚ Mayor y mejor acceso por parte de la población a los servicios de salud.
- ✚ Incorporación del servicio de energía eléctrica en la mayor parte de las comunidades de la subcuenca.
- ✚ Más comunidades con acceso a un mejor servicio de agua potable.

### Actividades principales

- ✚ Realizar diagnósticos en los cantones y caseríos.
- ✚ Consolidar y fortalecer la organización a diferentes niveles: ADESCOS, Asociaciones de productores y productoras, comités de agua, salud, medio ambiente, etc.
- ✚ Desarrollar un proceso de selección y formación de líderes jóvenes para capacitarlos en las áreas de desarrollo local, medio ambiente, desarrollo empresarial y otros.
- ✚ Formulación de proyectos de desarrollo y gestión de recursos ante donantes, gobiernos locales, gobierno central, ONGs y otros.
- ✚ Talleres de capacitación en los cantones y caseríos.

### Duración del proyecto

Este proyecto tendrá una duración de 5 años.





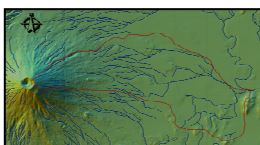
## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### 4.11 UNIDAD EJECUTORA DEL PLAN DE MANEJO

Para facilitar la operativización del plan de manejo, se creará el “Comité de Manejo de la subcuenca del Río El Jute” cuya estructuración estará dada de acuerdo como se detalla (Figura 4.11.1), COMITÉ, el cual estará conformado por representantes de cada una de las organizaciones de la subcuenca.

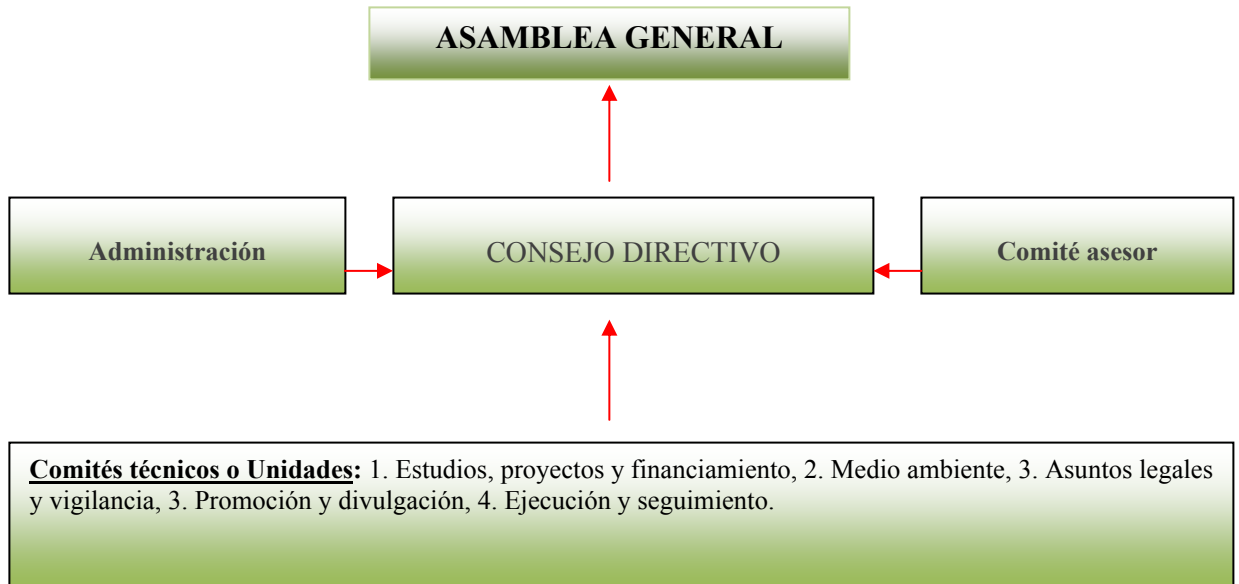
El plan de manejo será retomado y adoptado por el COMITÉ, como un instrumento directriz que contiene las principales acciones para lograr el desarrollo integral de la subcuenca, y por lo tanto será un instrumento de negociación y gestión ante diferentes instancias locales, nacionales y regionales para la obtención de recursos para la ejecución del mismo.

Una estructura sencilla para la creación de un Comité de Cuenca es la mostrada en el siguiente esquema:





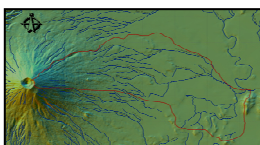
## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE



**FIGURA 4.11.1:** Esquema de estructura de comité de cuencas.

Entre las funciones del COMITÉ están las siguientes:

- ✚ Tomar las decisiones internas en relación a los cambios/ ajustes que se requieran para mejorar el plan y que sean de interés común para el COMITÉ. Las decisiones deben ser tomadas por consenso o por mayoría de sus miembros.
- ✚ Socializar el plan entre todos sus miembros para que éstos lo internalicen en todas las comunidades de la subcuenca.
- ✚ Gestionar ante diferentes instancias, el apoyo para la ejecución del plan.
- ✚ Mantener una comunicación permanente con todas las comunidades de la subcuenca.
- ✚ Promover la participación de los miembros de las comunidades en los diferentes proyectos/ actividades contempladas en el plan.
- ✚ Participar junto con las ADESCO locales, en el proceso de monitoreo y evaluación del plan.





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

### 4.12 MONITOREO Y EVALUACION DEL PLAN DE MANEJO

La ejecución del plan de manejo de la subcuenca del Río El Jute, requerirá de supervisión, control y evaluación en el tiempo y espacio, para medir la efectividad de los cambios propuestos y poder así sobre la marcha, hacer los ajustes necesarios y la aplicación de medidas correctivas. Este proceso deberá hacerse en una forma participativa con todos los actores involucrados en la ejecución del plan.

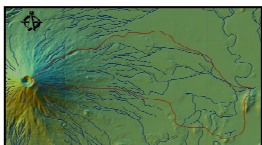
Este componente tiene por objeto, proveer la información técnica y administrativa necesaria para llevar el control del plan y evaluar en el mediano y largo plazo sus resultados, en cuanto a efectividad y eficiencia.

El monitoreo y evaluación estará a cargo del COMITE, quienes deberán establecer una metodología que permita la participación de todos los actores involucrados en la ejecución de las diferentes actividades de los proyectos.

La intensidad y el método a utilizar, estará en función de los recursos tanto económicos, técnicos y humanos.

#### 4.13.1 El monitoreo del plan

El proceso de monitoreo consiste en la recopilación ordenada de la información pertinente y relevante, que permita durante la ejecución del Plan, una medición sistemática del grado de consecución de los objetivos propuestos y resultados esperados en cada proyecto. Esto se hará a través de los indicadores. Un indicador es una expresión sintética y específica, que señala una condición, característica o valor determinado en el tiempo. Pueden ser cualitativos y cuantitativos, dependiendo de la naturaleza de lo que





## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

se requiere evaluar, deben ser medibles y verificables, deben permitir el reconocimiento del éxito, fracaso o avance de la intervención.

Los indicadores conducen a clarificar el significado de los objetivos del plan y de los proyectos, y proporcionan las bases para evaluar el cumplimiento de los objetivos y monitorear los avances.

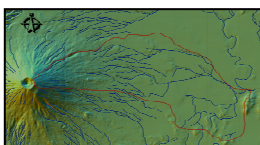
El punto de partida y de referencia para hacer las evaluaciones durante el proceso, serán los indicadores identificados en el diagnóstico y que constituyen la línea base del plan, así como otros que se identifiquen al momento de iniciar la ejecución de los programas y proyectos.

### 4.13.2 La evaluación del plan

La evaluación de la información recolectada durante la fase de monitoreo, permitirá cuantificar los beneficios obtenidos, comparándolos con la línea base o situación sin proyecto.

A través de la evaluación se podrán hacer las cuantificaciones y valoraciones necesarias para cada indicador, analizándolos en 4 situaciones diferentes:

- a. El valor del indicador medido al inicio del plan ( $V_i$ ).
- b. El valor del indicador previsto en el futuro sin proyecto ( $V_{sp}$ ).
- c. El valor del indicador previsto en el futuro con proyecto ( $V_{cp}$ ).
- d. El valor del indicador en el momento de medición ( $V_m$ ).



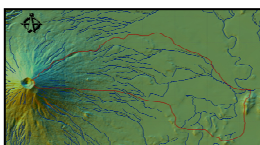


## CAPITULO IV: PLAN DE PROTECCION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

Esto permitirá obtener lo siguiente:

- a. Cambio logrado (Cl) =  $V_m - V_i$ .
- b. Cambio deseado (Cd) =  $V_{cp} - V_i$ .

Esto se hará en la fase intermedia como al final de la evaluación, o en las diferentes fases de evaluación que sean definidas.



**CAPITULO V**

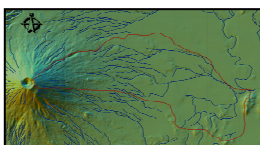
**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**



### 5.1 INTRODUCCION

Una vez realizado el plan de protección y manejo integral del recurso hídrico, en base al diagnóstico de la subcuenca “El Jute”, pasamos a la etapa final de la investigación la cual está compuesta por conclusiones y recomendaciones, estas se encuentran fundamentadas en toda nuestra investigación tanto preliminar como de campo, así también están encaminadas a mejorar las condiciones ambientales, la protección del recurso hídrico, y por ende las condiciones de vida de las poblaciones aledañas a la subcuenca.

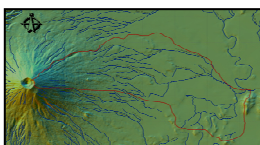






### 5.2 CONCLUSIONES

- ✚ La inoperancia de leyes orientadas al manejo del recurso hídrico en El Salvador, se torna en una de las limitantes principales para la gestión sostenible de este recurso en nuestro país, así como la carente educación y cultura ambiental de las distintas comunidades a nivel nacional.
- ✚ Las descargas puntuales de aguas servidas, representa uno de los principales focos de contaminación más importante en el Río El Jute, debido al vertido de aguas negras generadas por el Centro Turístico Monte Grande y La Universidad de El Salvador (UES).
- ✚ La calidad del agua en la subcuenca del Río El Jute, muestra incremento en la contaminación conforme se desciende de las partes altas a las bajas. De igual forma el recurso se ha deteriorado con el pasar del tiempo debido al incremento poblacional que ha obligado a las comunidades a ocupar espacios cada vez más cercanos a las fuentes, originando mayor cantidad de residuos que alteran las condiciones naturales del recurso.
- ✚ La regulación del recurso agua, es más estricta en la medida que esta es más escasa. Las comunidades de la parte alta y media presentan bajos niveles de regulación, principalmente en sistemas de riego.
- ✚ Para lograr el desarrollo y manejo sostenible de los recursos naturales de la subcuenca del Río El Jute es necesario integrar múltiples características:

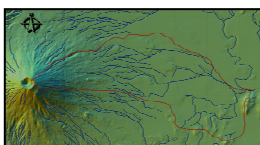




## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

culturales, sociales, políticas, institucionales, económicas, físicas y ambientales; las que tienen que ser estudiadas y analizadas de manera integral, con un enfoque global y con la participación activa de los actores locales.

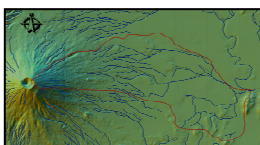
- ✚ El diagnóstico de la subcuenca del Río El Jute, constituye una etapa importante del proceso de planificación ambiental, ya que permite realizar el inventario de recursos, su evaluación e interpretación, dimensionar las necesidades y soluciones de manera participativa con los actores locales de la problemática que se presenta en cada uno de los cantones y caseríos. Sirve para conocer y/o evaluar la vocación, capacidad, estado o situación integral de la subcuenca con todos sus componentes, elementos y actores. El inventario de recursos incluye información no sólo de la subcuenca, sino también sobre su entorno biofísico, socioeconómico, tecnológico, productivo, institucional y legal.
- ✚ La participación no debe ser vista como una concesión, sino como un legítimo derecho de los actores locales. Es un proceso mediante el cual se dota de poder a los actores locales para que puedan movilizar sus capacidades, convertirse en actores sociales antes que en sujetos pasivos, manejar sus recursos, tomar decisiones y controlar las actividades que afectan sus vidas. Significa que los actores locales contribuyen a la aceleración del desarrollo socioeconómico y mejoramiento de la calidad ambiental de la subcuenca.





### 5.3 RECOMENDACIONES

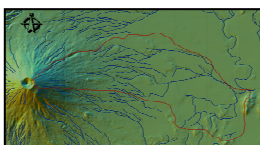
- ✚ Como alternativa para el manejo sustentable del recurso hídrico se propone la creación de un “Comité de Cuencas”, conformado por representantes de todas las comunidades asentadas en la subcuenca del Rio El Jute, que gestione el manejo y la conservación del agua.
- ✚ Fortalecer las capacidades del COMITE, como ente responsable de la gestión y coordinación del plan, para garantizar una buena ejecución y los resultados esperados del mismo.
- ✚ Creación de planta de tratamiento de aguas residuales por parte de los propietarios del Centro Turístico Monte Grande y futuras urbanizaciones a construir.
- ✚ Involucrar en los programas y proyectos contemplados en el plan a los distintos actores locales que tienen incidencia con el área de estudio, entre los que resaltan están: Alcaldía Municipal de San Miguel, Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales como entes reguladores de las distintas actividades contempladas en el “Plan de Protección y Manejo”.
- ✚ Promover planes municipales de divulgación, comunicación y coordinación de acciones con las organizaciones e instituciones locales, dejando de lado los aspectos sociopolíticos.





## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

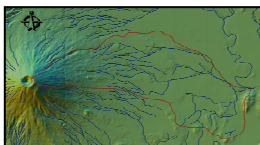
- ✚ Implementar y fortalecer planes de educación ambiental en los cantones y caseríos de la subcuenca del Río El Jute.
  
- ✚ Es necesario fomentar acciones de cultura hídrica a través de las instituciones involucradas con la comunidad con el apoyo de los dirigentes locales, en donde las herramientas utilizadas deben ser innovadoras en el sentido que logren atraer la atención de la mayoría de los habitantes, tanto de la población infantil como la adulta, que les permita adquirir conocimientos teóricos y prácticos para el cuidado de sus recursos, de la misma manera se hace necesario que estos procesos tengan continuidad y seguimiento para asegurar el éxito esperado.
  
- ✚ Es recomendable realizar un estudio socioeconómico sobre la posibilidad de dar un valor al recurso hídrico, como un insumo en el manejo de los cultivos agrícolas. De esta manera, los productores dejarán de ver al medio ambiente como un insumo gratuito, lo que conllevará a un uso más racional.
  
- ✚ Es necesaria la creación de incentivos o estímulos para incluir prácticas de conservación del recurso hídrico en los procesos productivos. Es decir, mecanismos para generar premios para aquellos productores que realizan acciones que favorezcan a la protección del medio ambiente, y con ello al bienestar de toda la población.





## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

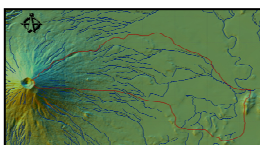
- ✚ El desarrollo de nuestra investigación contempla exclusivamente el estudio del agua superficial. Sin embargo, es recomendable realizar más investigaciones hidrogeológicas que permitan conocer mejor el comportamiento del acuífero en la zona de estudio para obtener resultados más precisos para la planificación de las medidas preventivas de conservación de las aguas subterráneas y superficiales.
- ✚ Cuando se desee conducir y facilitar un proceso de planificación ambiental participativa, como es el caso de nuestra investigación denominada “Plan de Protección y Manejo Integral del Recurso Hídrico”, es requisito indispensable y necesario la participación activa del gobierno(s) municipal(es) cuya delimitación político-administrativa coincida con el parteagua de la subcuenca objeto de planificación. Esto permitirá incorporar el enfoque de manejo de cuenca municipal e interacción cuenca-municipio y además asegurará el liderazgo de la municipalidad en el proceso de planificación.
- ✚ La participación municipal, de las instituciones locales y de los grupos comunales organizados (ADESCO) es un factor clave y relevante para el manejo integrado de la subcuenca del Río El Jute.
- ✚ Es fundamental tener en cuenta la premisa que las acciones para el manejo integrado de la subcuenca del Río El Jute no pueden ser asumidas por una sola institución, sino por la acción concertada y colaborativa de las diferentes instituciones que realizan acciones en dicha subcuenca.



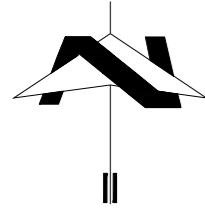


## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

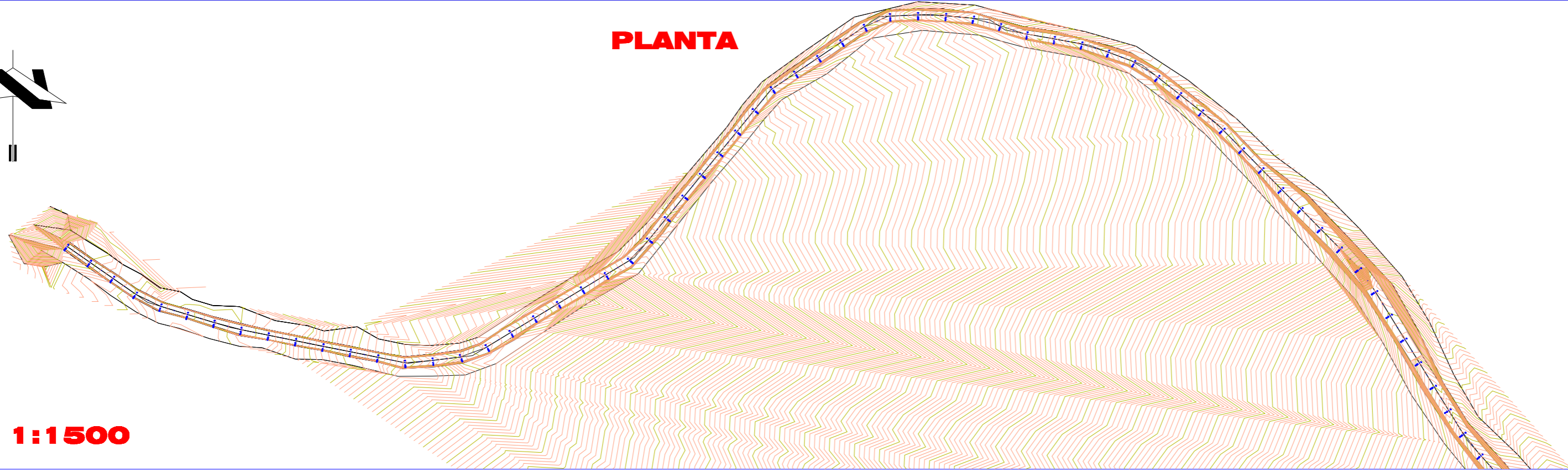
- ✚ La Alcaldía Municipal de San Miguel debe tomar el liderazgo para la cooperación y coordinación interinstitucional. Las acciones requeridas para el ordenamiento de los recursos naturales de la subcuenca del Río El Jute son diversas, de carácter intersectorial y multidisciplinario. Bajo los retos de la descentralización, es imprescindible que los organismos del estado asuman sus roles de servidores públicos y colaboren con los dos gobiernos municipales como sus clientes, en el caso de la Alcaldía puede unir esfuerzos con las distintas instituciones de gobierno responsables para gestionar la protección del recurso hídrico en la subcuenca.
- ✚ Para que las estrategias (institucionales y operativas) contenidas en el PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO tengan éxito se debe establecer claramente que la responsabilidad última de la aplicación de las políticas ambientales es de todos los actores que habitan en la subcuenca, y no de las autoridades locales. Que las acciones ambientales correctoras deben ser comprendidas y avaladas por los actores locales, quiénes se deberán comprometer a la implementación de los distintos programas y proyectos que comprende el Plan.



# PLANOS

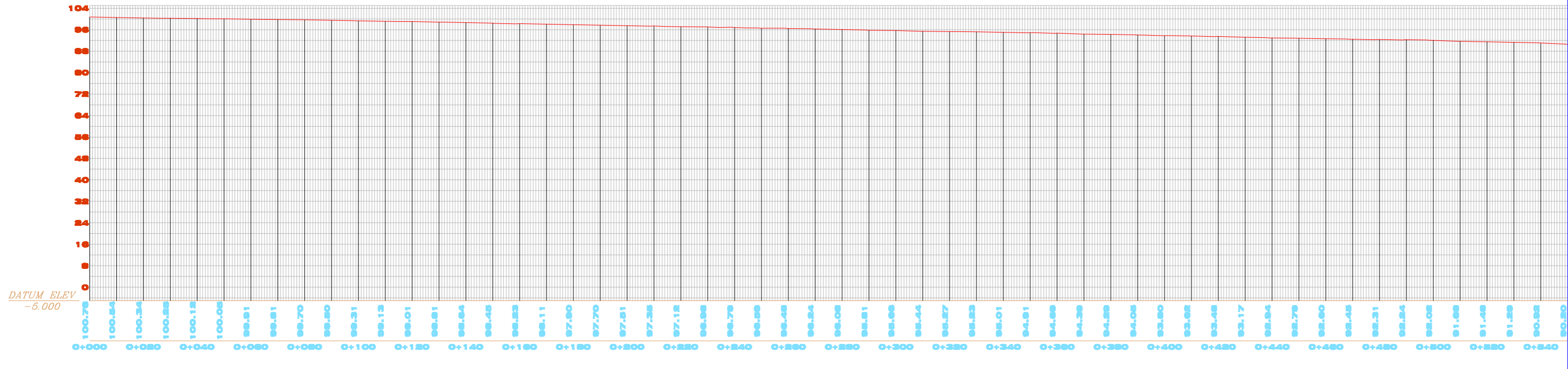


# PLANTA



**ESC. 1:1500**

# PERFIL



**ESC H. 1:1500**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

### PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

### PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

### UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

### DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

### PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

### CONTENIDO

PLANTA - PERFIL 0+000 - 0+540

### ESCALAS

INDICADAS

### FECHA

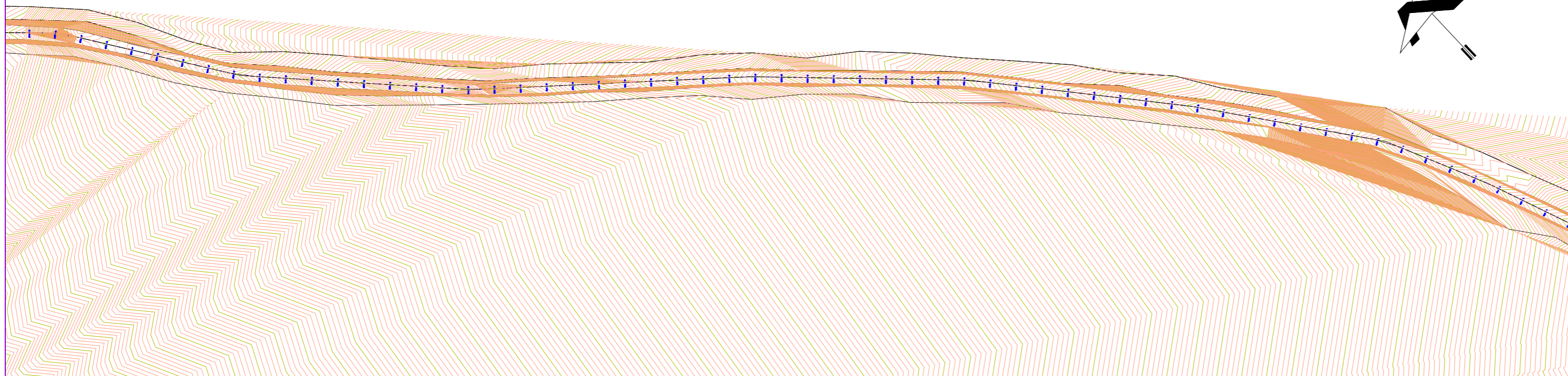
SEPTIEMBRE DE 2008

### HOJA N°

1/35

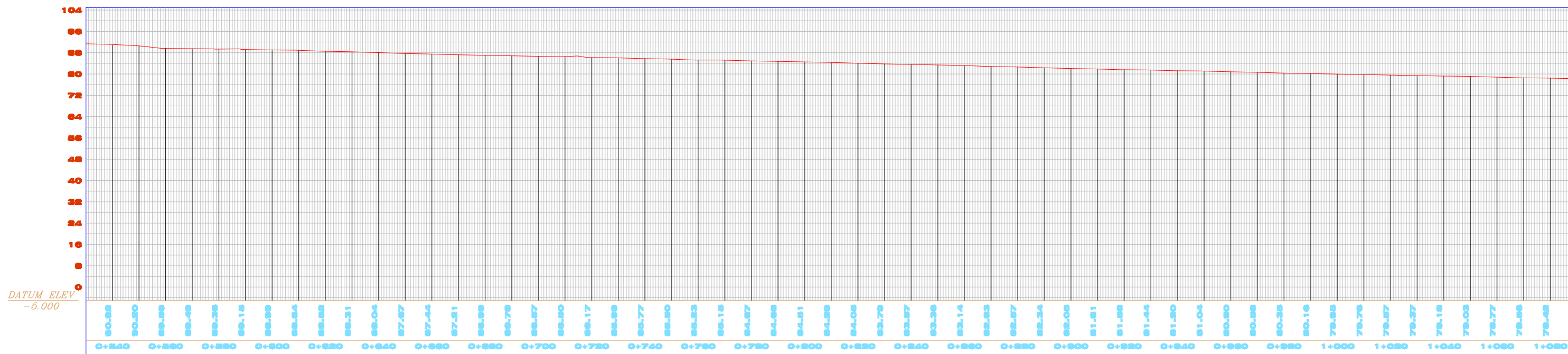


# PLANTA



**ESC. 1:1500**

# PERFIL



**ESC H. 1:1500**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

PLANTA - PERFIL 0+540-1+080

**ESCALAS**

INDICADAS

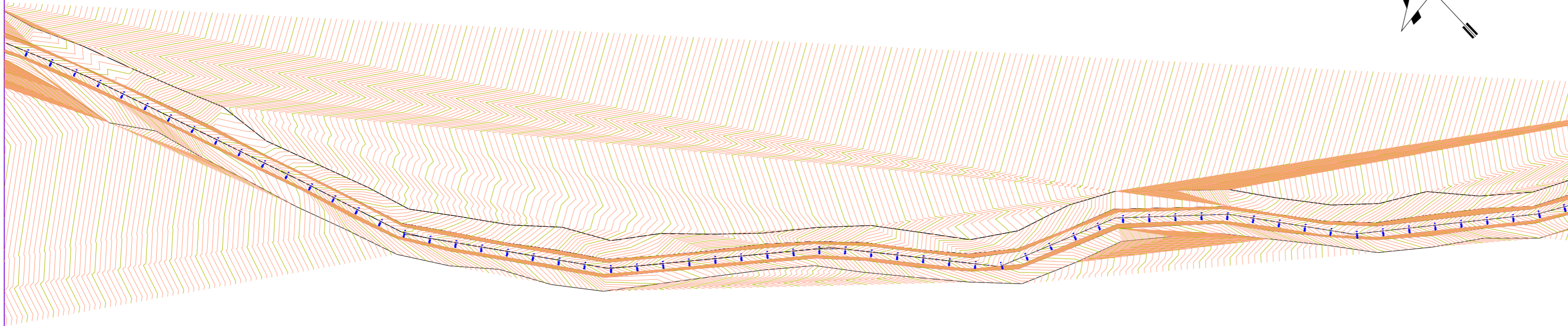
**FECHA**

SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

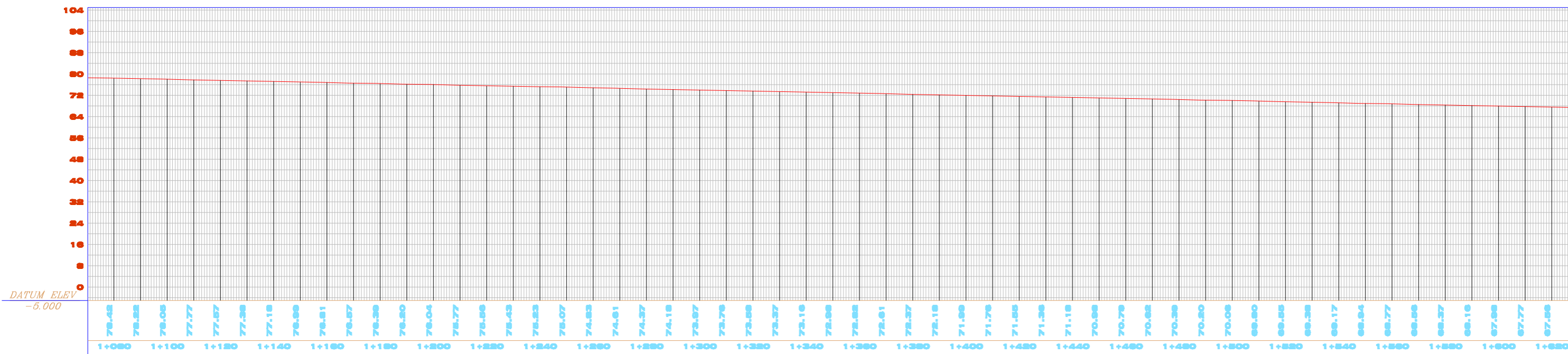
2/35

# PLANTA



**ESC. 1:1500**

# PERFIL



**ESC H. 1:1500**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

PLANTA - PERFIL 1+080 - 1+620

**ESCALAS**

INDICADAS

**FECHA**

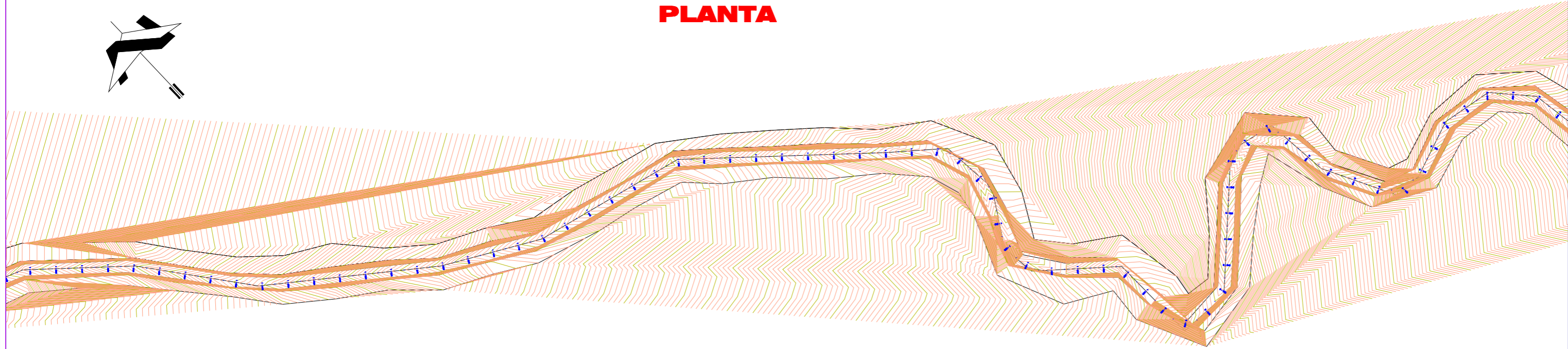
SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

3/35

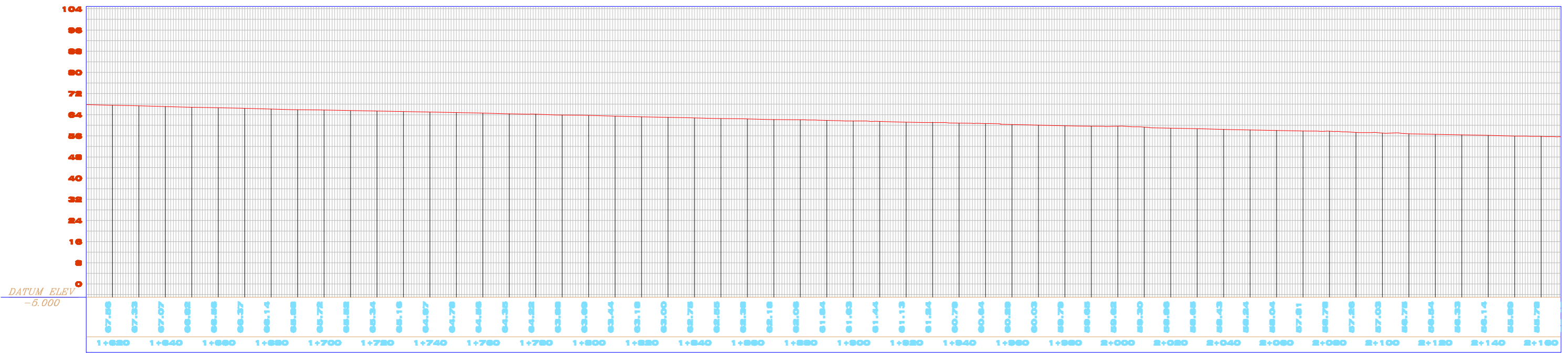


# PLANTA



**ESC. 1:1500**

# PERFIL



DATUM ELEV  
-6.000

**ESC H. 1:1500**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

PLANTA - PERFIL 1+620 - 2+160

**ESCALAS**

INDICADAS

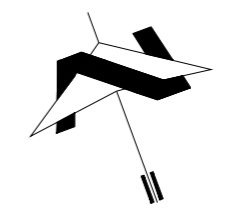
**FECHA**

SEPTIEMBRE DE 2008

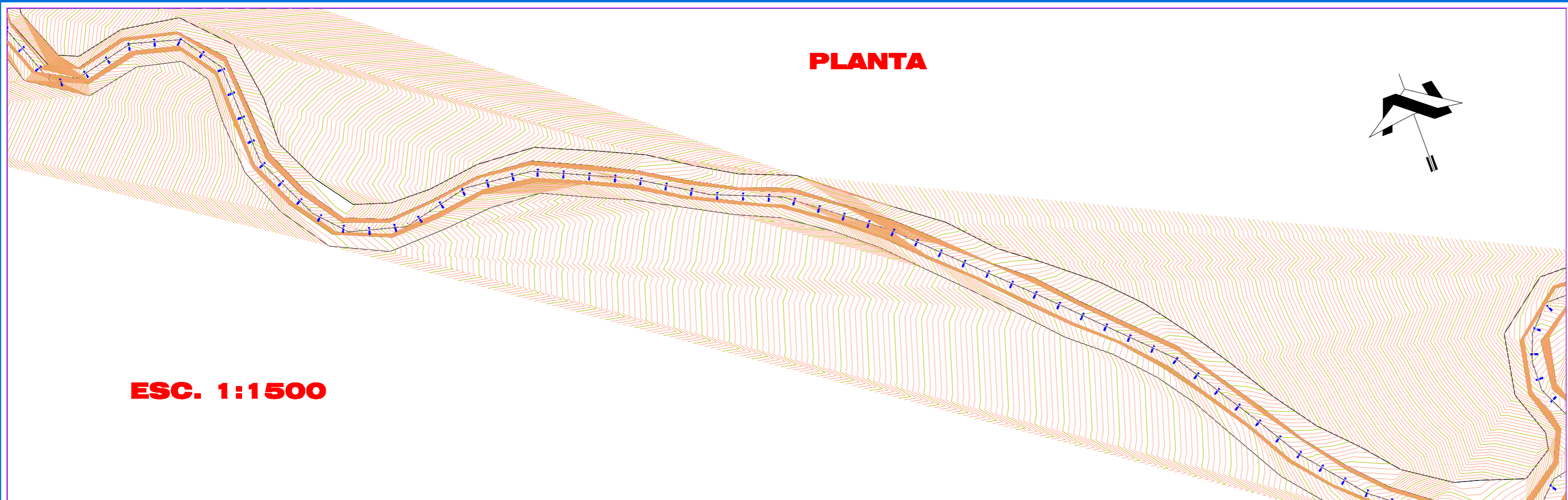
**HOJA N°**

4/35

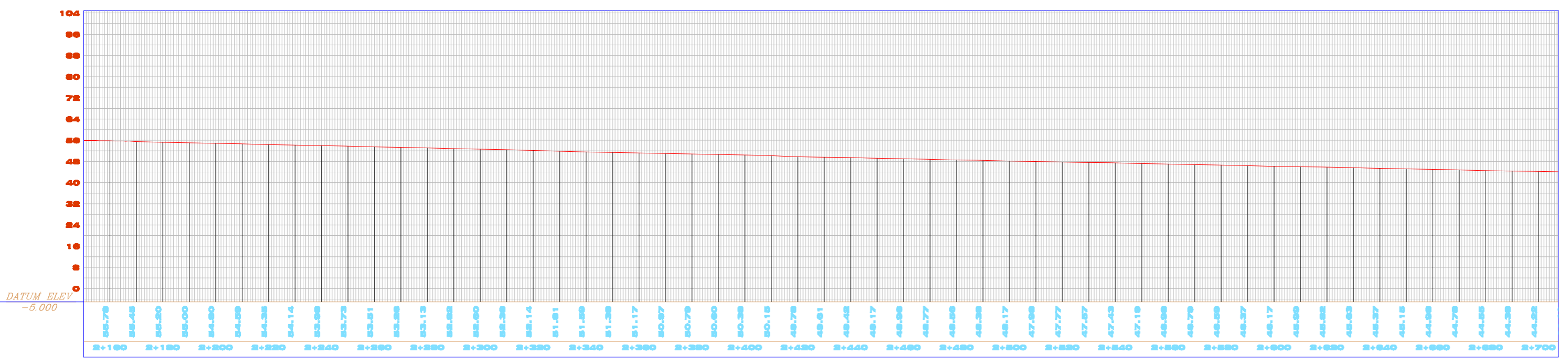
# PLANTA



**ESC. 1:1500**



# PERFIL



DATUM ELEV  
-5.000

**ESC H. 1:1500**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

PLANTA - PERFIL 2+160 - 2+700

**ESCALAS**

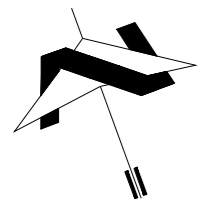
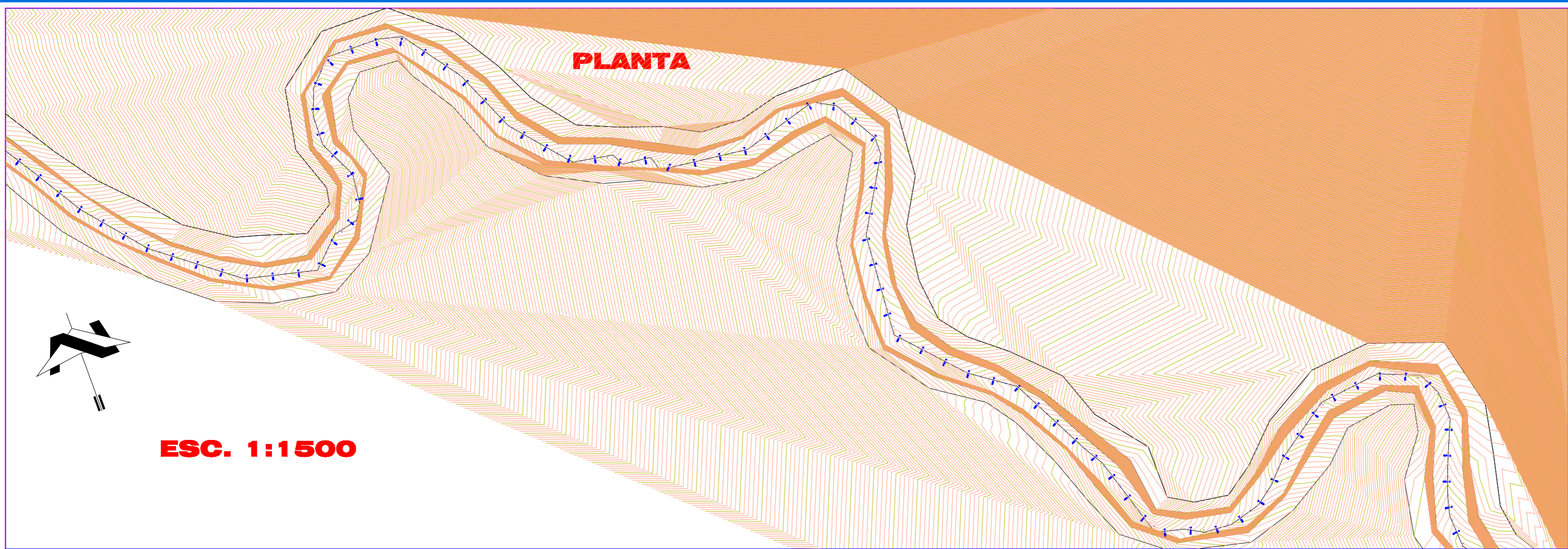
INDICADAS

**FECHA**

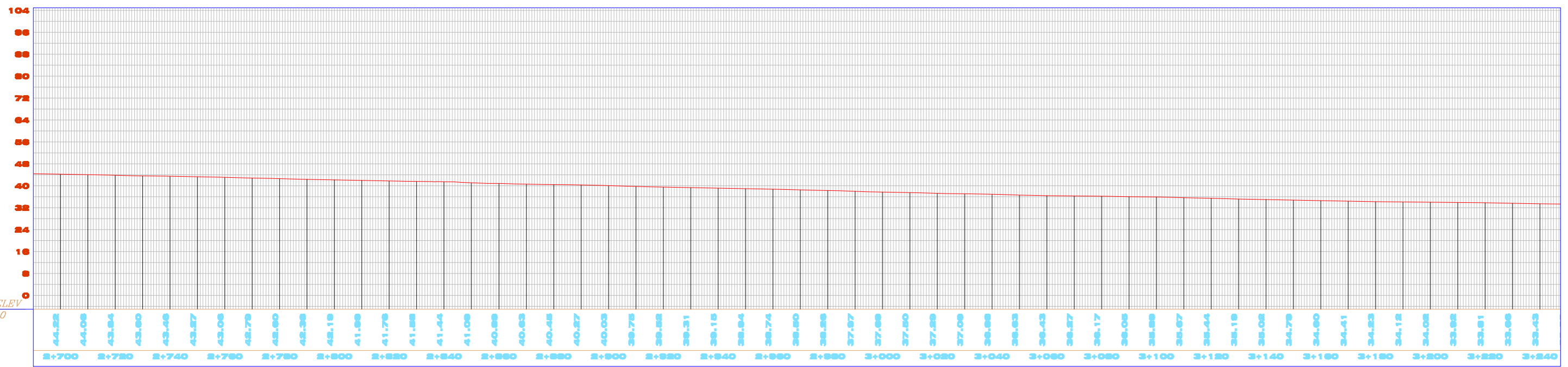
SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

5/35



**ESC. 1:1500**



DATUM ELEV  
-5.000

**PERFIL**

**ESC H. 1:1500**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PLANTA - PERFIL 2+700 - 3+240

ESCALAS

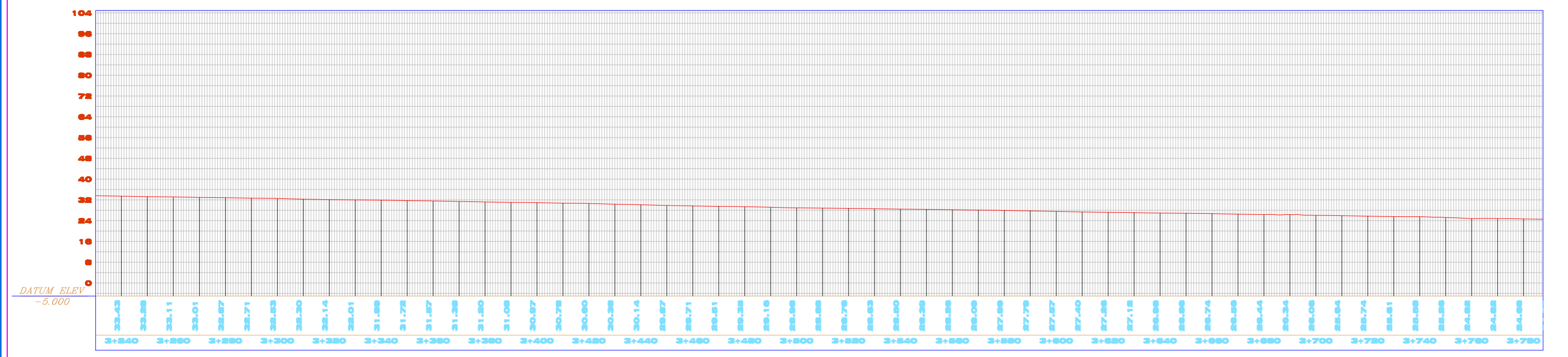
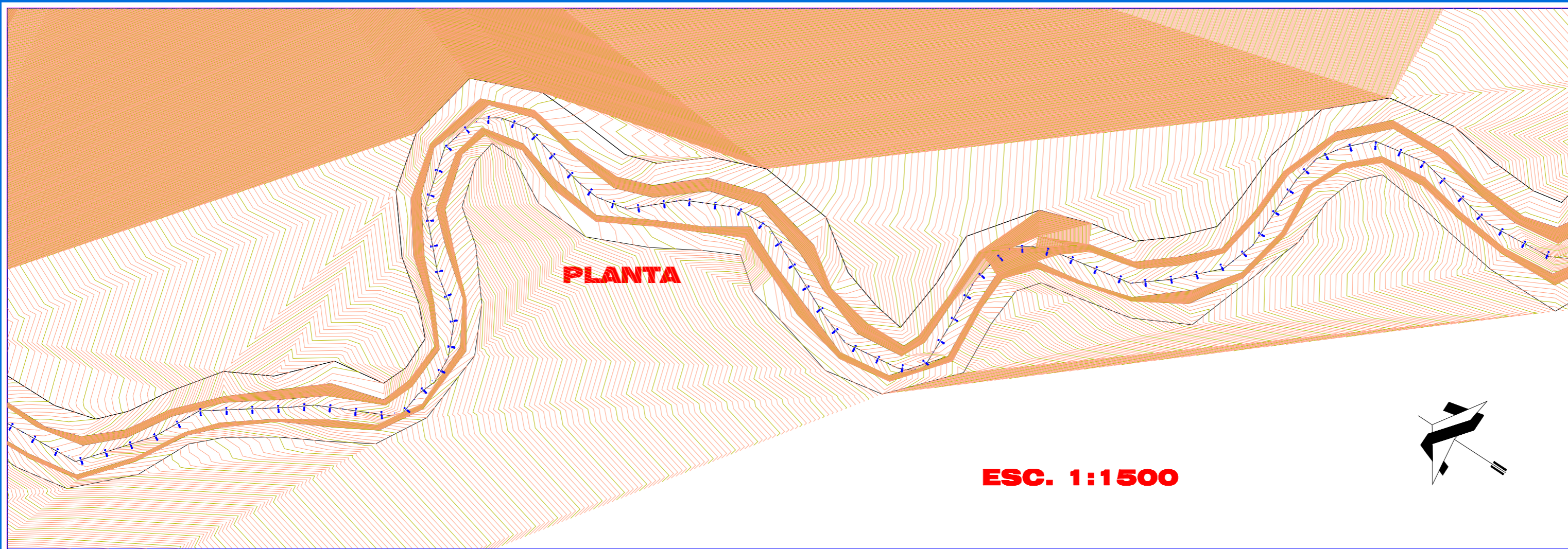
INDICADAS

FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

6/35



**PERFIL**

**ESC H. 1:1500**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

PLANTA - PERFIL 3+240 - 3+780

**ESCALAS**

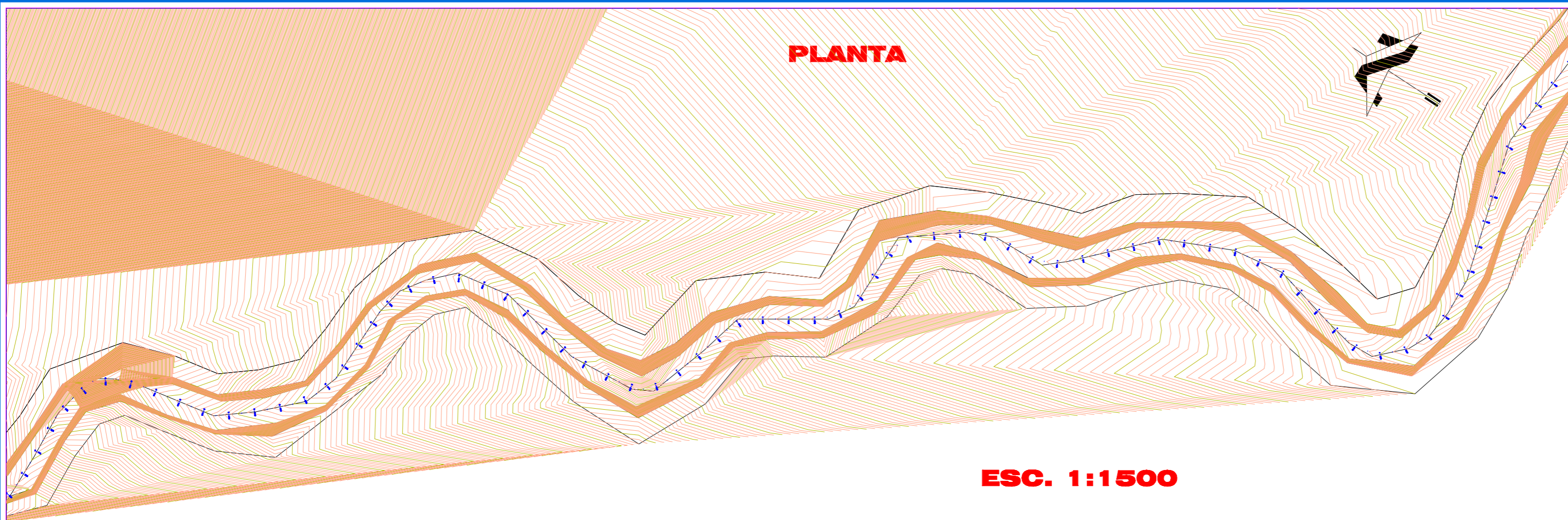
INDICADAS

**FECHA**

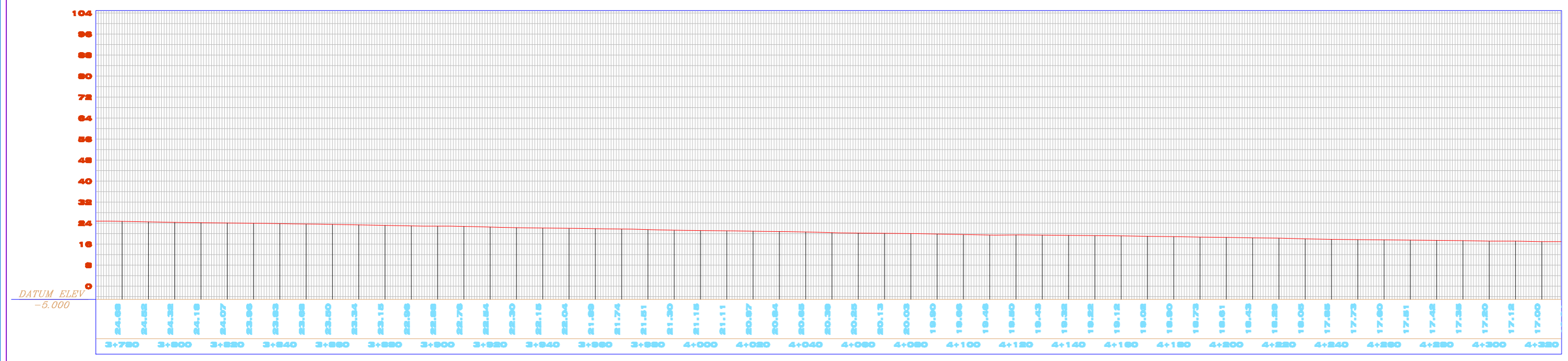
SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

7/35



**ESC. 1:1500**



**ESC H. 1:1500**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

PLANTA - PERFIL 3+780 - 4+320

**ESCALAS**

INDICADAS

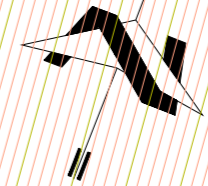
**FECHA**

SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

8/35

# PLANTA



**ESC. 1:1500**



**PROYECTO**  
 PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
 DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
 DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**  
 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**  
 CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**  
 DOCENTE COORDINADOR:  
 ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
 GARCIA  
 DOCENTE DIRECTOR:  
 ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
 GARCIA

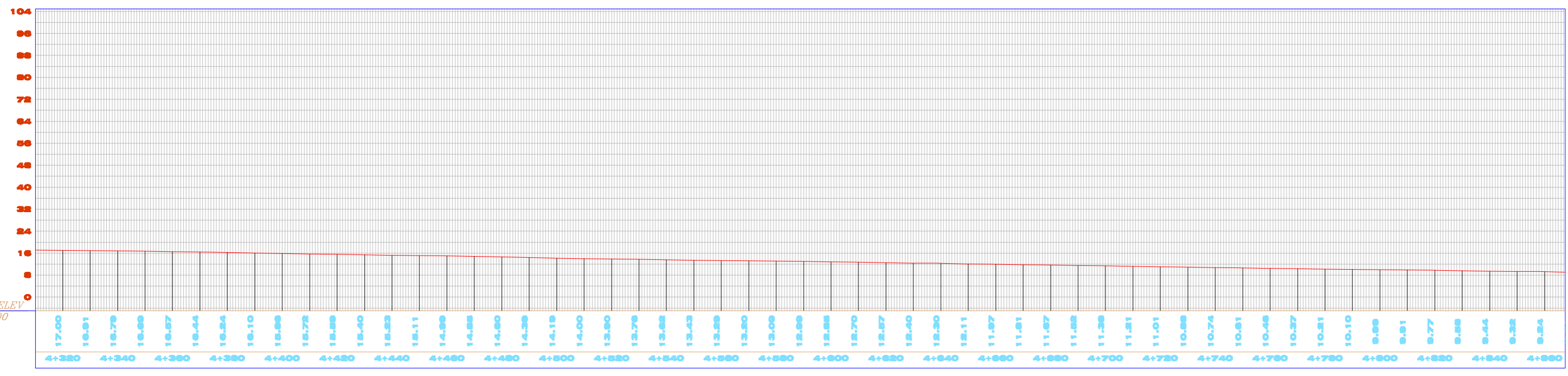
**PRESENTAN**  
 Br. FLORES, JOSE LUIS  
 Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
 Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**  
 PLANTA - PERFIL 4+320 - 4+860

**ESCALAS**  
 INDICADAS

**FECHA**  
 SEPTIEMBRE DE 2008

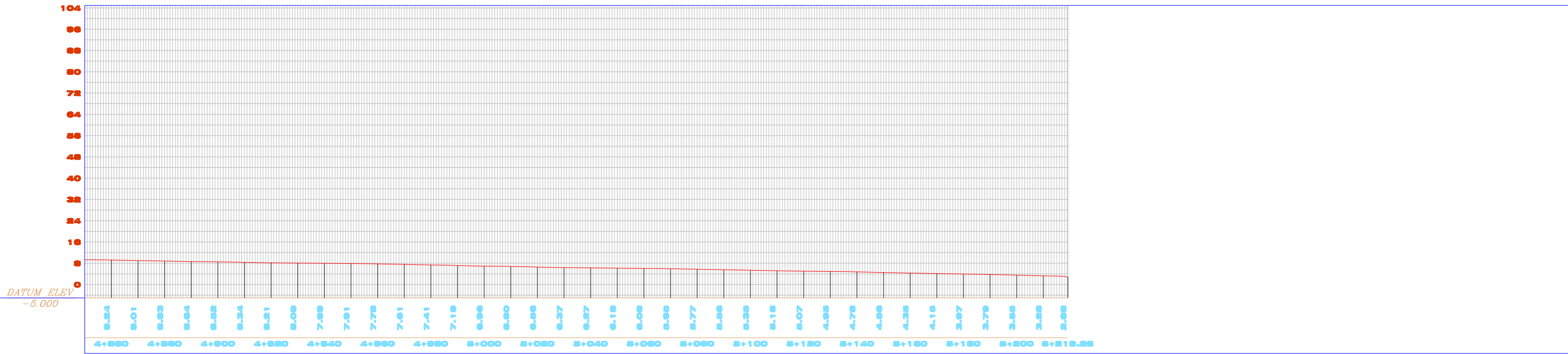
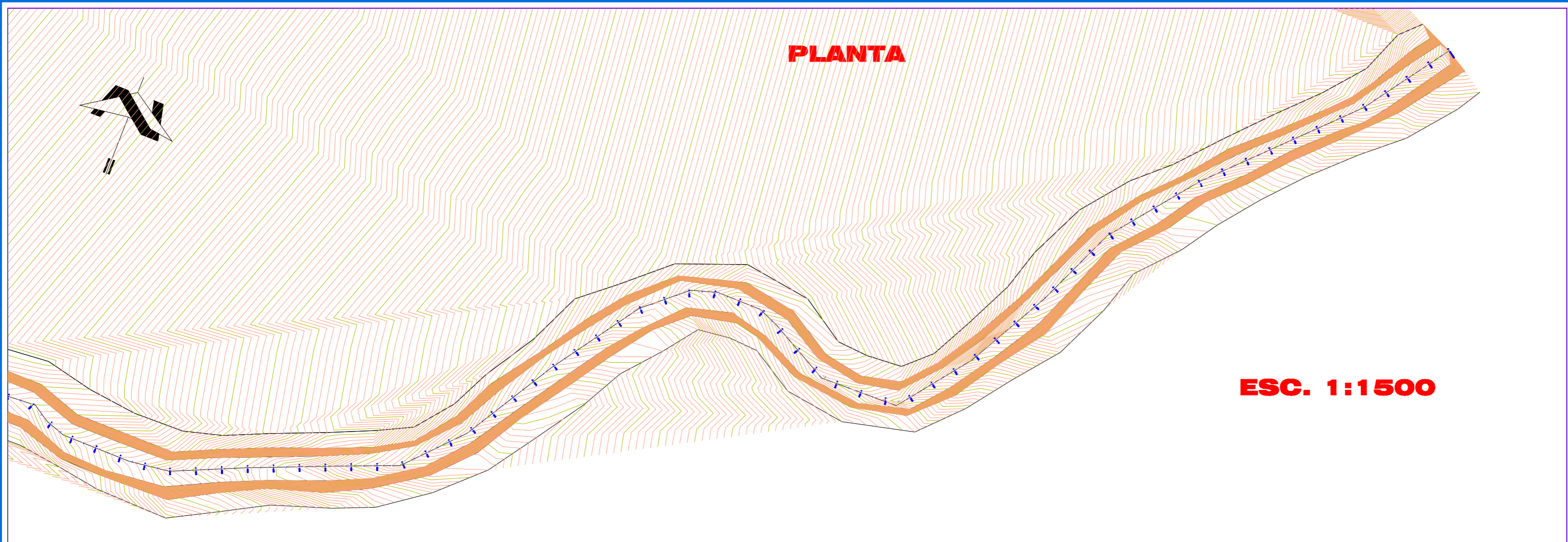
**HOJA N°**  
 9/35



# PERFIL

**ESC H. 1:1500**  
**ESC V. 1:200**





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

PLANTA - PERFIL 4+860 - 5+219.26

**ESCALAS**

INDICADAS

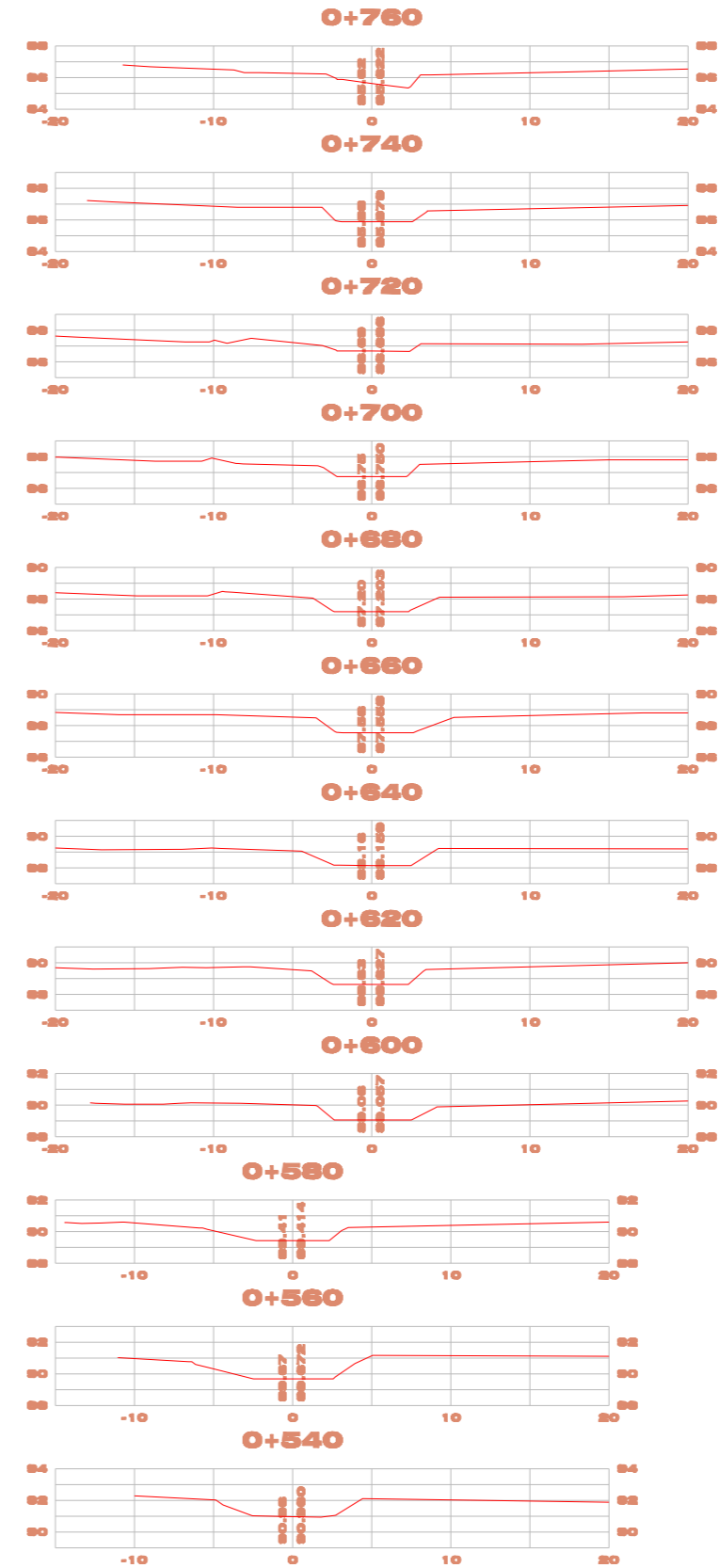
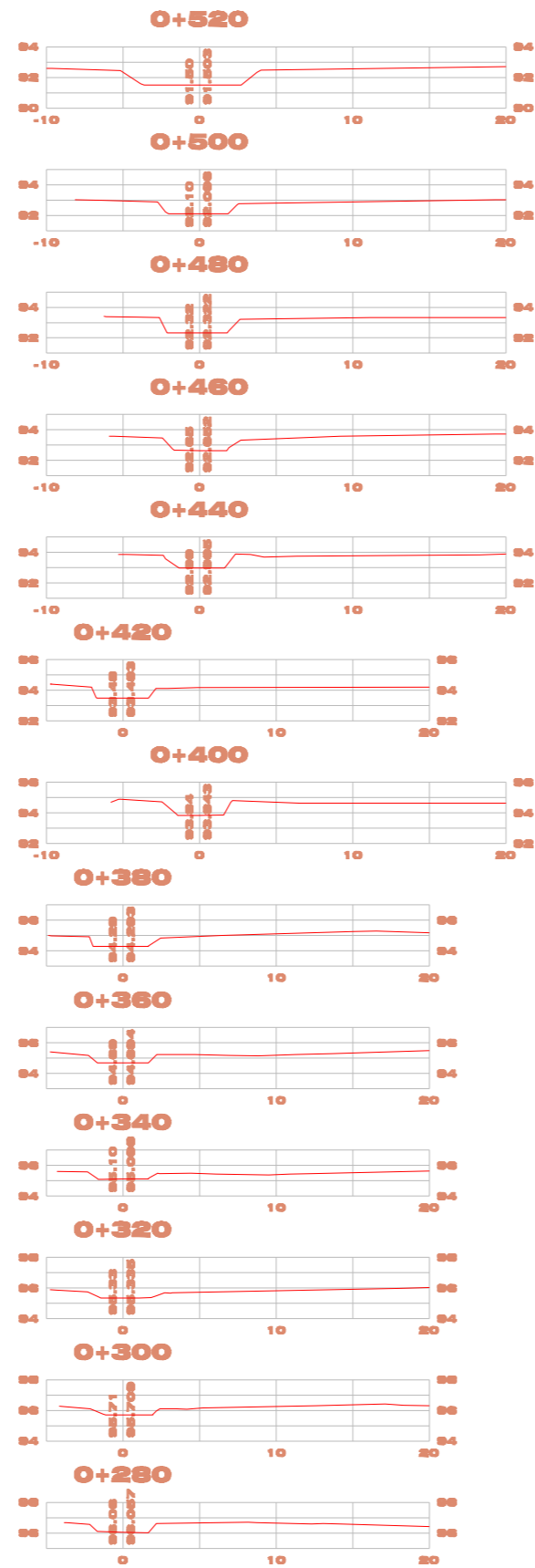
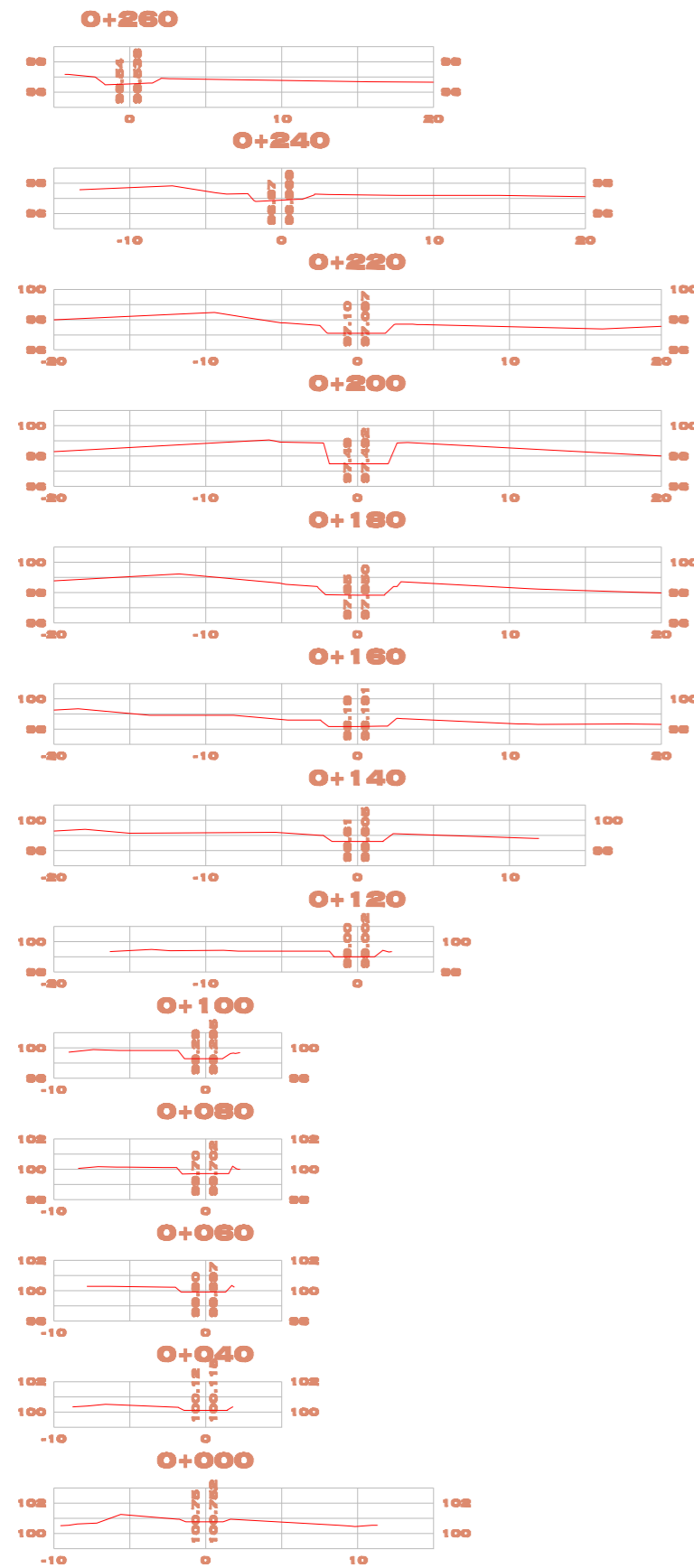
**FECHA**

SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

10/35

# SECCIONES TRANSVERSALES



**ESC H. 1:450**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PERFILES TRANSVERSALES  
ESTACION 0+000 - 0+760

ESCALAS

INDICADAS

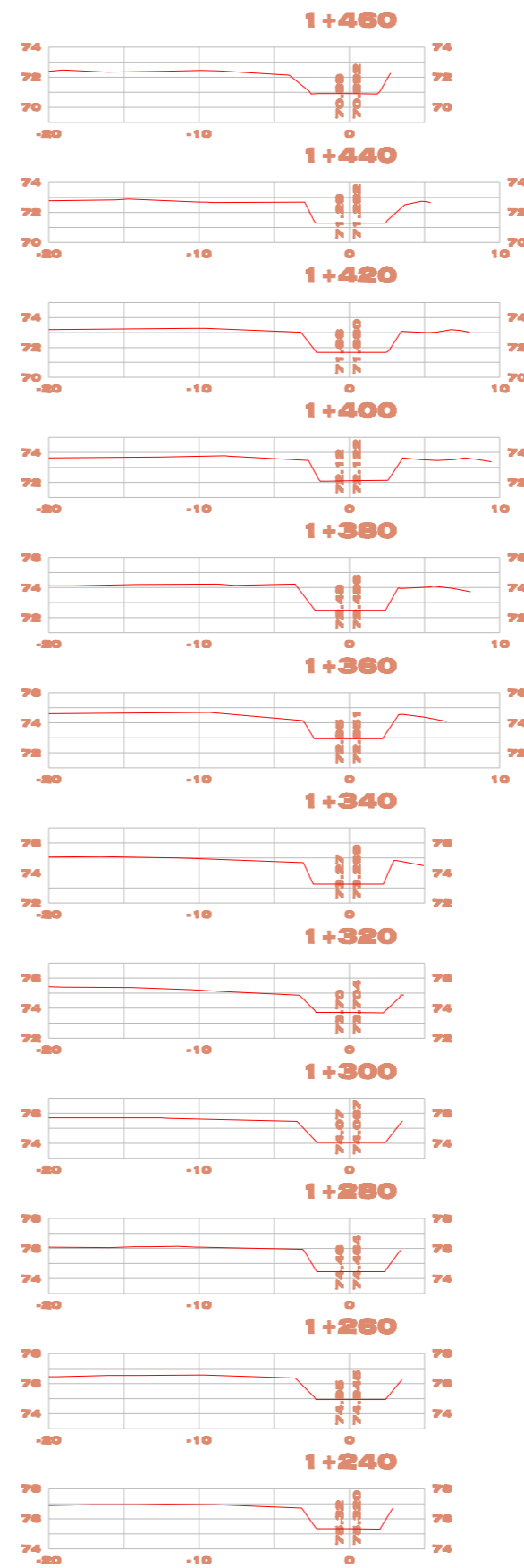
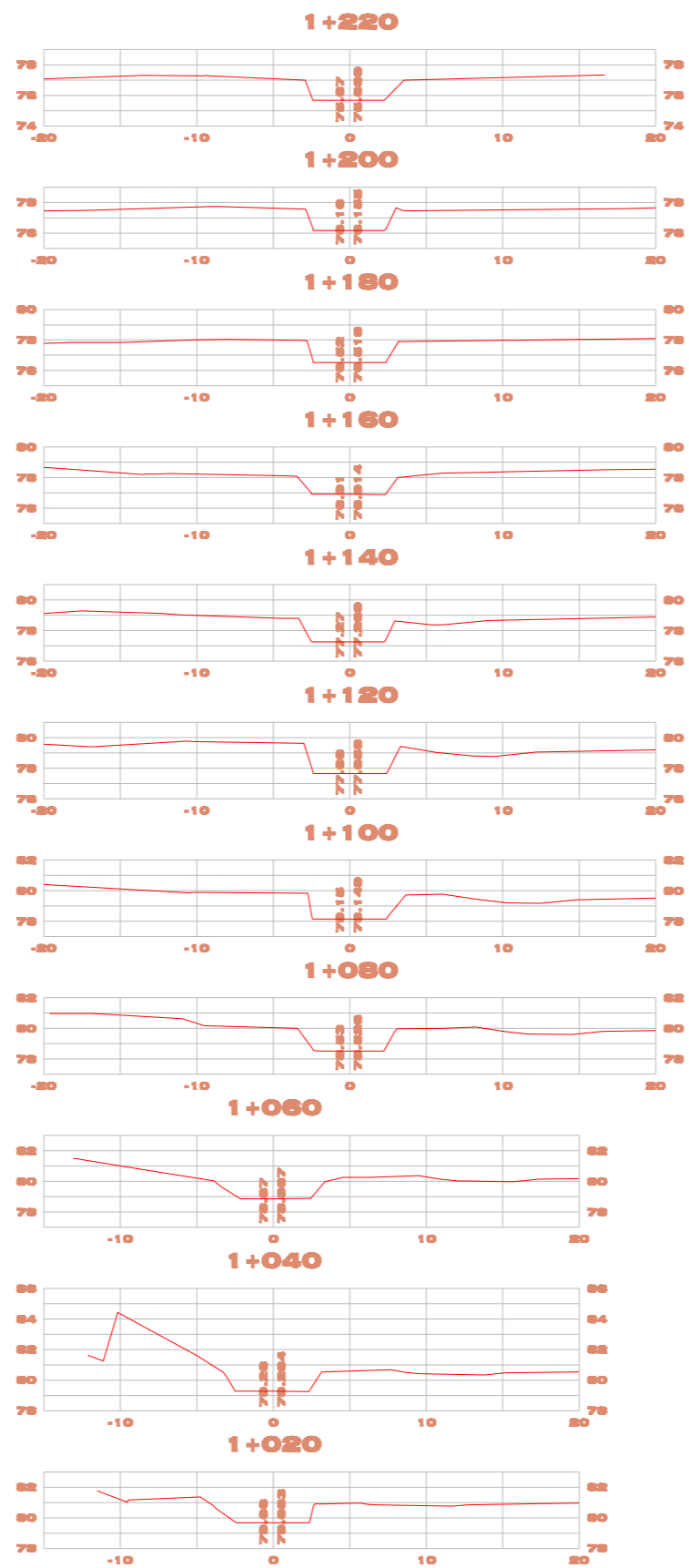
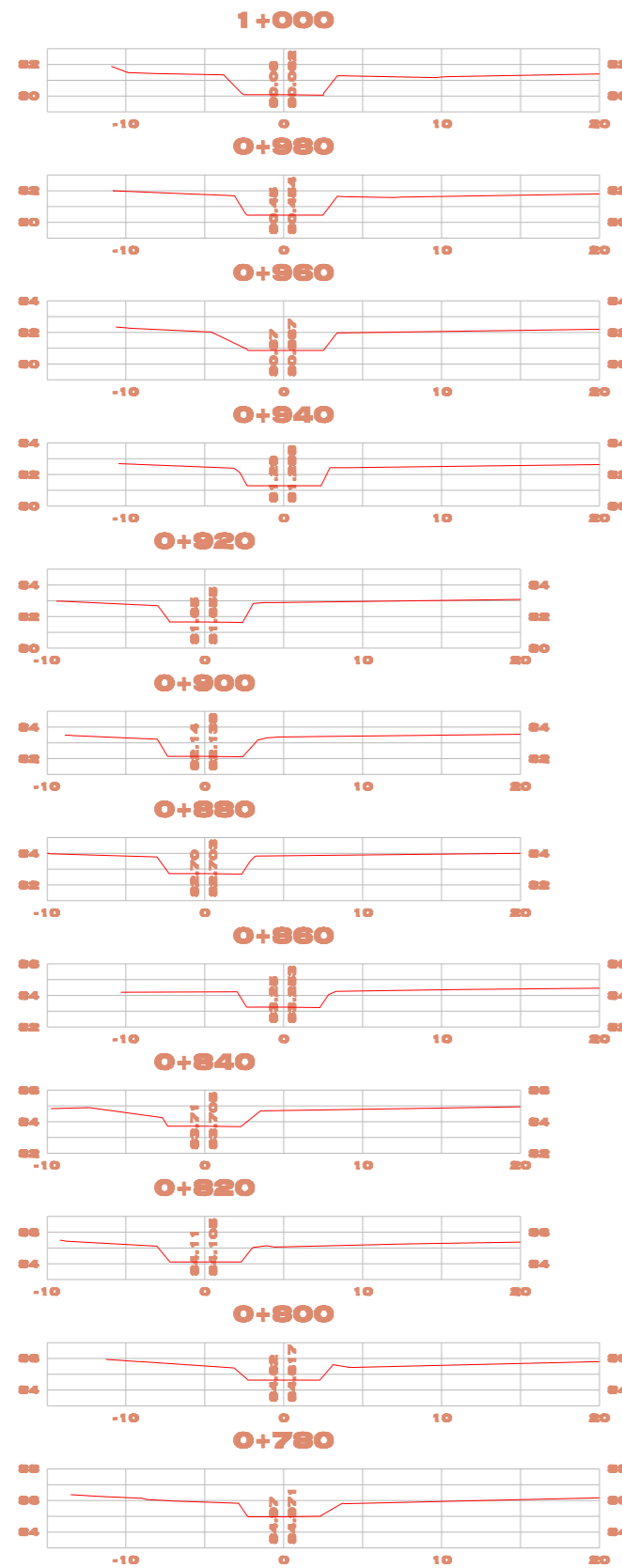
FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA Nº

11/35

# SECCIONES TRANSVERSALES



**ESC H. 1:450**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PERFILES TRANSVERSALES  
ESTACION 0+780 - 1+460

ESCALAS

INDICADAS

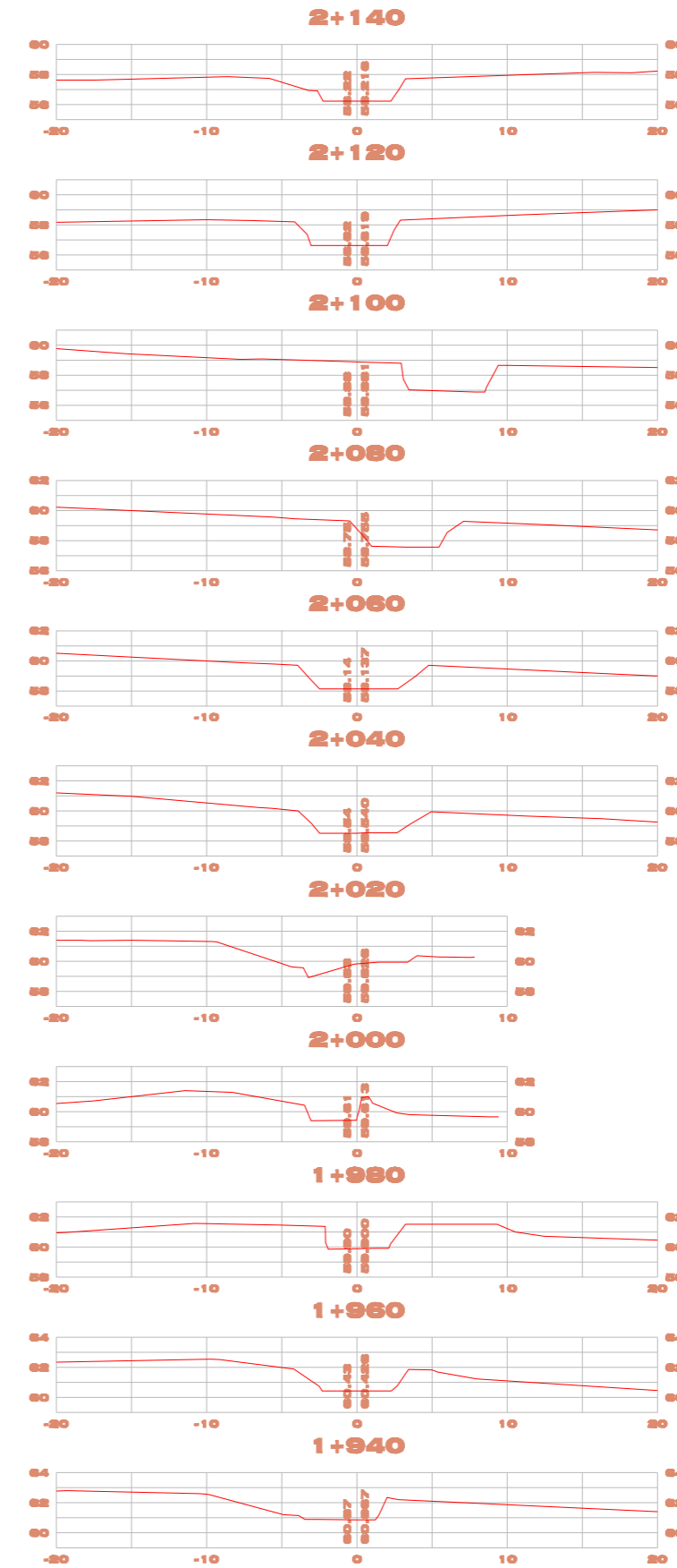
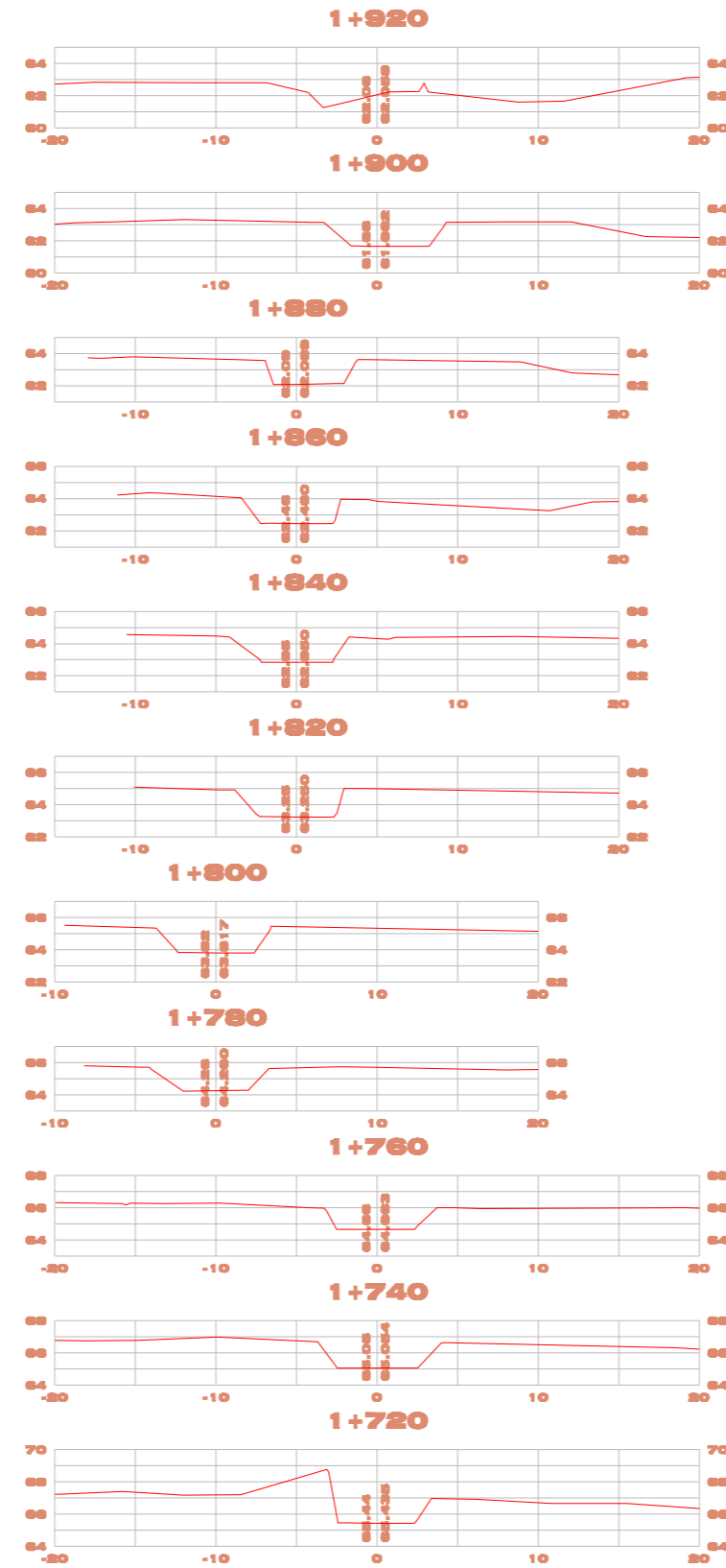
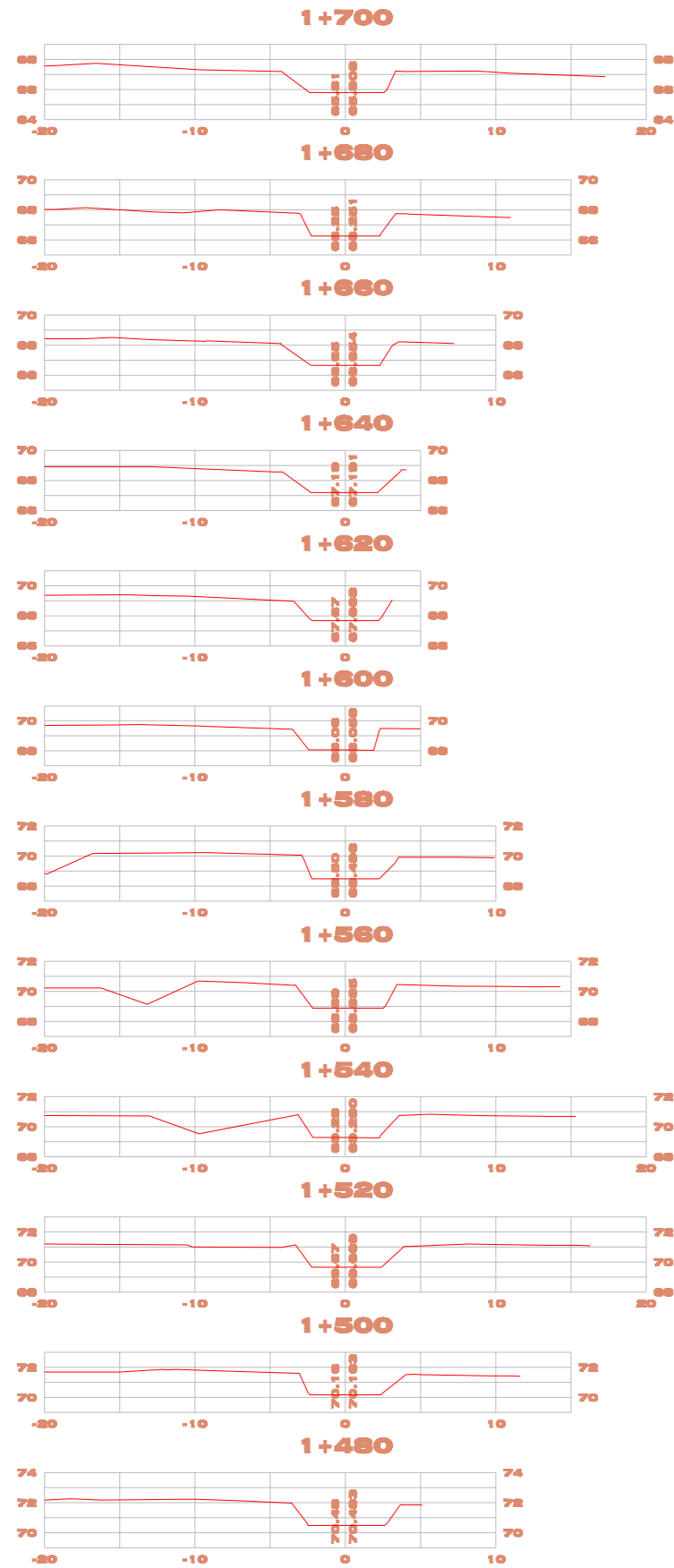
FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

12/35

# SECCIONES TRANSVERSALES



**ESC H. 1:450**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PERFILES TRANSVERSALES  
ESTACION 1+480 - 2+140

ESCALAS

INDICADAS

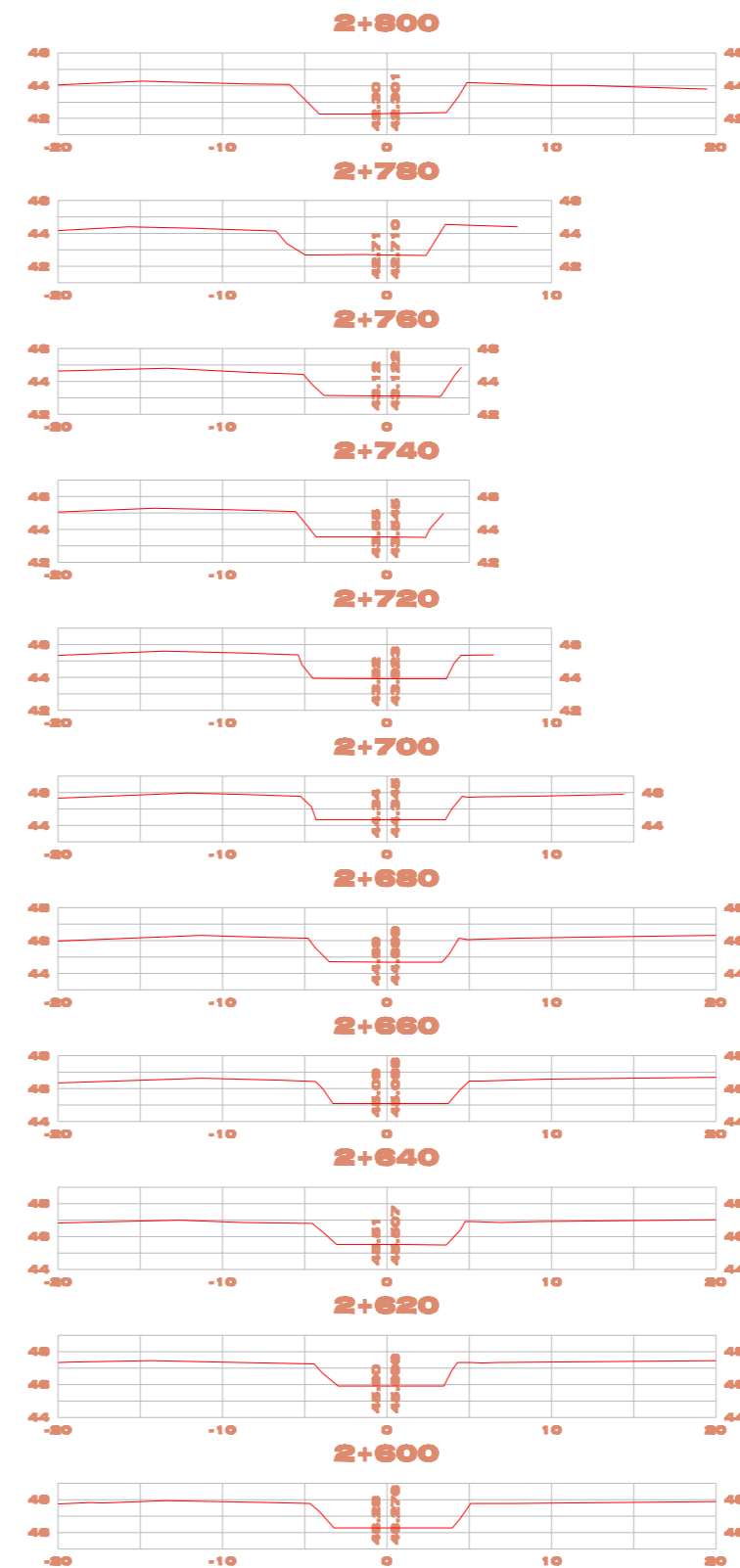
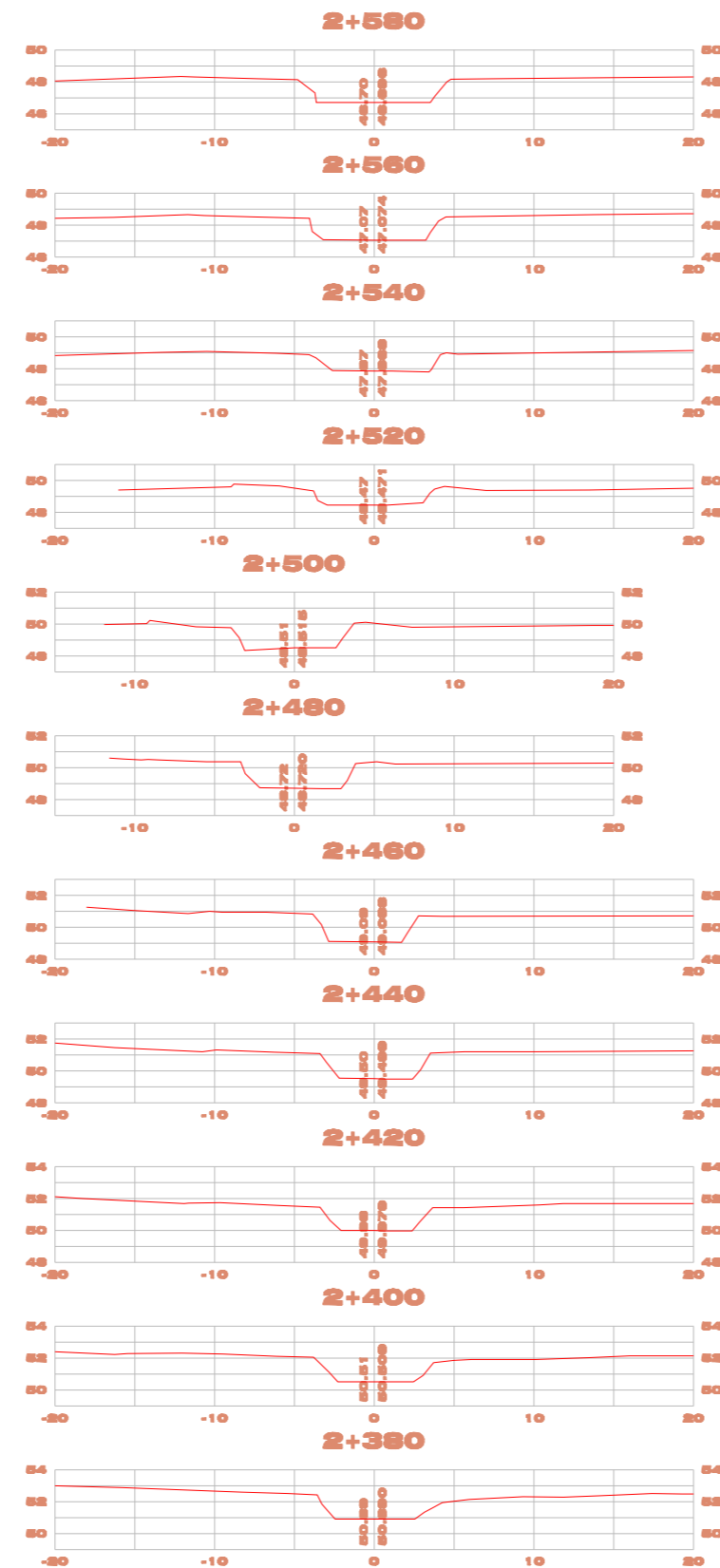
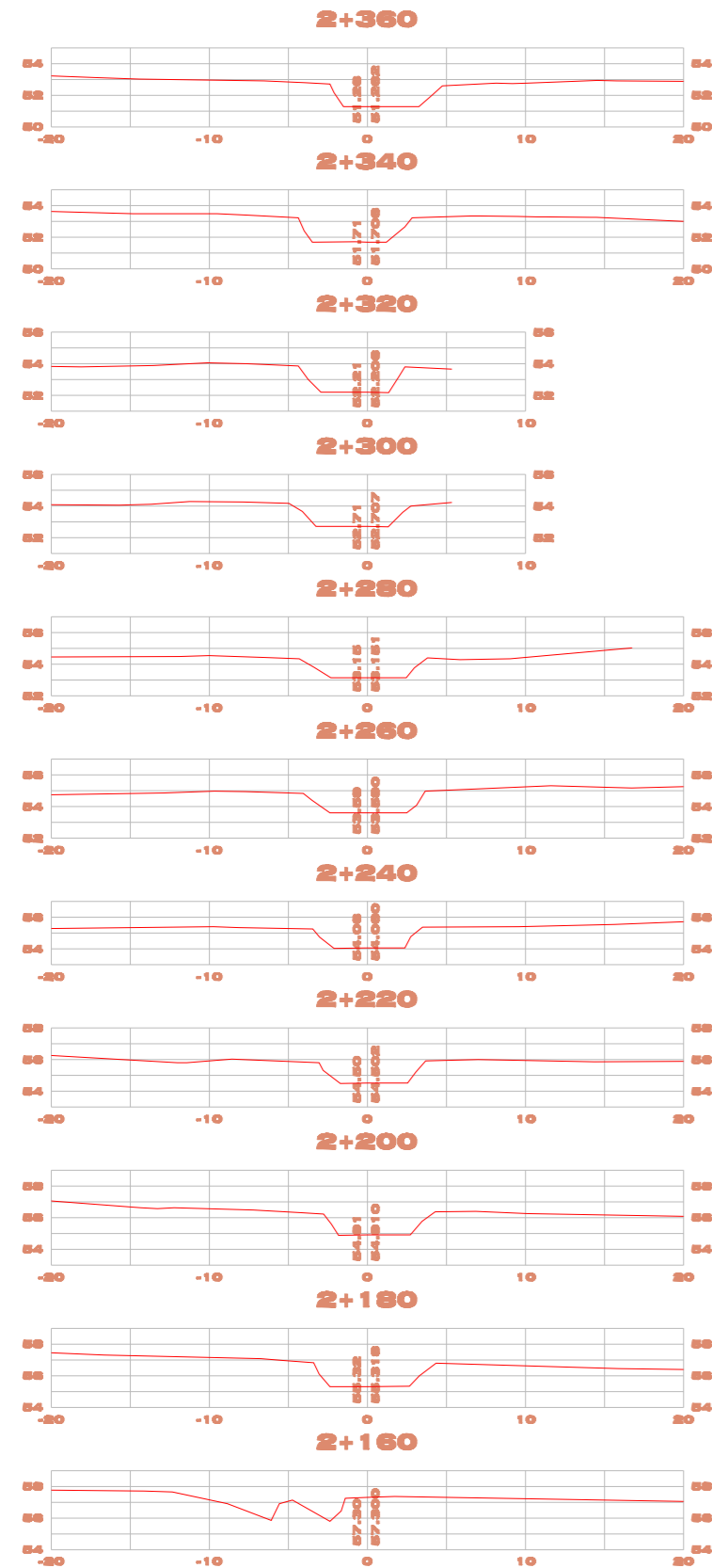
FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

13/35

# SECCIONES TRANSVERSALES



**ESC H. 1:450**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PERFILES TRANSVERSALES  
ESTACION 2+160 - 2+800

ESCALAS

INDICADAS

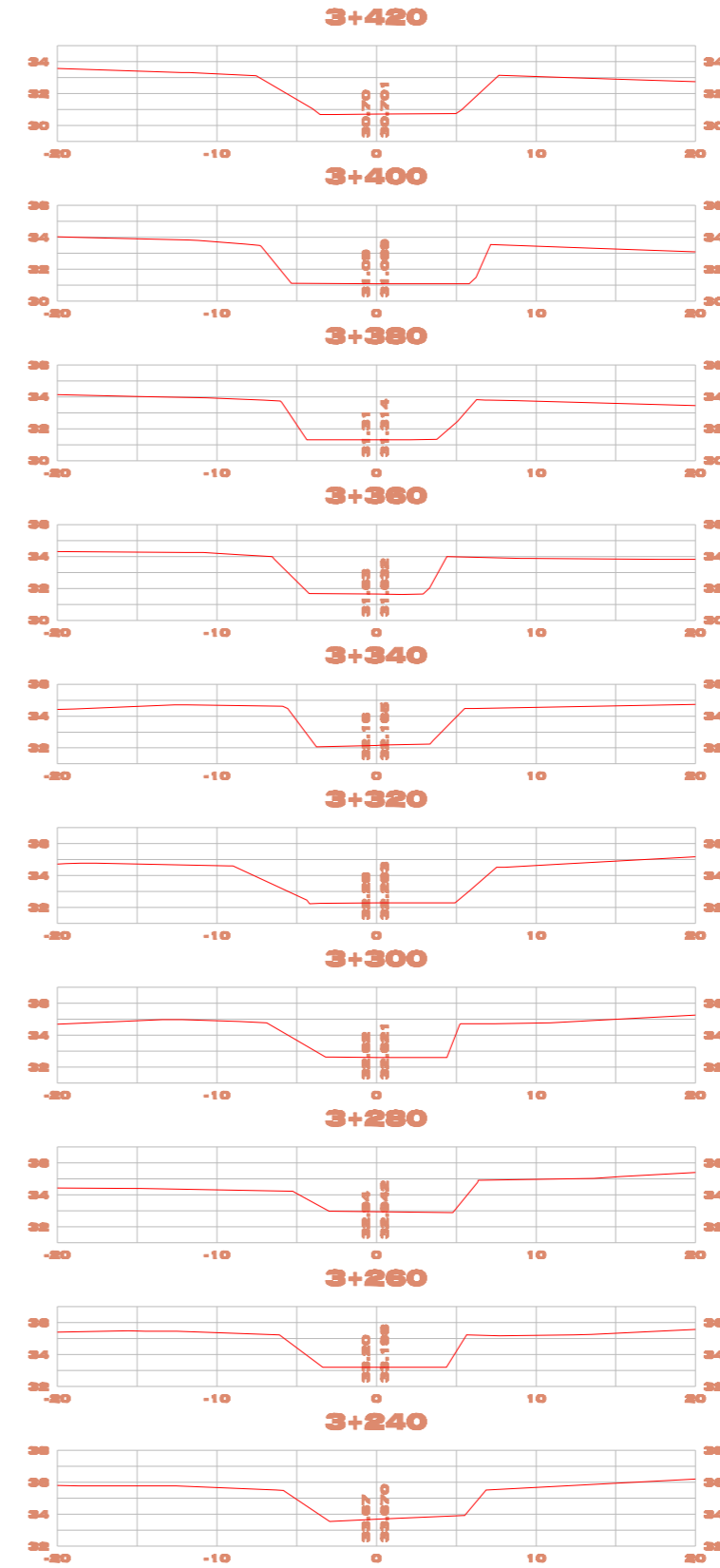
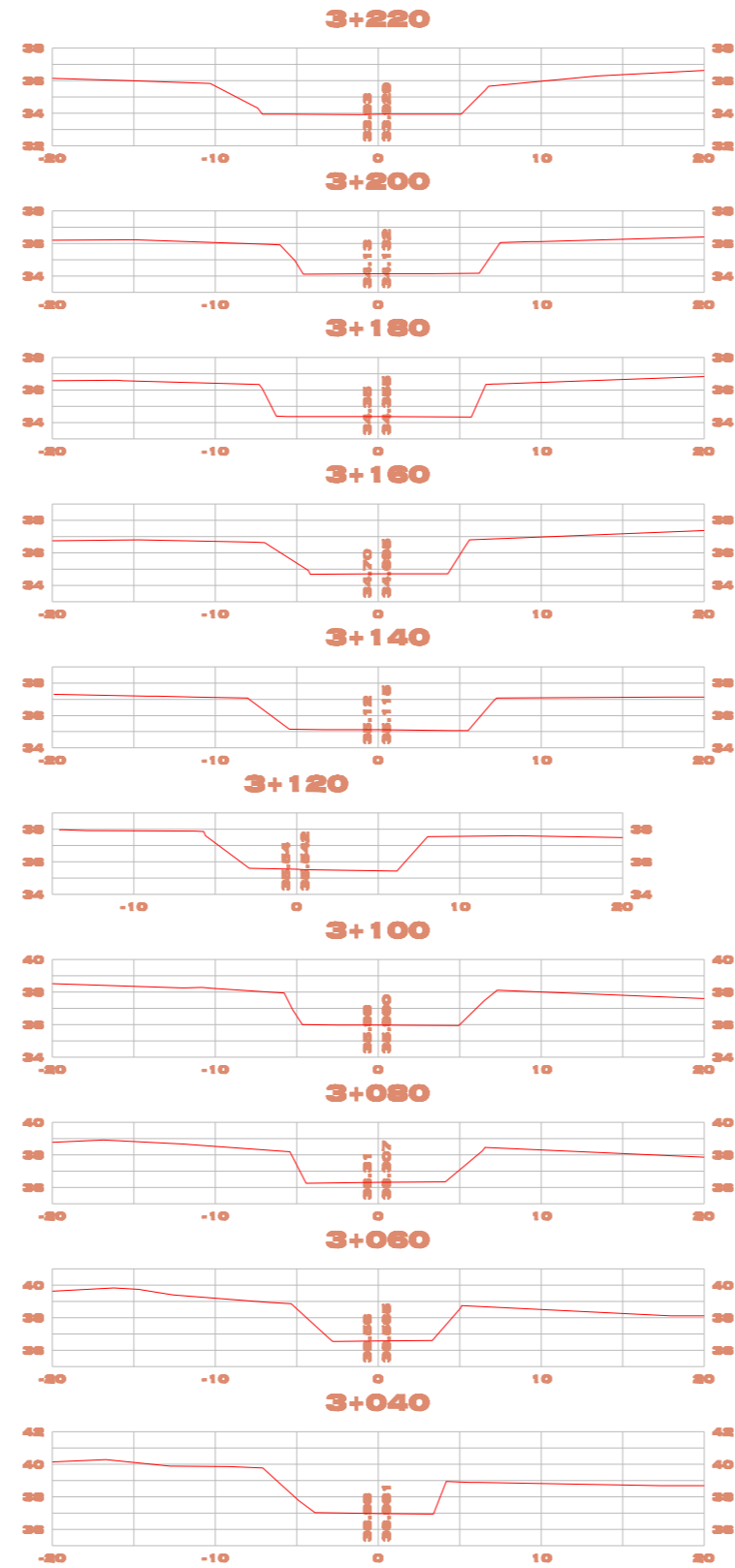
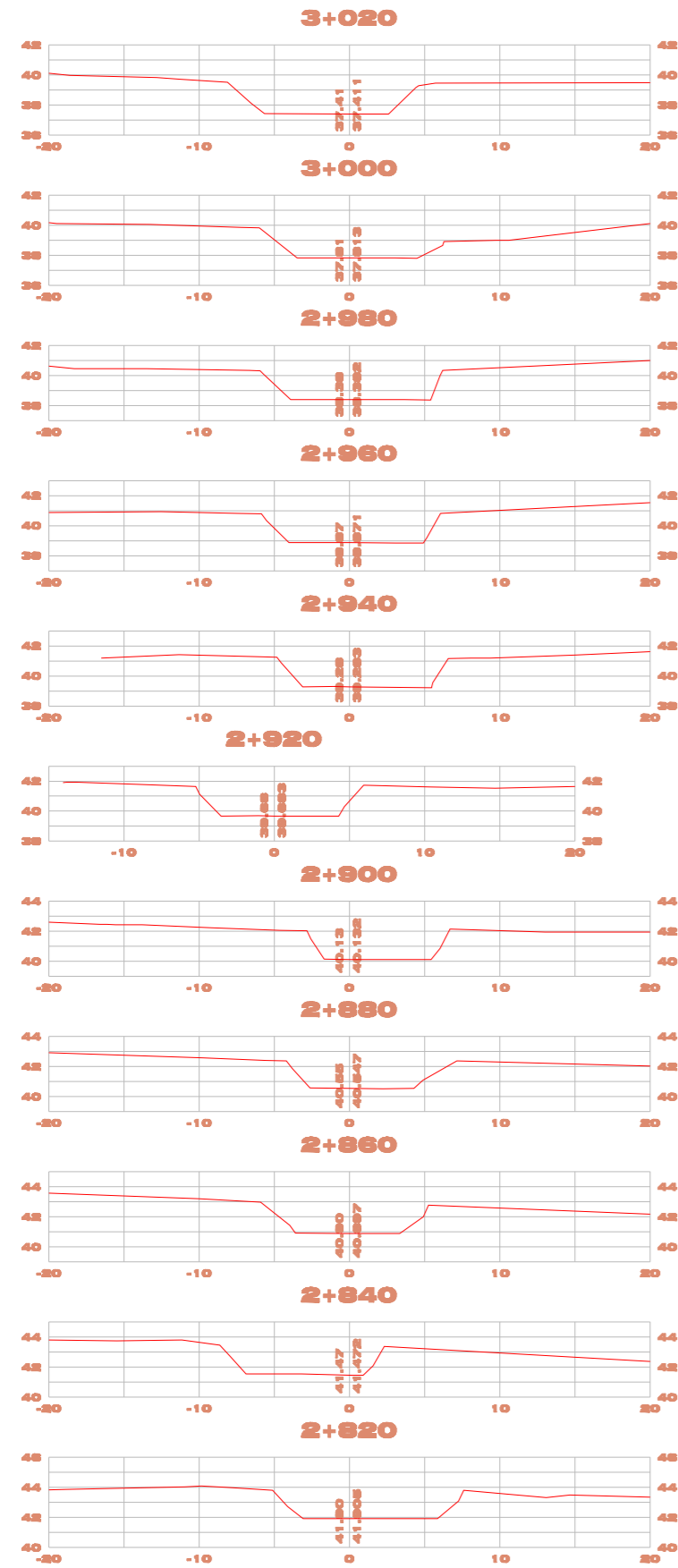
FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

14/35

# SECCIONES TRANSVERSALES



**ESC H. 1:450**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PERFILES TRANSVERSALES  
ESTACION 2+820 - 3+420

ESCALAS

INDICADAS

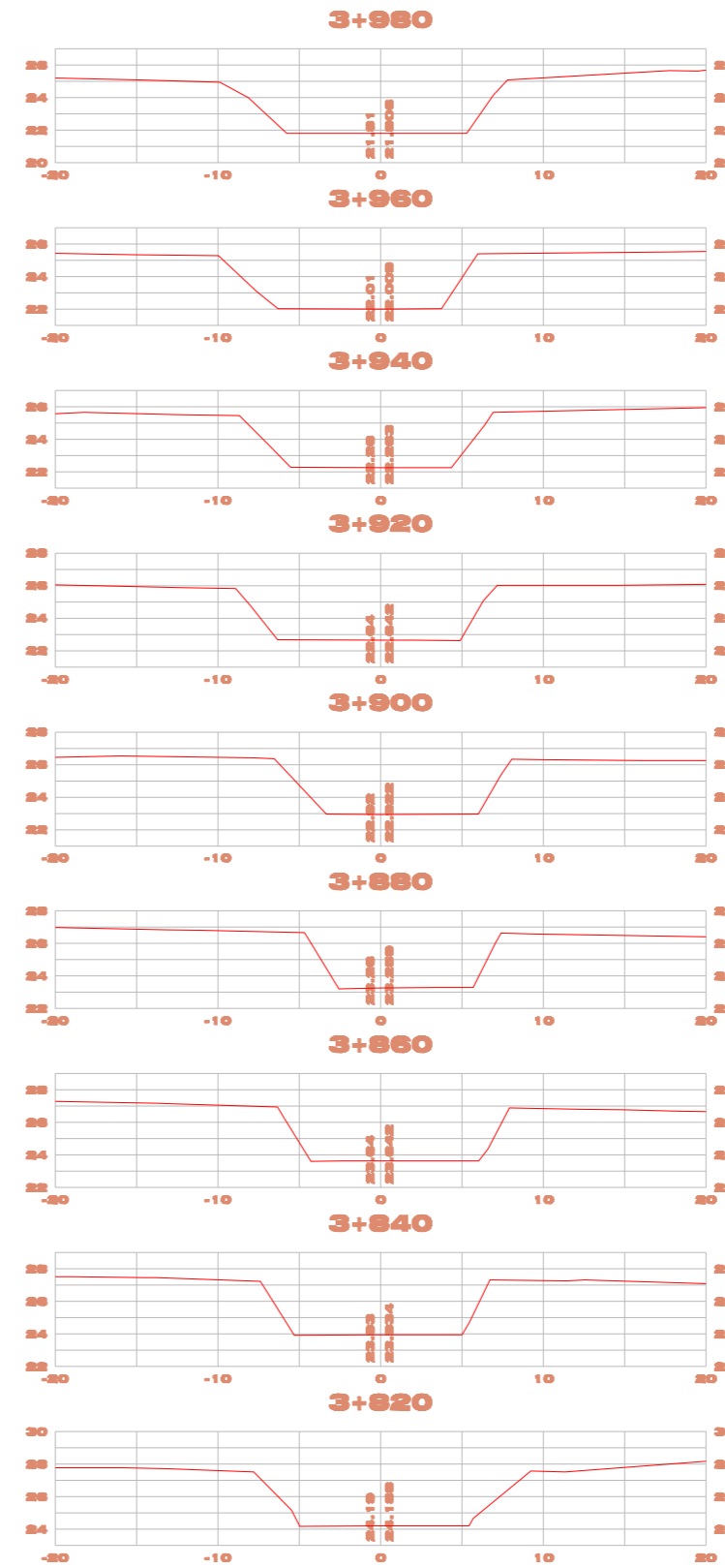
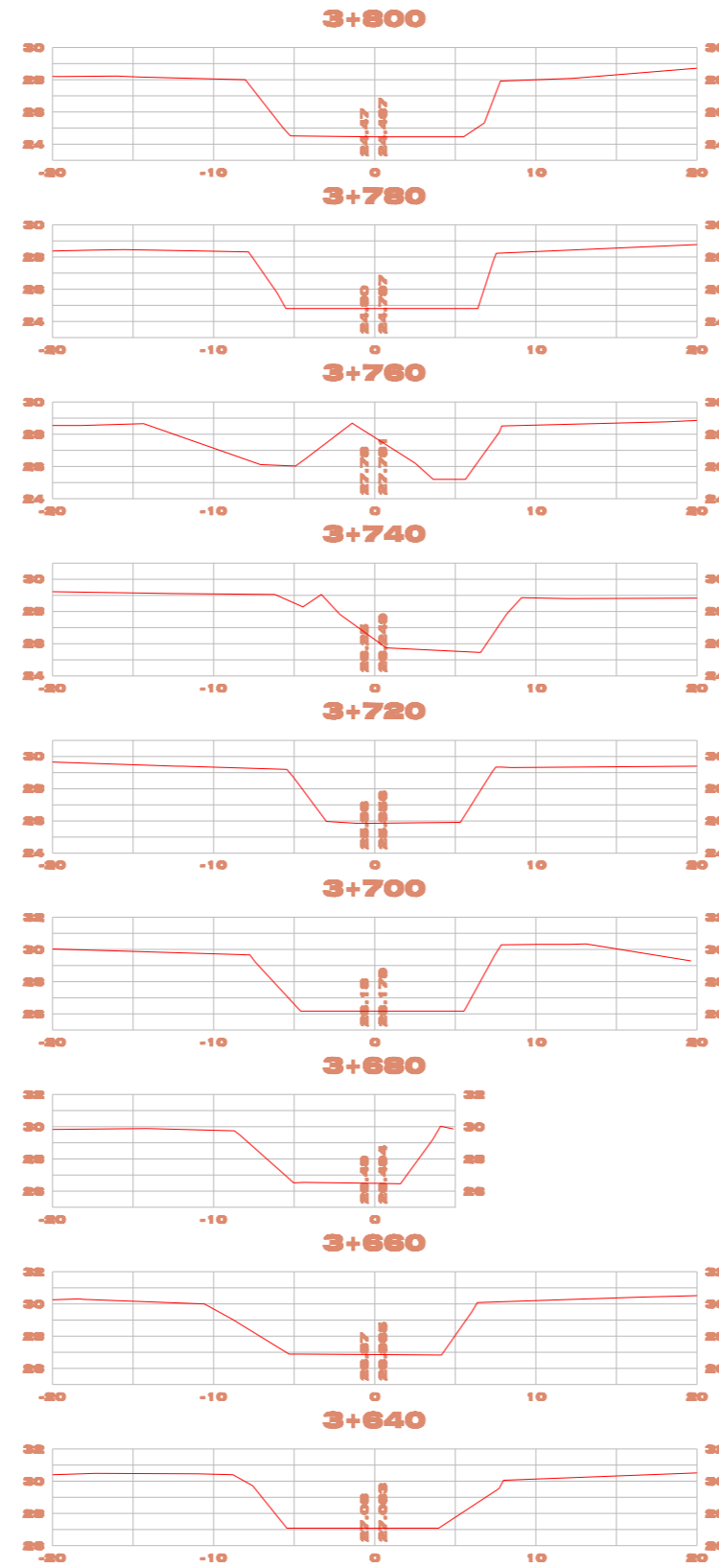
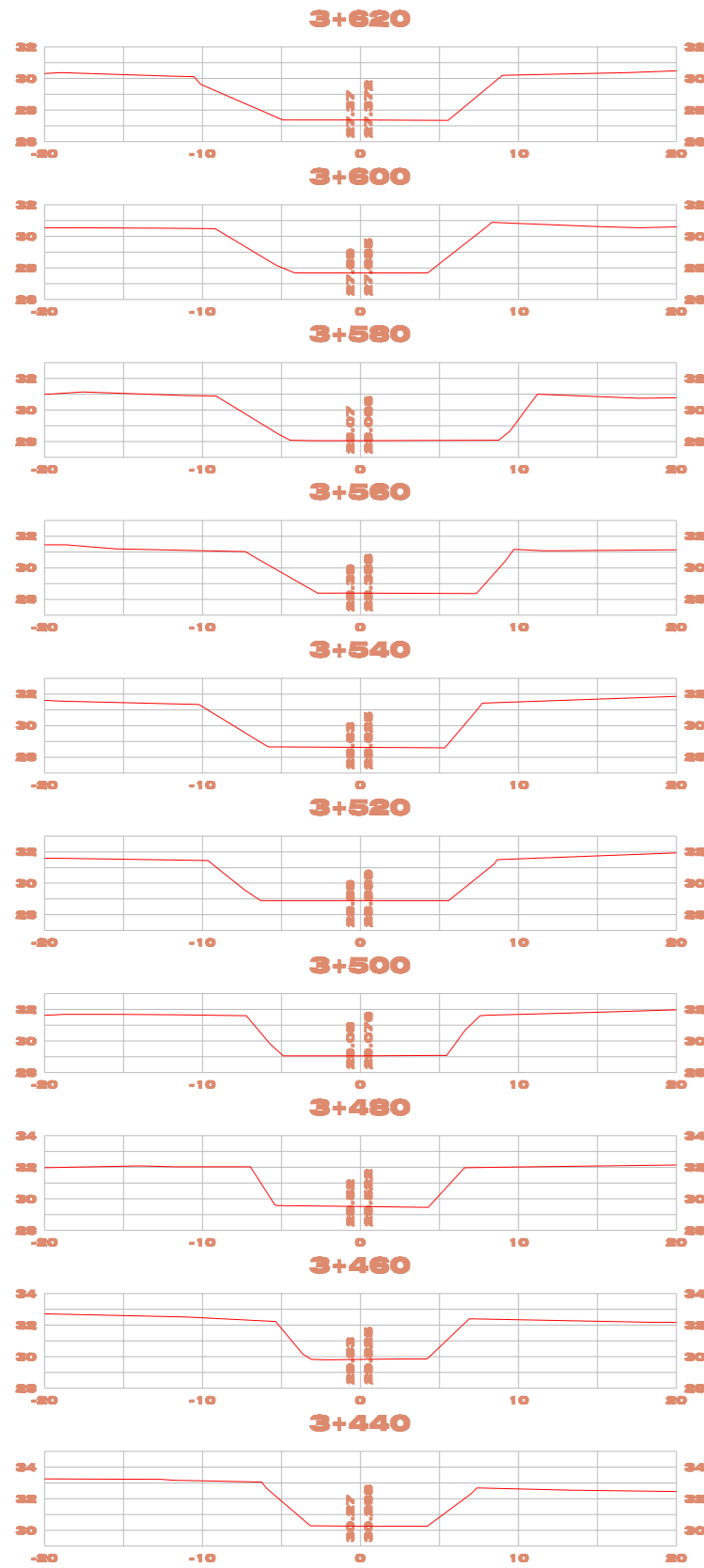
FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

15/35

# SECCIONES TRANSVERSALES



**ESC H. 1:450  
ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PERFILES TRANSVERSALES  
ESTACION 3+440 - 3+980

ESCALAS

INDICADAS

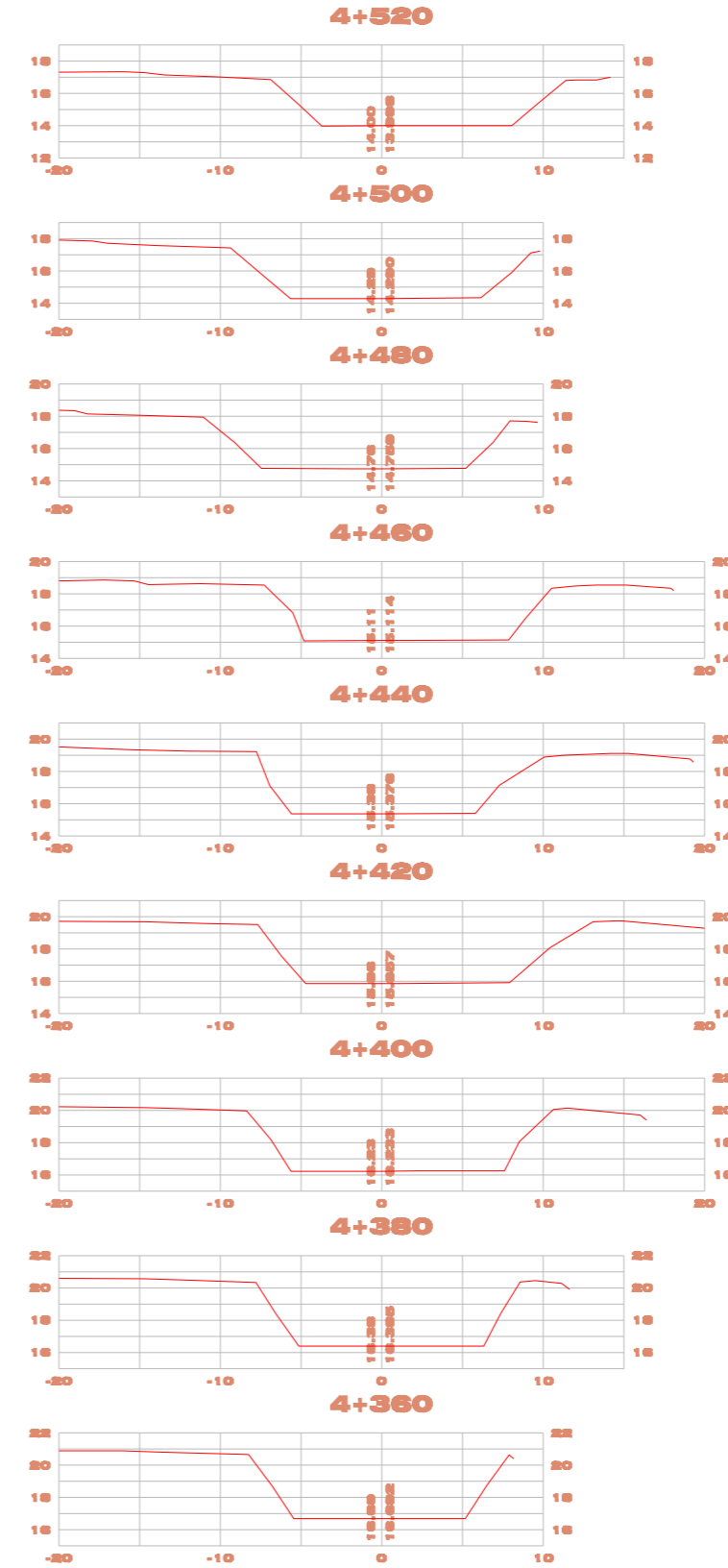
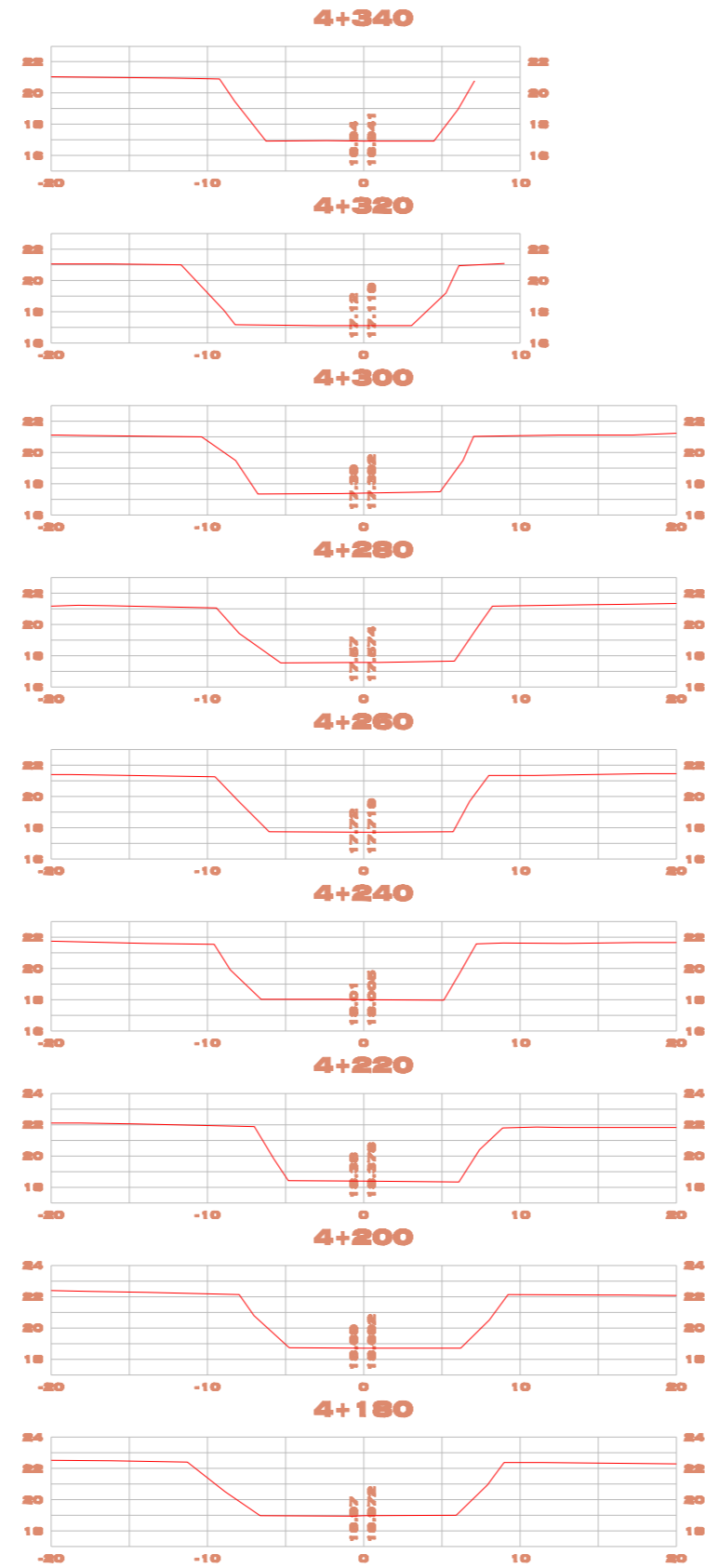
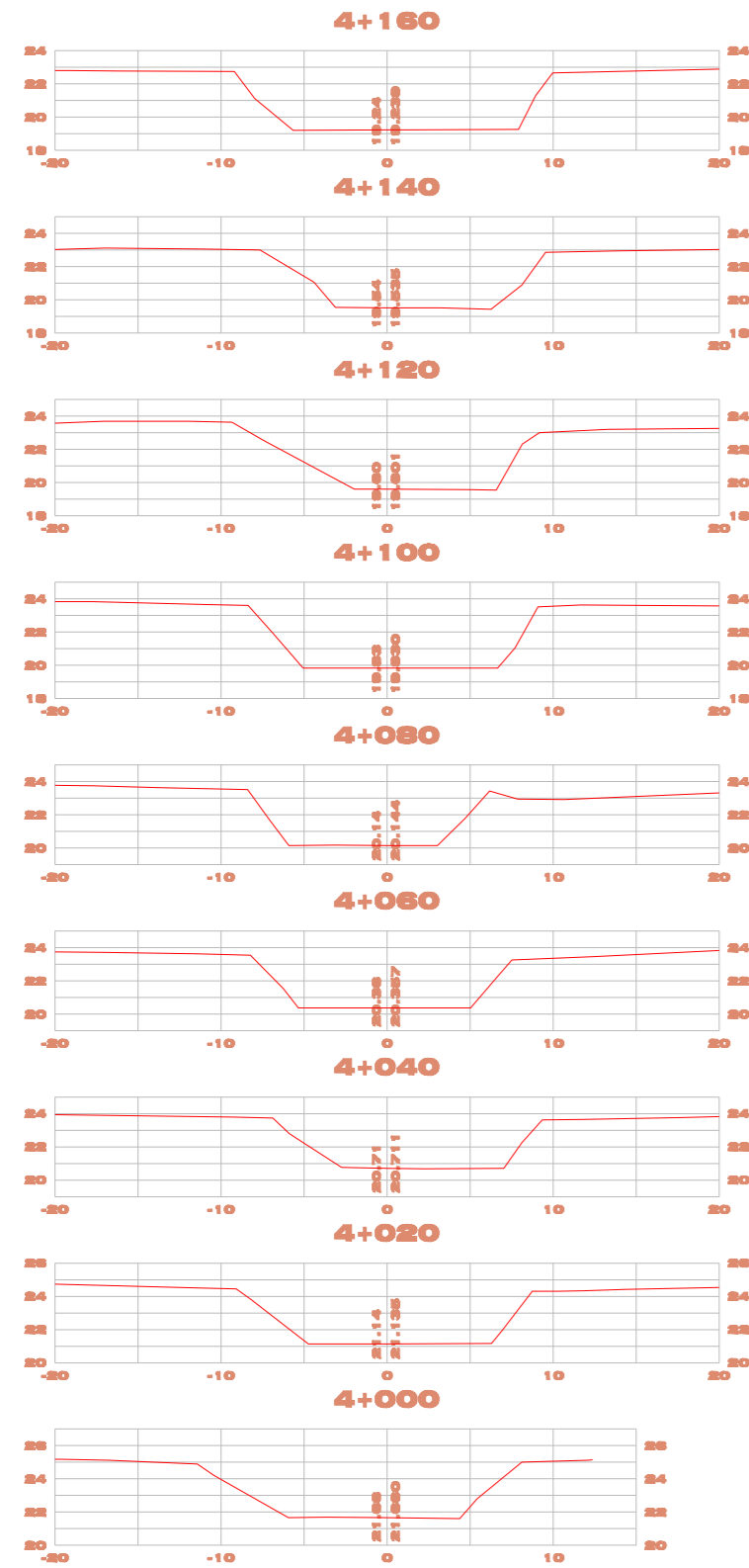
FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

16/35

# SECCIONES TRANSVERSALES



**ESC H. 1:450**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PERFILES TRANSVERSALES  
ESTACION 4+000 - 4+520

ESCALAS

INDICADAS

FECHA

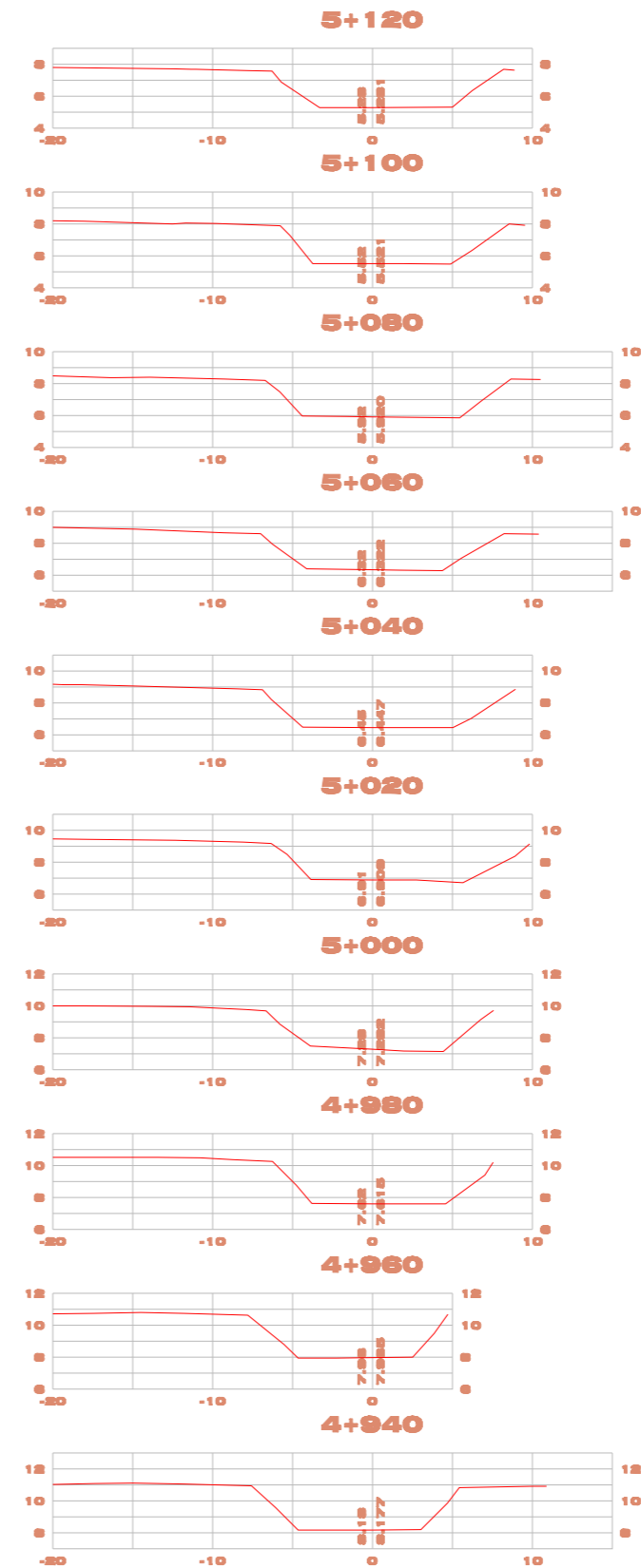
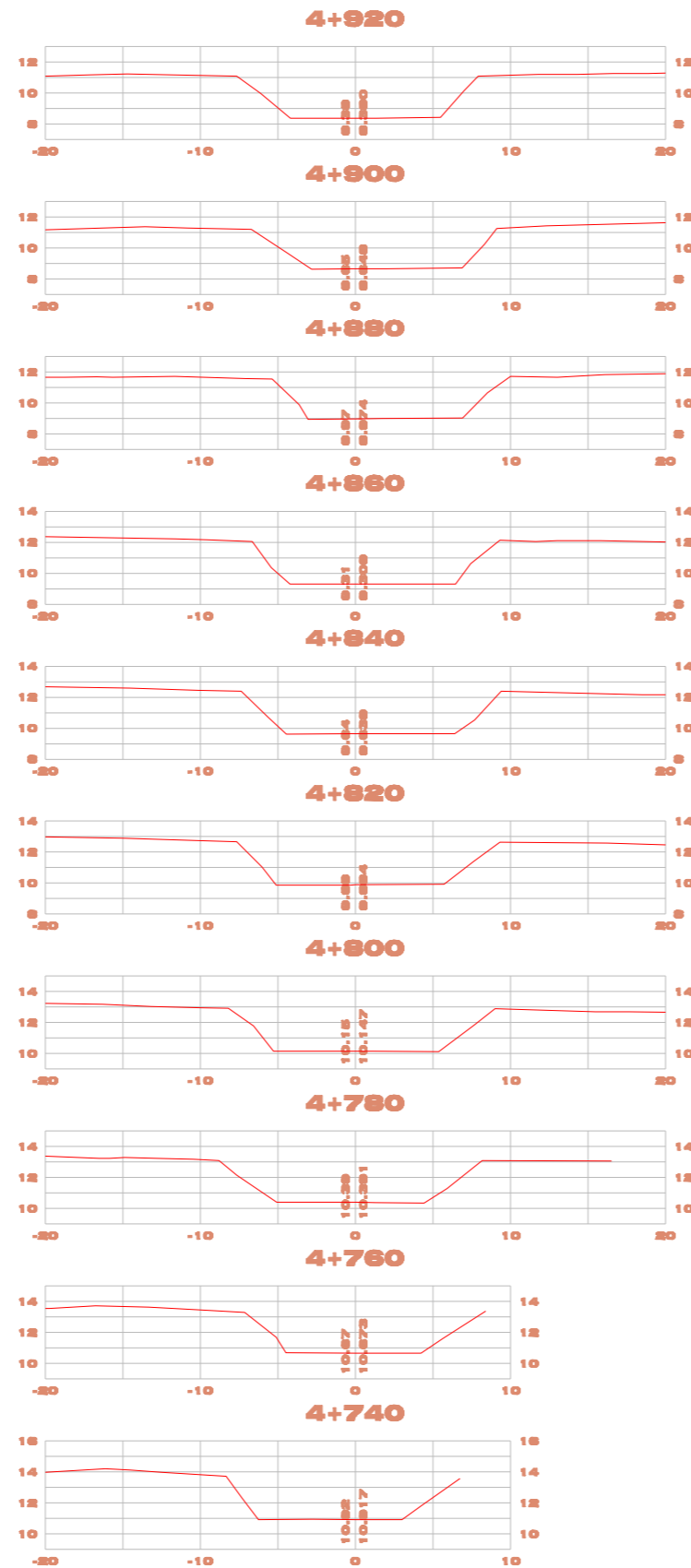
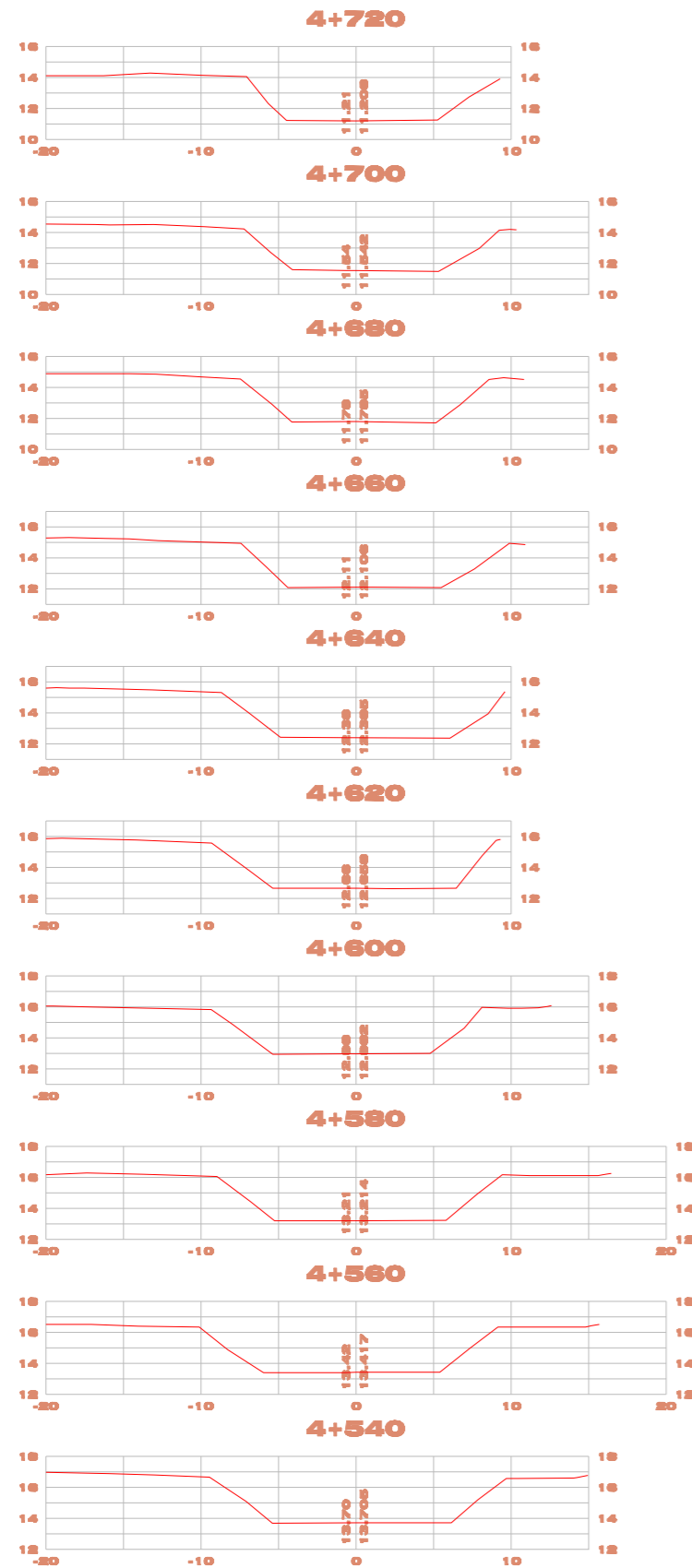
SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

17/35



# SECCIONES TRANSVERSALES



**ESC H. 1:450**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PERFILES TRANSVERSALES  
ESTACION 4+540 - 5+120

ESCALAS

INDICADAS

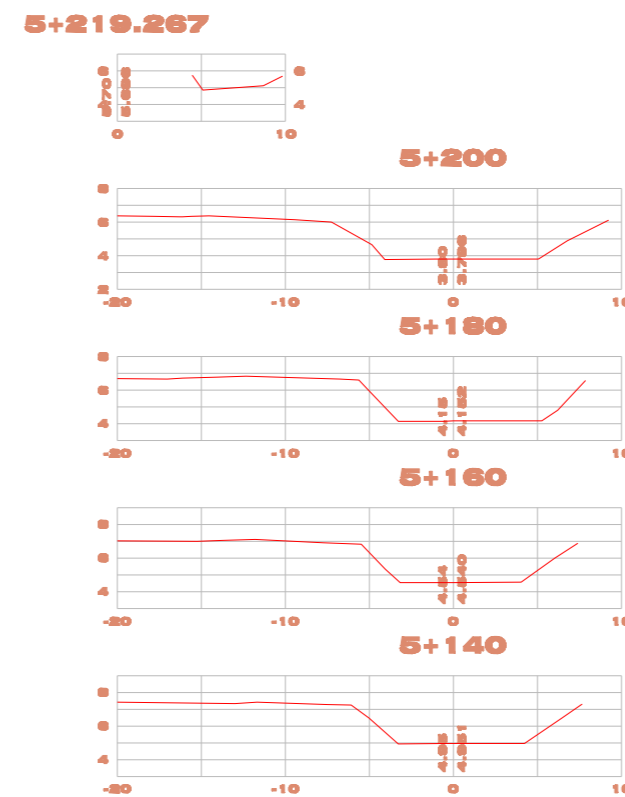
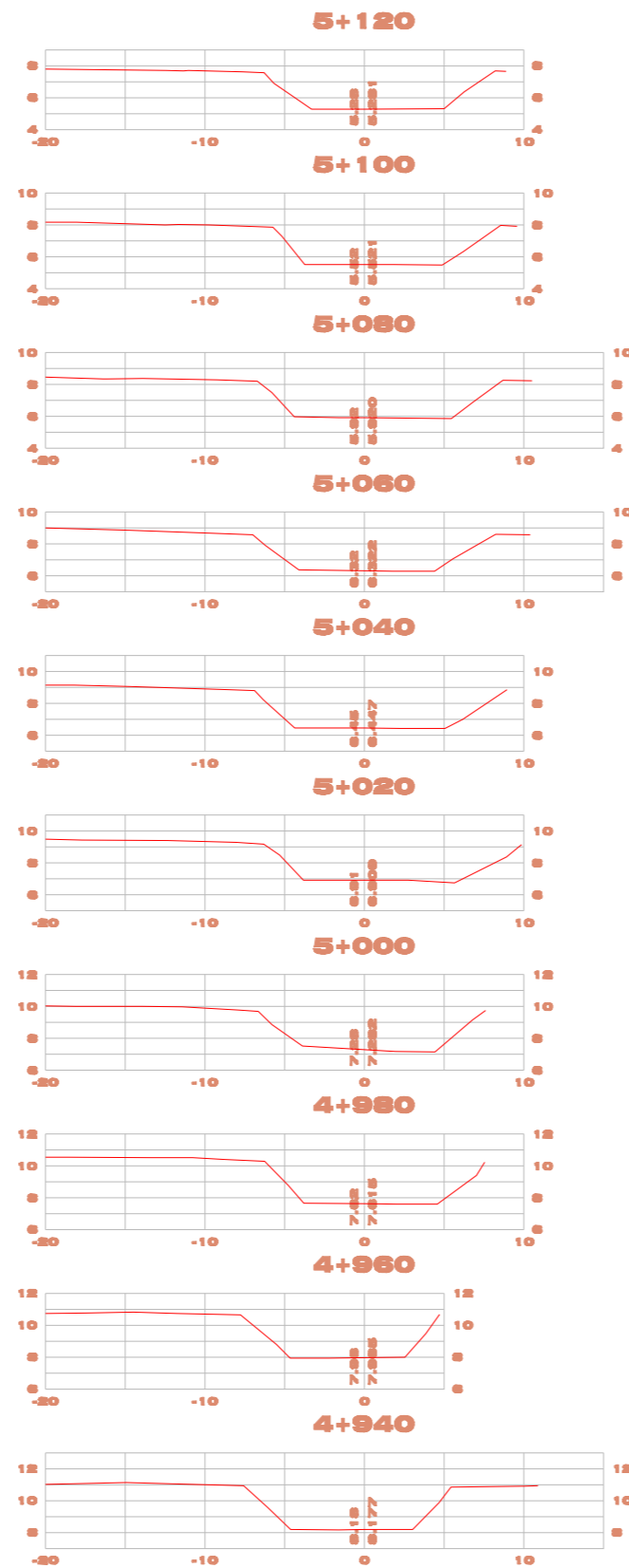
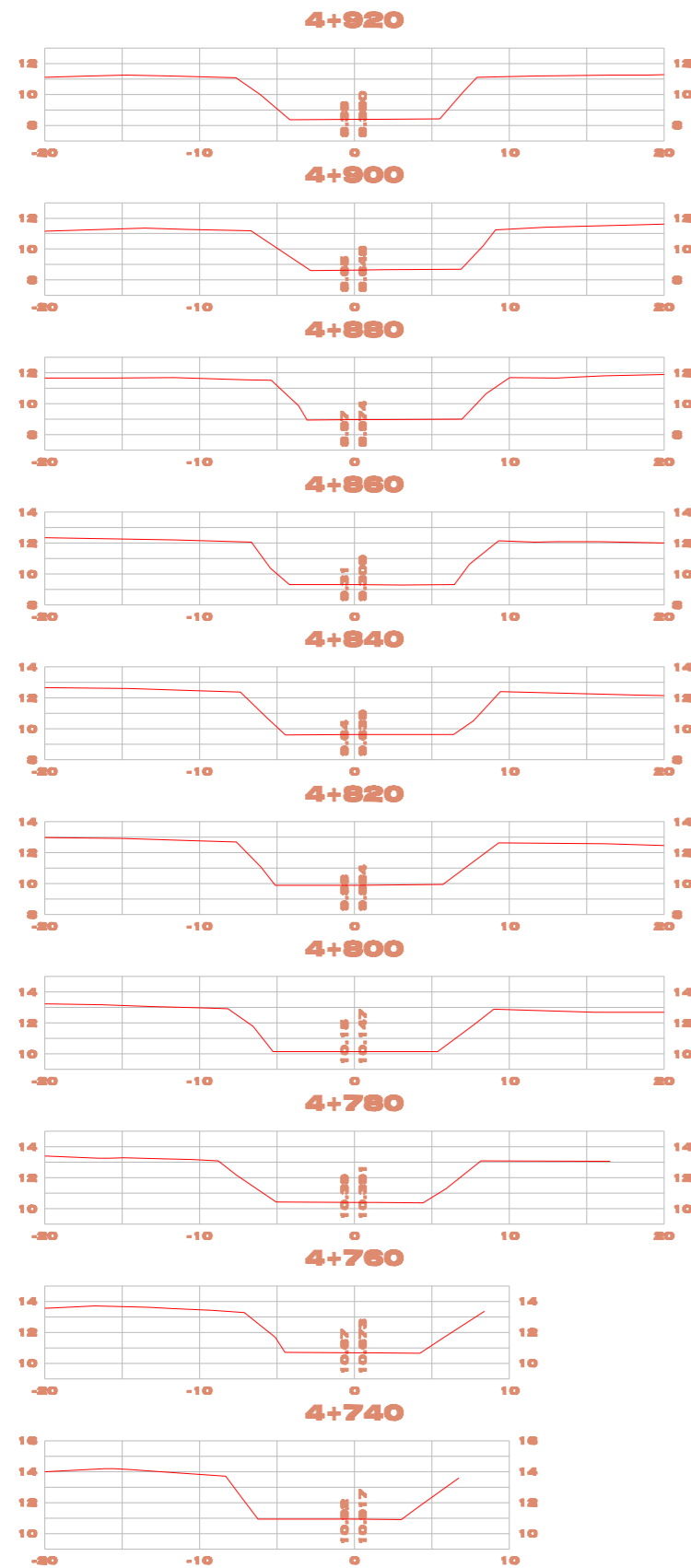
FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

18/35

# SECCIONES TRANSVERSALES



**ESC H. 1:450**  
**ESC V. 1:200**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL  
DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE  
GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. T. GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

PERFILES TRANSVERSALES  
ESTACION 4+740 - 5+219.267

ESCALAS

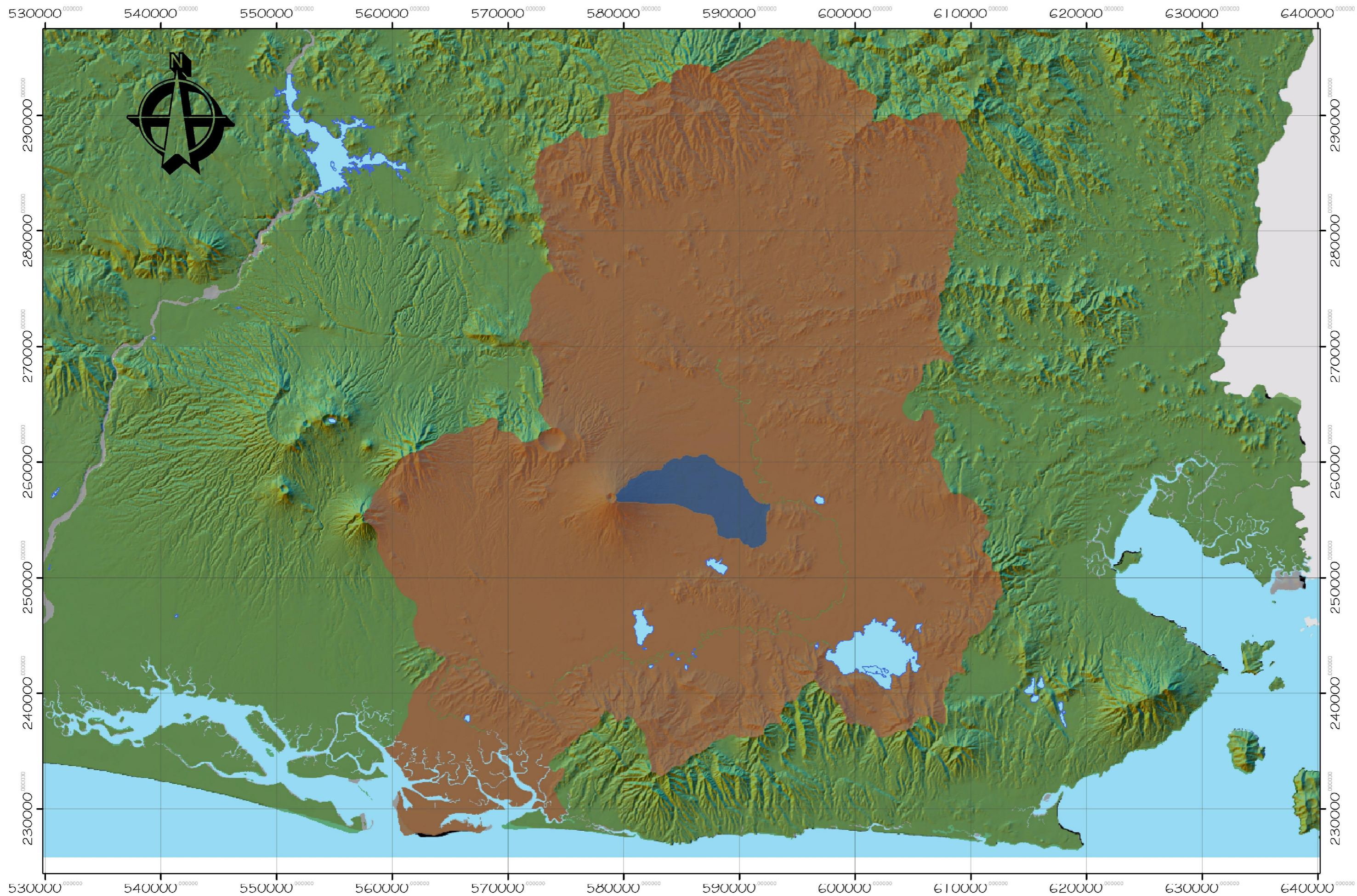
INDICADAS

FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

19/35



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL  
RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

MAPA HIDROGRAFICO DE  
UBICACION

**ESCALAS**

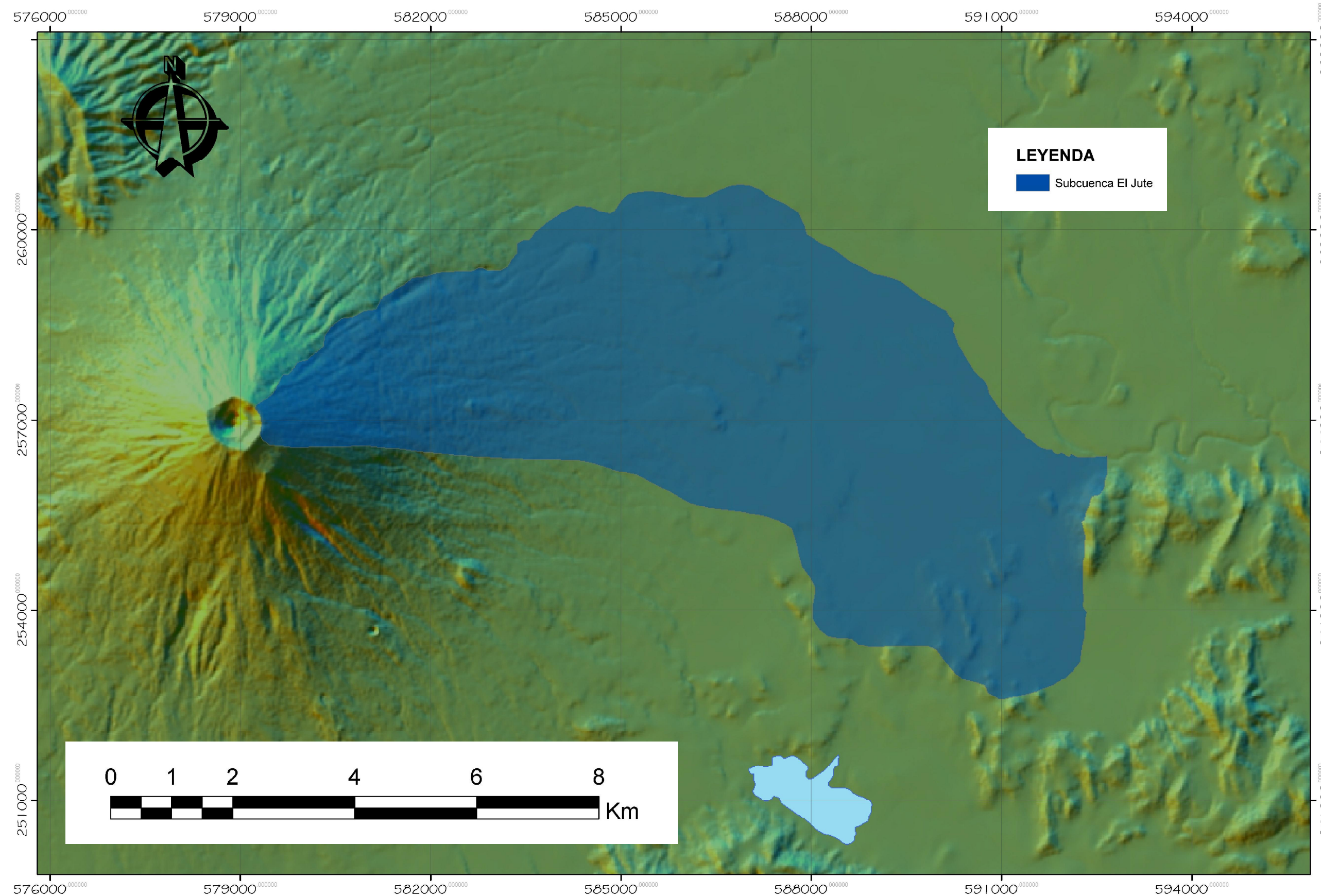
ESC. 1:300,000

**FECHA**

SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

20/35



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL  
RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

MAPA HIDROGRAFICO

**ESCALAS**

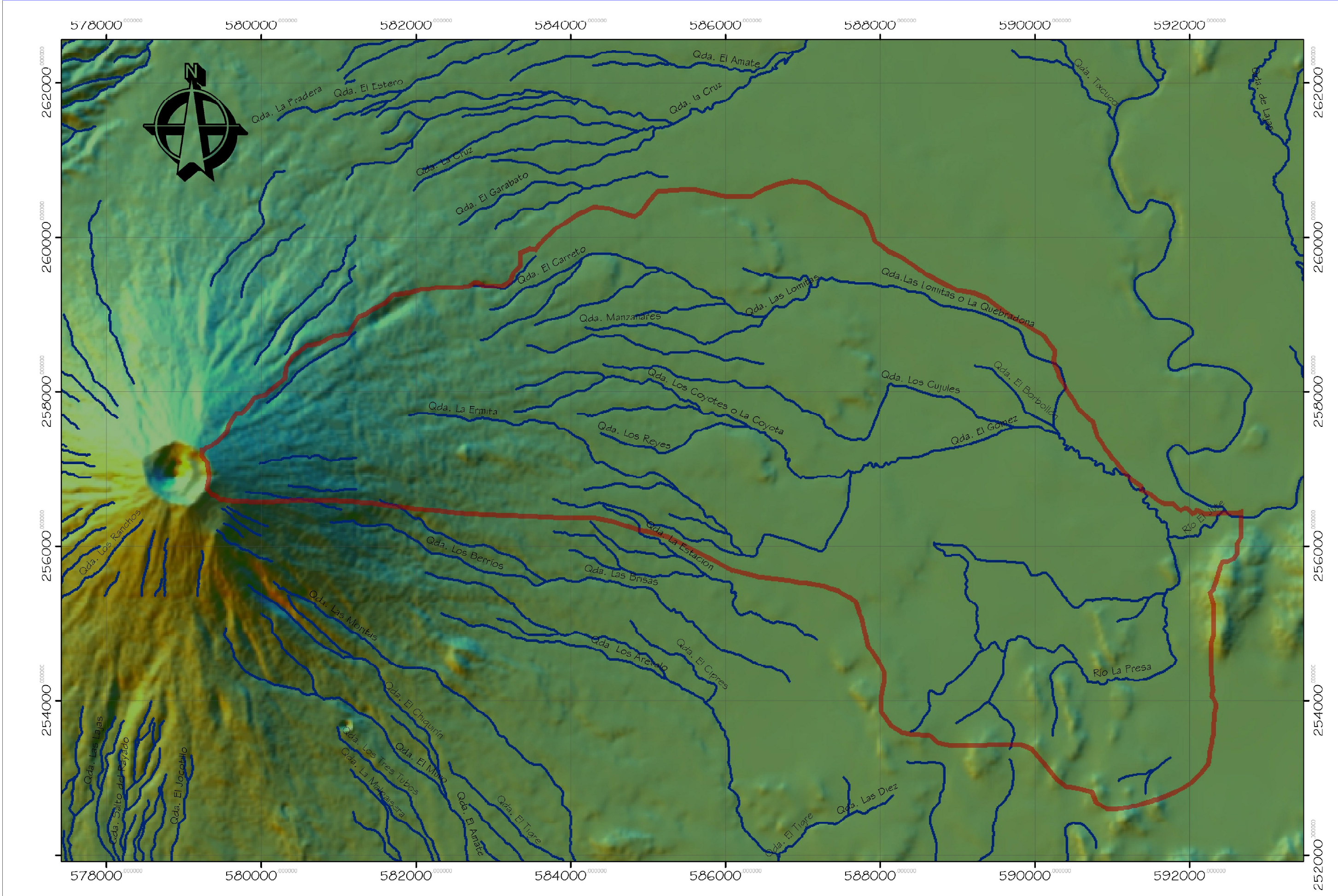
ESC. 1:55,000

**FECHA**

SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

21/35



**PROYECTO**  
PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**  
CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**  
DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

**PRESENTAN**  
Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**  
MAPA HIDROLOGICO DE LA SUBCUENCA EL JUTE

**ESCALAS**  
ESC. 1:45,000

**FECHA**  
SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA Nº**  
22/35



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL  
RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

MAPA DE CANTONES Y  
CASERIOS  
DE LA SUBCUENCA EL JUTE

ESCALAS

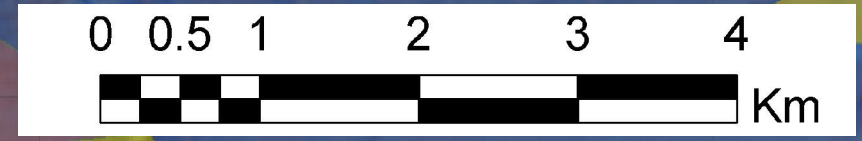
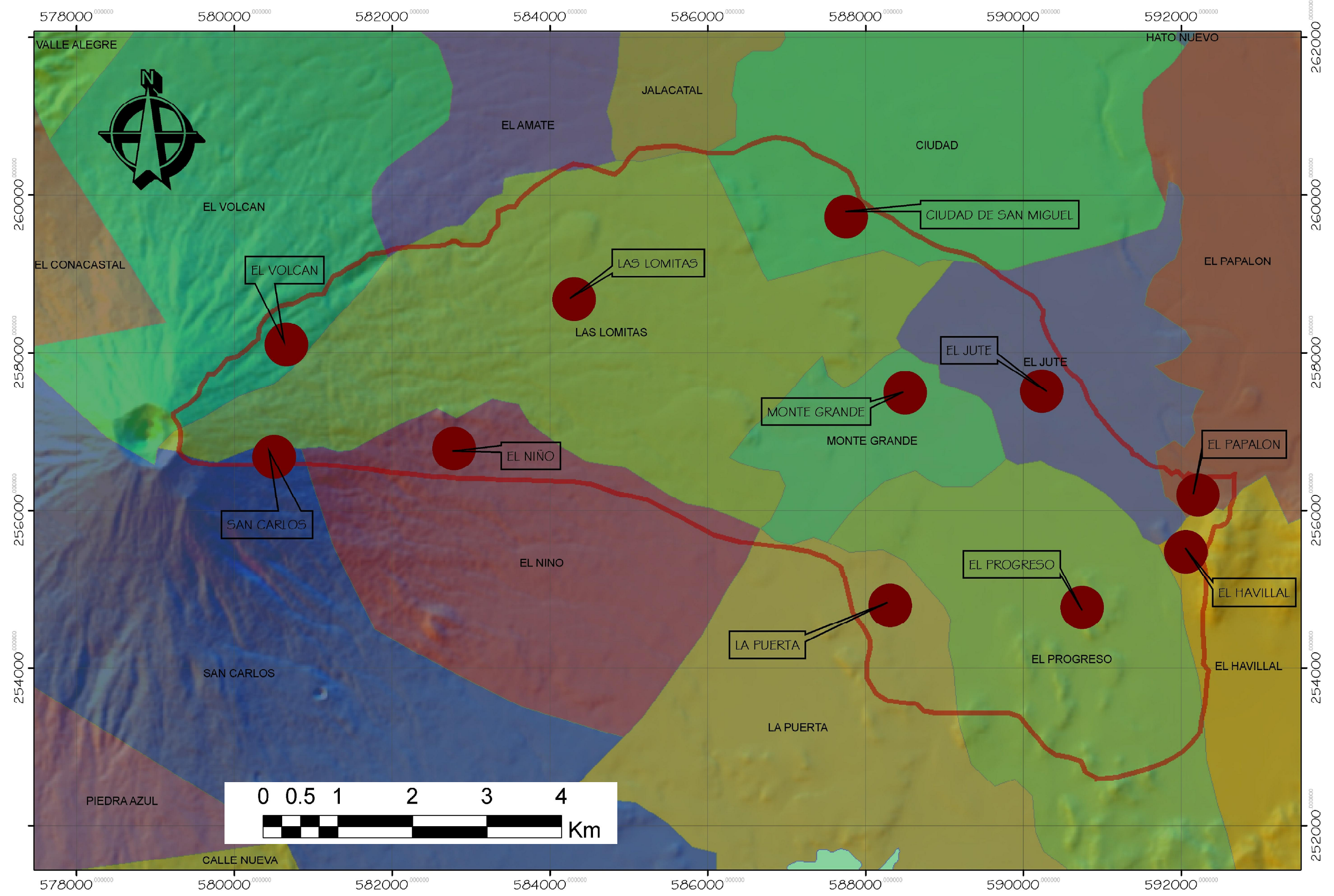
ESC. 1:45,000

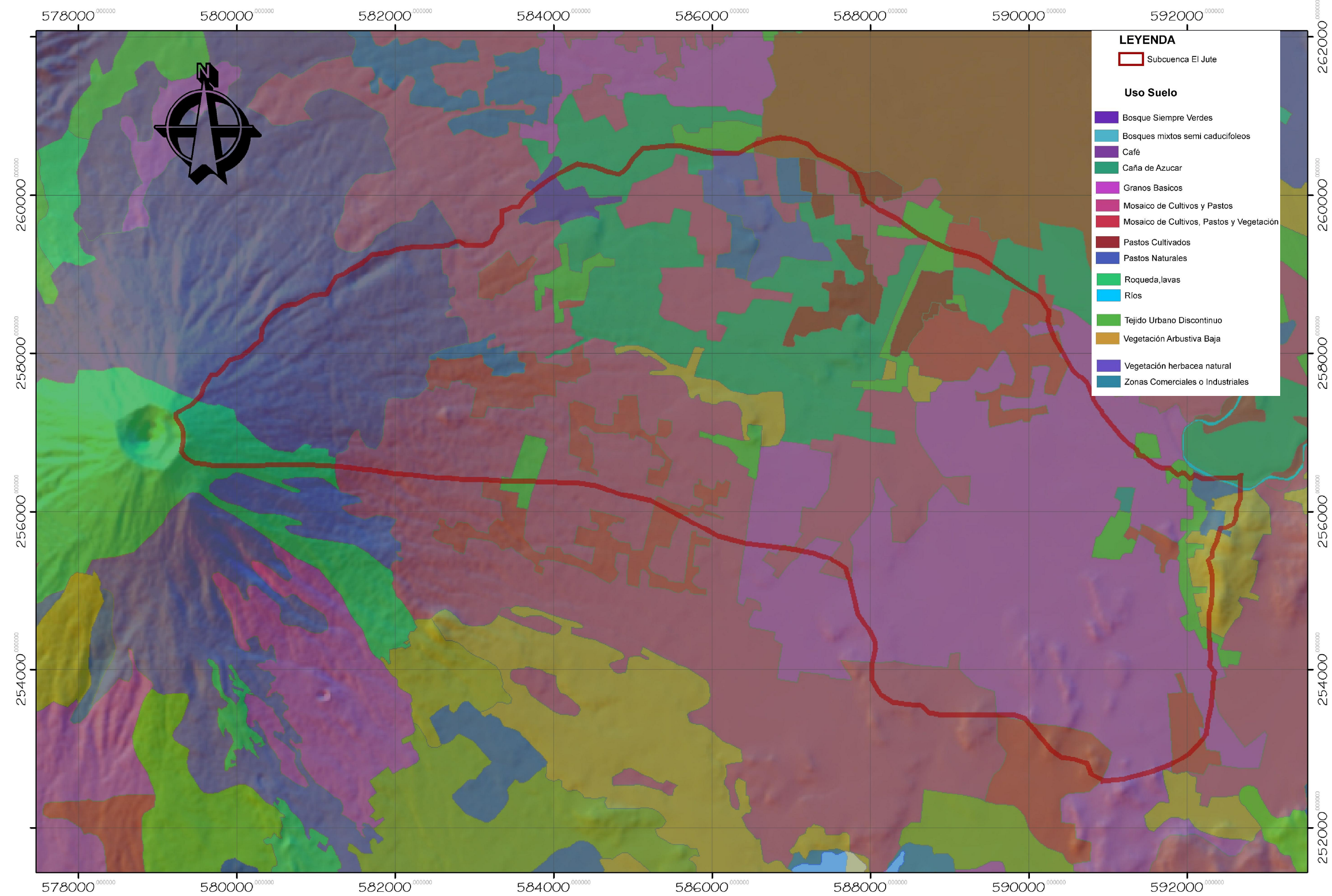
FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA N°

23/35





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

MAPA DE USOS DE SUELO DE LA SUBCUENCA

**ESCALAS**

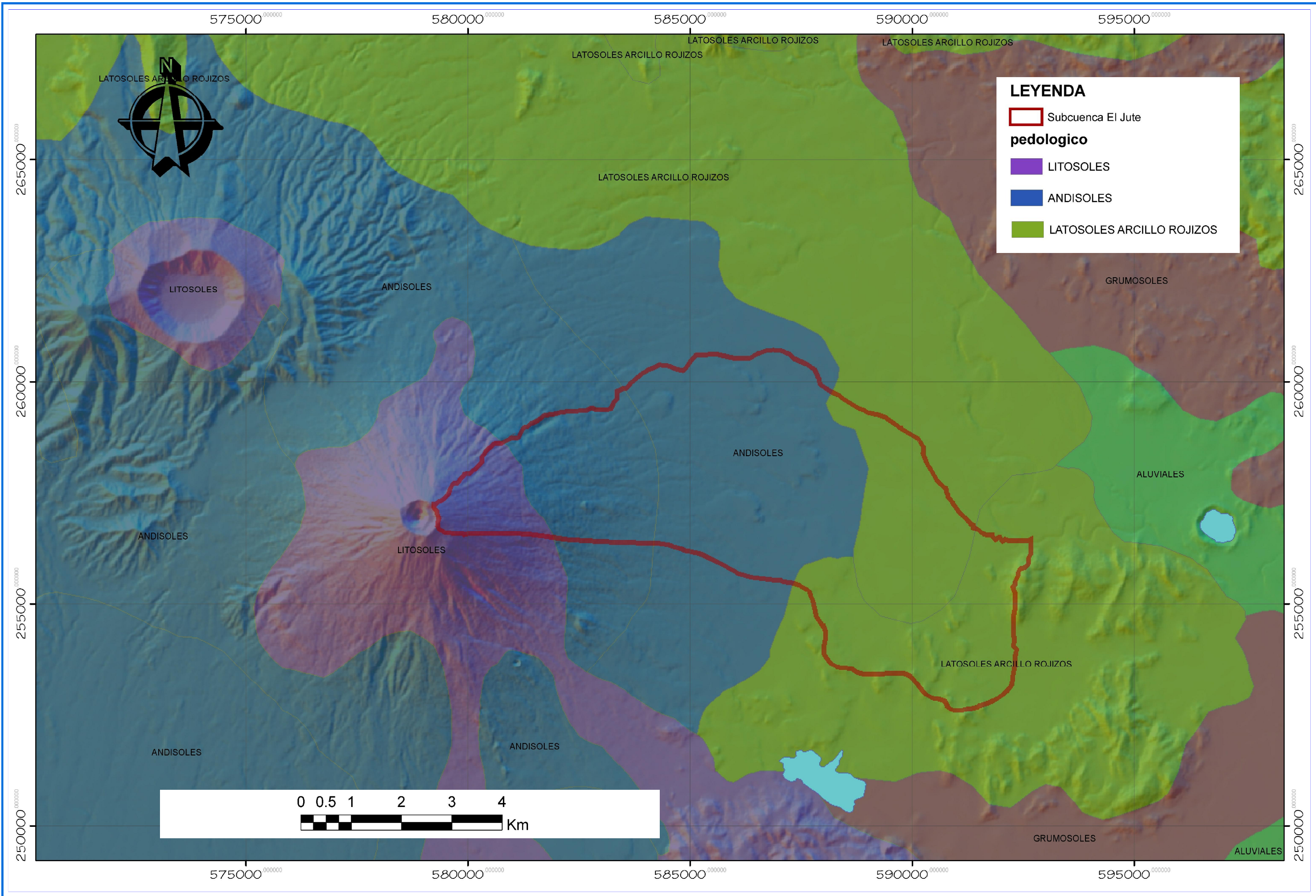
ESC. 1:45,000

**FECHA**

SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

24/35




**LEYENDA**

Subcuenca El Jute

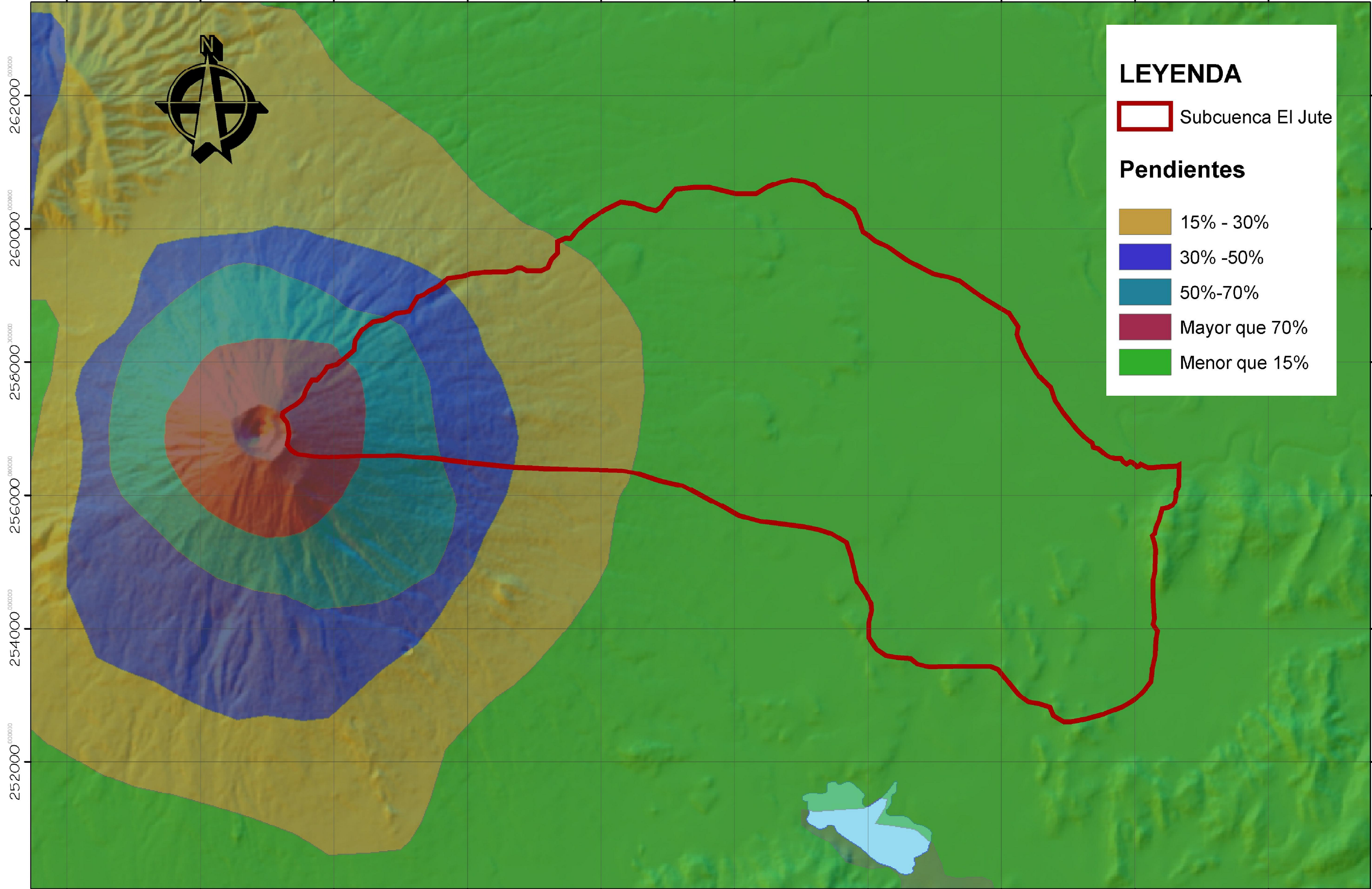
**pedologico**

- LITOSALES
- ANDISOLES
- LATOSALES ARCILLO ROJIZOS

 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
<b>PROYECTO</b>
PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE
<b>PROPIETARIO</b>
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
<b>UBICACION</b>
CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL
<b>DOCENTES</b>
DOCENTE COORDINADOR: ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA DOCENTE DIRECTOR: ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA
<b>PRESENTAN</b>
Br. FLORES, JOSE LUIS Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO Br. YANES, HECTOR ERNESTO
<b>CONTENIDO</b>
MAPA PEDOLOGICO
<b>ESCALAS</b>
ESC. 1:30,000
<b>FECHA</b>
SEPTIEMBRE DE 2008
<b>HOJA N°</b>
25/35



576000 578000 580000 582000 584000 586000 588000 590000 592000 594000




576000 578000 580000 582000 584000 586000 588000 590000 592000 594000






262000  
260000  
258000  
256000  
254000  
252000

262000  
260000  
258000  
256000  
254000  
252000

**LEYENDA**

 Subcuenca El Jute

**Pendientes**

-  15% - 30%
-  30% -50%
-  50%-70%
-  Mayor que 70%
-  Menor que 15%



**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

MAPA DE PENDIENTES

**ESCALAS**

ESC. 1:55,000

**FECHA**

SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA N°**

26/35



**PROYECTO**  
PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**  
CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**  
DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

**PRESENTAN**  
Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**  
MAPA DE ELEVACIONES

**ESCALAS**  
ESC. 1:50,000

**FECHA**  
SEPTIEMBRE DE 2008

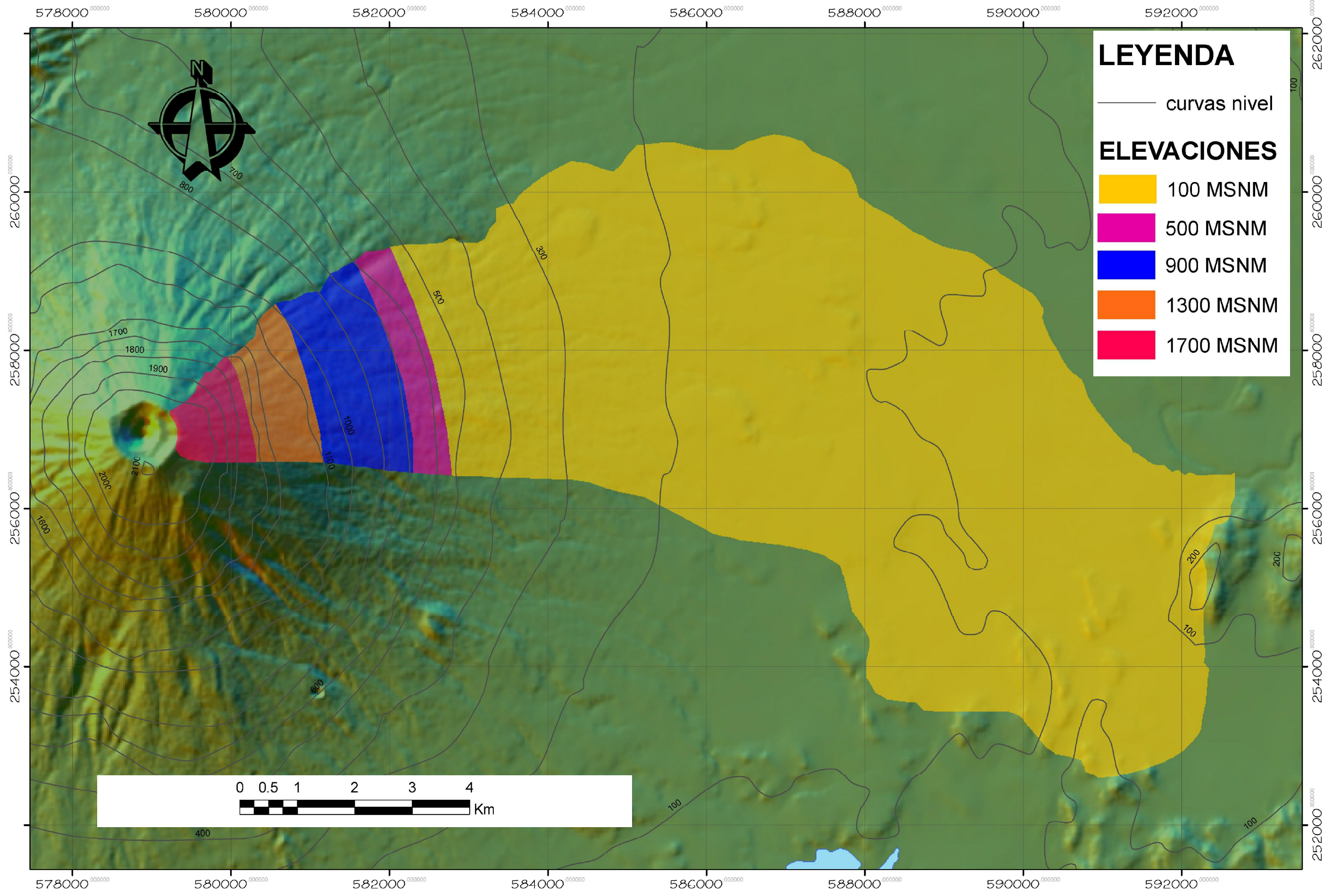
**HOJA N°**  
27/35

**LEYENDA**

— curvas nivel

**ELEVACIONES**

- 100 MSNM
- 500 MSNM
- 900 MSNM
- 1300 MSNM
- 1700 MSNM





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL  
RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

MAPA DE ZONAS DE VIDA

ESCALAS

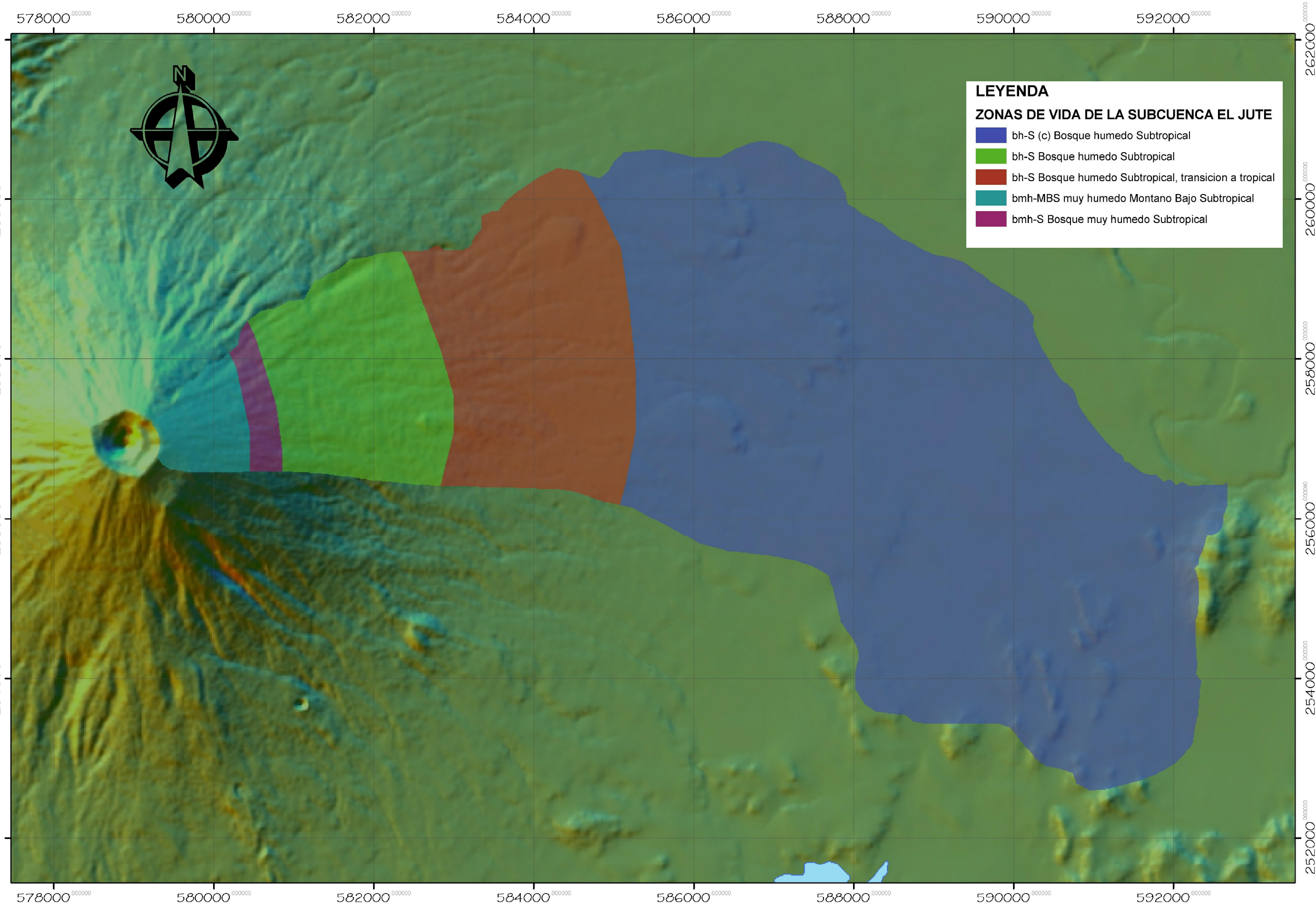
ESC. 1:45,000

FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

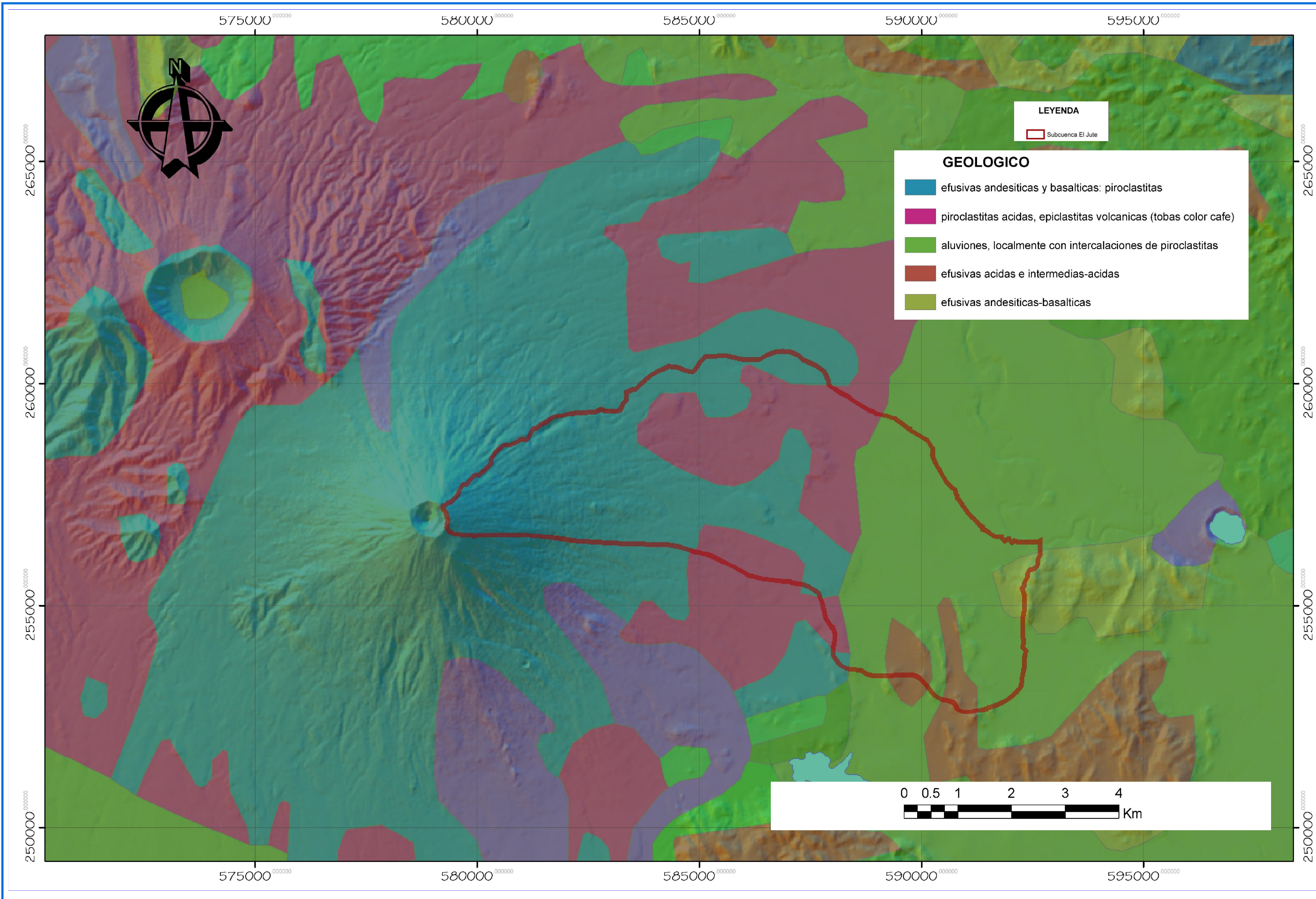
HOJA N°


28/35



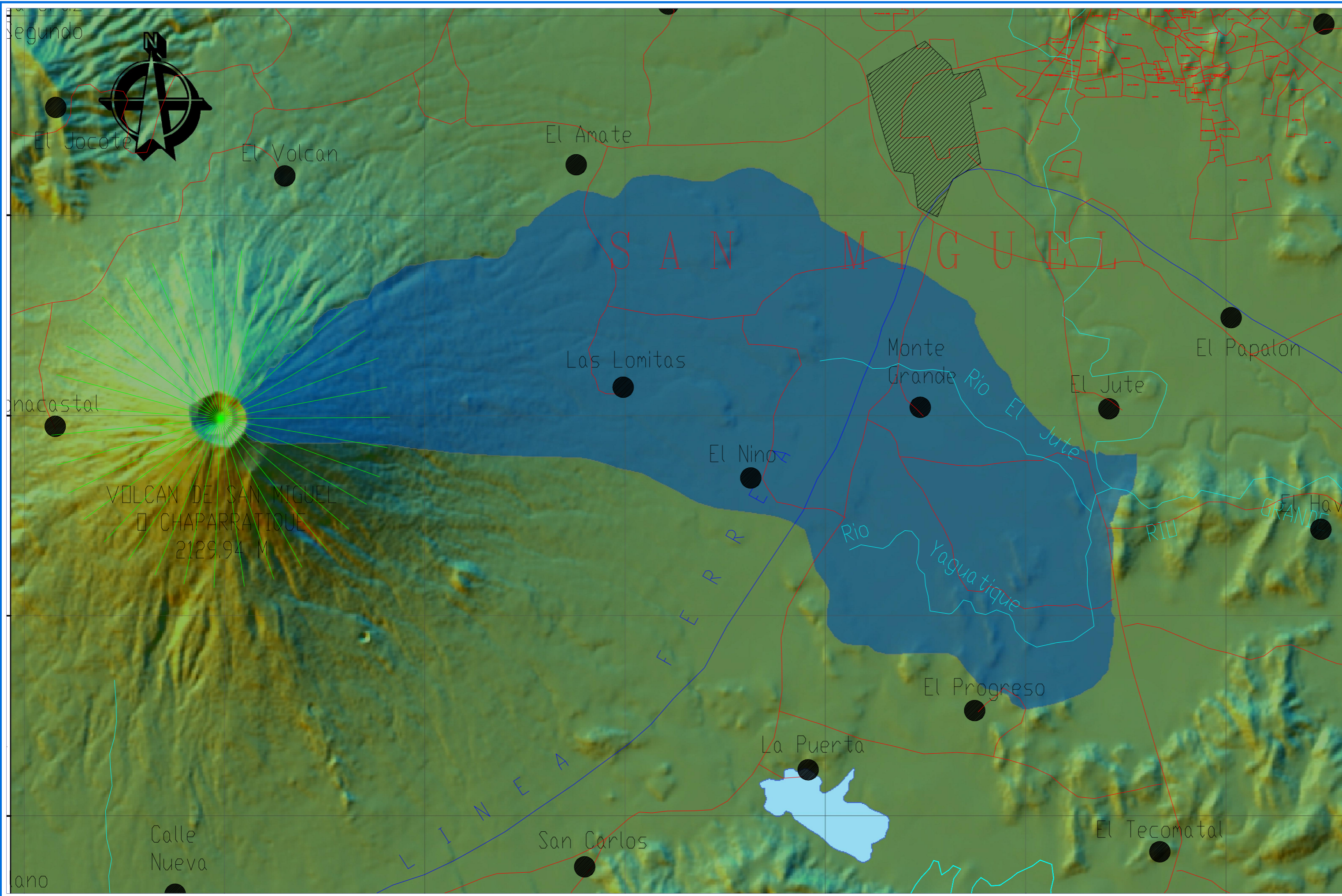
**LEYENDA**  
**ZONAS DE VIDA DE LA SUBCUENCA EL JUTE**

- bh-S (c) Bosque humedo Subtropical
- bh-S Bosque humedo Subtropical
- bh-S Bosque humedo Subtropical, transicion a tropical
- bmh-MBS muy humedo Montano Bajo Subtropical
- bmh-S Bosque muy humedo Subtropical

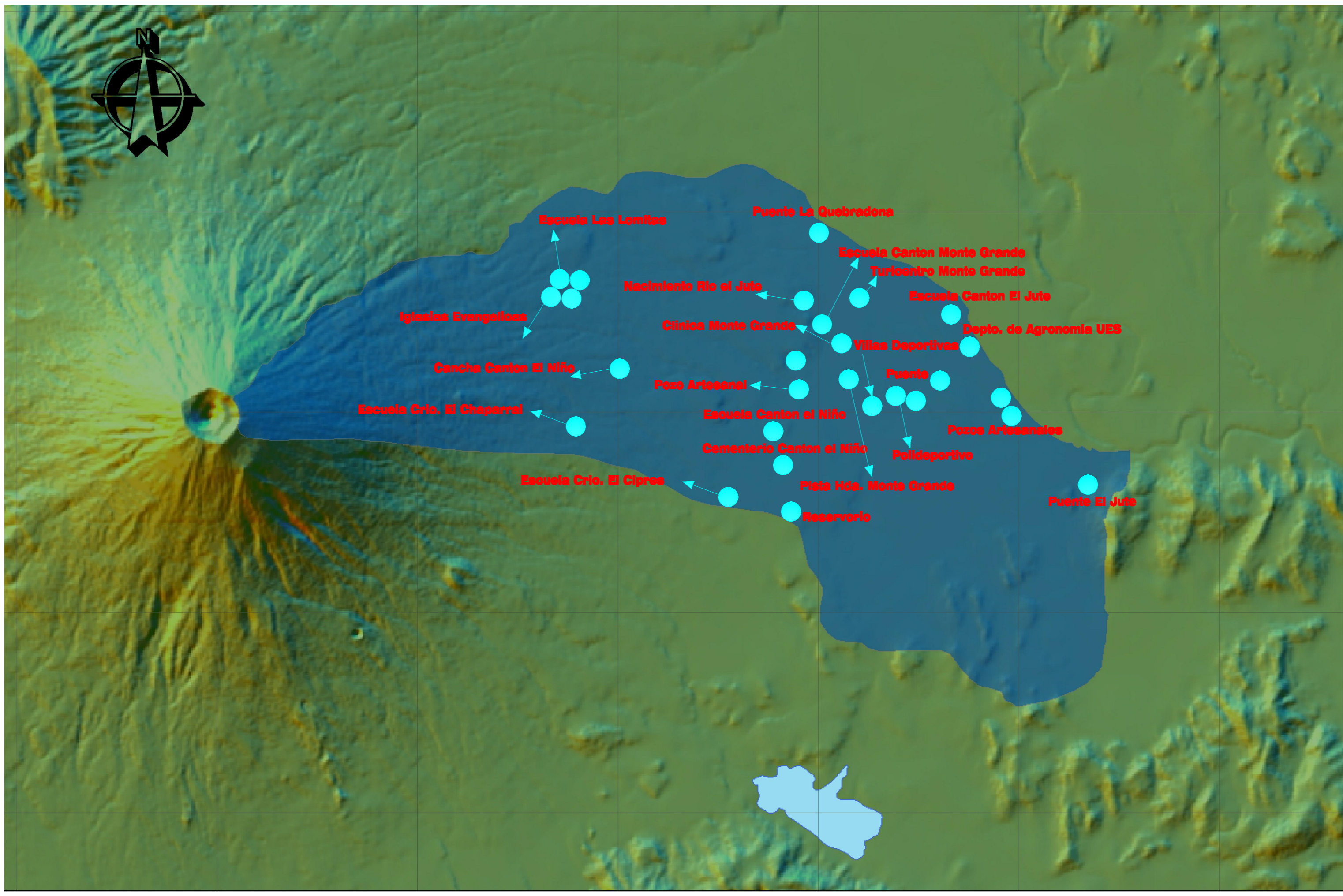


 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
<b>PROYECTO</b>
PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RIO EL JUTE
<b>PROPIETARIO</b>
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
<b>UBICACION</b>
CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL
<b>DOCENTES</b>
DOCENTE COORDINADOR: ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA DOCENTE DIRECTOR: ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA
<b>PRESENTAN</b>
Br. FLORES, JOSE LUIS Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO Br. YANES, HECTOR ERNESTO
<b>CONTENIDO</b>
MAPA GEOLOGICO
<b>ESCALAS</b>
ESC. 1:75,000
<b>FECHA</b>
SEPTIEMBRE DE 2008
<b>HOJA N°</b>
29/35





 <p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p>	
PROYECTO	PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO PARA LA SUBCUBENCA DEL RIO EL JUTE
PROPIETARIO	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
UBICACION	CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL
DOCENTES	DOCENTE COORDINADOR: ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA DOCENTE DIRECTOR: ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA
PRESENTAN	Br. FLORES, JOSE LUIS Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO Br. YANES, HECTOR ERNESTO
CONTENIDO	VIAS DE ACCESO
ESCALAS	ESC. 1:50,000
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2008
HOJA N°	31/35



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**PROYECTO**

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO  
PARA LA SUBCUENCA  
DEL RIO EL JUTE

**PROPIETARIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**UBICACION**

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

**DOCENTES**

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

**PRESENTAN**

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

**CONTENIDO**

INFRAESTRUCTURA DE LA  
SUBCUENCA EL JUTE

**ESCALAS**

ESC. 1:50,000

**FECHA**

SEPTIEMBRE DE 2008

**HOJA Nº**

32/35



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO  
PARA LA SUBCUBENCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

DETALLES CONSTRUCTIVOS DE  
LETRINA ABONERA

ESCALAS

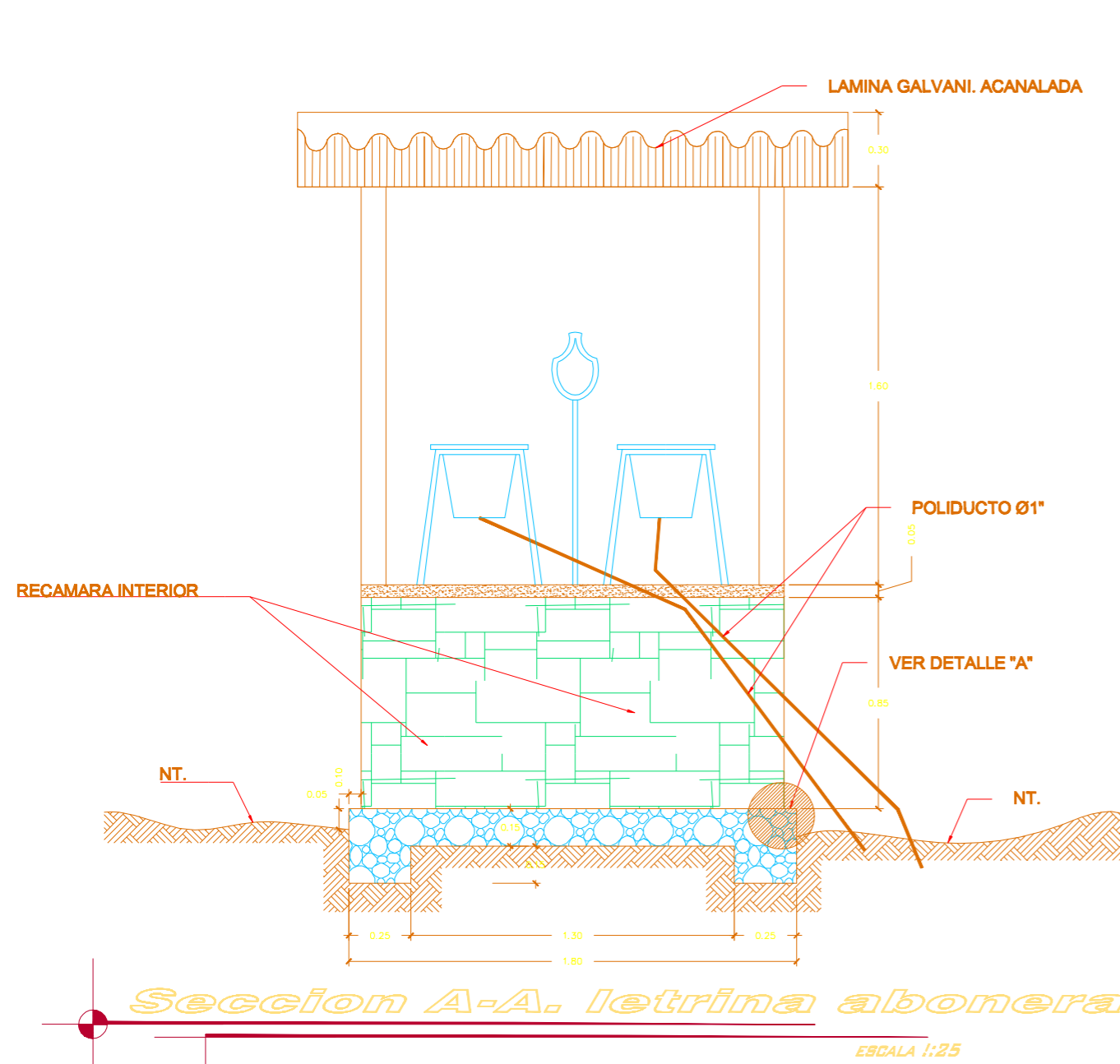
ESC. INDICADAS

FECHA

NOVIEMBRE DE 2008

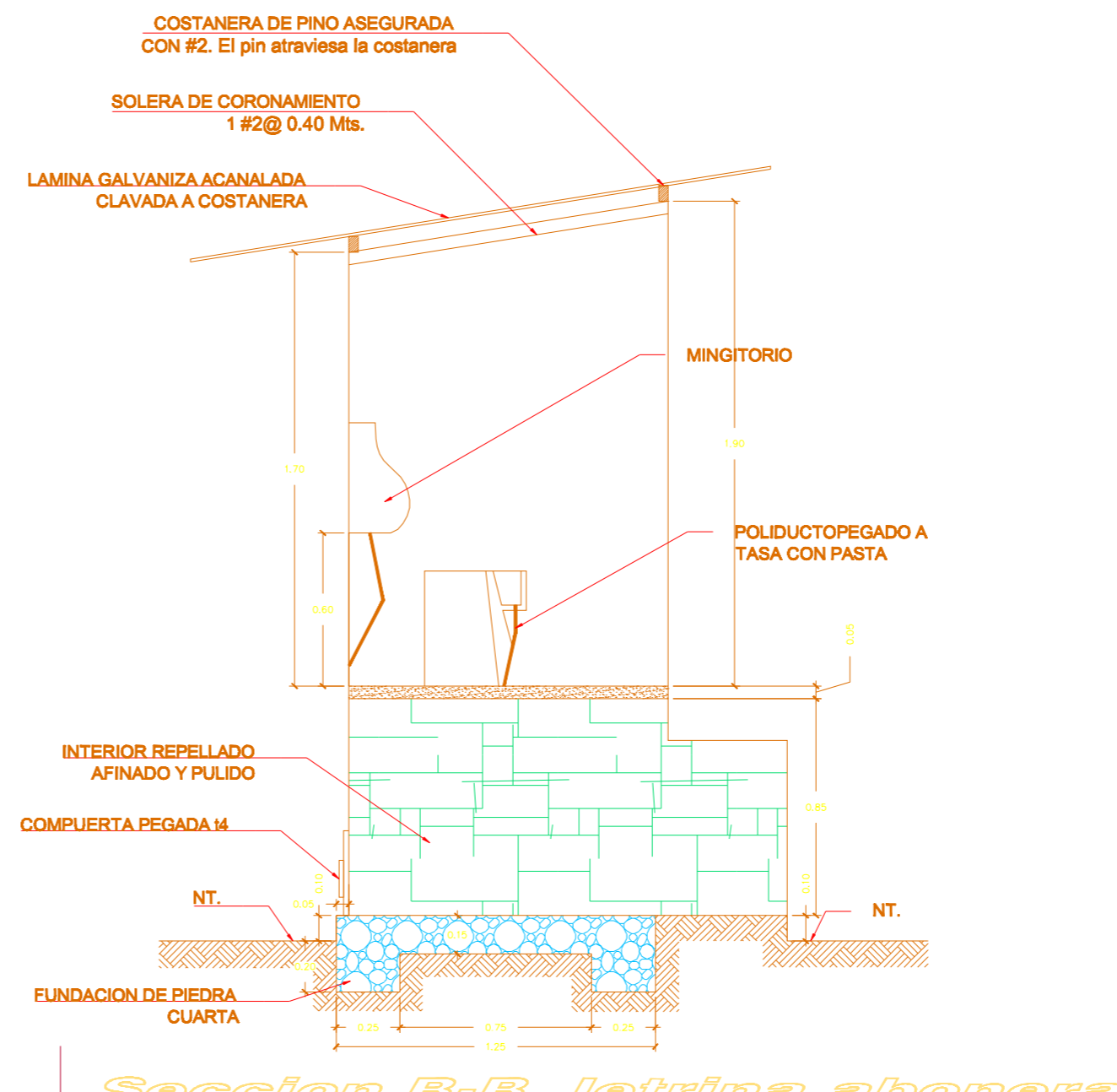
HOJA N°

33/35



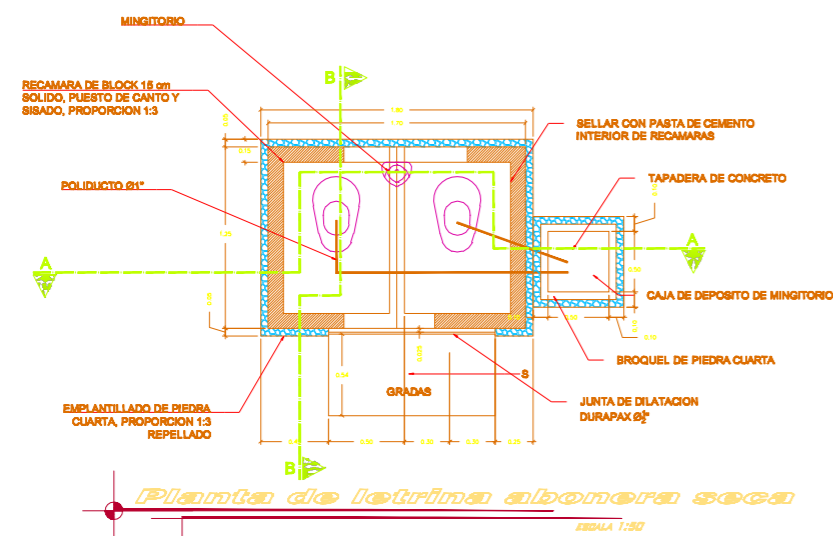
Seccion A-A. letrina abonera

ESCALA 1:25



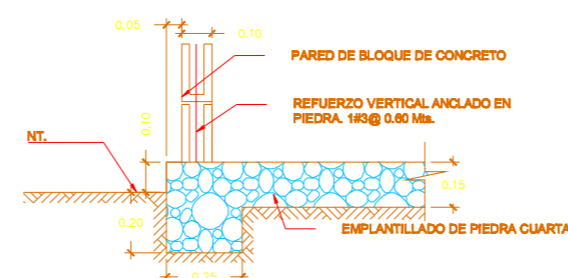
Seccion B-B. letrina abonera

ESCALA 1:25



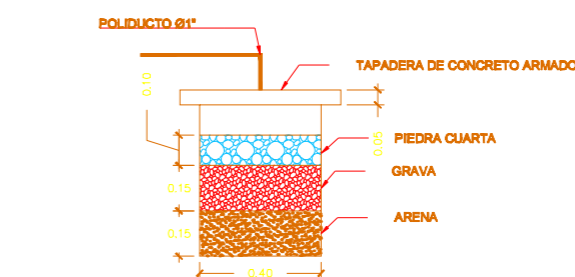
Planta de letrina abonera seca

ESCALA 1:50



Detalle "A" fundacion en pared

ESCALA 1:25

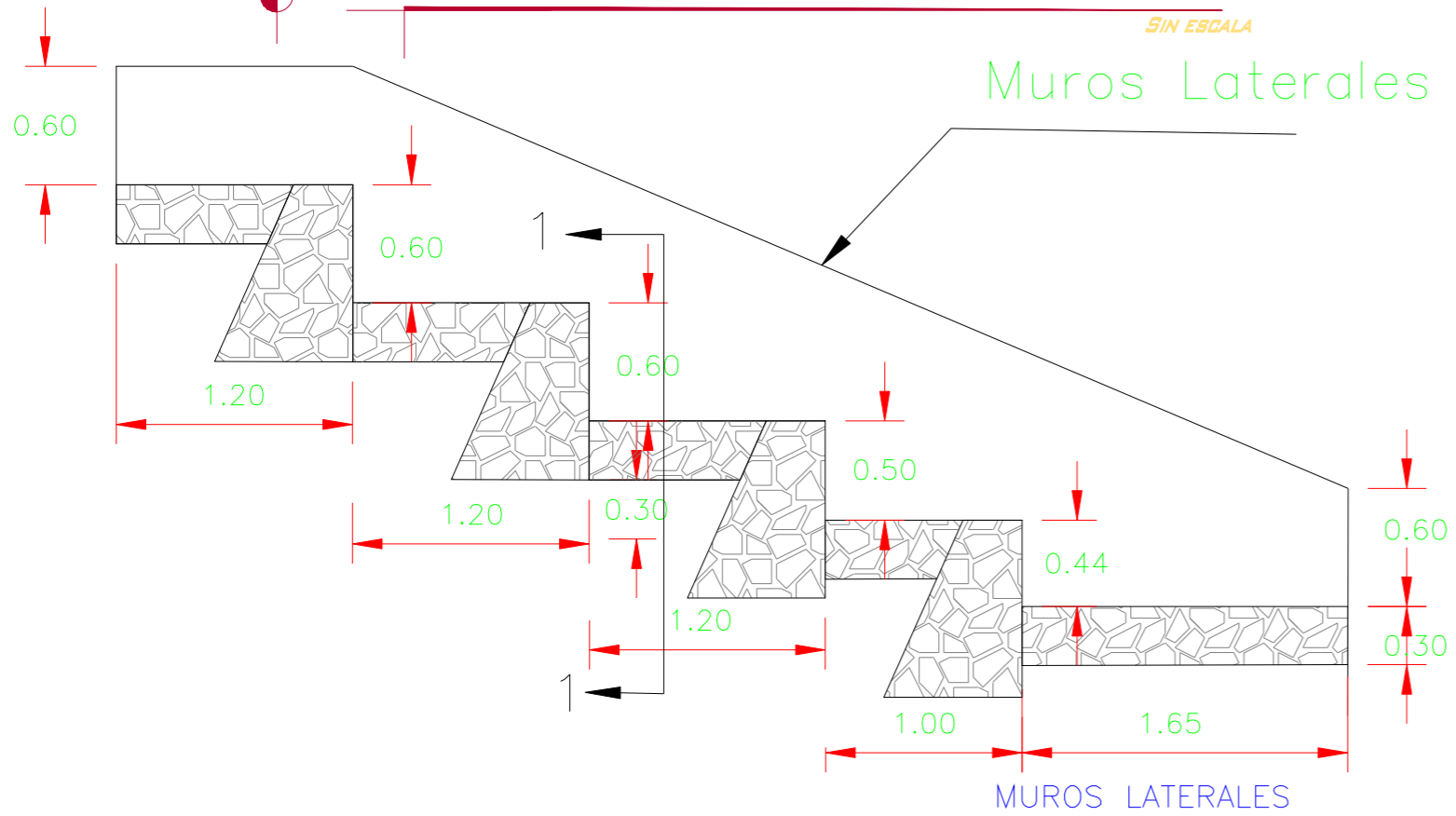


Detalle caja resumidero

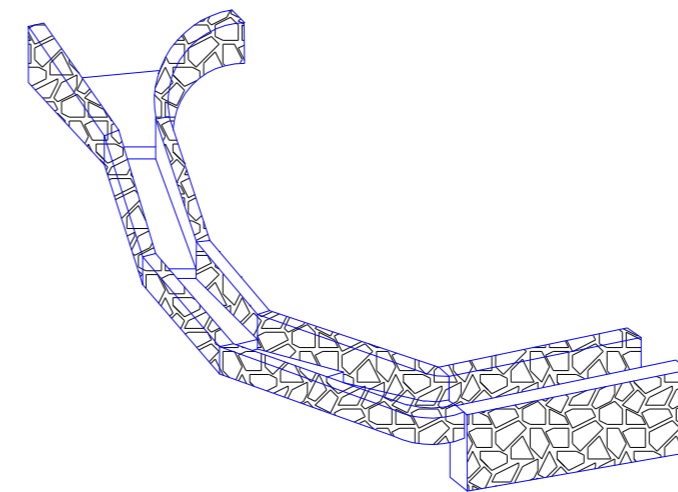
ESCALA 1:25



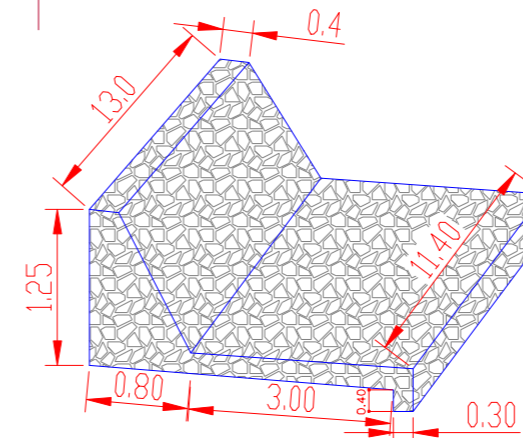
*Detalle de derramadero*



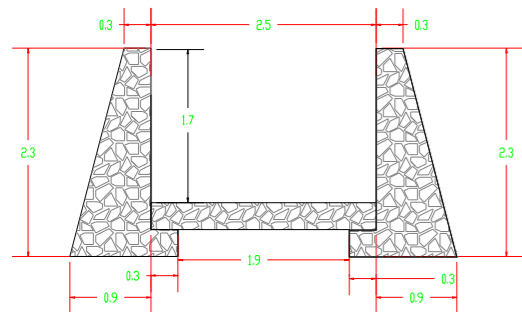
*Vista isométrica de derramadero*



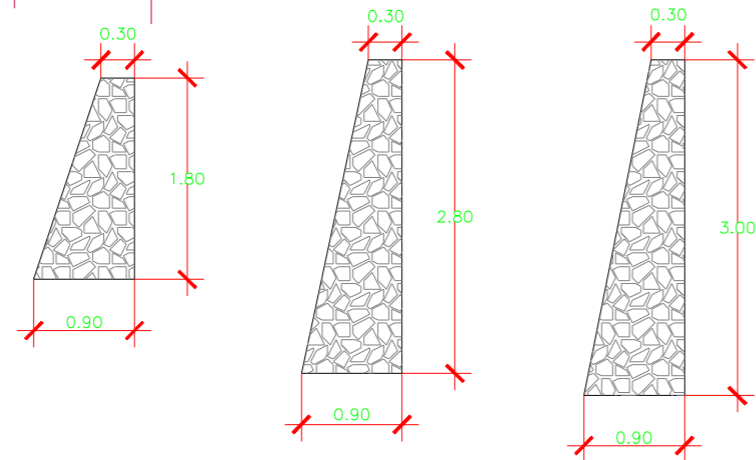
*Isométrico de muro guardanivel*



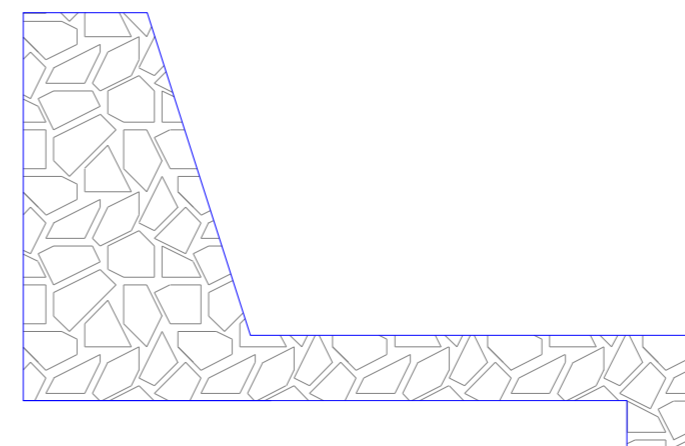
*Seccion 1-1*



*Detalle de muros laterales*



*Detalle de muro guardanivel*



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO  
PARA LA SUBCUCUNCA  
DEL RIO EL JUTE

PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

CONTENIDO

DETALLES CONSTRUCTIVOS DE  
DERRAMADEROS Y GUARDANIVEL

ESCALAS

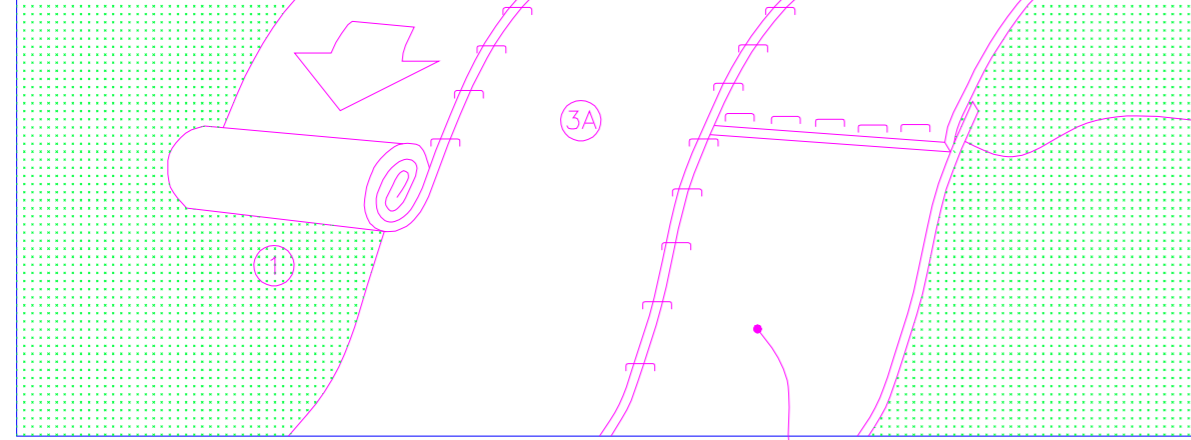
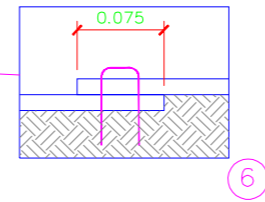
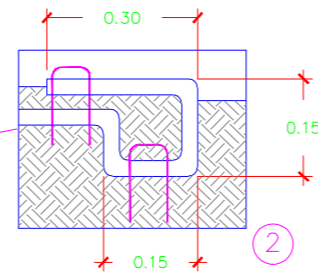
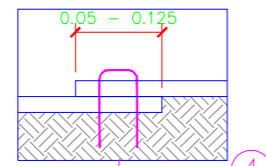
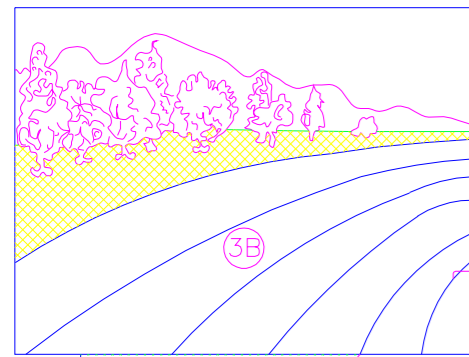
ESC. INDICADAS

FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

HOJA Nº

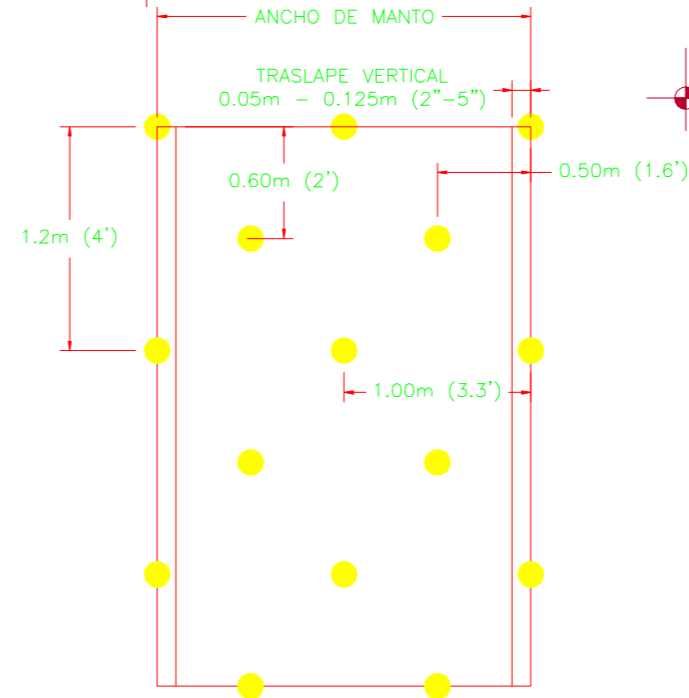
34/35



MANTO COMPUESTO POR MALLAS DE POLIPROPILENO CON UNA MATRIZ 100% DE FIBRA DE COCO

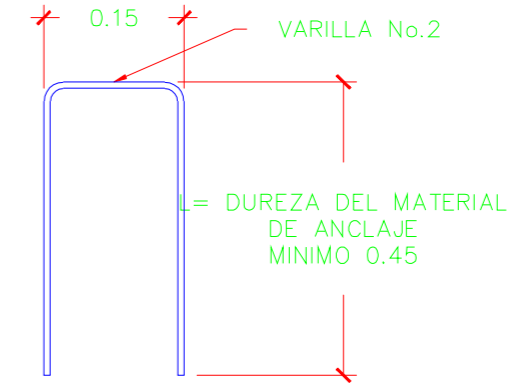
## Ubicacion de anclajes

SIN ESCALA



## Detalle de anclaje

SIN ESCALA



### Notas:

1. Conformar, tallar y arar el talud previamente a colocar el manto
2. Esparcir las semillas y fertilizar previamente a colocar el manto
3. Anclar el manto al talud con grapas (ver detalle) : 4.5 grapas/m<sup>2</sup>

## Instalacion de manto permeable

SIN ESCALA

1. Prepare el terreno antes de instalar las mantas, incluyendo cualquier aplicación necesaria de cal, fertilizante y semilla.

2. Ancle la manta en la cabecera del talud en una zanja de 15 cm (6 pulg.) de profundidad x 15 cm (6 pulg.) de ancho con una hilera de grapas / estacas aproximadamente a 30 cm (12 pulg.) una de la otra en el fondo de la zanja. Deje aproximadamente 30 cm (12 pulg.) de la manta extendida mas allá de la parte del talud arriba de la zanja. Rellene y compacte la zanja después de engrapar y aplique la semilla al suelo compactado. Doble hacia atrás por encima de la manta la parte de 30 cm (12 pulg.) que dejo y asegúrela con una hilera de grapas / estacas aproximadamente a 30 cm (12 pulg.) una de la otra a través del ancho de la manta.

3. Desenrolle las mantas (a) hacia abajo u (b) horizontalmente a través del talud. Fije con seguridad las mantas a la superficie del suelo con grapas / estacas como se muestra en la guía patrón de grapas. Cuando este usando el Sistema de Puntos (DOT System®), coloque las grapas / estacas a través de los puntos de color correspondientes al patrón apropiado de grapas.

4. Engrape los bordes de mantas paralelas con un traslape de 5 - 12.5 cm (2 - 5 pulg.) dependiendo del tipo de manta.

5. Coloque las mantas consecutivas empalmadas hacia abajo del talud extremo sobre extremo (estilo tejas) con un traslape aproximado de 7.5 cm (3 pulg.). Engrape a través del área traslapada, a aproximadamente 30 cm (12 pulg.) de distancia a todo lo ancho de la manta.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

### PROYECTO

PLAN DE PROTECCION Y MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO  
PARA LA SUBCUBENCA  
DEL RIO EL ATE

### PROPIETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

### UBICACION

CANTON MONTE GRANDE SAN MIGUEL

### DOCENTES

DOCENTE COORDINADOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA  
DOCENTE DIRECTOR:  
ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

### PRESENTAN

Br. FLORES, JOSE LUIS  
Br. TORRES GUERRERO, OSCAR ROBERTO  
Br. YANES, HECTOR ERNESTO

### CONTENIDO

DETALLES CONSTRUCTIVOS DE  
MALLA GEOSINTETICA

### ESCALAS

ESC. INDICADAS

### FECHA

SEPTIEMBRE DE 2008

### HOJA N°

35/35

# **ANEXOS**

# **Anexo 1: Encuesta**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



**ENCUESTA**

**Objetivo:** Recolectar información necesaria sobre la subcuenca del Rio El Jute, ubicada en el Municipio de San Miguel, vital para la elaboración del diagnostico.

**Indicación:** Responda las siguientes interrogantes.

**Número de personas encuestadas:** 150

1. ¿Que cultivos predominan en la zona?

Maíz	Maicillo	Caña de Azúcar
Hortalizas	Café	Frijol
Pastos	Otros	

2. ¿Cuáles son los servicios básicos con los que cuenta en la zona?

Agua Potable	Aguas Negras	Teléfono
Energía Eléctrica	Tren de Aseo	Otros

3. ¿Cuál es la fuente de ingresos que tiene?

Agrícola	Ganadería	Artesanal
Sector Público	Sector Privado	Remesas
Otros		

4. ¿Qué cantidad de ingresos percibe mensualmente?

Menor de \$100 dólares

Entre \$100 a \$200 dólares

Mayor a \$200 dólares

5. ¿Considera usted que las fuentes de agua de la zona estén contaminadas?

Si  No  No Sabe

6. ¿De donde obtiene el agua para las labores cotidianas del hogar?

Pozo  Manantial  Agua potable

Otros

7. ¿Cuál es el uso que le da al agua del Rio El Jute?

Consumo Humano  Regadíos  Agropecuario

Uso Doméstico  Diversión  Ninguno

8. ¿Qué tratamiento le da a las aguas servidas provenientes del hogar?

Las derrama al cauce del rio o quebradas

Las usa como de riego

Las derrama a la calle

No hace nada

9. ¿Cuál es la disposición final de las excretas?

Fosa Séptica  Letrinas Aboneras

Letrinas de Fosa  Otros

10. ¿Cuál es la infraestructura que predomina en la zona?

Bloque  Ladrillo  Mixta

Adobe  Bahareque  Otros

11. ¿Cómo considera el acceso a la zona?

Buen Estado  Regular  Mal Estado   
Pésimo

12. ¿Qué tipo de religión profesa?

Católica  Cristiana  Ninguna   
Otros

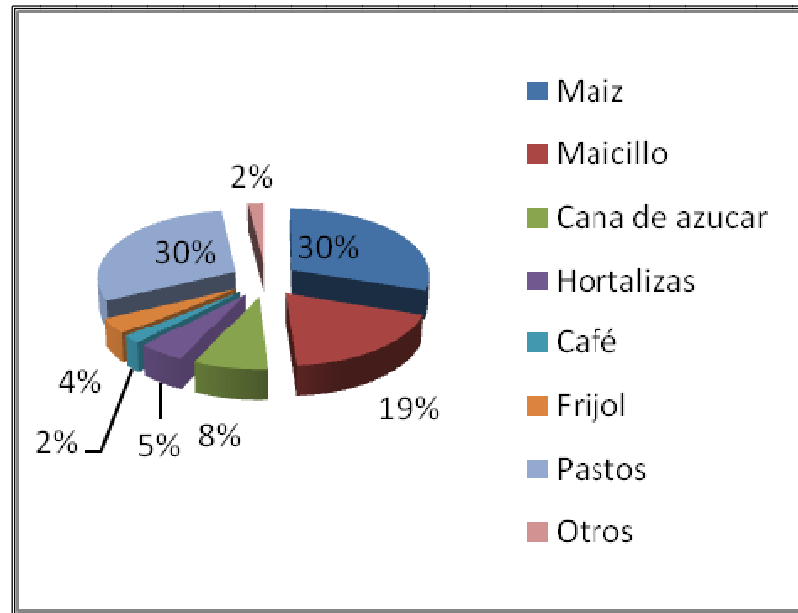
13. ¿Qué tipo de organizaciones existen en la zona?

Organizaciones Gubernamentales  ADESCOS   
Organizaciones No Gubernamentales  Otros

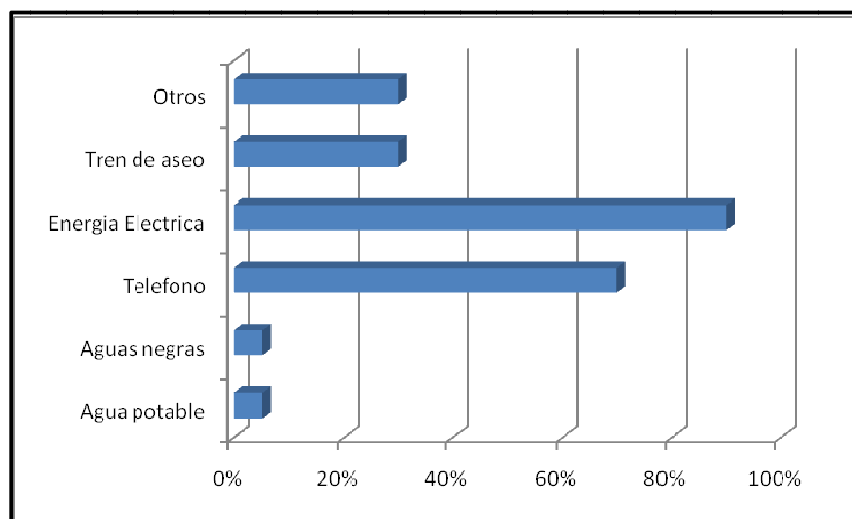
# **Anexo 2: Análisis de Resultados de Encuesta**



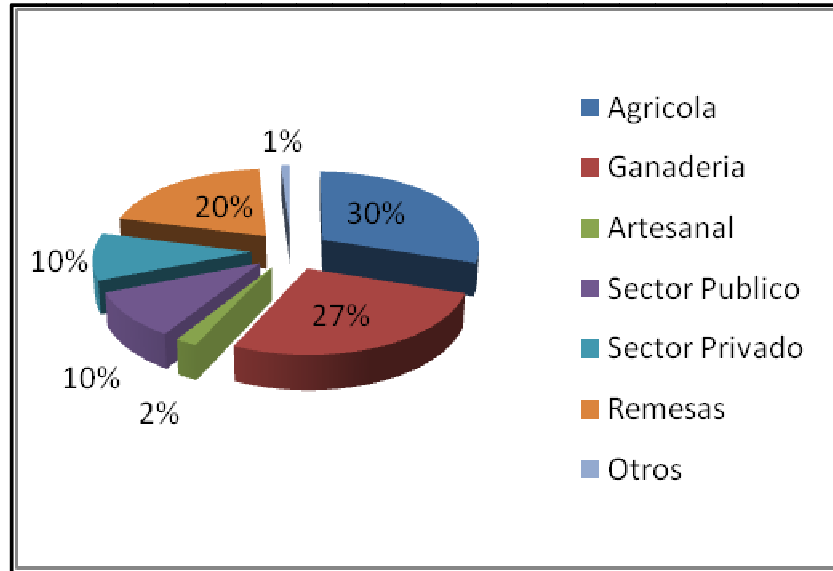
1. ¿Que cultivos predominan en la zona?



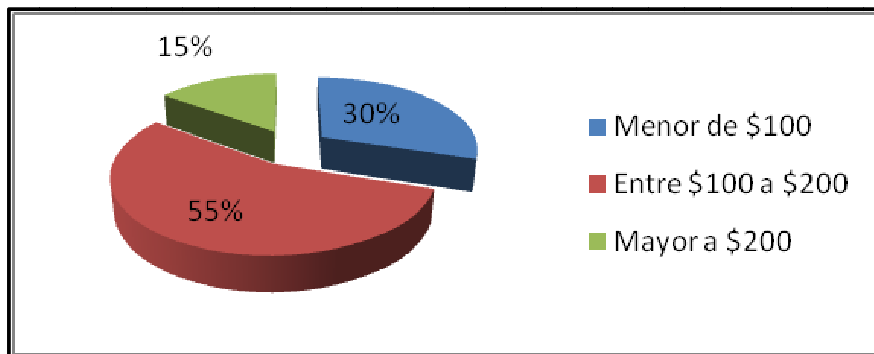
2. ¿Cuáles son los servicios básicos con los que cuenta en la zona?



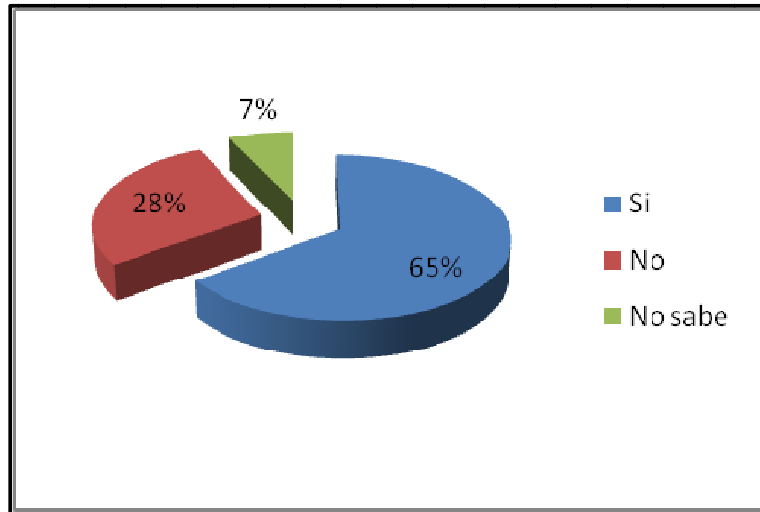
3. ¿Cuál es la fuente de ingresos que tiene?



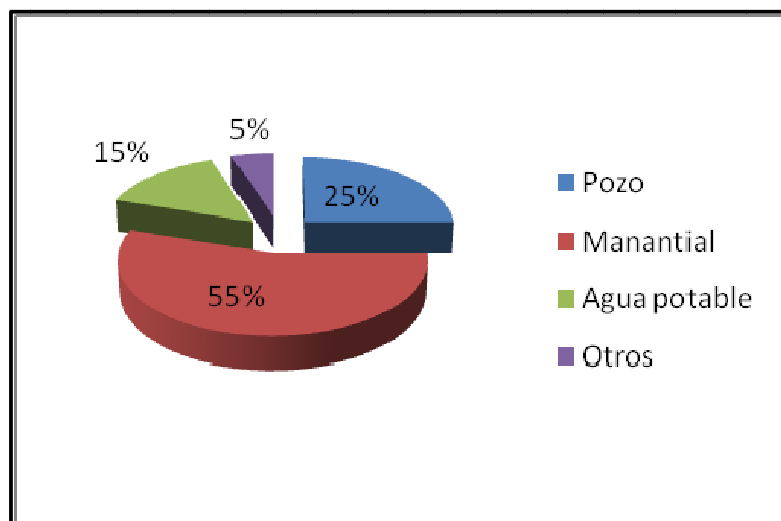
4. ¿Qué cantidad de ingresos percibe mensualmente?



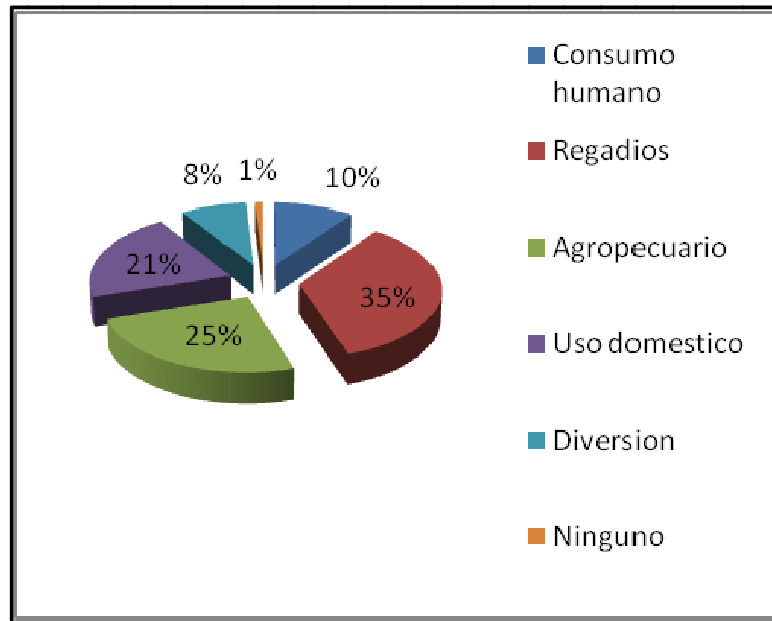
5. ¿Considera usted que las fuentes de agua de la zona estén contaminadas?



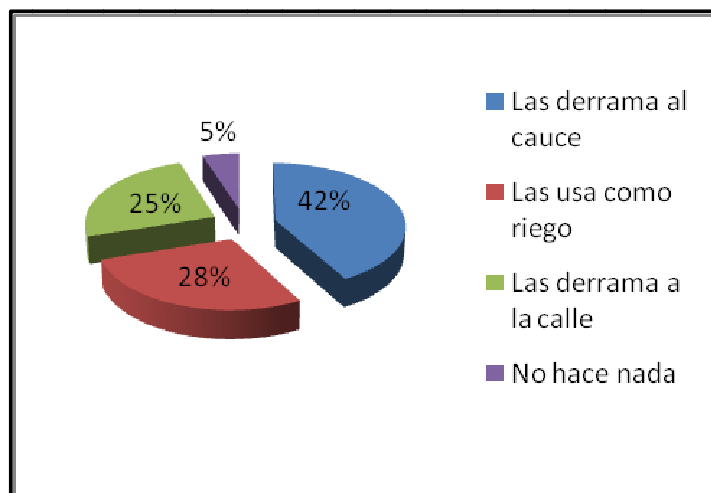
6. ¿De dónde obtiene el agua para las labores cotidianas del hogar?



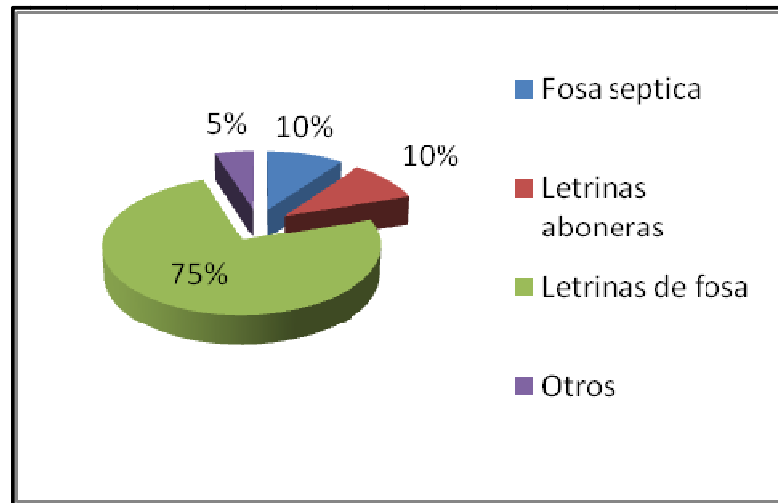
7. ¿Cuál es el uso que le da al agua del Rio El Jute?



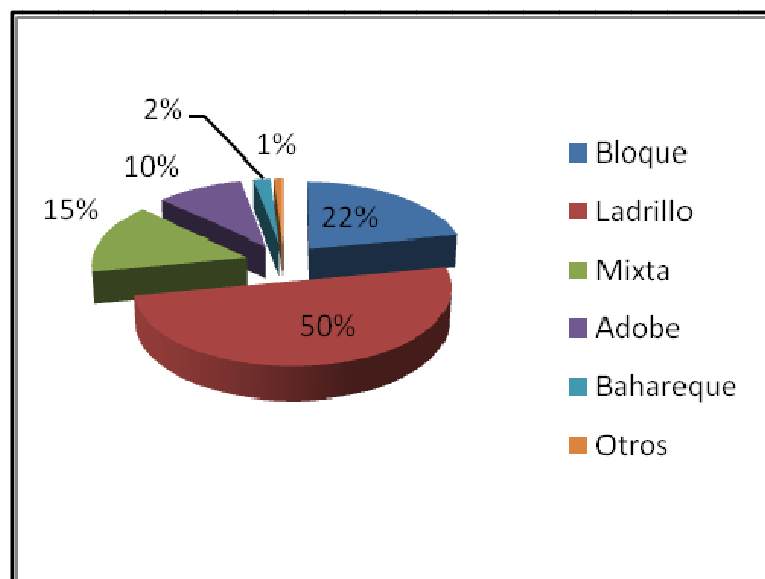
8. ¿Qué tratamiento le da a las aguas servidas provenientes del hogar?



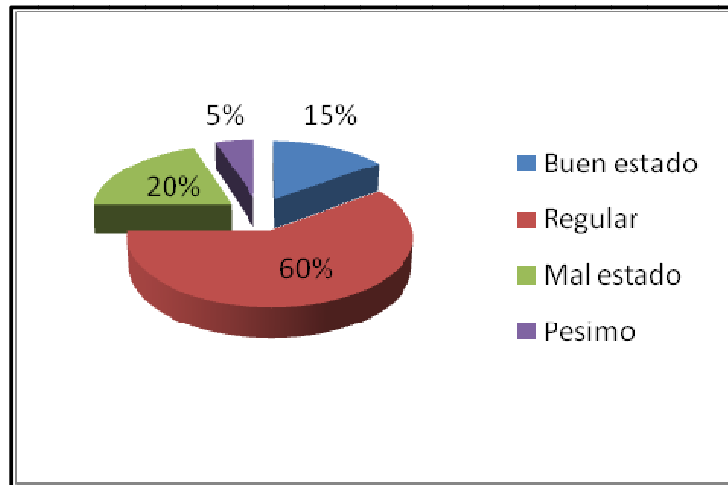
9. ¿Cuál es la disposición final de las excretas?



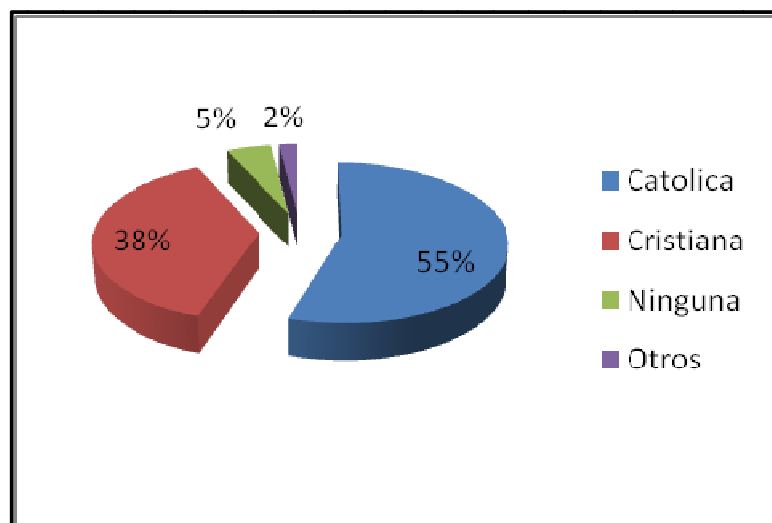
10. ¿Cuál es la infraestructura que predomina en la zona?



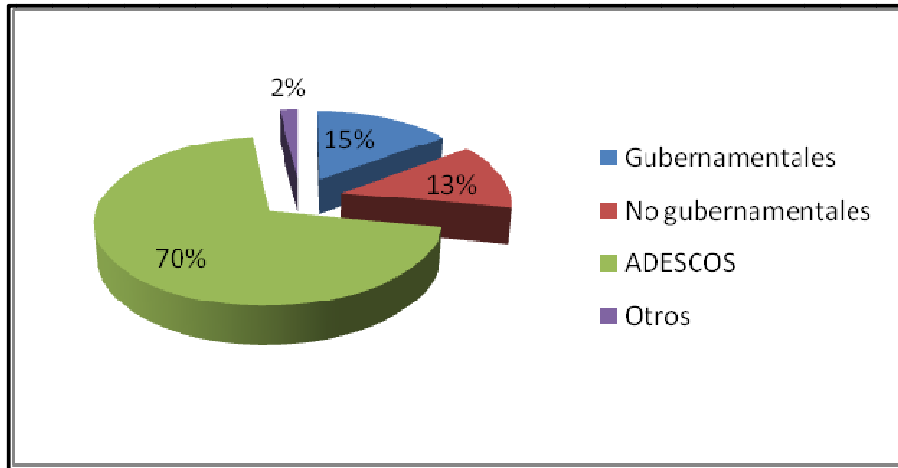
11. ¿Cómo considera el acceso a la zona?



12. ¿Qué tipo de religión profesa?



13. ¿Qué tipo de organizaciones existen en la zona?



**Anexo 3:**  
**Fotografías del**  
**Área de la**  
**Subcuenca**

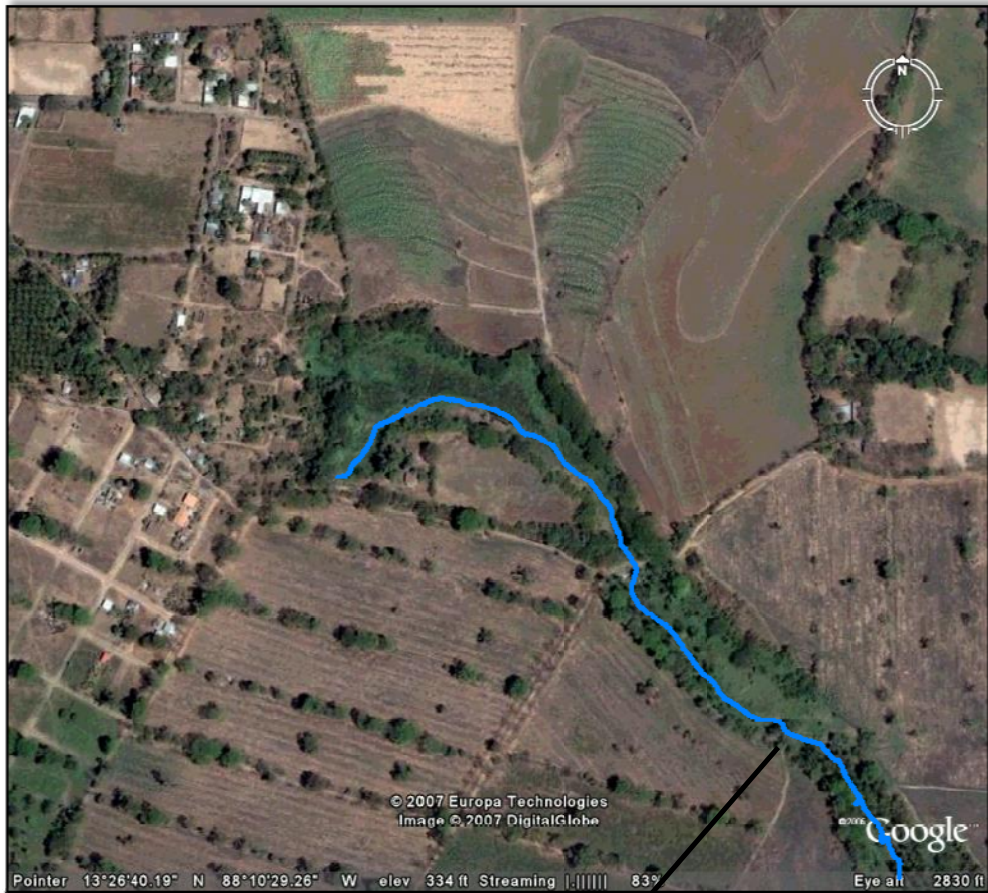






**Figura 3: FOTOGRAFIAS SATELITALES DE LA SUB-CUENCA.**

**FIGURA 3.1: Naciente del Rio El Jute.**



FUENTE: GOOGLE EARTH.

CAUCE DEL RIO

**Figura 4:** Parte media de la subcuenca de Rio El Jute.



FUENTE: GOOGLE EARTH.

CAUCE DEL RIO

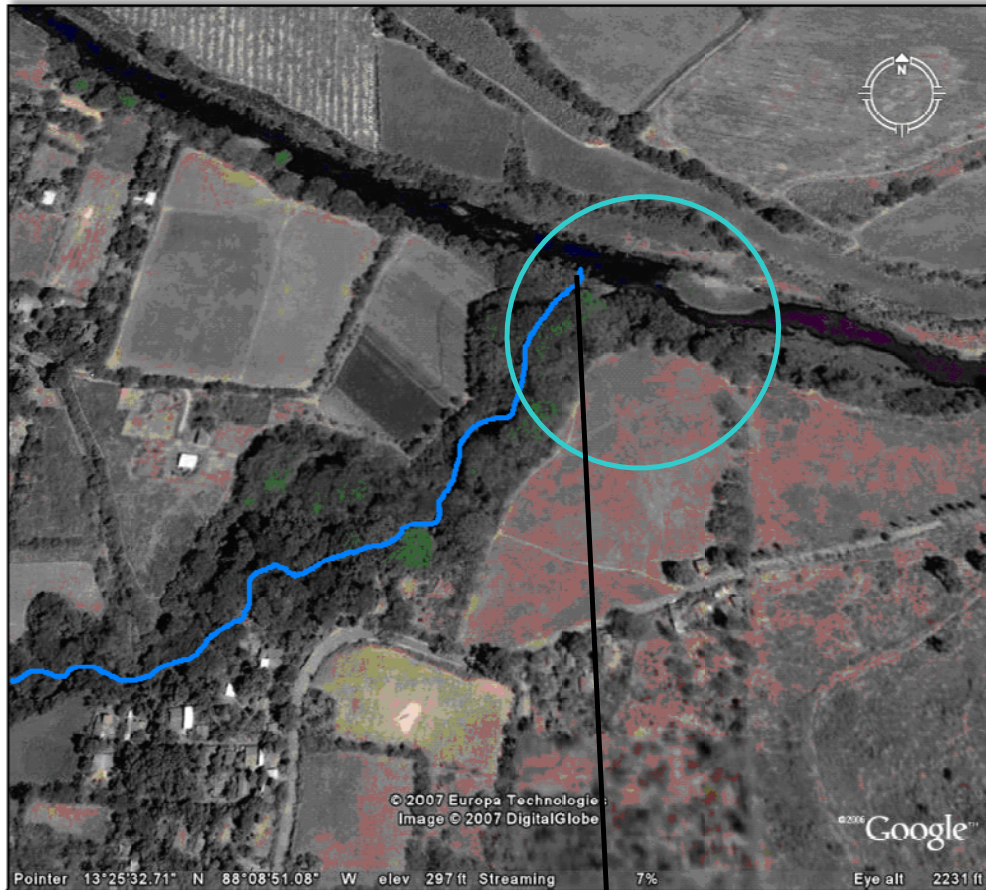
**Figura 5:** Continuación de la parte media de la subcuenca El Jute.



FUENTE: GOOGLE EARTH.

CAUCE DEL RIO

**Figura 6:** Sitio de desembocadura de la subcuenca del Rio El Jute, con el Rio Grande de San Miguel.



FUENTE: GOOGLE EARTH.

PUNTO DE DESCARGA

**Figura 7:** Vegetación y cultivos existentes en la zona.







**Figura 8:** Ganadería existente en la zona.



**Figura 9:** Infraestructura existente en la zona.



## GLOSARIO

**Abiótico, ca.** adj. *Biol.* Se dice del medio en que no es posible la vida.

**Absorción.** Proceso por el cual una sustancia (absorbido) es tomada e incorporada en otra sustancia (absorbente).

**Adhesión.** (Del lat. *adhaesio, -ōnis*). *Fís.* Fuerza de atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie química.

**Adsorción.** (Del lat. *ad*, y *sorbēre*, sorber). f. *Fís.* Acción y efecto de atraer y retener en la superficie de un cuerpo moléculas o iones de otro cuerpo.

**Aluvial.** (Del lat. *alluvies*, aluvión). Sedimento arrastrado por las lluvias o las corrientes en las planicies costeras y valles interiores. Son aluviones estratificados de textura variable, de reciente deposición y carecen de modificaciones de los agentes externos (agua, clima, etc.).

**Andisol.** Suelos originados de cenizas volcánicas y de distintas, tienen por lo general un horizonte superficial entre 20 y 40 centímetros de espesor, de color oscuro, textura franca y estructura granular.

**Arenisca.** f. Roca sedimentaria formada por arena de cuarzo cuyos granos están unidos por un cemento silíceo, arcilloso, calizo o ferruginoso que le comunica mayor o menor dureza.

**Avenida, do.** (Del part. de *avenir*). f. Creciente impetuosa de un río o arroyo.

**Balsa.** (Voz prerromana). f. Hueco del terreno que se llena de agua, natural o artificialmente.

**Basalto.** (Del lat. *basaltes*). m. Roca volcánica, por lo común de color negro o verdoso, de grano fino, muy dura, compuesta principalmente de feldespatos y piroxena o augita, y a veces de estructura prismática.

**Biósfera.** f. Capa relativamente delgada de aire, tierra y agua capaz de dar sustento a la vida, que abarca desde unos 10 km de altitud en la atmósfera hasta el más profundo de los fondos oceánicos. En esta zona la vida depende de la

energía del Sol y de la circulación del calor y los nutrientes esenciales. La biosfera ha permanecido lo suficientemente estable a lo largo de cientos de millones de años como para permitir la evolución de las formas de vida que hoy conocemos. Las divisiones a gran escala de la biosfera en regiones con diferentes patrones de crecimiento reciben el nombre de regiones biogeográficas.

**Biótico, ca.** (De *bio-* y *-tico*). adj. Biol. Característico de los seres vivos o que se refiere a ellos.

**Caudal.** (Del lat. *capitālis*, capital). adj. m. Cantidad de agua que mana o corre.

**Ceniza Volcánica.** *volcanic ash*. Restos muy pulidos o las emisiones muy finas (*i.e.*: < 4mm diámetro) de material piroclástico, que sale al exterior en las erupciones volcánicas

**Ceniza Volátil.** *fly-ash*. Aquella que es arrastrada lejos de su origen por los gases y el viento.

**Clima.** f. Efecto a largo plazo de la radiación solar sobre la superficie y la atmósfera de la Tierra en rotación. El modo más fácil de interpretarlo es en términos de medias anuales o estacionales de temperatura y precipitaciones.

**Cubierta vegetal.** f. Población de plantas que protegen un suelo o área.

**Disolución.** (Del lat. *dissolutio*, *-ōnis*). f. Acción y efecto de mezclar de forma homogénea las moléculas de una roca en el seno de un líquido, llamado disolvente

**Ecosistema.** (De *eco-* y *sistema*). m. Comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.

**Efecto invernadero.** m. Término que se aplica al papel que desempeña la atmósfera en el calentamiento de la superficie terrestre.

**Eluvial.** Sedimento suspendido o disuelto en la capa superficial del suelo, en donde, por el agua, se produce la lixiviación (Ver Aluvial, Coluvial, Iluvial).

**Eluvi3n.** *eluvium*. Comunidad de las dunas de arena.

**Estiaje.** (Del fr. *3tiage*). m. Nivel m3s bajo o caudal m3nimo que en ciertas 3pocas del a3o tienen las aguas de un r3o, estero, laguna, etc., por causa de la sequ3a.

**Estrato.** (Del lat. *stratus*). m. *Geol.* Masa mineral en forma de capa de espesor m3s o menos uniforme, que constituye los terrenos sedimentarios.

**Fluvial.** Relativo a los cuerpos de agua dulce en movimiento, espec3ficamente los ecosistemas l3ticos (*e.g.*: r3os, arroyos, esteros).

**Follaje.** (Del prov. *follatge*). m. Conjunto de hojas de los 3rboles y de otras plantas.

**F3sil.** (Del lat. *fossilis*). adj. Se dice de la sustancia de origen org3nico m3s o menos petrificada, que por causas naturales se encuentra en las capas terrestres.

**Fotos3ntesis.** f. Proceso en virtud del cual los organismos con clorofila, como las plantas verdes, las algas y algunas bacterias, capturan energ3a en forma de luz y la transforman en energ3a qu3mica. Pr3cticamente toda la energ3a que consume la vida de la biosfera terrestre procede de la fotos3ntesis.

**Geomorfolog3a.** f. *Geol.* Estudio de las caracter3sticas propias de la corteza terrestre.

**H3bitat.** (Del lat. *hab3tat*, 3<sup>a</sup> pers. de sing. del pres. de indic. de *habit3re*). m. Ecol. Lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal.

**Heterog3neo, a.** (Del lat. *heterogen3us*, y este del gr. 3τερογεν3ς). adj. Compuesto de partes de diversa naturaleza.

**Homog3neo, a.** (Del b. lat. *homogen3us*, y este del gr. 3μογεν3ς). adj. Dicho de un conjunto de composici3n y estructura uniformes.

**Ladera, ro.** (De *lado*). f. Declive de un monte o de una altura.

**Latosol Arcillosos-Ácido.** Suelo similar al Latosol arcillo-rojizo, pero más profundos, antiguos y de mayor acidez.

**Latosol Arcillo-Rojizo.** Suelo arcilloso de color rojizo de origen férrico, posee estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafésos. La textura superficial es franco arcilloso y el subsuelo arcilloso.

**Litosol.** Suelo de muy poca profundidad sobre roca pura, su horizonte superficial son truncados a causa de una severa erosión laminar, son suelos arcillosos como los latosoles pero muy superficiales. Las texturas varían de gruesa, arenas y gravas hasta muy pedregosos sobre la roca dura.

**Litología.** Parte de la geología que estudia las características generales de los estratos geológicos, su constitución y textura. Las descripciones litológicas se basan más en afloramientos y muestras superficiales, que en los rasgos microscópicos o en características químicas.

**Litósfera.** (De *lito-* y *σφαίρα*, esfera). f. Geol. Envoltura rocosa que constituye la corteza exterior sólida del globo terrestre.

**Lixiviación.** *leaching*. Proceso de lavado natural de las plantas y el suelo. Cuando la lluvia cae, el agua precipitada disuelve el polvo y, en general, los minerales solubles que existen sobre las plantas y el suelo, y los llevan a depositarse a las partes planas.

**Llanura.** (De *llano*). f. Campo o terreno igual y dilatado, sin altos ni bajos.

**Lluvia ácida.** dícese de la precipitación, normalmente en forma de lluvia, pero también en forma de nieve, niebla o rocío, que presenta un pH del agua inferior a 5.65.

**Meseta.** (Del dim. de *mesa*). f. Planicie extensa situada a considerable altura sobre el nivel del mar.

**Pedología.** f. Ciencias de la tierra, encargada del estudio del suelo y su estructura, función y dinámica, especialmente referido a su posible utilización para uso agrícola o industrial. (*Sinónimo*: edafología).

**Percolación.** Movimiento hacia abajo del agua a través de las capas porosas del suelo, lo que ayuda a la sedimentación. La *lixiviación* es parte de la percolación en zonas de minerales solubles.

**Punto de marchitez:** Si la humedad del suelo disminuye a niveles muy bajos, la humedad que queda se une bastante fuerte a las partículas del suelo de modo que no está disponible para las raíces de las plantas. El contenido de humedad del suelo al cual esto ocurre se le llama punto de marchitez. Las plantas en este punto son incapaces de ejercer una fuerza de succión que les permita absorber agua, se decoloran y pueden morir por falta de humedad. La capacidad de agua disponible de un suelo es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez.

**Radiación ultravioleta.** radiación electromagnética cuyas longitudes de onda van aproximadamente desde los 400 nm, el límite de la luz violeta, hasta los 15 nm, donde empiezan los rayos X, puede ser dañina para los seres vivos. En los seres humanos, la exposición a radiación ultravioleta de longitudes de onda inferiores a los 310 nm puede producir quemaduras; una exposición prolongada durante varios años puede provocar cáncer de piel.

**Radiación.** (Del lat. *radiatĭo*, *-ōnis*). f. *Fís.* Flujo de partículas o fotones con suficiente energía para producir ionizaciones en las moléculas que atraviesa.

**Sedimento.** Conjunto de partículas mantenidas en suspensión en el agua o en el aire hasta un punto en el que se depositan por su propio peso.

**Subsuelo.** m. Terreno que está debajo de la capa labrantía o laborable o en general debajo de una capa de tierra.

**Sumidero.** m. Conducto o canal por donde se introducen las aguas.

**Tensión superficial.** f. *Fís.* Acción de las fuerzas moleculares en virtud de la cual la capa exterior de los líquidos tiende a contener el volumen de estos dentro de la mínima superficie.

**Topografía.** (Del gr. *τόπος*, lugar, y *-grafía*). f. Conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial.

**Vertiente.** (Del ant. part. act. de *verter*). amb. Declive o sitio por donde corre o puede correr el agua.



## FUENTES DE CONSULTA

### BIBLIOGRAFIA

- ✚ LEY DEL MEDIO AMBIENTE.  
Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.  
El Salvador 1998.
- ✚ LEY FORESTAL.  
Ministerio de Agricultura y Ganadería.  
El Salvador 2004.
- ✚ LEY DE URBANISMO Y CONSTRUCCION.  
Vice-Ministerio de Urbanismo y Vivienda.  
El Salvador 2008.
- ✚ PLANIFICACION Y GESTION DE MANEJO DE CUENCAS.  
Dr. Faustino.  
Costa Rica 2008.
- ✚ FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA DE SUPERFICIE.  
Editorial Noriega.  
Francisco Aparicio.  
Enero 1992.
- ✚ MONOGRAFIA DEPARTAMENTAL Y SUS MUNICIPIOS.  
Centro Nacional de Registro.  
San Miguel 2007.
- ✚ HIDROLOGIA APLICADA.  
Ven te Chow.  
Editorial McGraw- Hill.  
Colombia 1999
- ✚ TRAGSA, TRAGSATEC.  
Ministerio de Medio Ambiente de España. Restauración hidrológico-forestal de cuencas y control de la erosión. Ingeniería Medioambiental.

Dirección: Filiberto López Cadenas de Llano. Segunda edición revisada y ampliada. Ediciones Mundi – Prensa 1998.

✚ MANUAL DE MANEJO DE CUENCAS.

World Vision. 2004.

✚ MICROSOFT ENCARTA 2007.

Microsoft Corporation.

### **RECURSOS ELECTRONICOS**

✚ Instituto de Hidrológica, Meteorología y Estudios Ambientales.

<http://www.ideam.gov.co>

✚ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

<http://www.marn.gob.sv>

✚ Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos.

<http://eias.utralca.cl>

✚ Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA).

<http://www.prisma.org.sv>

### **TESIS**

✚ Estudio hidro-ambiental de las zonas de recarga hídrica de la ciudad de San Miguel.

Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Junio 2005.

Yolanda Chévez, Rubén Lizama, Miguel Yanes.

✚ Plan de manejo de la microcuenca del río Tepemechín, Departamento de Morazán.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.

2003.

Luis Torres.

- ✚ Propuesta para recargar artificialmente el acuífero San Miguel y mitigar las áreas propensas a inundaciones en la ciudad de San Miguel.

Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Julio 2007.

Luis Chévez, Carlos Maldonado, Atilio Vásquez.

- ✚ Identificación y evaluación de escorrentías superficiales que generan sectores de inundación de alto riesgo en la zona urbana de la ciudad de San Miguel.

Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Junio 2005.

Leivi Contreras, Ronal Villegas

## **SOFTWARE**

- ✚ ArcGis 9.0 versión demo
- ✚ ArcView 2.0 versión demo.
- ✚ Autodesk Land Desktop 2007.
- ✚ Autocad 2007.
- ✚ Microsoft Office 2007.

## Abreviaturas

**ADESCOS:** Asociación de Desarrollo Comunal.

**ANDA:** Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

**BID:** Banco Interamericano para el Desarrollo.

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno.

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno.

**EIA:** Estudio de Impacto Ambiental.

**GPS:** Global Position System. (Sistema de Posicionamiento Global)

**IDF:** Intensidad, Duración, Frecuencia.

**ICA:** Índice de la calidad del agua.

**Kc.:** Coeficiente de Compacidad.

**MARN:** Ministerio de Agricultura y Recursos Naturales.

**MINED:** Ministerio de Educación.

**MOP:** Ministerio de Obras Publicas.

**MSNM:** Metros sobre nivel del mar.

**MSPAS:** Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social.

**OD:** Oxígeno Disuelto.

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**ONG:** Organización No Gubernamental.

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud.

**PH:** Potencial de Hidrogeno.

**PLAMADUR:** Plan Maestro de Desarrollo Urbano.

**PLAMDARH:** Plan Maestro de los Recursos Hídricos.

**PNUD:** Plan de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

**SIG:** Sistema de Información Geográfica.

**SNET:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales.