

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



**“REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES LIVIANOS Y PROPUESTA
PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO
HIDRICO EN EL RIO LAS CAÑAS; CANTON Y
COOPERATIVA SAN JACINTO, SAN MIGUEL”.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:
FUENTES RIVERA, RENE LEONIDAS
LOVO YANES, WILMAN BENEKE
TURCIOS TURCIOS, GILMA IVANIA**

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

**DOCENTE DIRECTOR:
ING. JOSE LUIS CASTRO CORDERO**

ABRIL DE 2009

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTRO AMÉRICA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Máster Rufino Antonio Quezada Sánchez

VICERECTOR ACADEMICO:

Máster Miguel Ángel Pérez Ramos

SECRETARIA GENERAL:

Lic. Douglas Vladimir Alfaro Chávez

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DECANO:

Ing. David Arnoldo Chávez Saravia

SECRETARIO:

Ing. Jorge Alberto Rugamas

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

JEFE DE DEPARTAMENTO:

Ing. Uvin Edgardo Zúniga Cruz

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título:

**“REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES LIVIANOS Y PROPUESTA
PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO
HIDRICO EN EL RIO LAS CAÑAS; CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL”.**

Presentado por:

**FUENTES RIVERA, RENE LEONIDAS
LOVO YANES, WILMAN BENEKE
TURCIOS TURCIOS, GILMA IVANIA**

Docente Director:

ING. JOSE LUIS CASTRO CORDERO

San Miguel, Abril de 2009

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

DOCENTE DIRECTOR

ING. JOSE LUIS CASTRO CORDERO

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACION

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas e instituciones que ha colaborado en la elaboración de este trabajo de graduación. Expresamos a todos nuestros sinceros agradecimiento y especialmente a:

Lic. Oscar Mauricio Juárez Orellana

Ing. Francisco Aguirre Gallo

Ing. Milagro de María Romero

Ing. José Luis Castro Cordero

Ing. José Atilio Vásquez Hernández

AGRADECIMIENTO A INSTITUCIONES

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

Fortalecimiento de la Gestión Ambiental de EL Salvador (FORGAES).

Programa Salvadoreño de Investigación Sobre Desarrollo y Medio Ambiente
(PRISMA).

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

DEDICO ESTE TRIUNFO:

A DIOS PADRE CELESTIAL Y TODOPODEROSO:

Por haber escuchado todas mis oraciones y por brindarme fuerza, inteligencia y sabiduría para poder administrar mis tiempos y recursos en lograr el objetivo de llevar cabo la carrera emprendida.

A LA VIRGEN MARIA: Por haberme escuchado e intercedido a Dios todopoderoso en darme la paciencia y fuerza de cumplir mi propósito académico.

A MIS PADRES:

José René Fuentes Salamanca y María Cleotilde Rivera de Fuentes, por estar apoyándome siempre incondicionalmente en todos los momentos difíciles de mi vida, por ser los pilares fundamentales en mi superación, por confiar en mí y de manera permanente estar dándome ánimos para poder culminar mi objetivo académico.

A MI ESPOSA:

Brenda Lissette Martínez de Fuentes por haberme dado el último impulso que necesitaba en esta etapa de mi vida y por darme una motivación extra que es mi princesa mágica.

A MI HIJA:

Katherine Nicole Fuentes Martínez porque a diario me da fuerza para poder seguirme superando y seguir dando lo mejor de mí para que se sienta orgulloso de su padre.

MIS HERMANAS:

Laura María Fuentes Rivera y Silvia Carolina Fuentes Rivera

Por el apoyo que me brindaron en los momentos difíciles a lo largo de toda mi carrera.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:

Gilma Ivania Turcios turcios.

Wilman Beneke Lovo Yanes

Por haber sido mis compañeros en esta etapa académica tan difícil como lo es la Tesis, por su confianza y apoyo en todos los momentos que se presentaron, por haber superado satisfactoriamente lo propuesto y por habernos aguantado todo este tiempo.

Por su amistad, apoyo, ayuda y confianza MUCHAS GRACIAS.

A TODA MI FAMILIA Y AMIGOS:

A mis abuelas, abuelos, tías, tíos, primas, primos, suegros, cuñados y a toda la familia por su amistad, ánimos y apoyo que me brindaron a lo largo de toda la carrera.

Y a todas las personas que siempre estuvieron pendiente de mi, brindándome su apoyo y confianza a lo largo de mi carrera y no les he mencionado a todos los llevo presente.

CON CARIÑO MUCHAS GRACIAS.

RENÉ LEONIDAS FUENTES RIVERA.

DEDICO ESTE TRIUNFO:

A DIOS OMNIPOTENTE Y PADRE MÍO:

Sin cuya voluntad no se mueve ni la hoja de un árbol. Por haberme dado la fuerza, la inteligencia y haber cuidado mis pasos para culminar, la carrera emprendida; te lo agradezco en el nombre sagrado de mi SEÑOR JESUCRISTO, toda la Gloria y Honra para ti Señor.

A mis Padres

Cándida Yánez de Lovo y José Justo Lovo Guzmán, por haberme inculcado el deseo de superación y el apoyo incondicional brindado en todo el camino, a pesar de las circunstancias que se les presentaron, Dios les Pague.

Mis hermanos:

Hamilton Alexander Lovo Yanes, Iris Karina Lovo Yanes.

Por el apoyo que me brindaron a lo largo de toda mi carrera.

A mis compañeros de tesis:

René Leónidas Fuentes Rivera.

Gilma Ivania Turcios turcios.

Por ser mis compañeros de Tesis durante el desarrollo de este trabajo, quienes a pesar de los obstáculos que se nos presentaron supimos solventar y llevar a cabo en su realización.

Por su amistad y ayuda. GRACIAS.

A toda mi familia y Amigos:

A mis tíos, a mis primos, y a toda la familia por su amistad, por el apoyo que me brindaron a lo largo de toda mi carrera.

Y a todas aquellas personas que tuvieron participación a lo largo de mi carrera y no he mencionado a todos los llevo en mi mente y corazón.

GRACIAS.

WILMAN LOVO.

DEDICO ESTE TRIUNFO:

A DIOS PADRE CELESTIAL: Por guiarme, bendecirme e iluminarme en cada momento de mi vida y permitirme culminar mi carrera.

A LA VIRGEN MARIA: Por interceder ante Dios todo poderoso.

A MI MADRE: Gilma Esperanza Turcios Vda. De Turcios por estar conmigo siempre en todos los momentos difíciles de mi vida, brindarme su apoyo incondicional, por confiar en mí, por enseñarme que ante cualquier caída me debo levantar y ver hacia adelante, por su admirable sacrificio y por ser un pilar muy importante en mi vida.

A MI PADRE: Adán Turcios (QDDG) que me dio la vida y desde el cielo cuida de mi.

A MI HERMANA: Wendy Xiomara Turcios Turcios por estar conmigo en todo momento brindándome su amor y apoyo incondicional.

A MIS ABUELOS: Ignacio Turcios y Sofia Sosa de Turcios por apoyarme y aconsejarme siempre.

A MIS TIOS MATERNOS: Mayra Turcios, Saul Turcios y su esposa Hilda Flores, Ricardo Turcios y Carlos Turcios por ayudarme y aconsejarme a lo largo de mis estudios.

A MI PRIMO: Jaime Fabricio Turcios que ha sido un hermano para mí y me ha brindado su apoyo siempre.

A MIS DEMAS PRIMOS: Mayra Sophia, Allan Jair, Idalia Madelin, Sofia Haydee y Jennifer Estefany por brindarme su amor y cariño.

A MI NOVIO: José Pedro Cruz Cruz por su amor, su apoyo y comprensión hacia mi persona.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: René Leónidas Fuentes Rivera y Wilman Beneke Lovo Yanes por su esfuerzo y dedicación en el desarrollo de nuestro trabajo de graduación.

A MI FAMILIA Y AMIGOS, por las palabras de aliento que me fortalecieron en todo momento.

GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	19
CAPITULO I	22
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
I.2. JUSTIFICACIÓN	27
I.3. OBJETIVOS.....	29
I.4. DELIMITACION.....	30
I.5. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
CAPITULO II	37
II.1-MARCO NORMATIVO	38
II.1.1-ÁMBITO CONSTITUCIONAL:	41
II.1.2- ÁMBITO INTERNACIONAL:	43
II.1.3-ÁMBITO NACIONAL:.....	44
II.2 MARCO HISTORICO	65
II.2.1- HISTORIA DEL AGUA.....	65
II.2.2-AGUA DE LAGOS Y RÍOS.....	65
II.2.3-CONTAMINACIÓN DEL AGUA.	66
II.2.4-EL AGUA ES INDISPENSABLE PARA LA VIDA.....	67
II.2.5-DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL PLANETA.	71
II.2.6- DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SALVADOR.	72
II.2.7-TRATAMIENTO DEL AGUA.....	73
II.2.8-LA REFORMA DEL SECTOR HIDRICO EN EL SALVADOR:.....	74
II.2.9-RECONOCER LA GRAVEDAD DE LA CRISIS DEL AGUA.....	75
II.3-MARCO TEORICO	77
II.3.1-EL AGUA.....	77
II.3.2-HIDROLOGÍA.....	78
II.3.3-PRECIPITACIÓN.....	83
II.3.4-EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	86
II.3.5-ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL O ESCORRENTÍA.....	94

II.3.6-INFILTRACIÓN	102
II.3.7-CUENCA HIDROGRÁFICA.	107
II.3.8-TIPOS DE RÍOS.	124
SEGÚN GEOMORFOLOGÍA:	125
II.3.9-CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL.	126
II.3.10-CONTAMINACIÓN DEL AGUA.	129
II.3.12- FORMAS DE DESCONTAMINAR EL AGUA.	158
CAPITULO III	161
III.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	162
III.1.1- UBICACIÓN GENERAL:	162
III.1.2- UBICACIÓN POLÍTICA - ADMINISTRATIVA.	166
III.1.3-UBICACIÓN HIDROLÓGICA.	167
III.2- MATERIALES Y EQUIPO.	168
III.3- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.	170
III.3.1-RED DE DRENAJE.	170
III.3.2- CLIMATOLOGÍA.	172
III.3.3- GEOLOGÍA.	174
III.3.4- SUELOS.	182
III.3.5-PENDIENTE	188
III.3.6-FLORA Y FAUNA.	190
III.4- CRITERIOS BIOFISICOS.	192
III.5-ASPECTOS SOCIOECONOMICOS	194
III.5.1- POBLACIÓN.	194
III.5.2- PRINCIPALES OCUPACIONES Y FUENTES DE INGRESO.	195
III.5.3- COMERCIALIZACIÓN.	196
III.5.4-CREENCIAS Y COSTUMBRES.	196
III.5.5-SERVICIOS BÁSICOS.	196
III.5.6-PRINCIPALES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.	199
III.6-ESTUDIO REALIZADO.....	200
CAPITULO IV	215
IV.1- PROPUESTAS AGRÍCOLAS:.....	216

IV.1.1- CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS VIVAS.	217
IV.1.2- CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS MUERTAS:.....	218
IV.1.3-REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS AGRÍCOLAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS.	219
IV.2- REDUCCIÓN DE FUENTES DE FOSFATO:	220
IV.2.1-ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN DE FÓSFORO EN EL SUELO	221
IV.2.2-CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS.....	222
IV.2.3-CONSTRUCCIÓN DE LAVADEROS COMUNALES.	227
IV.3-REDUCCION DE LA CONTAMINACION POR DESECHOS SOLIDOS.....	228
IV.4-EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN EN SEDIMENTOS.	232
IV.5-CONSERVACION DEL RECURSO HIDRICO.....	233
CAPITULO V	236
V.1-CONCLUSIONES	237
V.2-RECOMENDACIONES	239
FUENTES DE CONSULTA.	241
ANEXOS	245
Anexo 1.....	246
Anexo 2.....	255
Anexo 3.....	274

INDICE DE FIGURAS.

FIGURA I.1: TIPO DE VIVIENDAS QUE SE ENCUENTRAN CERCA DEL RÍO.	23
FIGURA I.2: DIAGRAMA DE UBICACIÓN.	25
FIGURA I.3: HABITANTES QUE HACEN USO DEL RIO.	25
FIGURA I.4.: ESQUEMA DEL MÉTODO CIENTÍFICO.	32
FIGURA I.5: REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.	34
FIGURA II.1.1: PIRÁMIDE DE HANS KELSEN APLICADO A LA NORMATIVA DE EL SALVADOR.	41
FIGURA II.2.4.1: FACTORES QUE INTERVIENEN PARA LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.	69
FIGURA II.3.2.1: DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA SUPERFICIE TERRESTRE.	81
FIGURA II.3.2.2: CICLO HIDROLOGICO.	82
FIGURA II.3.3.1: PRECIPITACIÓN CONVECTIVA.	85
FIGURA II.3.3.2: PRECIPITACIÓN OROGRÁFICA.	86
FIGURA II.3.3.3: PRECIPITACIÓN CICLÓNICA.	86
FIGURA II.3.4.1: INSTALACIONES LISIMETRICAS.	93
FIGURA II.3.4.2: INSTALACIONES DE LISIMETRICO MONOLITICO	93
FIGURA II.3.4.3: INSTALACIONES DE LISIMETRICO DE PESADA	94
FIGURA II.3.5.1: MOLINETE POR SUSPENSIÓN DESDE UN PUENTE.	101
FIGURA II.3.5.2: INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO MECÁNICO SOBRE UN PUENTE.	102
FIGURA II.3.5.3. ESTADO INICIAL DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN EL SUELO.	103
FIGURA II.3.5.4. INFILTROMETRO DE ANILLO.	105
FIGURA II.3.5.5. INFILTROMETRO DE DOBLE ANILLO.	105
FIGURA II.3.5.6. INFILTROMETRO CIRCULAR.	106
FIGURA II.3.7.1: CUENCA	108
FIGURA II.3.7.2: CUENCA ENDORREICA.	108
FIGURA II.3.7.3: CUENCA EXORREICA.	109

FIGURA II.3.7.4: MODELOS DE DRENAJE.	112
FIGURA II.3.7.5: ÁREA DE LA CUENCA	114
FIGURA II.3.7.6: PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA CUENCA.	115
FIGURA II.3.7.7: CLASIFICACIÓN DE LAS CORRIENTES POR SU ORDEN.	116
FIGURA II.3.7.8: PENDIENTE MEDIA.	118
FIGURA II.3.7.9: PENDIENTE COMPENSADA, PONDERADA O EQUIVALENTE.	119
FIGURA II.3.7.10: PENDIENTE DE TAYLOR Y SCHWARZ.	119
FIGURA II.3.7.11: CURVA HIPSOMÉTRICA	122
FIGURA II.3.7.12: CÁLCULO DE LA ELEVACIÓN MEDIA DE UNA CUENCA	123
FIGURA III.1.1.1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO SEGÚN SUS DEPARTAMENTOS (MAPA SIN ESCALA).	162
FIGURA III.1.1.2: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA)	165
FIGURA III.2.1.1: UBICACIÓN POLÍTICA - ADMINISTRATIVA DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA).	166
FIGURA 2.1.3.1: REGIÓN HIDROGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA).	167
FIGURA III.2.1.1 RED HÍDRICA (MAPA SIN ESCALA).	171
FIGURA III.3.2.1 ZONAS DE VIDA(MAPA SIN ESCALA)	173
FIGURA III.3.3.1 MAPA GEOLÓGICO (MAPA SIN ESCALA).	176
FIGURA III.3.3.2: ROCAS EFUSIVAS ANDESITICAS EXISTENTES EN EL RÍO LAS CAÑAS.	177
FIGURA III.3.3.3: ROCAS EFUSIVAS ACIDAS E INTERMEDIAS ACIDAS EXISTENTES EN EL RÍO LAS CAÑAS.	177
FIGURA III.3.3.4. MAPA DE FORMACIONES GEOLÓGICAS (MAPA SIN ESCALA).	180
FIGURA III.3.4.1.1: TIPO DE SUELO LATOSILES ARCILLO ROJIZOS.	182
FIGURA III.3.4.1.2: TIPO DE SUELO GRUMOSILES.	183
FIGURA III.3.4.1.4: REGIÓN DE TIPOS DE SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA).	184
FIGURA III.3.4.2.1: SUELOS CON ABUNDANTE VEGETACIÓN EN EL CASERÍO LOS GUEVARA.	186

FIGURA III.3.4.2.2: SUELOS CON BASTANTE	
VEGETACIÓN EN EL CANTÓN MAYUCAQUIN.	186
FIGURA III.3.4.3: REGIÓN DE USO POTENCIAL	
DEL SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA).	187
FIGURA III.3.5.1: SUELOS CON PENDIENTES PRONUNCIADAS.	188
FIGURA III.3.5.2: SUELOS CON PENDIENTES SUAVES	
ES DECIR MENOS DEL 15%	188
FIGURA III.3.5.3: MAPA DE PENDIENTES(MAPA SIN ESCALA).	189
FIGURA III.3.7.1: ÁRBOL DE TEMPATE.	190
FIGURA III.3.7.2: ÁRBOL DE CONACASTE.	190
FIGURA III.3.7.3: MAPA DE VEGETACIÓN (MAPA SIN ESCALA).	191
FIGURA III.4.1: VALORES DE PRECIPITACIÓN 1996-2006	
DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN	193
FIGURA III.4.2: VALORES DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO	
ANUAL 1971-2001 DE TODO EL SALVADOR.	193
FIGURA III.6.1: TOMA DE MUESTRA UNO.	201
FIGURA III.6.2: TOMA DE MUESTRA DOS.	201
FIGURA III.6.3: TOMA DE MUESTRA TRES.	201
FIG. IV.1.1.1: BARRERAS VIVAS.	217
FIG. IV.1.2.2: BARRERAS MUERTAS DE PIEDRA.	218
FIGURA IV.2.2.1: LETRINA ABONERA SECA FAMILIAR.	223
FIGURA IV.2.2.2: LETRINA DE HOYO MODIFICADO.	226
FIGURA IV.2.2.3: UBICACIÓN ADECUADA PARA UNA	
LETRINA DE HOYO MODIFICADO.	227
FIGURA IV.3.1: INICIO DE UN RELLENO DOMICILIAR.	229
FIGURA IV.3.2: RELLENO DOMICILIAR COMPLETO.	230
FIGURA IV.3.3: CICLO DEL COMPOSTAJE.	231
FIG. IV.5.1: NUBES ATRAÍDAS POR LOS ÁRBOLES.	234
FIG. IV.5.2: SIEMBRA DE CULTIVOS AGRÍCOLAS.	235

INDICE DE TABLAS

TABLA II.1.3.6.1: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA.	60
TABLA II.1.3.6.2: VALORES PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS	61
TABLA II.1.3.6.3: VALORES PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS DE TIPO INORGÁNICO DE ALTO RIESGO PARA LA SALUD	62
TABLA II.1.3.6.4: VALORES PARA AGUA ENVASADA	63
TABLA II.3.4.1: R _a PARA EL HEMISFERIO NORTE.	90
TABLA III.3.3.1: GEOLOGIA EN EL RÍO LAS CAÑAS.	181
TABLA III.3.3.2: FORMACIONES GEOLOGICAS EN EL RÍO LAS CAÑAS.	181
TABLA III.3.4.1.1: TIPOS DE SUELOS PREDOMINANTES EN EL RÍO LAS CAÑAS.	185
TABLA III.3.5.1: PENDIENTES EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.	189
TABLA III.4.1: VALORES DE PRECIPITACIÓN 2000-2005 DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL.	192
TABLA III.5.1.1: POBLACIÓN DE MUNICIPIOS EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.	194
TABLA III.5.1.2: POBLACIÓN DE MUNICIPIOS EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.	195
TABLA III.5.4.1: UNIDADES DE SALUD EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.	197
TABLA III.5.4.2: CENTROS ESCOLARES EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.	198
TABLA. IV.2.2.1: CARACTERISTICAS DE LETRINAS.	222
TABLA V.1: CARACTERÍSTICAS DE PLAGUICIDAS ENCONTRADAS EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.	240



INTRODUCCION

Las cuencas pueden considerarse como sistemas abiertos en los que es posible estudiar los procesos hidrológicos. Una cuenca es un área de la superficie terrestre drenada por único sistema fluvial. El tamaño y forma de una cuenca viene determinado generalmente por las condiciones geológicas del terreno.

El estudio de las cuencas permite 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 planificar y gestionar su aprovechamiento analíticamente.

El Salvador es rico en recursos hidrológicos aunque mucha del agua superficial está sufriendo una contaminación elevada; las mayores fuentes de contaminación superficial provienen de la disposición de residuos domésticos.

El Rio Las Cañas cuya longitud es de 29.46 Km. Está ubicado al norte de la Ciudad de San Miguel; se extiende desde el municipio de Guatajiagua en el Departamento de Morazán hasta el municipio de San Miguel; interceptándose con el río El Guayabal; el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) en el año 2005 realizó estudios que clasificaron la calidad ambiental de este río como regular, es por ello que es necesario efectuar una investigación que nos permita conocer las condiciones actuales del recurso hídrico de dicho río.

El presente documento contiene un estudio físico-químico (turbidez, color verdadero, olor, temperatura, ph, sólidos totales, aluminio, hierro, manganeso, níquel, sulfato, dureza total, zinc, nitratos, flúor) y bacteriológico (coliformes totales, escherichia-cole y material fecal) que se efectuó con el propósito de conocer



las condiciones actuales del río Las Cañas y además proponer obras de mitigación que pueda conservar el recurso hídrico.

El informe consta de cinco capítulos; primeramente el Anteproyecto en este se describe de manera detallada las condiciones en las que se encuentra el río de igual manera se dan a conocer las razones por las cuales es necesario que se le realice una investigación; este capítulo consta de planteamiento del problema que es donde se describe el problema que se va a estudiar, luego sigue la justificación en esta parte se dan a conocer las razones por las que es necesario efectuar la investigación, los objetivos son los que continúan después de la justificación posteriormente se tiene la delimitación que está compuesta por los alcances y las limitaciones y por último se tiene la metodología de investigación.

El Capítulo dos se llama Marco Referencial. El Marco referencial está dividido en tres partes que son el *Marco Normativo*, *Marco Histórico* y *Marco Teórico*: Se sabe que el Marco Normativo es un compendio de todos los artículos que se relacionan con el tema en estudio; en este caso se mencionan las leyes por su jerarquía primeramente se hace mención de la Constitución de La República a la cual le sigue las Leyes Nacionales y Tratados Internacionales y por último se tienen los Reglamentos Internos y Ordenanzas Municipales. En cuanto al Marco Histórico este contiene una breve reseña histórica de lo que es la contaminación del agua, se inicia con la historia del agua, en el agua en el planeta y específicamente el agua en El Salvador también en este subcapítulo se da a conocer algunas de las formas que contamina el recurso hídrico; el Marco Teórico es en esta parte donde se da a conocer toda la información bibliográfica que se investigó; dicha información es esencial pues sirve de referencia para investigaciones posteriores.



El Capítulo tres llamado Diagnóstico como su nombre lo indica en esta parte es donde se describe la situación actual del río, su ubicación hidrológica, la geología del lugar, las pendientes, el tipo de suelo, uso de suelo, la población que se beneficia con la investigación y además se dan a conocer los estudios que se efectuaron.

El Capitulo cuatro es la propuesta para la conservación y protección del recurso hídrico del rio Las Cañas; estas están divididas en:

- *Propuestas agrícolas.*
- *Reducción de fuentes de fosfato.*
- *Reducción de la contaminación por desechos sólidos.*
- *Evaluación del grado de contaminación en sedimentos.*
- *Conservación del recurso hídrico.*

Por último se tiene el capítulo cinco; en este se presentan las conclusiones y recomendaciones; las cuales se formularon de acuerdo al diagnóstico y a los resultados de las pruebas fisicoquímico y bacteriológico que se realizaron.



CAPITULO I

ANTEPROYECTO



I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Salvador es rico en recursos hídricos y somos los humanos los responsables de mantener en buen estado dichos recursos; sin embargo en vez de cuidarlo permitimos que se deteriore, este es el caso de los ríos que la mayoría se están contaminando y poco o nada se está haciendo para conservarlos; aun teniendo en cuenta que tan importante es el agua para nuestra subsistencia.

Se debe considerar que son varios agentes que producen la degradación en la calidad del agua y que a la vez la hacen inútil para los usos pretendidos; entre estos agentes cabe mencionar microorganismos (coliformes fecales), productos químicos(jabón, pesticidas, detergentes y otros tipos), residuos industriales, aguas residuales y de otros tipos; por otra parte el incremento de la población en el país produce que se construya a los alrededores de los ríos lo cual significa que aparte de habitar en la cuenca los mismos pobladores están contaminando ya que muchas veces construyen letrinas y estas contaminan el manto acuífero y por lo tanto los ríos se ven afectados.



FIGURA I.1: TIPO DE VIVIENDAS QUE SE ENCUENTRAN CERCA DEL RÍO.



Nuestro país representa mayores índices en contaminación del agua ya que el 90% de ellos se encuentran contaminados; sin embargo hay instituciones encargadas de hacer estudios y determinar las condiciones actuales de los ríos, además de prevenir la contaminación entre estas instituciones están el MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y EL SNET (SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALAES) a través del Servicio Hidrológico Nacional, el cual ha hecho varios estudios para determinar cuáles son los ríos que poseen un alto grado de contaminación , cuales se encuentran en término medio y los que se encuentran en buenas condiciones.

El Río Las Cañas se encuentra ubicado al norte de la ciudad de San Miguel este es tributario del río grande de San Miguel según el Servicio Hidrológico Nacional este rio se encuentra entre los ríos con menor índice de contaminación.

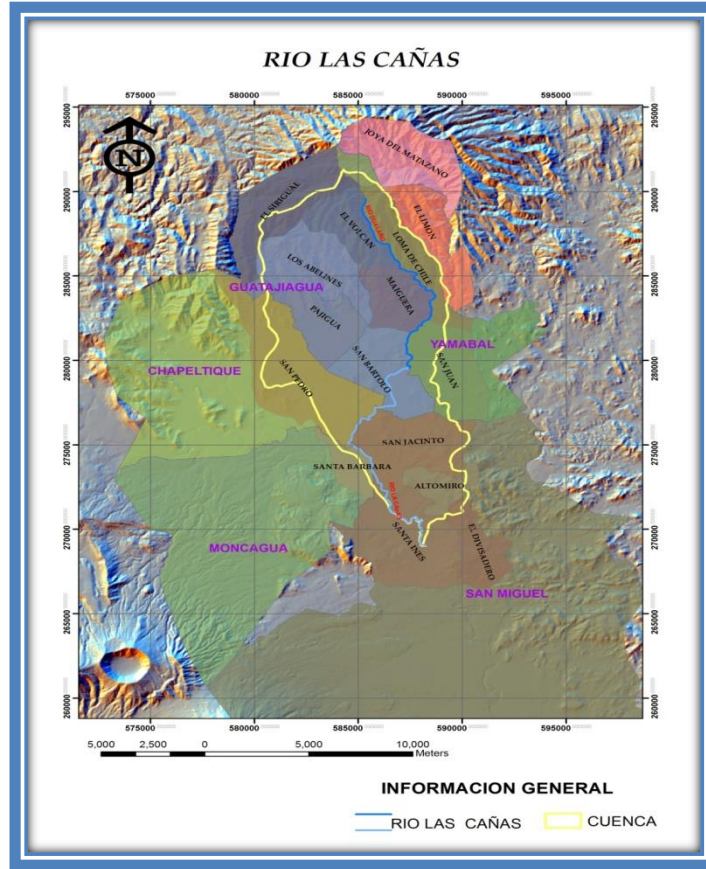


FIGURA I.2: DIAGRAMA DE UBICACIÓN.

El agua del Río Las Cañas tiene diversos usos; es utilizada para riego de sembradíos, para la pesca, se abreva ganado y muchos habitantes la usan para lavar ropa, bañarse y hasta beber agua del mismo.



FIGURA I.3: HABITANTES QUE HACEN USO DEL RIO, FOTO TOMADA 02 AGOSTO 2008



La contaminación de las aguas superficiales, genera un riesgo a la población tanto en términos de salud por contacto directo o indirecto por consumo de productos y uso del agua así como, en términos de deterioro del los recursos hídricos.

Es por ello que la contaminación del rio las cañas presenta un grave problema para los que hacen uso de él y es necesario que se haga un estudio que determine el grado de contaminación y que además permita conservar el recurso hídrico.

Según lo que se investigó en las unidades de salud respectivas se nos manifestó que las enfermedades más comunes en la localidad son insuficiencia renal, cólera, fiebre tifoidea y otras; cabe mencionar que los más afectados son los niños y los ancianos.

Debido a que no se toman las medidas pertinentes en lo que a contaminación de los ríos se refiere la mayoría de estos se encuentran contaminados aunque unos más que otros, el Río Las Cañas no está exento a este problema que afecta a toda la población que hace uso de él.

El problema que presenta El Río Las Cañas se enmarca en su detrimento del recurso hídrico y ninguna institución ha hecho algo al respecto; la contaminación se debe a varios factores como son las aguas residuales domésticas (desechos de alimentos, animales y excremento) y la disposición inadecuada de sustancias agrícolas.



I.2. JUSTIFICACIÓN

El Salvador es un país favorecido por el agua lluvia, su ubicación geográfica le permite recibir una precipitación pluvial abundante. Anualmente se registra un crecimiento de 3.3% en las precipitaciones¹, según la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA).

Sin embargo nuestro país sufre una grave crisis social y ambiental, que amenaza seriamente la sustentabilidad de sus ecosistemas y de su población.

La idea de realizar la investigación *“Reducción de Contaminantes Livianos y Propuesta para la Conservación y Protección del Recurso Hídrico en el rio Las Cañas; Cantón y Cooperativa San Jacinto, San Miguel”*, se debió a que el país no cuenta con estudios recientes sobre la calidad del agua de los ríos; sin embargo se maneja un indicador que el 90% de ellos presentan altos niveles de contaminación química (turbidez, color verdadero, olor, temperatura, ph, sólidos totales, aluminio, hierro, manganeso, níquel, sulfato, dureza total, zinc, nitrato, flúor) y/o biológica (coliformes totales, escherichia-coli y material fecal).

A pesar que la contaminación de los ríos constituye uno de los principales problemas ambientales, el Estado salvadoreño ha perdido buena parte de la capacidad para monitorear y dar seguimiento a este problema.

El Río Las Cañas es uno de los muchos ríos a los que no se les ha efectuado un estudio reciente para determinar qué grado de contaminación posee; *ya que la*

¹ <http://lapalabra.utec.edu.sv>



mayoría de los habitantes hacen uso del agua del río, urge efectuar un estudio que permita conocer las condiciones actuales del cuerpo de agua superficial en el Río ya que estos contaminantes son los que afectan la salud al poco tiempo de ser consumida, por ello es necesario investigar y evitar una mayor contaminación pues se sabe que el recurso hídrico es de gran importancia para los seres vivos.

Con el estudio se pretende diagnosticar los contaminantes más elevados en el agua y en base a esto proponer medidas que prevengan la contaminación del recurso hídrico; además de prevenir una serie de enfermedades en los habitantes ya que el impacto negativo por el mal uso de los ríos desemboca en la salud de las personas, sobre todo en los niños menores de cinco años; por otra parte también ayudará en cuanto a lo paisajístico ya que se tendría un río con menos contaminación lo cual ayudará para conservar los árboles y plantas que son los que atraen la fauna.

La investigación beneficiará directamente a toda la población que habitan en los alrededores del Río Las Cañas que de alguna u otra manera hacen uso del agua para diferentes actividades; entre las comunidades más cercanas al rio están: Guatajiagua, Sensembra, San Bartolo y San Jacinto.



I.3. OBJETIVOS

GENERAL:

Proponer obras para proteger, conservar el manejo del cuerpo de agua superficial en el Río Las Cañas que mejore en un buen porcentaje la calidad y el aprovechamiento del mismo.

ESPECIFICOS:



Determinar el grado de contaminación química y biológica del agua.



Proponer obras de mitigación que permitan conservar la calidad del agua.



Establecer las zonas de recarga hídrica sobre la cuenca.



Determinar el uso que se le puede dar al recurso hídrico.





Clasificar el cuerpo hídrico según resultados en las pruebas.





I.4. DELIMITACION


ALCANCES:


 La investigación se llevo a cabo por medio de visitas de campo y algunas entrevistas con los habitantes de la localidad.


 El estudio comprendió solamente aquellos contaminantes livianos que son químicos y biológicos; dentro de los químicos están (turbidez, color verdadero, olor, temperatura, ph, sólidos totales, aluminio, hierro, manganeso, níquel, sulfato, dureza total, zinc, nitrato, flúor) y dentro de los biológicos se tienen (coliforme totales, escherichia-coli y material fecal).


 Plantear medidas que ayuden a reducir la contaminación existente en la cuenca del río Las Cañas.

 Para las pruebas que se realicen las cuales serán físico-químico, microbiológico, se tomaron puntos estratégicos en el cauce del río.

 El análisis del Rio se hicieron en tres sectores el primero será en Cantón Loma de Chile, el segundo en Cantón Maiguera y el tercero en Cantón san Jacinto.

 Los datos hidrometeorológicos, fueron obtenidos de la estación Villerías ya que es la que se encuentra más próxima al lugar de estudio.

 Conocer medidas que permitan conservar las zonas que sean identificadas de Recarga Hídrica en la cuenca del río Las Cañas.

 Se realizo levantamiento topográfico; el cual se efectuo con GPS que fue de utilidad en la investigación, además se utilizo el software ArcGIS 9.0 (versión demo) para la realización de mapas.



LIMITACIONES:



La investigación comprende los límites de la cuenca superficial del río Las Cañas.



Las pruebas que incluye la investigación son químicos y biológicos; dentro de los químicos están (turbidez, color verdadero, olor, temperatura, ph, sólidos totales, aluminio, hierro, manganeso, níquel, sulfato, dureza total, zinc, nitrato, flúor) y dentro de los biológicos se tienen (coliforme totales, escherichia-coli y material fecal)



En el presente documento se plantearon posibles soluciones; Pero cuando estas sean obras civiles, la solución se limito a describir la propuesta seleccionada previamente, considerada como la más factible, apropiada y funcional; sin desarrollar la fase de diseño y presupuesto de estas.



La elaboración de las pruebas físicas, químicas y bacteriológicas, fueron realizadas en tres sectores diferentes a una distancia promedio a lo largo del río, debido al alto costo que representan la realización de las mismas.



Los datos meteorológicos, climatológicos y otros documentos sobre el río las cañas se solicitaron a las respectivas instituciones lo cual influyo en cuanto a los resultados que se obtuvieron.



I.5. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las partes que componen una investigación y que resultan de mayor importancia es el método.

La metodología representa la manera de organizar el proceso de la investigación, de controlar sus resultados y de presentar posibles soluciones a un problema que conlleva la toma de decisiones.

En forma concreta el Método Científico se resume a la observancia de las etapas de la Figura I.4:

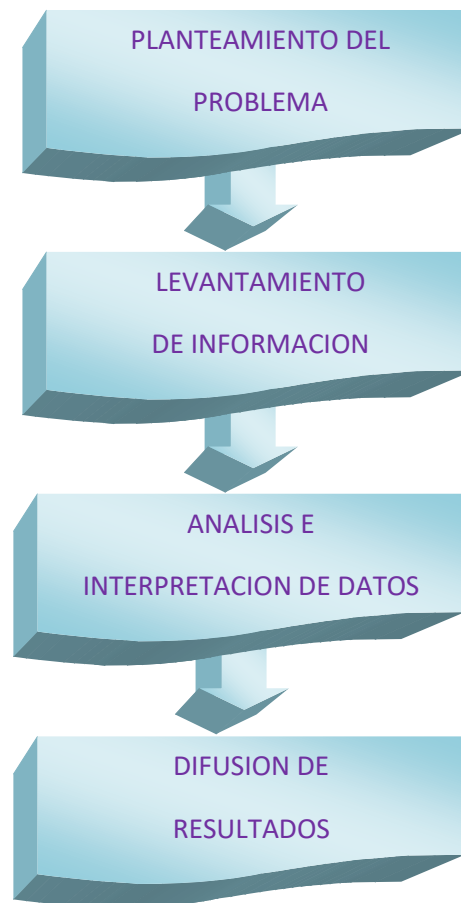


FIGURA I.4.: ESQUEMA DEL MÉTODO CIENTÍFICO.

*FUENTE: Guía para elaborar la Tesis
-Santiago Zorrilla A., Miguel Torres X.
Segunda edición. McGrawHill*



Método Científico aplicado al tema “Reducción de contaminantes livianos y propuesta para la conservación y protección del recurso hídrico en el rio las cañas; cantón y cooperativa San Jacinto, San Miguel”.

La investigación se dividirá en cinco capítulos los cuales se describen a continuación:

Capítulo I: El primer capítulo consta del “Anteproyecto”. El anteproyecto es la base de la investigación y está compuesto por el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, la delimitación y la metodología que se seguirá para llevar a cabo el estudio.

Capítulo II: El tercer capítulo es denominado “Marco Referencial” que es un contexto de referencia que enmarca el planteamiento del problema.

El Marco Referencial se divide en marco normativo, marco histórico, marco teórico.

En el marco normativo se hizo un compendio de toda la información legal relacionada con la protección del Medio Ambiente referida al estudio.

El Marco Histórico como su nombre lo indica hace referencia a la historia de la contaminación del agua.

El marco teórico se refiere a una serie de descripciones a cerca del tema en estudio y es indispensable para el desarrollo de la investigación, ya que esto servirá al lector para familiarizarse con la terminología y conceptos que se utilizaran en el transcurso de dicho estudio.

Capítulo III: Este capítulo es llamado “Diagnóstico”; comprende la descripción de la cuenca del Río Las Cañas, como lo es la ubicación, el tipo de suelo, uso de suelo entre otros, por último se presentan los resultados del pruebas físico-químico y microbiológico.



Capítulo IV: En el capítulo IV se presentan las propuestas; como su nombre lo indica es en esta parte donde se darán a conocer las propuestas de mitigación al problema abordado en la investigación.

Capítulo V: Este es el último capítulo y es en el que se dan a conocer las “Conclusiones y Recomendaciones” a las que se llego sobre el tema que se está investigando.

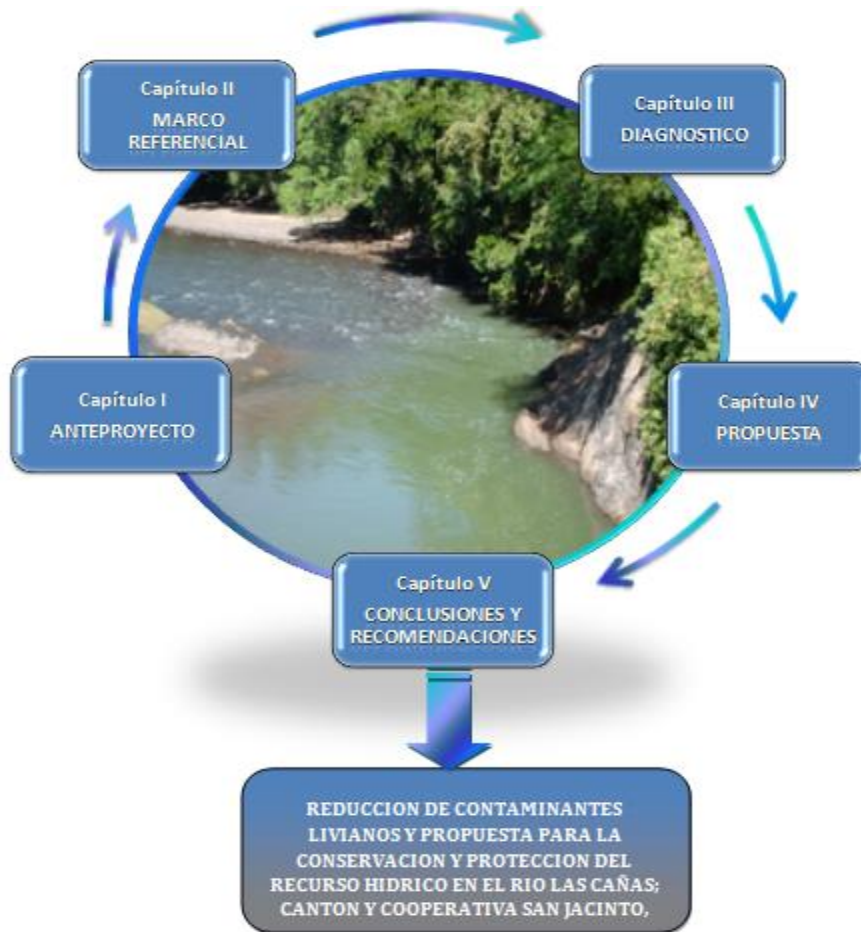


FIGURA I.5: REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.



Para poder alcanzar los objetivos propuestos con la investigación se aplicará el método científico, como se explica a continuación:

Planteamiento del problema:

El problema que se analizará en el estudio es el siguiente:

El problema que presenta el río las cañas se enmarca en su detrimento del recurso hídrico esto se debe a varios factores como son las aguas residuales domésticas (desechos de alimentos, animales y excremento), y la disposición inadecuada de sustancias agrícolas.

Levantamiento de información:

En esta etapa de la investigación se hace necesario dividirla en dos fases.

1. Recolección de información bibliográfica
2. Recolección de datos de campo

En la primera fase se obtendrá todo el material o bibliografía que sirva de apoyo a la investigación; para lograrlo se realizarán visitas a empresas e instituciones como:



Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).



Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



Fortalecimiento de la Gestión Ambiental en El Salvador (FORGAES).



Alcaldía Municipal de San Miguel.

Todas estas visitas se realizarán con el objetivo de encontrar antecedentes del tema en estudio, datos meteorológicos, datos hidrogeológicos, entrevistas con los profesionales de estas instituciones los cuales nos puedan dar una guía para nuestra investigación.

La segunda fase que es la recolección de datos se llevará a cabo mediante visitas de campo y entrevistas con algunos habitantes del lugar.



Análisis e interpretación de la información:

Con toda la información bibliográfica recolectada y los datos de campo, se procede a ordenar la información y realizar los cálculos necesarios; para luego hacer el análisis e interpretación y así hacer las propuestas respectivas.

Difusión de resultados:

Esta es la última etapa de la investigación y es aquí donde se presentarán las conclusiones y recomendaciones a las que se lleguen sobre la investigación realizada.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL



II.1-MARCO NORMATIVO

Antes de entrar en el estudio de las Legislaciones vigentes relacionadas a la protección de los recursos Hídricos se hace necesario mencionar algunas consideraciones acerca de su proceso de formación como leyes propiamente dichas y su jerarquía en cuanto a la aplicabilidad de las mismas.

Toda ley, reglamento o disposiciones que regulan la vida social en El Salvador, debe estar fundamentado en un principio de carácter legal contenido expresa o implícitamente en la Constitución de la República de El Salvador, que como ley primaria sirve de sustento a las demás leyes que son producidas en el país, y se les denomina leyes secundarias porque desarrollan de manera amplia los preceptos o mandatos de la Constitución.

La Constitución actual se encuentra vigente desde el día 20 de diciembre de 1983 según el Diario Oficial N° 234 del Tomo 281, correspondiente al 16 de diciembre del año mencionado y fue elaborada por la Asamblea Nacional Constituyente, nombrada por la junta revolucionaria de Gobierno, creada para tal efecto luego del derrocamiento del entonces Presidente de El Salvador, General Carlos Humberto Romero, quien fue separado de su cargo el día 15 de octubre de 1979.

En cuanto a las leyes secundarias, éstas son las que desarrollan los principios constitucionales y son promulgadas por la Asamblea Legislativa, quien a su vez tiene la facultad de reformarlas o derogarlas según sea necesario. En la realidad salvadoreña, los Tratados Internacionales al ser suscritos y ratificados por El Salvador, entran a formar parte del cuerpo legal vigente.



El proceso de ratificación se realiza a través del Órgano Ejecutivo representados por el Presidente de la República o los Cancilleres nombrados para tal efecto, y son ratificados por medio de la Asamblea Legislativa previo examen para corroborar que no contradigan el texto Constitucional.

Existen disposiciones de carácter ejecutivo, es decir, creadas por el Presidente de la República y su Consejo de Ministros, que se denominan de manera general como reglamentos. Finalmente existen las regulaciones de carácter local que son formuladas por los alcaldes y sus Concejos Municipales en ciertos temas y con aplicabilidad en sus respectivos municipios que se denominan Ordenanzas Municipales.

Es por este principio de supremacía que al texto de la Constitución de la República, también se le conoce como Carta Magna o Ley Primaria, en tanto que en él se contienen los principios, doctrinas y obligaciones que regulan las demás leyes y reglamentos que se denominan genéricamente como Leyes Secundarias.

El artículo 144 de la Constitución de la República reza: “Los tratados internacionales celebrados por El Salvador con otros estados o con organismos internacionales, constituyen leyes de la República al entrar en vigencia, conforme a las disposiciones del mismo tratado y de esta Constitución. La ley no podrá modificar o derogar lo acordado en un tratado vigente para El Salvador. En caso de conflicto entre el tratado y la ley, prevalecerá el tratado”. Y entre un tratado internacional y La Constitución prevalecerá esta última. De lo anterior se deduce que existe una jerarquía en la aplicabilidad de las normativas que se encuentran



vigentes en El Salvador. Esto se ilustrará a través de a pirámide de Hans Kelsen², el cual atribuyó a cada norma un grado en una estructura piramidal en sentido decreciente, así mientras más alta es la situación de una norma en la pirámide es mayor su jerarquía, teniendo preferencia su aplicación frente a otras normas situadas inferiormente.

Para El Salvador, la cúspide pertenece a la Constitución de la República, siendo la normativa que posee supremacía y prioridad ante cualquier otra; en la posición siguiente hacia abajo se encuentran las leyes nacionales producidas por la Asamblea Legislativa junto a los Tratados Internacionales que han sido suscritos por Organismos Internacionales y el Gobierno de El Salvador a través de representantes del Órgano Ejecutivo, y ratificados por la Asamblea Legislativa, tienen un igual grado de aplicabilidad ante la Constitución de la República; y en relación a los reglamentos ejecutivos y las Ordenanzas Municipales que se sitúan en la base de la pirámide, constituyen los últimos criterios a considerarse para un caso determinado. Por las razones expuestas se presenta un orden jerárquico para la normativa salvadoreña.

² Hans Kelsen, jurista Norteamericano de origen Austriaco, fundador de la escuela normativista (1881 - 1973).

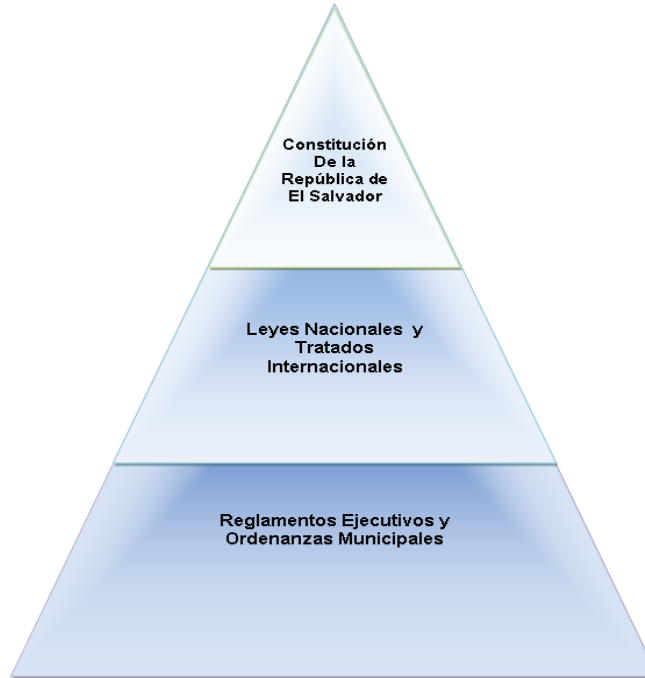


FIGURA II.1.1: PIRÁMIDE DE HANS KELSEN APLICADO A LA NORMATIVA DE EL SALVADOR.

CUERPOS LEGALES RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE.

II.1.1-ÁMBITO CONSTITUCIONAL:

La Constitución de la República de El Salvador, contiene disposiciones relativas al Medio Ambiente, en el que se encuentra implícito el componente hídrico y son las siguientes:

Art. 60: Inciso segundo de la Constitución de la República: “En todos los centros docentes, públicos o privados, civiles o militares, será obligatoria la enseñanza de la historia nacional, el civismo, la moral, la Constitución de la República, los Derechos Humanos y la Conservación de los Recursos Naturales”.

Este artículo de la constitución hace énfasis a que es obligación del estado promulgar y difundir el buen uso de los recursos naturales para este caso tal



recurso es el hídrico y su conservación para que la sociedad tenga conocimiento de ello.

Art. 113. De la Constitución de la República reza: "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".

Este principio constitucional regula que la explotación de recursos naturales dentro del territorio nacional se puede ejercer siempre y cuando sean asociaciones con previo permiso cuyo objetivo sea el de incrementar la riqueza nacional.

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

Se prohíbe la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos".

Este artículo es reconocido como el fundamento del Derecho Ambiental.

La ley primaria legalmente declara que se debe conservar y proteger todos los recursos naturales y el recurso hídrico no es la excepción; se debe velar por que el agua no sea contaminada ya sea con productos químicos u otros.





II.1.2- ÁMBITO INTERNACIONAL:

La protección de los recursos hídricos ha motivado reuniones a los más 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 operar 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.


 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.





II.1.3-ÁMBITO NACIONAL:


En El Salvador la normativa relacionada con los recursos hídricos son las siguientes:


 Ley de Creación de la Comisión para la exploración de las Aguas Subterráneas del valle del río Grande de San Miguel, publicada en el Diario Oficial N° 101, tomo 191 publicado el día 6 de Julio de 1961 que regula el aprovechamiento del Agua Subterránea.


 Ley de Riego y Avenamiento publicada en Diario Oficial N° 213 del tomo 229 del día 23 de noviembre de 1970.


 Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos publicada en el Diario Oficial N° 221 tomo 273 del 2 de diciembre de 1981.

 Ley del Medio Ambiente publicada el 4 de mayo de 1998 según Diario Oficial N° 79, tomo N° 339.

 Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente publicado el día 12 de abril de 2000 según Diario Oficial N° 73, tomo N° 347.

 Código de salud publicado el 11 de Mayo de 1988 según Diario Oficial N° 86, tomo N° 299.

 Ley Forestal publicada el 17 de junio de 2002 según Diario Oficial N° 110, tomo 355. ha sido creado con el fin de establecer disposiciones que permitan el incremento, manejo y aprovechamiento en forma sostenible de los recursos forestales y el desarrollo de la industria maderera.

 Reglamento de la Ley Forestal publicado el día 27 de agosto de 2004 según Diario Oficial N° 158, tomo N° 364.



II.1.3.1-LEY DE MEDIO AMBIENTE:

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 fundamentará 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 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 contaminación del medio ambiente o alguno de sus elementos, que impida o deteriore sus procesos esenciales, conllevará como obligación la restauración o compensación del daño causado debiendo indemnizar al Estado o a cualquier persona natural o jurídica afectada en su caso, conforme a la presente ley;
- g) 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
- h) población, el grado de contaminación o deterioro de los elementos del ambiente, y la capacidad económica y tecnológica de los sectores productivos del país;
- i) 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;
- j) 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;
- k) En la gestión pública del medio ambiente deberá aplicarse el criterio de efectividad, el cual permite alcanzar los beneficios ambientales al menor



- costo posible y en el menor plazo, conciliando la necesidad de protección del ambiente con las de crecimiento económico;
- l) Se potencia la obtención del cambio de conducta sobre el castigo con el fin de estimular la creación de una cultura proteccionista del medio ambiente;
 - m) Adoptar regulaciones que permitan la obtención de metas encaminadas a mejorar el medio ambiente, propiciando una amplia gama de opciones posibles para su cumplimiento, apoyados por incentivos económicos que
 - n) estimulen la generación de acciones que minimiza los efectos negativos al medio ambiente; y
 - o) La educación ambiental se orientará a fomentar la cultura ambientalista a fin de concientizar a la población sobre la protección, conservación, preservación y restauración del medio ambiente.

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;



- b) La localización de las actividades industriales, agropecuarias, forestales, mineras, turísticas y de servicios y las áreas de conservación y protección absoluta y de manejo restringido;
- c) Los lineamientos generales del plan de urbanización, con urbanización y del sistema de ciudades;
- d) La ubicación de áreas naturales y culturales protegidas y de otros espacios sujetos a un régimen especial de conservación y mejoramiento del ambiente;
- 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; y
- g) La ubicación de obras para el ordenamiento, aprovechamiento y uso de los recursos hídricos.

Este artículo hace énfasis a que se debe respetar las normas cuando se trate del uso de aquellos recursos hídricos ya que se debe ver que no se vulnere las zonas de aprovechamiento o las zonas protegidas.



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:

- a) Obras viales, puentes para trafico mecanizado, vías férreas y aeropuertos;
- b) Puertos marítimos, embarcaderos, astilleros, terminales de descarga o trasvase de hidrocarburos o productos químicos;
- c) Oleoductos, gaseoductos, poliductos, carboductos, 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;
- e) Exploración, explotación y procesamiento industrial de minerales y combustibles fósiles;
- f) Centrales de generación eléctrica a partir de energía nuclear, térmica, geotérmica e hidráulica, eólica y maremotriz;
- g) Líneas de transmisión de energía eléctrica;
- 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, acuacultura y manejo de bosques localizados en áreas frágiles; excepto los proyectos forestales y de acuacultura que cuenten con planes de desarrollo, los
- n) 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;
- o) Actividades consideradas como altamente riesgosas, en virtud de las características corrosivas, explosivas, radioactivas, reactivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para la salud y bienestar humano y el medio ambiente, las que deberán de adicionar un Estudio de Riesgo y Manejo Ambiental;
- ñ) Proyectos o industrias de biotecnología, o que impliquen el manejo genético o producción de organismos modificados genéticamente;
- p) Cualquier otra que pueda tener impactos considerables o irreversibles en el ambiente, la salud y el bienestar humano o los ecosistemas.

Este Artículo está estableciendo un proceso de forma legal para todas aquellas personas ya sea natural o jurídica (compañías) que quieren ejecutar cualquier tipo de actividad.



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.

Este Artículo le está dando un mandato como también una función muy propia que le corresponde al ministerio de medio ambiente donde el debe ser un ente rector en vigilar, cuidar y proteger que no se realicen todas aquellas actividades que vallan en contra de las fuentes hídricas que se encuentran en peligro de ser contaminadas o explotadas ya sea por personas naturales o jurídicas.

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; y
- 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.

Este Artículo establece la responsabilidad única al ministerio a través de los criterios que deben de tomarse en cuenta cuando la población quiere hacer uso del recurso hídrico; el ministerio debe ser garante cuando proporcione permisos para el uso de explotación del agua.

GESTIÓN Y USO DE LAS AGUAS Y ECOSISTEMAS ACUÁTICOS.

Art. 70. El Ministerio, elaborará 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;
- 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, y

f) Todo concesionario de un recurso hídrico para su explotación será responsable de su preservación.

Cuando se trate de un proyecto o actividad de explotación de gran magnitud o cuando sea una concesión se tomará primero el interés social como una protección del recurso hídrico de forma adecuada como lo establece la ley.

PROTECCIÓN DE ZONAS DE RECARGA.

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

El ministerio de medio ambiente es el único ente que goza del derecho para supervisar aquellas zonas de recarga y en caso que este haya sufrido un mal uso es el ministerio tendrá que actuar de manera inmediata para recuperarlas.

II.1.3.2-CODIGO DE SALUD.

Art. 61. Las ciudades y poblaciones urbanas deberán estar dotadas de servicio de agua potable, y cuando no los tengan, el Estado; de acuerdo a sus recursos y conforme a los planes respectivos, se los proveerá por medio de los organismos especializados correspondientes.

Art. 63. El agua destinada para el consumo humano deberá tener la calidad sanitaria que el Ministerio conceptúa como buena y exigirá el cumplimiento de las normas de calidad en todos los abastecimientos de agua utilizadas para el consumo humano.



Art. 64. No podrá efectuarse ninguna construcción, reparación o modificación de una obra pública o privada destinada al aprovechamiento de agua para consumo humano sin la autorización previa del Ministerio, para lo cual deberá presentarse a éste, una solicitud escrita con las especificaciones y planos de las obras proyectadas.

II.1.3.3-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 riberanos 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;
- e) Las áreas que por su potencial de deslizamiento debido a fuertes pendientes constituyen un peligro para las poblaciones; y
- f) Los suelos clase VIII.



Esta ley estipula que los recursos naturales hídricos deben ser protegidos en cuanto tengan o presten una utilidad social, el estado brindará protección y podrá sancionar de ser posible a los dueños de los terrenos que cuenten con estas características del recurso hídrico y le den un mal uso de explotación.

II.1.3.4-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.



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:



- 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.

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.

II.1.3.5-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.

II.1.3.6-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:



TABLA II.1.3.6.1: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA.

PARAMETRO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES		
	TECNICA DE FILTRACION POR MEMBRANAS	TECNICA DE TUBOS MULTIPLES	TECNICA DE PLACA VERTIDA
Bacteria coliformes Totales	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	-
Bacteria coliformes Fecales	0 UFC/100 ml	negativo	-
Escherichia coli	0 UFC/100 ml	negativo	-
Conteo de bacteria heterótrofas, aerobias y mesófilas	100 UFC/ ml	-	100 UFC/ml
Organismos patógenos	ausencia	ausencia	ausencia



TABLA II.1.3.6.2: VALORES PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS

PARAMETRO	VALOR RECOMENDADO Mg/l	VALOR MAXIMO ADMISIBLE Mg/l
Acido Sulfhídrico	No detectable	< 0.05
Alcalinidad Total como (CaCO3)	30.00	350.00
Antimonio		0.005
Calcio		75.00
Cloruros	25.00	250.00
Cobre	0.10	1.00
Dureza Total como (CaCO3)	100.00	400.00
Fluoruros		1.50
Hierro Total	0.05	0.30
Magnesio		50.00
Manganeso	0.05	0.1
Nitrógeno Amoniacal (NH4)		0.5
Plata		0.10
Potasio		10.00
Sílice	60.00	125.00
Sodio	25.00	150.00
Sulfatos	25.00	250.00



**TABLA II.1.3.6.3: VALORES PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS DE TIPO
INORGÁNICO DE ALTO RIESGO PARA LA SALUD**

PARAMETRO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE Mg/l
Aluminio	0.05
Arsenico	0.01
Boro	0.70
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo (Cr) ⁶	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.02
Nitrato (N>	10.00
Nitrato (NO ₃) ^{**}	45.00
Nitrito (medido como Nitrógeno)	1.00
Plomo	0.01
Selenio	0.01
Zinc	5.00



TABLA II.1.3.6.4: VALORES PARA AGUA ENVASADA

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Color Aparente	-	NR	-
Color verdadero	Mg/l (PtCO)	-	15
Olor	No. de umbral	NR	3
Ph	-	6.0-8.5	-
Sabor	No. de umbral de sabor	NR	
Solidos totales disueltos	Mg/l	150.00 v. minimo*	600**
Temperatura	°C	No aplica	-
Cloro	Mg/l	Menos de 0.1	0.1
Turbiedad	UNT	1	5



II.1.3.7-CODIGO PENAL.

De acuerdo con el Código Penal, publicado en el D.0. 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).



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).



II.2 MARCO HISTORICO

II.2.1- HISTORIA DEL AGUA.

El agua ha sido vital al desarrollo y a la supervivencia de la civilización. Las primeras grandes civilizaciones se presentaron en los valles de los grandes ríos; las civilizaciones bajaron cuando los abastecimientos de agua fallaron o fueron manejados mal.

A partir del 1965 a 1974, cerca de 70 países participaron en la década hidrológica internacional, un programa de la O.N.U. establecido para promover la investigación científica sobre recursos de agua. En 1975, la O.N.U. fundó el programa hidrológico internacional (IHP) para continuar la investigación. El IHP es un programa a largo plazo que se realiza en las fases que duran tres o más años. Cada fase tiene un tema. Por ejemplo, el tema de la quinta fase, que se realizó del año 1996 al año 2001, es " hidrología y desarrollo de recursos de agua en un ambiente vulnerable".

En 1993, la Asamblea General de la O.N.U. declaró el 22 de Marzo de cada año como día mundial del agua. Cada año, esta actividad del día promueve la conciencia pública de las ediciones relacionadas con la protección y el uso del agua dulce.

II.2.2-AGUA DE LAGOS Y RÍOS.

El agua de mar tiene una salinidad relativamente constante; pero las aguas de ríos y lagos tienen composiciones variables.



Esto es posible ya que tanto unos como otros a menudo contienen agua que ha estado en contacto con varias formaciones geológicas.

Este liquido a grandes o cortas distancias sobre la tierra, pudo haber disuelto minerales y sustancias de vida vegetal en descomposición a lo largo de su recorrido y, además, pueden contener materiales descargados por los seres humanos.

Existen lagos que se saben que son salados, ya que han acumulado grandes cantidades de sales minerales disueltas. Exceptuando las aguas de los lagos salados, las aguas naturales de lagos y ríos no son saladas y se conocen con el nombre de agua dulce.

Puesto que el agua superficial, junto con el agua de pozos, sirve para uso de consumo público, se han establecido normas químicas para el agua potable.

Estas normas, junto con los reglamentos bacteriológicos, sirven como guía para mantener la seguridad en función de la salud, el color, el aspecto, el sabor y el olor del agua potable.

II.2.3-CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

El agua no sólo es parte esencial de nuestra propia naturaleza física y la de los demás seres vivos, sino que también contribuye al bienestar general en todas las actividades humanas. Se utiliza mayormente como elemento indispensable en la dieta de todo ser vivo y ésta es uno de los pocos elementos sin los cuales no podría mantenerse la vida. Ofrece grandes beneficios al hombre, pero a la vez puede transmitir enfermedades, como el cólera.

El agua que procede de los ríos, lagos y quebradas, es objeto de una severa contaminación. Se convierte en un vehículo de agentes infecciosos como hongos,



virus y bacterias, además de sustancias tóxicas como pesticidas, metales, que son perjudiciales para la salud.

El agua también se utiliza para irrigar cultivos y para dar a beber a los animales, los cuales se van a convertir en alimento para los humanos y otros seres vivos, haciendo una cadena alimentaria, de tal manera que si las fuentes utilizadas están contaminadas, también se contaminarán nuestros cultivos, los animales, los humanos, y los peces que forman parte del medio acuático.

II.2.4-EL AGUA ES INDISPENSABLE PARA LA VIDA.



El 70% de nuestro cuerpo está formado por agua.



El agua es un elemento vital para la vida, la salud y nos sirve para la limpieza de nuestro cuerpo.



El agua sirve para lavar nuestra ropa y utensilios.



También la necesitamos para cocinar nuestros alimentos, calmar la sed y lavar nuestros dientes.


La contaminación del agua es la incorporación al agua de materias extrañas. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.


¿CÓMO SE CONTAMINA EL AGUA?

El agua se puede contaminar antes de que llegue a la población para su consumo y es aquí donde intervienen diferentes factores.


Los principales contaminantes del agua son los siguientes:




 Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).


 Agentes infecciosos.


Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y al descomponerse agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.

 Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.

 Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.

 Minerales inorgánicos y compuestos químicos.

 Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.

 Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.




 El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.



FIGURA II.2.4.1: FACTORES QUE INTERVIENEN PARA LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.

 Por actividades domésticas son todos los detergentes, jabones, suavizantes, shampoo, etc., que contienen potasio, sulfatos, etc.

 Por actividades industriales se encuentra el mercurio, el cromo, los metales pesados y los compuestos orgánicos derivados de los hidrocarburos, como el arsénico, el cianuro y el antimonio.

Entre las industrias que más contaminan el agua están la del papel, la del azúcar y la del plástico.

Los desechos contaminantes de los cuerpos de agua pueden ser de origen industrial, agrícola, ganadero, escolar de lugares públicos.

Los desechos (basura) los depositamos en el suelo y permanecen mucho tiempo sin ser recogidos, al mojarse se generan líquidos contaminantes, éstos se filtran al subsuelo afectando la pureza del agua de los mantos acuíferos.

Se abusa de los detergentes, blanqueadores, suavizantes, que son arrojados al drenaje provocando que los ríos y los lagos se saturen de espuma, ocasionando la pérdida de oxígeno del agua así como la muerte de aves acuáticas. En la mayoría de las ocasiones, el agua utilizada es arrojada al drenaje combinado con algunos



desechos que pueden ser peligrosos como el cianuro, los fenoles, mercurio, plomo, cobre y zinc.

El agua de lluvia en la Ciudad va directamente a los drenajes y al no tener oportunidad de ser tratada, se contamina durante su paso arrastra todo tipo de desechos contaminando los ríos, lagos, cuencas y el mar.

¿Cuáles son los efectos de los contaminantes del agua en la salud?

La contaminación del agua se ha convertido en un problema de salud pública, debido a que al ingerir alimentos con agua sucia puede provocar desde enfermedades del aparato digestivo como diarrea, tifoidea, cólera, hasta meningitis, encefalitis, síndromes respiratorios y hepatitis.

La contaminación industrial de las aguas subterráneas sigue siendo un grave problema en la mayoría de los países desarrollados. En todo el mundo se produce la infiltración de productos tóxicos en el suelo y en las aguas subterráneas, procedentes de tanques de almacenamiento de gasolina, vertederos de basuras y zonas de vertidos industriales. En los países desarrollados, uno de cada seis habitantes bebe agua que contiene altos niveles de plomo, uno de los principales productos tóxicos industriales. Aun cuando la calidad media del agua de los ríos ha mejorado en los últimos 20 años en la mayoría de las naciones industrializadas, las concentraciones de metales pesados como el plomo se mantienen en niveles inaceptablemente altos.

Otra causa importante de la contaminación del agua potable es el vertido de aguas residuales. En los países en vía de desarrollo, el 95% de las aguas residuales se descargan sin ser tratadas en ríos cercanos, que a su vez suelen ser una fuente de agua potable. Las personas que consumen esta agua son más propensas a contraer enfermedades infecciosas que se propagan a través de aguas contaminadas, el principal problema de salud en países en vías de desarrollo.



II.2.5-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 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.

II.2.6- 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 m³/per cápita/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).

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.

II.2.7-TRATAMIENTO DEL AGUA.

El saneamiento en El Salvador, como de hecho en todos los países de América 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.



II.2.8-LA REFORMA DEL SECTOR HIDRICO EN EL SALVADOR:

Oportunidad para avanzar hacia la gestión 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.



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.

II.2.9-RECONOCER LA GRAVEDAD DE LA CRISIS DEL AGUA.

Para solucionar la problemática de la gestión del agua en El Salvador es necesario 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 gestión integral y participativa de las cuencas, así como la participación masiva de estrategias de vegetación 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.

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, MAG, MOP y MSPAS, entre otros.



II.3-MARCO TEORICO

II.3.1-EL AGUA.

El agua es un importante componente de los seres vivos y es un factor limitante de la productividad de muchos ecosistemas. Cuando se formó la Tierra, hace aproximadamente cuatro mil quinientos millones de años, ya tenía en su interior vapor de agua. En un principio, era una enorme bola en constante fusión con cientos de volcanes activos en su superficie. El magma, cargado de gases con vapor de agua, emergió a la superficie gracias a las constantes erupciones. Luego la Tierra se enfrió, el vapor de agua se condensó y cayó nuevamente al suelo en forma de lluvia.

Por si misma, el agua es incolora y no tiene olor ni gusto definido, sin embargo, tiene unas cualidades especiales que la hacen muy importante, entre las que destacan el hecho de que sea un regulador de la temperatura en los seres vivos y en toda la biosfera ya que su temperatura no cambia tan rápido como la de otros líquidos.

En un ser humano el agua constituye el 70% de su peso corporal, el cual puede sobrevivir por más de dos semanas sin comer, pero solamente subsiste tres o cuatro días sin tomar agua. Las plantas por su parte la necesitan para crecer y producir su alimento.

El estilo de vida al cual el hombre se ha acostumbrado actualmente depende en gran medida, de la disponibilidad de agua limpia y económica y que, luego de haber sido usada, su eliminación sea segura.



La naturaleza limita la cantidad de agua disponible para el consumo. Aunque hay suficiente agua en el planeta, no siempre se encuentra en el lugar y momento adecuado.

Dada la importancia que el agua tiene para la vida de todos los seres vivos y debido al aumento de su demanda por el continuo desarrollo de la humanidad, el hombre está en la obligación de proteger este recurso y evitar toda influencia nociva sobre las fuentes que abastecen el preciado líquido.

II.3.2-HIDROLOGÍA.

La Hidrología (del griego hydor, agua) se ha desarrollado como ciencia en respuesta a la necesidad del ser humano de comprender el complejo sistema hídrico de la Tierra incluyendo su presencia, distribución y circulación a través del ciclo hidrológico, y las interacciones con los seres vivos, para ayudar a solucionar los problemas de agua. También trata de las propiedades químicas y físicas del agua en todas sus fases.

Los diferentes componentes del ciclo hidrológico son la Precipitación, Evapotranspiración, Escorrentía y Agua en el Suelo, son estudiados en varias subdisciplinas. La hidrometeorología, por ejemplo, se concentra en el agua localizada en la capa fronteriza inferior de la atmósfera, mientras que la hidrometría se encarga de las mediciones del agua superficial, especialmente precipitación y flujo de las corrientes. La hidrografía involucra la descripción y la confección de mapas de los grandes cuerpos de agua, tales como lagos, mares interiores y océanos. Por otro lado, la hidrología del suelo se centra en el agua que se encuentra en la zona saturada debajo de la superficie del suelo, y en la física del medio suelo-agua en la zona no saturada.



La hidrología se nutre de disciplinas como la geología, química, edafología y fisiología vegetal, empleando muchos de sus principios y métodos.

La investigación hidrológica es importante para el desarrollo, gestión y control de los recursos de agua. Sus aplicaciones son muchas, incluyendo el desarrollo de sistemas de irrigación, control de inundaciones y erosión de suelos, aprovechamiento de aguas subterráneas, eliminación y tratamiento de aguas residuales, disminución de la contaminación, uso recreacional del agua, la conservación de los peces y vida silvestre, la generación de energía eléctrica y el diseño de estructuras hidráulicas.

El hidrólogo estudia los procesos fundamentales de transporte para poder describir la cantidad y calidad del agua que se desplaza por el ciclo hidrológico (evaporación, escorrentía, infiltración, flujo subterráneo, y otros componentes).

El ingeniero hidrólogo, o ingeniero de recursos hídricos, se encarga de la planificación, diseño, construcción y operación de los proyectos para el control, uso y gestión de los recursos hídricos. Los problemas del recurso agua también son estudiados por los meteorólogos, oceanógrafos, geólogos, químicos, biólogos, economistas, especialistas en matemáticas aplicadas e informática, e ingenieros de varios campos.

Los hidrólogos aplican el conocimiento científico y los principios matemáticos a la solución de problemas relacionados con el agua en la sociedad: problemas de cantidad, calidad y disponibilidad. Se encargan de encontrar las zonas que sirven de abastecimiento de agua para las ciudades y el campo, controlar las inundaciones por ríos y la erosión del suelo. También pueden trabajar en protección ambiental, tal es el caso de prevención, limpieza de la contaminación y localización de lugares seguros para la eliminación de desechos peligrosos.



Las personas capacitadas en hidrología pueden tener una amplia variedad de ocupaciones. Algunas se especializan en el estudio del agua en una parte del ciclo hidrológico: limnólogos(lagos); oceanógrafos (océanos); hidrometeorólogos (atmósfera); glaciólogos(glaciares); geomorfólogos(formas terrestres); geoquímicos(calidad del agua subterránea); e hidrogeólogos (aguas subterráneas).

II.3.2.1- CICLO HIDROLÓGICO:

Historia:

La idea del Ciclo Hidrológico, que hoy 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 y 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 se creía posible que el caudal de un gran río fuese producido exclusivamente por las lluvias y se maravillaban con 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 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 tal como es en la actualidad.

La Hidrología moderna nace con las experiencias de Perrault, Mariotte y Halley, quienes fueron los primeros hidrólogos empíricos que basaron sus ideas en medidas y no en la especulación. En 1674 Pierre Perrault publica “De l’origine



desfontaines”. 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, 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, complementando con ello las aportaciones de sus colegas.

A escala planetaria, el agua, en sus tres estados, se encuentra en un espacio llamado hidrosfera el cual se extiende desde unos quince kilómetros en la atmósfera hasta un kilómetro por debajo de la litosfera o corteza terrestre, sufriendo un continuo traslado recíproco entre continentes y océanos.

El agua en la hidrosfera puede presentarse en sus tres estados: sólida, líquida y gaseosa, el 97% del agua del planeta se encuentra en los océanos, mientras que el restante porcentaje se reparte entre: lagos y ríos (0.02%), humedad del suelo (0.58%), iceberg y glaciares (2.01%) y la atmósfera (0.001%) (Figura II.3.2.1). Sólo un 2.6% del total de agua es dulce y sirve para consumo humano.



FIGURA II.3.2.1: DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA SUPERFICIE TERRESTRE.



II.3.2.2- DINÁMICA DEL CICLO HIDROLÓGICO:

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



FIGURA II.3.2.2: CICLO HIDROLOGICO.

FUENTE: www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf.

La gran mayoría del agua en la tierra, se encuentra en los océanos. Desde este lugar no tiene ninguna posibilidad de ser evacuada en forma natural, salvo a través del proceso de evaporación por el efecto de la radiación solar, de esta forma el agua pasa a transformarse en vapor de agua o humedad atmosférica.

Esta humedad asciende a las capas superiores de la atmósfera, y al encontrar temperaturas más bajas se condensa formando las nubes, las que son arrastradas por los vientos hacia el interior de los continentes. Las pequeñas gotas de agua en la atmósfera comienzan a hacerse más grandes cuando disminuye la temperatura y se condensan, este proceso da origen a la precipitación que puede ser en forma líquida (lluvia) o sólida (nieve) si la temperatura es bastante baja.

Una parte de la precipitación cae directamente en lagos y lagunas, otra es interceptada por la vegetación para luego ser evaporada por la radiación solar,



finalmente la porción de agua que llega a la superficie terrestre se divide en dos caminos: Escurrimiento superficial y Escurrimiento subterráneo.

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL:

Es el agua que corre sobre la superficie del terreno, hacia la corriente de agua más cercana, y solamente se produce cuando la precipitación excede la capacidad de infiltración del suelo. El escurrimiento superficial puede dividirse en: “escorrentía superficial diferida” que es aquella agua que es retenida como nieve o hielo o en lagos o embalses y en “escorrentía superficial rápida”, que es el agua que sigue su camino hacia el mar.

ESCURRIMIENTO SUBTERRÁNEO:

Es el agua de las precipitaciones que se infiltra a través del suelo hasta llegar al material rocoso que está saturado de agua. El agua subterránea se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados (debido a la gravedad) y eventualmente llegan a los arroyos, los lagos y los océanos.

II.3.3-PRECIPITACIÓN.

La formación de precipitación requiere que el vapor de agua o humedad atmosférica ascienda a las capas superiores de la atmósfera, y al encontrar temperaturas más bajas se condensa formando las nubes, las que son arrastradas por los vientos, algunas permanecen sobre los océanos y, otras, son trasladadas hacia el interior de los continentes. Las pequeñas gotas de agua en la atmósfera comienzan a hacerse más grandes cuando disminuye la temperatura y se condensan, este proceso da origen a la precipitación. Puesto que las condiciones



atmosféricas varían mucho geográfica y estacionalmente, son posibles diferentes formas de precipitación. Esto incluye básicamente: la lluvia, nieve y granizo.

II.3.3.1-FORMAS DE PRECIPITACIÓN:



Lluvia: Se define como una precipitación de agua líquida que llega al suelo, con gotas de diámetro entre 0.5 y 5 milímetros.



Llovizna: Consiste en gotas de agua de diámetro inferior a 0.05 mm. y su intensidad es inferior a 1 mm/hora



Cellisca: Consiste en gotas de lluvia helada por enfriamiento durante su caída en el aire a temperaturas inferiores al punto de congelación.



Copo de nieve: Está compuesto de cristales de hielo reunido por fusión.



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. Los cristales de hielo se van uniendo para formar los copos de nieve. Cuando los copos de nieve tienen suficiente peso, caen al suelo. 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 más de 5 mm de diámetro reunidos o formados por fusión alterna al ser transportados hacia arriba o abajo por corrientes de aire muy turbulentas.



II.3.3.2-TIPOS BÁSICOS DE PRECIPITACIÓN:

CONVECTIVO: Se deben al calentamiento de masas de aire próximas al suelo, las cuales al ascender se enfrían hasta alcanzar la condensación, para luego precipitar. 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.

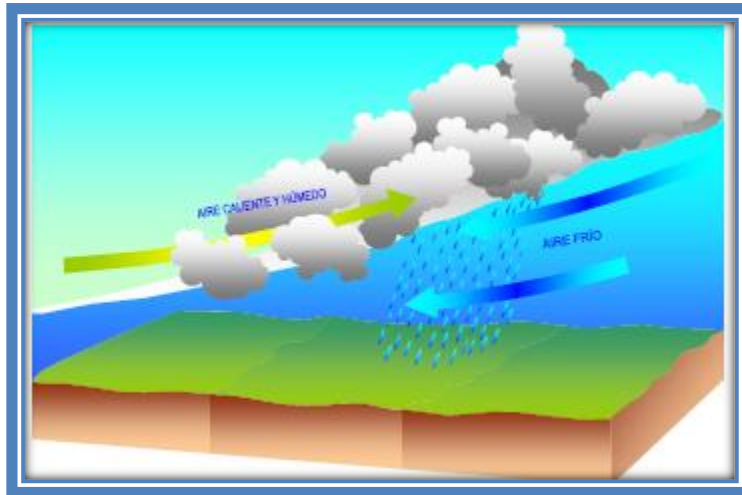


FIGURA II.3.3.1: PRECIPITACIÓN CONVECTIVA.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i.

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. Este tipo de precipitación se produce en las zonas montañosas.

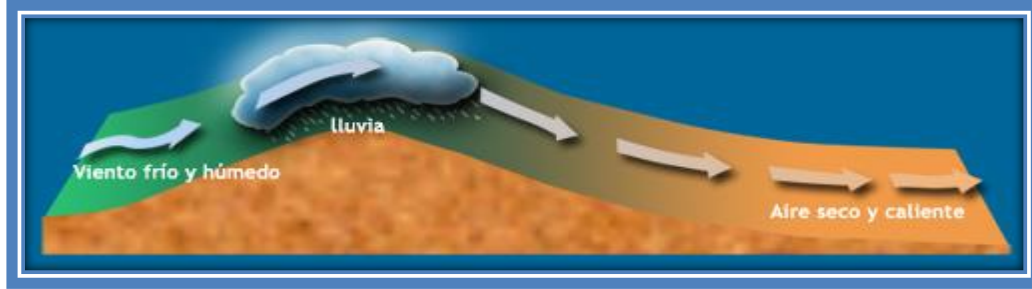


FIGURA II.3.3.2: PRECIPITACIÓN OROGRÁFICA.

FUENTE: www.fiaelyelmo.com/fact_ambiente/meteorologia.htm.

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. Esta precipitación se produce en todas partes de la tierra. Se da en el mar Caribe y en el océano pacífico, entre otros.

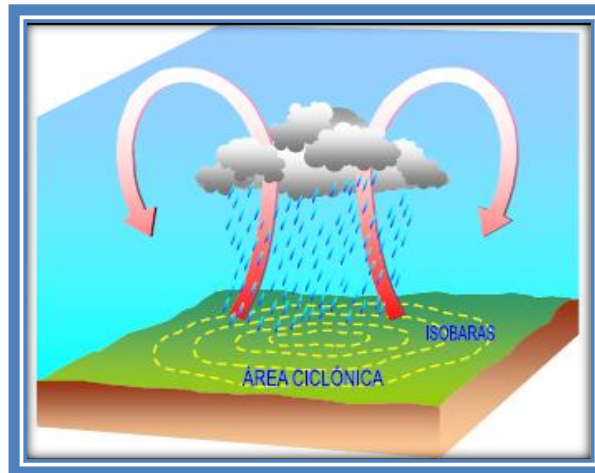


FIGURA II.3.3.3: PRECIPITACIÓN CICLÓNICA.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

II.3.4-EVAPOTRANSPIRACIÓN.

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, 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 real*, que es aquella que ocurre en las condiciones naturales de humedad del suelo y, *evapotranspiración potencial*, la cual representa la cantidad de agua que resultaría evaporada y transpirada si las reservas en agua fuesen suficientes para compensar las pérdidas máximas.

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, a esto hay que añadirle la sublimación que es el paso del estado sólido a vapor, desde la nieve y el hielo. 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.



II.3.4.1-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.

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 si 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.

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.



II.3.4.2-CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN:

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP).

Numerosas ecuaciones nos permiten evaluar la ETP con una aproximación suficiente para muchos estudios hidrológicos. Normalmente con estas ecuaciones se calcula la ETP mes a mes para datos medios de una serie de años. El cálculo de la ETP se llevará a cabo haciendo uso del método de Hargreaves, el cual es el que proporciona mejores resultados para El Salvador, de acuerdo a estudios desarrollados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).



MÉTODO DE HARGREAVES:

Este método permite determinar la evapotranspiración potencial con base en datos climatológicos, para su cálculo son necesarios los valores de temperatura, radiación y humedad relativa. La ecuación es:

$$ETP = 0.0075 \times R_{SM} \times T \quad \text{Ecuación (II.3.4.1)}$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración Potencial expresada en milímetros de agua por período de tiempo.

T: Temperatura promedio mensual en grados Fahrenheit.

R_{SM}: Radiación solar incidente expresada en milímetros de agua evaporada.

$$R_{SM} = 0.075 \times R_{MM} \times S^{1/2}$$

R_{MM}: Radiación extraterrestre en milímetros de agua evaporada (Tabla II.3.4.1 de Penman).

S: Porcentaje del posible brillo del sol.

$$S = 12.5 \times (100 - H_N)^{1/2}$$

H_N: Humedad relativa.



TABLA II.3.4.1: R_A PARA EL HEMISFERIO NORTE.

Latitud N	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
50°	3.81	6.10	9.41	13.71	15.76	17.12	16.44	14.07	10.85	7.37	4.49	3.22
48°	4.33	6.60	9.81	13.02	15.88	17.15	16.50	14.29	11.19	7.81	4.99	3.72
46°	4.85	7.10	10.21	13.32	16.00	17.10	16.55	14.51	11.53	8.25	5.49	4.27
44°	5.30	7.60	10.61	13.65	16.12	17.23	16.60	14.73	11.87	8.69	6.00	4.70
42°	5.86	8.05	11.00	13.99	16.24	17.26	16.65	4.95	12.20	9.13	6.51	5.19
40°	6.44	8.56	11.40	14.32	16.36	17.29	16.70	15.17	12.54	9.58	6.51	5.68
38°	6.91	8.98	11.75	14.50	16.39	17.22	16.72	15.27	12.81	9.98	7.52	6.10
36°	7.38	9.39	12.10	14.67	16.43	17.16	16.73	15.37	13.08	10.59	8.00	6.62
34°	7.85	9.82	12.44	14.84	16.46	17.09	16.75	15.48	13.35	10.79	8.50	7.18
32°	8.32	10.24	12.77	15.00	16.50	17.02	16.76	15.58	13.63	11.20	8.99	7.76
30°	8.81	10.63	13.14	15.17	16.53	16.95	16.78	15.68	13.90	11.61	9.49	8.31
28°	9.29	11.09	13.39	15.26	16.48	16.83	16.68	15.71	14.08	11.95	9.90	8.79
26°	9.79	11.50	13.65	15.34	16.43	16.71	16.58	15.74	14.26	12.30	10.31	9.27
24°	10.20	11.89	13.90	15.43	16.37	16.59	16.47	15.78	14.45	12.64	10.71	9.73
22°	10.70	11.30	14.16	15.51	16.32	16.47	16.37	15.81	14.64	12.98	11.11	10.20
20°	11.19	12.71	14.41	15.60	16.27	16.36	16.27	15.85	14.83	13.31	11.61	10.68
18°	11.60	13.02	14.60	15.62	16.11	16.14	16.09	15.79	14.94	13.58	12.02	11.12
16°	12.00	13.32	14.60	15.64	15.99	15.92	15.91	15.72	15.04	13.85	12.43	11.57
14°	12.41	13.62	14.89	15.65	15.83	15.70	15.72	15.65	15.14	14.12	12.84	12.02
12°	12.82	13.93	15.08	15.66	15.67	15.48	15.53	15.58	15.24	14.38	13.25	12.47
10°	13.22	14.24	15.26	15.68	15.51	15.26	15.34	15.51	15.34	14.66	13.56	12.88
8°	13.58	14.50	15.34	15.60	15.29	14.99	15.00	15.39	15.34	14.81	13.86	13.27
6°	13.94	14.76	15.42	15.51	15.07	14.71	14.85	15.23	15.34	14.96	14.17	13.66
4°	14.30	15.01	15.50	15.43	14.85	14.44	14.59	15.07	15.34	15.11	14.48	14.05
2°	14.65	15.26	15.59	15.34	14.63	14.17	14.33	14.91	15.34	15.27	14.79	14.44
0°	15.00	15.51	15.68	15.26	14.41	13.90	14.07	14.75	15.34	15.42	15.09	14.83



EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (ETR):

Se trata de ecuaciones establecidas empíricamente comparando las precipitaciones y la esorrentía total de numerosas cuencas, se produce realmente en las condiciones existentes en cada caso.



MÉTODO DE TURC:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{Ecuación (II.3.4.2)}$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real en mm/año.

P: Precipitación en mm/año.

L: $300 + 25t + 0.05t^3$.

t: Temperatura media anual en °C.



MÉTODO DE COUTAGNE:

$$ETR = P - XP^2 \quad \text{Ecuación (II.3.4.3)}$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real en mts/año.

P: Precipitación en mts/año.

$$X = \frac{1}{0.8 + 0.14t} \quad \text{Ecuación (II.3.4.4)}$$

t: Temperatura media anual en °C.

La ecuación II.3.4.4 solo es válida para valores de P (en m/año) comprendidos entre $1/8X$ y $1/2X$.



II.3.4.3-MEDIDA DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN:

La evapotranspiración se mide mediante lisímetros, los cuales son instalaciones experimentales, que utilizan el suelo mismo como aparato de medición. Permiten evaluar el balance hidrológico, y por tanto sus principales elementos: la infiltración y la evapotranspiración real o potencial en las condiciones naturales.

Existen actualmente varios tipos de lisímetros, que se pueden agrupar en:



Lisímetros de superficie.



Lisímetros de pesada.



Lisímetros subterráneos.



Lisímetros de superficie.

Según el tipo de construcción, se puede distinguir:

a) CAJAS LISIMÉTRICAS:

Son las más comunes; se trata de una cubeta impermeable, de paredes verticales, generalmente de cemento, enterrada en el suelo (Figura II.3.4.1). La cubeta se llena con el suelo a estudiar hasta el nivel del terreno, con un lecho de grava en la base. Un sistema de drenaje, instalado en el fondo o a veces a diversas alturas, recoge las aguas de infiltración.

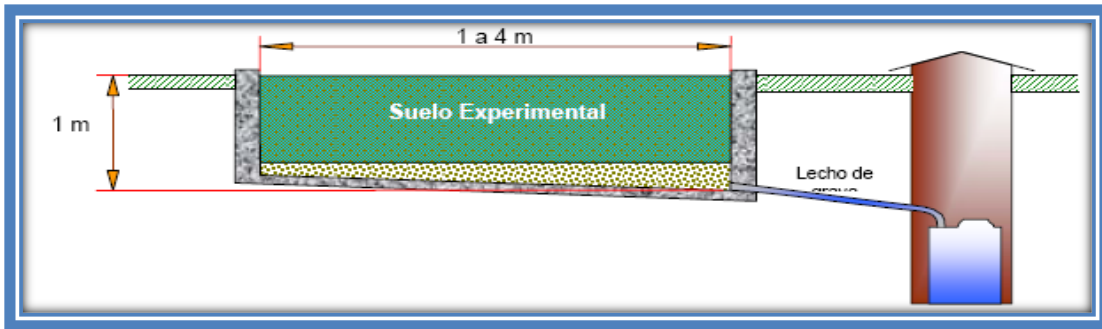


FIGURA II.3.4.1: INSTALACIONES LISIMETRICAS.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

b) LISÍMETROS MONOLITOS:

Están constituidos por terreno no cambiado de lugar. El lisímetro se construye, alrededor de un bloque de terreno "in situ" (Figura II.3.4.2).



FIGURA II.3.4.2: INSTALACIONES DE LISIMETRICO MONOLITICO.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

Los lisímetros monolitos evitan todo cambio en la disposición del suelo.

Esta técnica plantea delicados problemas de instalación. Por lo general se levanta un bloque de terreno por medios mecánicos, y se coloca en una cubeta lisimétrica, pueden ser de sección cuadrada o rectangular, a veces circular. Su profundidad alcanza de 1 a 3 m.



c) Lisímetros de pesada:

La evaluación del balance exige mediciones precisas de las variaciones de almacenamiento de agua en el suelo. El método más preciso para proceder a estas mediciones consiste en pesar el lisímetro a intervalos de tiempo dados.

Con este fin se construyen los lisímetros de pesada. (Figura II.3.4.3).

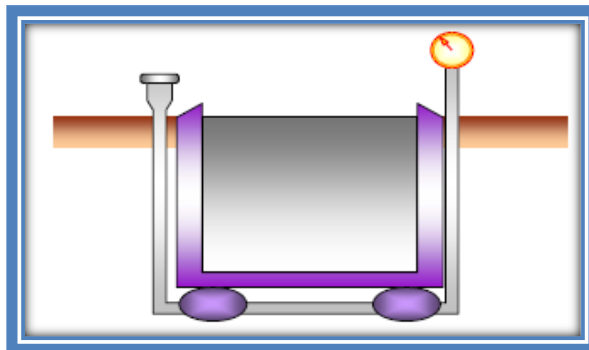


FIGURA II.3.4.3: INSTALACIONES DE LISIMETRICO DE PESADA.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

d) LISÍMETROS SUBTERRÁNEOS

El fin de los lisímetros subterráneos es proporcionar datos sobre la infiltración en profundidad, hasta el acuífero, ya que los lisímetros de superficie sólo dan mediciones entre 1 y 3 m. Sin embargo, los resultados son despreciables, ya que en todos los casos, la cantidad de agua recogida es muy pequeña y no permite mediciones válidas de la infiltración.

II.3.5-ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL O ESCORRENTÍA.

La lluvia es el factor primario que determina las corrientes de agua. El escurrimiento va siempre en retraso con relación a la lluvia que lo produce, dependiendo de las características del área drenable. Gran parte de la lluvia que



cae durante la primera parte de una tormenta se almacena en la cobertura vegetal como intercepción, y en las irregularidades del terreno, como almacenaje de depresión. A medida que continúa la lluvia, la superficie del suelo se cubre con una película de agua conocida como retención superficial y comienza el flujo hacia algún canal.

En ruta hacia el canal, el agua se designa como flujo sobre el suelo, y una vez que entra en el canal se convierte en escurrimiento superficial. La parte de la lluvia que no aparece como infiltración o como escurrimiento superficial, durante o inmediatamente después de la tormenta, es la retención superficial. La retención superficial incluye: la intercepción, el almacenaje de depresión y la evaporación durante la tormenta, pero no incluye aquella agua que es almacenada temporalmente en camino a los ríos.

II.3.5.1-CICLO DEL ESCURRIMIENTO:

El ciclo del escurrimiento es el término descriptivo aplicado a aquella porción del ciclo hidrológico comprendido entre la precipitación incidente sobre el suelo y su descarga subsiguiente en los océanos a través de los canales de las corrientes, o su retorno a la atmósfera a través de la evapotranspiración.

El agua de las precipitaciones llega a las corrientes por cuatro caminos diferentes:

1. La precipitación directa sobre las superficies de agua libre.
2. El escurrimiento superficial.
3. El escurrimiento intermedio y.
4. Escurrimiento subterráneo.



1. PRECIPITACIÓN DIRECTA SOBRE LAS SUPERFICIES DE AGUA LIBRE:

La caída del agua de lluvia directamente sobre las superficies de agua libre desempeña un papel poco importante, y sus aportes se confunden con los del escurrimiento superficial.

2. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL:

El escurrimiento superficial es el flujo por gravedad, sobre el suelo, de las aguas meteorológicas que han escapado a la infiltración y la evapotranspiración.

Este escurrimiento es afectado por las características de las precipitaciones y del suelo. Debe tenerse en cuenta la altura de precipitación, la intensidad, la duración y la distribución de la lluvia. En relación al suelo es importante la topografía del mismo, su naturaleza litológica, la cobertura vegetal, el contenido de humedad y su capacidad de retención. La época del año también juega un papel importante ya que influye en la vegetación y en la cantidad de evapotranspiración.

El escurrimiento siempre lleva un retraso entre el instante en que caen las primeras gotas de lluvia y aquel en que el efecto de la pluviosidad se hace sentir en el cauce. Este retraso se debe a dos razones importantes:

Al comienzo del aguacero las primeras cantidades de agua son necesarias para saturar el suelo. Una vez satisfecho el déficit de agua del suelo, se forma una delgada película de agua en la superficie del mismo, que circula por gravedad; este movimiento es más o menos frenado por la vegetación y las irregularidades del suelo. El agua experimenta un retardo en su flujo por la red hidrográfica. Resulta entonces que en el cauce el caudal crece con las sucesivas llegadas del escurrimiento procedente de los diversos sectores de la cuenca.

La corriente es alimentada únicamente por los aportes del gasto intermedio y del flujo del agua subterránea. Si el período de sequía se prolonga el caudal



continúa alimentado solamente por los aportes del flujo de agua subterránea. En el momento cuando la crecida es máxima el escurrimiento superficial es el principal componente del caudal.

3. ESCURRIMIENTO INTERMEDIO:

Es la fracción de las aguas infiltradas que fluye lateralmente por las capas superficiales del suelo; su importancia varía según la naturaleza geológica del suelo y la topografía. Puede alcanzar el 80% del caudal total en vertientes de pendiente suave, o en zonas forestales con una espesa capa de humus.

4. ESCURRIMIENTO SUBTERRÁNEO:

El caudal de agua subterránea, el cual afecta los acuíferos, desempeña un papel regulador. Si bien es cierto que al momento de la crecida sus aportes representan solamente una pequeña fracción de los caudales, van haciéndose predominantes al final de ésta y, en particular, en la época de sequía son los únicos que alimentan el escurrimiento.

En el ciclo del escurrimiento se pueden distinguir cuatro fases determinadas por la cantidad de las precipitaciones, las cuales son:

a) PRIMERA FASE O PERÍODO SIN PRECIPITACIÓN:

Después de un período sin precipitación, la transpiración (T) de la vegetación y la evaporación (E) de las distintas superficies evaporantes (suelo, superficies de agua libre, etc.) obligan a un agotamiento de las aguas subterráneas. Las capas superficiales pierden su humedad, las aguas subterráneas fluyen hacia los cursos de agua que la drenan y el nivel de las aguas subterráneas desciende.

b) SEGUNDA FASE O PERÍODO DONDE COMIENZA LA PRECIPITACIÓN:

Al comenzar el aguacero disminuye la evapotranspiración y parte de la lluvia (P) es interceptada por la vegetación y las superficies de agua libre S, los cursos de agua (C) y el suelo. En este último, una fracción importante del agua de lluvia se infiltra inmediatamente por las capas superficiales donde repone la reserva de



humedad; el sobrante fluye al aire libre formando el escurrimiento superficial (R) que alimenta en pequeño grado a los cursos de agua. Durante esta fase continua el flujo del agua subterránea hacia los cursos de agua.

c) TERCERA FASE O PERÍODO DONDE ES EL PUNTO MÁXIMO DE LA PRECIPITACIÓN:

Después de un cierto tiempo desde el comienzo del aguacero, la intercepción del agua por la vegetación disminuye al mínimo y casi la totalidad de la precipitación alcanza el suelo; las depresiones del terreno se llenan totalmente y evacuan su sobrante; las capas superficiales del suelo se saturan; una parte de las aguas meteóricas se infiltra (I), alimentando por un lado el flujo intermedio (e), y por otro a los acuíferos, causando un ascenso del nivel del agua subterránea. El sobrante de la lluvia, más importante ahora debido a la saturación de las capas superficiales, contribuye ampliamente al escurrimiento superficial que alcanza su máximo.

d) SEGUNDA FASE O PERÍODO DONDE COMIENZA LA PRECIPITACIÓN.

Al comenzar el aguacero disminuye la evapotranspiración y parte de la lluvia (P) es interceptada por la vegetación y las superficies de agua libre S, los cursos de agua (C) y el suelo. En este último, una fracción importante del agua de lluvia se infiltra inmediatamente por las capas superficiales donde repone la reserva de humedad; el sobrante fluye al aire libre formando el escurrimiento superficial (R) que alimenta en pequeño grado a los cursos de agua. Durante esta fase continua el flujo del agua subterránea hacia los cursos de agua.

e) TERCERA FASE O PERÍODO DONDE ES EL PUNTO MÁXIMO DE LA PRECIPITACIÓN.



Después de un cierto tiempo desde el comienzo del aguacero, la intercepción del agua por la vegetación disminuye al mínimo y casi la totalidad de la precipitación alcanza el suelo; las depresiones del terreno se llenan totalmente y evacuan su sobrante; las capas superficiales del suelo se saturan; una parte de las aguas meteóricas se infiltra (I), alimentando por un lado el flujo intermedio (e), y por otro a los acuíferos, causando un ascenso del nivel del agua subterránea. El sobrante de la lluvia, más importante ahora debido a la saturación de las capas superficiales, contribuye ampliamente al escurrimiento superficial que alcanza su máximo.

El caudal de agua subterránea aumenta ligeramente. El escurrimiento resultante de la suma del escurrimiento superficial, del caudal intermedio y del caudal del agua subterránea alcanza su valor máximo y los cursos de agua crecen. El flujo en las capas del subsuelo en el área de influencia de la red hidrográfica puede invertirse y los acuíferos son alimentados localmente por los ríos.

f) CUARTA FASE O PERÍODO DESPUÉS DE LA PRECIPITACIÓN.

En esta fase el escurrimiento disminuye rápidamente; el suelo y el subsuelo se encuentran saturados y la infiltración local a partir de las depresiones del suelo continua, alimentando así los caudales intermedios y el agua subterránea, ayudada por el excedente de humedad del suelo. La evapotranspiración aumenta; los ríos alimentados únicamente por los flujos intermedios y de agua subterránea decrecen y el escurrimiento de las aguas subterráneas recupera rápidamente su dirección habitual hacia los ríos y otros cursos de agua.

II.3.5.2-MEDICIÓN 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.

La escorrentía superficial varía con el tiempo de duración de la lluvia, dependiendo de su intensidad y del tipo de precipitación.

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)
- b) Aforos químicos

a) AFORO POR MEDIDA DE VELOCIDADES (MOLINETES):

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

$$Q = AV \quad \text{Ecuación (II.3.5.1)}$$

Donde:

Q: Caudal de agua, expresada en m³/s.

A: Área de la sección transversal del río o quebrada, expresada en m².

V: Velocidad del flujo, expresada en m/s.



FIGURA II.3.5.1: MOLINETE POR SUSPENSIÓN DESDE UN PUENTE.

FUENTE: www.dnh.gub.uy/dnh/_RHestaciones.htm

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.



Las medidas realizadas por este método son económicamente viables, pero su principal problema es la existencia de errores por cambio en las condiciones de la sección.

b) **LIMNÍGRAFOS.**

Miden el nivel guardando un registro grafico o digital del mismo a lo largo del tiempo (Figura II.3.5.2).



FIGURA II.3.5.2: INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO MECÁNICO SOBRE UN PUENTE.

FUENTE: www.dnh.gub.uy/dnh/_RHestaciones.htm

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.

II.3.6-INFILTRACIÓN

La infiltración es el proceso por el cual el agua superficial se introduce en las capas internas del suelo debido básicamente a las fuerzas gravitatorias, aunque



también intervienen fuerzas de tipo capilar así como otras de naturaleza más compleja como química, entre otros. Debe distinguirse de la percolación, que es el movimiento del agua dentro del suelo. Sin embargo los dos fenómenos están íntimamente relacionados ya que la infiltración no puede ocurrir en forma continua a menos que la percolación provea suficiente espacio en la capa superficial del suelo para el agua infiltrada.

Para que se produzca una infiltración importante es necesario que la lluvia actúe durante cierto tiempo, que los procesos de evapotranspiración sean mínimos y que el suelo este seco.

La infiltración se produce cuando el agua llega a la superficie formándose una lámina de agua de cierta altura, a partir de este momento produce una saturación y el agua empieza a filtrarse a través de los poros y grietas de las rocas por el efecto de la gravedad y de la capilaridad (Figura II.3.5.3).

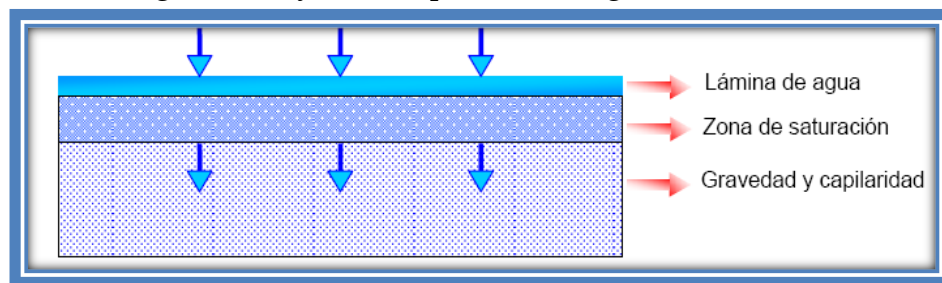


FIGURA II.3.5.3. ESTADO INICIAL DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN EL SUELO.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

El agua infiltrada puede llegar a los acuíferos, ríos, lagos o al mar, o bien puede quedar retenida en el suelo y volver a la atmósfera por fenómenos de evaporación y/o transpiración.

La infiltración depende de:

a) Las características del suelo, permeabilidad y estado de humedad del mismo.



- b) Las características de la cubierta vegetal.
- c) La intensidad y duración de la lluvia.
- d) El estado de la superficie del suelo, agricultura, etc.
- e) Las características del agua, temperatura, impurezas.

II.3.6.1-MEDICIÓN DE LA INFILTRACIÓN:

La medición de la infiltración se hace comúnmente utilizando infiltrómetros los cuales pueden ser de flujo o circulares.

Infiltrómetros de flujo Evalúan la infiltración calculando la cantidad de agua que se infiltra en el terreno cuando sobre él existe una altura de agua fija y conocida.

Los Infiltrómetros de flujo se clasifican en:



Infiltrómetro de anillo.



Infiltrómetro de doble anillo.

INFILTRÓMETRO DE ANILLO:

Es un anillo metálico de aproximadamente 2 pies de diámetro, que se entierra en el suelo; el agua se coloca dentro del anillo y sus niveles se registran a intervalos regulares de tiempo a medida que se infiltra.



FIGURA II.3.5.4. INFILTROMETRO DE ANILLO.

FUENTE: www.monografias.com/trabajos37/infiltracion-e...

INFILTRÓMETRO DE DOBLE ANILLO:

Está constituido por dos cilindros concéntricos que se insertan en el terreno, la profundidad normal es de 5 cm. En el cilindro interior se coloca agua y se registran sus niveles, evaluando la infiltración en una hora.

En el cilindro exterior, el agua se mantiene a un nivel constante, de tal manera que la infiltración del anillo interno vaya verticalmente hacia abajo en el suelo.

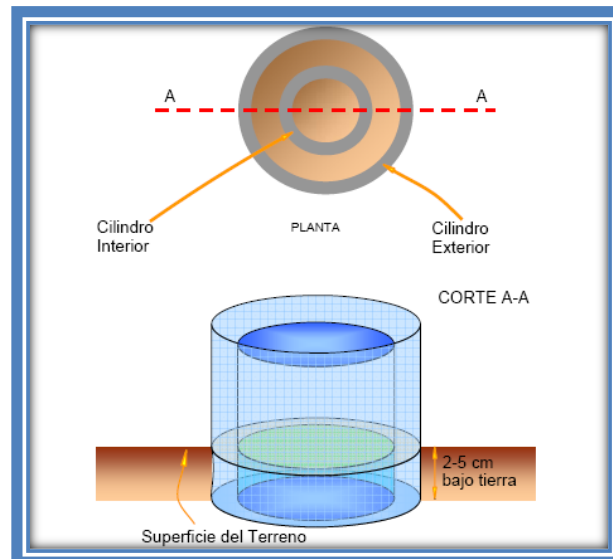


FIGURA II.3.5.5. INFILTROMETRO DE DOBLE ANILLO.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i



INFILTRÓMETROS CIRCULARES:

Consiste en un tubo de metal de aproximadamente 30 cm de diámetro y 60 cm de longitud. El tubo de metal es introducido o clavado en el suelo dejando 10 cm por encima del terreno (Figura II.3.5.6). El agua es depositada dentro de este anillo a una profundidad de 25 cm dependiendo del tipo de vegetación presente en la superficie del suelo. El nivel del agua es mantenido añadiendo volúmenes de agua.

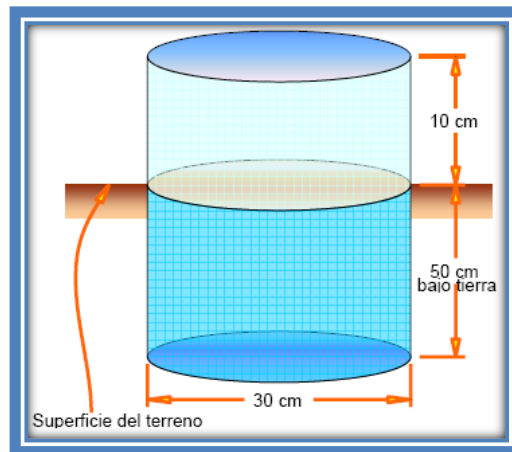


FIGURA II.3.5.6. INFILTROMETRO CIRCULAR.

FUENTE: Tesis UES





Clasificación: 1501 C668i

El volumen añadido es medido a intervalos de tiempo. Así se calcula la proporción de infiltración para cierto intervalo de tiempo. Estos experimentos suelen durar de 2 a 3 horas hasta que se obtiene un porcentaje uniforme de infiltración.

Los infiltrómetros no son representativos de un área extensa y solo pueden utilizarse para estudios locales en los puntos de colocación de los aparatos.

Entre las desventajas de los infiltrómetros se pueden mencionar:



-  Al colocarlos la estructura del suelo puede cambiar considerablemente.
-  El recorrido de agua infiltrada en un infiltrómetro es diferente del que realiza el agua en un área considerable.
-  La falta de homogeneidad del suelo hace que los resultados del infiltrómetro no puedan ser muy reales respecto a las condiciones de un área más extensa.
-  Para la correcta simulación del proceso deben utilizarse simuladores de lluvia, los cuales son onerosos.

II.3.7-CUENCA HIDROGRÁFICA.

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.

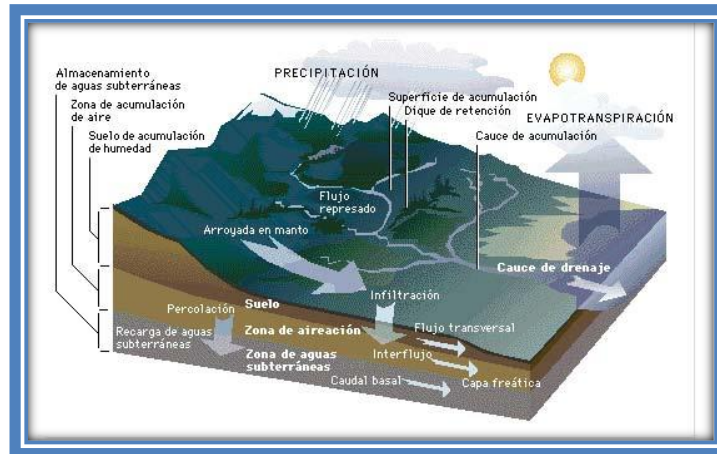


FIGURA II.3.7.1: CUENCA

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C548e

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuenca: Endorreicas y Exorreicas.

Las cuencas Endorreicas son aquellas en el que el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago (Figura II.3.7.2).

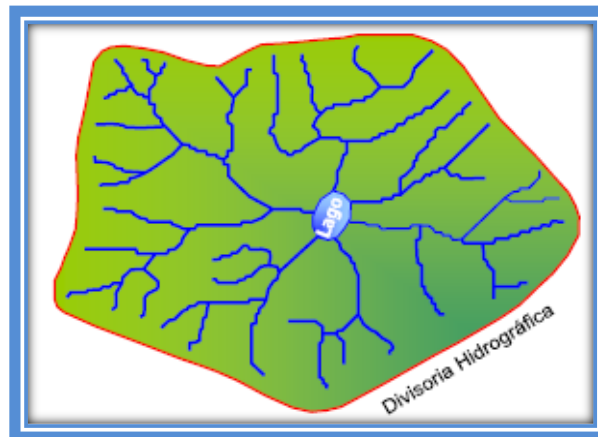


FIGURA II.3.7.2: CUENCA ENDORREICA.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

Las cuencas Exorreicas tienen su punto de salida en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar (Figura II.3.7.3).

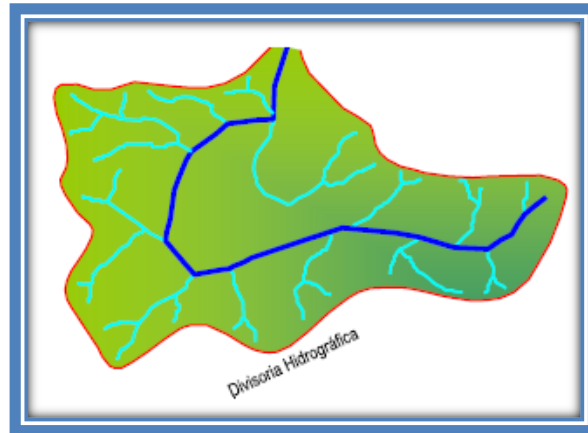


FIGURA II.3.7.3: CUENCA EXORREICA.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

II.3.7.1-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 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 II.3.7.1).

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 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.

II.3.7.2-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 II.3.7.4.). El más común es el llamado *dendrítico*, que suele desarrollarse allí donde toda 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.

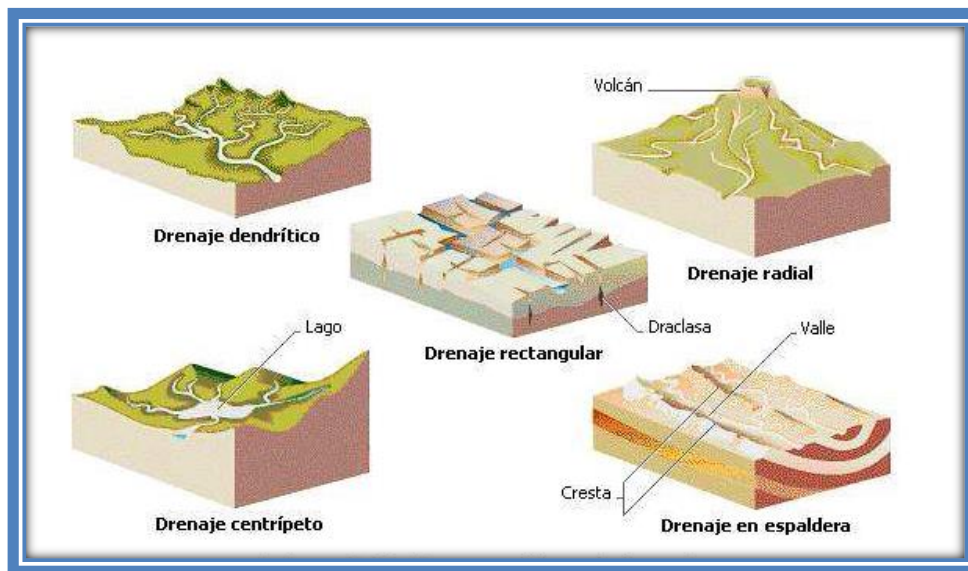


FIGURA II.3.7.4: MODELOS DE DRENAJE.

FUENTE: es.encyarta.msn.com/.../Modelos_de_drenaje.html

II.3.7.3-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.

II.3.7.4-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.



II.3.7.4-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:

- | | |
|---------------------------|--|
| 1) Divisoria hidrográfica | 2) Área de la cuenca |
| 3) Perímetro de la cuenca | 4) Corriente principal (cauce principal) |
| 5) Orden de corrientes | 6) Drenaje de la cuenca |
| 7) Pendiente media | 8) Elevación media |
| 9) Forma de la cuenca | |

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 así mismo, se traza la red de drenaje principal.

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.
-  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.

ÁREA DE LA CUENCA.

Se define como la superficie en proyección horizontal delimitada por la Divisoria Hidrográfica, se expresa en Km².

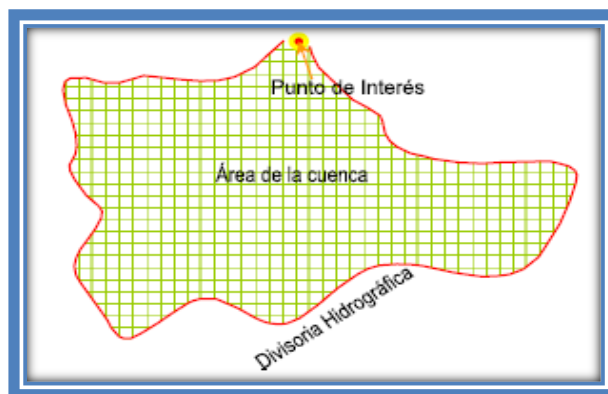


FIGURA II.3.7.5: ÁREA DE LA CUENCA

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

PERÍMETRO DE LA CUENCA.

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

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.

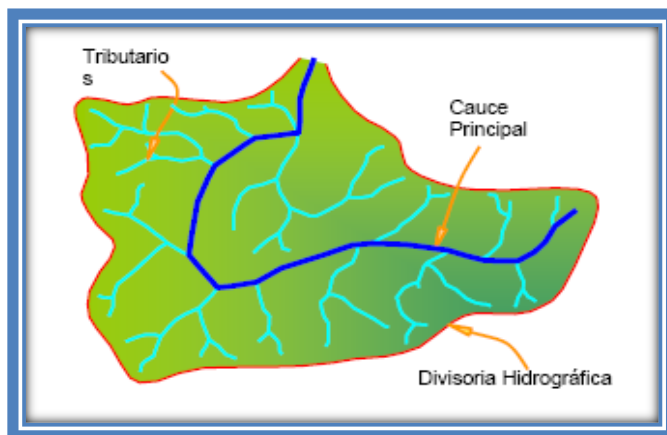


FIGURA II.3.7.6: PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA CUENCA.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

CAUCE MÁS LARGO.

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

ORDEN DE CORRIENTES:

Refleja el grado de bifurcación o ramificación dentro de una cuenca, tal como se muestra en la Figura II.3.7.6. 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; así, por ejemplo, el orden de la cuenca de la Figura II.3.7.7 es 4.

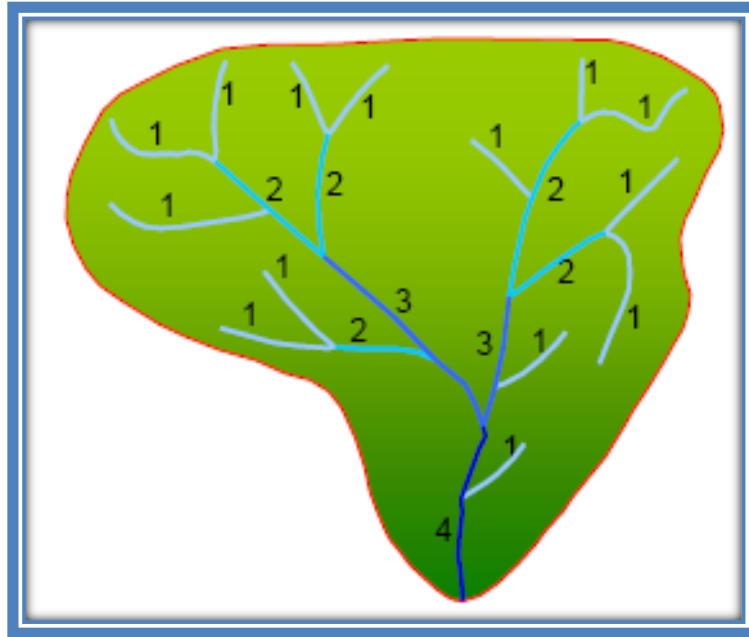


FIGURA II.3.7.7: CLASIFICACIÓN DE LAS CORRIENTES POR SU ORDEN.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

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:



DENSIDAD DE CORRIENTE (DS):

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

$$Ds = \frac{Ns}{A} \quad \text{Ecuación (II.3.7.1)}$$

Donde:

Ns: Es el número de corrientes perennes e intermitentes

A: Área de la cuenca (km²)



DENSIDAD DE DRENAJE (DD):

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

$$Dd = \frac{Ls}{A} \quad \text{Ecuación (II.3.7.2)}$$

Donde:

Ls: Longitud total de las corrientes (km)

A: Área de la cuenca (km²)



EXTENSIÓN MEDIA DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL (ES):

Se define como la distancia media en que el agua de 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:

$$Es = \frac{A}{4L} \quad \text{Ecuación (II.3.7.3)}$$

Donde:

A: Superficie de la cuenca (Km²)



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



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 está pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media; para ello existen varios métodos, de los cuales se mencionan tres:

LA PENDIENTE MEDIA:

Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo (Figura II.3.6.8), donde puede expresarse el desnivel = H máx – H mín.

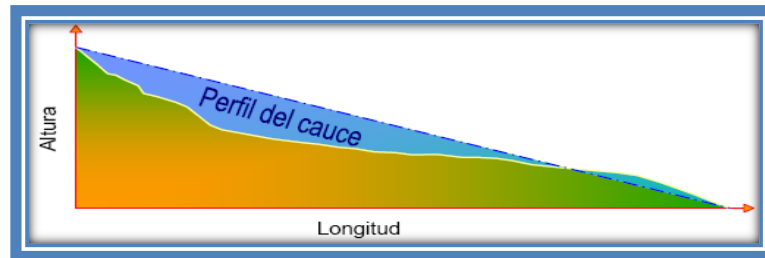


FIGURA II.3.7.8: PENDIENTE MEDIA.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

La ecuación puede escribirse como:

$$S_m = \frac{H_{\max.} - H_{\min.}}{L} \quad \text{Ecuación (II.3.7.4)}$$

LA PENDIENTE COMPENSADA O EQUIVALENTE:

Consiste en una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas abajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cauce y arriba y abajo de dicha línea (Figura II.3.6.9).

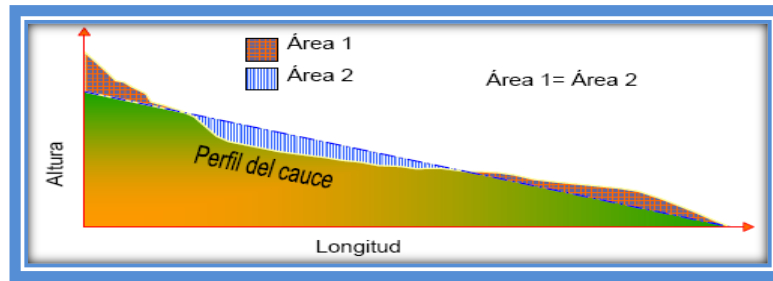


FIGURA II.3.7.9: PENDIENTE COMPENSADA, PONDERADA O EQUIVALENTE.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

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 (Figura II.3.6.10).

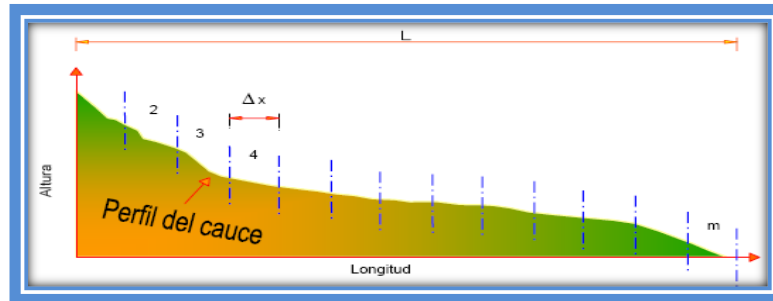


FIGURA II.3.7.10: PENDIENTE DE TAYLOR Y SCHWARZ.

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

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:

$$S = \left[\frac{m}{\frac{1}{\sqrt{s_1}} + \frac{1}{\sqrt{s_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{s_m}}} \right]^2 \quad \text{Ecuación (II.3.7.5)}$$

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:

$$S = \left[\frac{m}{\frac{\Delta X_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{\Delta X_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{\Delta X_M}{\sqrt{S_m}}} \right]^2 \quad \text{Ecuación (II.3.7.6)}$$

Donde:

L: Longitud total del cauce (kms).

ΔX_i : Longitud del tramo i (kms).

Si: Pendiente del tramo i.

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:

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.



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:

$$E_m = \frac{\sum_{i=0}^n a_i e_i}{A_t} \quad \text{Ecuación (II.3.7.7)}$$

Donde:

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

ai: Área entre dos curvas de nivel sucesivas (Km²)

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

At: Área total de la cuenca (Km²)

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 II.3.7.11).

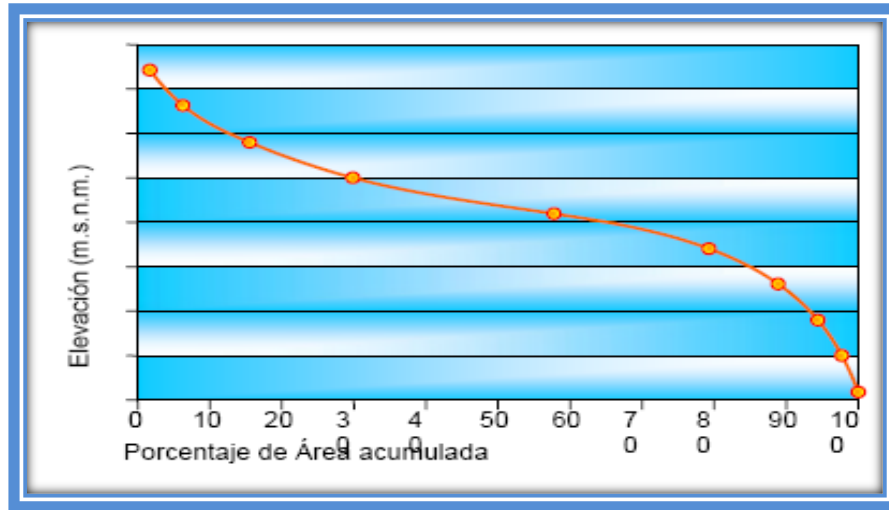


FIGURA II.3.7.11: CURVA HIPSOMÉTRICA

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

La curva hipsométrica (Figura II.3.7.11) relaciona el valor de la elevación, en las ordenadas, con el porcentaje del área acumulada, en las abscisas. Para su construcción se grafican, con excepción de los valores máximos y mínimos de elevación hallados, los valores menores de elevación de cada intervalo contra su correspondiente área acumulada. Al valor de la elevación mayor encontrada corresponde el cero por ciento del porcentaje de área acumulada. Al valor de la elevación mínima encontrada corresponde el cien por ciento del porcentaje de área acumulada. La curva hipsométrica representa, entonces, el porcentaje de área acumulada igualado o excedido para una cota determinada.

La elevación media se obtiene de la grafica trazando una perpendicular en el eje de las áreas acumuladas en el punto 50% hasta su intersección con la curva, el valor de la elevación en esa intersección será la elevación media (Figura II.3.7.12).

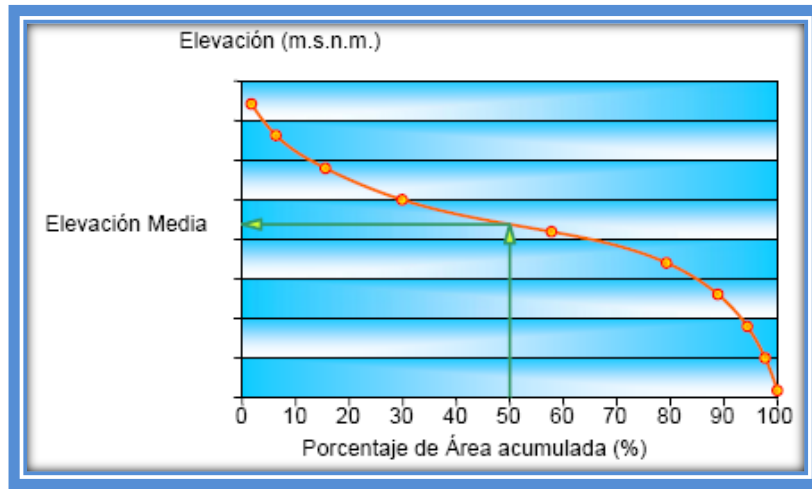


FIGURA II.3.7.12: CÁLCULO DE LA ELEVACIÓN MEDIA DE UNA CUENCA

FUENTE: Tesis UES

Clasificación: 1501 C668i

II.3.7.5-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:

$$K_C = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \approx 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Ecuación (II.3.7.8)}$$

Donde:



KC: Índice de Gravelius (adimensional).

P: perímetro de la cuenca en Km.

A: superficie de la cuenca en Km².

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

II.3.8-TIPOS DE RÍOS.

Los Ríos se clasifican según:

SEGÚN PERÍODO DE ACTIVIDAD:



Perennes: Estos ríos están formados por cursos de agua localizados en regiones de lluvias abundantes con escasas fluctuaciones a lo largo del año. Sin embargo, incluso en las áreas donde llueve muy poco pueden existir ríos con caudal permanente si existe una alimentación freática (es decir, de aguas subterráneas) suficiente. La mayoría de los ríos pueden experimentar cambios estacionales y diarios en su caudal, debido a las fluctuaciones de las características de la cobertura vegetal, de las precipitaciones y de otras variaciones del tiempo atmosférico como la nubosidad, insolación, evaporación o más bien, evapotranspiración, etc.



Estacionales: Estos ríos son de zonas con clima tipo mediterráneo, en donde hay estaciones muy diferenciadas, con inviernos húmedos y veranos secos o viceversa. Suelen darse más en zonas de montaña que en las zonas de llanura.



Transitorios: Son los ríos de zonas con clima desértico o seco, de caudal esporádico, en los cuales se puede estar sin precipitaciones durante años. Esto es debido a la poca frecuencia de las tormentas en zonas de clima de desierto. Pero cuando existen descargas de tormenta, que muchas veces son torrenciales, los ríos surgen rápidamente y a gran velocidad.



Alóctonos: Son ríos, generalmente de zonas áridas, cuyas aguas proceden de otras regiones más lluviosas. El Nilo en Egipto siempre se ha tomado como ejemplo de este tipo de ríos.

SEGÚN GEOMORFOLOGÍA:

Según la geometría en planta que adopta la corriente, se pueden clasificar los ríos en tres tipos básicos: rectilíneo, meándrico, y anastomosado (braided en inglés).

Rectilíneo: Estas corrientes se caracterizan por una sinuosidad baja (menor a 1.5) y multiplicidad 1, es decir, un único canal. Son muy inestables, tendiendo a evolucionar a otros tipos de río. Tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva.

Anastomosado: Estas corrientes presentan canales múltiples. Tienen gran capacidad de transporte y sedimentación. Tienen menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve y a los sedimentos en el fondo del cauce, siendo la deposición en el fondo de sedimentos de granulometría heterogénea durante la época de aguas bajas, la principal responsable de la división del cauce en los canales anastomosados, es decir, divididos dentro del propio cauce, como se puede ver en la imagen. A medida que se van estabilizando las islas de sedimentos,



puede llegar a desarrollarse en ellas una vegetación pionera primero y más estable después, aprovechando la dotación de agua que proporciona el propio río.

Meándrico: Este tipo de río tiene sinuosidad alta (mayor a 1.5) y canal único. Su característica principal es la unidad geométrica llamada meandro, curva completa sobre el canal, compuesto por dos arcos sucesivos. En contraste con los dos tipos anteriores, las corrientes fluviales meandriformes combinan un carácter erosivo (generalmente, en la parte cóncava de la curva o meandro) y sedimentario (en la orilla convexa). Estas diferencias se deben, como es obvio, a la distinta velocidad de las aguas en las dos orillas.

II.3.9-CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL.

Diversas actividades humanas producen degradación de la calidad en las aguas naturales, por ejemplo, las actividades agrícolas aportan al ambiente sustancias productos de la fertilización agrícola y residuos fitosanitarios provenientes de los plaguicidas; aguas de desecho de establecimientos ganaderos o agroindustriales, vertidos de origen humano como aguas residuales domésticas también, alteraciones por causas naturales como derrumbes, erosión, infiltraciones de agua subterránea, deslizamientos, entre otros.

La importancia de conservar los recursos hídricos superficiales, es estratégica para el desarrollo de un país, por lo cual es una tarea impostergable el manejo sustentable de los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos en países como El Salvador, dónde se necesita comprender la magnitud e importancia del estado de degradación ambiental para emprender acciones para su recuperación.



El problema de la contaminación ha alcanzado un nivel crítico en El Salvador, lo que compromete las posibilidades de desarrollo para el país por sus efectos en la disponibilidad de agua y en la salud humana: primero el deterioro mismo del recurso limita sus usos posibles, segundo el impacto negativo que se genera en la salud de los pobladores de las zonas, en especial de los sectores más pobres del país y tercero el impacto negativo que se genera al alimentar a la población del país con productos contaminados.

II.3.9.1-IMPACTO DE LOS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES.

El origen de la contaminación puede ser puntual o no puntual. Los primeros se refieren a la descarga directa de vertidos industriales y/o domésticos a los ríos, mientras que la contaminación no puntual se origina por fuentes dispersas a lo largo del cauce del río, tales como la erosión, fertilizantes movilizados por la lluvia, entre otros.

Por su parte, los ríos 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 curso del agua de modo natural y que provocan la destrucción de materias extrañas incorporadas a un río. Los compuestos que son posibles de ser degradados por los ríos 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.

La capacidad de auto-regeneración de un río depende del caudal del mismo, el cual permitirá diluir el vertido y facilitar su posterior degradación; la turbulencia del agua, que aportará oxígeno diluido al medio; y la naturaleza y volumen del



vertido. En este sentido, la presencia en el agua de altas concentraciones de contaminantes, tanto biodegradable como elementos no biodegradables, anula el proceso de auto-depuración, se rompe el equilibrio y queda una zona contaminada que resultará difícil recuperar si no es de forma lenta y/o artificial, limitando todos los usos posteriores del agua, o causando efectos negativos al ser usada.

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 e incorporándose a las plantas y a las cadenas tróficas produciendo a mediano y largo plazo enfermedades en la población.

II.3.9.2-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 una de las primeras diez causas de muerte en el país. Las bacterias más frecuentes en las aguas contaminadas son las Coliformes fecales que se encuentran en las heces humanas. La escorrentía superficial y, por consecuente, la contaminación por fuentes no localizadas contribuye de forma significativa al alto nivel de agentes patógenos en las masas de agua superficiales, lo cual, aunado a los deficientes servicios rurales de higiene contribuyen a aumentar el riesgo para los pobladores.

Por otro lado es importante tomar en cuenta que la presencia de otros compuestos como metales pesados, compuestos orgánicos persistentes como los



plaguicidas genera enfermedades a mediano y largo plazo y puede comprometer la herencia genética de las futuras generaciones del país.

II.3.10-CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

II.3.10.1-CONTENIDO DE LAS AGUAS:

Los cuerpos de agua son de naturaleza mineral y orgánica. Su composición hace que ésta sea un compuesto altamente estable, de alto poder disolvente en el cual ocurren muchas reacciones dentro de las que podemos mencionar las de oxidación y reducción. Además en ella ocurre la ionización de los cuerpos incorporados a su seno. Debido a esto las aguas no se encuentran químicamente puras, todos los cuerpos contenidos en su seno transmiten propiedades diversas.

El vapor de agua es la especie más cercana a la clásica forma de H₂O. Pero, al condensarse en lluvia y antes de caer sobre la faz de la tierra, empieza a ejercer sus diversas actividades. De la atmósfera misma toma aire, bióxido de carbono, nitrógeno, azufre, cloro, polvo, bacterias. Son las gotas de lluvia formadas por el vapor condensado las que a menudo requieren una partícula de polvo como núcleo.

En lechos de rocas las aguas se conservan cristalinas pero al correr sobre el suelo erosiona la superficie, volviéndose más o menos clara, según los lugares por donde pasa, terrenos labrados enturbian las aguas y presentan un exceso de materiales en suspensión por lo que sus caracteres físicos comienzan a transformarse.

En su movimiento sobre la superficie se intensifican dos procesos mecánicos: en mayor escala ocurre la trituración de los cuerpos en suspensión y menos



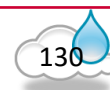
activamente se produce el depósito en el fondo de la corriente. Estos dos procesos obran favorablemente a la depuración del agua. Las aguas del curso final de los ríos suelen aumentar su contenido salino, volviéndose de mal sabor, de consistencia gruesa y fuerte turbiedad, pero en general las aguas de los ríos están sujetas a frecuentes poluciones y contaminaciones y no son apropiadas para abastecimientos, sin antes purificarlas ya que sus procesos de sedimentación no son tan intensos.

Del agua que cae sobre la superficie, parte se infiltra y a medida descende a los mantos más profundos en ella ocurre mayor clarificación. Junto con el contenido mineral, las aguas llevan cierto acervo orgánico. Fuera de las poblaciones y de los centros agrícolas y ganaderos, el contenido orgánico es principalmente de naturaleza vegetal y rápidamente tiende a transformarse en mineral de tal manera que a medida que el agua va de la superficie a los mantos subterráneos las materias vegetales se encuentran en mayor proporción.

Correlativamente al contenido orgánico se presentan especies vivientes de diversa categoría que influyen notablemente en el carácter salubre de las aguas.

Puesto que el contenido de las aguas determina sus atributos, es preciso conocer detalladamente los cuerpos que lo forman, en qué cantidad, con qué frecuencia se presentan, qué caracteres transmiten y los posibles daños a la salud que su utilización en condiciones inadecuadas conlleva. De esta manera nos referimos a sus características físicas, químicas y sanitarias.

Si se determinan sólo aspectos que no requieran alteraciones de tipo químico en el agua, como el color y la temperatura se dice que el análisis es físico, el cual señala aspectos que sugieren la clase y cantidad de la materia contenida. En estos aspectos cabe hacer una división: aspectos propiamente físicos que pueden medirse con cierta precisión como:





 Turbidez

 Color

 Temperatura

Y otros que se miden por la sensación que produce en los órganos sensoriales del analizador llamados organolépticos:

 Sabor

 Olor

El anterior análisis es sólo sugestivo en cuanto se trata de la naturaleza química del contenido de las aguas. Las operaciones efectuadas para determinar este carácter constituye el análisis químico.

Por los análisis químicos se determinan los caracteres de:

 Alcalinidad

 Dureza

 Acidez


 Salinidad

 Concentración de Oxígeno

 Presencia de metales

 Putrefacción y Oxidación (DBO)

Debido a que el agua deberá reunir ciertos requisitos para su consumo o uso, las cualidades siguientes constituyen su análisis sanitario:

 Materias de origen orgánico.

 Microorganismos vivientes.



II.3.10.2-PARAMETROS PARA LA DESCRIPCION DE CALIDAD DEL AGUA.

El agua que se encuentra en la naturaleza contiene determinadas sustancias que ha ido adquiriendo a lo largo del recorrido de su ciclo. Según Meybeck (1990): “En ausencia total de influencia humana, la calidad natural de un agua es el resultado de una suma de procesos geológicos, biológicos e hidrológicos universales. Las fuentes principales de materias disueltas, transportadas por los ríos, son la alteración de rocas superficiales, el lavado de los suelos orgánicos y las aportaciones atmosféricas de origen volcánico, oceánico y terrestre”.

Pero, además de las sustancias de origen natural, existen otras que tienen su origen en productos de desecho, a consecuencia de la actividad humana de forma directa (por ejemplo, la utilización del agua para eliminar sustancias molestas) o indirecta (como el lavado de un suelo con alto contenido en fertilizantes).

PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA:

A continuación se describe las características, valores que presentan las aguas no contaminadas y los efectos que tienen las variaciones de estos parámetros en las aguas de los ríos.

- Cambio de la Temperatura:

Los cuerpos de agua presentan variaciones de temperatura a lo largo de su recorrido, estas son situaciones normales debidas a las fluctuaciones del clima. Estas variaciones ocurren con el cambio de clima e incluso pueden variar en periodos de 24 horas.

La temperatura de las aguas superficiales está influenciada por la latitud, altitud, variaciones climáticas, hora del día, circulación del aire, nubosidad,



profundidad del cuerpo de agua y también de la concentración de muchas variables. Cuando la temperatura del agua incrementa la tasa de las reacciones químicas, incrementa conjuntamente con la evaporación y la volatilización de sustancias. El incremento de la temperatura disminuye la solubilidad de los gases en el agua, como O₂, CO₂, N₂, CH₄ y otros. La tasa metabólica de los organismos acuáticos también está relacionada con la temperatura en aguas cálidas; el consumo por respiración incrementa el consumo de oxígeno e incrementa la descomposición de la materia orgánica. También se incrementan los valores de crecimiento de las bacterias y del fitoplancton lo cual produce un incremento en la turbidez del agua y el crecimiento masivo de algas debido a las condiciones de suministro de nutrientes. La temperatura de las aguas superficiales se encuentra en el intervalo comprendido entre 0°C Y 30°C. Las fluctuaciones de temperatura con las épocas del año pueden variar dependiendo de condiciones de verano o invierno, estas variaciones son más sensibles en aguas superficiales poco profundas. Pueden encontrarse temperaturas anormalmente altas debido a descargas térmicas procedentes principalmente de termoeléctricas, pero también de fundiciones y plantas de tratamiento.

La temperatura puede ser medida in situ, usando un termómetro o un termistor, algunos equipos están diseñados para medir oxígeno o conductividad y también pueden medir la temperatura. Como la temperatura tiene influencia sobre otras variables acuáticas y también de procesos, es importante incluirla dentro del régimen de muestreo y debe registrarse al tiempo que se toman las muestras de agua.

- Color:

El color y la turbidez del agua determinan la profundidad a la cual la luz es transmitida, además controla la cantidad de productividad primaria que es posible



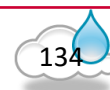
al controlar la tasa de fotosíntesis de las algas presentes. El color visible del agua, es el resultado de diferentes longitudes de onda no absorbidas por el agua y que tienen que ver con las sustancias particuladas presentes. Es posible hacer medidas tanto del color aparente como del verdadero, el color verdadero se debe a la presencia de sustancias minerales naturales tales como minerales de hierro y sustancias orgánicas como el ácido húmico. El verdadero color sólo puede ser medido en muestras después de la filtración o centrifugación. El color aparente es causado por partículas coloreadas y la refracción y reflexión de la luz sobre las partículas suspendidas. Las aguas contaminadas pueden tener un color aparente intenso.

Diferentes especies de fito y zooplancton pueden producir un color aparente, un color oscuro o azul verdoso puede ser causado por algas verde-azules, un color amarillo pardo, por las diatomeas o dinoflagelados, y los rojos y púrpura debido a la presencia de zooplancton tal como *Daphnia* sp.³ o copépodos.

El color puede ser medido por la comparación de muestras de agua con una serie de diluciones de una solución de cloroplatinato de potasio y cloruro cobaltoso. Las unidades se denominan platino cobalto basadas sobre una concentración de 1 mg/L Pt, las aguas naturales poseen valores menores de 5 hasta un valor de 300 unidades en donde ocurren aguas oscuras.

Otra medida es la absorbancia total debida al color (TAC); esta medición integra la absorbancia de una muestra filtrada (pH 7.6) el cual se lee a 400 y 700 nm y el verdadero color (TUC), se determina midiendo la absorbancia a 465 nm. Un

³ Microcrustaceo que sirve como indicador de la presencia de contaminantes tóxicos.





TAC es equivalente al color de 2 mg/L Pt, las unidades TAC varían de 1 a 250. Para el análisis de esta variable es necesario considerar que todos los compuestos que sirven como referencia para determinar el color del agua, no son muy estables, al igual que las muestras, así que las medidas deben ser hechas como dentro de dos horas después de su recolección.

- Sólidos Suspendidos y disueltos totales:

El término residuo se aplica a las sustancias que permanecen después de la evaporación de una muestra de agua y su subsiguiente secado en un horno a una temperatura dada, esto es aproximadamente equivalente al contenido total de materia disuelta y suspendida, puesto que la mitad del bicarbonato (el anión dominante en la mayoría de las aguas) se transforma en CO₂ durante este proceso.

El término sólido se usa ampliamente para la mayoría de los compuestos que están presentes en las aguas naturales y que permanecen en estado sólido después de la evaporación (algunos compuestos orgánicos permanecen en estado líquido después de que el agua ha sido evaporada). Los sólidos suspendidos totales (SST) y los sólidos disueltos totales (SDT) corresponden al residuo filtrable y no filtrable respectivamente. Los sólidos fijos y los sólidos volátiles corresponden al residuo después de secado al horno y calculado como una pérdida para una temperatura dada (las últimas dos determinaciones se efectúan con menos frecuencia).

La determinación del residuo está basada en una medida gravimétrica después de haber seguido un procedimiento apropiado como por ejemplo: filtración, evaporación, secado e ignición, los resultados de la determinación del residuo dependen de los detalles del procedimiento seguido. Los sólidos suspendidos totales se retienen en un filtro estándar y se seca hasta peso constante a 105°C.

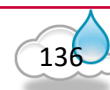


Para obtener una buena reproducibilidad y comparabilidad, los métodos seguidos deben ser cuidadosamente estandarizados, las muestras deben ser mantenidas preferiblemente hasta que se realice su análisis. Para la recolección de las muestras pueden usarse botellas de polietileno siempre y cuando el material suspendido no se pegue a las paredes de la botella. Para prevenir la precipitación, las botellas deben ser completamente llenadas con la muestra y analizarlas tan pronto como sea posible.

- Sólidos suspendidos y turbidez:

El tipo y concentración de materia suspendida controla la turbidez y la transparencia del agua. La materia suspendida consiste en arena, arcilla, partículas finas de materia orgánica e inorgánica, compuestos orgánicos solubles, plancton y otros organismos microscópicos, tales partículas varían en tamaño desde 10 nm a 0.1 mm de diámetro. Los resultados de la turbidez pueden ser obtenidos a partir de la dispersión y absorción de la luz incidente sobre las partículas, y la transparencia corresponde al límite de visibilidad en el agua, ambos pueden variar de acuerdo con la época del año (la lluvia intensa provoca variaciones horarias de turbidez) o la actividad biológica y el transporte de partículas de suelo por escorrentía. La turbidez en algunas ocasiones puede ser relacionada indirectamente con la medida de SST.

La turbidez puede ser medida en el campo si es necesario y las muestras pueden ser almacenadas en la oscuridad por más de 24 horas. Para la medida de este parámetro, el método más recomendado es el nefelométrico (dispersión de la luz por las partículas suspendidas), el cual usa un turbidímetro que da Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT), los valores normales se encuentran entre 1 y 1,000 UNT y los niveles pueden ser incrementados por la presencia de materia orgánica contaminante, otros efluentes y escorrentía con un alto contenido de





materia suspendida. También existe un método visual para su determinación, basado en Unidades Jackson de Turbidez (UTJ), el cual compara la longitud del paso de luz a través de la muestra contra una solución estándar de material en suspensión.

En niveles altos de turbidez, el agua pierde su capacidad de apoyar una diversidad de organismos acuáticos. Las aguas llegan a ser más calientes ya que las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, causando pérdida en los niveles de oxígeno. La fotosíntesis disminuye debido a que la cantidad de luz que penetra el agua se reduce.

Los sólidos suspendidos afectan en la vida acuática de otras maneras: los sólidos suspendidos pueden reducir la tasa de crecimiento y afectar el desarrollo larval, las partículas de arcilla y de los materiales orgánicos que se asientan en el fondo del río pueden sofocar los huevos de pescados y de insectos acuáticos.

-Conductividad:

La conductividad o conductancia específica, es una medida de la habilidad del agua para conducir la corriente eléctrica, esta es sensible a la variación de sólidos disueltos, especialmente las sales minerales disueltas. El grado de disociación del agua en iones está relacionado con la cantidad de carga eléctrica de cada ión, la movilidad iónica y la temperatura, los cuales influyen la conductividad. La conductividad se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$) y para un cuerpo de agua dado, está relacionada con la concentración total de sólidos disueltos e iones mayores. Los sólidos disueltos totales (en mg/L) pueden ser obtenidos por multiplicación de la conductancia por un factor constante que está comprendido entre 0.55 y 0.75, este factor puede ser determinado para cada cuerpo de agua, pero permanece aproximadamente constante de acuerdo con las proporciones iónicas en el cuerpo de agua y si éste



permanece estable. El factor de multiplicación está muy próximo a 0.67 para aguas en las cuales el sólido y el cloruro dominan; las aguas que contienen altas concentraciones de sulfatos requieren factores más altos.

Los intervalos de conductividad de las aguas superficiales varían de 10 a 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ pero pueden exceder 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, especialmente en aguas contaminadas que reciben una gran cantidad de escorrentía, además puede ser un indicador aproximado de contenido de minerales cuando otros métodos no pueden ser usados. La conductividad puede ser medida para establecer una zona de contaminación alrededor de la descarga de un efluente, y observar la extensión de la influencia de las aguas de escorrentía.

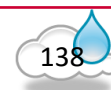
-PH:

El pH es una variable importante de la variación en la calidad del agua y está influenciado por los procesos biológicos y químicos dentro del cuerpo de agua y todos los procesos asociados con el suministro y tratamiento de aguas. También mide los efectos de la descarga del efluente.

El pH de aguas no contaminadas está controlado por el balance entre dióxido de carbono, carbonato y bicarbonato, estos iones siempre están presentes en las aguas naturales así como también los ácidos húmico y fúlvico.⁴ El balance natural de un cuerpo de agua puede ser afectado por efluentes industriales y por deposición atmosférica de sustancias generadoras de ácidos.

Los cambios en pH pueden indicar la presencia de ciertos efluentes, particularmente cuando se obtienen medidas continuas junto con la conductividad

⁴ Los ácidos humicos y fulvicos son materiales orgánicos componentes del humus de color oscuro insoluble en ácidos con carga negativa, son fuente de carbono para los organismos heterótrofos.





del cuerpo de agua. Las variaciones de pH pueden ser causadas por la fotosíntesis y los ciclos respiratorios de las algas y de las aguas eutróficas.

Idealmente el pH debería ser determinado in situ, o inmediatamente después de que la muestra ha sido tomada, teniendo en cuenta que muchos factores naturales pueden influenciar el pH, la medida exacta del pH se realiza electrométricamente con un electrodo de vidrio, en algunos casos es posible, obtener medidas impresas de la variación continua de este parámetro. Un indicador grueso de pH puede ser obtenido colorimétricamente con agentes colorantes.

- Dureza:

La dureza de las aguas naturales depende principalmente de la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, el contenido total de estas sales se conoce como dureza, la cual puede ser dividida en dureza al carbonato (determinada a través de la evaluación de las concentraciones de los hidrocarbonatos de calcio y magnesio), y la dureza no carbonácea (se determina a través de las sales de calcio y magnesio provenientes de ácidos fuertes). Los hidrocarbonatos se transforman durante la ebullición del agua en carbonatos, los cuales precipitan. Por consiguiente, dureza al carbonato se conoce como temporal o remisible mientras que la dureza remanente después de la ebullición se denomina constante.

La dureza puede variar en un intervalo amplio de valores. La dureza debida al calcio es la que prevalece (por encima del 70%), aunque en algunos casos la dureza del magnesio puede alcanzar valores comprendidos entre 50-60%.

Las variaciones climáticas influyen sobre las condiciones del río y determinan el origen de valores elevados durante las condiciones de flujo bajo, mientras que durante flujos muy bajos los valores son mínimos.



Las muestras para determinar la dureza deben ser filtradas pero no preservadas. Si durante el almacenamiento aparece un depósito de sedimento de carbonato de calcio, éste debe ser disuelto con un pequeño volumen de ácido clorhídrico (1:1) hasta obtener un líquido transparente. La dureza general se determina con EDTA por titulación complejométrica y utiliza como indicador eriocromo negro T, mientras que la dureza debida al calcio emplea murexide como indicador. La dureza debida al magnesio se calcula a partir de la diferencia entre las dos determinaciones, la dureza al carbonato se determina por titulación ácido-base.

La dureza puede ser determinada a partir de la suma de los iones divalentes analizados individualmente (por ejemplo, por espectrofotometría de absorción atómica).

- Fosfatos:

Los fosfatos son compuestos químicos formados por fósforo y oxígeno. Los fosfatos son necesarios para el crecimiento de las plantas y de los animales.

Los fosfatos existen en varias formas: Los ortofosfatos son producidos por procesos naturales y encontrados en aguas residuales y los polifosfatos se utilizan para tratar las calderas de agua y para hacer detergentes. Los fosfatos orgánicos son producidos por el ciclo de la vida y la inserción de pesticidas orgánicos. La suma de estas tres formas de fosfatos se refiere como fosfatos totales. El fósforo generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos.

Los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas. Cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de las plantas.



Los fosfatos también estimulan el crecimiento de las algas lo que puede ocasionar un crecimiento rápido de las algas. Los crecimientos rápidos de algas se pueden reconocer con facilidad como capas de limo verde y pueden eventualmente cubrir la superficie del agua. Al crecer las plantas y las algas, ahogan a otros organismos. Estas grandes poblaciones de plantas producen oxígeno en las capas superiores del agua pero cuando las plantas mueren y caen al fondo, son descompuestas por las bacterias que usan gran parte del oxígeno disuelto (OD) en las capas inferiores. Las masas de agua con altos niveles de fosfatos generalmente tienen niveles altos de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) debido a las bacterias que consumen los desechos orgánicos de las plantas y posteriormente a los niveles bajos de OD.

-Nitratos:

El nitrógeno es un elemento necesario para que todas las plantas y los animales vivientes produzcan proteínas. En los ecosistemas acuáticos, el nitrógeno está presente en muchas formas. Puede combinarse con el oxígeno para formar un compuesto llamado nitrato.

Los nitratos pueden provenir de fertilizantes, aguas negras y desechos industriales. Pueden causar la eutroficación de lagos o pozas. La eutroficación ocurre cuando los nutrientes (tales como los nitratos y los fosfatos) se añaden a la masa de agua.

Estos nutrientes generalmente provienen del escurrimiento de tierras agrícolas y pastos, aguas negras, detergentes, desechos de los animales y sistemas sépticos con fugas. Los niveles altos de nutrientes en una masa de agua pueden hacer que la vida vegetal y las algas florezcan. Conforme las plantas crecen, pueden ahogar a otros organismos. El crecimiento de algas puede eventualmente cubrir la superficie del agua. Estas grandes poblaciones de plantas producen



oxígeno en las capas superiores del agua, pero cuando las plantas mueren y caen al fondo, son descompuestas por bacterias que usan gran parte del oxígeno disuelto (OD) en las capas inferiores. Las masas de agua con niveles altos de nitratos generalmente tienen altos niveles de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) debido a las bacterias que consumen los desechos vegetales orgánicos y a los subsiguientes bajos niveles de OD.

-Cloruros:

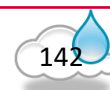
La mayor parte del cloro se presenta como cloruros (Cl) en solución. Este componente entra a las aguas superficiales a través de la deposición atmosférica de los aerosoles oceánicos, a partir de la meteorización⁵ de las rocas sedimentarias (la mayor parte de ellas son depósitos de sal), los efluentes industriales, aguas domésticas y la escorrentía de las zonas agrícolas.

En las aguas superficiales la concentración de cloruros es generalmente inferior a 10 mg/L y en algunas ocasiones menor de 2 mg/L. Concentraciones más elevadas pueden encontrarse a la salida de las aguas domésticas, en las zonas de drenaje y en las áreas costeras.

Como los cloruros están frecuentemente asociados con las aguas domésticas, su incorporación es un indicador de posible contaminación fecal.

Las muestras para la determinación de cloruros no requieren preservación o un tratamiento especial y pueden ser almacenadas a temperatura ambiente. Los análisis pueden hacerse usando los métodos de titulación potenciométrica, la

⁵ Fracturación, pulverización e incorporación de rocas y piedras a el suelo





determinación potenciométrica directa se puede hacer con el uso de electrodos sensibles a ión cloruro.

- Sulfuros:

La formación de sulfuros en las aguas superficiales se hace por procesos anaeróbicos, en los que actúan bacterias sobre sustancias orgánicas en sedimentos profundos, sin embargo, las trazas de ión sulfuro, se presentan en sedimentos profundos, incluso no contaminados por efecto de la degradación de los vegetales; pero concentraciones altas son indicativas de la presencia de concentraciones elevadas de aguas domésticas o industriales. Bajo condiciones anaerobias el ión sulfuro se convierte rápidamente a azufre e iones sulfato.

Los sulfuros disueltos existen en el agua como moléculas no ionizadas o sulfuro de hidrógeno (H_2S), sulfidriló (HS^-) y muy ocasionalmente S^{2-} . El equilibrio entre estas formas es una función del pH, cuando se presenta un pH menor que diez, las concentraciones de sulfuro no necesitan ser consideradas. Cuando la concentración de sulfuros es apreciable, se presentan condiciones de fuerte olor y tóxicas que hacen inadecuada el agua para su consumo humano y para otros usos.

La determinación de sulfuros debe hacerse inmediatamente después del muestreo, si esto no fuera posible, la muestra puede ser fijada con acetato de cadmio o de cinc, después de lo cual se puede almacenar por tres días como máximo y en la oscuridad. Es de importancia que durante el muestreo, la aireación debe ser evitada.

Los sulfuros totales, el sulfuro disuelto y el H_2S , son los compuestos más importantes para estas determinaciones, los métodos que se pueden utilizar son los fotométricos, los cuales se usan para concentraciones elevadas, y los métodos yodométricos, que se usan para la determinación del sulfuro.



-Metales:

La capacidad de las aguas naturales para soportar la vida acuática y su sostenibilidad para otros usos, depende de la presencia de muchos elementos traza. Algunos metales, como Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Cobre (Cu), cuando se encuentran en concentraciones traza son importantes para las funciones fisiológicas de los tejidos vivos y para la regulación de muchos procesos bioquímicos. Sin embargo, cuando estos metales se descargan en las aguas naturales incrementado su concentración, pueden tener efectos toxicológicos graves sobre los humanos y los ecosistemas acuáticos.

La contaminación de aguas por metales pesados es el resultado de actividades antrópicas, que determinan problemas ecológicos severos en muchas partes del mundo. Esta situación es agravada por la dificultad de su eliminación natural. Como resultado los metales cambian de un compartimiento a otro, incluyendo la biota frecuentemente con efectos graves. Cuando la acumulación de metales en la biota ocurre a través de la cadena alimenticia, hay también un incremento del riesgo toxicológico para los humanos. Como resultado de la absorción y acumulación, la concentración de metales en los sedimentos de fondo es mucho mayor que en el agua y este hecho provoca problemas de polución secundaria.

Generalmente, las cantidades traza de metales están siempre presentes en las aguas superficiales, debido a la meteorización de las rocas y los suelos. Además, en el caso de los países desarrollados las descargas industriales y mineras resultan ser las principales fuentes de traza de metales en las aguas superficiales.

La toxicidad de los metales en el agua depende del grado de oxidación del ión metálico y de las formas en las cuales se encuentra. Como regla general la forma iónica de los metales es la más tóxica, sin embargo la toxicidad se reduce



cuando están bajo la forma de complejos, por ejemplo, con materia orgánica natural como los ácidos fúlvico y húmico.

-Oxígeno disuelto (OD):

La masa de agua de un río es capaz de absorber cierta cantidad de oxígeno proveniente de la atmósfera. Esta capacidad está en función directa de la calidad del agua del río y de la temperatura ambiente y se conoce como el valor de saturación. Las fuentes de oxígeno en el agua son, principalmente, la aireación y la fotosíntesis de las algas. Su remoción se debe a la respiración de los vegetales, demanda química de oxígeno de materiales orgánicos y sedimentos, de aireación, sobresaturación y reducción de orgánicos.

El oxígeno es ligeramente soluble en agua. La solubilidad de oxígeno atmosférico en aguas dulces varía de 14.6 ppm a 0°C y 7.54 ppm a 30°C. En estas condiciones se dice que el agua tiene un 100% de saturación. Cuando el porcentaje es menor puede indicar la presencia de contaminación (consumo de oxígeno) por posible presencia de carga orgánica biodegradable. Este parámetro es considerado, en unión con la DBO5, la determinación más efectiva para determinar el nivel de purificación que tiene un acuífero y consecuentemente la calidad de las aguas para aceptar o no determinadas formas de vida acuática, así como también estimar la actividad fotosintética de la masa hídrica. La concentración mínima para garantizar la vida piscícola es de 5 mg/L. Cuando el agua contaminada con materia orgánica es descargada en el agua receptora, el nivel de oxígeno baja, alterando toda la estructura de la comunidad acuática y se altera también toda la química del agua.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):

La DBO se defina como la cantidad de oxígeno expresada en mg/L, requerida por las bacterias para estabilizar u oxidar la materia orgánica (biodegradable)



carbonácea bajo condiciones aeróbicas durante 5 días a 20°C. El ensayo de la DBO es esencialmente un procedimiento de bioensayo que involucra la medida del oxígeno consumido por los organismos (principalmente bacterias aerobias), cuando utilizan la materia orgánica presente en un agua residual, bajo condiciones similares a las que ocurren en la naturaleza. Estas condiciones significan que deben estar ausentes las sustancias tóxicas y se deben suministrar todos los nutrientes necesarios para el crecimiento bacteriano, tales como nitrógeno, fósforo y ciertos elementos traza. La degradación biológica de la materia orgánica la efectúa una diversidad de organismos que la oxidan así completamente a CO₂ y agua.

La DBO puede ser considerada como un procedimiento de oxidación húmeda, en el cual, los organismos sirven como el medio de oxidación de la materia orgánica a CO₂ y H₂O.

Las reacciones en las que está involucrado el ensayo de la DBO son necesariamente el resultado de la actividad biológica (metabolismo) y están gobernadas por la población microbiana participante y la temperatura. La temperatura se mantiene constante durante el ensayo (20°C). Teóricamente se requiere un tiempo infinito para completar la oxidación biológica de la materia orgánica, pero para propósitos prácticos, la reacción se considera completa a los 20 días. Sin embargo, este periodo es muy largo; la experiencia ha mostrado que 5 días es un periodo razonable y que un buen porcentaje de la DBO total se ha ejercido y por esta razón se ha tomado como referencia; hay que recordar que la DBO₅ representa una fracción de la DBO total. El porcentaje exacto depende del carácter de la simiente y la naturaleza de la materia orgánica y puede ser determinado sólo experimentalmente; en el caso de aguas residuales domésticas se ha encontrado que la DBO a 5 días (DBO₅) es alrededor de 70 – 80% de la total.



La DBO tiene un aspecto amplio de aplicaciones en ingeniería ambiental. Es el principal ensayo aplicado a las aguas residuales para determinar su intensidad en términos del oxígeno requerido para su estabilización. Es la única prueba aplicable que permite obtener una medida de la cantidad de materia orgánica oxidable biológicamente que puede ser usada para evaluar las tasas a las cuales se efectúa la oxidación o la DBO ejercida en los cuerpos receptores de aguas. La DBO es el principal criterio usado en el control de la contaminación de corrientes. Los datos de DBO se utilizan para dimensionar las instalaciones de tratamiento y medir el rendimiento de algunos de estos procesos.

-Demanda Química de Oxígeno (DQO):

La DQO es el ensayo que permite medir el contenido de materia orgánica e inorgánica tanto de las aguas residuales como de las naturales. Se puede definir como la cantidad de O₂ expresada en mg/l requerida para la oxidación total de la materia orgánica e inorgánica, sin considerar la asimilabilidad de tipo biológico, por acción de un agente oxidante (K₂Cr₂O₇ en condiciones ácidas, con la presencia de un catalizador, Ag₂SO₄, y altas temperaturas). Este hecho está basado en que todos los compuestos orgánicos con la excepción de unos pocos, pueden ser oxidados por la acción de agentes oxidantes fuertes bajo condiciones ácidas.

Durante la determinación de la DQO, la materia orgánica se convierte en CO₂ y H₂O sin importar la biodegradabilidad de las sustancias; por esta razón los valores de la DQO son mayores que la DBO; y esta es una de las principales limitaciones del ensayo de la DQO, su inhabilidad para hacer la distinción entre materia orgánica inerte y oxidable biológicamente.

Los agentes químicos oxidantes se han usado extensamente para la medida de la demanda de oxígeno de desechos y aguas contaminadas. Por muchos años se han empleado soluciones de permanganato de potasio, y los resultados han sido



reportados como “oxígeno consumido” por el permanganato. Esta oxidación varía ampliamente dependiendo del tipo de compuesto, el grado de oxidación y la fuerza del reactivo usado. Los valores del “oxígeno consumido” siempre son menos que los valores de la DBO a 5 días⁶.

-Coliformes Totales y Fecales:

Para la vigilancia y la evaluación microbiana del agua se utilizan como indicadores los organismos de grupo coliforme total y coliforme fecal. Las bacterias Coliformes son microorganismos capaces de producir enfermedades y están asociados a los vertidos fecales, siendo sus fuentes principales las explotaciones ganaderas, agrícolas y de las zonas urbanas. El grupo coliforme está integrado por bacterias fáciles de identificar a través de análisis microbiológicos, algunas de las cuales pueden ser patógenas o transmisoras de enfermedades. Normalmente, el grupo coliforme tiene como hábitat natural el ecosistema terrestre, mientras que los Coliformes fecales, que son sólo parte de los totales, se encuentran naturalmente en el estómago del hombre y de los animales de sangre caliente. Todas las bacterias del grupo coliforme son afines a la materia orgánica, y sólo se desarrollan cuando se dan las condiciones ideales para su proliferación. La presencia de Coliformes totales y fecales en los cuerpos de agua, indica que hay altas concentraciones de materia orgánica que está siendo aprovechada por este tipo de bacterias para su reproducción.

⁶ <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/98603/lecciones/Mod3/PARAMETROS.htm>
http://www.frm.utn.edu.ar/investigacion/compuquim/dqo_dbo.html



II.3.10.3-EL AGUA CONTAMINADA.

La contaminación de los mantos de aguas superficiales puede ocurrir por fuentes no puntuales y por fuentes puntuales. La principal fuente no puntual de contaminación del agua es la agricultura. Mucha de la gente desecha los productos químicos y fertilizantes en los ríos y caudales cercanos. Una fácil solución para éste problema sería disminuir casi completamente el uso de éstos productos en tierras planas o cerca de laderas. Los ganaderos también pueden controlar la contaminación de los mantos acuíferos, al controlar el escurrimiento e infiltración de desechos animales en las granjas, así como, evitando utilizar terrenos inclinados hacia las aguas superficiales cercanas.

Las aguas negras y los desechos industriales arrastrados por el agua de fuentes puntuales generalmente no son tratados. La mayoría de éstos desechos son descargados a las corrientes de agua más cercanas o en lagunas de desechos donde el aire, la luz solar y los microorganismos degradan a los desechos, matan a algunas bacterias patógenas (causantes de enfermedades) y permiten que los sólidos se sedimenten, contaminando no así al ambiente, pero si al cuerpo de agua que los contenga.

La contaminación del agua es un problema local, regional y mundial y está relacionado con la contaminación del aire y con el modo en que usamos el recurso de la tierra. El crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana, contribuyen a lo que es una amenaza para el hombre contemporáneo, el deterioro de su medio ambiente. Desde su origen, los grupos humanos se establecieron en las cercanías de los ríos, lagos o áreas costeras, por su dependencia vital del medio acuático, provocando así los primeros indicios del deterioro de la calidad del agua y evidenciando la contaminación.



La contaminación del agua es incorporación al agua de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

La contaminación del agua es producida por varias cosas, o factores, entre los cuales figuran ocho importantes, o mejor dicho, existen 8 razones más significantes para la contaminación del agua:

1. *Microorganismos patógenos*: Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tífus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. Según los índices de medición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el agua potable debe de haber 0 colonias de coliformes por cada 100 ml, y un máximo de 200 colonias por 100 mililitros de agua para nadar.

2. *Desechos orgánicos*. Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por



desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en el agua, o la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

3. *Sustancias químicas inorgánicas*: En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

4. *Inorgánicos*: Nutrientes vegetales Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

5. *Compuestos orgánicos*: Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

6. *Sedimentos y materiales suspendidos*: Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas al agua, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen los lugares de alimentación o de desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos.



7. *Sustancias radiactivas*: Isótopos radiactivos solubles a veces se presentan en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

8. *Contaminación Térmica*. El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva la temperatura de ríos o lagos, disminuyendo su capacidad de contener oxígeno y afectando a la vida de los organismos.

II.3.10.4-IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA.

Cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incrementos en consumo per cápita, la contaminación de fuentes de agua y en general, al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas. Que aunque la cantidad de agua es constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual generaría estrés hídrico a nivel general en la mayoría de los países centroamericanos, siendo más notorio en las ciudades capitales.

La magnitud del problema de la contaminación es tal, que en muchos países es ya imposible solucionar el problema mediante dilución (por efecto del aumento de caudal) y que a largo plazo se prevé un descenso de los recursos alimentarios sostenibles.

Con el aumento de la población va implícito la cantidad de desechos generados, en el que los vertederos de basura son focos posibles de contaminación, al arrastrar la lluvia en forma superficial o filtrándose a través del suelo, ciertos elementos solubles que se incorporan a los recursos de agua existentes y aun en mayor grado si entran directamente en contacto con aguas superficiales o subterráneas. Las implicaciones de consumir agua contaminada son variadas; en el



contexto de salud pública, la OMS (1998) calcula que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el agua contaminada, ya que alrededor del 70% del agua consumida directamente por humanos en zonas rurales está altamente contaminada por heces fecales.

Lo anterior posee relación con la escorrentía superficial, una forma de contaminación difusa o no localizada. La contaminación por fuentes no localizadas contribuye significativamente con niveles altos de agentes patógenos en las masas de aguas superficiales, especialmente coliformes termo-tolerantes. En este sentido, un suministro de agua para usos domésticos en cantidad y calidad suficiente contribuiría a reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por la vía fecal-oral.

II.3.10.5-EL PAPEL DE LA AGRICULTURA EN LA CALIDAD DEL AGUA.

La agricultura constituye una de las actividades económicas más difundidas en el mundo, particularmente en las áreas rurales. Sin embargo el impacto de esta sobre el recurso hídrico reviste especial importancia. La agricultura, a nivel mundial, utiliza el 70% de todos los suministros hídricos superficiales, lo cual representa el principal factor de degradación de estos como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química.

La contaminación de fuentes superficiales debido a la agricultura está íntimamente relacionada con el proceso de pérdida de suelos, es decir, provocada por la entrada de sedimentos a los ambientes acuáticos la contaminación por sedimentos posee dos dimensiones principales:

1.- la dimensión física, consistente en la pérdida de la capa arable del suelo y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y cárcavas,



que causan niveles excesivos de turbidez en el agua receptora y repercusiones ecológicas y físicas.

2.- la dimensión química, consistente en la parte de sedimentos constituida por limo y arcillas (<63 μm); transmisora primaria de productos químicos absorbidos, especialmente fósforo, plaguicidas clorados y la mayor parte de los metales que son transportados por los sedimentos a los ambientes acuáticos.

Como contaminantes físicos los sedimentos producen en el agua altos niveles de turbidez que limitan la penetración de la luz solar dificultando el proceso de fotosíntesis en algas y plantas acuáticas, disminuyendo la producción de oxígeno, así estas mueren y provocan mayor demanda de este al descomponerse. También los sedimentos impiden el desove de peces al cubrir los lechos de grava. Asimismo, altos niveles de sedimentación en ríos alteran las características hidráulicas del cauce.

II.3.10.6-CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR FERTILIZANTES.

La contaminación de fuentes de agua por uso de fertilizantes ocurre de forma variada en tipos, cantidades y frecuencias. El nitrógeno (N), especialmente en forma de nitratos, es uno de los más importantes factores que degradan la calidad del agua; pérdidas de nitratos desde áreas agrícolas son mayores que las ocurridas en ecosistemas naturales.

El nitrato es típicamente lixiviado desde los campos cultivados y se mueve a poca profundidad subterráneamente hacia las fuentes superficiales. Este movimiento de nitratos se reduce hasta en un 15% cuando prácticas integradas de conservación de suelos son utilizadas.



II.3.10.7-CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR PLAGUICIDAS.

Plaguicida se define como una palabra compuesta que comprende todos los productos químicos utilizados para destruir las plagas o controlarlas, sean estos herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas y rodenticidas. A través de los años, la presencia de plaguicidas en aguas superficiales se ha puesto de manifiesto a partir de su empleo masivo en actividades agrícolas. Altos niveles alcanzados en la proliferación de insectos, nemátodos y enfermedades fungosas, inducen a los productores agrícolas a utilizar cantidades considerables de plaguicidas, en la mayoría de los casos, sin atender recomendaciones técnicas en cuanto al tipo de producto, dosificación y cuando aplicar de acuerdo al tipo de cultivo y/o plaga a controlar. Lo anterior es debido al temor de los agricultores que sus productos sean rechazados en el mercado por baja calidad estética. Es así como los plaguicidas, después de su aplicación, pueden ser lixiviados dentro o a través del suelo o transportados por escorrentía superficial hacia los receptores hídricos.

Resultan innegables las pruebas abrumadoras de que el uso de los plaguicidas en la agricultura, tiene importantes efectos en la calidad del agua y provoca serias consecuencias ambientales. En este sentido, conviene analizar la dinámica de los plaguicidas en las fuentes de aguas receptoras. Son varios los factores que intervienen en el proceso de transporte de plaguicidas hacia cuerpos de aguas superficiales, entre ellos, las propiedades físicas y químicas de los compuestos, de las cuales la persistencia y la movilidad son de los más importantes. Si bien es cierto lo anterior reviste importancia por lo que se ha expresado, también es cierto que las propiedades físicas del suelo, pendiente del terreno, tasa de precipitación y/o riego y el contenido de materia orgánica, son las



que finalmente determinan el potencial de riesgo de transporte de pesticidas hacia las fuentes de agua.

Efectos ecológicos de los pesticidas:

Cada vez, la mayoría de los nuevos plaguicidas son menos tóxicos y persistentes para los seres humanos, sin embargo, cuando se analizan niveles de toxicidad (DL-50) son en base a experimentos en ratas, por lo que no se toma en consideración el efecto en los organismos acuáticos; mucho más sensibles a los efectos tóxicos de estas sustancias, principalmente los peces que son envenenados directamente, e indirectamente a los humanos cuando estos son consumidos. Por eso es de especial preocupación controlar el destino ambiental de los plaguicidas una vez que estos han sido liberados al medio, ya que es difícil llegar a predecir las posibles alteraciones que puedan darse en ellos, especialmente cuando se degeneran produciendo metabolitos de mayor toxicidad que el compuesto original. De una amplia gama de pesticidas en el mercado, los órgano clorados resultan ser los más tóxicos y persistentes, debido a ello, son muchos los países que han prohibido el uso de este tipo de compuestos.

Los efectos ambientales suelen incrementarse cuando el uso de un pesticida se intensifica debido a la resistencia genética de la plaga. Estas se vuelven más resistentes, por lo que es normal que se incrementen las dosificaciones y/o frecuencias en la aplicación.

El problema es que los pesticidas en el agua, rara vez permanecen como sustancias químicas puras, al contrario se adhieren a las partículas de limo suspendidas o alguna materia orgánica que yace en los sedimentos del fondo, formando capas finas y persistentes en la superficie o se concentran en los organismos de los seres vivos.



Es de esta manera como muchos pesticidas, principalmente órgano clorados, permanecen en el ambiente por muchos años, lo que ha provocado que residuos de estos se hayan encontrado, en cuerpos de agua, suelos, sedimentos y organismos.

II.3.10.8-PLAGUICIDAS EN EL CUERPO HUMANO.

Los plaguicidas en la salud humana están relacionados con problemas a largo plazo, como ser cáncer, daños cromosómicos y reproductivos. Residuos de Endrin, Toxafeno, Paradiclorobenzeno, Parathion y Malathion han sido detectados en personas que han estado expuestos al contacto durante mucho tiempo.

La exposición prolongada es una de las formas como estos químicos llegan al cuerpo humano y la otra forma es mediante la cadena alimenticia, al consumir alimentos contaminados u organismos acuáticos con altos niveles de pesticidas acumulados.



II.3.12- FORMAS DE DESCONTAMINAR EL AGUA.

II.3.12.1-PURIFICACION DE AGUA POR SEDIMENTACION:

La sedimentación consiste en dejar el agua de un contenedor en reposo, para que los sólidos que posee se separen y se dirijan al fondo. La mayor parte de las técnicas de sedimentación se fundamentan en la acción de la gravedad.

La sedimentación puede ser simple o secundaria. La sedimentación simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de otro tratamiento especial; mientras mayor sea el tiempo de reposo mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbidez será menor, haciendo el agua más transparente.

El reposo natural prolongado también ayuda a mejorar la calidad del agua, pues provee oportunidad de la acción directa del aire y los rayos solares, lo cual mejora el sabor y elimina algunas sustancias nocivas del agua.

La sedimentación secundaria ocurre cuando se aplica un coagulante para producir el asiento de la materia sólida contenida en el agua.

II.3.12.2-PURIFICACION DE AGUA POR FILTRACION:

La filtración es el proceso de separar un sólido del líquido en el que está suspendido al hacerlos pasar a través de un medio poroso (filtro) que retiene al sólido y por el cual el líquido puede pasar fácilmente.

Se emplea para obtener una mayor clarificación, generalmente se aplica después de la sedimentación para eliminar las sustancias que no salieron del agua durante su decantación.



II.3.12.3-PURIFICACION DE AGUA POR DESINFECCION:

Se refiere a la destrucción de los microorganismos patógenos del agua ya que su desarrollo es perjudicial para la salud. Se puede realizar por medio de ebullición que consiste en hervir el agua durante 1 minuto y para mejorarle el sabor se pasa de un envase a otro varias veces, proceso conocido como aireación, después se deja reposar por varias horas y se le agrega una pizca de sal por cada litro de agua. Cuando no se puede hervir el agua se puede hacer por medio de un tratamiento químico comúnmente con cloro o yodo.

II.3.12.4-PURIFICACION DE AGUA POR CLORACION:

Cloración es el procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados, como el hipoclorito de sodio o de calcio. En las plantas de tratamiento de agua de gran capacidad, el cloro se aplica después de la filtración. Para obtener una desinfección adecuada, el cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura. Para desinfectar el agua para consumo humano generalmente se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar.

II.3.12.5-PURIFICACION DE AGUA POR OZONO:

Es el desinfectante más potente que se conoce, el único que responde realmente ante los casos difíciles (presencia de amebas, etc.). No comunica ni sabor

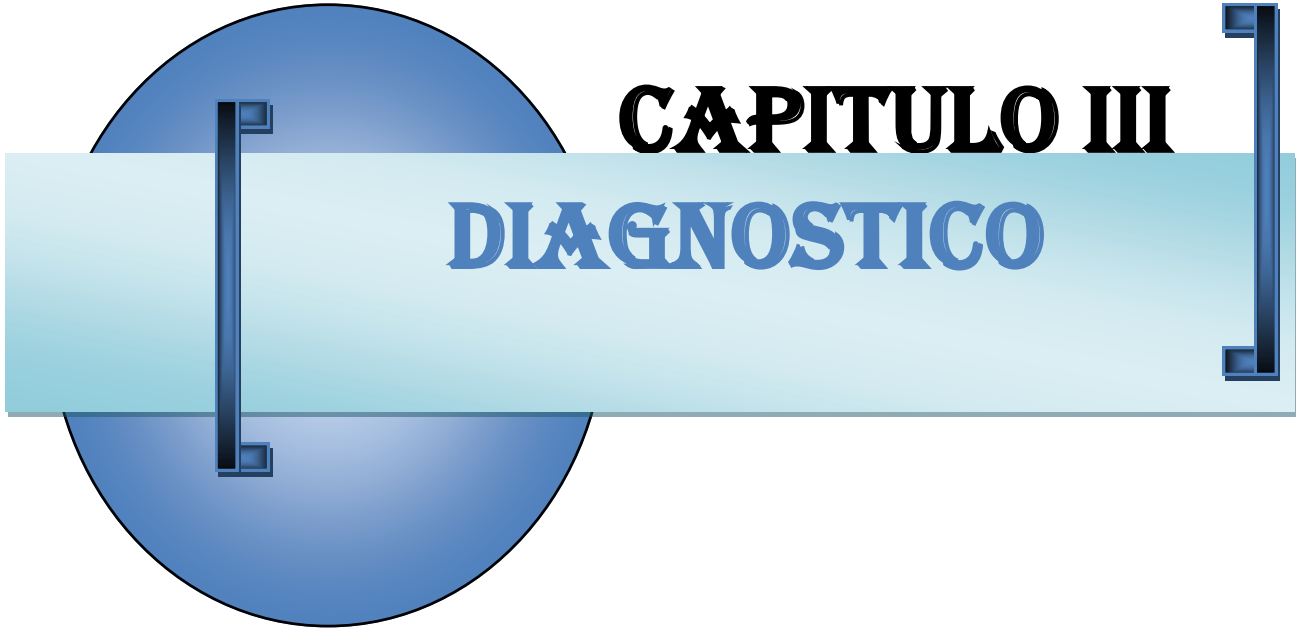


ni olor al agua; la inversión inicial de una instalación para tratamiento por ozono es superior a la de cloración pero posee la ventaja que no deja ningún residuo.

II.3.12.6-PURIFICACION DE AGUA POR RAYOS ULTRAVIOLETA:

La desinfección por ultravioleta usa la luz como fuente encerrada en un estuche protector, montado de manera que, cuando pasa el flujo de agua a través del estuche, los rayos ultravioleta son emitidos y absorbidos dentro del compartimiento. Cuando la energía ultravioleta es absorbida por el mecanismo reproductor de las bacterias y virus, el material genético (ADN/ARN) es modificado, de manera que no puede reproducirse. Los microorganismos se consideran muertos y el riesgo de contraer una enfermedad, es eliminado.

Los rayos ultravioleta se encuentran en la luz del sol y emiten una energía fuerte y electromagnética. Están en la escala de ondas cortas, invisibles, con una longitud de onda de 100 a 400 nm (1 nanometro= 10^{-9} m).



CAPITULO III
DIAGNOSTICO



III.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

III.1.1- UBICACIÓN GENERAL:

El Río Las Cañas clasificada de cuarto orden cuyo tipo de drenaje es dendrítico, pertenece a la cuenca del Río Grande de San Miguel específicamente a la parte alta del mismo. Su cobertura territorial se encuentra entre las coordenadas 88°12'24.9" a 88°12'12.9" Longitud Oeste y 13°42'17.9" a 13°33'43.9" Latitud Norte; en las hojas catastrales SENSEMBRA, GUATAJIAGUA, QUELEPA Y SAN MIGUEL a escala 1:25,0000 y curvas de nivel a cada 1000 mts., mediante el cual, es posible constatar la ubicación geográfica general.

Esta cuenca se encuentra ubicada en el ámbito territorial de los siguientes Municipios YAMABAL, GUATAJIAGUA, CHAPELTIQUE, MONCAGUA Y SAN MIGUEL los dos primeros pertenecientes al Departamento de Morazán y los dos últimos pertenecientes al Departamento de San Miguel. (Ver figura II.1.1.1)

La cuenca del río las cañas limita al Norte con el río La Isleta; por el Sur limita con el Río Villerías. La longitud de la cuenca es de 27 km; con un área total 137.1 km².

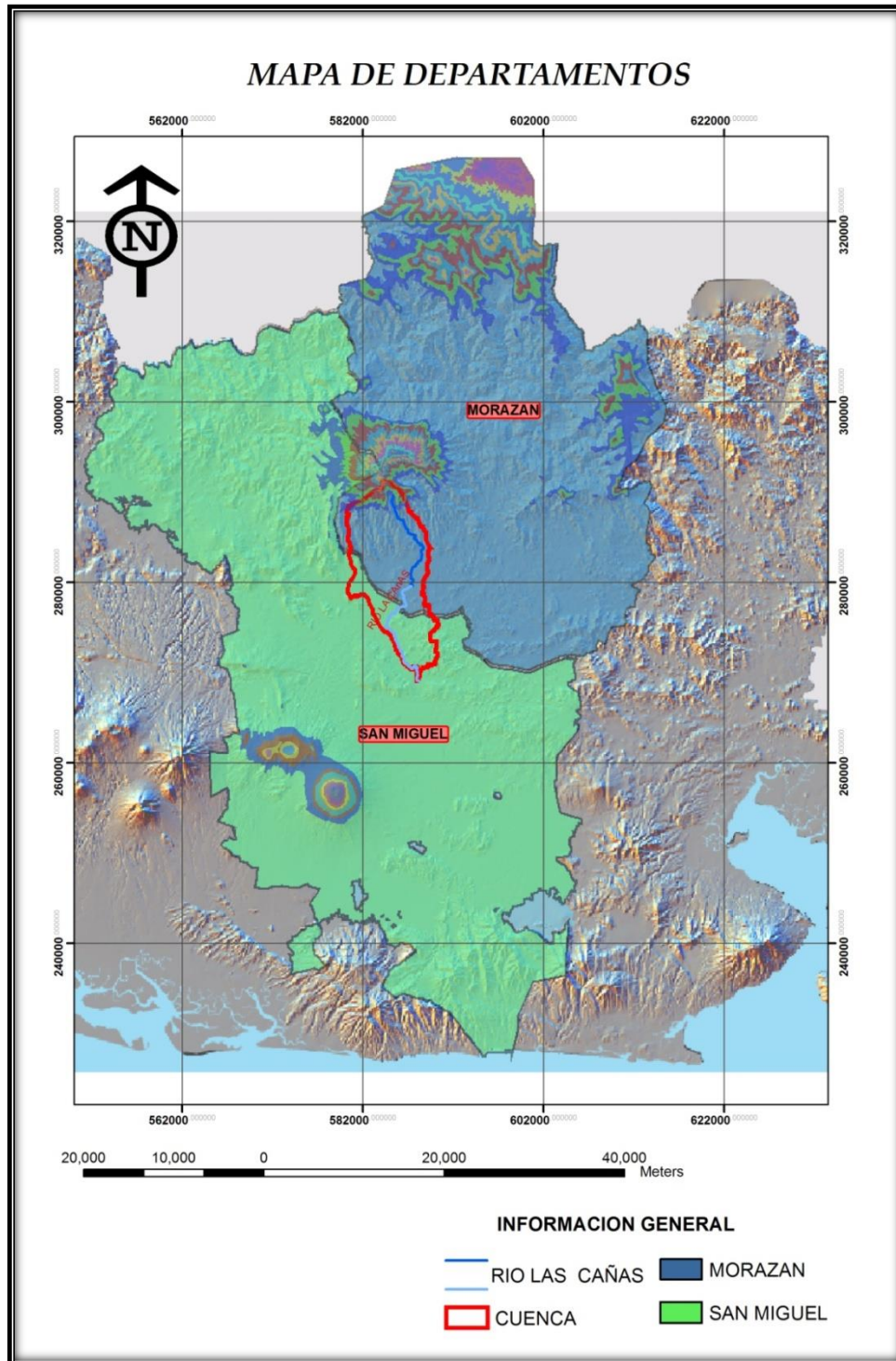


FIGURA III.1.1.1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO SEGÚN SUS DEPARTAMENTOS (MAPA SIN ESCALA).

Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



El Rio que analizaremos se origina en el Municipio de GUATAJIAGUA se encuentra a una altura de 850 m.s.n.m. en ese punto llamado RIO GUALABO y termina en el Municipio de SAN MIGUEL a una altura de 120 m.s.n.m. en ese punto llamado RIO LAS CAÑAS. (Ver figura III.1.1.1).

El departamento de Morazán se encuentra en la parte nororiental de El Salvador. Su territorio se encuentra a una altitud de entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar, tiene una topografía relativamente accidentada, Las elevaciones más importantes son el Cerro El Pericón; El departamento de San Miguel se encuentra en la parte nororiental de El Salvador. Su territorio se encuentra a una altitud de entre 0 y 2000 metros sobre el nivel del mar, tiene una topografía de terrenos ondulados su rasgo orográfico más notable es el Volcán Chaparrastique.

Debido a su cercanía y accesibilidad a la ciudad de San Miguel, posee un potencial significativo para el desarrollo y fortalecimiento de la actividad turística; por sus atractivos paisajes, clima agradable, disponibilidad de agua, etc. Las principales actividades productivas de los pobladores en la cuenca se basan en el turismo, la agricultura y la pesca.

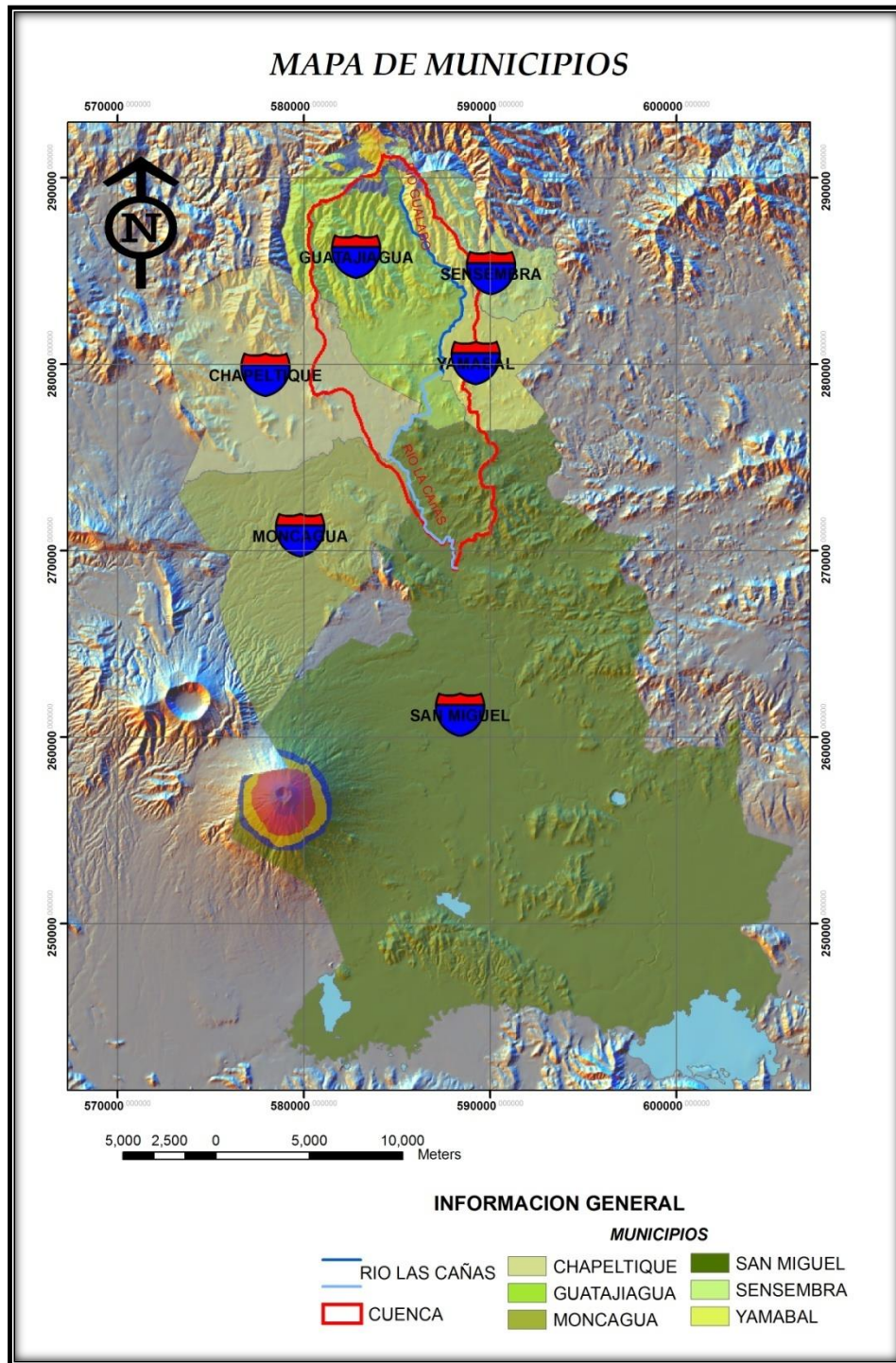


FIGURA III.1.1.2: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA)

Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)



III.1.2- UBICACIÓN POLÍTICA - ADMINISTRATIVA.

Administrativamente, la cuenca la comparten, dieciséis cantones, El Sirigual, Joya del Matazano, Los Abelines, El Volcan, Loma de Chile, El Limon, Maiguera, Pajigua, San Bartolo, San Pedro, San Juan, San Jacinto, Santa Barbara, Altomiro, Santa Ines, El Divisadero. Todos los cantones mencionados pertenecen al Departamento de Morazán y San Miguel, en el Norte de El Salvador.

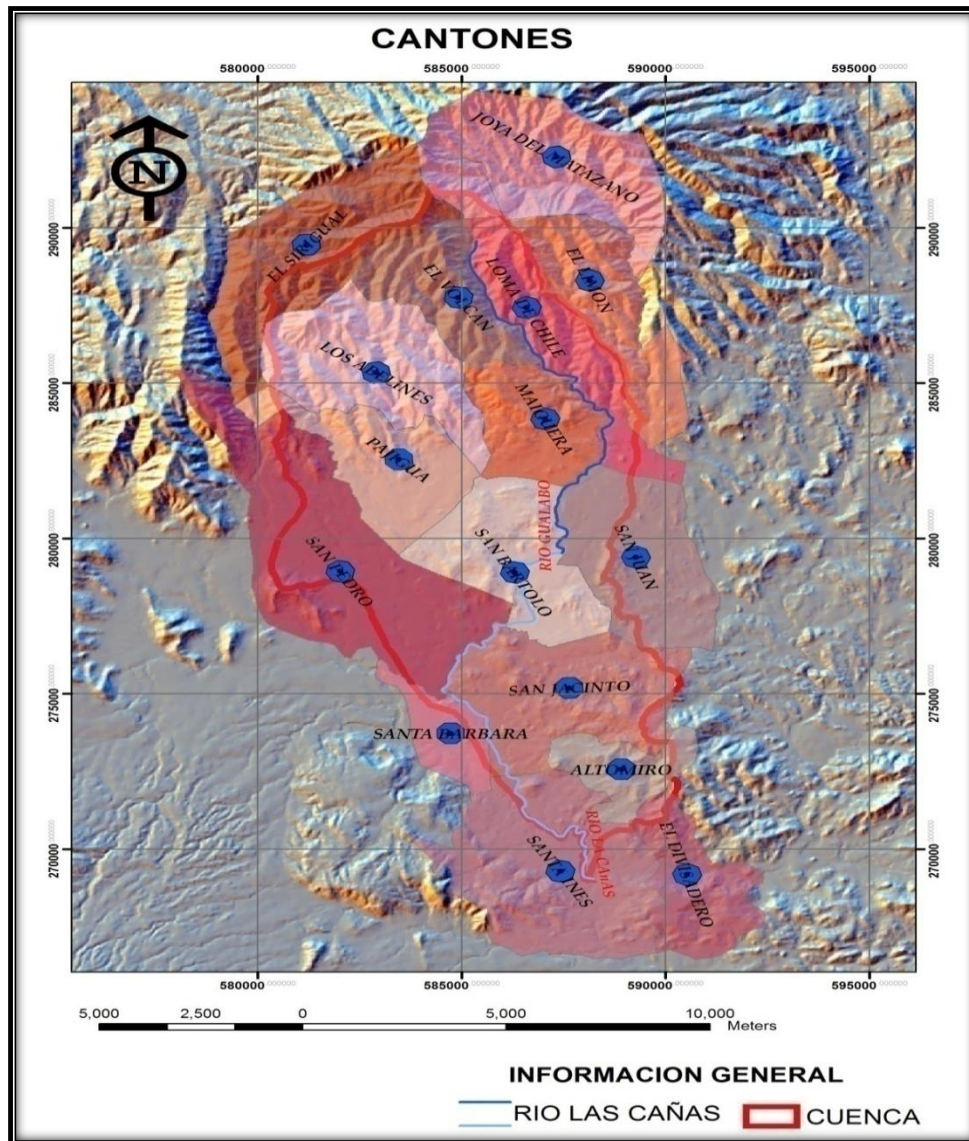


FIGURA III.2.1.1: UBICACIÓN POLÍTICA - ADMINISTRATIVA DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA).

Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



III.1.3-UBICACIÓN HIDROLÓGICA.

La cuenca del río Las Cañas se encuentra ubicada en la Región Hidrográfica H o Grande de San Miguel la cual tiene un área de 2.389,27 kms², esta región colinda al norte con la Región Hidrográfica A o Lempa, al oriente con la Región Hidrográfica J o Goascoran, al sur con dos regiones que son: la Región Hidrográfica I o Sirama y la Región Hidrográfica G o Bahía de Jiquilisco, al poniente con dos regiones las cuales son: la Región Hidrográfica A o Lempa y la Región Hidrográfica G o Bahía de Jiquilisco.

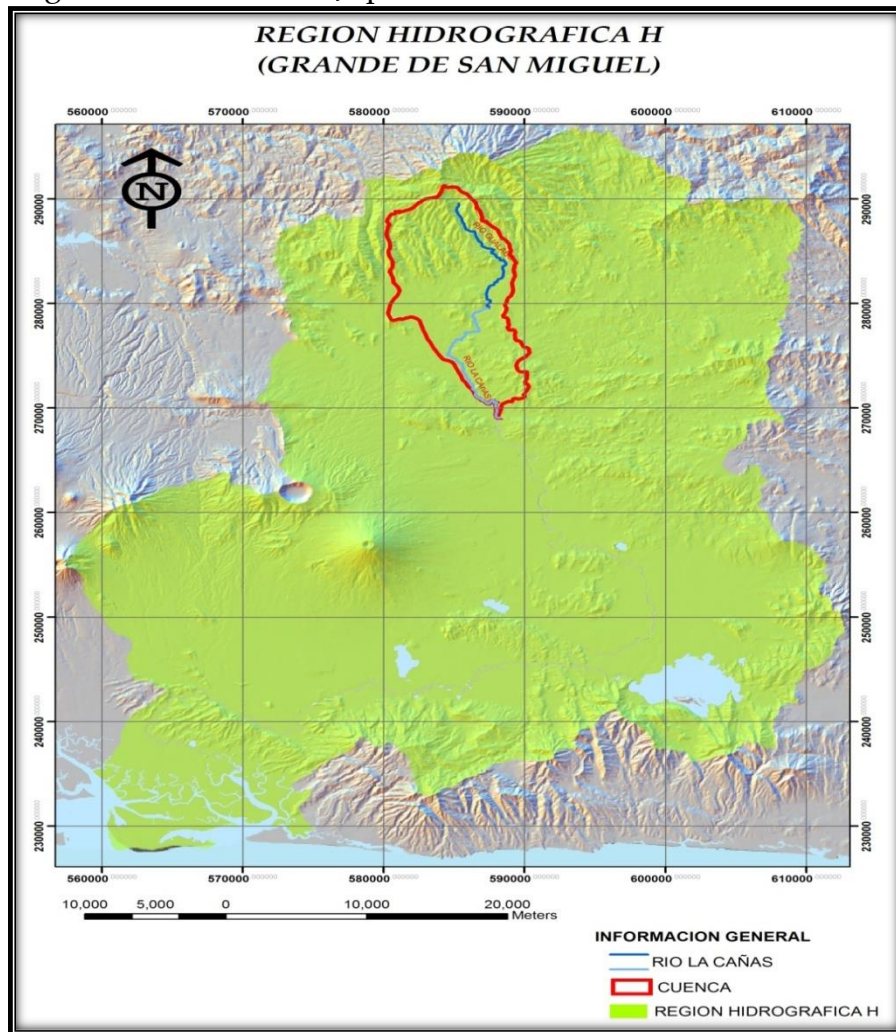




FIGURA 2.1.3.1: REGIÓN HIDROGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA).
Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).




III.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 planimetricos 2556 II San Miguel y 2556 I Quelepa, 2556 I Guatajiagua, 2557 II Semsembra, a escala 1:25,000 a color.


 Mapa Ecológico de El Salvador: sistemas de zonas de vida del Dr. Holdridge, a escala 1:300,000 a color.

 Mapa de tipo de suelos.


 Mapa de uso de suelo.


 Mapa de Uso potencial de suelo.

 Mapa geológico.

 Mapa de temperatura.

 Mapa División Política Administrativa.

 Mapa de Cultivos.

 Mapa de elevaciones.

 Mapa de Limitación de la Cuenca.

 Mapa de Formaciones Geológicas.

 Mapa de Departamentos.



Mapa de ubicación.



Sistema de Información Geográfica (SIG), usando el programa ArcGis 9.0 versión demo.



Software de (G.P.S) MapSource Garmin.



Software Autodesk Land Desktop.



Información proporcionada por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



Sistema de Posicionamiento Global (GPS), utilizado para georeferenciar puntos de interés.



Cámara fotográfica.



Computadora con Internet.



III.3- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

III.3.1-RED DE DRENAJE.

La red hídrica principal está compuesta por el Río Las Cañas el cual tiene afluentes las siguientes Quebradas: Quebrada el Volcán, Quebrada el Potrero, Quebrada El Pital o Pastoral, Quebrada Monchonga, Quebrada Las Piletas, Quebrada Loma El Chile, Quebrada El Varal de Tusas, Quebrada El Marrano, Quebrada Seca, Quebrada El Pescadito, Quebrada El Maguey, Quebrada El Llano o El Pilón, Quebrada El Picacho, Quebrada el Pedernal, Río Los Amates, Quebrada El Ojuste, Quebrada Los Loros, Quebrada San Jacinto, Río Chapeltique, Quebrada La Presa, Quebrada Los Mochos, Quebrada la Quebradona, Quebrada El Puente y Quebrada Las Marías.

El drenaje superficial de las corrientes en El Río Las Cañas clasificada de cuarto orden cuyo tipo de drenaje es dendrítico, presentándose en las partes abruptas y onduladas un drenaje fino.

Consecuentemente; la red hídrica se define como ríos de montaña. Estos ríos presentan fuertes pendientes y lechos en forma de "V".

En las zonas altas del estudio donde se origina el Río existen quebradas que tienen cuencas relativamente pequeñas, y combinadas con altas precipitaciones y un tiempo de concentración muy bajo, implican caudales con una alta capacidad de arrastre de materiales gruesos, principalmente, árboles y piedras.

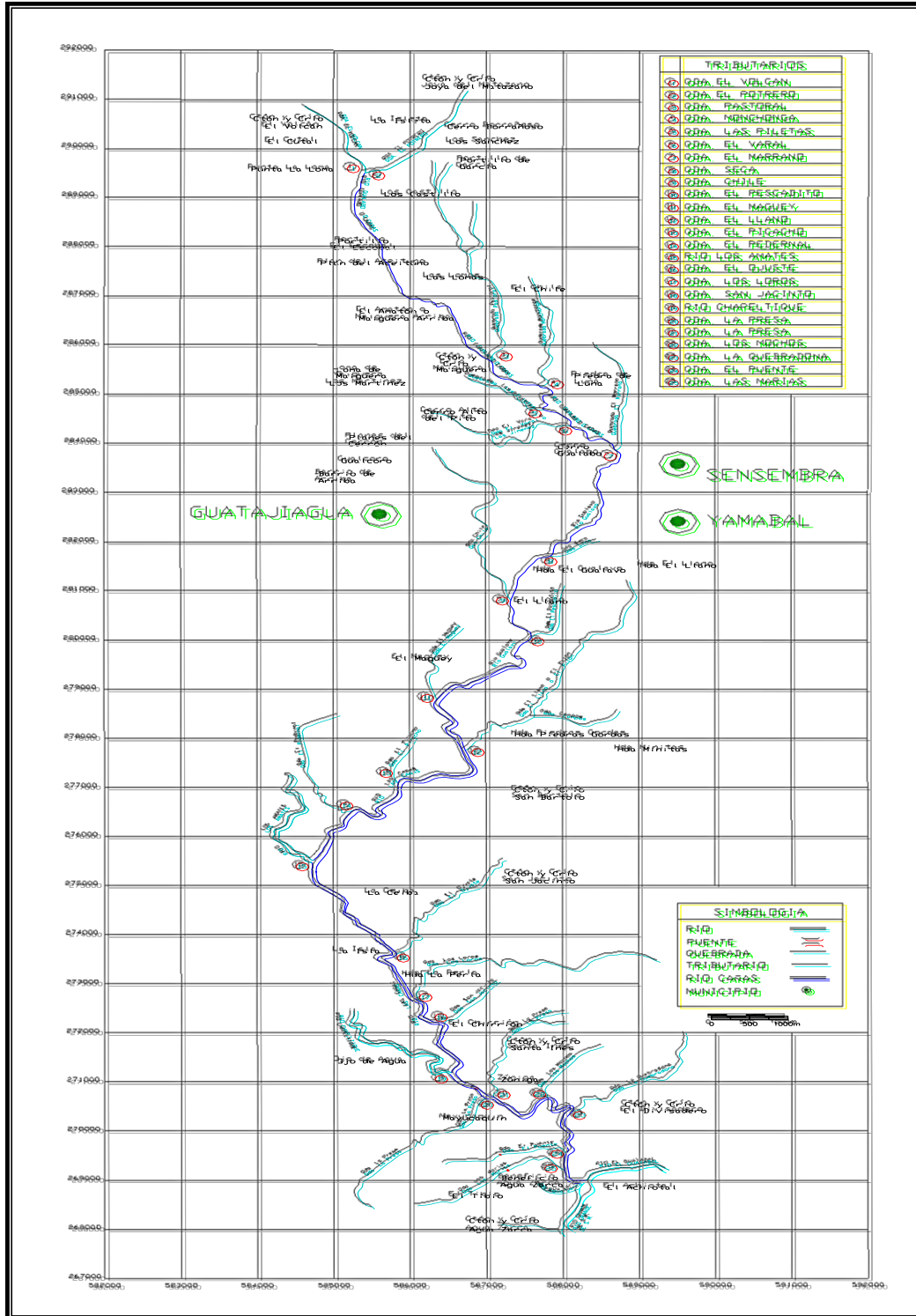


FIGURA III.2.1.1 RED HÍDRICA (MAPA SIN ESCALA).

Fuente: Grupo de Tesis.



III.3.2- CLIMATOLOGÍA.

El Salvador se localiza entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, en el cinturón climático tropical, caracterizado por presentar condiciones térmicas similares a lo largo del año, con variaciones diurnas y nocturnas que son más importantes que las mensuales. Se producen oscilaciones de las precipitaciones a nivel mensual, existiendo dos épocas climáticas marcadas: la época lluviosa y la época seca; dándose entre los meses de mayo a octubre y de noviembre a abril respectivamente.

Según el sistema Holdridge que significa un esquema global bioclimático para la clasificación de áreas de tierra, Es un sistema relativamente simple, basado en pocos datos empíricos, dando criterios de mapeo objetivos. Un supuesto básico del sistema es que ambos suelo y vegetación clímax pueden mapearse una vez que se conoce el clima junto con información obtenida del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Otros elementos climatológicos como radiación y luz solar, humedad relativa, viento y nubosidad, son incorporados de manera general, todo a partir de la información disponible en la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR), ya como datos del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) o como bibliografía sobre el tema.

De acuerdo a con la altitud sobre el nivel del mar el clima es cálido, templado y frío.

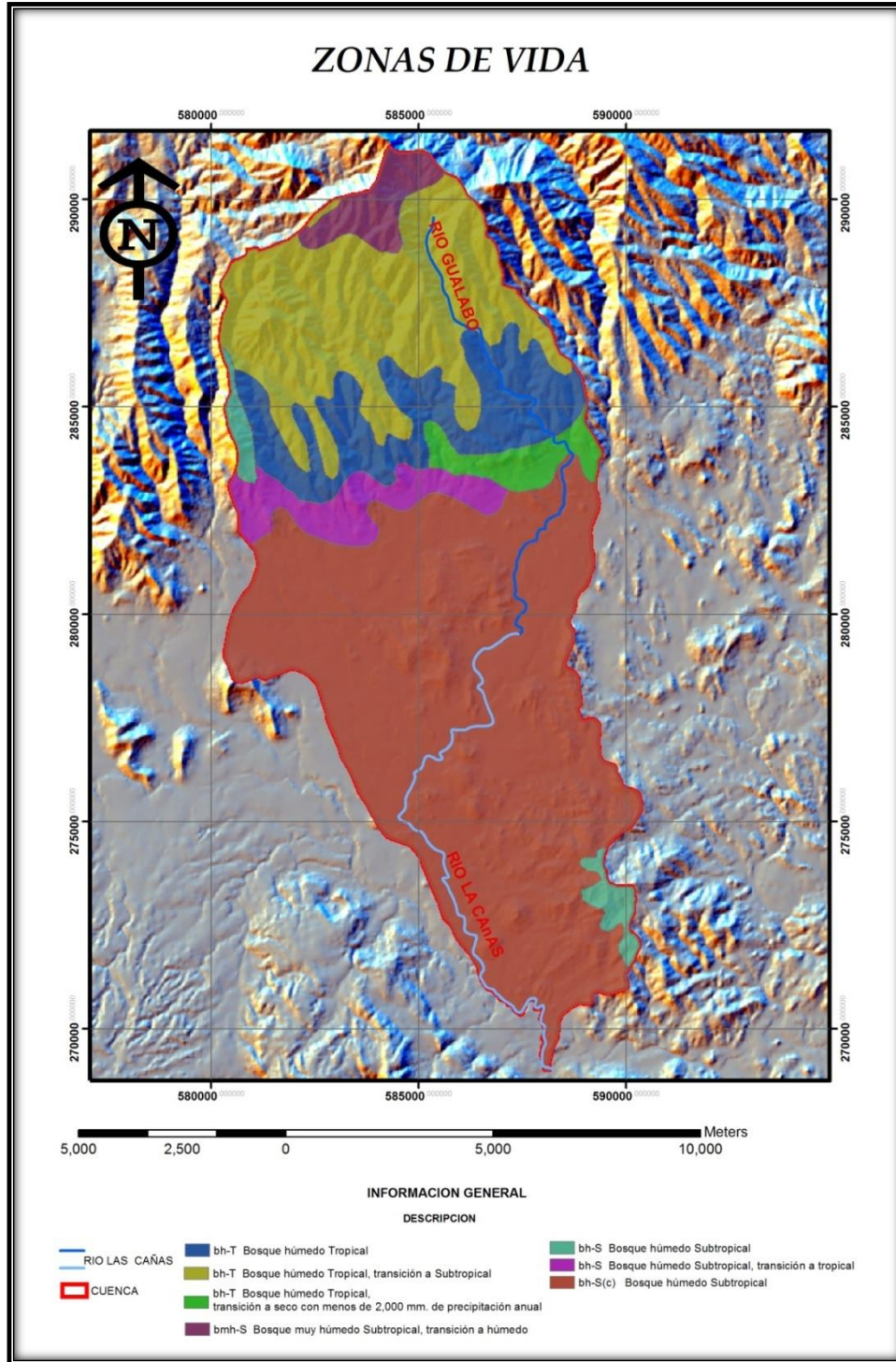


FIGURA III.3.2.1 ZONAS DE VIDA (MAPA SIN ESCALA)

Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



III.3.3- GEOLOGÍA.

Geológicamente hablando El Salvador es un país extremadamente joven. Una cuarta parte del territorio nacional es de edad pleistocénica y tres cuartas partes están cubiertas por rocas de edad terciaria, predominando la época pliocénica.

Las características principales que describen algunos aspectos del territorio son: *ELEMENTOS GEOLÓGICOS, ELEMENTOS ESTRATIGRÁFICOS Y ELEMENTOS TECTÓNICOS.*



ELEMENTOS GEOLÓGICOS:

Los elementos geológicos más importantes de El Salvador son:

-Formaciones Sedimentarias.

- Formaciones Volcánicas.

-Formaciones Intrusivas.

-Formaciones Sedimentarias:

Las rocas sedimentarias son rocas que se forman por acumulación de sedimentos que, sometidos a procesos físicos y químicos (diagénesis), resultan en un material de cierta consistencia.

Pueden formarse a las orillas de los ríos, en el fondo de barrancos, valles, lagos y mares, y en las desembocaduras de los ríos. Se hallan dispuestas formando capas o estratos.

-Formaciones Volcánicas:

Las rocas volcánicas son aquellas que se formaron por el enfriamiento de la lava en la superficie terrestre y/o bajo el mar.



-Formaciones Intrusivas:

A muchos kilómetros de profundidad de la superficie, la roca derretida llamada magma fluye a través de grietas o recámaras subterráneas. A medida que se enfría, los elementos se combinan para formar minerales de silicato comunes, los cuales son el sustento de las rocas ígneas. Estos minerales pueden alcanzar gran tamaño, si el espacio lo permite.

Las rocas que se forman de esta manera se llaman rocas ígneas intrusivas o plutónicas. Los cristales minerales son lo suficientemente grandes para ser vistos sin necesidad de un microscopio. Existen diferentes tipos de rocas ígneas intrusivas, pero el granito es el tipo más común.

En un contexto general la cuenca del Río Las Cañas se encuentra en las formaciones volcánicas e intrusivas por lo tanto afloran rocas piroclásticas ácidas, epiclásticas volcánicas, tobas ardientes y fundidas, efusivas básicas intermedias hasta intermedias ácidas, efusivas andesíticas-basálticas, conglomerado de cuarzo, areniscas, siltitas y volcanitas básicas-intermedias subordinadas.

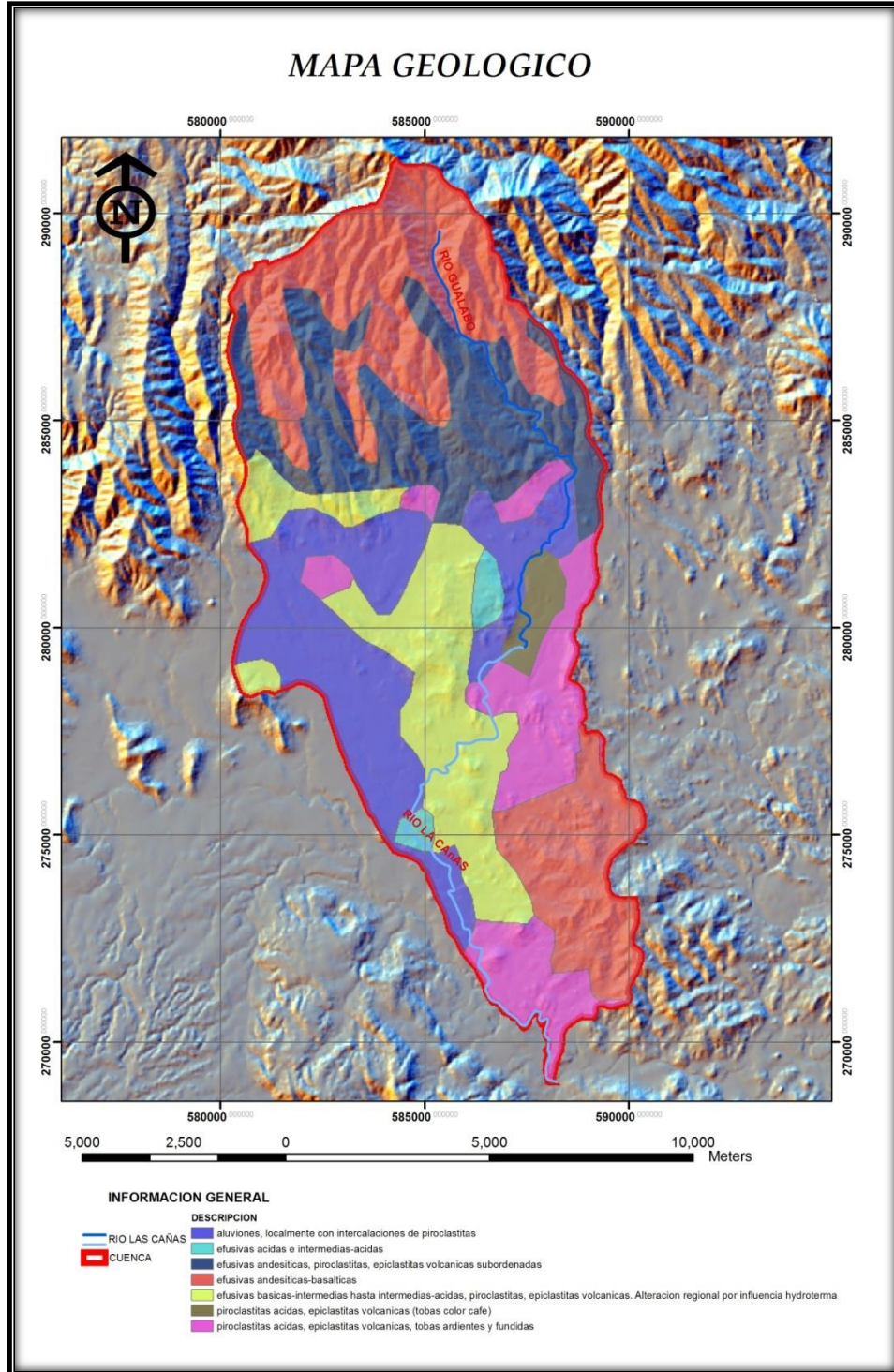


FIGURA III.3.3.1 MAPA GEOLÓGICO (MAPA SIN ESCALA).

Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



FIGURA III.3.3.2: ROCAS EFUSIVAS ANDESITICAS EXISTENTES EN EL RÍO LAS CAÑAS.



FIGURA III.3.3.3: ROCAS EFUSIVAS ACIDAS E INTERMEDIAS ACIDAS EXISTENTES EN EL RÍO LAS CAÑAS.



ELEMENTOS ESTRATIGRÁFICOS.

Un perfil esquemático de la sucesión estratigráfica de El Salvador, desde la superficie hacia el fondo, es los siguientes:

-Aluvión (Reciente):

Compuesto por gravas, arenas y arcillas a lo largo de los ríos y en depresiones locales. Depósitos de este material se encuentra en gran escala en las planicies costeras al SW y SE del país.

-Estratos de San Salvador (Holoceno hasta Pleistoceno):

Se encuentran en la cadena volcánica joven que atraviesa la parte Sur del país y están compuestos por productos extrusivos de los volcanes individuales. Estos productos son: corrientes de lava, cúpulas de lava, tobas fundidas, tobas, pómez, escoria y cenizas volcánicas, que se encuentran a veces con intercalaciones de sedimentos lacustres. El espesor de los estratos y la sucesión varía de volcán a volcán. También se encuentran suelos fósiles color café y negro.

- Estratos de Cuscatlán (Pleistoceno Inferior hasta Plioceno Superior):

Se encuentran en la cadena volcánica vieja que atraviesa la parte Norte del país y están compuestos por productos extrusivos de los volcanes individuales.

Estos productos son: corrientes de lava, aglomerados, tobas, escorias y cenizas volcánicas endurecidas y tobas fundidas con intercalaciones de sedimentos lacustres y fluviales. El espesor de los estratos y su sucesión varía de volcán a volcán. También se encuentran suelos fósiles de color rojo de poca profundidad (hasta 4 metros).

- Estratos de la Cordillera del Bálsamo (Plioceno):

Compuestos por productos volcánicos en los cuales abundan los aglomerados con intercalaciones de tobas volcánicas endurecidas y corrientes de lava basáltica-andesítica con un espesor aproximado de 500 m. También hay suelos fósiles de



color rojo de gran profundidad (hasta 20 m). Además se encuentran rocas extrusivas con pocas intercalaciones de tobas volcánicas y aglomerados; la parte inferior es de carácter andesítico y en la parte superior, basáltico. Hay algunos afloramientos más ácidos (hasta riolíticos) sobre todo en el E del país. El espesor aproximado de estos últimos es mayor de 1000 m.

-Estratos de Chalatenango (Mioceno Superior):

Son rocas volcánicas ácidas de carácter riolítico-dacítico; prevalecen las tobas muy endurecidas de colores claros; el espesor de esta serie es aproximadamente mayor de 500 m.

-Estratos de Morazán (Mioceno):

Compuestos por rocas extrusivas, básicas intermedias; ácidas, piroclásticas, tobas fundidas, riolitas y epiclásticas volcánicas.

-Estratos de Metapán (Mioceno Inferior hasta Cretácico Inferior):

Al Mioceno Inferior pertenecen areniscas finas de color rojo violeta, con bancos de conglomerados cuarcíticos; hacia abajo se encuentran conglomerados rojos de caliza con capas de areniscas. Esta serie representa los productos de erosión de las capas más inferiores; su espesor es mayor de 400 m.

Al Albiense (Cretácico Superior) pertenecen tobas volcánicas de carácter andesítico color violeta, con un espesor aproximado de 100 m.

Del Cretácico Inferior son las areniscas rojas de granos finos, con cemento arcilloso y estratificaciones finas; hacia abajo hay conglomerados de cuarzo que en su parte inferior generalmente están silificados y metamorfizados; su espesor es mayor de 350 m. El lecho es desconocido hasta hoy.

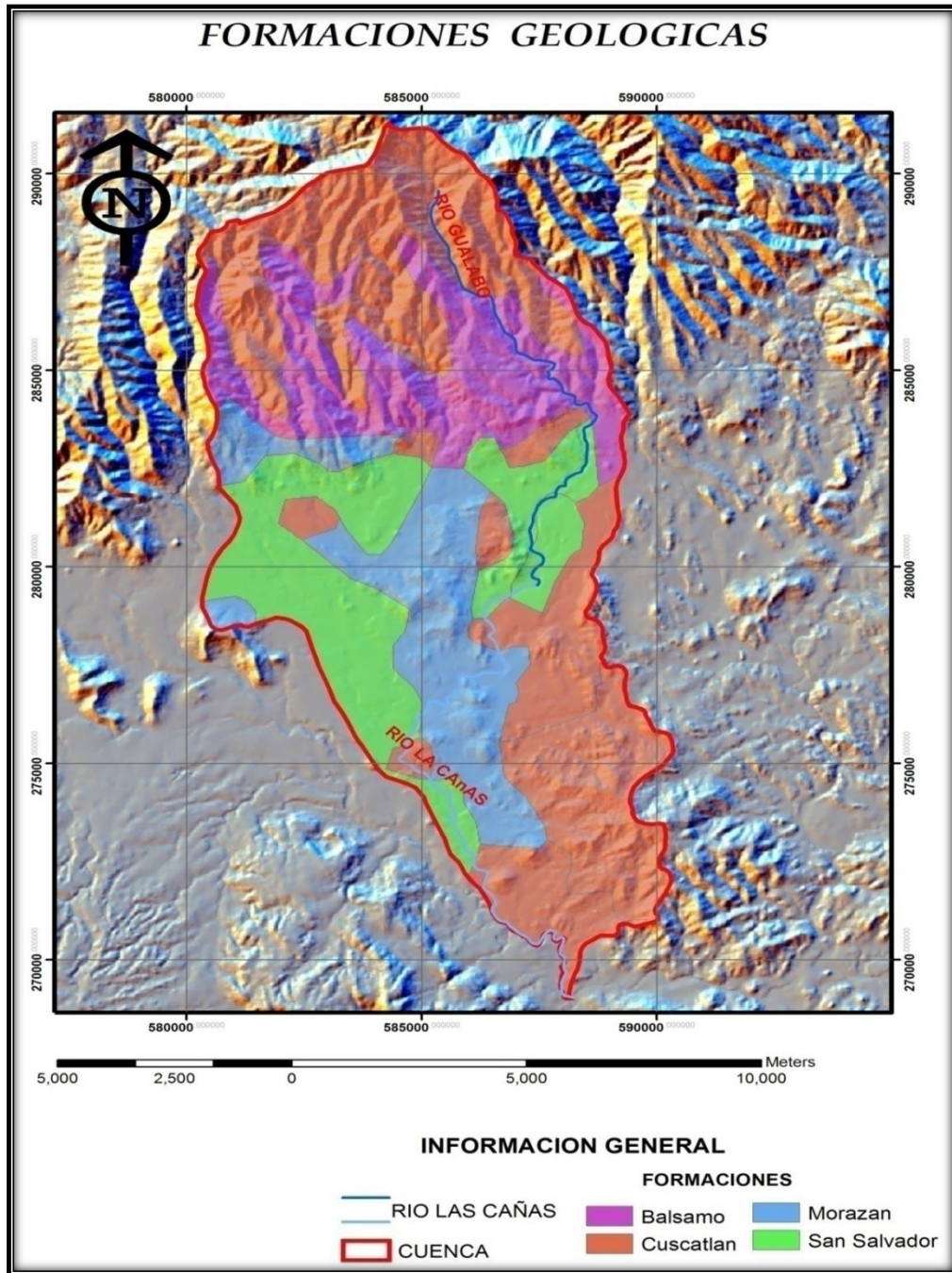


FIGURA III.3.3.4. MAPA DE FORMACIONES GEOLÓGICAS (MAPA SIN ESCALA).
Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



TABLA III.3.3.1: GEOLOGIA EN EL RÍO LAS CAÑAS.

GRUPO GEOLOGICO	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
ALUVIONES, LOCALMENTE CON INTERCALACIONES DE PIROCLASTITAS	2509.58	18.9492
EFUCIVAS ACIDAS E INTERMEDIAS-ACIDAS	185.811	1.403
EFUSIVAS ANDESITICAS, PIROCLASTICAS, EPICLASTITAS VOLCANICAS SUBORDENADAS	2550.68	19.2595
EFUCIVAS ANDESITICAS-BASALTICAS	3840.68	29.0
EFUSIVAS BASICAS-INTERMEDIAS A INTERMEDIAS-ACIDAS, PIROCLASTICAS, EPICLASTITAS VOLCANICAS, ALTERACION REGIONAL POR INFLUENCIA HYDROTERMA	2183.11	16.4841
PIROCLASTITAS ACIDAS EPICLASTITAS VOLCANICAS(TOBAS COLOR CAFE)	255.196	1.9269
PIROCLASTITAS ACIDAS, EPICLASTITAS VOLCANICAS, TOBAS ARDIENTES Y FUNDIDAS	1718.66	12.9772
TOTAL	13,243.7264	100.00

Fuente: Grupo de Tesis

TABLA III.3.3.2: FORMACIONES GEOLOGICAS EN EL RÍO LAS CAÑAS.

GRUPO GEOLOGICO	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
BALSAMO	2538.1	19.45
CUSCATLAN	5687.53	42.9451
MORAZAN	2208.48	16.6765
SAN SALVADOR	2809.55	21.2142
TOTAL	13,243.7264	100.00

Fuente: Grupo de Tesis




III.3.4- SUELOS.

III.3.4.1-TIPOS DE SUELO:

Los principales tipos de suelos reconocidos en El Salvador son los siguientes:

Aluviales, andisoles, grumsoles, latosoles arcillo rojizos, latoseles arcillosos ácidos, litosoles, regosoles y halomorficos; de los cuales en la área de estudio solamente predominan tres clases los cuales son:


 *Latosoles Arcillo Rojizos*: Este tipo de suelo se encuentra en la mayor parte de la cuenca.


Son suelos arcillosos, de color rojizo en lomas y montañas. Son bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafésos. Esta coloración se debe principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos y grados de oxidación. La textura superficial es franco arcillosa y el subsuelo arcilloso. La profundidad promedio es de un metro aunque en algunos sitios se observa afloración de roca debido a los procesos de erosión. La fertilidad puede ser alta en terrenos protegidos pudiéndose utilizar maquinaria agrícola cuando la pendiente es moderada. Son suelos aptos para casi todos los cultivos.



FIGURA III.3.4.1.1: TIPO DE SUELO LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS.



 *Latosoles Arcillosos Ácidos*: Son suelos similares a los Latosoles arcillo rojizos, pero más profundos, antiguos y de mayor acidez; por lo tanto más empobrecidos en nutrientes. Se localizan en la zona norte y en tierras altas y montañosas. Su capacidad de producción es de moderada a baja, requieren de altas fertilizaciones. Su principal uso es para reforestación. Este tipo de suelo se puede encontrar al principio de la cuenca.

 *Grumosoles*: Este es otro tipo de suelo que se encuentra en la parte media de la cuenca de El Río Las Cañas y son Suelos muy arcillosos de color gris a negro con vegetación de morros, cuando están muy mojados son muy pegajosos y muy plásticos. Cuando están secos son muy duros y se rajan. En la superficie son de color oscuro pero con poco humus o materia orgánica. El subsuelo es gris oscuro.

Son muy profundos poco permeables por lo que la infiltración de agua lluvia es muy lenta. Su uso potencial es de moderada a baja, no apta para cultivos permanentes de alto valor comercial porque al rajarse rompen las raíces de las plantas.



FIGURA III.3.4.1.2: TIPO DE SUELO GRUMOSOLES.

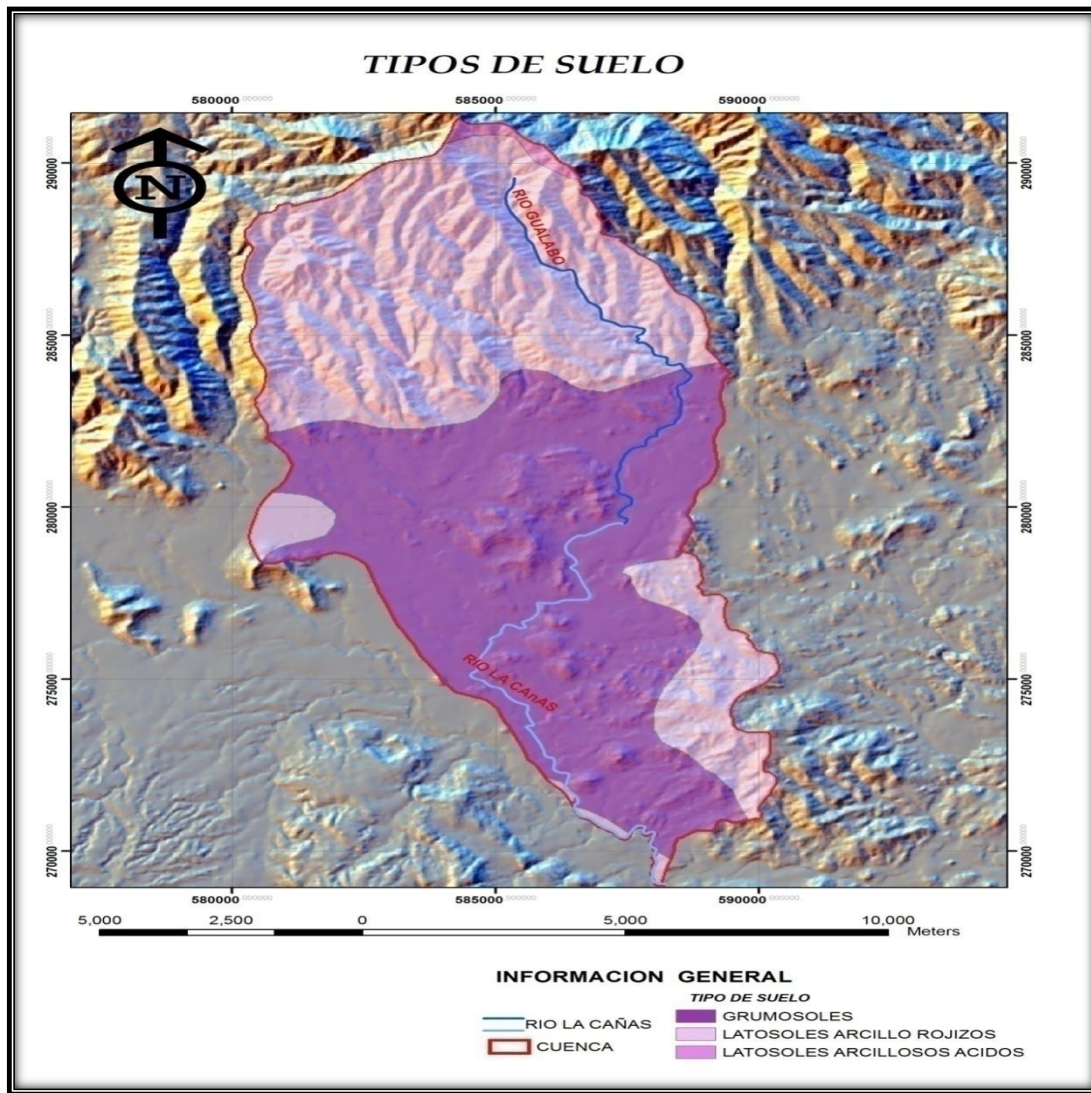


FIGURA III.3.4.1.4: REGIÓN DE TIPOS DE SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA).
Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).


TABLA III.3.4.1.1: TIPOS DE SUELOS PREDOMINANTES EN EL RÍO LAS CAÑAS.

TIPOS DE SUELOS.	AREA(ha)	PORCENTAJE (%)
Latosoles Arcillo Rojizos	6,423.8278	48.505
Latosoles Arcillo Ácidos	94.2946	0.712
Grumosoles.	6,725.6040	50.783
Total	13,243.7264	100.00

Fuente: Grupo de Tesis

III.3.4.2-USO POTENCIAL DE SUELO:

Al igual que en el tipo de suelo el uso potencial del mismo se divide en diversas clases y la cuenca de El Río Las Cañas esta dentro de las clases: Clase III, clase IV, clase V, clase VI, clase VII, clase VIII.

Clase III: Tierras que tienen algunas limitaciones para los cultivos intensivos y requieren prácticas y obras especiales de conservación, algo difíciles y costosas de aplicar.

Clase IV: Las tierras de estas clases tienen severas limitaciones que restringen la elección de plantas. Requieren cuidadosas prácticas y obras de manejo y conservación costosas de aplicar y mantener.

Clase V: Son tierras con restricciones muy severas para los cultivos intensivos, las limitaciones son tales que el costo de corrección es muy alto o casi imposible de aplicar. Son áreas en general no sujetas a erosión hídrica.

Clase VI: Las Tierras de esta clase tienen limitaciones muy severas que hacen inadecuado su uso para cultivos intensivos y lo limitan para cultivos permanentes como frutales, bosques y praderas. Se requieren usar cuidadosas medidas de conservación y manejo.



Clase VII: Tierras con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos. Restringen su uso para la vegetación permanente como bosques y praderas los cuales requieren un manejo muy cuidadoso. Estas tierras tienen limitaciones permanentes que en general son pendientes muy abruptas y suelos muy superficiales.

Clase VIII: Las tierras de esta clase están restringidas para el uso agrícola. Aptas únicamente para vegetación permanente de protección de vida silvestre o recreación.



FIGURA III.3.4.2.1: SUELOS CON ABUNDANTE VEGETACIÓN EN EL CASERÍO LOS GUEVARA.



FIGURA III.3.4.2.2: SUELOS CON BASTANTE VEGETACIÓN EN EL CANTÓN MAYUCAQUIN.

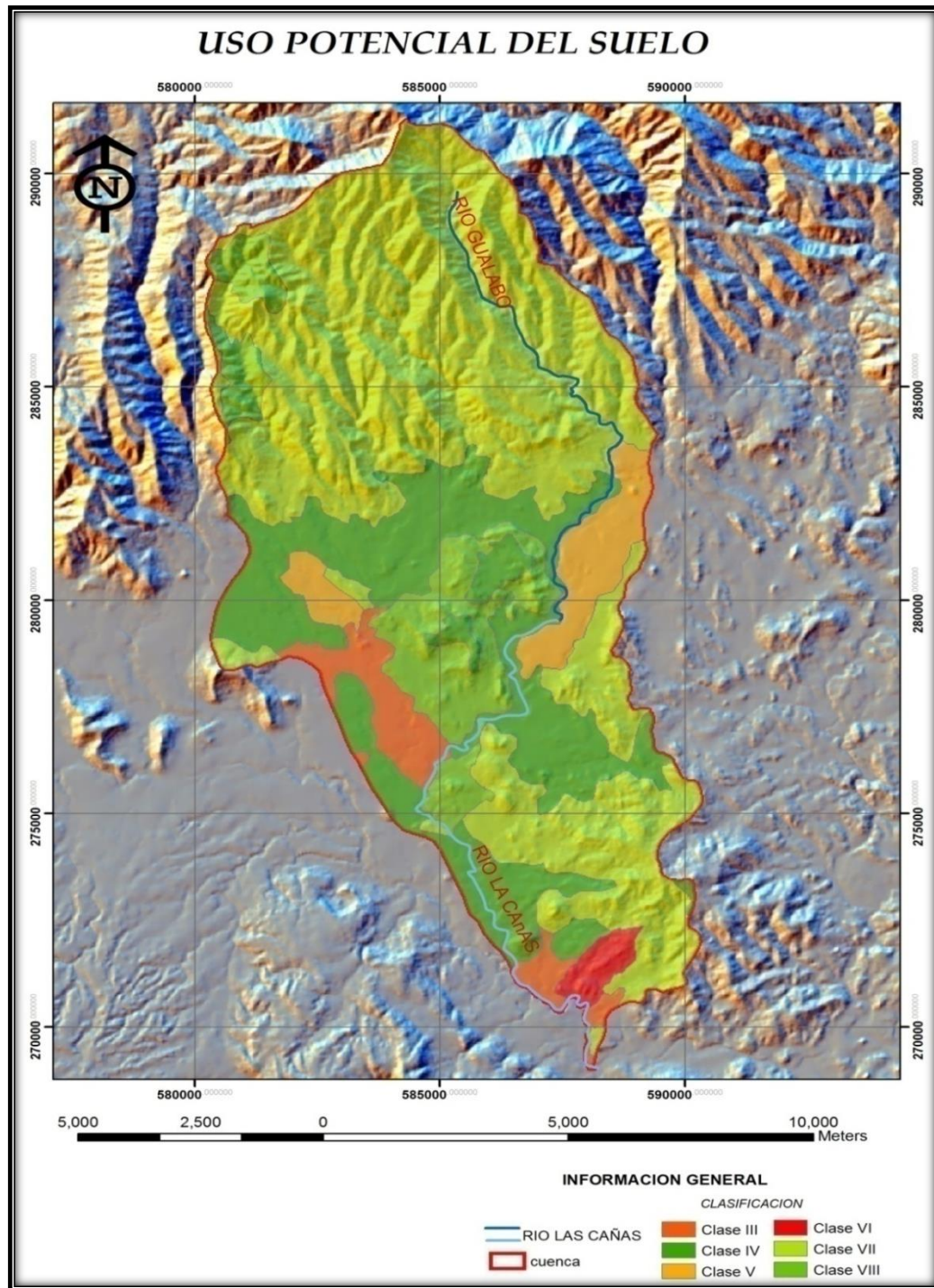


FIGURA III.3.4.3: REGIÓN DE USO POTENCIAL DEL SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO (MAPA SIN ESCALA).

Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



III.3.5-PENDIENTE.

La topografía de El Salvador se divide en diferentes rangos de pendientes y estas son:

Menor que 15%, 15%-30%, 30%-50%, 50%-70% y Mayor que 70%; y la cuenca de El Río Las Cañas esta dentro de tres rangos.

El Inicio del Rio está en una zona montañosa en el rango de pendiente 30%-50%, luego esta disminuye a 15% y la mayor parte de la cuenca tiene pendiente menor al 15%.



FIGURA III.3.5.1: SUELOS CON PENDIENTES PRONUNCIADAS.



FIGURA III.3.5.2: SUELOS CON PENDIENTES SUAVES ES DECIR MENOS DEL 15%.

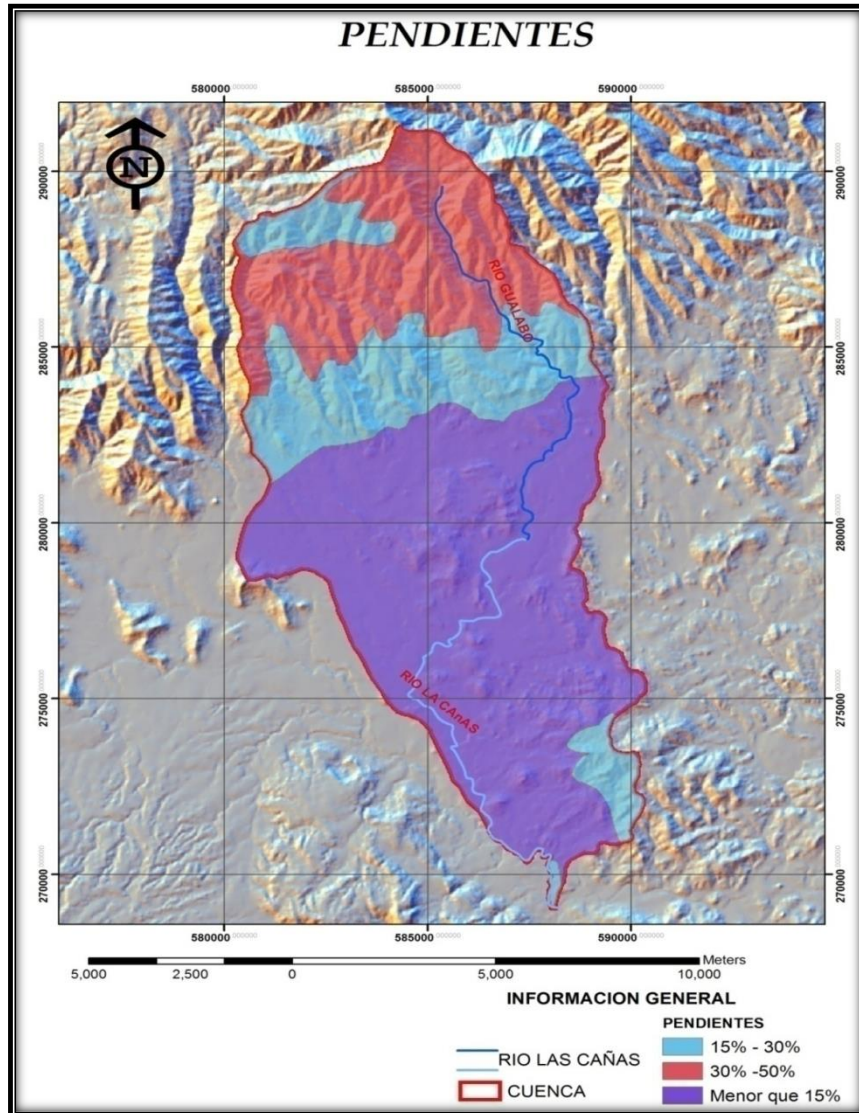


FIGURA III.3.5.3: MAPA DE PENDIENTES (MAPA SIN ESCALA).

Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

TABLA III.3.5.1: PENDIENTES EN LA CUENCA DEL RIOS LAS CAÑAS.

CLASE DE PENDIENTES.	SUPERFICIE (Ha).	PORCENTAJE (%).
Fuerte (30-50%)	2,958.0714	22.3395
Moderado (15-30%)	2,905.1320	21.9359
Suave (0-15%)	7,380.5230	55.7283
Total	13,243.7264	100

Fuente: Grupo de Tesis



III.3.6-FLORA Y FAUNA.

El ambiente está compuesto por vegetación natural y cultivos, predominan el café, la flor de izote, mangos, robles, tempate, hortalizas, conacaste entre otros en cuanto a la flora se encuentra ganado y diferentes especies de aves.



FIGURA III.3.7.1: ÁRBOL DE TEMPATE.



FIGURA III.3.7.2: ÁRBOL DE CONACASTE.

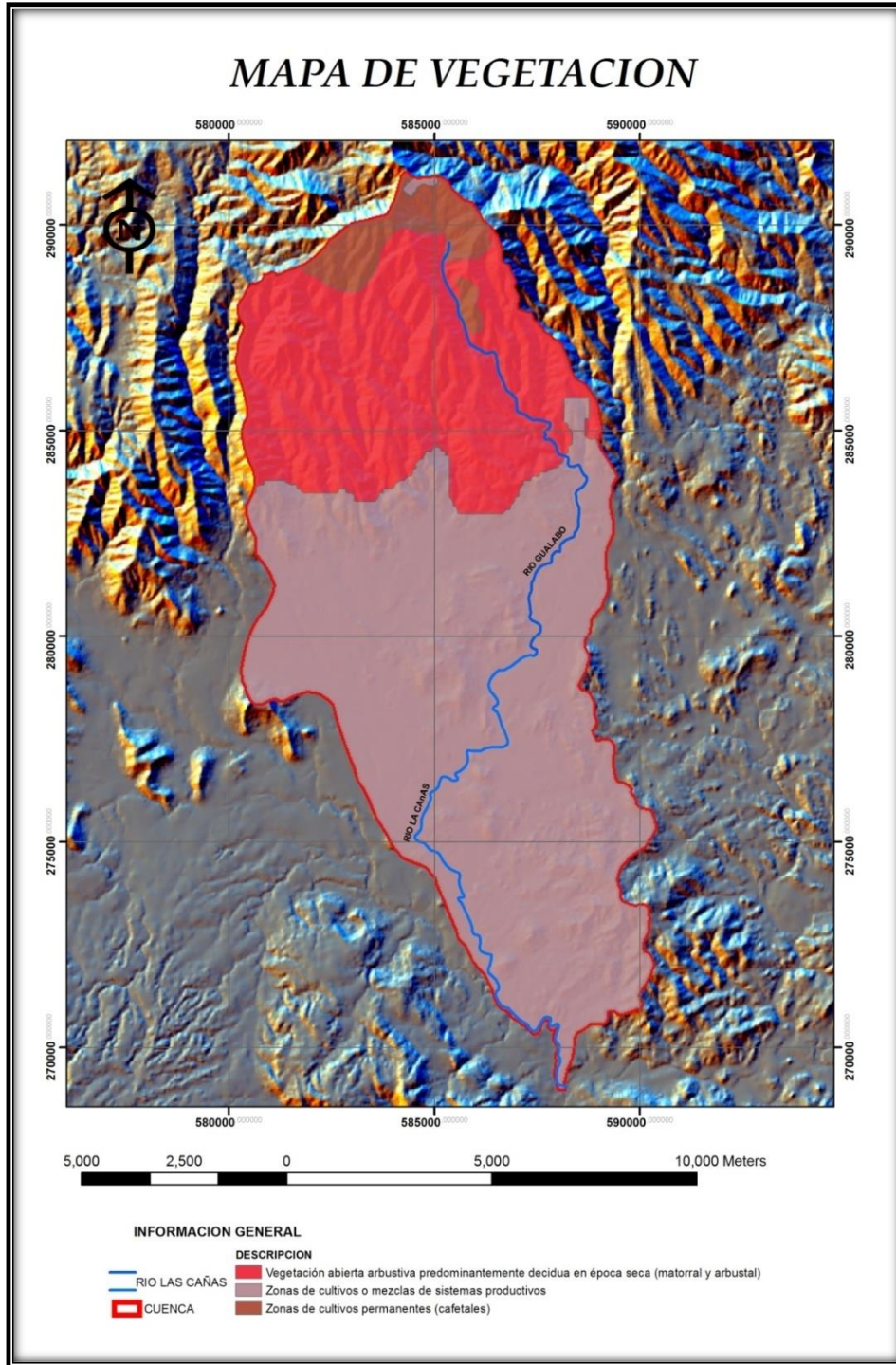


FIGURA III.3.7.3: MAPA DE VEGETACIÓN (MAPA SIN ESCALA).

Fuente: Grupo de Tesis en base a datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



III.4- CRITERIOS BIOFISICOS.

Precipitación.

La precipitación se manifiesta como gotas de lluvia que para el departamento de San Miguel en los últimos cinco años los valores anuales oscilan entre los 1806.5 milímetros de lluvia para el año 2005 y de 1245 milímetros de lluvia para el año 2004 ver Tabla III.3.4.1.1. Para el departamento de Morazán los periodos de 1996 a 2006 muestra el comportamiento de la precipitación promedio anual para los últimos 11 años de registro, los años más lluvioso fueron los años de 1996 y 1998 con una precipitación anual de 3347 mm y el menos lluvioso fue 1997 de 2215 mm. ver fig. III.4.1.

TABLA III.4.1: VALORES DE PRECIPITACIÓN 2000-2005 DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL.

Año/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
2000	0	0	0	12	357	272	132	283	370	106	11	0	1543
2001	0	0	9	0	278	65	216	245	145	371	1	0	1330
2002	8	0	0	26	316	180	230	219	256	270	56	0	1561
2003	0	0	25	1	169	325	157	289	232	312	60	0	1570
2004	0	0	5	19	239	108	249	82	326	150	66	0	1244
2005	0	0	32.6	30	382.1	152	160.7	359.9	351	321.7	43.1	0.3	1833.4
Promedio	1.3	0	11.9	14.7	290.2	183.7	190.8	246.3	280	255.1	39.5	0.1	

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)

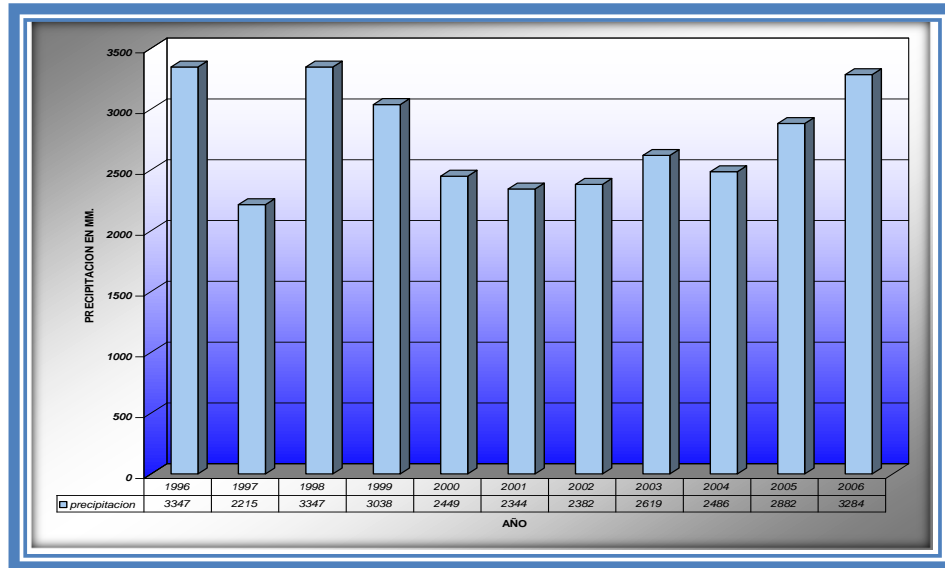


FIGURA III.4.1: VALORES DE PRECIPITACIÓN 1996-2006 DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)

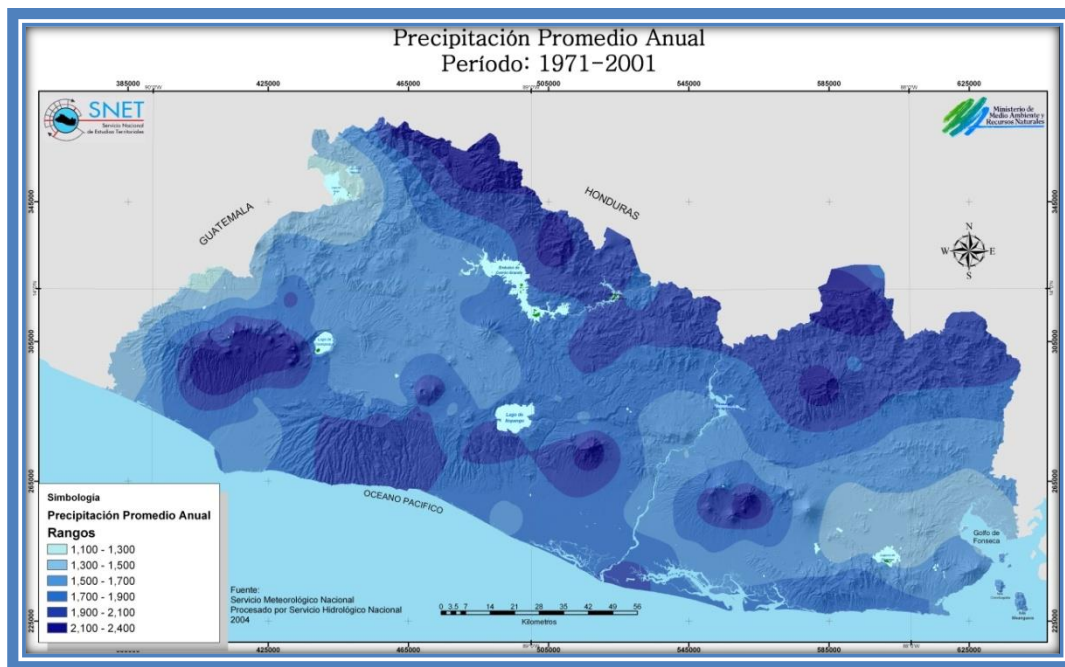


FIGURA III.4.2: VALORES DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL 1971-2001 DE TODO EL SALVADOR.

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).



III.5-ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

III.5.1- POBLACIÓN.

Los datos obtenidos de la población se tomaron de dos partes la población para los municipios se obtuvo del censo realizado en el año 2007 y la población de los cantones se adquirió del censo efectuado en 1992 ambos se llevaron a cabo por la Dirección General de Estadísticas y Censo.

TABLA III.5.1.1: POBLACIÓN DE MUNICIPIOS EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.

DESCRIPCIÓN	2005	2006	2007	2008	2009	2010
SAN MIGUEL	274,231	282,367	290,981	299,817	308,635	317,190
MONCAGUA	28,745	29,480	30,242	31,031	31,845	32,682
CHAPELTIQUE	11,648	11,749	11,854	11,965	12,082	12,205
GUATAJIAGUA	10,975	11,012	11,051	11,090	11,125	11,152
YAMABAL	3,892	3,903	3,915	3,927	3,937	3,944

Fuente: Censo de El Salvador



TABLA III.5.1.2: POBLACIÓN DE MUNICIPIOS EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.

CANTON	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
ALTOMIRO	121	102	223
EL DIVISADERO	149	167	316
SAN JACINTO	232	214	446
SANTA INES	582	530	1,112
SANTA BARBARA	154	180	334
SAN PEDRO	794	917	1,711
EL SIRIGUAL	496	547	1,043
EL VOLCAN	259	296	555
LOS ABELINOS	747	775	1,522
MAIGUERA	459	484	943
PAJIGUA	747	729	1,476
SAN BARTOLO	287	281	568
EL LIMON	550	570	1,120
JOYA DEL MATAZANO	311	347	658
LOMA DEL CHILE	299	314	613
SAN JUAN	802	763	1,565

Fuente: Censo de El Salvador

III.5.2- PRINCIPALES OCUPACIONES Y FUENTES DE INGRESO.

Los habitantes de las comunidades de la cuenca del Río Las Cañas tienen diversas ocupaciones entre las que más predominan están: la agricultura, jornaleros, amas de casas y comerciantes.

La mayoría de los hombres se dedican a actividades de la agricultura y las mujeres se dedican a los oficios domésticos.



III.5.3- COMERCIALIZACIÓN.

La mayoría de personas que se dedican a la agricultura venden una parte del producto y otra parte la consumen, además se encuentran pequeñas tiendas de productos básicos.

III.5.4-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.

III.5.5-SERVICIOS BÁSICOS.

Los servicios básicos para los habitantes de las comunidades de la cuenca del Rio Las Cañas son los siguientes:



Agua potable:

La población de los cantones y caseríos de la cuenca tienen alguna fuente de agua para abastecer sus necesidades básicas, aunque algunas fuentes no se consideran que tengan la calidad de agua establecida por las Normas de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA), ya que no cuentan con ninguna protección física, ni un sistema de tratamiento adecuado.

Muchas personas usan agua directamente de la cuenca para el consumo humano y otras personas poseen pozos artesanales.



El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) es el encargado de brindar la asistencia a la salud de la población a través de diversas unidades de salud las cuales atienden tanto a municipios y cantones en casos graves.

En la Tabla III.5.4.1 presentan las Unidades de salud existentes en la cuenca del Río Las Cañas:

TABLA III.5.4.1: UNIDADES DE SALUD EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.

MUNICIPIO.	NOMBRE	TIPO DE SERVICIO.	INSTITUCIÓN RESPONSABLE	PERSONAL TÉCNICO.	FRECUENCIA DE ATENCIÓN.
Guatajiagua.	Unidad de Salud de Guatajiagua.	Unidad de Salud.	Ministerio De Salud.	Capacitado.	Lunes a Viernes.
Sensembra.	Unidad de Salud de Sensembra.	Unidad de Salud.	Ministerio De Salud.	Capacitado.	Lunes a Viernes.
Chapeltique.	Unidad de Salud de Chapeltique.	Unidad de Salud.	Ministerio De Salud.	Capacitado.	Lunes a Viernes.
Yamabal.	Unidad de Salud de Yamabal.	Unidad de Salud.	Ministerio De Salud.	Capacitado.	Lunes a Viernes.
Moncagua.	Unidad de Salud de Moncagua.	Unidad de Salud.	Ministerio De Salud.	Capacitado.	Lunes a Viernes.
San Miguel.	Unidad de Salud San Carlos.	Unidad de Salud.	Ministerio De Salud.	Capacitado.	Lunes a Viernes.
	Unidad de Salud Zamoran.	Unidad de Salud.	Ministerio De Salud.	Capacitado.	Lunes a Viernes.

Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social.

Cabe mencionar que en cada cantón hay un promotor(a) de salud que también brinda ayuda en cuanto a las salud de la población.



En cuanto a la educación en las comunidades de la cuenca del Rio Las Cañas, esta es brindada por el Ministerio de Educación (MINED).

En la Tabla III.5.4.2 se describen los centros escolares de los cantones que se encuentran en la cuenca del río Las Cañas.

TABLA III.5.4.2: CENTROS ESCOLARES EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.

Cantón/Caserío.	Nombre del Centro Escolar	Institución Responsable
San Jacinto.	<i>Centro Escolar:</i> "Asentamiento San Jacinto".	Ministerio de Educación.
El Divisadero.	<i>Centro Escolar:</i> "Caserío El Divisadero, Cantón Achotal".	Ministerio de Educación.
Santa Inés.	<i>Centro Escolar:</i> "Cantón Santa Inés".	Ministerio de Educación.
Cantón San Jacinto.	<i>Centro Escolar:</i> "Cantón San Jacinto".	Ministerio de Educación.
Cantón Alto Miro.	<i>Centro Escolar:</i> "Cantón Alto Miro".	Ministerio de Educación.
Cantón San Pedro.	<i>Centro Escolar:</i> "Caserío Cerro El Jiote".	Ministerio de Educación.
Cantón Santa Barbara.	<i>Centro Escolar:</i> "Cantón Santa Bárbara".	Ministerio de Educación.
Cantón Joya El Matazano.	<i>Centro Escolar:</i> "Caserío Los Cimientos, Cantón Joya El Matazano".	Ministerio de Educación.
Cantón San Juan.	<i>Centro Escolar:</i> "Caserío Minitas, C/ San Juan".	Ministerio de Educación.
Cantón San Juan.	<i>Centro Escolar:</i> "Blanca Benítez De Flores".	Ministerio de Educación.
Cantón Maiguera.	<i>Centro Escolar:</i> "Cantón Maiguera".	Ministerio de Educación.
Cantón San Bartolo.	<i>Centro Escolar:</i> "Cantón San Bartolo".	Ministerio de Educación.
Cantón Abelines.	<i>Centro Escolar:</i> " Cantón Los Abelines".	Ministerio de Educación.
Los Amates.	<i>Centro Escolar:</i> "Caserío Los Amates, Cantón San Bartolo".	Ministerio de Educación.
Cantón El Rodeo.	<i>Centro Escolar:</i> "Cantón El Rodeo".	Ministerio de Educación.
Cantón El Limón.	<i>Centro Escolar:</i> "Cantón El Limón".	Ministerio de Educación.

Fuente: Ministerio de Educación, Región Oriental.


 *Vivienda.*

Existen diversos tipos de viviendas en la cuenca del río Las Cañas pero las que predominan son las casas de ladrillo de obra, bloque y bahareque; en cuanto a techos se encuentran de teja y duralita.


 *Energía eléctrica.*

La mayoría de cantones y caseríos que se encuentran en la cuenca del Río Las Cañas posee energía eléctrica.

III.5.6-PRINCIPALES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

 *Producción agrícola.*

La producción agrícola es una de las principales actividades a las que se dedica la población de estas comunidades, entre los cultivos que más se siembran se tienen los granos básicos (maíz y maicillo), sandía, pipianes y ayotes; así como también se cultivan árboles frutales como mangos y jocotes.

 *Producción pecuaria.*

Los sistemas de producción pecuaria que predominan son los siguientes: bovinos (vacas, terneros y bueyes), porcinos (cerdos) y aves de corral (gallinas, pollos, gallos, etc.).



III.6-ESTUDIO REALIZADO.



PRUEBAS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA.



PRUEBAS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA.

MANEJO DE MUESTRAS.

Las muestras de agua se colectaron en frascos de polietileno, tomando todas las precauciones necesarias para evitar la contaminación accidental durante el proceso de muestreo y transporte de las mismas.

La profundidad a que se tomó cada muestra es de 25 cm. y a una distancia de 7 kms., aguas abajo.

El total de muestras recolectadas son tres, las muestras se trasladaron al laboratorio O.M.JUAREZ CONSULTORES para el respectivo análisis empleando los procedimientos establecidos por ANDA y las normas estándar aceptadas a nivel nacional e internacional.



FIGURA III.6.1: TOMA DE MUESTRA UNO.



FIGURA III.6.2: TOMA DE MUESTRA DOS.



FIGURA III.6.3: TOMA DE MUESTRA TRES.



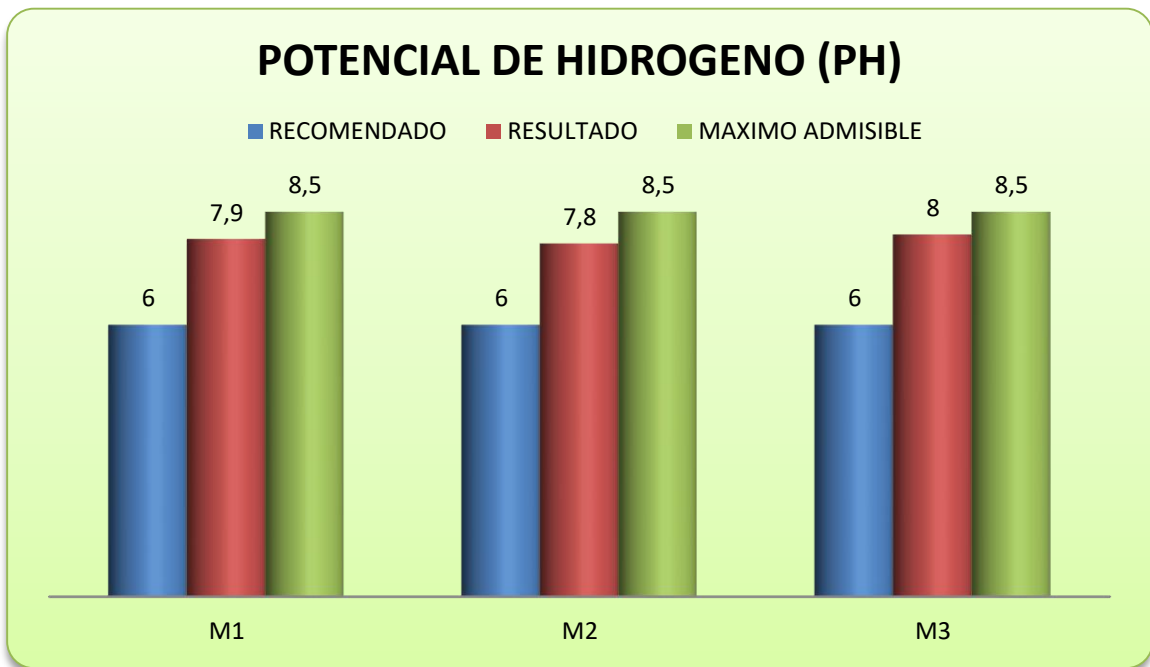
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.



PARAMETROS FISICO QUIMICOS:

POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)

POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
	7.9	7.8	8	6	8.5

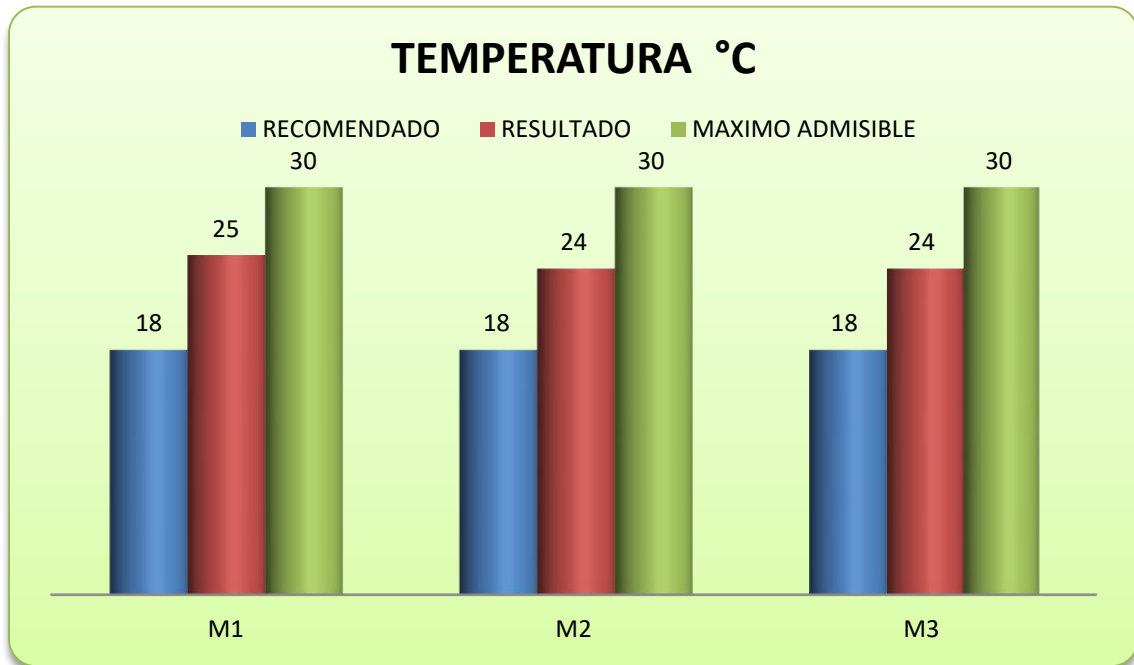


Las muestras analizadas presentan características básicas, que no exceden al rango máximo.



TEMPERATURA °C

TEMPERATURA					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
°C	25	24	24	18	30

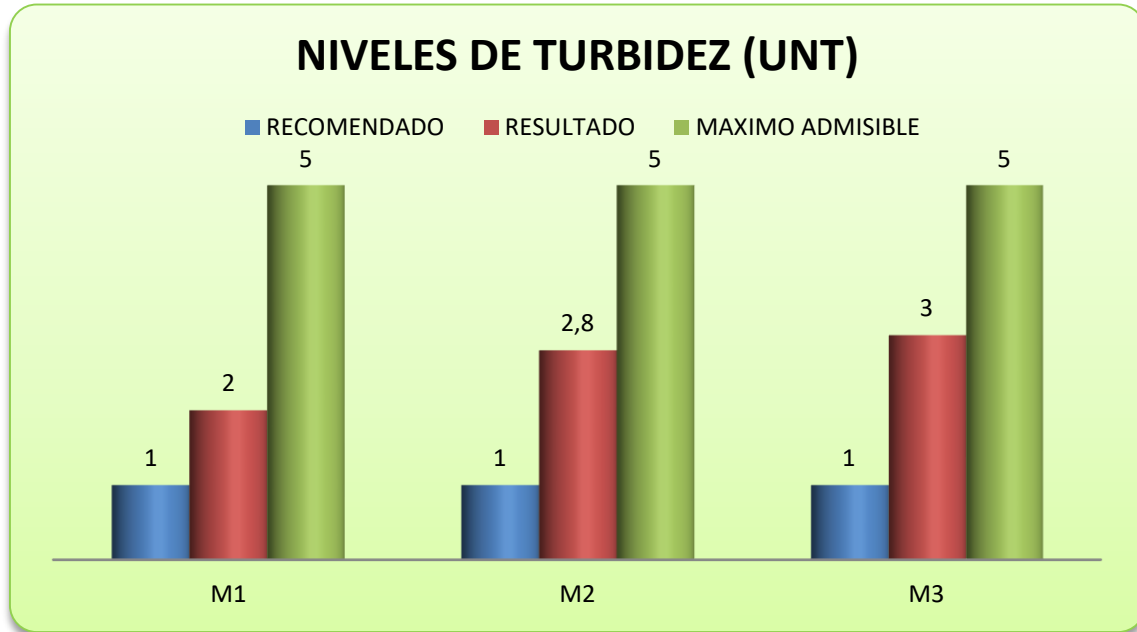


Las muestras analizadas, presentan temperatura moderada, que permite la vida acuática y por efecto térmico no hay disolución de rocas.



TURBIEDAD

TURBIEDAD					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
UNIT	2	2.8	3	1	5

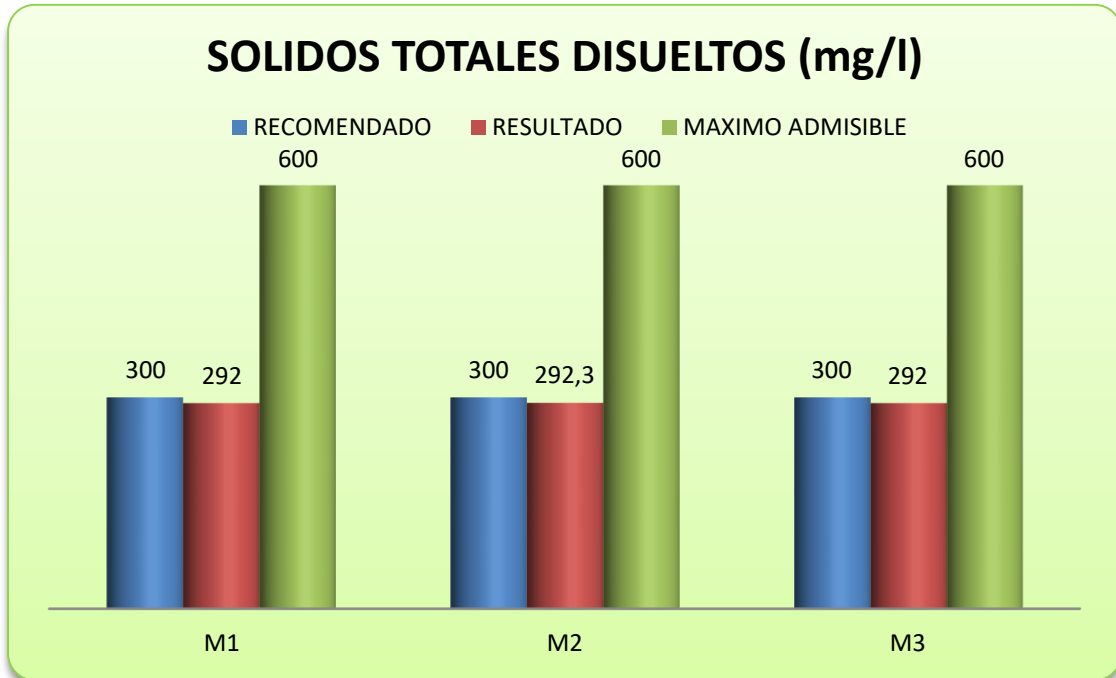


La turbidez presenta partículas coloridas disueltas en el agua las muestras reflejan un promedio debido a impactos ambientales tales como viento y la erosión.



SOLIDOS TOTALES DISUELTOS

SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
mg/l	292	292.3	292	300	600

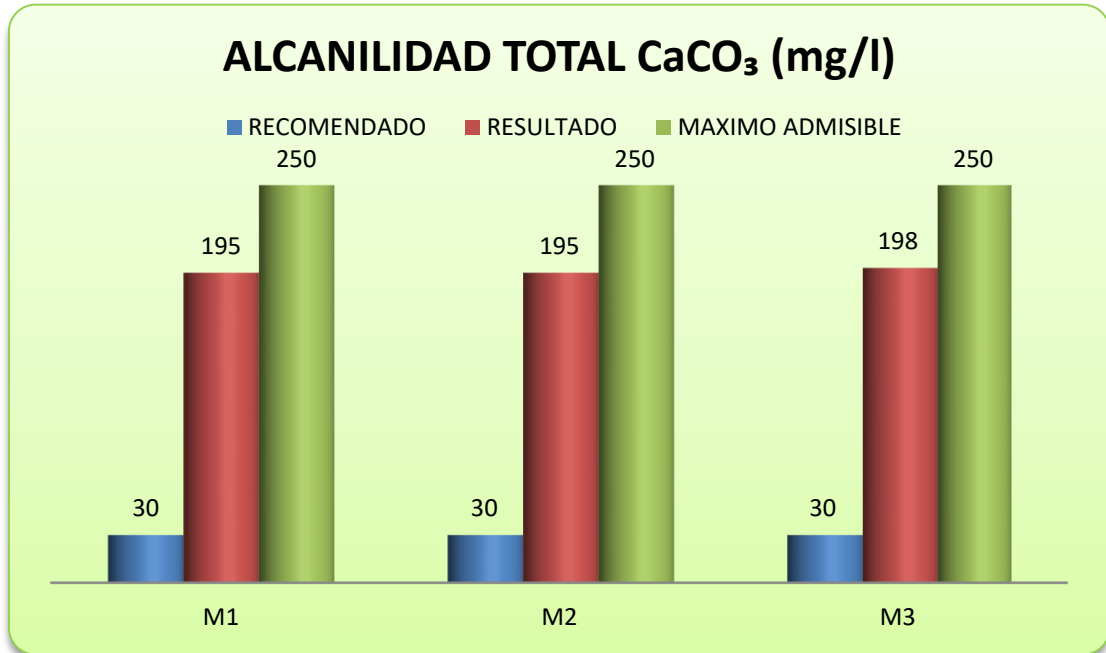


Los sólidos totales disueltos representan la cantidad de sales disueltas, las muestras por sus factores de temperatura, Ph, no excedan el rango máximo, sin embargo debido a la fricción de las rocas, existe cierta cantidad disuelta, que la sitúa como agua semidura.



ALCALINIDAD TOTAL

ALCANILIDAD TOTAL CaCO ₃ (mg/l)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
mg/l	195	195	198	30	250

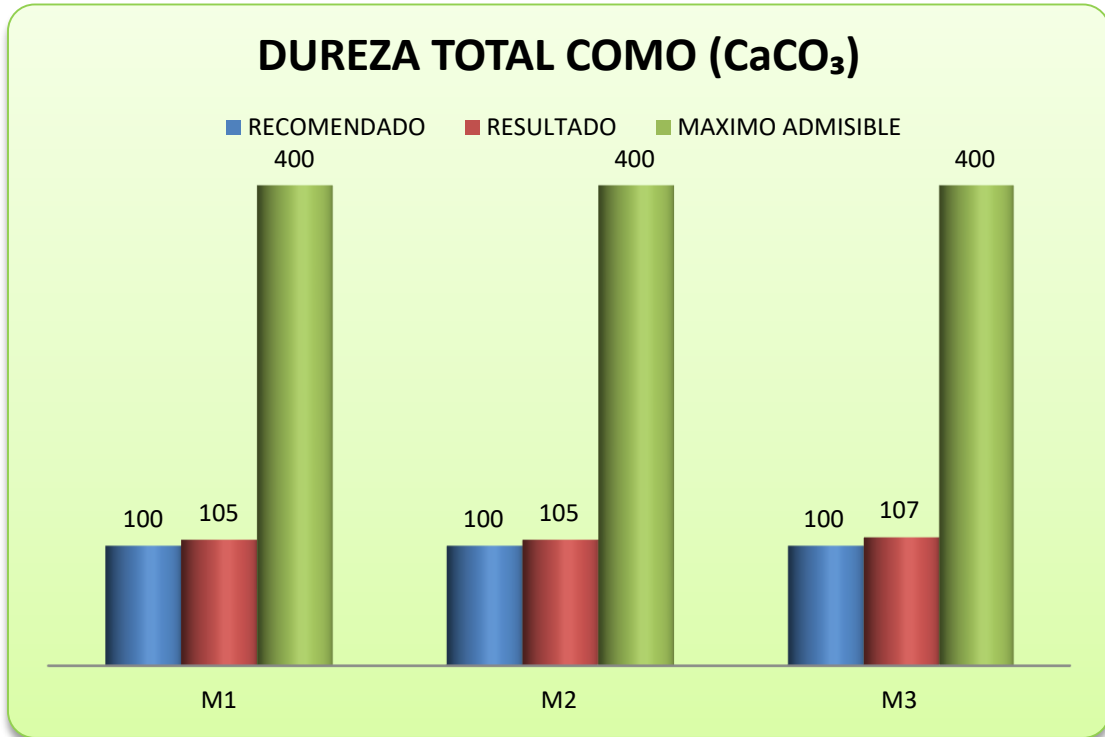


Las muestras analizadas demuestran poco CO₂ disuelto debido a temperatura, lo que la convierte en agua semidura.



DUREZA TOTAL COMO (CaCO₃)

DUREZA TOTAL COMO (CaCO ₃)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
(mg/l)	105	105	107	100	400

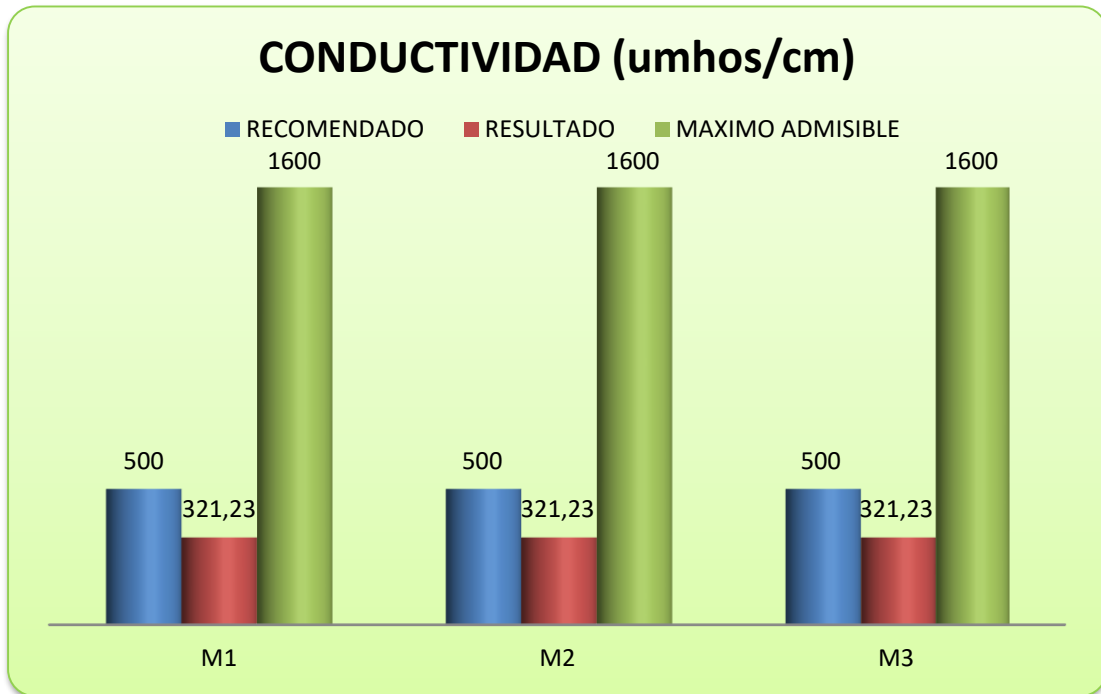


La dureza total está representada por la dureza como carbonato especialmente el de calcio los resultados de las muestras analizadas presentan valores en el rango recomendado de la norma lo que la cataloga como agua blanda a semidura.



CONDUCTIVIDAD

CONDUCTIVIDAD (umhos/cm)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
(umhos/cm)	321.23	321.23	321.23	500	1600

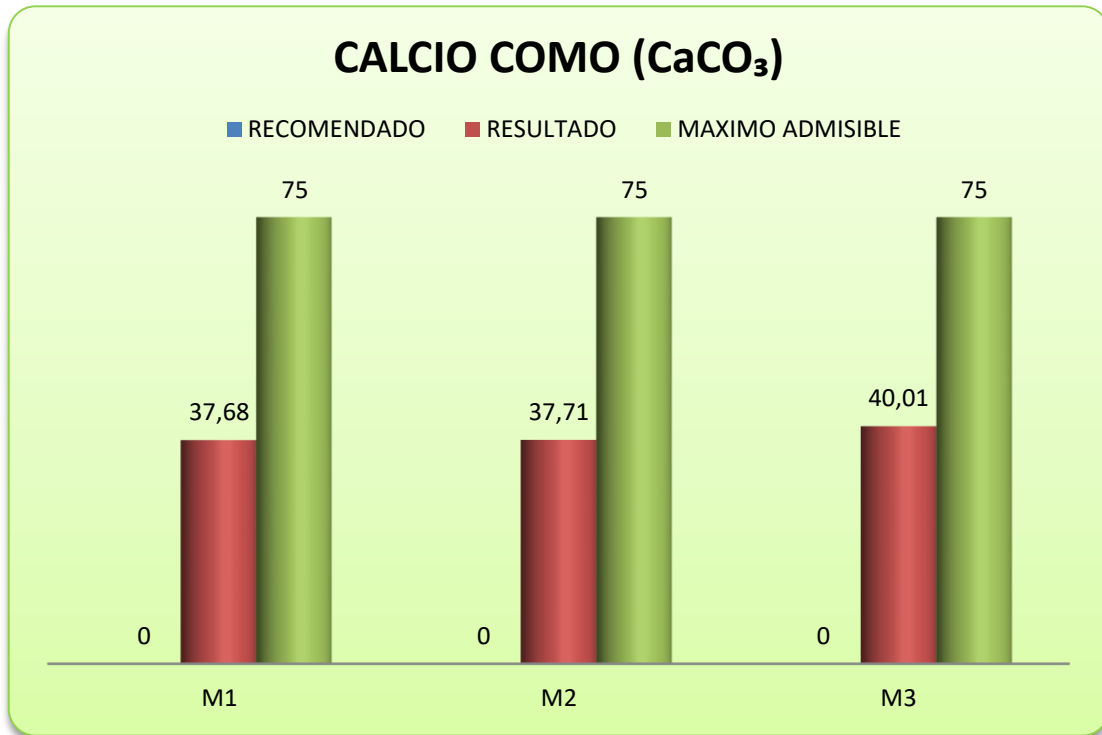


Por los factores PH y temperatura la cantidad de sales disueltas es baja, además que no existen otros tipos de emisores que modifiquen su característica la conductividad es baja. La conductividad se define como huella digital de el agua no sufre cambios en su recorrido en estos puntos.



CALCIO

CALCIO COMO (CaCO ₃)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
(mg/l)	37.68	37.71	40.01	0	75

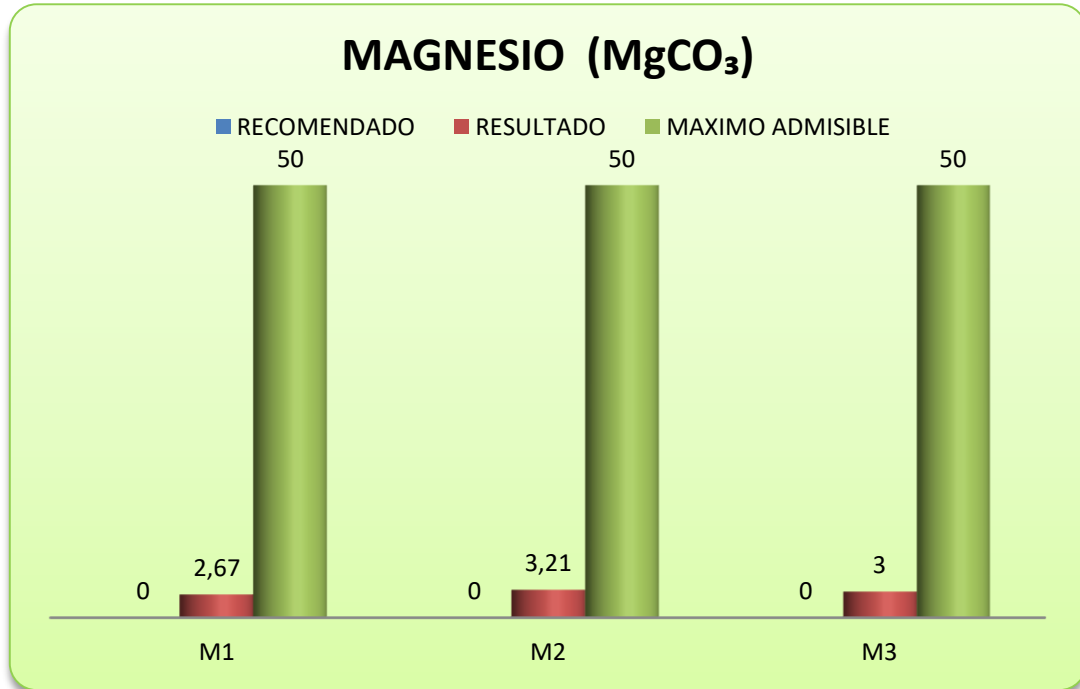


Las muestras reflejan una moderada cantidad de calcio debido a características geológicas del cauce, conformado por talpetate; que influyen para ser establecido como agua semidura



MAGNESIO

MAGNESIO COMO (MgCO ₃)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
(mg/l)	2.67	3.21	3	0	50

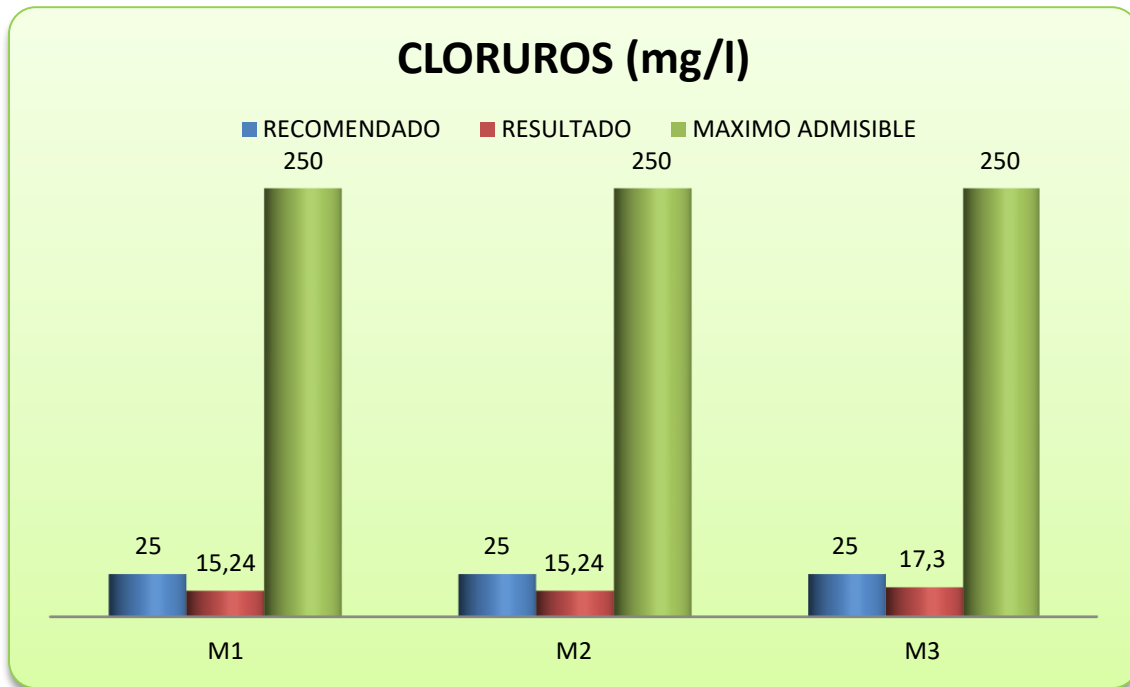


La escasa presencia del magnesio es debido que en el área no existen rocas ígneas y la conformación geológica, es básicamente a sedimento con depósitos de ceniza volcánica.



CLORUROS

CLORUROS (mg/l)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
(mg/l)	15.24	15.24	17.3	25	250

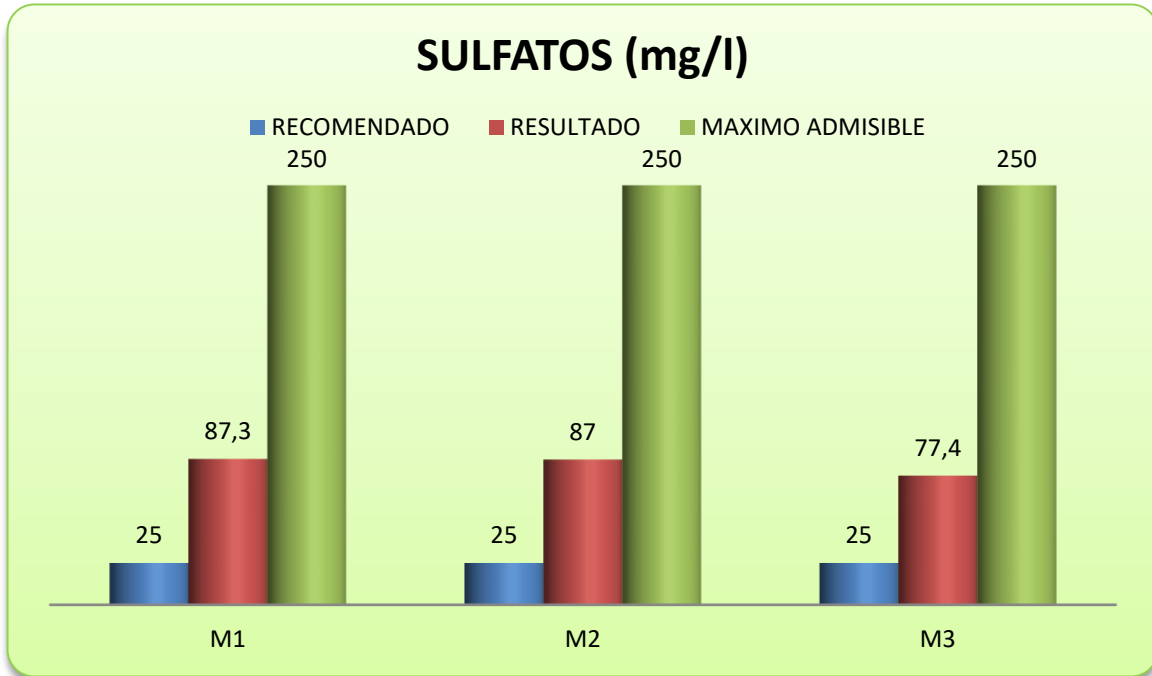


Los cloruros son indicativos de contaminación por aguas residuales en este caso la concentración es muy baja al valor mínimo, por tanto no existe contaminación por agua negra.



SULFATOS

SULFATOS (mg/l)					
UNIDADES	M1	M2	M3	LIMITES NORMA	
(mg/l)	87.3	87	77.4	25	250

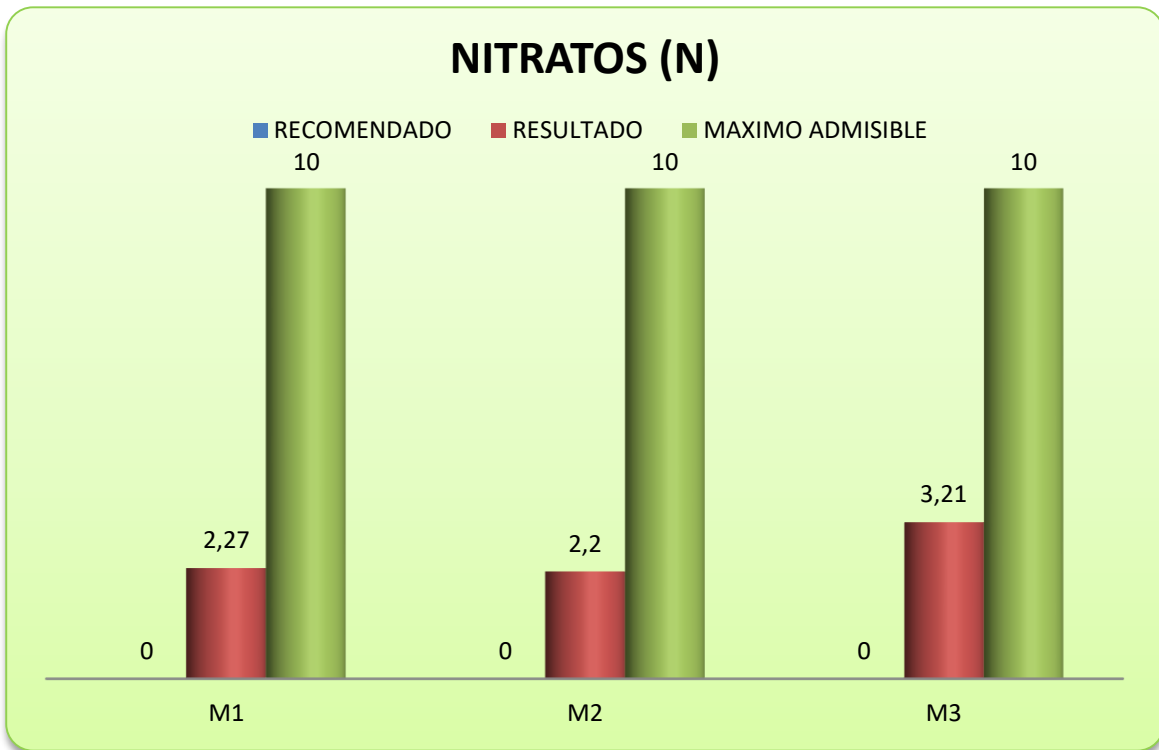


Los sulfatos indicativos de contaminación por sustancias tenso-activas, como detergentes, donde el aporte por esta actividad es bajo, que no supera el rango máximo.



NITRATOS

NITRATOS (N)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
(mg/l)	2.27	2.2	3.21	0	10

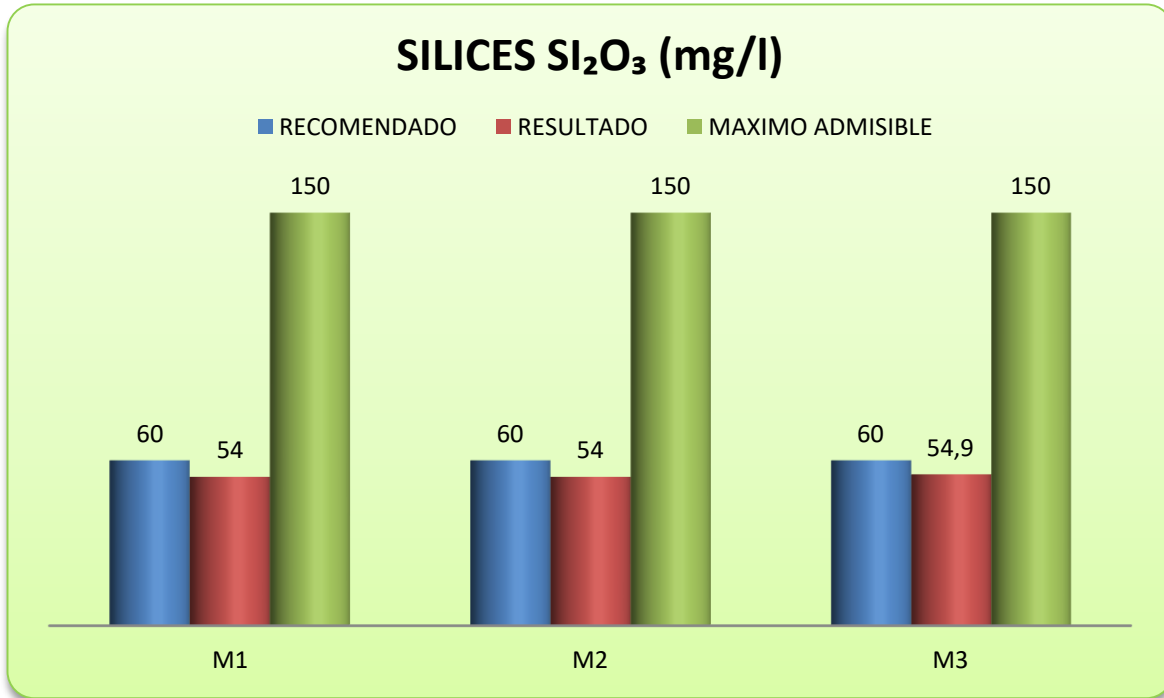


Los nitratos son indicativos de la proliferación microbiana, su abundancia es una relación directa con los NO₃, por tanto las muestras reflejan un bajo población microbiana y una baja concentración de nitratos.



SILICES

SILICES Si ₂ O ₃ (mg/l)					
UNIDADES	M1	M2	M3	RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
(mg/l)	54	54	54.9	60	150



Debido a las condiciones de temperatura y PH el agua mostrada, presenta una moderada cantidad de silicatos menor al rango mínimo.



CAPITULO IV

PROPUESTA



PROPUESTA.

Según los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo la calidad del recurso hídrico del Río Las Cañas no se presenta niveles de contaminación alta; por lo que en el presente capítulo se exponen propuestas dirigidas en gran parte a la conservación del mismo.

IV.1- PROPUESTAS AGRÍCOLAS:

Como es bien sabido, la agricultura es el principal usuario de recursos de agua dulce, ya que utiliza un promedio mundial del 70 por ciento de todos los suministros hídricos superficiales. Si se exceptúa el agua perdida mediante evapotranspiración, el agua utilizada en la agricultura se recicla de nuevo en forma de agua superficial y/o subterránea. No obstante, la agricultura es al mismo tiempo causa y víctima de la contaminación de los recursos hídricos. Es causa, por la descarga de contaminantes y sedimentos en las aguas superficiales, por la pérdida neta de suelo como resultado de prácticas agrícolas desafortunadas y por la salinización e inundación de las tierras de regadío. Es víctima, por el uso de aguas residuales y aguas superficiales y subterráneas contaminadas, que contaminan a su vez los cultivos y transmiten enfermedades a los consumidores y trabajadores agrícolas. La agricultura se desarrolla en una simbiosis de tierras y aguas, como se señala claramente en el documento FAO (1990a), "... deben adoptarse las medidas adecuadas para evitar que las actividades agrícolas deterioren la calidad del agua e impidan posteriores usos de ésta para otros fines".



IV.1.1- CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS VIVAS.

Las barreras vivas son líneas de vegetación densa sembradas a curvas de nivel para reducir la velocidad de la escorrentía superficial y retener los sedimentos. Son una opción factible de ser implementada por el pequeño productor para reducir la erosión causada por el agua de escorrentía, aumentar la disponibilidad de forraje en la época seca y reducir la presión sobre el uso de los rastrojos.



FIG. IV.1.1.1: BARRERAS VIVAS.



IV.1.2- CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS MUERTAS:

Las barreras muertas, son muros a nivel, contruidos con piedras superficiales de tamaños manejables presentes en el terreno. En las laderas, las barreras deben ser contruidas sobre una pequeña base aplanada para darles mayor sustentación y no sobrepasar una altura de 50 cm. La ventaja de éste tipo de obra es que se aumenta el área útil de los terrenos y al limpiarlo de piedras se facilitan las labores agrícolas.

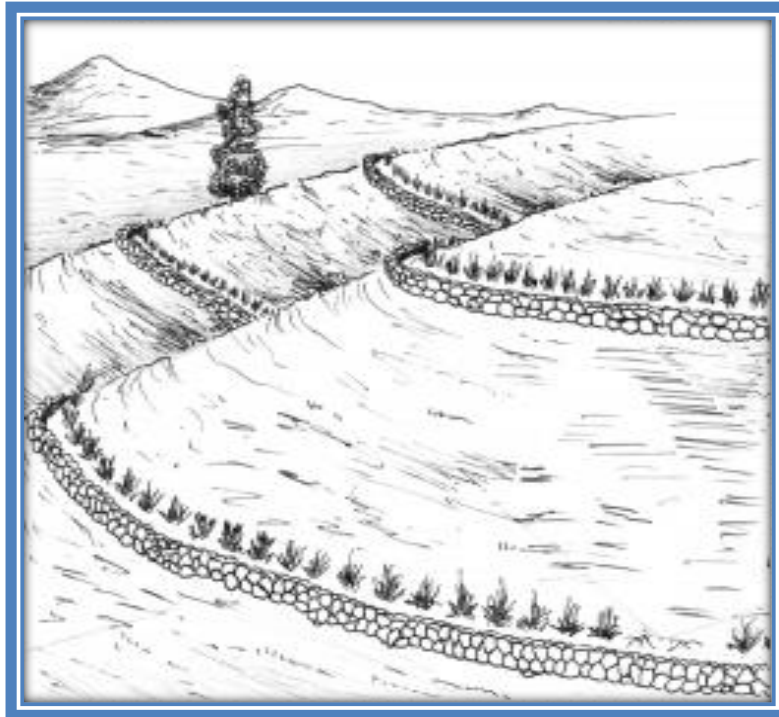


FIG. IV.1.2.2: BARRERAS MUERTAS DE PIEDRA.



IV.1.3-REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS AGRÍCOLAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS.

El manejo integrado de plagas consiste en medidas que pueden implementarse en técnicas agrícolas, con el fin de disminuir la aplicación de productos químicos que contaminan el suelo, y posteriormente los ríos por la incorporación de sólidos contaminados.

Las medidas a tomar son las siguientes:

Variedades a sembrar.

Es apropiado seleccionar las variedades de cultivos a sembrar para obtener resultados favorables, tomando en cuenta la susceptibilidad de estas a las plagas y enfermedades, que es potencialmente traducido a una mayor aplicación de agroquímicos.

Monitoreos del cultivo.

El monitoreo del cultivo se debe realizar con el fin de determinar si hay necesidad de la aplicación de agroquímicos, e identificar el momento más oportuno para realizar dicha aplicación.

Plantas trampa.

Estas plantas se sembradas cercanas al área de cultivo, esta medida es efectiva ya que se puede combatir la plaga en la “planta trampa” que carece de valor comercial, disminuyendo así la aplicación de agroquímicos en el cultivo de interés y confinando la aplicación de este en un área en específico.



Control de malezas.

Es recomendable mantener el área de cultivo libre de malezas antes de la siembra y durante el desarrollo del cultivo, ya que las malezas además de competir por nutrientes del suelo, pueden albergar insectos patógenos que luego se convierten en plaga.

Rotación de cultivos.

La alternación de diferentes tipos de cultivos en el suelo permite alterar el proceso de desarrollo de las plagas y enfermedades que atacan a los cultivos.

IV.2- REDUCCIÓN DE FUENTES DE FOSFATO:

Los fosfatos presentes en el agua pueden provenir de distintas fuentes tales como: desechos humanos y animales, residuos industriales, arrastre de residuos de fertilizantes, detergentes, etc.

Cabe mencionar que durante las visitas que se realizaron no se pudo identificar ninguna fuente de contaminación industrial específico de esta naturaleza sin embargo se pueden identificar varias fuentes dispersas: residuos de agroquímicos aplicados a cultivos, heces fecales humanas y animales y detergentes, por lo cual se recomiendan tomar las siguiente medida con respecto a cada una de las posibles fuentes de contaminación.



IV.2.1-ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN DE FÓSFORO EN EL SUELO.

Es recomendable, previo a la siembra, el realizar un análisis del suelo para estimar los requerimientos de fertilizante en el suelo con el fin de evitar una aplicación desmedida e innecesaria de estos.

Los nutrientes aplicados al fertilizar pueden clasificarse según su modo de reaccionar con el suelo en *móviles o inmóviles*. Los primeros, tal el caso del nitrógeno, reaccionan muy poco con el suelo luego de su aplicación y se mueven en forma relativamente libre a través del perfil del suelo en general en la dirección de movimiento del agua. Los nutrientes *inmóviles* son aquellos que luego de aplicados reaccionan con el suelo en tal manera que se mueven muy poco desde su sitio en el que entran en contacto con el suelo porque se producen reacciones cuyos productos presentan una solubilidad menor a la presente en el fertilizante.

En general, los cultivos no captan más del 15 - 25 % del P aplicado anualmente siendo la cantidad no disponible (fijada) dependiente de la acidez y la mineralogía del suelo. La mayor disponibilidad se logra en condiciones de pH entre 6 y 7, por debajo de 6 aumenta la formación de productos con hierro o aluminio y por sobre pH 7 - 7.5 los productos son dominados por calcio.

Los riesgos de pérdida de P por lavado (lixiviación) son mínimos y ocurren luego de la saturación de los sitios de fijación, como en el caso de suelos arenosos con altas aplicaciones de estiércol u otros productos ricos en P. El transporte superficial de P es factible como consecuencia de la pérdida de suelo por procesos erosivos que generen el transporte de partículas minerales finas (materia orgánica, arcillas) sobres las que se encuentren retenidos los fosfatos.



IV.2.2-CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS.

Uno de los factores que contribuyen a la contaminación del río Las Cañas con fosfatos son los residuos de heces fecales tanto humanas como animales, que son transportadas hacia estos cuerpos por escorrentías, vientos o vertido directo ; una de las alternativas para contrarrestar la contaminación por heces fecales humanas es la construcción de letrinas que son infraestructuras adecuadas para la captación de los residuos humanos en aquellas áreas en las que no se tiene acceso a un sistema de alcantarillado que canaliza adecuadamente estos desechos.

Se proponen la construcción de dos tipos de letrina y resumideros:

TABLA. IV.2.2.1: CARACTERISTICAS DE LETRINAS.

TIPO DE LETRINA.	RECOMENDADA EN :
Letrina Abonera Seca	Donde el nivel freático se encuentre poco profundo, en donde la letrina este ubicada a una distancia menor de 30mts de las fuentes de abastecimiento y la permeabilidad del suelo sea buena.
Letrina de hoyo modificada	Donde el nivel freático este profundo y exista una distancia mínima de 30mts entre la letrina y la Fuentes de abastecimiento de agua. Además la permeabilidad del suelo debe ser baja (para la letrina de hoyo).

Fuente: Manual De Saneamiento, Vivienda, Agua Y Desechos.



Letrina abonera seca familiar:

La LASF consiste en una taza o asiento especial (con separación para heces y orina) y poseedora de dos cámaras recipientes de material impermeables que se usan en forma alterna; una se está llenando mientras la otra descompone el material previamente depositado. (Ver figura Fig. IV.2.2.1) Para conveniencia del varón se puede instalar un orinal aparte, así no tendrá que sentarse para llevar a cabo esta función.

Esta es una letrina lenta que le da tiempo suficiente a las heces para que sufran su descomposición. El proceso seguido es seco, utiliza cal o ceniza, y por esa razón básica desde el inicio se separan los orines. Los lodos o material seco que de ellas se extrae pueden ser aplicados como abono o acondicionador de suelos.

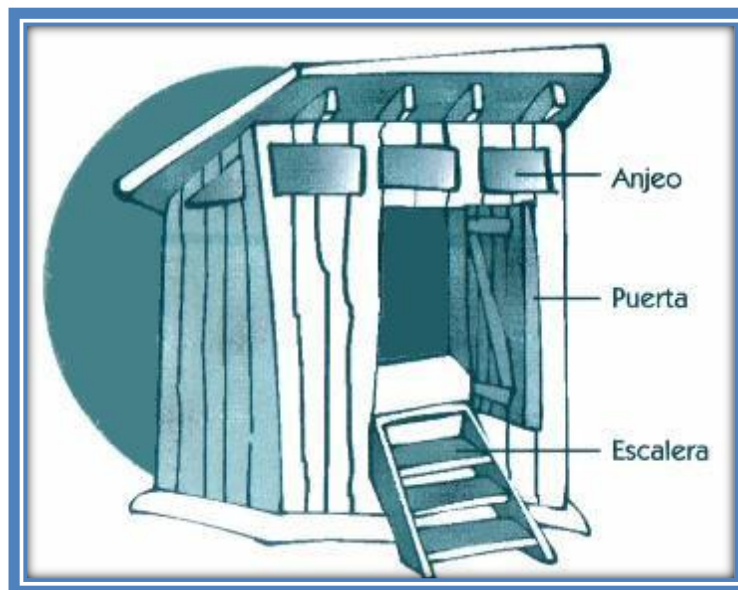


FIGURA IV.2.2.1: LETRINA ABONERA SECA FAMILIAR.

Fuente: www.disaster-info.net/.../2/15letabse.htm.



Características:



Las heces caen en la cámara y la orina llega por un tubo hasta afuera de las cámaras. Este tubo o manguera saliendo del asiento se une con la que viene del orinal para recolectar toda la orina en un recipiente adecuado, antes de su posible aplicación posterior.



Una de las funciones de la ceniza es secar las heces para lograr una mejor descomposición y muerte de los microbios.



La LASF produce menor cantidad de gases olientes y algo de humedad.

Unas pequeñas aberturas en la sisa de los bloques son suficientes para que esos gases escapen.



Cada persona produce aproximadamente la cantidad de 1.5 costales (sacos) por año de abono, de lo cual una parte consiste en cenizas.⁷

Recomendaciones para el buen funcionamiento:



Sellar una de las tazas con plástico resistente y poner en ambos tapaderas.





Después de defecar, debe arrojar en el foso material secante para absorber los olores y humedad; no agregar ningún desinfectante.

¹ Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento
www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/saneami/guia/guia.html







 Se pueden utilizar varios tipos de material secante. El más común es la ceniza sola. Pero también se puede utilizar una mezcla de cal con tierra seca (1 medida de cal más 5 de tierra seca).


 No deberá introducir residuos sólidos (plásticos, vidrio, etc.) ni líquidos (aguas lluvias o residuales u otros.)

 Para la orina este tipo de letrina tiene un deposito especial.

 Depositar los papeles dentro de la letrina.

 Mantenerla limpia y tapada.

 Revuelva con un palo el contenido de la recamara por lo menos 2 veces por semana.

 Sellar e iniciar el uso de la otra cámara cuando la primera este llena.


 Usar el abono para los cultivos después de prepararlos.

Letrina de hoyo modificado

Es un medio para eliminar las excretas del ambiente exterior y consiste en un hoyo con una profundidad de 2 a 3 metros y está cubierto con una plancha de cemento, con un asiento donde defeca el usuario el que debe permanecer tapado cuando no se encuentra en uso; la plancha por lo común está protegida por una caseta. También cuenta con un tubo de ventilación vertical para la eliminación de los malos olores. (Ver figura Fig. IV.2.2.2).




Consideraciones a tomar para el uso:

 Debe tener 30 metros de distancia entre cualquier suministro de agua y la letrina y 10 metros de distancia a la casa. (ver Fig. IV.2.2.3)

 Son preferibles en terrenos firmes y secos, libre de inundaciones.

 Colocarla en la parte más baja del terreno.

 Cuando las excretas estén a 50 cms del nivel del suelo, debe cerrarse y hacer otro hoyo.

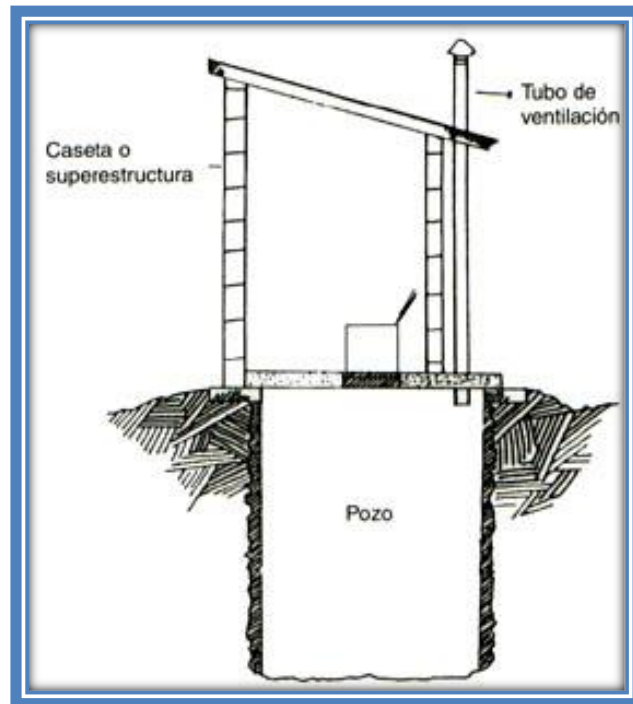


FIGURA IV.2.2.2: LETRINA DE HOYO MODIFICADO.

Fuente: www.arqhys.com/articulos/letrina.jpg.

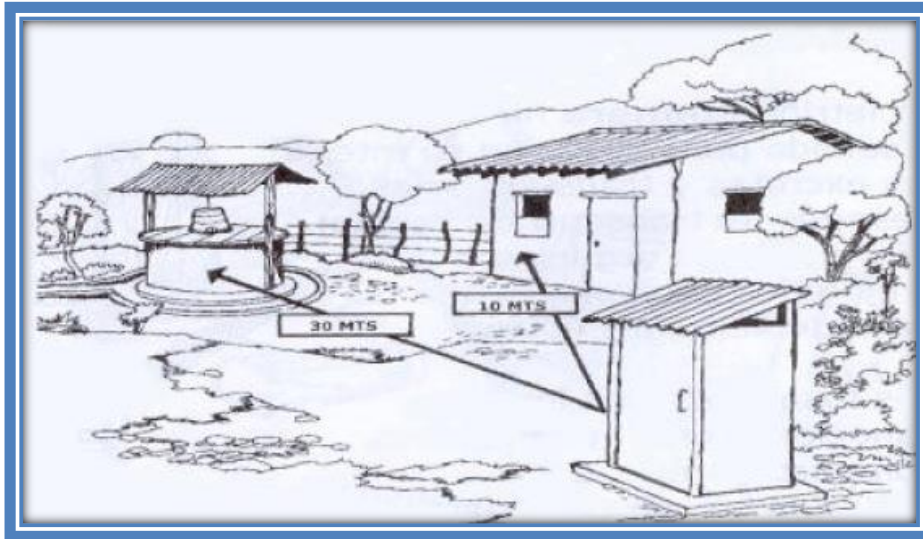


FIGURA IV.2.2.3: UBICACIÓN ADECUADA PARA UNA LETRINA DE HOYO MODIFICADO.

Fuente: www.arqhys.com/articulos/letrina.jpg

IV.2.3-CONSTRUCCIÓN DE LAVADEROS COMUNALES.

Algunos detergentes de uso común contienen en alguna medida polifosfatos o fosfatos que son agentes químicos utilizados para fijar los iones calcio y magnesio presente en aguas duras y también favorecen la capacidad emulsionante del detergente ; es así, que de manera cotidiana con el lavado de ropa, utensilios de cocina, etc. en el río, se da un aporte a la contaminación por fosfatos, y considerando la necesidad de la población cercana a las riveras de los ríos a continuar con esta acción es que debe adoptarse alguna medida para la mitigación de la contaminación por fosfatos de esta actividad.

La construcción estratégica de infraestructura dedicada a las actividades de lavado “lavaderos” aunado a un sistema de tratamiento de las aguas residuales podría no solo mitigar el aporte de fosfatos a las aguas del Río Las Cañas, sino también otros componentes contaminantes resultantes de dicha actividad.



IV.3-REDUCCION DE LA CONTAMINACION POR DESECHOS

SOLIDOS.

Se sabe que una de las formas de que se puede contaminar el río Las Cañas es que en él sean vertidos productos de desecho sólidos.

La siguiente propuesta se enfoca en dar una disposición adecuada a los desechos sólidos.

Se proponen dos métodos para disponer de las basuras:

1. Enterramiento domiciliario.
2. Compostaje.



Enterramiento domiciliario:

Es una manera sencilla, económica y sanitaria de disponer de las basuras caseras mediante la excavación de un hueco de 1.20 x 1.20 m de área y 1.50 m de profundidad.

Procedimiento:

1. Excavar un hueco en el solar de la vivienda o en el lugar que considere adecuado (lo más alejado posible de las fuentes de agua), de tal manera que no vaya a causar molestias.
2. Alrededor del pozo excavado colocar una hilera de bloques formando un broquel que va a servir de base para las tapaderas del relleno domiciliario para impedir el ingreso de aguas superficiales.
3. Elaborar dos tapaderas de 1.40 x 0.70 m cada una; para la mezcla utilice una proporción de cemento por tres de arena gruesa; estas tapas pueden ser elaboradas en ferro-cemento (arena, cemento y malla).



4. Coloque las tapas encima del brocal. De esta forma se mantiene cubierto el hueco evitando molestias sanitarias.

El funcionamiento consiste en vaciar dentro del hueco las basuras producidas en el día e ir tapando y compactando con tierra hasta que la basura se cubra totalmente. Cuando la basura llega a una profundidad de 0.40 m con respecto a la superficie del terreno, se sella el hueco con tierra para evitar la proliferación de insectos y roedores se debe retirar la tapa hacia el otro hueco que se excavará próximo al primero; estas ayudan a evitar el ingreso de aguas lluvias y superficiales.

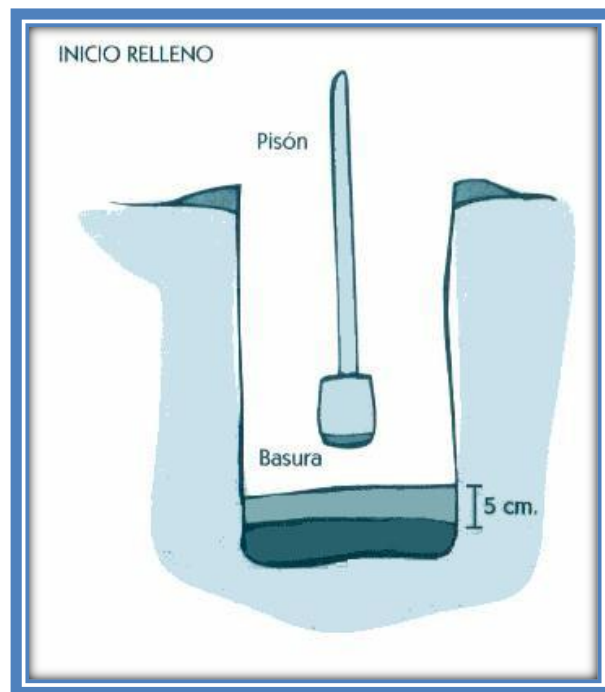


FIGURA IV.3.1: INICIO DE UN RELLENO DOMICILIAR.

Fuente: <http://www.disaster-info.net/desplazados/documentos/saneamiento01/2/20dispsanbasuras.htm>.

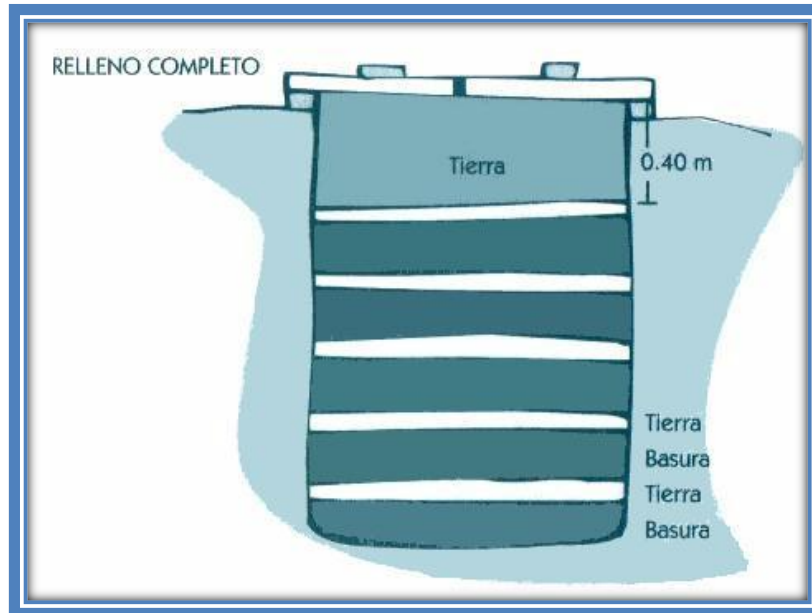


FIGURA IV.3.2: RELLENO DOMICILIAR COMPLETO.

Fuente: <http://www.disaster-info.net/desplazados/documentos/saneamiento01/2/20dispsanbasuras.htm>



Compostaje:

Es la producción de abono utilizando basuras biodegradables, es decir, las que se descomponen fácilmente.

Procedimiento.

1. Excavar un hoyo en el suelo, de unos 80 cms de lado por 1 mt de profundidad. Debe ubicarse lo más alejado de las fuentes de agua, en una superficie plana o la parte más baja del terreno y en un lugar sombreado ya que se necesita mantener su contenido húmedo.

2. Para iniciar su uso se le echa en el fondo una capa de material vegetal que sirva de base para la descomposición. Es recomendable tapar la fosa para evitar que su contenido sea arrastrado por la lluvia o se seque por efecto del sol y viento.



3. Se vacía diariamente el recipiente con la basura orgánica, y si la basura esta húmeda o fresca cúbrala con ceniza o tierra.
4. Semanalmente se cubre la basura con una capa de estiércol fresco de bestia o gallinaza, que facilita la descomposición.
5. Cada 15 días se debe remojar y revolver el contenido de la fosa para que entre el aire.
6. Tapar la compostera con un nailon negro preferiblemente para que su contenido guarde el calor (55-70°C) para facilitar la descomposición.
7. Cuando la fosa está llena, se sella con una capa de tierra de 10 cms. De grosor.
8. Después de 4 meses está listo para aplicarse a los cultivos y plantas.



FIGURA IV.3.3: CICLO DEL COMPOSTAJE.
 Fuente: www.solounplaneta.com/.../14/compostaje-casero/.



IV.4-EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN EN SEDIMENTOS.

La propuesta consiste en la evaluación de la presencia de contaminantes en los sedimentos, ya que estos pueden representar un peligro de toxicidad en las aguas del río. La toxicidad de los Contaminantes presentes en los sedimentos depende de la biodisponibilidad de este, es decir del grado de migración que el contaminante pueda presentar hacia el cuerpo de agua.

CONTAMINACIÓN POR SEDIMENTOS.

Regularmente el término sedimentos, involucra en la bibliografía consultada, al material suspendido que está en la columna de agua y al depositado en el lecho de ríos, estuarios y cuerpos lacustres.

El sedimento juega un importante rol en el mantenimiento de la calidad del agua, debido a la capacidad asimilativa de los mismos para ligar, inmovilizando en ocasiones en forma casi permanente a metales pesados, herbicidas y plaguicidas.

Por otro lado, cuando se alteran ciertas condiciones físico químicas, provocadas por efectos mecánicos (ejemplo: dragado / construcción de puentes, canalizaciones) o se generan procesos biológicos en el fondo de los cuerpos hídricos, estos compuestos tóxicos y otros convencionales suelen liberarse, tanto desde los sólidos suspendidos como desde el sedimento en el fondo del cuerpo de agua. Algunos de ellos solo ejercen demanda de oxígeno para su estabilización, otros más tóxicos afectan más a la biota, alterando la ecología del medio



circundante al deteriorar la calidad de la columna de agua circundante, generando riesgos para la salud humana y aprovechamiento integral del recurso.

El efecto contaminante de la mayoría de los compuestos que pasan de un estado disuelto en la columna de agua ligados a partículas en suspensión y / o acumulados en el lodo o sedimentos del lecho del río, varían su incidencia ambiental según su concentración y estado de biodisponibilidad predominante.

La existencia de barros contaminados afecta prioritariamente a los organismos acuáticos que allí viven, que se nutren o requieren ese hábitat para su reproducción, por ejemplo: los peces.

Estos últimos y el bentos, se convierten ahora en bioacumuladores de tóxicos y en casos extremos de contaminación, el barro inhibe el crecimiento y hasta llegar a producir la muerte de los organismos bentónicos, limitando la supervivencia de los organismos superiores que se nutren de ellos.

Se consideró importante brindar información sobre fenómenos químicos que se presentan en los sedimento con el fin de conocer un poco sobre la complejidad que implica un estudio completo sobre el grado de toxicidad de un determinando compuesto orgánico o metálico en el cuerpo de agua.

IV.5-CONSERVACION DEL RECURSO HIDRICO.

Las acciones para poder conservar el recurso hídrico son muchas e involucran a todos los miembros de la comunidad, entre estas acciones están:



Reforestación:

La reforestación es la acción de reponer árboles en el lugar donde otros que por cualquier causa han sido cortados. Se debe reforestar principalmente la parte



alta y baja de la cuenca donde se produce la mayor infiltración del agua, lográndose con esto lo siguiente:

1. Atraer las nubes cargadas de agua y al acercarse a la parte alta, harán su descarga, convirtiéndose en lluvias o tormentas. (ver figura Fig. IV.6.1).

2. Retener el agua lluvia en el suelo, debido que los árboles sirven de amortiguamiento de las gotas de lluvia, ya que estas al caer sobre el follaje disminuye la velocidad de caída, lo que permite que el agua se infiltre o se consuma lentamente por los poros del suelo a lo que también contribuyen las raíces de las plantas asimismo las hojas ayudan a disminuir la evaporación, mejorando el clima.



FIG. IV.5.1: NUBES ATRAÍDAS POR LOS ÁRBOLES.

3. Guardar el agua, pues cuando los árboles dejan caer sus hojas y ramas pequeñas, especialmente en la época seca, van acumulando en el suelo una capa de materia orgánica, lo cual evita que el agua se escurra por la superficie y que el suelo se erosione, favoreciendo así la retención de la humedad y penetración del agua para alimentar el manto acuífero subterráneo.




 **Agroforestería:** La agroforestería nos permitirá asociar la siembra de árboles y cultivos agrícolas como maíz, frijol, café, maicillo y otros, o animales sobre un mismo terreno.



FIG. IV.5.2: SIEMBRA DE CULTIVOS AGRÍCOLAS.

Este sistema se podrá aplicar a la parte media y baja de la cuenca, con lo que se lograra:

1. Obtener cosechas como maíz, frijol o maicillo, favoreciendo y diversificando la productividad, promoviendo la conservación del suelo y por consiguiente el manto acuífero.
2. Combatir la erosión: salva el suelo y el agua, esto significa que debemos conservar el suelo realizando un conjunto de prácticas para mantenerlo en condiciones apropiadas, logrando una alta productividad agrícola y facilitando la infiltración o penetración del agua.



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES



V.1-CONCLUSIONES

- 1) Como no existe en El Salvador una norma de calidad de aguas superficiales se ha tomado en cuenta la norma de agua para consumo humano y los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras del río Las Cañas se ha comparado con el rango de la NSO 13.07.01.99; por tanto se establece que los parámetros analizados están dentro de los valores normados del agua que se conceptúa para consumo humano; de los que se concluye que el agua de este cuerpo hídrico superficial es apta para: abastecimiento de poblaciones humanas, uso agrícolas en abreviamiento de ganado, riego de pastizales y hortalizas y usos recreativos.
- 2) En general La contaminación que presenta el recurso hídrico del rio Las Cañas es leve de acuerdo a las pruebas fisicoquímica (turbidez, color verdadero, olor, temperatura, ph, sólidos totales, aluminio, hierro, manganeso, níquel, sulfato, dureza total, zinc, nitrato, flúor) y/o bacteriologica (coliformes totales, escherichia-coli y material fecal) (Ver Anexo 1); por lo tanto no requiere tratamientos complejos ni costosos para conservarlo.
- 3) Las quebradas son cargas puntuales de contaminación al Río Las Cañas; debido a que estas reciben las aguas domésticas a lo largo de su recorrido sin tratamiento previo. (Ver Anexo 3).
- 4) El impacto producido por las actividades humanas, Residuos humanos y animales éstos básicamente consistes en desechos fecales y orina, los que pueden transportar organismos patógenos que afectan la salud humana, labores agrícolas, el uso masivo de pesticidas, la utilización de detergente



común para lavar ropa, los desechos sólidos al curso de agua, y los sedimentos formados por partículas del suelo dan como resultado la alteración del equilibrio natural de los sistemas hídricos; en este caso desde el punto de vista para el consumo.

- 5) Para conservar el recurso hídrico en El Río Las Cañas es necesario integrar múltiples características: culturales, sociales, políticas, institucionales, económicas, físicas y ambientales; apoyadas con las instituciones como el Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y La Alcaldía de San Miguel.



V.2-RECOMENDACIONES

- 1) El Ministerio de Salud y Asistencia Social debe intervenir o tomar acciones para evitar que sean vertidas al río las aguas residuales sin ningún tratamiento; ya que estas perjudican la calidad del agua y contribuyen con la pérdida o devaluación de los recursos naturales.
- 2) Al ejecutar las propuestas presentadas permitirá un mejor manejo del recurso con fines de beneficiar la población.
- 3) Se debe diseñar un plan de supervisión y registro permanente de los productos agroquímicos que se venden a fin de implementar controles en cuanto al tipo de pesticidas y fertilizantes que se comercializan, así como asegurarse que el personal que expende los productos esté debidamente capacitado y autorizado para comercializar y recomendar dosificaciones y frecuencia de uso.
- 4) Con los productores actuales, será necesario llevar a cabo un programa de concientización y capacitación orientada a la utilización de compuestos alternativos para el tratamiento de plagas y enfermedades de los cultivos, tales como la utilización de compuestos biocidas, amigables con el ambiente
- 5) Se recomienda no utilizar los plaguicidas que se mencionan en la tabla V.1 ya que son dañinos para las salud en vez de ello se pueden promover técnicas caceras.



TABLA V.1: CARACTERÍSTICAS DE PLAGUICIDAS ENCONTRADAS EN LA CUENCA DEL RIO LAS CAÑAS.

Nombre comercial	Toxicidad	Comentarios
Gramoxone	Ib: Plaguicidas altamente peligroso	Está en la lista de la ONU entre los 17 más peligrosos plaguicidas en el mundo. Prohibido en muchos países por su alta toxicidad.
Hedanol	III: Plaguicidas ligeramente toxico.	Está prohibido en la mayoría de los países

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería

- 6) Combinar los estudios que se realizan en instituciones gubernamentales como el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Economía y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los cuales están involucrados en la recuperación y conservación del recurso hídrico con el fin de mejorar la calidad de vida de la población rural aledaña al río Las Cañas y sus afluentes.



FUENTES DE CONSULTA.

BIBLIOGRAFIA.



Balairó Pérez, Luis.
GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICO.
Barcelona Ediciones UPC. 2000.



Helmer Richchard, Hespanhol Ivanildo.
GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE PRINCIPIOS RELACIONADOS
CON LA CALIDAD DEL AGUA
CEPIS, OPS, OMS 1999.



Juana B. Eweis, Sarina J. Ergas
PRINCIPIOS DE BIORRECUPERACION.
Editorial McGraw Hill.



Lee, Harrison
MANUAL DE AUDITORIA MEDIAMBIENTAL HIGIENE Y
SEGURIDAD
Segunda Edición.










Marrero, Levi.
LA TIERRA Y SUS RECURSOS.
Editorial Cultura Venezolana S.A.



MANUAL DE SANEAMIENTO, VIVIENDA, AGUA Y DESECHOS.
Limusa. Noriega Editores.



DIRECCIONES ELECTRONICAS.

-  <http://www.csj.gob.sv>
-  [http:// www.fao.org](http://www.fao.org)
-  <http://www.geologia.ucr.ac.cr>
-  <http://aguas.igme.es>
-  <http://www.ideam.gov.co>
-  <http://www.marn.gob.sv>
-  <http://www.miportal.edu.sv>
-  <http://www.oas.org>
-  <http://www.prisma.org.sv>
-  <http://www.snet.gob.sv>

TESIS.



Boyle Lemus, William Antonio.

“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES TÓXICOS EN AGUAS SUPERFICIALES Y SEDIMENTOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ACELHUATE Y ZONA METROPOLITANA”.

Universidad de El Salvador. San Salvador.

Año: 1976.



Castillo Urrutia, María Mercedes.

“DELITO DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL EN EL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL”.

Universidad de El Salvador.



Cristobal Hernán Ríos Benitez,

“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL”.

Universidad de El Salvador.

Año: 2001.



Contreras Lopez Leivi Margarita, Villegas Villalobos, Ronal Antonio.
“IDENTIFIACION Y EVALUACION DE ESCORRENTIAS SUPERFICIALES QUE GENERAN SECTORES DE INUNDACION DE ALTO RIESGO EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL”.

Universidad de El Salvador.

Año: 2005.



Chevez Rivera, Yolanda Orit; Rubén Antonio Lizama Argueta; Miguel Angel Yanes Cruz.

“ESTUDIO HIDROAMBIENTAL DE LAS ZONAS DE RECARGA HIDRICA DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL”.

Universidad de El Salvador.

Año: 2005.



Hercules Orellana, Ingrid Jeannette; Merlos Zamora, Deisi Lilian.

“EVALUACIÓN DE CONTAMINACIÓN DEL RÍO TALNIQUE Y EL EFECTO DE SUS AFLUENTES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA”.

Universidad de El Salvador.

Año: 2003.



Roberto Jovel Campos, Juan Antonio Lemus Aparicio, Emerson Eddi Armando Nieto Hernandez.

“DIAGNÓSTICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO Y LA CALIDAD DEL AGUA DE LA ZONA RURAL DE ARMENIA DEPARTAMENTO DE SONSONATE.”.

Universidad de El Salvador

Año: 2003.



ESTUDIOS.



Esquivel, Olga.

“LEVANTAMIENTO DE LAS FUENTES CONTAMINANTES PUNTUALES DE LAS SUBCUENCAS DE LOS RÍOS SUCIO, ACELHUATE Y SUQUIAPA”.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. División General de Recursos Naturales y Renovables. Programa Ambiental de El Salvador.

San Salvador, El Salvador.

Año: Mayo, 1998.



José Roberto Handal Osegueda.

“LA SITUACION DEL MANEJO DE CUENCAS EN EL SALVADOR”

Año: Abril de 2002.



Servicio Hidrológico Nacional. SNET

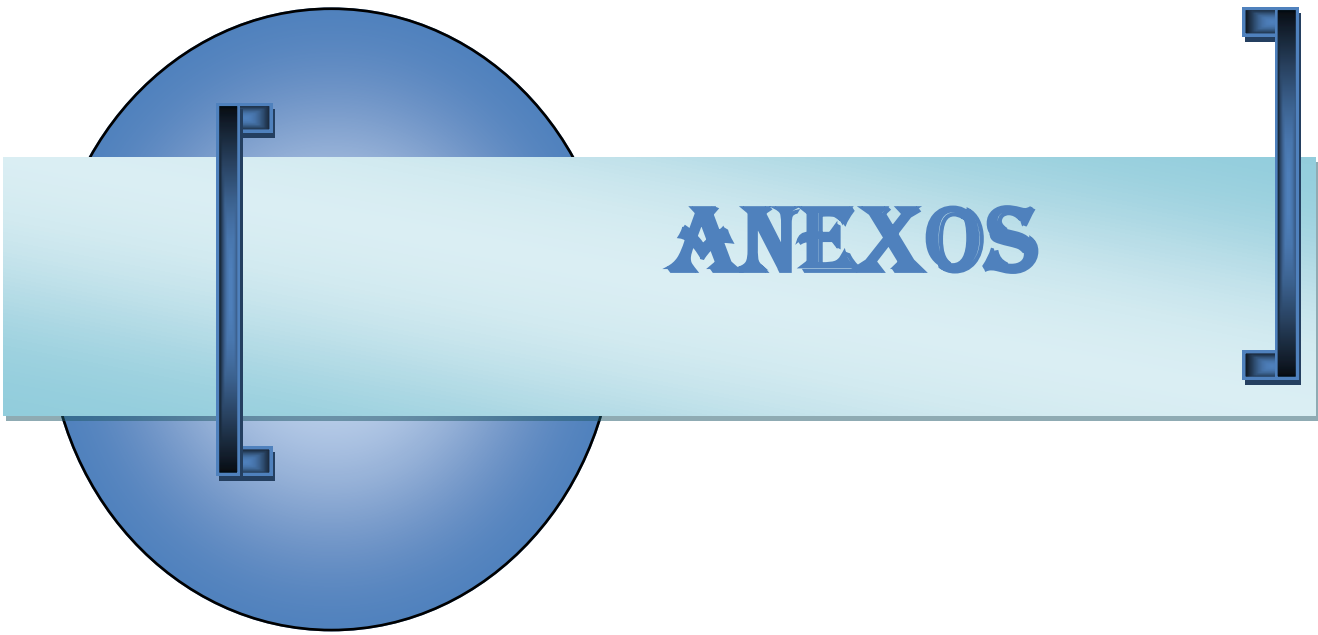
“BALANCE HÍDRICO INTEGRADO Y DINAMICO EN EL SALVADOR”.

Año: 2005.



Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)/Servicio Hidrológico Nacional.

“DIAGNÓSTICO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES”.



ANEXOS

**ANEXO 1:
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FISICOQUIMICO Y
MICROBIOLÓGICO**

O. M. JUÁREZ CONSULTORES
INGENIERIA SANITARIA Y MEDIO AMBIENTE

UNIDAD DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA
RESULTADOS ANALITICOS

NÚMERO DE MUESTRA 01

REFERENCIA FQ. 0108112008

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Rene Leonidas Fuentes Rivera, Wilman Beneke Lovo Yánez, Gilma Ivana Turcios Turcios

DIRECCIÓN DE LA TOMA DE LA MUESTRA: M1 Rió Gualabo, Cantón Manguera, Guatajiagua, Morazán

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 08/11/2008 H 0630 **FECHA ANÁLISIS:** 08/11/2008

METODO DE ANÁLISIS UTILIZADOS: STÁNDAR METHOD AWWA 20° EDITION

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	LÍMITES NORMA	
		RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
pH	7.9	6.0 – 8.50	—
OLOR	Normal	No Rechazada	3
COLOR APARENTE	3.0	No Rechazada	—
COLOR VERDADERO	1.0	—	15 mg/l (Pt -Co)
TEMPERATURA	25.0	18 a 30 °C	No Rechazable
TURBIEDAD	2.0	1 UNIT	5 UNT
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	292.0	300 mg/l	600 mg/l
ALCANILIDAD TOTAL (CaCO ₃)	195.0	30 mg/l	250 mg/l
DUREZA TOTAL COMO (CaCO ₃)	105.0	100 mg/l	400 mg/l
BIÓXIDO DE CARBONO	7.40	—	—
CONDUCTIVIDAD	321.23	500 umhos/cm	1600 umhos/cm
INDICE DE LANGELIER	-0.216	—	—
ALCALINIDAD AL BICARBONATO DE SODIO O POTASIO	90.50	—	—
DUREZA CARBONATADA	105.0	—	—
DUREZA NO CARBNATADA	0.0	—	—
CALCIO como CaCO ₃	37.68	—	75 mg/l
MAGNESIO como MgCO ₃	2.67	—	50 mg/l
HIERRO TOTAL	trazas	0.05 mg/l	0.30 mg/l
ALUMINIO	0.0	—	—
MANGANESO TOTAL	trazas	0.02 mg/l	0.05 mg/l
CROMO HEXAVALENTE	N.D.	—	—
FOSTATO (PO ₄ ⁻³)	1.02	—	—
COBRE	0.001	—	mg/l
ACIDO SULFIDRICO	0.0	—	—
CARBONATOS	0.0	—	—
BICARBONATOS	195.0	—	—
HIDROXIDOS	0.0	—	—
CLORUROS	15.24	25 mg/l	250 mg/l
SULFATOS	87.30	25 mg/l	250 mg/l
NITRATOS (N)	2.27	—	10 mg/l
SILICE	54.0	60.00 mg/l	150.00 mg/l
FLUOR	0.01	—	1.50 mg/l

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS: Agua con tendencia corrosiva, N. D. No Detectado en el análisis, los demás parámetros dentro de lo permisible, según Norma Salvadoreña Obligatoria NSO/13.07.01/99

OSCAR MAURICIO JUAREZ
 QUIMICO
 CONSULTOR AMBIENTAL
 RPSEA 0246 - MARN

Jefe Unidad de Análisis

Colonia López Pasaje 2 Casa No 3 San Miguel
 Tel. 7202- 4697

**O. M. JUÁREZ CONSULTORES
INGENIERIA SANITARIA Y MEDIO AMBIENTE**

**UNIDAD DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA
RESULTADOS ANALÍTICOS**

NÚMERO DE MUESTRA 01 REFERENCIA BACT. 0108112008
NOMBRE DEL SOLICITANTE: Rene Leonidas Fuentes Rivera, Wilman Beneke Lovo Yáñez, Gilma Ivana Turcios Turcios
DIRECCIÓN DE LA TOMA DE LA MUESTRA M1 Rió Gualabo, Cantón Maiguera, Guatajiagua, Morazán
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 08/11/2008 H 0630
FECHA DE ANÁLISIS: 08/11/2008
METODO DE ANÁLISIS UTILIZADOS: TUBOS MULTIPLES.
MEDIO DE CULTIVO: Fluorocult – LMX – E INDOL
CLORO RESIDUAL LIBRE - mg/l
CLORO RESIDUAL TOTAL - mg/l
CLASIFICACION DEL AGUA: Tratada _____ Cruda X
Lugar de Toma: Rió
SÓLIDOS SEDIMENTABLES 0.25 ml/l

ANALISIS	RESULTADOS NMP	RESULTADOS		DILUCIONES (MI)					
		24 HORAS	48 HORAS						
		10	1	0.1	10	1	0.1		
Coliformes Totales	1600	0/5	0/5	0/5	2/5	5/5	4/5		
Coliformes Fecales	<1.1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5		
Presencia /ausencia de E.Coli	Prueba de Indol Negativa / Ausencia de Bacteria E. coli								
Detección de Organismos Patógenos	No se aísla								

RESULTADOS: Necesario filtración y desinfección constante con cloro y/o sus derivados, para garantizar calidad bacteriológica.

OSCAR MAURICIO JUAREZ
QUIMICO
CONSULTOR AMBIENTAL
RPSEA 0246 - MARN

Mauricio Juarez
Jefe Unidad de Análisis

Colonia López Pasaje 2 Casa No 3 San Miguel
Tel. 7202- 4697

O. M. JUÁREZ CONSULTORES
INGENIERIA SANITARIA Y MEDIO AMBIENTE

UNIDAD DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA
RESULTADOS ANALITICOS

NÚMERO DE MUESTRA 02

REFERENCIA FQ. 0208112008

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Rene Leonidas Fuentes Rivera, Wilman Beneke Lovo Yánez, Gilma Ivana Turcios Turcios

DIRECCIÓN DE LA TOMA DE LA MUESTRA: M2 Inicio Río Las Cañas Cantón San Bartola, Guatajiagua, Morazán

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 08/11/2008 H 0900 **FECHANÁLISIS:** 08/11/2008

METODO DE ANÁLISIS UTILIZADOS: STÁNDAR METHOD AWWA 20° EDITION

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	LÍMITES NORMA	
		RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
pH	7.8	6.0 – 8.50	—
OLOR	Normal	No Rechazada	3
COLOR APARENTE	3.0	No Rechazada	—
COLOR VERDADERO	1.0	—	15 mg/l (Pt -Co)
TEMPERATURA	24.0	18 a 30 °C	No Rechazable
TURBIEDAD	2.8	1 UNIT	5 UNT
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	292.3	300 mg/l	600 mg/l
ALCANILIDAD TOTAL (CaCO ₃)	195.0	30 mg/l	250 mg/l
DUREZA TOTAL COMO (CaCO ₃)	105.0	100 mg/l	400 mg/l
BIÓXIDO DE CARBONO	7.40	—	—
CONDUCTIVIDAD	321.23	500 umhos/cm	1600 umhos/cm
INDICE DE LANGELIER	-0.198	—	—
ALCALINIDAD AL BICARBONATO DE SODIO O POTASIO	90.50	—	—
DUREZA CARBONATADA	105.0	—	—
DUREZA NO CARBNATADA	0.0	—	—
CALCIO como CaCO ₃	37.71	—	75 mg/l
MAGNESIO como MgCO ₃	3.21	—	50 mg/l
HIERRO TOTAL	trazas	0.05 mg/l	0.30 mg/l
ALUMINIO	0.0	—	—
MANGANESO TOTAL	trazas	0.02 mg/l	0.05 mg/l
CROMO HEXAVALENTE	N.D.	—	—
FOSTATO (PO ₄ ³⁻)	1.02	—	—
COBRE	0.000	—	mg/l
ACIDO SULFIDRICO	0.0	—	—
CARBONATOS	0.0	—	—
BICARBONATOS	195.0	—	—
HIDROXIDOS	0.0	—	—
CLORUROS	15.24	25 mg/l	250 mg/l
SULFATOS	87.00	25 mg/l	250 mg/l
NITRATOS (N)	2.20	—	10 mg/l
SILICE	54.0	60.00 mg/l	150.00 mg/l
FLUOR	0.01	—	1.50 mg/l

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS: Agua con tendencia corrosiva, N. D. No Detectado en el análisis, los demás parámetros dentro de lo permisible, según Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:99

OSCAR MAURICIO JUAREZ
 QUIMICO
 CONSULTOR AMBIENTAL
 RPSEA 0246 - MARN

Jefe Unidad de Análisis

Colonia López Pasaje 2 Casa No 3 San Miguel
 Tel. 7202- 4697

O. M. JUÁREZ CONSULTORES
INGENIERIA SANITARIA Y MEDIO AMBIENTE

UNIDAD DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA
RESULTADOS ANALÍTICOS

NÚMERO DE MUESTRA 02

REFERENCIA BACT. 0208112008

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Rene Leonidas Fuentes Rivera, Wilman Beneke Lovo Yánez, Gilma Ivana Turcios Turcios

DIRECCIÓN DE LA TOMA DE LA MUESTRA : M2 Inicio Río Las Cañas Cantón San Bartola, Guatajiagua, Morazán

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 08/11/2008 H 0900

FECHA DE ANÁLISIS : 08/11/2008

METODO DE ANÁLISIS UTILIZADOS: TUBOS MÚLTIPLES.

MEDIO DE CULTIVO: Fluorocult - LMX - E INDOL

COLOR RESIDUAL LIBRE - mg/l

COLOR RESIDUAL TOTAL - mg/l

CLASIFICACION DEL AGUA: Tratada _____ Cruda X

Lugar de Toma: Río

SÓLIDOS SEDIMENTABLES 0.45 ml/l

ANÁLISIS	RESULTADOS NMP	24 HORAS			48 HORAS		
		DILUCIONES (MI)					
		10	1	0.1	10	1	0.1
Coliformes Totales	1600	0/5	0/5	0/5	2/5	5/5	4/5
Coliformes Fecales	5	0/5	0/5	0/5	0/5	2/5	2/5
Presencia /ausencia de E.Coli	Prueba de Indol Negativa / Ausencia de Bacteria E. coli						
Detección de Organismos Patógenos	No se aísla						

RESULTADOS: Necesario filtración y desinfección constante con cloro y/o sus derivados, para garantizar calidad bacteriológica.

OSCAR MAURICIO JUAREZ
 QUIMICO
 CONSULTOR AMBIENTAL
 RPSEA 0246 - MARN

(Firma)
 Jefe Unidad de Análisis

Colonia López Pasaje 2 Casa No 3 San Miguel
 Tel. 7202- 4697

O. M. JUÁREZ CONSULTORES
INGENIERIA SANITARIA Y MEDIO AMBIENTE

UNIDAD DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA
RESULTADOS ANALITICOS

NÚMERO DE MUESTRA 03

REFERENCIA FQ. 0308112008

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Rene Leonidas Fuentes Rivera, Wilman Beneke Lovo Yánez, Gilma Ivana Turcios Turcios

DIRECCIÓN DE LA TOMA DE LA MUESTRA:M3 Rió, Los Encuentros San Jacinto, San Miguel

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 08/11/2008 H 1100 **FECHANÁLISIS:** 08/11/2008

METODO DE ANÁLISIS UTILIZADOS: STÁNDAR METHOD AWWA 20° EDITION

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	LÍMITES NORMA	
		RECOMENDADO	MAXIMO ADMISIBLE
pH	8.0	6.0 – 8.50	—
OLOR	Normal	No Rechazada	3
COLOR APARENTE	3.0	No Rechazada	—
COLOR VERDADERO	1.0	—	15 mg/l (Pt -Co)
TEMPERATURA	24.0	18 a 30 °C	No Rechazable
TURBIEDAD	3.0	1 UNIT	5 UNT
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	292.0	300 mg/l	600 mg/l
ALCANILIDAD TOTAL (CaCO ₃)	198.0	30 mg/l	250 mg/l
DUREZA TOTAL COMO (CaCO ₃)	107.0	100 mg/l	400 mg/l
BIÓXIDO DE CARBONO	7.40	—	—
CONDUCTIVIDAD	321.23	500 umhos/cm	1600 umhos/cm
INDICE DE LANGELIER	-0.210	—	—
ALCALINIDAD AL BICARBONATO DE SODIO O POTASIO	90.50	—	—
DUREZA CARBONATADA	107.0	—	—
DUREZA NO CARBNATADA	0.0	—	—
CALCIO como CaCO ₃	40.01	—	75 mg/l
MAGNESIO como MgCO ₃	3.0	—	50 mg/l
HIERRO TOTAL	trazas	0.05 mg/l	0.30 mg/l
ALUMINIO	0.0	—	—
MANGANESO TOTAL	trazas	0.02 mg/l	0.05 mg/l
CROMO HEXA VALENTE	N.D.	—	—
FOSTATO (PO ₄ ³⁻)	1.17	—	—
COBRE	0.001	—	mg/l
ACIDO SULFIDRICO	0.0	—	—
CARBONATOS	0.0	—	—
BICARBONATOS	195.0	—	—
HIDROXIDOS	0.0	—	—
CLORUROS	17.3	25 mg/l	250 mg/l
SULFATOS	77.4	25 mg/l	250 mg/l
NITRATOS (N)	3.21	—	10 mg/l
SILICE	54.9	60.00 mg/l	150.00 mg/l
FLUOR	0.00	—	1.50 mg/l

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS: Agua con tendencia corrosiva, N. D. No Detectado en el análisis, los demás parámetros dentro de lo permisible, según Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.99

OSCAR MAURICIO JUAREZ
 QUIMICO
 CONSULTOR AMBIENTAL
 RPSEA 0246 - MARN

Jefe Unidad de Análisis

Colonia López Pasaje 2 Casa No 3 San Miguel
 Tel. 7202- 4697

**O. M. JUÁREZ CONSULTORES
INGENIERIA SANITARIA Y MEDIO AMBIENTE**

**UNIDAD DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA
RESULTADOS ANALITICOS**

NÚMERO DE MUESTRA 03

REFERENCIA BACT. 0308112008

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Rene Leonidas Fuentes Rivera, Wilman Beneke Lovo Yánez, Gilma Ivana Turcios Turcios

DIRECCIÓN DE LA TOMA DE LA MUESTRA : M3 Rió, Los Encuentros San Jacinto, San Miguel

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 08/11/2008 H 1100

FECHA DE ANÁLISIS : 08/11/2008

METODO DE ANÁLISIS UTILIZADOS: TUBOS MULTIPLES.

MEDIO DE CULTIVO: Fluorocult – LMX – E INDOL

CLORO RESIDUAL LIBRE - mg/l

CLORO RESIDUAL TOTAL - mg/l

CLASIFICACION DEL AGUA: Tratada _____ Cruda X

Lugar de Toma: Rio

SÓLIDOS SEDIMENTABLES 0.47 ml/lt

RESULTADOS		24 HORAS		48 HORAS			
ANÁLISIS	RESULTADOS NMP	DILUCIONES (MI)					
		10	1	0.1	10	1	0.1
Coliformes Totales	>1600	0/5	0/5	0/5	5/5	5/5	5/5
Coliformes Fecales	>1600	0/5	0/5	0/5	5/5	5/5	5/5
Presencia /ausencia de E.Coli	Prueba de Indol Negativa / Ausencia de Bacteria E. coli						
Detección de Organismos Patógenos	No se aísla						

RESULTADOS: Necesario filtración y desinfección constante con cloro y/o sus derivados, para garantizar calidad bacteriológica.

OSCAR MAURICIO JUAREZ
QUIMICO
CONSULTOR AMBIENTAL
RPSEA 0246 - MARN

Jefe Unidad de Análisis

Colonia López Pasaje 2 Casa No 3 San Miguel
Tel. 7202- 4697

**O. M. JUÁREZ CONSULTORES
INGENIERIA SANITARIA Y MEDIO AMBIENTE**

**UNIDAD DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA
RESULTADOS ANALITICOS**

NÚMERO DE MUESTRA 02

REFERENCIA FQ. 0208112008

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Rene Leonidas Fuentes Rivera, Wilman Beneke Lovo Yánez, Gilma Ivana Turcios Turcios

DIRECCIÓN DE LA TOMA DE LA MUESTRA: M2 Inicio Río Las Cañas Cantón San Bartola, Guatajiagua, Morazán

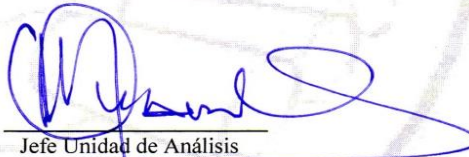
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 08/11/2008 H 0900 **FECHANÁLISIS:** 08/11/2008

METODO DE ANÁLISIS UTILIZADOS: STÁNDAR METHOD AWWA 20° EDITION

ANALISIS DE SEDIMENTOS MACRO INVERTEBRADOS BENTICOS

RESULTADOS Y COMENTARIOS

Se analizo mediante tamizado muestras de sedimentos de lecho del río, encontrándose una cantidad considerable de tejido vegetal en descomposición, la existencia de estructuras de hábitat de macro invertebrados bentónicos, no se encontraron, se observo gran cantidad de roca meteorizada, y redondeada, lo que indica que en el punto de muestreo existe una gran velocidad de flujo, imposibilitando la adherencia de este tipo de especies en el fondo acuático



Jefe Unidad de Análisis

OSCAR MAURICIO JUAREZ
QUIMICO
CONSULTOR AMBIENTAL
RPSEA 0246 - MARN

Colonia López Pasaje 2 Casa No 3 San Miguel
Tel. 7202- 4697

**O. M. JUÁREZ CONSULTORES
INGENIERIA SANITARIA Y MEDIO AMBIENTE**

**UNIDAD DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA
RESULTADOS ANALITICOS**

NÚMERO DE MUESTRA 03

REFERENCIA FQ. 0308112008

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Rene Leonidas Fuentes Rivera, Wilman Beneke Lovo Yánez, Gilma Ivana Turcios Turcios

DIRECCIÓN DE LA TOMA DE LA MUESTRA: M3 Rió, Los Encuentros San Jacinto, San Miguel

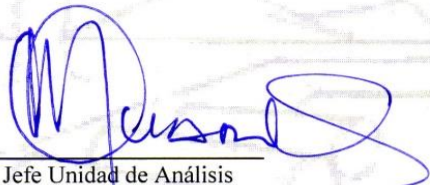
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 08/11/2008 H 1100 **FECHA ANÁLISIS:** 08/11/2008

METODO DE ANÁLISIS UTILIZADOS: STÁNDAR METHOD AWWA 20° EDITION

ANALISIS DE SEDIMENTOS MACRO INVERTEBRADOS BENTICOS

RESULTADOS Y COMENTARIOS

Se analizo mediante tamizado muestras de sedimentos de lecho del río, encontrándose una cantidad considerable de tejido vegetal en descomposición, la existencia de estructuras de hábitat de macro invertebrados bentónicos, no se encontraron, se observo gran cantidad de roca meteorizada, y redondeada, lo que indica que en el punto de muestreo existe una gran velocidad de flujo, imposibilitando la adherencia de este tipo de especies en el fondo acuático

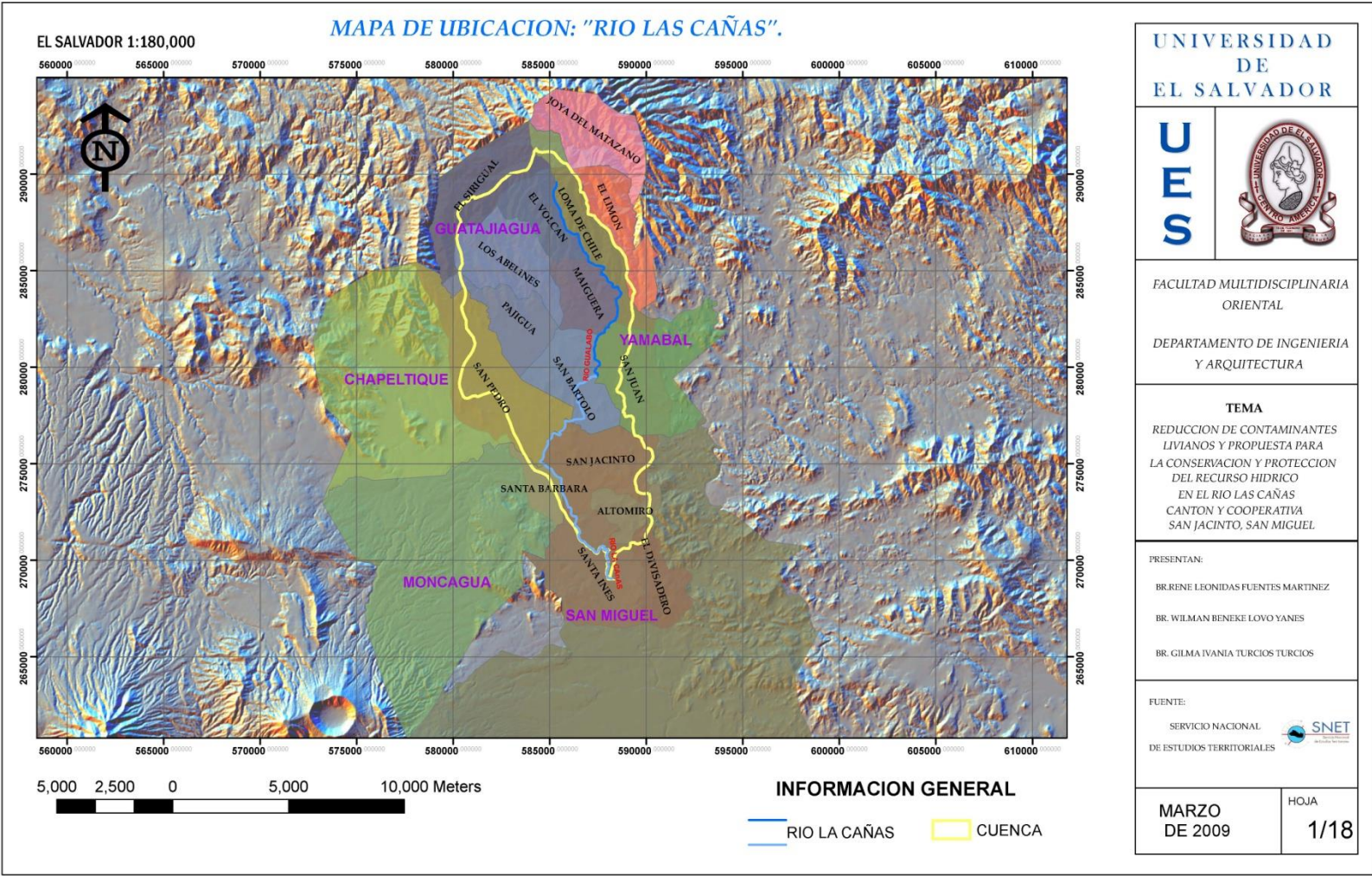


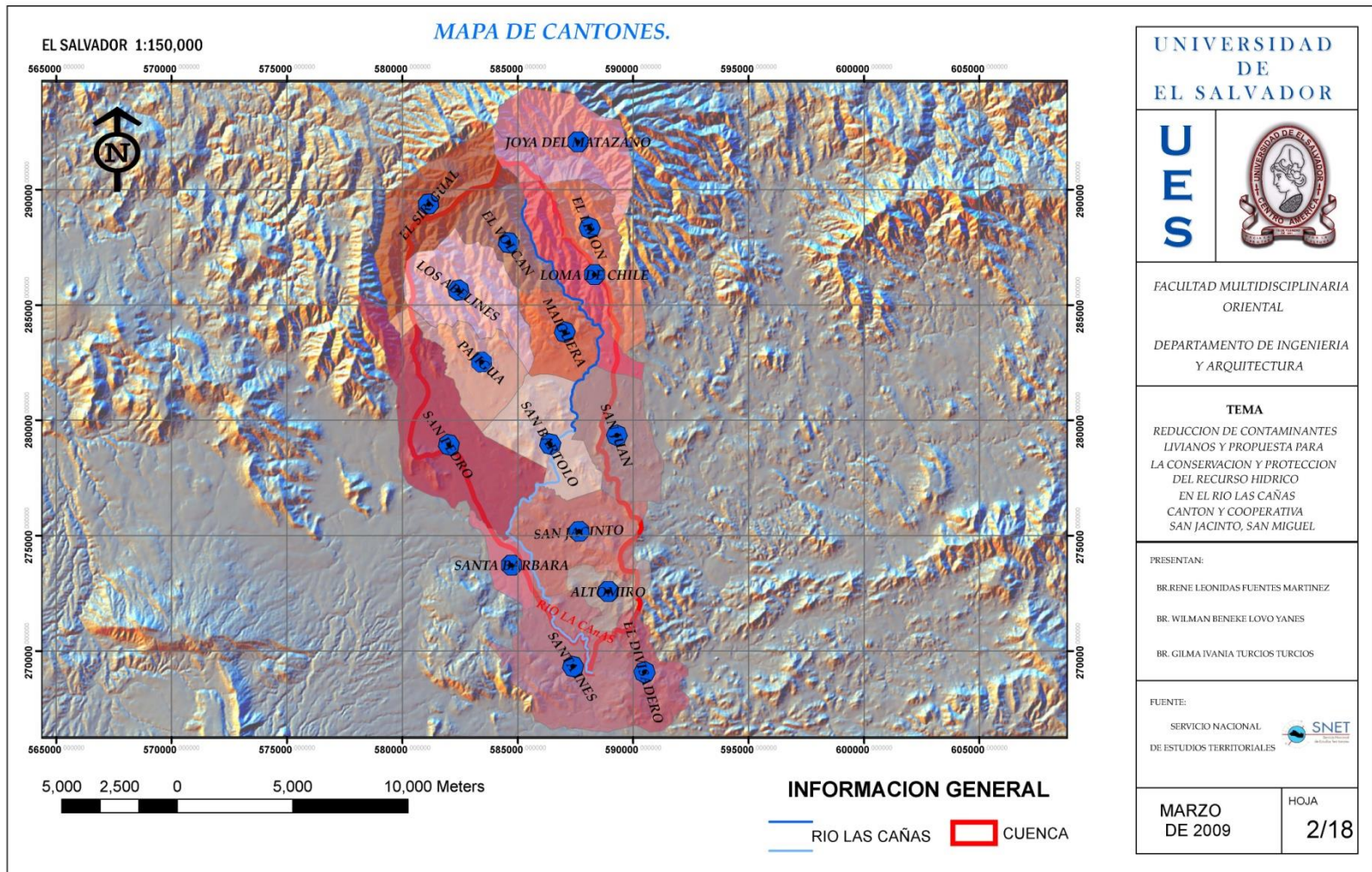
Jefe Unidad de Análisis

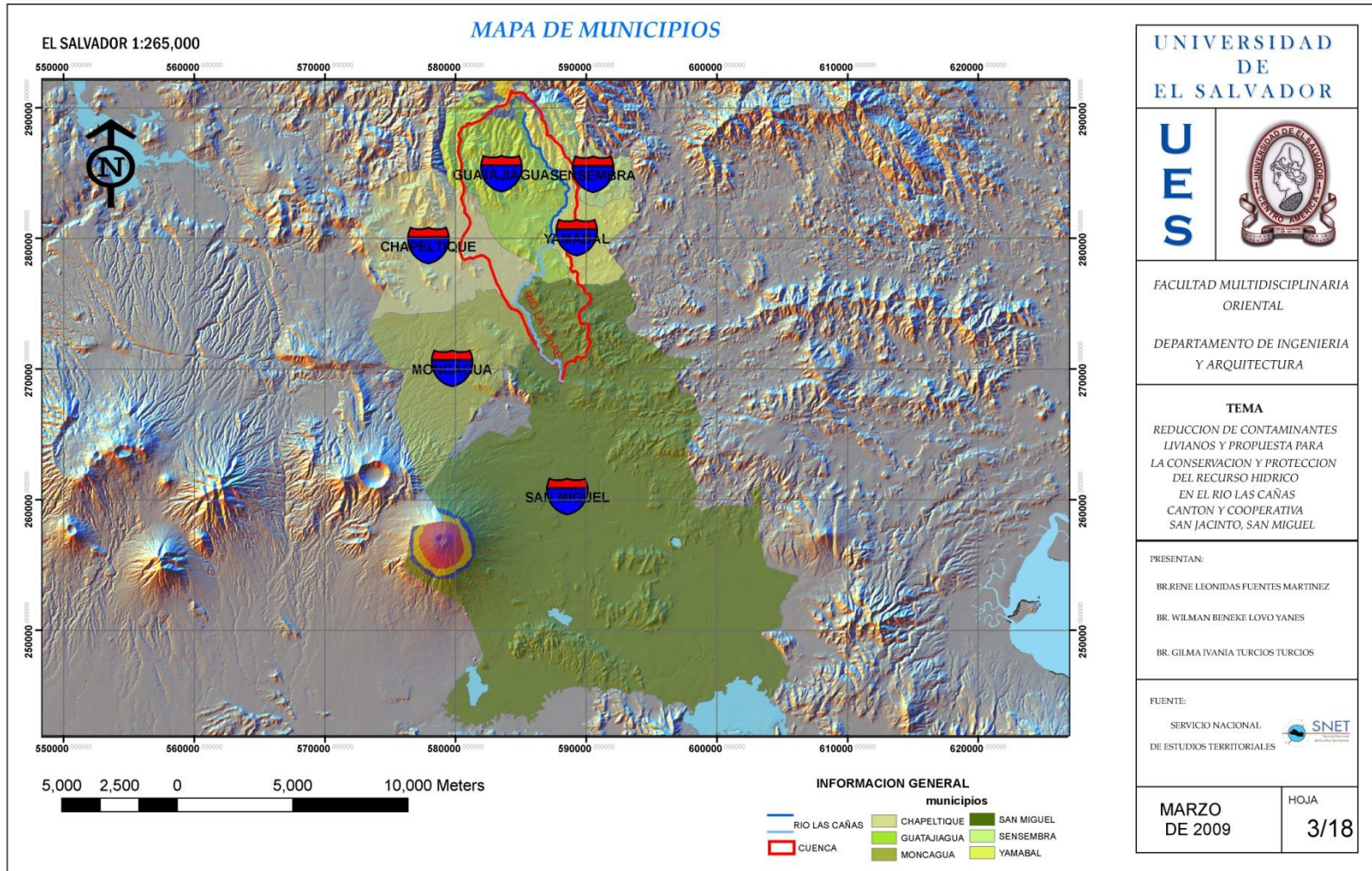
OSCAR MAURICIO JUAREZ
QUIMICO
CONSULTOR AMBIENTAL
RPSEA 0246 - MARN

Colonia López Pasaje 2 Casa No 3 San Miguel
Tel. 7202- 4697

**ANEXO 2:
MAPAS**







UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA
REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:

BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ

BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES

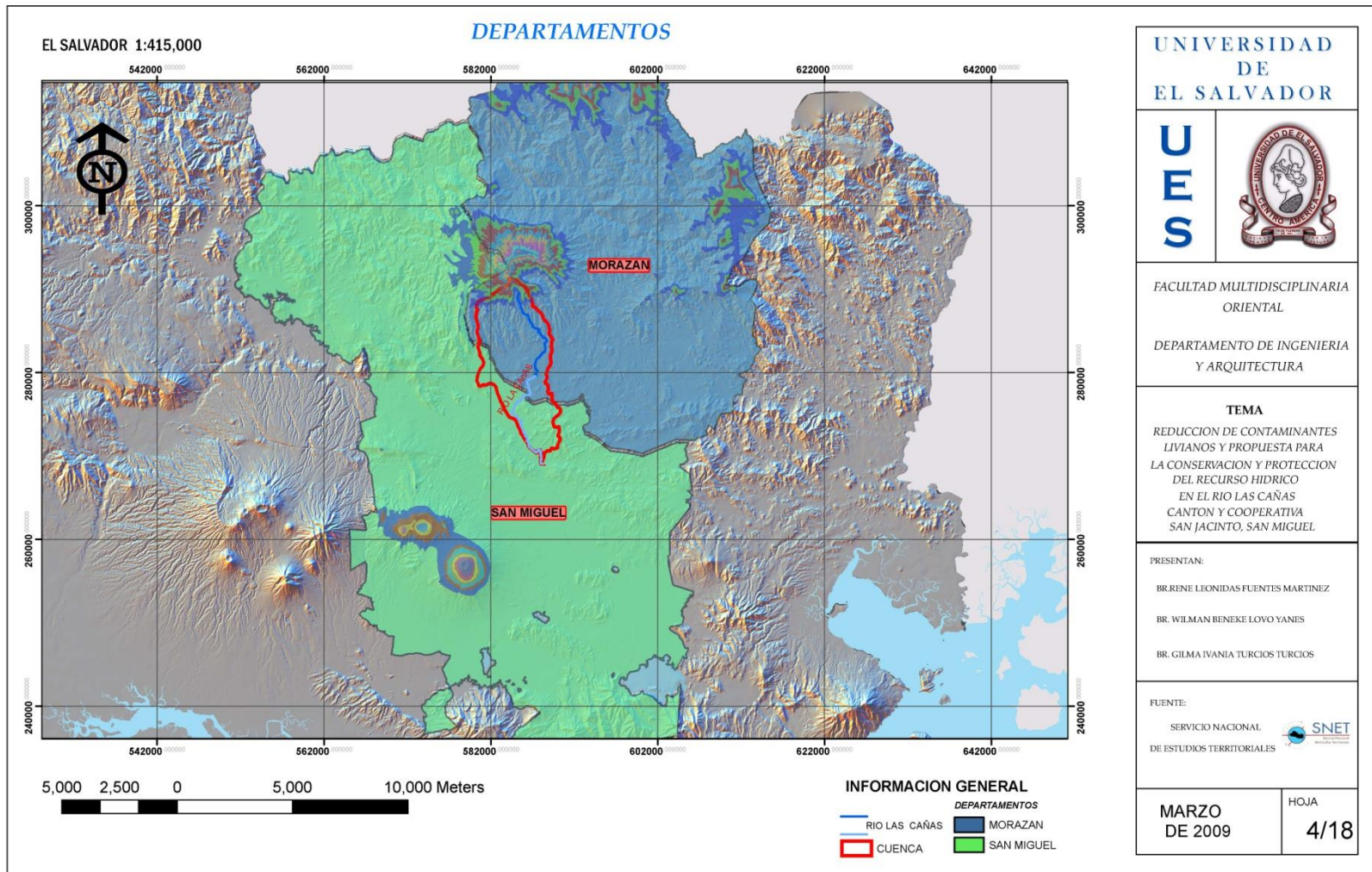
BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

FUENTE:

SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES

MARZO
DE 2009

HOJA
3/18



UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA

REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:

BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ

BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES

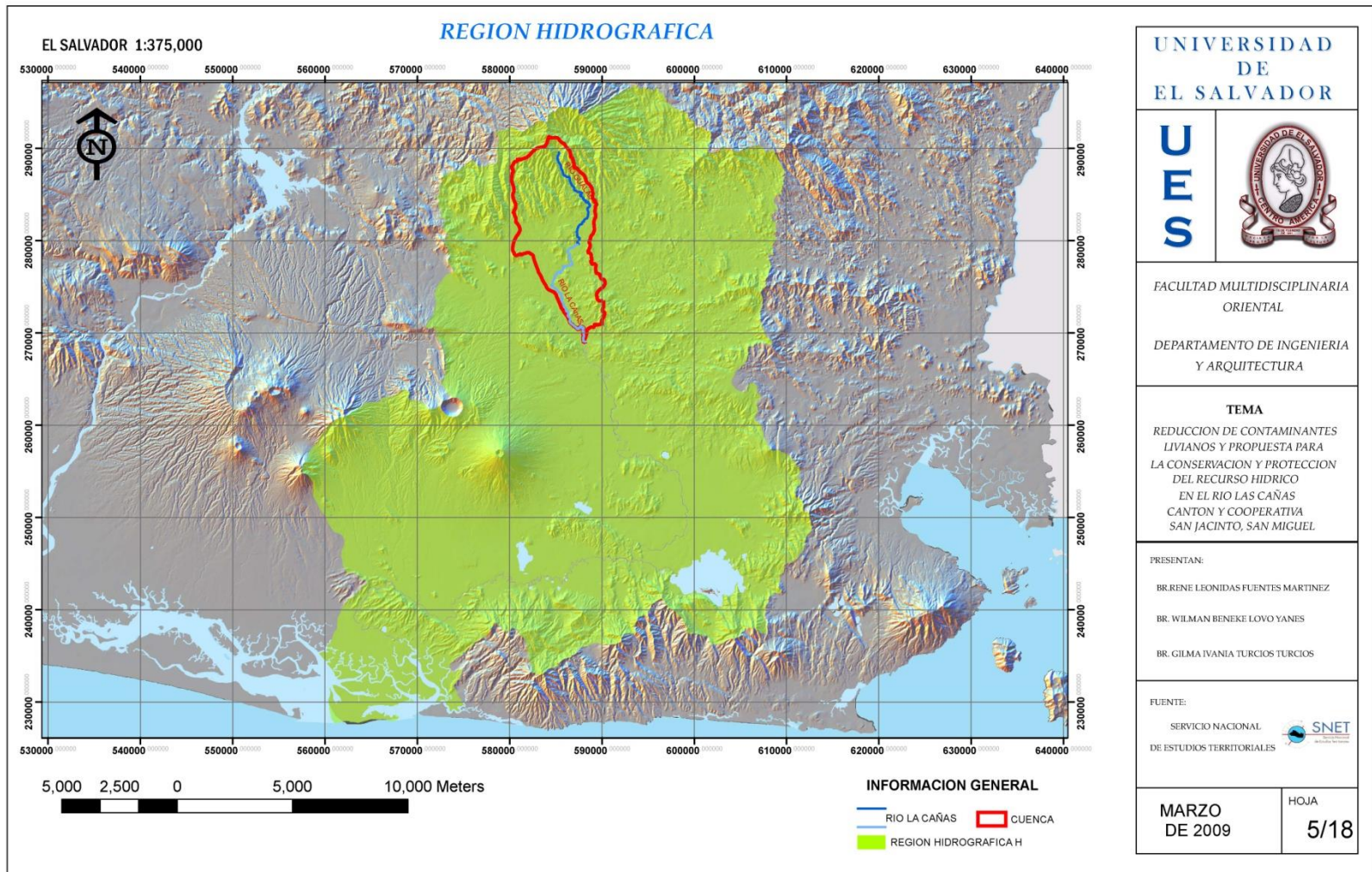
BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

FUENTE:

SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES

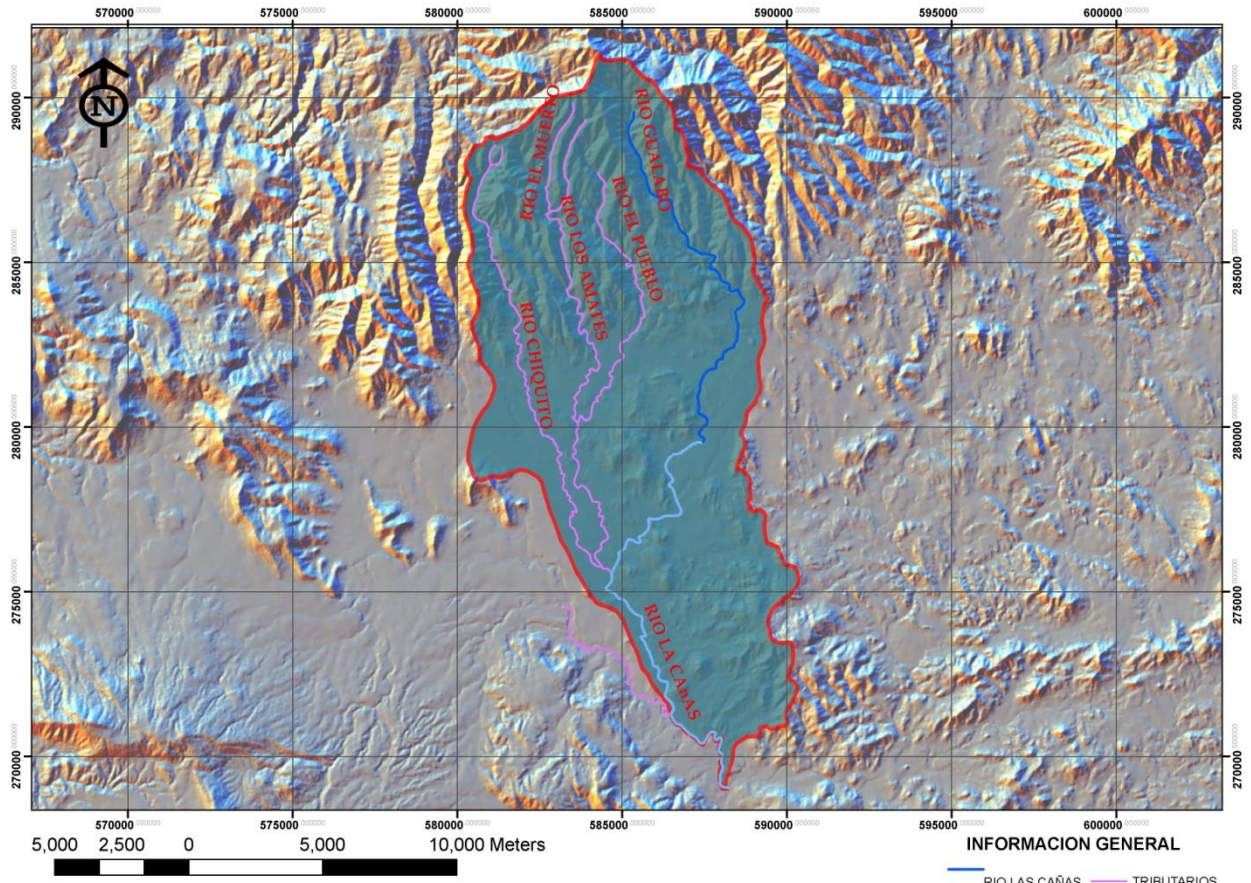
MARZO
DE 2009

HOJA
4/18



EL SALVADOR 1:122,000

DELIMITACION DE LA CUENCA



UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA
REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:
BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ
BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES
BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

FUENTE:
SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES

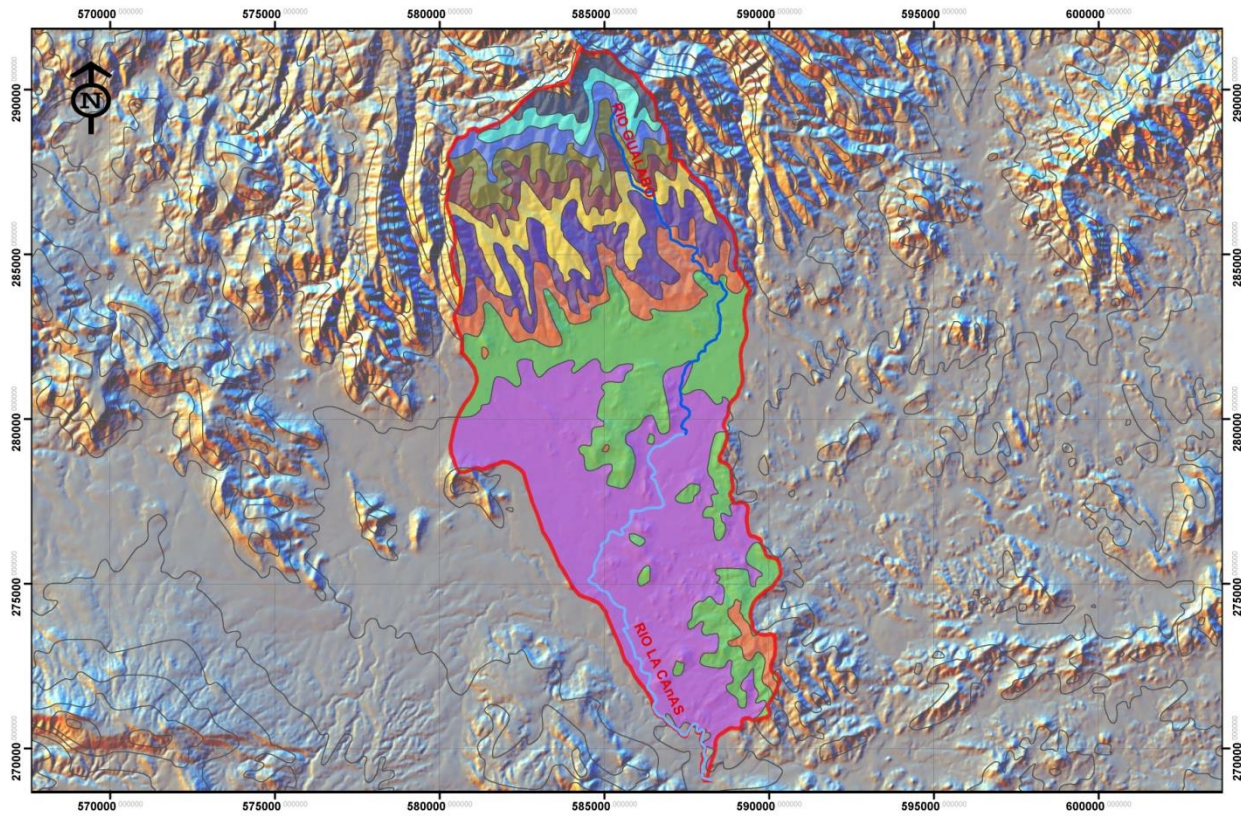


MARZO
DE 2009

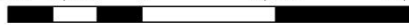
HOJA
6/18

EL SALVADOR 1:122,000

MAPA DE ELEVACIONES



5,000 2,500 0 5,000 10,000 Meters



INFORMACION GENERAL

RIO LAS CAÑAS		ALTITUD							
100 MSNM	200 MSNM	300 MSNM	400 MSNM	500 MSNM	600 MSNM	700 MSNM	800 MSNM	900 MSNM	1000 MSNM

UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA

REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:

BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ

BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES

BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

FUENTE:

SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES



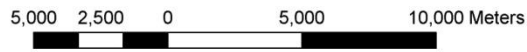
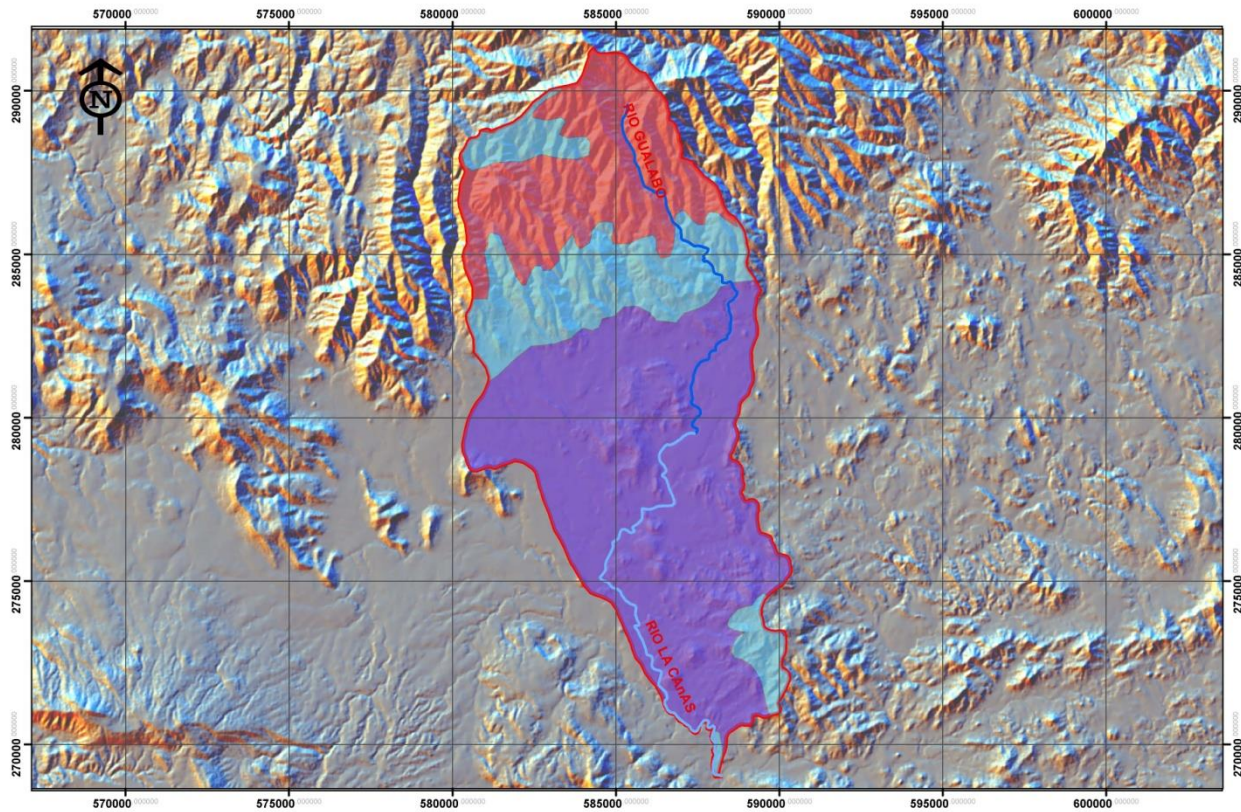
MARZO
DE 2009

HOJA

7/18

EL SALVADOR 1:123,000

MAPA DE PENDIENTES



INFORMACION GENERAL



UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA

REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:

BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ

BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES

BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

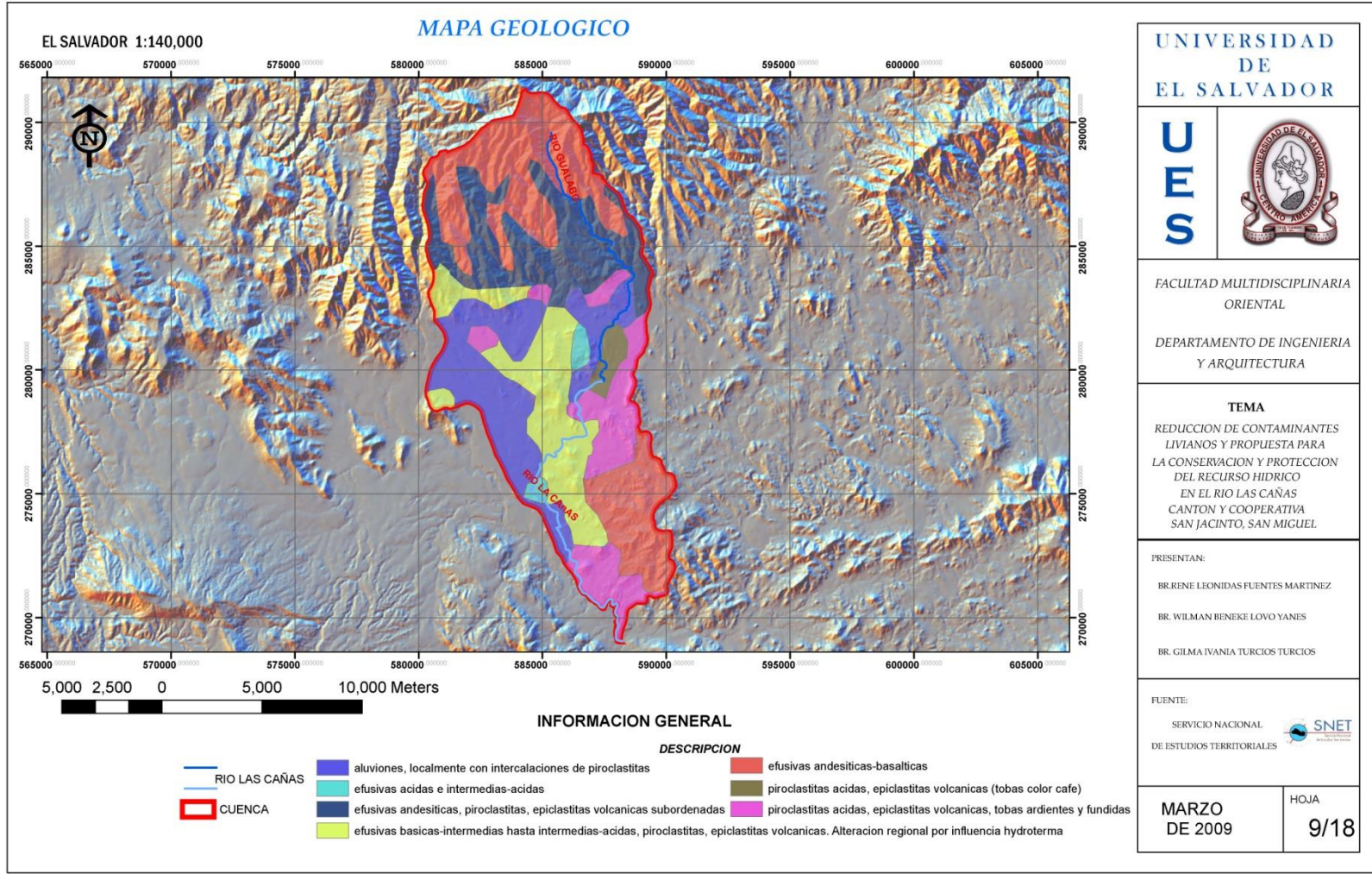
FUENTE:

SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES



MARZO
DE 2009

HOJA
8/18



UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA
REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:

BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ

BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES

BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

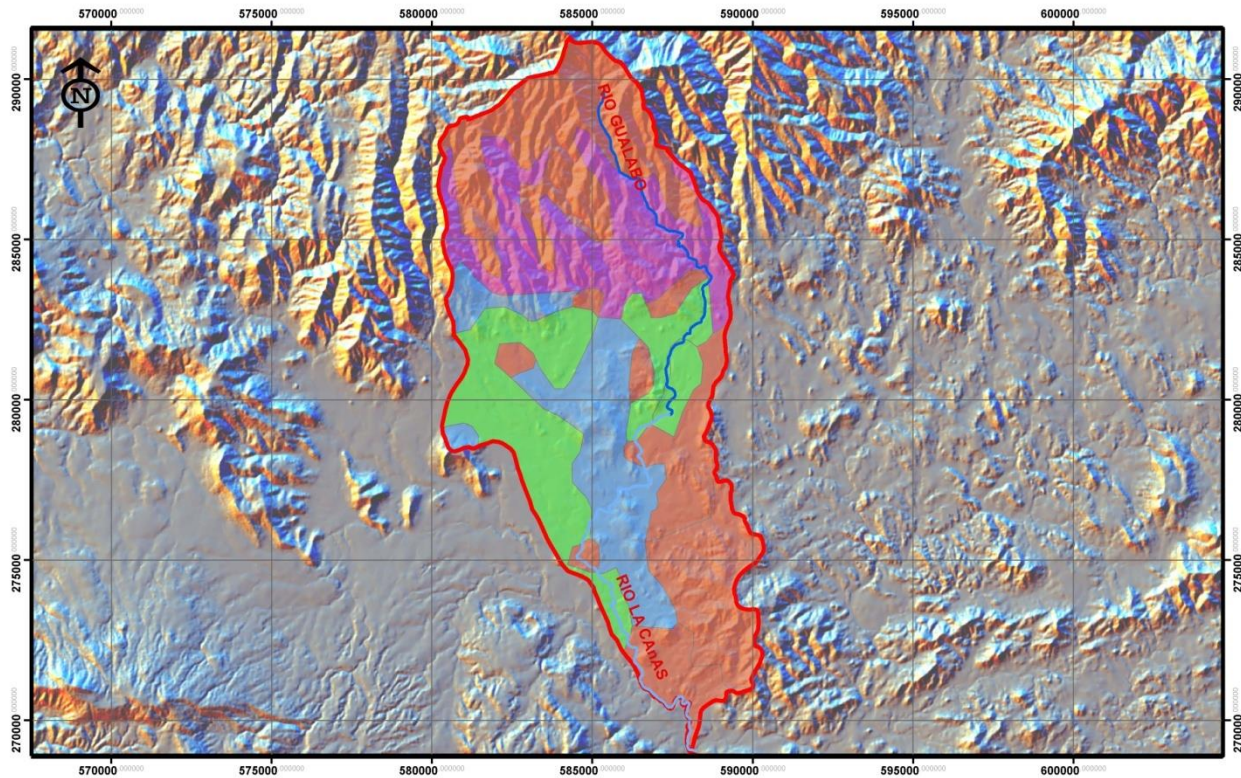
FUENTE:

SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES

MARZO DE 2009	HOJA 9/18
------------------	--------------

EL SALVADOR 1:150,000

FORMACIONES GEOLOGICAS



5,000 2,500 0 5,000 10,000 Meters

INFORMACION GENERAL

FORMACION		
RIO LAS CAÑAS	Balsamo	Morazan
CUENCA	Cuscatlan	San Salvador

UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA
REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:
BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ
BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES
BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

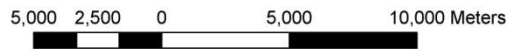
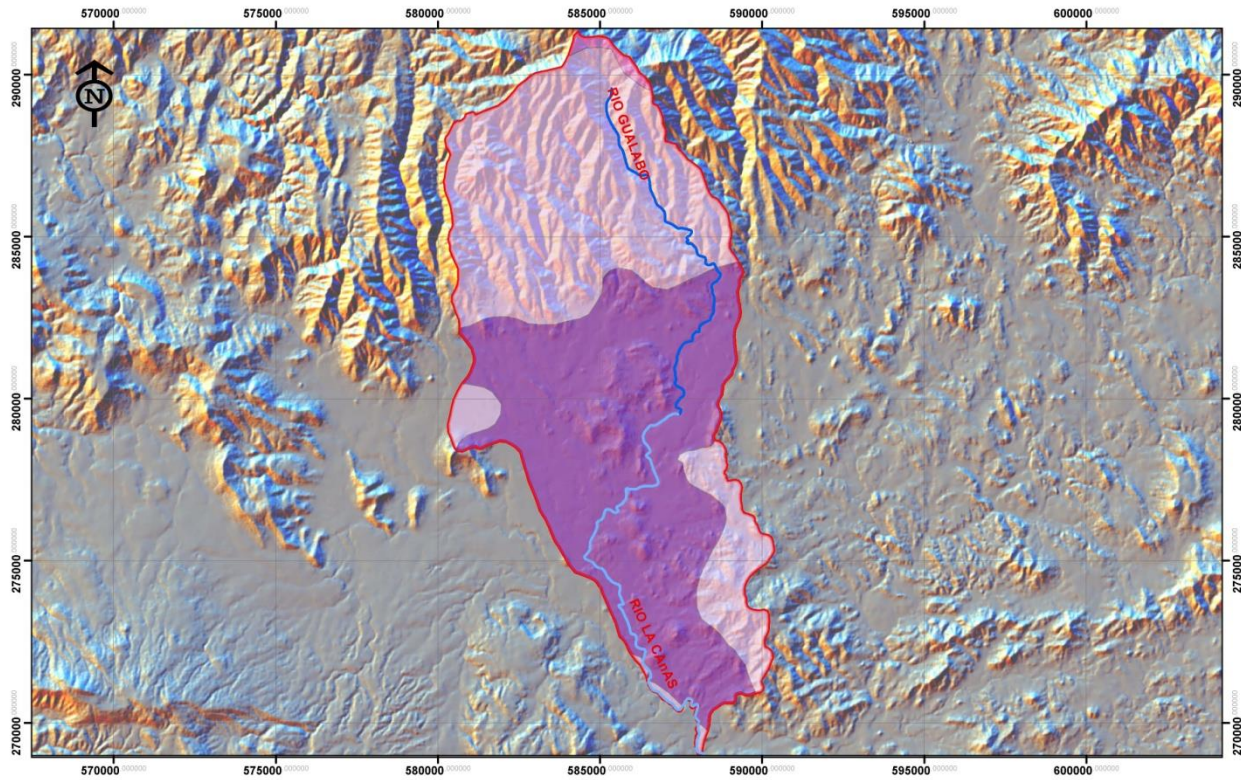
FUENTE:
SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES

MARZO
DE 2009

HOJA
10/18

EL SALVADOR 1:124,000

TIPOS DE SUELOS



INFORMACION GENERAL

- RIO LAS CAÑAS
- CUENCA
- GRUMOSOLES
- LATOSOLES ARCILLO ROJIZOS
- LATOSOLES ARCILLOSOS ACIDOS

UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA
REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

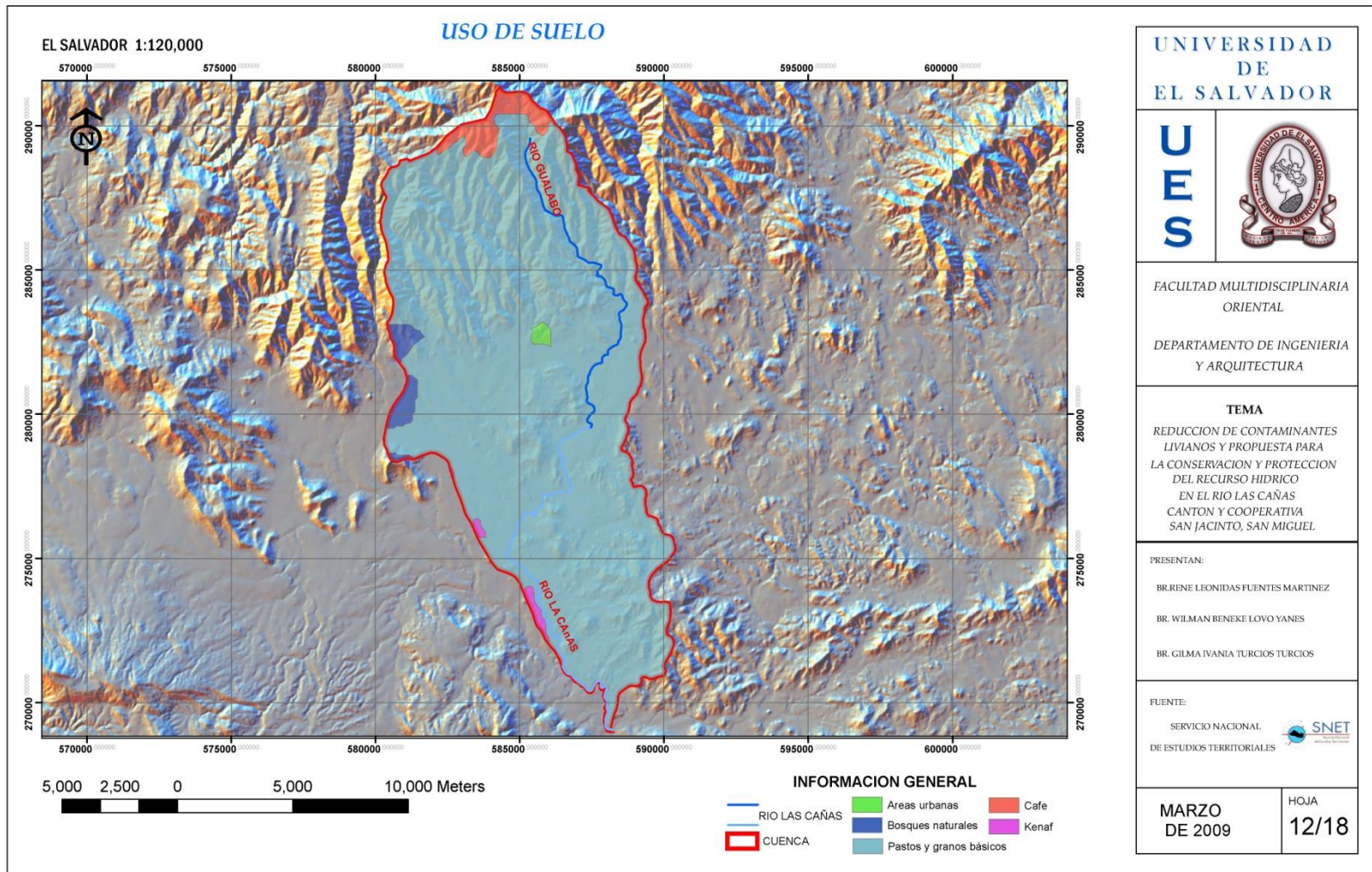
PRESENTAN:
BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ
BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES
BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

FUENTE:
SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES



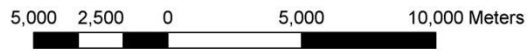
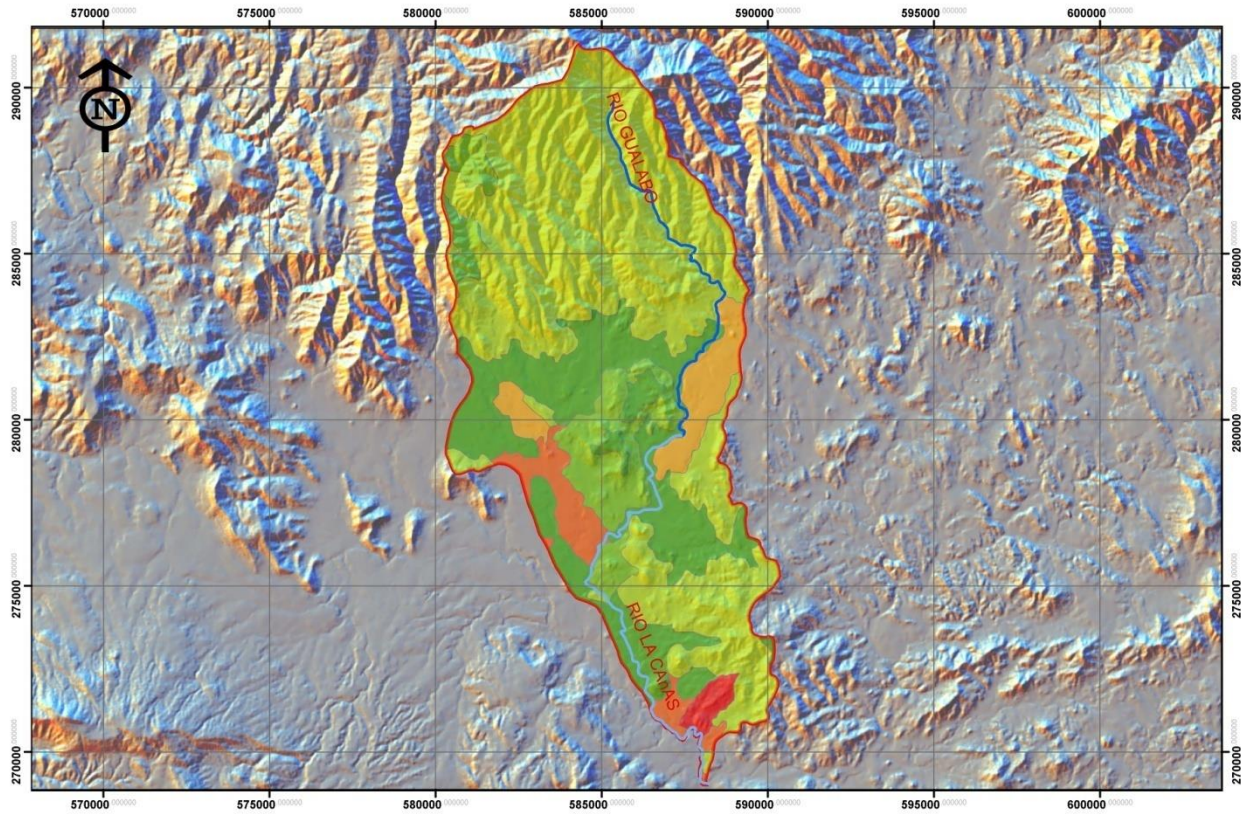
MARZO
DE 2009

HOJA
11/18



EL SALVADOR 1:121,000

USO POTENCIAL DEL SUELO



INFORMACION GENERAL

- RIO LAS CAÑAS
- CUENCA
- Clase III
- Clase IV
- Clase V
- Clase VI
- Clase VII
- Clase VIII

UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA
REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:
BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ
BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES
BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

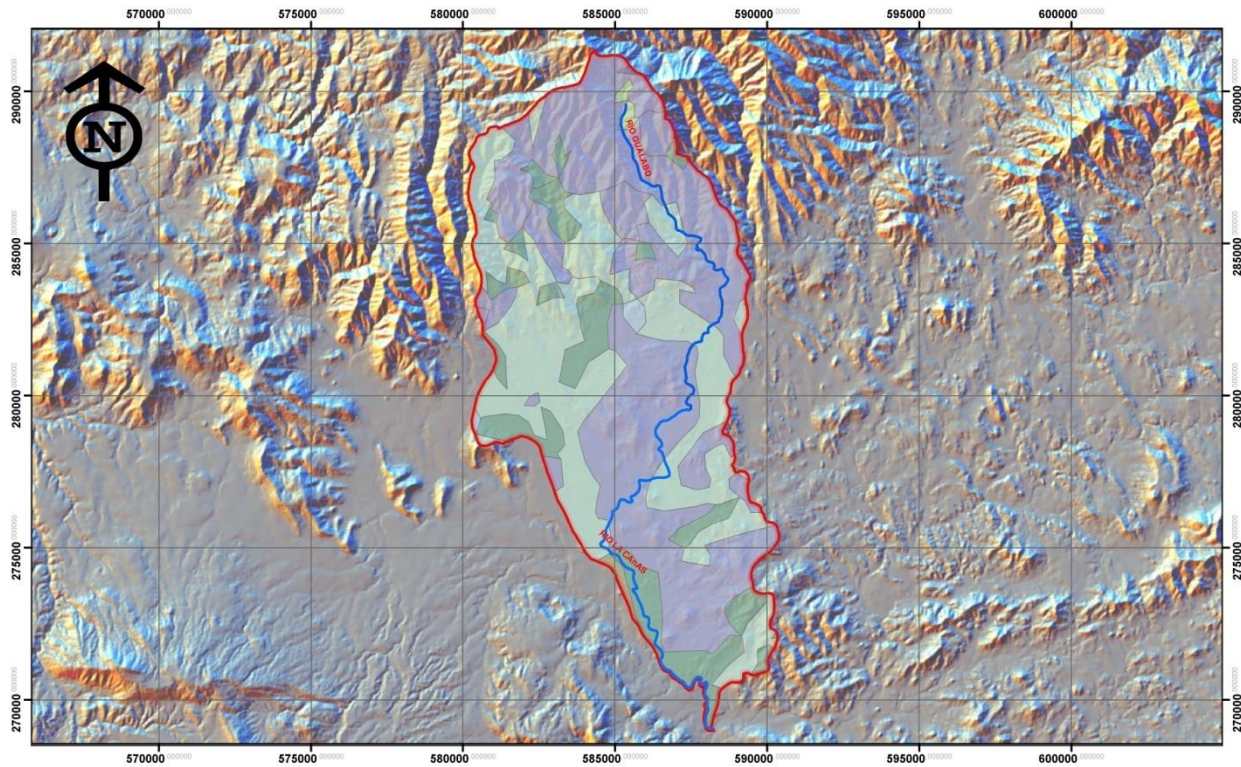
FUENTE:
SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES

MARZO
DE 2009

HOJA
13/18

EL SALVADOR 1:149,000

MAPA DE CULTIVOS



5,000 2,500 0 5,000 10,000 Meters



INFORMACION GENERAL

- | | | | | |
|---------------|-------------------|--------|----------------------|------------------|
| RIO LAS CAÑAS | Areas Indefinidas | Cafe | Ciudades Secundarias | Cultivos Anuales |
| CUENCA | Matorral | Pastos | Cultivos Permanentes | |

UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA
REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:

BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ
BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES
BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

FUENTE:

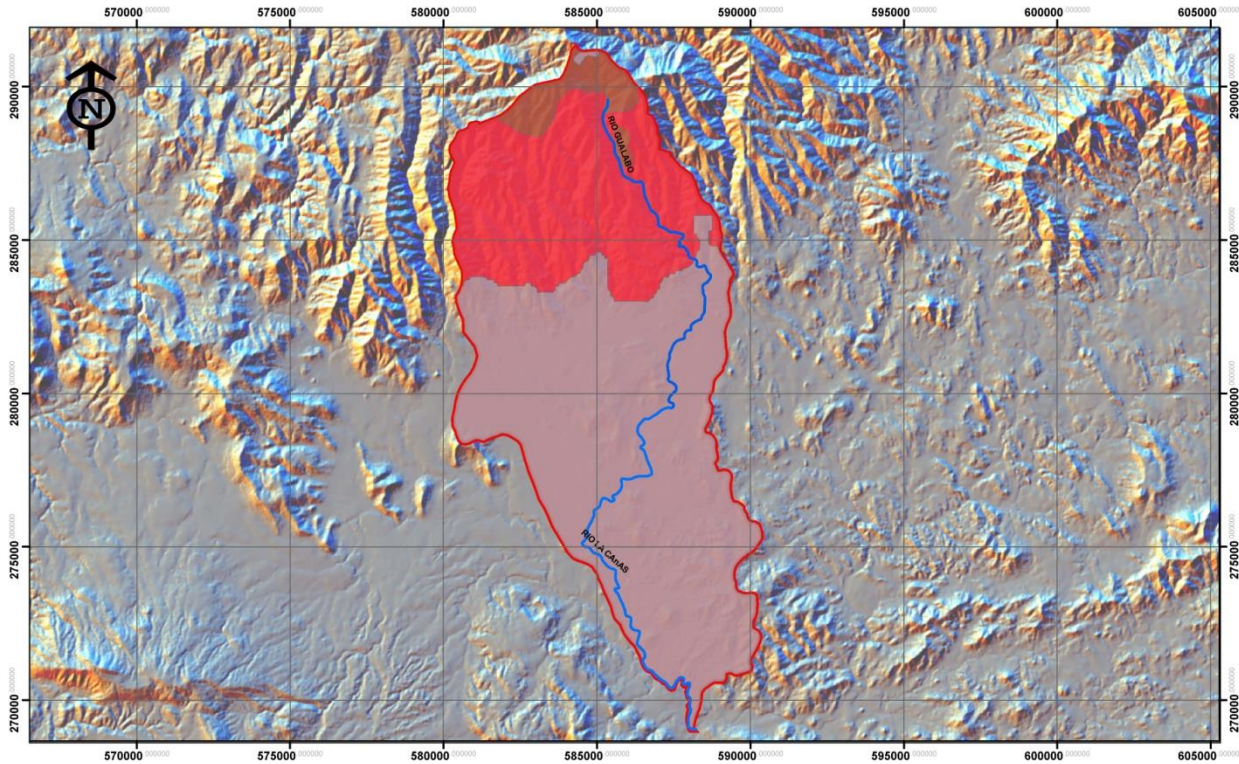
SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES

MARZO
DE 2009

HOJA
14/18






EL SALVADOR 1:131,000

MAPA DE VEGETACION



5,000 2,500 0 5,000 10,000 Meters

INFORMACION GENERAL

-  RIO LAS CAÑAS
-  CUENCA
-  Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
-  Zonas de cultivos permanentes (cafetales)
-  Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal)

UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA
REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:

BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ
BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES
BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

FUENTE:

SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES

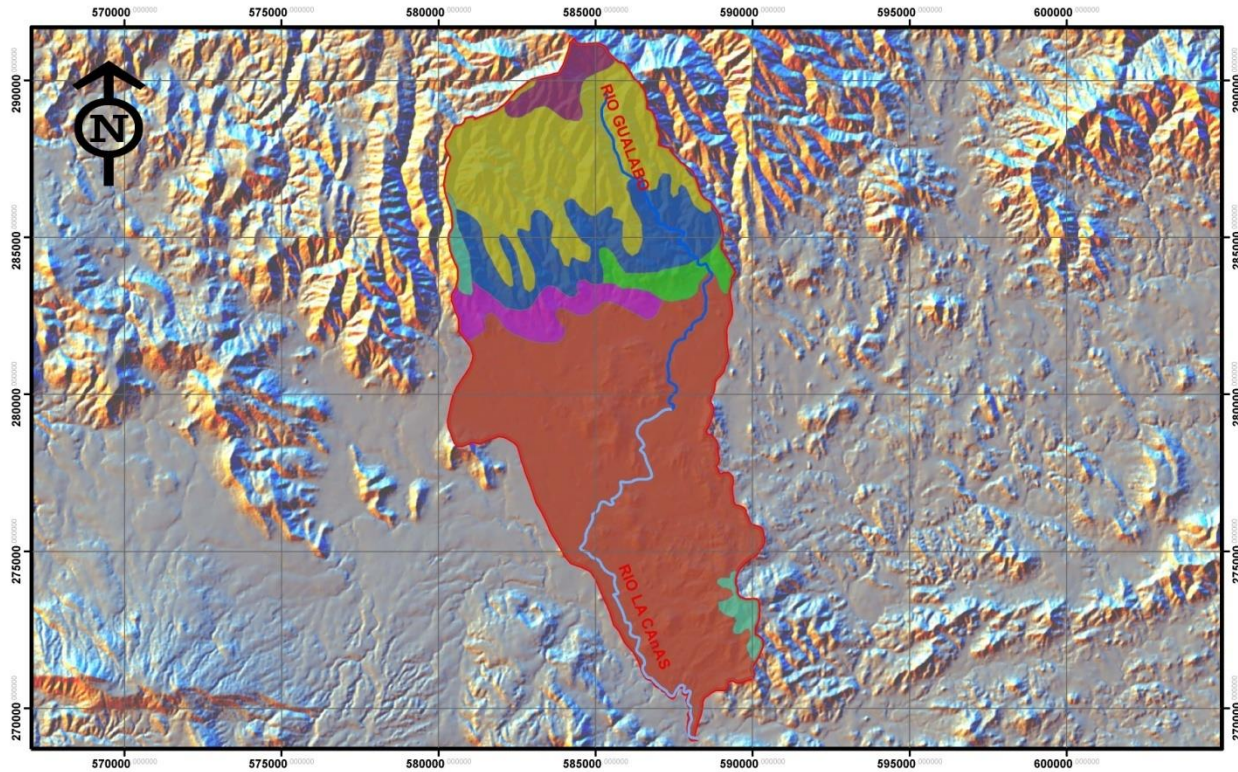


MARZO
DE 2009

HOJA
15/18

EL SALVADOR 1:128,000

ZONAS DE VIDA



5,000 2,500 0 5,000 10,000 Meters

INFORMACION GENERAL

- RIO LAS CAÑAS
- CUENCA
- bh-T Bosque húmedo Tropical, transición a Subtropical
- bh-T Bosque húmedo Tropical, transición a seco con menos de 2,000 mm. de precipitación anual
- bh-S Bosque húmedo Subtropical, transición a tropical
- bmh-S Bosque muy húmedo Subtropical, transición a húmedo
- bh-S(c) Bosque húmedo Subtropical
- bh-S Bosque húmedo Subtropical
- bh-T Bosque húmedo Tropical

UNIVERSIDAD
DE
EL SALVADOR

U
E
S



FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

TEMA
REDUCCION DE CONTAMINANTES
LIVIANOS Y PROPUESTA PARA
LA CONSERVACION Y PROTECCION
DEL RECURSO HIDRICO
EN EL RIO LAS CAÑAS
CANTON Y COOPERATIVA
SAN JACINTO, SAN MIGUEL

PRESENTAN:

BR. RENE LEONIDAS FUENTES MARTINEZ

BR. WILMAN BENEKE LOVO YANES

BR. GILMA IVANIA TURCIOS TURCIOS

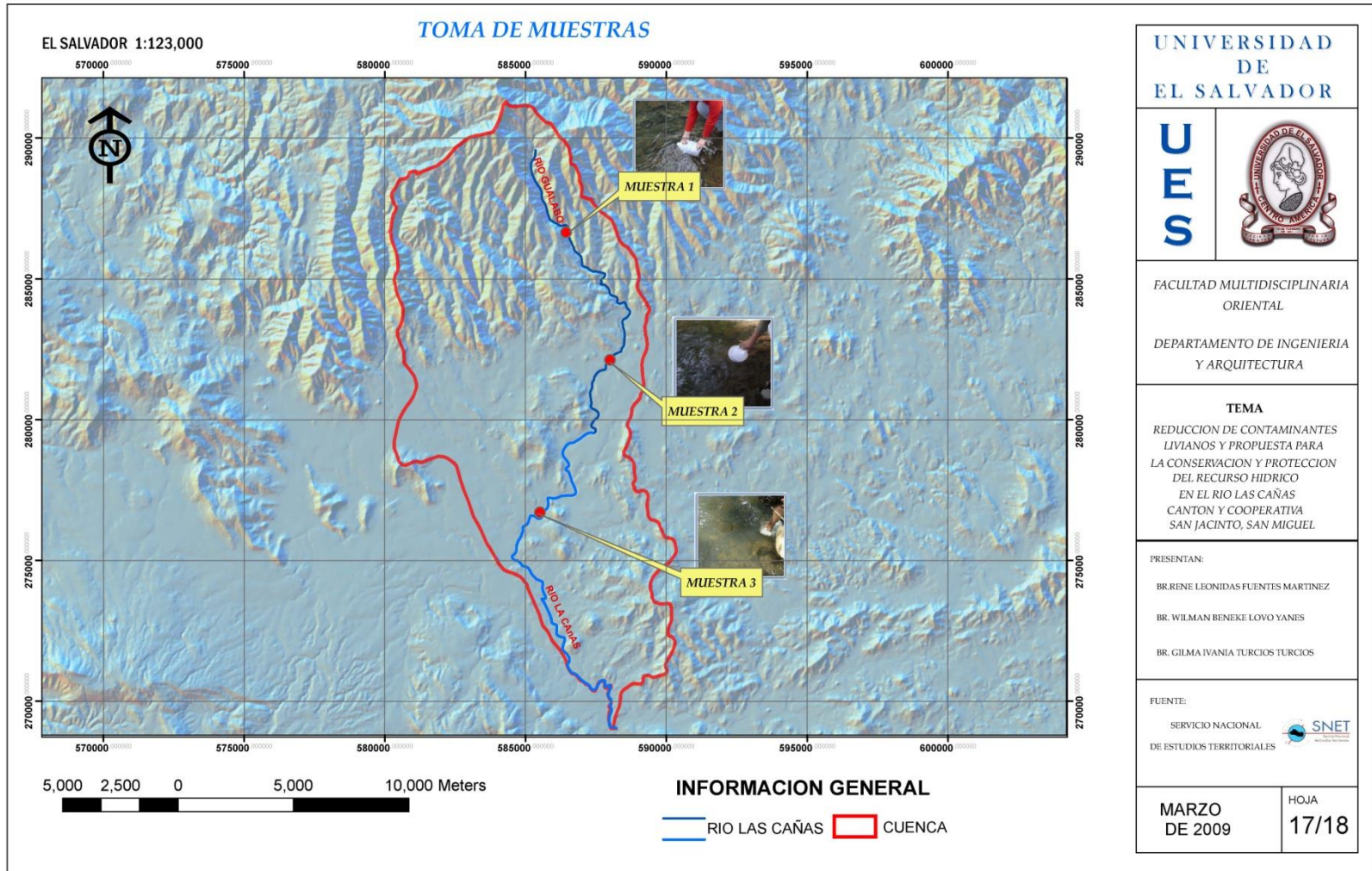
FUENTE:

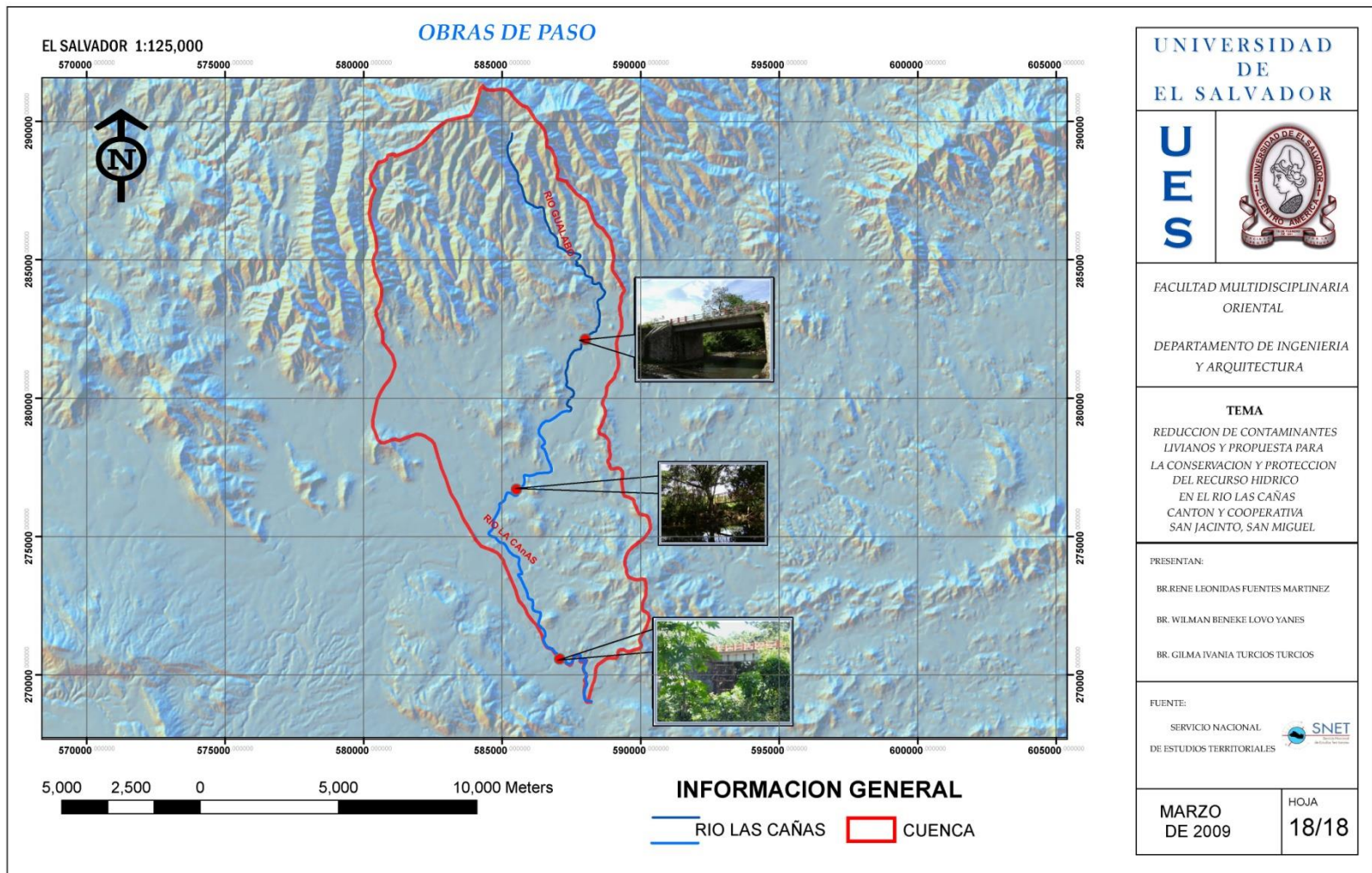
SERVICIO NACIONAL
DE ESTUDIOS TERRITORIALES



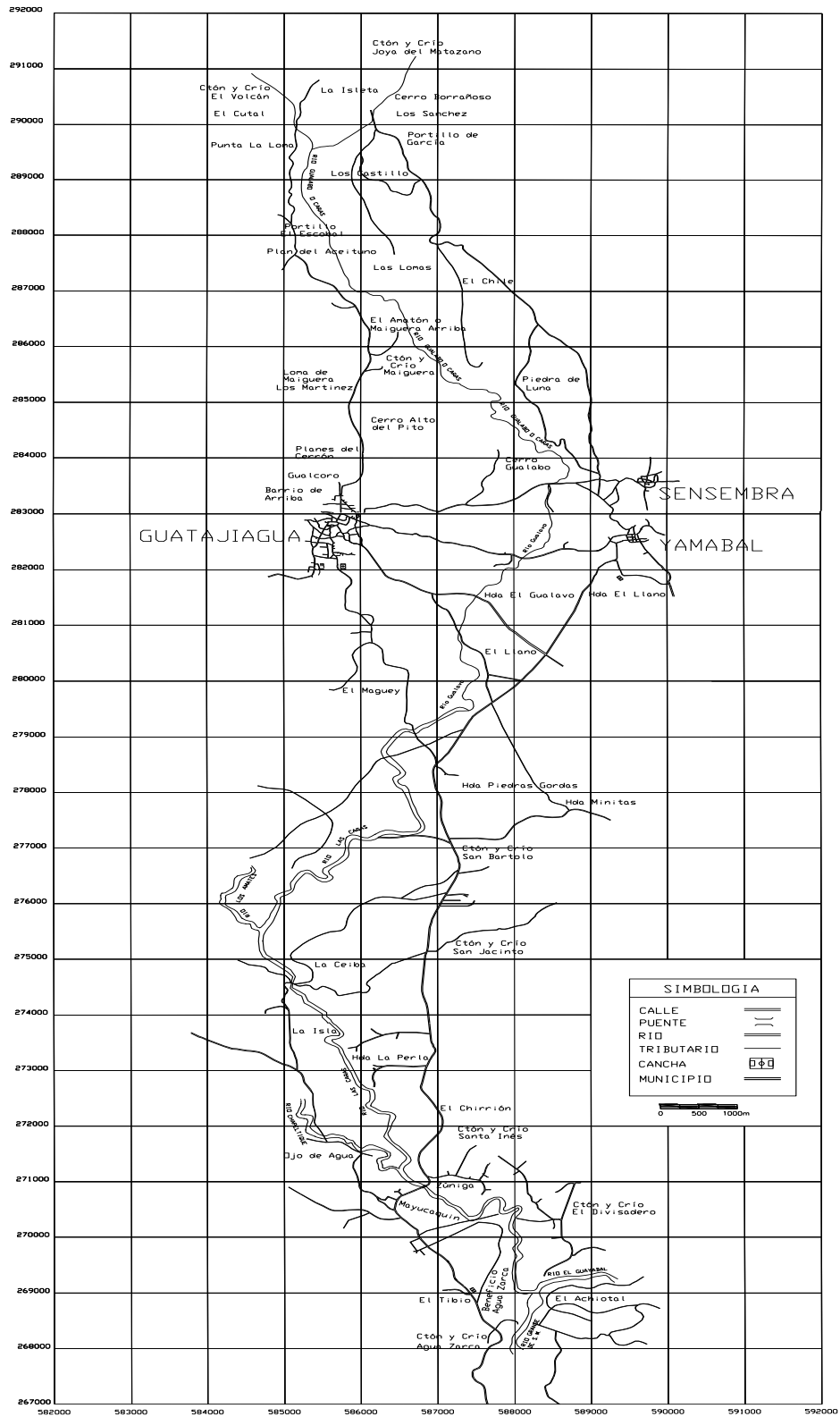
MARZO
DE 2009

HOJA
16/18





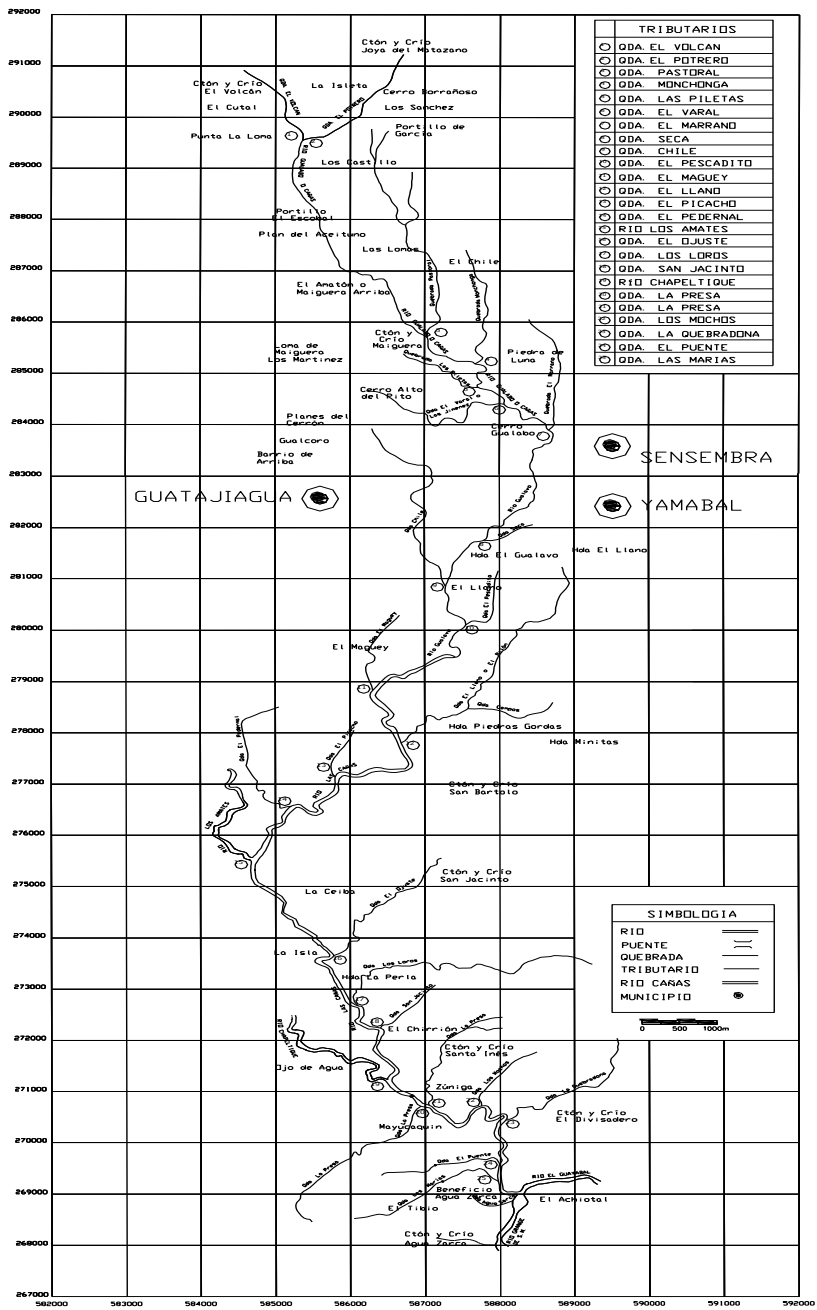
ANEXO 3:
PLANOS



000-000-00-00
 REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES LIVIANOS Y PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL RÍO LAS CAÑAS.
000-000-00-00
 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
000-000-00-00
 RÍO LAS CAÑAS, CANTÓN Y COOPERATIVA SAN JACINTO, SAN MIGUEL.

000-000-00-00
 ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO
000-000-00-00
 PUENTES RIVERA, RENE LEONIDAS LOYO YANES, WILMAN BENEKE TURCIOS TURCIOS, GILMA IVANIA
000-000-00-00
000-000-00-00
 ABRIL / 2009 ESPECIFICADAS 1 / 5





REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES LIVIANOS Y PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO HIDRICO EN EL RIO LAS CAÑAS.

RIO LAS CAÑAS, CON SUS TRIBUTARIOS

RD LAS CAÑAS, CANTON Y COOPERATIVA SAN JACINTO, SAN MIGUEL.

ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO

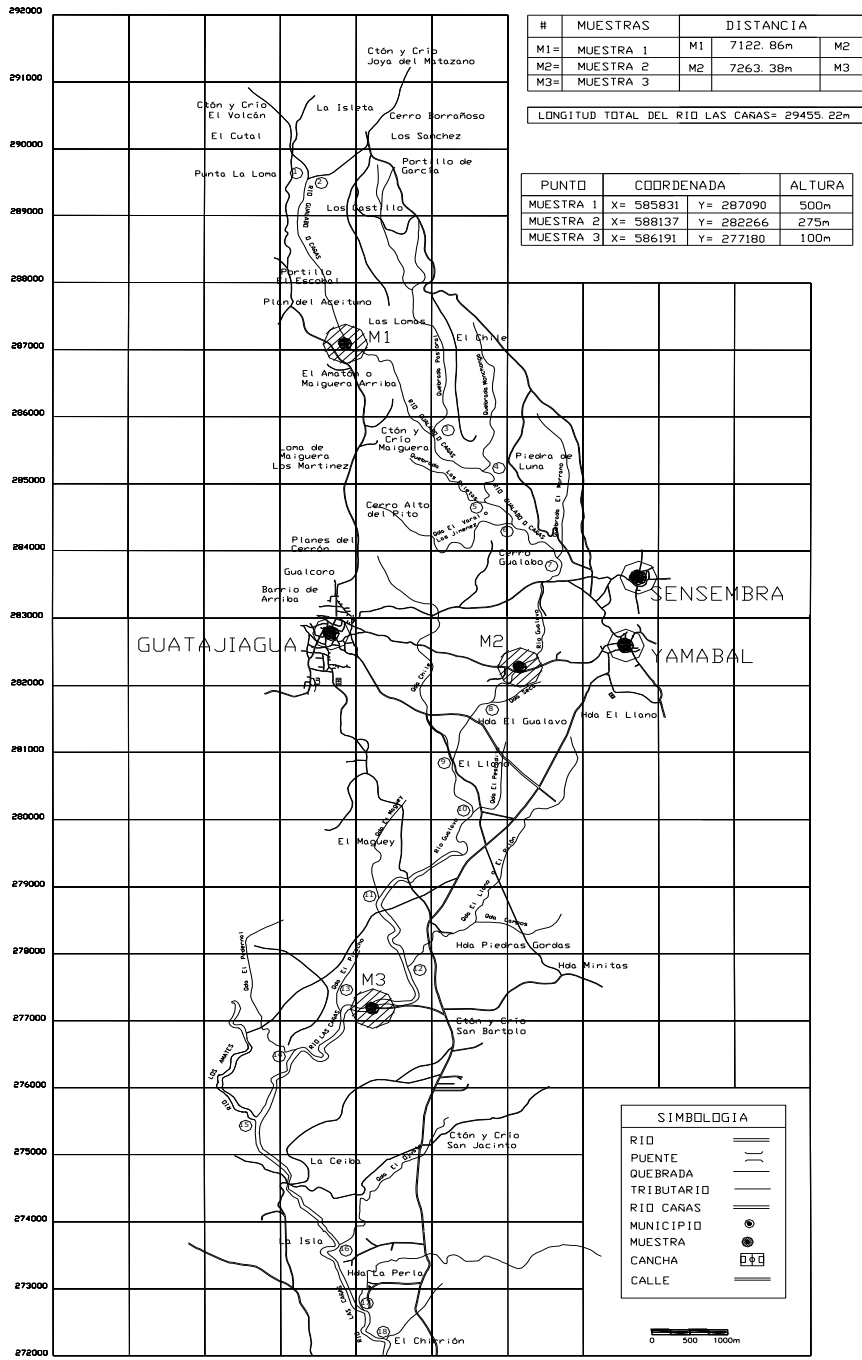
FUENTES RIVERA, RENE LEONIDAS
LONO YANES, WILMAN BENIRE
TURCOS TURCOS, GILMA IVANNA

ABRIL, 2009

ENCUENTRADAS

2/5





REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES LIVIANOS Y PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL RÍO LAS CAÑAS.

UBICACION Y DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

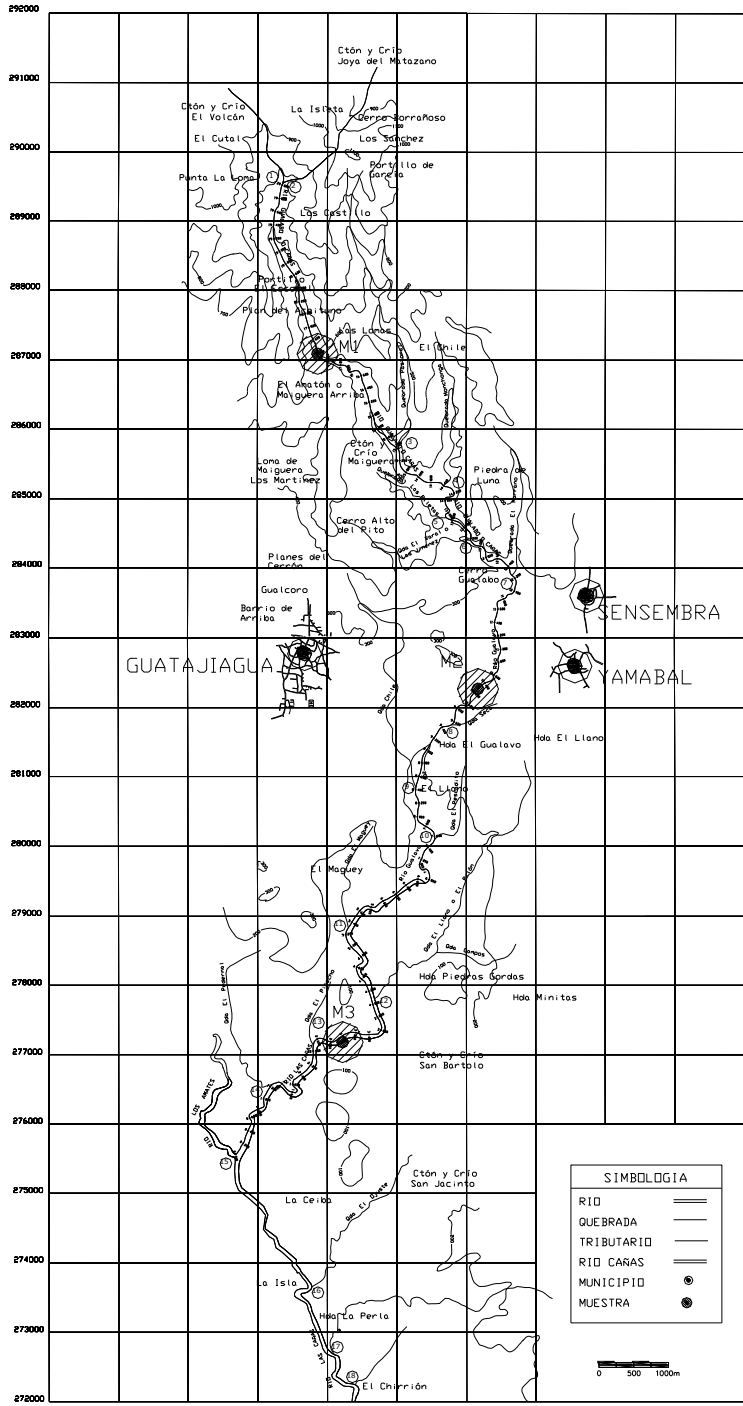
RÍO LAS CAÑAS, CANTÓN Y COOPERATIVA SAN JACINTO, SAN MIGUEL.

ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO

FUENTES RIVERA, RENE LEONIDAS
 LOYO YANES, WILMAN BIENKE
 TURCIOS TURCIOS, GILMA IVANIA

ABRIL/2009 ESPECIFICADAS 3 / 5





REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES LIVIANOS Y PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO HIDRICO EN EL RIO LAS CAÑAS.

CURVAS DE NIVEL DEL RIO LAS CAÑAS

RIO LAS CAÑAS, CANTÓN Y COOPERATIVA SAN JACINTO, SAN MIGUEL.

ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO

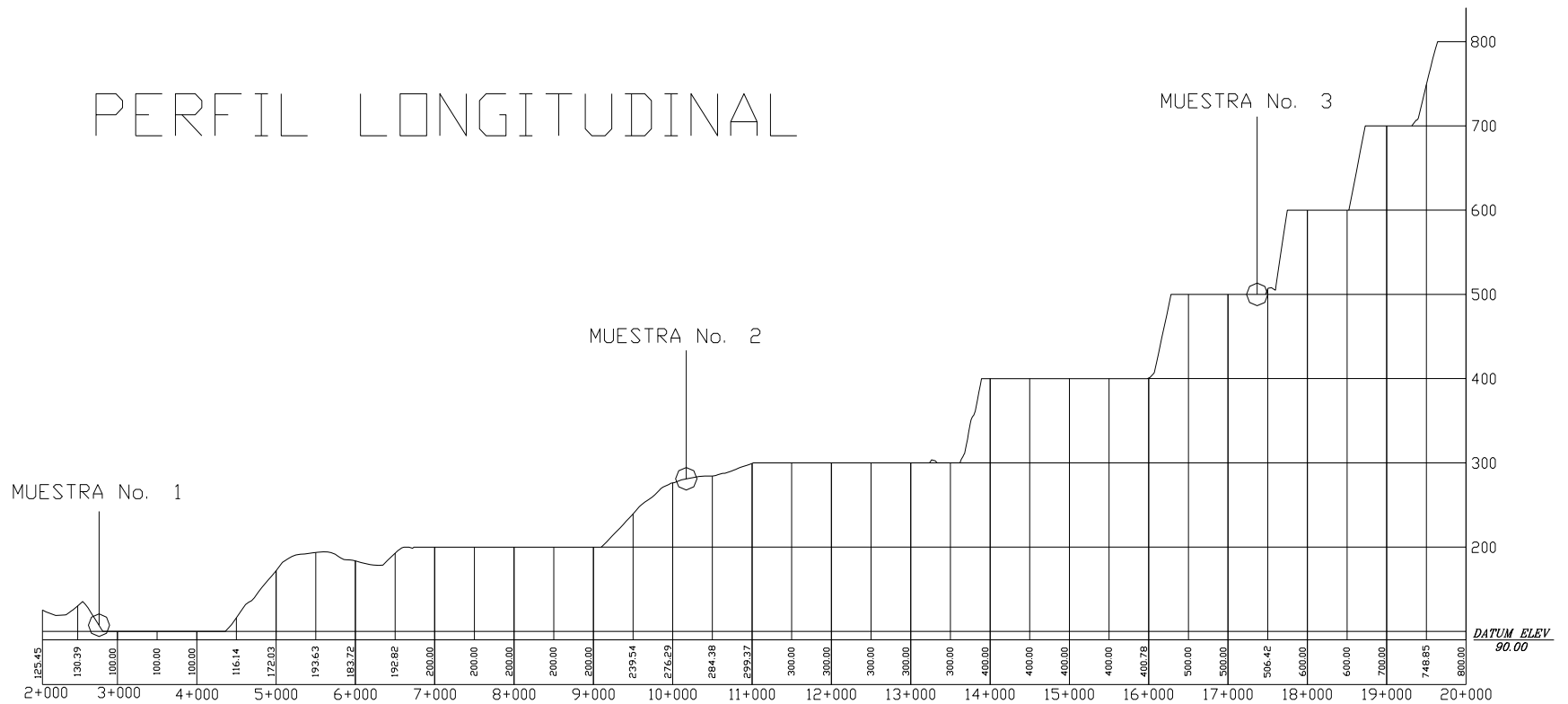
FUENTES RIVERA, RENE LEONIDAS
 LOVO YANES, WILMAN BENEKE
 TURCIOS TURCIOS, GILMA IVANIA

ABRIL 2009 ESPECIFICADAS 4/5



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PERFIL LONGITUDINAL



REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES LIVIANOS Y PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO HIDRICO EN EL RÍO LAS CAÑAS.

PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO LAS CAÑAS

RÍO LAS CAÑAS, CANTÓN Y COOPERATIVA SAN JACINTO, SAN MIGUEL.

ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO

FUENTES RIVERA, RENE LEONIDAS
LOVO YANES, WILMAN BENEKE
TURCIOS TURCIOS, GILMA IVANIA

ABRIL/ 2009

ESPECIFICADAS

5 / 5

