

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



Universidad de El Salvador

Hacia la libertad por la cultura

TRABAJO DE GRADO:

**“DIAGNOSTICO AMBIENTAL SOBRE LAS ACTIVIDADES QUE AFECTAN AL
RIO CHIMALAPA EN EL MUNICIPIO DE METAPÁN, SANTA ANA, EL
SALVADOR.”**

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

**PRESENTADO POR:
LUIS GERARDO BENAVIDES ESPINOZA
NOÉ ENRIQUE LEIVA SOTO**

**DOCENTE DIRECTOR:
ING. RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMÚDEZ**

SEPTIEMBRE DE 2017

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES CENTRALES

LICDO. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
RECTOR

DR. MANUEL DE JESÚS JOYA
VICE-RECTOR ACADÉMICO

ING. CARLOS ARMANDO VILLALTA
VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO (INTERINO)

LICDO. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ
SECRETARIO GENERAL

MSC. CLAUDIA MARIA MELGAR DE ZAMBRAMA
DEFENSORA DE LOS DERECHOS HUMANITARIOS

LICDO. RAFAÉL HUMBERTO PEÑA MARÍN
FISCAL GENERAL

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
AUTORIDADES

MSC. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ
DECANO

ING. ROBERTO CARLOS SIGÜENZA CAMPOS
VICE-DECANO

DAVID ALFONSO MATA ALDANA
SECRETARIO DE LA FACULTAD

ING. DOUGLAS GARCÍA RODEZNO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

AGRADECIMIENTOS.

Gracias a mi Dios y a la Virgen María, en primera instancia, por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, etapa la cual veo como un escalón más de muchos otros que se acercan. Gracias a la paz y confianza que me brindaron en todo momento, en saber que las cosas siempre saldrían bien por más difíciles que se vean.

Gracias a mis padres, Lorena y Miguel por apoyarme en lo largo de mi carrera y estar siempre pendiente de mi vida, esperando en que todo sea de bien y éxitos para mí. Recuerden que los amo.

Gracias a mis hermanas Lorena y Mayra, que en muchos momentos de debilidad siempre han sido parte importante de inspiración para mí, en seguir adelante y no decaer.

Gracias a Vanessa, por estar conmigo en las buenas y malas de mi carrera y trabajo de grado; por ser una parte muy importante en mi vida, tenerme paciencia y apoyarme, T.A.

Gracias a Julián y Katia, por ser fuente de felicidad y apoyo en el proceso de mi trabajo de grado.

Gracias a mi compañero de tesis, Kike, quien sabe la forma en la cual trabajar en equipo y hacer que las cosas fluyan fácilmente, ¡Lo logramos man!

Gracias a mi asesor, el Ingeniero Raúl Martínez Bermúdez, quien con mucha paciencia y excelencia nos brindó las herramientas necesarias para presentar un excelente trabajo de grado.

Gracias a la Municipalidad de Metapán, en especial a: Lic. Tommy, Ing. Naum y Lic. Calderón, por el enorme apoyo brindado a lo largo de la realización del trabajo de grado, que con esmero y agrado ayudaron en todo lo que estuvo a su alcance.

Gracias al Ministerio de Agricultura y Ganadería-Dirección General de Ordenamiento forestal, Cuencas y Riego, por el apoyo brindado para el aforo del mes de Julio y los datos obtenidos en el aforo del mes de Febrero.

Gracias al Ing. Chiki, William y Marvin, compañeros y amigos los cuales muy amablemente nos ayudaron en las mediciones de caudales al río.

Gracias a mis abuelos, que aunque ya no tengo a dos físicamente, tengo a otros dos como ángeles en la tierra. A mis abuelas Lidia y Elena gracias por el espíritu de cada día aprender más; a mi abuelo Saúl, gracias por esas historias en canteras de piedra caliza, las cuales me encaminaron más en la carrera, a mi abuelo Miguel, que si bien no tengo mucha memoria de él, ¡ya soy tu colega abuelo!

Gracias a mi gimnasio de Halterofilia, a mis hermanos de pesas, que más que mis amigos son mi familia, gracias por escuchar, y por hacer un ambiente propicio para liberar estrés, Gracias Profe Navas.

Gracias a quien de alguna manera aportó un granito para la realización de este trabajo de grado, me ayudó, influenció en mí, vibras positivas, mil e infinitas gracias de corazón.

Gerardo Benavides.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por la vida y salud que me ha dado hasta esta etapa de mi vida, y por haberme ayudado a superar con éxito cada prueba y obstáculo de mi carrera.

Quiero agradecer a mi abuelita Eugenia Soto, por ser mi segunda madre, soy todo lo que soy gracias a ella; por la educación, el amor, comprensión y apoyo que me ha dado desde mi niñez hasta el día de hoy. Por enseñarme solo cosas buenas. Que Dios le de muchos años de mi vida a mi viejita para seguir aprendiendo más de ella. Te amo abuela.

Gracias a mi mamá Karla Lima por siempre creer en mí, su apoyo incondicional y por demostrarme que no importa la distancia, me demuestra su amor a cada instante; por querer siempre lo mejor para tus hijos. No lo hubiese logrado sin ti mami, te amo.

A mis hermanos Nathy, Darssy y Martín, por todo su apoyo y cariño, en especial a Nathaly por motivarme a siempre seguir adelante, y estar conmigo en las buenas y las malas.

A mi padrastro José Gavidia por ser un ejemplo de buen padre y esposo, por brindarme su ayuda en todo a pesar que no nos une un lazo de sangre, siempre ha estado ahí para lo que sea. A mi tía Lorena por igual, gracias por toda su ayuda y buenos deseos.

A todos mis tíos y primos por todos sus buenos deseos y palabras de ánimo a lo largo de mi carrera.

Agradecer a Roxy Panameño por todo su cariño y comprensión, por su constante apoyo; te amo. A su familia por permitirme ser parte de ellos y por todos sus consejos y recomendaciones.

A mi compañero de tesis, mi gran amigo Gerardo Benavides, por enseñarme a abordar cualquier reto de forma positiva y con entusiasmo, por trabajar de una

manera excelente en cada proyecto que abordamos a lo largo de la carrera. Si, lo logramos man.

A Miguel Benavides por sus buenos consejos, porque en los momentos más difíciles de este trabajo de grado él siempre estuvo brindándonos su apoyo. Al Ing. Jerónimo, William, Marvin y Obed, por su importante ayuda en los aforos que realizamos.

Agradecer a mi docente asesor, el Ing. Raúl Bermúdez por instruirnos en cada aspecto del trabajo de grado, por todo su tiempo e interés y por enseñarnos métodos y técnicas que enriquecieron en gran manera el trabajo de grado.

Agradecimientos especiales a la Alcaldía de Metapán por toda la ayuda que nos proporcionaron. Al Ing. Nahúm, Lic. Tommy y Lic. Calderón por su preocupación e interés en la investigación, porque a base de su experiencia contribuyeron a mejorar cada aspecto del trabajo de grado.

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería por su ayuda en los aforos del mes de febrero y de julio.

A todos mis amigos de la Iglesia Adventista del Séptimo Día de San Cayetano, por sus buenos deseos y consejos, a cada una de las personas que directa o indirectamente contribuyeron en mi formación espiritual y profesional. Gracias.

Enrique Soto.

INDICE

RESUMEN	I
INTRODUCCIÓN	II
CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos:.....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN	6
1.5. ALCANCES	7
1.6. LIMITANTES	8
CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA TEÓRICO	9
2.1. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.1. Cuenca Hidrográfica.....	9
2.1.2. Descripción de los ríos.	11
2.1.3. El curso de los ríos	11
2.1.4. Régimen Hidrológico de los ríos	12
2.1.5. Características fundamentales de los ríos.....	12
2.1.6. Elementos de un río.....	13
2.1.6.1. Fuente.....	13
2.1.6.2. Boca	13
2.1.6.3. Confluencia	13
2.1.6.4. Tributario.....	13
2.1.6.5. Cuenca hidrográfica.....	13
2.1.6.6. Canal.....	13
2.1.6.7. Lecho.....	13
2.1.6.8. Orillas.....	14
2.1.7. Sistema hidrográfico de Metapán.....	14
2.1.8. Ríos tributarios al río San José.....	14

2.1.9.	Calidad del agua de los ríos de la cuenca San José.	15
2.1.10.	Tipos de contaminación en ríos.....	15
2.1.10.1.	Derrame de sustancias derivadas del petróleo.	15
2.1.10.2.	Contaminación microbiológica.....	15
2.1.10.3.	Materia suspendida	16
2.1.10.4.	Contaminación química	16
2.1.10.5.	Contaminación por nutrientes.....	16
2.1.11.	Evaluación ambiental	17
2.1.11.1.	Diagnóstico Ambiental: Método de MEL-ENEL.	17
2.1.12.	Métodos de medición de caudales en ríos.	19
2.1.12.1.	Métodos volumétricos.....	19
2.1.12.2.	Método velocidad/superficie.	19
2.1.12.3.	Vertederos.....	19
2.2.	MARCO CONCEPTUAL	20
2.2.1.	Normativas aplicadas al proyecto	20
2.2.1.1.	ORDENANZA MUNICIPAL PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN POR VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL Y ORDINARIA EN EL MUNICIPIO DE METAPÁN.....	20
2.2.1.2.	NSO 13.49.01.09 AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.....	21
2.2.1.3.	LEY DE MEDIO AMBIENTE.....	22
2.2.1.4.	REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE MEDIO AMBIENTE. ...	24
2.2.1.5.	REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE RIEGO Y AVENAMIENTO.....	25
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....		27
3.1.	Tipo de estudio:.....	27
3.2.	Población y Muestra:.....	27
3.3.	Unidades de Observación	28
3.4.	Técnicas de Investigación	28
3.4.1.	Observación.....	28
3.4.2.	Entrevista.....	32
3.5.	Análisis de la Información.	32

CAPITULO IV: ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA CUENCA LIMO-CHIMALAPA

44

4.1	Delimitación de la Cuenca.....	44
4.2	Medición de Área y Longitud.....	46
4.2.1.	Longitud de la Cuenca.....	47
4.2.2.	Longitud de Cauce Principal.....	48
4.3	Altura Máxima y Mínima.....	49
4.4	Índice de Compacidad.....	50
4.5	Factor de Forma.....	50
4.6	Rectángulo Equivalente	51
4.7	Curva Hipsométrica.....	53
4.8	Pendiente Media	55
4.9	Caracterización de la Red de Drenaje.....	56
4.9.1.	Orden de la Cuenca.....	56
4.9.2.	Densidad de Drenaje	57
4.10	Perfil Altimétrico del Cauce Principal.....	59
4.11	Mapa de Orden de Acumulación de Flujo de la Cuenca Limo-Chimalapa.	60

CAPITULO V: AFORO Y PRUEBAS AL RIO CHIMALAPA

62

5.1	Determinación de puntos de aforo.	62
5.2	Toma de caudal en puntos estratégicos del río por el método volumétrico, velocidad superficie y con molinete.....	63
5.2.1.	Aforo del mes de Febrero	63
5.2.2.	Aforo del mes de Marzo.....	64
5.2.2.1.	Memoria de Cálculo.....	64
5.2.3.	Aforo del mes de Abril	67
5.2.3.1.	Memoria de Cálculo.....	67
5.2.4.	Aforo del mes de Mayo.....	70
5.2.4.1.	Memoria de Calculo.....	71
5.2.5.	Aforo del mes de Junio	78
5.2.5.1.	Memoria de Cálculo.....	78
5.2.6.	Aforo del mes de Julio	88

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

5.2.6.1. Memoria de Calculo.....	89
5.3 Tabla resumen de aforos	100
5.4 Variación de caudal por mes en cada punto	101
5.5 Análisis del agua de Río Chimalapa.....	108
5.5.1. Análisis del agua, punto de “La Cascada”	108
5.5.2. Análisis del agua, punto “Río Cristiani”.....	109
5.5.3. Análisis del agua, punto “La Molienda”.....	110
CAPITULO VI: DIAGNOSTICO AMBIENTAL	113
6.1. Título y autores	113
6.2. Resumen Ejecutivo	113
6.3. Descripción de las actividades sujetas a diagnóstico.....	114
6.4. Descripción de los aspectos ambientales afectados directamente por la actividad.....	115
6.5. Identificación, priorización y cuantificación de los impactos negativos cuya causa directa depende de la actividad.....	116
6.5.1. Método de MEL-ENEL.....	117
6.6. Determinación de las medidas de mitigación adecuadas para cada impacto.....	135
6.6.1. Para la extracción inadecuada del Agua se propone lo siguiente: ..	135
6.6.2. Para la ubicación de Siembras, Disposición del Ganado y construcción de establos se propone lo siguiente:	136
6.6.3. Para la contaminación con Desechos sólidos se propone lo siguiente: 137	
6.6.4. Para las actividades variadas según el tipo de turistas se propone lo siguiente:	139
6.6.5. Para la forma de Extracción y apilamiento de Piedra y Arena se propone lo siguiente:	139
6.7. Programa de adecuación ambiental.....	141
CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
7.1 CONCLUSIONES.....	143
7.2 RECOMENDACIONES	144
7.3 REFERENCIAS.....	145
7.4 RECURSOS Y PRESUPUESTO.....	147



7.5 ANEXOS 148

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Cantones que recorre el rio Chimalapa. 2

Figura No. 2: Confluencia entre el rio Chimalapa y el río San José 3

Figura No. 3: Quebradas del Río Chimalapa..... 4

Figura No. 4: Cuencas Hidrográficas de El Salvador. 9

Figura No. 5: Grafico de pastel indicando el vertido de sustancias al rio. 33

Figura No. 6: Grafico de pastel indicando los cultivos y potreros dominantes en la zona de estudio. 34

Figura No. 7: Grafico de Indicando si los pobladores se benefician del Río. 35

Figura No. 8: Grafico de Indicando la forma en que los pobladores se benefician del Río. 36

Figura No. 9: Grafico indicando si hay o no disminución de especies en la zona. 37

Figura No. 10: Grafico indicando el porcentaje de pobladores que cuenta con agua potable en la zona. 38

Figura No. 11: Grafico indicando el porcentaje de pobladores que cuenta con electricidad en la zona..... 39

Figura No. 12: Grafico indicando el porcentaje de pobladores que cuenta con fosa o alcantarillado en la zona..... 40

Figura No. 13: Grafico indicando el porcentaje de pobladores que cuenta manejo apropiado de los Desechos sólidos en la zona. 41

Figura No. 14: Mapa de Ubicación de la Cuenca Limo-Chimalapa 44

Figura No. 15: Identificación de la red de drenaje de la cuenca Limo-Chimalapa. 45

Figura No. 16: Trazo de la línea parteaguas de la cuenca Limo-Chimalapa..... 46

Figura No. 17: Informe de Área y Perímetro de la cuenca Limo-Chimalapa. 47

Figura No. 18: Longitud de la Cuenca Limo-Chimalapa..... 47

Figura No. 19: Longitud del Cauce Principal 48

Figura No. 20: Elevaciones máxima, mínima y media de la cuenca Limo-Chimalapa. 49

Figura No. 21: Rectángulo equivalente de la cuenca Limo-Chimalapa. 52

Figura No. 22: Elaboración de Curva Hipsométrica de la Cuenca Limo-Chimalapa 54

Figura No. 23: Clasificación de cuencas según forma de curva hipsométrica 54

Figura No. 24: Pendiente Máxima. Media y Mínima. 55

Figura No. 25: Orden de la Cuenca Limo.Chimalapa..... 57

Figura No. 26: Perfil altimétrico del cauce principal..... 59

Figura No. 27: Acumulación de la red de drenaje del municipio de Metapán..... 60

Figura No. 28: Puntos de aforo en la cuenca Limo-Chimalapa..... 62

Figura No. 29: Sección Hidráulica Superior. Punto “La Cascada”. Mes de Mayo. 72

Figura No. 30: Sección Hidráulica inferior. Punto “La Cascada”. Mes de Mayo 73

Figura No. 31: Sección Hidráulica Superior. Punto “La Cascada”. Mes de Mayo. 76

Figura No. 32: Sección Hidráulica Inferior. Punto “La Cascada”. Mes de Mayo.... 77

Figura No. 33: Sección Hidráulica Superior. Punto “La Cascada”. Mes de Junio.. 80

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

Figura No. 34: Sección Hidráulica Inferior. Punto “La Cascada”. Mes de Junio	81
Figura No. 35: Sección Hidráulica Superior. Punto “Río Cristiani”. Mes de Junio.	83
Figura No. 36: Sección Hidráulica Inferior. Punto “Río Cristiani”. Mes de Junio....	84
Figura No. 37: Sección Hidráulica Superior. Punto “Río Cristiani”. Mes de Junio.	86
Figura No. 38: Sección Hidráulica Inferior. Punto “Río Cristiani”. Mes de Junio....	87
Figura No. 39: Sección Hidráulica. Punto “La Cascada”. Mes de Julio.	89
Figura No. 40: Sección Hidráulica. Punto “Río Cristiani”. Mes de Julio.....	93
Figura No. 41: Sección Hidráulica. Punto “La Molienda”. Mes de Julio.....	96
Figura No. 42: Variación de caudal por mes. Punto La Cascada	101
Figura No. 43: Variación de caudal por mes. Punto Río Cristiani.....	102
Figura No. 44: Variación de caudal por mes. Punto La Molienda.....	103
Figura No. 45: Comparación del caudal entre cada uno de los puntos de aforo.	104
Figura No. 46: Ejemplificación de los basureros propuestos.....	138
Figura No. 47: Puntos de Extracción de Agua.....	148
Figura No. 48: Siembras en la cuenca Limo-Chimalapa.	149
Figura No. 49: Actividades en el rio Chimalapa I.....	149
Figura No. 50: Actividades en el rio Chimalapa II.....	150
Figura No. 51: Actividades en el rio Chimalapa III.....	150

INDICE DE IMAGENES

Imagen No. 1: Entrevista en el cantón El Limo..... 42

Imagen No. 2: Entrevista en el cantón El Limo..... 42

Imagen No. 3: Entrevista en el cantón El Panal. 43

Imagen No. 4: Entrevista en el caserío Chimalapa. 43

Imagen No. 5: Aforo en La Molienda, Método Volumétrico. 105

Imagen No. 6: Aforo en La Cascada, Método Volumétrico. 105

Imagen No. 7: Aforo en La Molienda, Método Velocidad-Superficie. 106

Imagen No. 8: Aforo en Río Cristiani, Método Velocidad Superficie. 106

Imagen No. 9: Aforo en La Cascada, Método Velocidad-Superficie con Molinete.
..... 107

Imagen No. 10: Aforo en La Molienda, Método Velocidad-Superficie con Molinete.
..... 107

Imagen No. 11: Toma de muestra de agua en punto Río Cristiani..... 111

Imagen No. 12: Medición de temperatura con termómetro análogo..... 111

Imagen No. 13: Toma de muestra de agua en punto La Molienda..... 112

Imagen No. 14: Muestras preparadas y etiquetadas para ser analizadas..... 112

Imagen No. 15: Tipos de cultivos en la cuenca Limo-Chimalapa (de izquierda a
derecha y de arriba hacia abajo): Café, guineo, frijol, maíz. 151

Imagen No. 16: Tuberías usadas para extraer agua del Río Chimalapa..... 151

Imagen No. 17: Bocatomas encontradas en el curso del río..... 152

Imagen No. 18: Construcción de vivienda a orillas del río..... 152

Imagen No. 19: Obstrucción del río en el punto La Molienda..... 153

Imagen No. 20: Obstrucción y desviación del río. 153

Imagen No. 21: Puente sobre el rio chimalapa en carreta CA-12 154

Imagen No. 22: Puente sobre el rio chimalapa en carreta CA-12 154

Imagen No. 23: Rio chimalapa aguas arriba 155

Imagen No. 24: Cultivos de café y ganado a las orillas del Río Chimalapa 155

Imagen No. 25: Extracciones de Arena 155

Imagen No. 26: Visita a Lugares de Extracción de Arena 155

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Ríos tributarios de la cuenca San José..... 14

Tabla No. 2: Matriz de Niveles de prioridad de impactos EIA..... 18

Tabla No. 3: Datos de los cantones por los cuales hace su recorrido el Río Chimalapa. 27

Tabla No. 4: Vertidos de sustancia al Río. 33

Tabla No. 5: Cultivos y potreros en la zona..... 34

Tabla No. 6: Beneficios en el Río. 35

Tabla No. 7: Forma de Beneficios en el Río. 36

Tabla No. 8: Disminución de Especies. 37

Tabla No. 9: Servicios Básicos I..... 38

Tabla No. 10: Servicios Básicos II..... 39

Tabla No. 11: Servicios Básicos III..... 40

Tabla No. 12: Servicios Básicos IV. 41

Tabla No. 13: Parámetros necesarios para elaborar la curva hipsométrica. 53

Tabla No. 14: Longitud total de cada uno de los cursos de agua de la cuenca. .. 58

Tabla No. 15: Georreferencia de Puntos de Aforo 63

Tabla No. 16: Aforo del mes de febrero. 63

Tabla No. 17: Aforo del mes de marzo..... 64

Tabla No. 18: Aforo del mes de abril. 67

Tabla No. 19: Aforo del mes de mayo 70

Tabla No. 20: Datos de sección hidráulica del punto “La Cascada”. Mes de Mayo. 72

Tabla No. 21: Datos de sección hidráulica del punto “La Molienda”. Mes de Mayo. 76

Tabla No. 22: Aforo del mes de junio. 78

Tabla No. 23: Datos de sección hidráulica del punto “La Cascada”. Mes de Junio. 80

Tabla No. 24: Datos de sección hidráulica del punto “Río Cristiani”. Mes de Junio. 83

Tabla No. 25: Datos de sección hidráulica del punto “La Molienda”. Mes de Junio. 86

Tabla No. 26: Aforo del mes de julio. 88

Tabla No. 27: Cálculo de caudal mediante molinete. Punto “La Cascada”. 92

Tabla No. 28: Cálculo de caudal mediante molinete. Punto “Río Cristiani”. 95

Tabla No. 29: Cálculo de caudal mediante molinete. Punto “La Molienda”. 99

Tabla No. 30: Tabla resumen de aforos 100

Tabla No. 31: Caudales registrados en el punto “La Cascada” 101

Tabla No. 32: Caudales registrados en el punto “Río Cristiani” 102

Tabla No. 33: Caudales registrados en el punto “La Molienda” 103

Tabla No. 34: Análisis del agua del punto La Cascada. 108

Tabla No. 35: Análisis del agua del punto Río Cristiani..... 109

Tabla No. 36: Análisis del agua del punto La Molienda..... 110

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

Tabla No. 37: Actividades sujetas a Diagnostico.....	114
Tabla No. 38: Aspectos Ambientales potencialmente impactados.	115
Tabla No. 39: Matriz de interacción causa/efecto.....	116
Tabla No. 40: Interacción de la Actividad Turismo.	119
Tabla No. 41: Interacción de la Actividad Agricultura.	120
Tabla No. 42: Interacción de la Actividad Ganadería.	121
Tabla No. 43: Interacción de la Actividad Extracción de Agua.	122
Tabla No. 44: Interacción de la Actividad Extracción de Piedra y Arena.	123
Tabla No. 45: Impactos Genéricos.	124
Tabla No. 46: Relevancia de Impactos Genéricos.	126
Tabla No. 47: Tabla para encontrar el CSR.	127
Tabla No. 48: Asignación de letras a los impactos genéricos.	128
Tabla No. 49: Evaluación y comparación de impactos contra ellos mismos.	131
Tabla No. 50: Tabla con los valores encontrados de CSR.....	132
Tabla No. 51: Tabla con los valores encontrados de CSR normalizados.....	133
Tabla No. 52: Tabla con la jerarquización por niveles de impacto y sus correspondientes porcentaje de significancia.....	134
Tabla No. 53: Costos del Reglamento Interno propuesto I.....	136
Tabla No. 54: Costos de medida de mitigación I.....	137
Tabla No. 55: Suministro de Basureros desechos sólidos.	138
Tabla No. 56: Costos de medida de mitigación II.....	139
Tabla No. 57: Costos del Reglamento Interno propuesto II.....	140
Tabla No. 58: Programa de adecuación ambiental.	141
Tabla No. 59: Cronograma de implementación de medidas de mitigación.	142
Tabla No. 60: Recursos Humanos.	147
Tabla No. 61: Costos Aproximados de gasto para trabajo de grado	147

GLOSARIO.

- **Aforo:** Medición del caudal de un cuerpo de agua en movimiento, por medio de diferentes métodos.
- **AutoCAD:** Es un software del tipo CAD (Computer Aided Design) que significa diseño asistido por computadora, y que fue creado por una empresa norteamericana especializada en este rubro llamada Autodesk.
- **Caudal:** Volumen de agua que circula por el cauce de un río en un lugar y tiempo determinados. Se refiere fundamentalmente al volumen hidráulico de la escorrentía de una cuenca hidrográfica concentrada en el río principal de la misma.
- **Cuenca Limo-Chimalapa:** Nombre dado por los autores del Diagnóstico a la Cuenca en Estudio.
- **Desembocadura:** Es la parte más baja de un flujo de agua, como un río, arroyo, o canal de riego, es decir, aquella sección del curso de agua donde vierte las aguas al mar, a otro río, arroyo o a un lago.
- **Diagnóstico Ambiental:** Conjunto de procesos para evaluar y saber el grado de impacto que genera una actividad sobre un aspecto ambiental.
- **Drenaje:** Área o red por la cual el cauce principal de un Río desemboca en otro río, lago o mar.
- **E. Coli:** Es una bacteria habitual en el intestino del ser humano y de otros animales de sangre caliente. Aunque la mayoría de las cepas son inofensivas, algunas pueden causar una grave enfermedad de transmisión alimentaria.
- **Escorrentía Superficial:** Hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo.
- **Fauna:** Conjunto de todas las especies animales, generalmente con referencia a un lugar, clima, tipo, medio o período geológico concretos.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

- **Flora:** Conjunto de plantas de una zona o de un período geológico determinado.
- **Impacto Ambiental:** Es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración en la línea de base ambiental.
- **Linderos:** La línea que separa unas propiedades o heredades de otras. Es el límite o límites hasta los cuales superficialmente se extiende la finca o el dominio sobre la misma.
- **Molinete:** Aparato de medición de caudal, con aspas en un extremo y sensores para determinar la velocidad en un flujo de agua.
- **Nacimiento:** Afloramiento de un cuerpo de agua en movimiento, punto de partida de un cauce.
- **Ordenanza:** Es una disposición o mandato. El término se utiliza para nombrar al tipo de norma jurídica que forma parte de un reglamento y que está subordinada a una ley. La ordenanza es emitida por la autoridad que tiene el poder o la facultad para exigir su cumplimiento.
- **Punto “La Molienda”:** Denominación dada por los autores al punto de interés en estudio cercano a la molienda El Limo.
- **Quebrada:** Es un término que se utiliza para nombrar a la hendidura de una montaña, al paso estrecho entre elevaciones o al arroyo o riachuelo que atraviesa una quiebra.
- **Río Cristiani:** Denominación dada por los autores al punto de interés del río proveniente de la propiedad de la familia Cristiani.
- **Río La Cascada o punto la cascada:** Denominación dada por los autores al punto de interés del río proveniente de la cascada El Limo.
- **Río Tributario:** En hidrología, un afluente corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que no desemboca en el mar, sino en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

SIGLAS.

- **MEL-ENEL:** Siglas para la identificación del método de Diagnóstico Ambiental desarrollado por Manuel E. López.
- **MARN:** Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- **EIA:** Evaluación de Impacto Ambiental.
- **NSO:** Norma Salvadoreña Obligatoria.
- **MAG:** Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- **PSPP:** Es un reemplazo libre para el software propietario SPSS, el cual significa: Statistical Package for the Social Sciences.
- **INAGUA:** Instituto del Agua (Caso particular de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente)
- **DA:** Diagnóstico Ambiental.
- **ADESCO:** Asociación de Desarrollo Comunal.

RESUMEN

En el municipio de Metapán de Santa Ana El Salvador el río Chimalapa es un afluente del río San José y por tanto de la cuenca San José y esta a su vez a la sub cuenca laguna de Metapán, el río Chimalapa tiene como afluentes tres quebradas las cuales son: Del Cerrón, El tigre y de los Hornos, el río Chimalapa nace en la zona norte del cantón el Panal, recorre todo el cantón hasta rodear al casco urbano del municipio de Metapán, para luego desembocar en el río San José a el costado poniente del casco urbano del municipio de Metapán. Tiene una longitud de 9.24 Km, con quebradas afluentes con las siguientes longitudes: Del Cerrón 1.83 Km, El tigre 5.91 y de los Hornos 4.28 Km. (Romero B. , 2012)

En la zona alta del río Chimalapa (zona norte) se encuentran sitios turísticos como el Hostal El Carmen, Hostal Villa Limón e iglesia Salem de paz de la asamblea de Dios y zonas utilizadas en agricultura y ganadería.

El río tiene una extensión considerable, hace su aporte directamente al río principal de Metapán, y es por ello que la municipalidad está interesada en indagar los usos o causas que están haciendo que el río tenga una disminución de su caudal.

INTRODUCCIÓN

La investigación al río Chimalapa, afluente principal del río San José el cual es río principal de la red hídrica del municipio de Metapan. Pretende recolectar información por medio de un diagnóstico ambiental, enfocado en las actividades que están reduciendo el caudal en el río, haciendo que en su desembocadura no logre interceptar al río San José.

Se presentará además la metodología para la medición de caudales, identificando primeramente puntos prioritarios para la realización de los aforos, determinando de esta manera donde es que el caudal presenta una disminución apreciable y la razón por la cual está sucediendo este fenómeno. Se abordará el análisis de los parámetros físico, químico y bacteriológico del recurso hídrico por medio de pruebas de laboratorio, para determinar qué tan contaminado está el río así como la elaboración un estudio hidrológico que brinde datos importantes de la cuenca en estudio.

El diagnostico pretende identificar qué actividades se están desarrollando en las zonas aledañas al río, por medio de la interacción directa con las comunidades y sitios turísticos que habitan a los alrededores del río.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

El rio Chimalapa nace en las montañas del cantón El Limo, es uno de los ríos tributarios más importantes de Metapán debido a que sus recursos son utilizados por la población de 4 cantones del municipio.

Nunca se ha realizado un estudio hidrológico en la subcuenca de estudio es por ello que el afluente solo es considerado dentro de la cuenca San José, el río cuenta con tres quebradas las cuales son: Del Cerrón, El tigre y de los Hornos y tiene una longitud de 9.24 Km.

En la zona de su nacimiento son pocas las viviendas que se contabilizan debido a la topografía del terreno y se considera de tipo rural debido a que la mayoría de tierras son usadas para el desarrollo de la agricultura y la ganadería. La mayor parte de las casas carece de algún servicio básico como alcantarillado, luz eléctrica o agua potable.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El río Chimalapa presenta un mínimo caudal en la parte baja exactamente en la zona de unión entre el río Chimalapa y el río San José en donde el río en época lluviosa presenta poco caudal pareciendo un riachuelo e incluso cuando las lluvias cesan el río en esta parte de unión permanece seco.

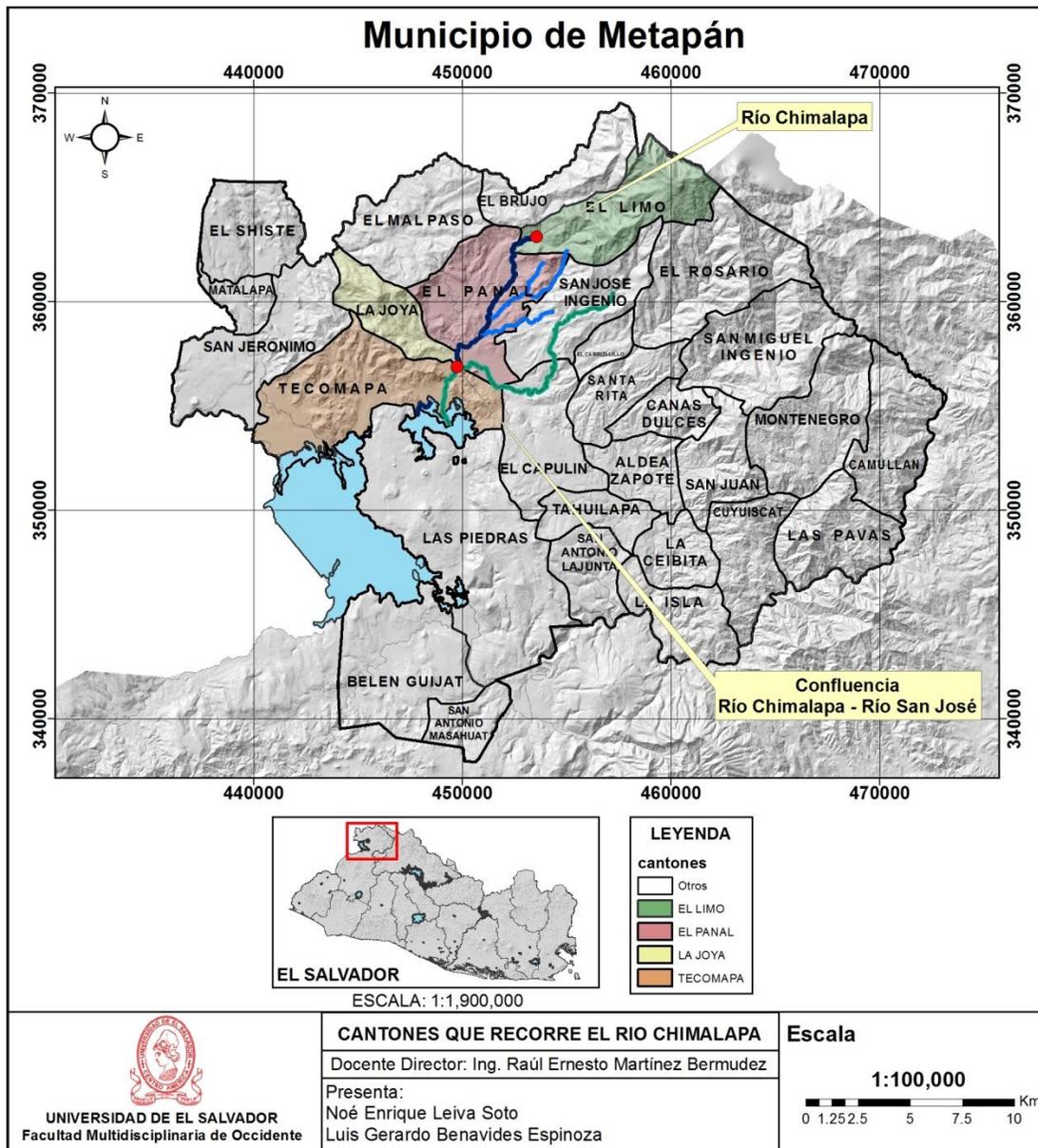


Figura No. 1: Cantones que recorre el río Chimalapa.

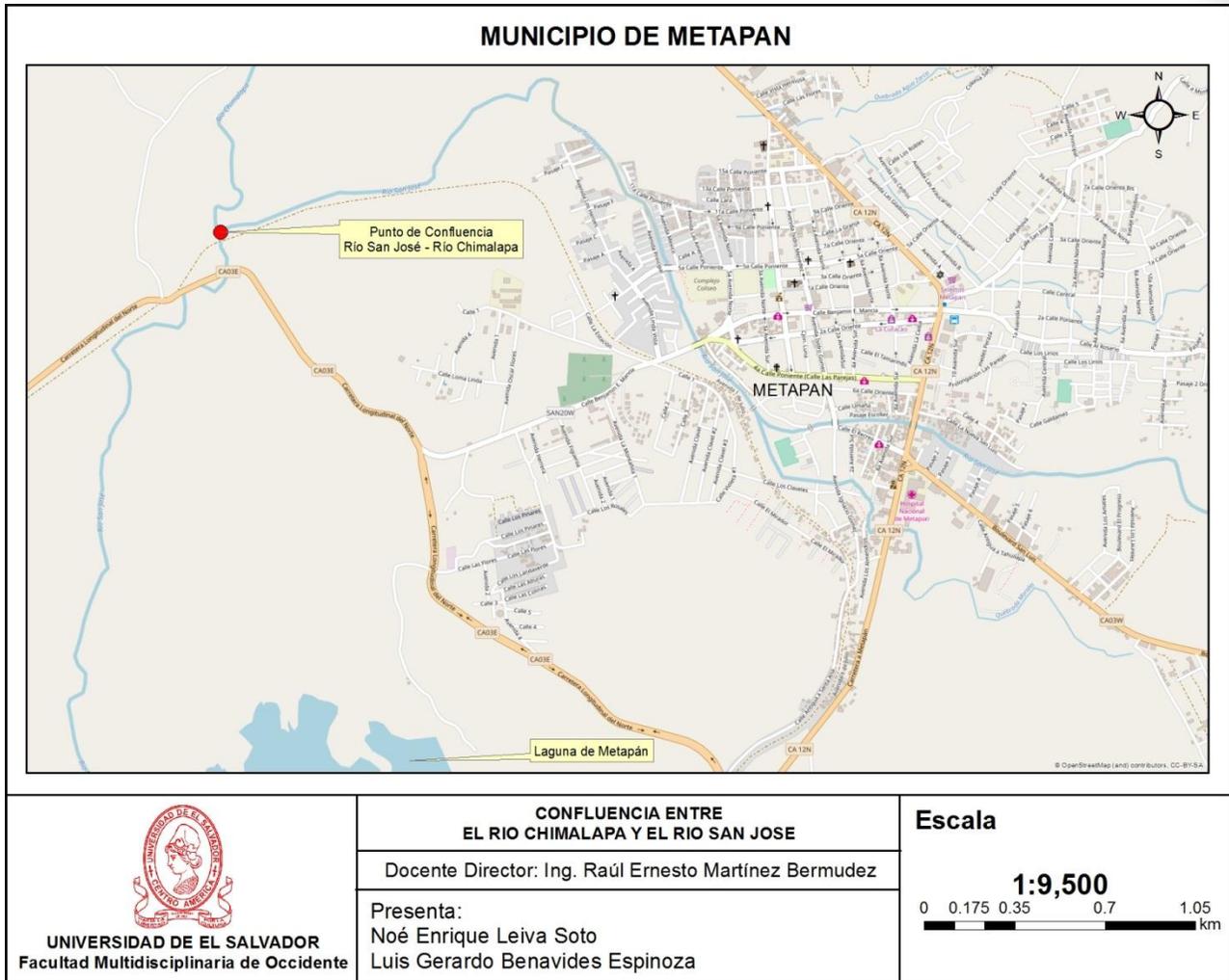


Figura No. 2: Confluencia entre el río Chimalapa y el río San José

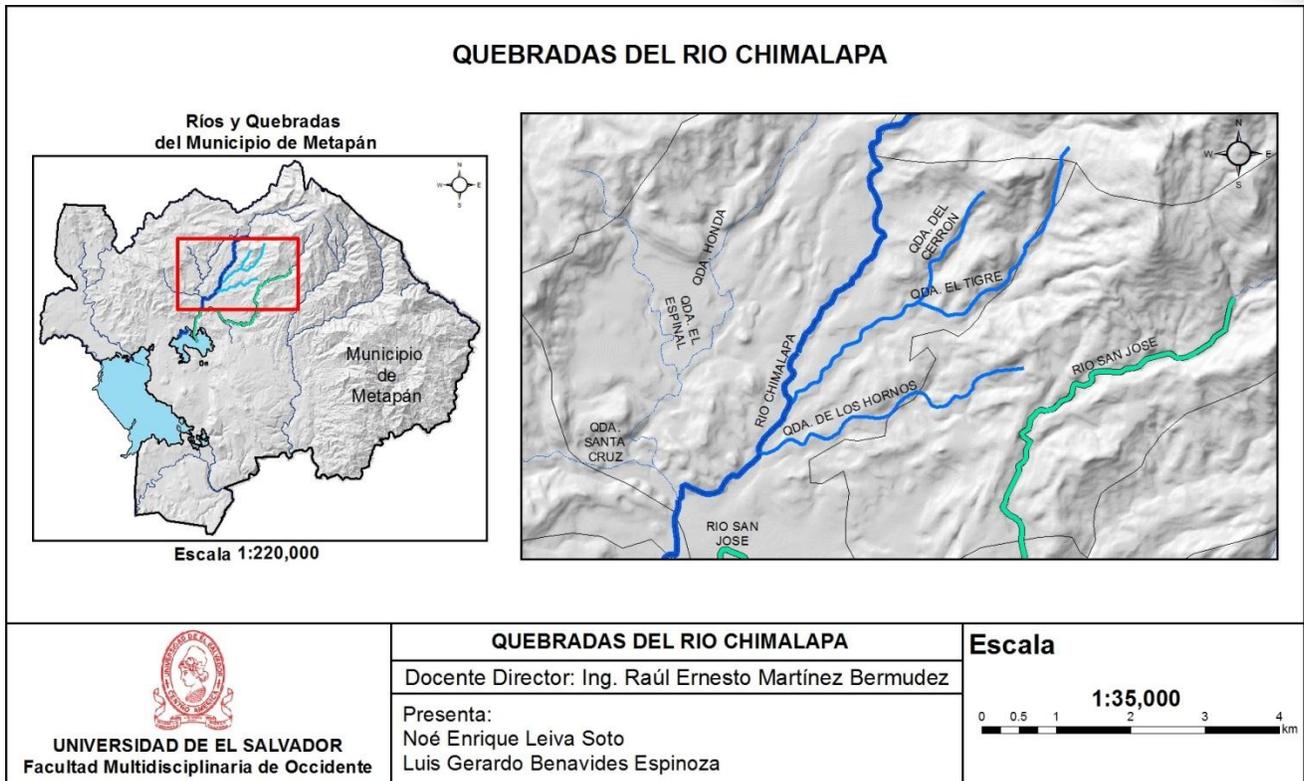


Figura No. 3: Quebradas del Río Chimalapa

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- Elaborar un diagnóstico ambiental sobre las actividades que afectan al río Chimalapa en el Municipio de Metapán proporcionando una fuente de información segura para poder ser utilizada en futuros proyectos orientados a un manejo del río Chimalapa y de la cuenca Limo-Chimalapa.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Realizar aforos a lo largo del río Chimalapa para conocer los caudales tanto en época de estiaje como en época lluviosa.
- Localizar las zonas donde el río Chimalapa es afectado negativamente por las diferentes actividades antrópicas.
- Realizar un estudio hidrológico a la cuenca del río Chimalapa.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El río Chimalapa es un afluente importante para el río San José de Metapán, pero en los últimos años el río Chimalapa ha disminuido notablemente su caudal por lo tanto su aporte hídrico al río San José es poco en comparación con años anteriores, lo cual es preocupante dado que se está dañando el medio ambiente, flora, fauna acuática y la población que hace uso del río Chimalapa.

Dado que se necesita saber qué es lo que está sucediendo en el río Chimalapa, que acciones y quienes los están afectando para poder tomar decisiones que le den solución a la problemática, es por ello que esta necesidad de información técnica justifica la investigación a realizar para poder generar un diagnóstico ambiental por el método de MEL-ENEL, de las actividades que afectan al río Chimalapa que sirva de base técnica de información para futuros proyectos orientados a solucionar el problema de escases de caudal en la parte baja del río Chimalapa.

1.5. ALCANCES

- El proyecto estará referido solo a la elaboración de un Diagnóstico Ambiental del río Chimalapa de la microcuenca que se denominará como: Limo-Chimalapa, a partir del estudio de dicha cuenca y al conocimiento de las actividades que afectan al río Chimalapa desde el punto de vista ambiental y de las acciones que los habitantes y usuarios del río Chimalapa hacen para disminuir su caudal, como por ejemplo las extracciones descontroladas de agua, piedra y arena.
- La investigación estará orientada a dar resultados en un lapso de 6 meses. Con el resultado de producir un marco de referencia y bibliográfico para un futuro manejo de la microcuenca denominada Limo-Chimalapa. Donde el estudio hidrológico solo abarcará la microcuenca que comprende el río principal de estudio y las quebradas de invierno que concurren a él.
- La toma de muestras de agua para el análisis físico, químico y bacteriológico solo se realizará en la parte alta y media de la cuenca debido a que en estas zonas siempre mantiene agua en época lluviosa y en época seca.

1.6. LIMITANTES

- Limitante Logística: Falta de transporte por parte de la alcaldía Municipal de Metapán, desde la municipalidad hasta el río.
- Limitante Económica: Carecer de los recursos económicos suficientes para solventar los pagos de los estudios físicos, químicos y bacteriológicos a realizar al agua del río.
- Limitante Legal-Propiedad: Difícil acceso a ciertas zonas del río, puesto que son propiedad privada.
- Limitante Geográfica: Impedimentos de acceso a los puntos más elevados, como el nacimiento del río, debido a que se trata de zona montañosa.

CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA TEÓRICO

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Cuenca Hidrográfica.

La cuenca en estudio se denominará como cuenca Limo-Chimalapa, debido al lugar de nacimiento de su río principal (El Limo) y al nombre de su afluente principal (Chimalapa).

Las cuencas hidrográficas de El Salvador son regiones geográficas que sirven como drenajes naturales a las aguas que alimentan a un río, lago o que descargan en un estero. En la siguiente figura se presenta el mapa de cuencas hidrográficas de El Salvador en el cual se puede apreciar un panorama de cómo están distribuidas en nuestro país. (Accedido el 27 de marzo, 2017. Desde www.elsalvadormipais.com/cuencas-hidrograficas-de-el-salvador)



Figura No. 4: Cuencas Hidrográficas de El Salvador.

Las cuencas hidrográficas se subdividen en:

- Exorreicas: Drenan sus aguas al mar o al océano. Un ejemplo es la cuenca del Plata, en Sudamérica.
- Endorreicas: desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar. Por ejemplo, nuestra cuenca en estudio, la cuenca San José cuyas aguas desembocan en la Laguna de Metapán.
- Arreicas: las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta patagónica central pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia. También son frecuentes en áreas del desierto del Sahara y en muchas otras partes. (Bermúdez, 2015)

Es importante saber también que las cuencas se subdividen a la vez en parte altas de la cuenca, parte media de la cuenca y parte baja de la cuenca, en donde la zona más afectada termina siendo la parte baja donde desemboca todas las aguas arriba que llevan incluidas diferentes tipos de contaminantes; en el caso particular de la Cuenca San José está afectando en la parte baja a la Laguna de Metapán puesto que no se cuenta con un tratamiento previo para las aguas residuales que son vertidas en el río y luego caen en la Laguna y este efecto está generando grandes consecuencias negativas sobre la Laguna de Metapán.

Los datos básicos de interés en una cuenca son:

- El área de la Cuenca.
- El perímetro de la Cuenca.
- La longitud del afluente más largo.
- Alturas máximas y mínimas.
- Índice de compacidad.
- Precipitación media.

Las mediciones de la precipitación media, se pueden calcular bajo las indicaciones de los métodos de:

- Polígono de Thiessen.
- Thiessen Modificado.
- Método de Isoyetas e Isócronas.
- Softwares libres y pagados.

2.1.2. Descripción de los ríos.

Un río es una corriente de agua concentrada, normalmente permanente, que fluye por un cauce desde los lugares altos a los bajos del relieve y vierte en el mar, en una región endorreica o en otro río. Los ríos se organizan en redes, con un río colector, que es el que alcanza el punto más bajo, y numerosos afluentes, que son ríos que desembocan en el río colector. (Accedido el 27 de marzo, 2017. Desde [http://www.geoenciclopedia.com/rios/.](http://www.geoenciclopedia.com/rios/))

2.1.3. El curso de los ríos

Los ríos nacen en manantiales a partir de aguas subterráneas que sale a la superficie o en los lugares que se funden los glaciares. A partir de su nacimiento siguen la pendiente del terreno hasta llegar al mar. Un río con sus afluentes drena una zona llamada “cuenca hidrográfica”.

Desde su nacimiento en una zona montañosa y alta su desembocadura en el mar, el río suele ir disminuyendo su pendiente. Normalmente la pendiente es fuerte en el primer tramo del río (curso alto) y muy suave cuando se acerca a la desembocadura (curso bajo). Entre las dos suele haber una pendiente moderada (curso medio).

- Los ríos sufren variaciones en su caudal, que aumenta en las estaciones lluviosas o de deshielo y disminuye en las secas. Las crecidas pueden ser graduales o muy bruscas dando lugar a inundaciones catastróficas.

(Alejandra Nava y Darío Bow. Hidráulica de Ríos. Instituto Politécnico Nacional)

2.1.4. Régimen Hidrológico de los ríos

Las variaciones de caudal definen el régimen hidrológico de un río. Las variaciones temporales se dan durante o después de las tormentas. En casos extremos se puede producir la crecida cuando el aporte de agua es mayor que la capacidad del río para evacuarla, desbordándose y cubriendo las zonas llanas próximas. El agua que circula bajo tierra (caudal basal) tarda mucho más en alimentar el caudal del río y puede llegar a él días, semanas o meses después de la lluvia que generó la esorrentía.

Si no llueve en absoluto o la media de las precipitaciones es inferior a lo normal durante largos periodos de tiempo, el río puede llegar a secarse cuando el aporte de agua de lluvia acumulada en el suelo y el subsuelo reduzca el caudal basal a cero. (Nava y Bow, 2009)

2.1.5. Características fundamentales de los ríos.

Todos los ríos constan de una corriente tanto de agua como de sedimentos (materiales procedentes de rocas y productos orgánicos cuyo tamaño varía desde finas partículas arcillosas hasta cantos rodados) de este modo, el relieve que genera un río no depende solo de las características de la corriente, en especial de su caudal de distribución en el tiempo y de la energía, sino también de la cantidad de tamaños de sedimento que arrastre. Otro ejemplo que contribuye en el modelado es la geología de la cuenca, que determina el tipo y la cantidad de sedimentos, que afectan a la acción erosiva del río, ya que algunas rocas son más duras que otras.

Los principales factores responsables de la formación y evaluación de los ríos y su modelado son la erosión, el acarreo de sedimentos y la deposición; los ríos pueden modificar el paisaje, puesto que la energía potencial del agua se trasforma en su recorrido descendente, en energía cinética responsable de la erosión. (Nava y Bow, 2009)

2.1.6. Elementos de un río

2.1.6.1. Fuente

Es aquí donde se inicia el río, y puede ser un manantial, agua de deshielo de un glaciar, un lago o de aguas subterráneas. Tiende ser una zona alta a partir de la cual el río fluye por laderas escarpadas.

2.1.6.2. Boca

Es el sitio donde el río llega a su fin y se une con el mar, océano u otro cuerpo de agua como un lago o un embalse.

2.1.6.3. Confluencia

Es el lugar donde dos ríos se unen.

2.1.6.4. Tributario

Un río pequeño o arroyo unido a una corriente del río.

2.1.6.5. Cuenca hidrográfica

Cada una de las áreas drenadas por el río. Dos cuencas están separadas entre sí por una línea divisoria (llamada simplemente “divisoria de aguas”) que marca los límites geográficos entre ambas.

2.1.6.6. Canal.

Sendero estrecho moldeado por acción del agua; un río transcurre por un canal y el camino del río se denomina “curso”.

2.1.6.7. Lecho.

Dependiendo del sustrato en el que se desarrolla, el cauce de un río genera formas de artesa que contienen las aguas de escurrimiento. Estas formas reciben el nombre de lecho fluvial. Cuando el río está en período de estiaje, el agua sólo escurre por el lecho menor, encausado en el canal de estiaje.

2.1.6.8. Orillas.

Como su nombre indica, son los bordes del río a cada lado del canal.

2.1.7. Sistema hidrográfico de Metapán.

El sistema hidrográfico del municipio de Metapán está constituido por las corrientes de ríos, riachuelos y quebradas que forman el drenaje natural de la cuenca San José, estos conducen el agua de manera natural hasta el río San José, el cual nace a la altura del Parque Montecristo, sus primeros afluentes son la quebrada Oriconte y más abajo la quebrada El Sosteadero; el río San José, tienen una longitud de 15.62 Km. y es alimentado por diferentes afluentes hasta la desembocadura la laguna de Metapán, la cual presenta un espejo de agua de 3.0 Km². (Cerón, 2005)

2.1.8. Ríos tributarios al río San José.

Según el documento “Caracterización de subcuenca San José Ingenio” se describen los ríos que son tributarios a la cuenca del río San José, tomado del sistema de información geográfica del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) Edición 2005.

TRIBUTARIOS DEL RÍO SAN JOSÉ LONGITUD Km.		TRIBUTARIOS DEL RÍO SAN JOSÉ LONGITUD Km.	
QDA. DE LOS HORNOS	4.28	QDA. HUATAL PANDO	2.03
QDA. DEL CERRÓN	1.83	QDA. LA CHORRERA	2.60
QDA. EL COLORADO	2.49	QDA. SANTA CRUZ	2.62
QDA. EL ESPINAL	5.97	RÍO AMAYO O LIMO	4.39
QDA. EL SESTEADERO	4.63	RÍO CHIMALAPA	9.24
QDA. EL TEMPISCON	1.97	RÍO LAS ANIMAS	2.43
QDA. EL TIGRE	5.91	RÍO SAN JOSÉ	15.62
QDA. HONDA	6.50		

Tabla No. 1: Ríos tributarios de la cuenca San José.

2.1.9. Calidad del agua de los ríos de la cuenca San José.

Los diferentes afluentes del río San José presentan diferentes grados de contaminación, ya que cada uno de ellos durante su paso por las áreas de cultivo, áreas urbanas, entre otras recibe la descarga de residuos sólidos y vertidos líquidos procedentes de actividades agroindustriales y desechos urbanos, que son manifestadas continuamente por la población afectada.

Esta representa una de la mayores amenazas para la población de la cuenca, ya que en la época seca, se dificulta la obtención de este recursos, debido al deterioro de los suelo y a la escasa cobertura vegetal de estos lo que disminuye la infiltración provocando escasez de agua en los meses de enero - abril, teniendo en algunos casos que recurrir al agua de ríos, quebradas, nacimientos y pozos, los que al no tener ningún tratamiento causan enfermedades intestinales si se utilizan para el consumo o enfermedades de la piel en los casos en que se utiliza para el baño, según los habitantes de la subcuenca. (Cerón (2005). Caracterización de Subcuenca San José Ingenio, Metapán. Pág. 16)

2.1.10. Tipos de contaminación en ríos.

Entre los tipos de contaminación más frecuentes que amenazan con la calidad de los ríos están:

2.1.10.1. Derrame de sustancias derivadas del petróleo.

Los derrames de estas sustancias por lo general, sólo tienen un efecto localizado sobre la vida silvestre debido a que se trata de un tipo de contaminación en estado líquido tiende a propagarse en kilómetros afectando mayoritariamente a los seres vivos acuáticos.

2.1.10.2. Contaminación microbiológica.

Otro tipo de contaminación que se da de manera natural es causada por microorganismos como virus, bacterias y protozoos. Esta contaminación puede

causar la muerte de peces y otras especies. También pueden causar enfermedades graves para las personas que beben de esas aguas.

2.1.10.3. Materia suspendida

Con materia suspendida nos referimos a los materiales que debido a su composición química no logran disolverse totalmente en el agua a este tipo de material se le denomina materia particulado. Algunos contaminantes suspendidos luego se asientan bajo los cuerpos de agua. Estos pueden dañar e incluso matar a los organismos acuáticos que viven en el suelo.

2.1.10.4. Contaminación química

Muchas industrias y agricultores, trabajan con productos químicos que terminan en el agua. Estos incluyen productos químicos que se utilizan para controlar las malas hierbas, los insectos y plagas. Los metales y solventes de industrias pueden contaminar los cuerpos de agua. Estos son venenosos para muchas formas de vida acuática y puede retrasar su desarrollo, haciéndolos estériles y matándolos. Esta contaminación puede reducirse usando abonos orgánicos provenientes de plantas de compost reduciendo significativamente los químicos que absorbe la tierra.

2.1.10.5. Contaminación por nutrientes

Algunas aguas residuales, fertilizantes y aguas de alcantarillados, contienen altos niveles de nutrientes. Si terminan en los cuerpos de agua, estimulan el crecimiento de algas y malezas en el agua. Esto hace que el agua no sea potable e incluso obstruye los filtros. Un exceso de algas también usará todo el oxígeno en el agua y muchos organismos acuáticos morirán. (Accedido el 21 de noviembre, 2016. Desde <http://vidamasverde.com/2013/8-tipos-de-contaminacion-del-agua/>)

2.1.11. Evaluación ambiental

Para la evaluación ambiental existen instrumentos que ayudan a cuantificar los impactos generados que ciertas actividades están causando, estos depende del tipo y la magnitud del proyecto que se esté abordando, para cada instrumento existe su metodología ya establecida, El instrumento a utilizar para nuestra investigación es el siguiente.

2.1.11.1. Diagnóstico Ambiental: Método de MEL-ENEL.

Un diagnóstico ambiental tiene como objetivo identificar y cuantificar los daños ambientales que una determinada actividad está ocasionando al medio ambiente, el diagnostico a realizar tiene como enfoque analizar las actividades de la población que están afectando el caudal del río. Para su desarrollo se pretende utilizar un método de identificación y valoración de impactos ambientales, se usará el Método de MEL-ENEL.

El método fue desarrollado entre 1993 y 1997 en Costa Rica por el Ing. Manuel E. López, ha sido aplicado en gran cantidad de proyectos, tanto a nivel académico como profesional. El panorama en Centroamérica es bastante crítico, en primer lugar, porque no se incorpora el análisis de viabilidad ambiental, principal objetivo de una EIA, y en segundo lugar, porque a pesar de esta deficiencia, los estudios adolecen de gravísimas y múltiples anomalías en cuanto a las técnicas y procedimientos empleados. Durante el período 1998-2000, MEL-ENEL fue ampliamente difundido en Centroamérica a través del Proyecto Regional de Energía Eléctrica del Istmo Centroamericano, PREEICA. Estudios de diagnóstico ambiental de los dos proyectos geotérmicos más importantes de El Salvador (Berlín y Ahuachapán), actividad que permitió someter a prueba el método, coadyuvando a su fortalecimiento. (SOBERANIS, 2004)

El método MEL-ENEL comprende 6 etapas:

- Etapa I: Desglose de acciones del proyecto
- Etapa II: Desglose de factores ambientales
- Etapa III: Matriz de identificación de impactos
- Etapa IV: Categorías por impactos genéricos
- Etapa V: Evaluación de impactos genéricos
- Etapa VI: Priorización por significancia

Impactos	Descripción	Significancia
Nivel I	Afectación de la salud pública	100%
Nivel II	Contaminación del aire Contaminación del lago	87.3% 88.4%
Nivel III	Contaminación del suelo Incremento de contagio Contaminación del lago	74.7% 74.4% 73.6%
Nivel IV	Afectación salud ocupacional	55.7%

Tabla No. 2: Matriz de Niveles de prioridad de impactos EIA.

El método consiste en priorizar los impactos más significativos para ello se hace uso de una matriz de niveles de prioridad con la cual se procede a eliminar los impactos negativos no significativos, si los hubiera. De acuerdo con el método MEL-ENEL, cualquier impacto genérico con una ponderación menor del 40% podrá eliminarse, ya que se considera no significativo y por ende, no forma parte del proceso de decisiones sobre el proyecto. (SOBERANIS, 2004)

2.1.12. Métodos de medición de caudales en ríos.

Existen métodos para medir la escorrentía superficial de un río, las técnicas varían desde lo empírico hasta el uso de tecnología avanzada, entre ellos se tienen los siguientes:

2.1.12.1. Métodos volumétricos

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. Para los caudales de más de 4 l/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 2½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s.

2.1.12.2. Método velocidad/superficie.

Este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal, una forma sencilla de calcular la velocidad consiste en medir el tiempo que tarda un objeto flotante en recorrer, corriente abajo, una distancia conocida. Una determinación más exacta de la velocidad se puede obtener utilizando un molinete.

2.1.12.3. Vertederos

Un vertedero o aforador estándar es el que se construye e instala siguiendo especificaciones uniformes y cuando el caudal puede obtenerse directamente de la profundidad de la corriente mediante el empleo de diagramas o tablas de aforo, es decir, cuando el aforador ha sido previamente calibrado. (Accedido el 21 de noviembre, 2016. Desde <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.html>)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Normativas aplicadas al proyecto

2.2.1.1. ORDENANZA MUNICIPAL PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN POR VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL Y ORDINARIA EN EL MUNICIPIO DE METAPÁN

Estas ordenanzas variaran de acuerdo a como se avance en el desarrollo del contenido del plan de manejo de la cuenca San José, y dependiendo de la vigencia que estas tengan en el año de desarrollo del proyecto.

Esta ordenanza fue publicada en el Diario Oficial el 20 de agosto de 2009, y está a favor de la protección de los recursos naturales, algunos de sus artículos son (Alcaldía de Metapán, 2009):

Art.1.- La presente ley tiene por objeto:

- a) Contribuir a la preservación de la salud pública y de los recursos naturales del Municipio.
- b) Evitar acciones que deteriore el medio ambiente, por medio de la prevención, la vigilancia y la denuncia ante las autoridades competentes de la contaminación que pueda perjudicar la salud, la calidad de vida de la población y los ecosistemas al igual que aquellas actividades que provoquen la contaminación principalmente del agua.

Entre las obligaciones que la municipalidad debe cumplir están las siguientes:

Art. 5.- Son obligaciones de la Municipalidad por medio de la Unidad Ambiental:

- a) Divulgar y cumplir la Normativa Ambiental
- b) Declarar por medio de Acuerdo Municipal zona de protección municipal los lagos, ríos quebradas, manantiales y cualquier medio receptor ubicados en el municipio y los afluentes o tributarios a las mismas.

- c) Desarrollar y apoyar las actividades de concientización y toma de responsabilidad de la población, orientada a la conservación del Medio Ambiente para garantizar el desarrollo sostenible en el municipio.

Entre las acciones que no pueden realizar las personas particulares están las siguientes:

Art 7.- Está prohibido a los particulares dentro del municipio:

- a) Depositar vertidos de cualquier tipo a los medios receptores afluentes o tributarios de los lagos, ríos, quebradas o cuerpos de agua, ubicados en el Municipio sin contar con la opinión favorable del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comité Ejecutivo para la Protección del Recurso Hídrico y la correspondiente Autorización Municipal.
- b) El depósito de vertidos de cualquier tipo fuera de los alcantarillados sanitarios o al sistema de alcantarillado pluvial.
- c) Acciones que deterioran la calidad de vida de la población y de los ecosistemas, dentro del Municipio.
- d) El vertido de desechos sólidos en las zonas aledañas a los medios receptores al igual que el depósito de vertidos de cualquier tipo sin haber realizado el tratamiento previo correspondiente.

**2.2.1.2. NSO 13.49.01.09 AGUAS RESIDUALES
DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.**

Para determinar cuan contaminados está el río Chimalapa, e indagar en las características del agua descargada en él, que tipo de contaminante es el que predomina.

La NSO 13.49.01.09 fue publicada en el Diario Oficial el 11 de marzo de 2009, esta norma tiene como objeto establecer las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radioactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores (Órgano Ejecutivo, 2009)

Esta norma se aplica en todo el país para la descarga de aguas residuales vertidas a cuerpos de agua receptores superficiales. Deberá observarse el cumplimiento de los valores permisibles establecidos en esta norma, de forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor tales como color, olor, turbiedad, radioactividad, explosividad y otros (Órgano Ejecutivo, 2009).

2.2.1.3. LEY DE MEDIO AMBIENTE

Dado que establece los métodos de evaluación ambiental en base a las actividades que se desarrollan en el río Chimalapa.

Esta ley fue publicada en el Diario Oficial el día lunes 4 de mayo de 1998 y tiene por objeto los siguientes aspectos (Asamblea Legislativa, 1998):

Art. 1.- La presente ley tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refieren a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones...

La ley enumera una lista de instrumentos referidos a la política del Medio Ambiente entre los cuales tenemos la evaluación ambiental que engloba el diagnóstico ambiental, herramienta a usar en el desarrollo de esta investigación.

Art. 11.- Son instrumentos de la política del medio ambiente:

- a) El Ordenamiento Ambiental dentro de los Planes Nacionales o Regionales de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial;
- b) La evaluación Ambiental;
- c) La Información Ambiental;
- d) La Participación de la población. Entre otros.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

Art. 16.-El proceso de evaluación ambiental tiene los siguientes instrumentos:

- b) Evaluación de Impacto Ambiental;
- c) Programa Ambiental;
- d) Permiso Ambiental;
- e) Diagnósticos Ambientales.

La ley establece también artículos para la conservación de cuerpos de aguas receptores como lo enuncia en el artículo 70:

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;
- 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.

2.2.1.4. REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE MEDIO AMBIENTE.

Que establece los objetivos que determina una evaluación ambiental, y como herramienta de la evaluación el diagnostico debe tener como fin el cumplimiento de esos objetivos.

Este reglamento fue publicado en el Diario Oficial el día 12 de abril de 2000 (Órgano Ejecutivo, 2000):

Art. 18.- La Evaluación de Impacto Ambiental, de acuerdo a lo establecido en el Art. 18 de la Ley, tiene como objetivos:

- a. Identificar, cuantificar y valorar los impactos ambientales y los riesgos que determinada actividad, obra o proyecto pueda ocasionar sobre el medio ambiente y la población;
- b. Determinar las medidas necesarias para prevenir, atenuar, controlar y compensar los impactos negativos e incentivar los impactos positivos, seleccionando la alternativa que mejor garantice la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales;
- c. Determinar la viabilidad ambiental de la ejecución de una actividad, obra o proyecto; y
- d. Generar los mecanismos necesarios para implementar el programa de manejo ambiental.

Además el reglamento establece el alcance y el contenido que debe llevar un diagnóstico ambiental:

Art. 122.- El Diagnóstico Ambiental de una actividad, obra o proyecto debe identificar y Evaluar Impactos Ambientales producidos por su funcionamiento u operación en el área del proyecto y de su impacto, estableciendo si éste constituye

el efecto de causas múltiples o existe relación causal directa entre la actividad, obra o proyecto y la situación de deterioro ambiental producida.

El programa de Adecuación que debe acompañar al Diagnóstico Ambiental debe especificar las medidas y acciones de compensación de los daños ambientales producidos, así como las destinadas a su atenuación y su prevención en el funcionamiento futuro de la actividad, la obra o el proyecto.

Contenido del Diagnóstico Ambiental

Art. 123.- El Diagnóstico Ambiental deberá incluir, sin necesariamente limitarse a ello, lo siguiente:

- a. Descripción de la actividad, obra o proyecto y de los aspectos físico-químicos, biológicos y socioeconómicos de su área de influencia;
- b. Identificación, priorización y cuantificación de los daños ambientales ocasionados por la actividad, así como la causa directa e inmediata de los mismos, en lo posible; y
- c. Determinación, priorización y presupuesto de las medidas e inversiones ambientales de atenuación, prevención, corrección, compensación y control como aspectos indispensables del Programa de Adecuación ambiental respectivo.

2.2.1.5. REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE RIEGO Y AVENAMIENTO.

Para determinar la prioridad en el uso del agua del río Chimalapa, dado que establece la utilización racional del recurso suelo.

Este reglamento fue publicado en el Diario Oficial en noviembre de 1970 y entre los artículos que sustentan la investigación tenemos los siguientes (Órgano Ejecutivo, 1970):

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

Art. 2. Para los efectos de este Reglamento, se entenderá por recursos hidráulicos las aguas superficiales y subterráneas, ya sean corrientes o detenidas, incluyendo los álveos o cauces correspondientes.

Los recursos hidráulicos son bienes nacionales. Se exceptúan las aguas lluvias captadas en embalses artificiales construidos por particulares.

Corresponderá al Poder Ejecutivo en el Ramo de Agricultura y Ganadería regular la construcción, conservación y administración de las obras y trabajos necesarios para asegurar la estabilidad de las cuencas hidrográficas y sus manantiales y la prestación de los servicios técnicos que la ejecución de dichas obras y trabajos requieren

Art. 10. Es libre el aprovechamiento de las aguas con destino a abrevaderos de ganado y usos domésticos, siempre que no se desvíen las aguas de sus cauces o que desviándolas, lo sea en proporción tal que no afecte los demás usos, y devuelva el remanente a su mismo curso.

Art. 11. El derecho de los usuarios estará limitado al caudal de la fuente de procedencia, el cual se repartirá en relación a las necesidades y capacidad de cada predio.

Con el fin de proteger y conservar la fauna acuática de los abrevaderos para animales y los usos domésticos, no se podrán extraer cantidades de agua mayores del ochenta por ciento del caudal mínimo de estiaje de la corriente. Este límite podrá ser reducido a criterio del Ministerio en consideración a razones técnicas que garanticen su mejor aprovechamiento y conservación.

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio:

El tipo de estudio que se utilizará para abordar el tema de investigación, será Exploratorio, dado que su naturaleza se adecua a la investigación planteada, es decir que “estos estudios se efectúan normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes” (Zacarias, 2003). Habiendo poca información del recurso hídrico, esta investigación ayudará a familiarizarse con un fenómeno desconocido del área donde se llevará a cabo el Diagnostico Ambiental.

3.2. Población y Muestra:

La población la constituyen las familias de los cantones: El Limo, Chimalapa, El Panal y el cantón Tecomapa del municipio de Metapán aledañas al río en estudio, que directa o indirectamente cometen actividades que contaminan a este. Los datos poblacionales de cada cantón se obtuvieron por medio de un censo realizado por la Unidad de Salud de Metapán en el año 2017, los datos fueron proporcionados por la Dra. Mayra Estrada y se representan a continuación en la siguiente tabla:

CANTÓN	CASERIOS	VIVIENDAS	HABITANTES
El Limo	5	323	1130
El Panal	10	723	2460
La Joya	4	384	1464
Tecomapa	14	645	2902

Tabla No. 3: Datos de los cantones por los cuales hace su recorrido el Río Chimalapa.

La toma de la muestra se hizo de forma aleatoria, considerando que la población que más se beneficia del recurso hídrico son los cantones de El Limo y el Panal, por lo tanto se decidió tomar un total de 10 entrevistados, 5 habitantes del cantón El Limo y 5 habitantes del cantón El Panal.

3.3. Unidades de Observación

Las unidades de observación en la investigación de las actividades que afectan al río Chimalapa son las siguientes:

- El río Chimalapa: Principal fenómeno en estudio, del cual deriva la problemática principal.
- Las actividades que se efectúan en el río como principal situación a analizar.

3.4. Técnicas de Investigación

3.4.1. Observación

Es el registro visual de lo que sucede realmente en el lugar, es por ello que es obligatoria la visita de campo al río Chimalapa y poder ver de primera mano lo que está sucediendo, a fin de realizar una descripción detallada del área de investigación se hizo uso de una lista de cotejo en cada cantón las cuales detallamos a continuación:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

Lugar: Municipio de Metapan, cantón El Limo.

LISTA DE COTEJO

INDICADOR	SI	NO	OBSERVACIÓN
Calles de acceso	X		
Instituciones educativas	X		
Instituciones religiosas	X		
Instituciones de salud		X	

Actividades económicas comerciales	X		
Centros de trabajo (servicios)		X	
Industria		X	
Uso de la tierra	X		Siembras y ganado
Zona de interés histórico		X	Fachada histórica
Extracciones de agua	X		
Bocatomas	X		
Ganado	X		
Represas		X	



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

Lugar: Municipio de Metapan, cantón El Panal.

LISTA DE COTEJO

INDICADOR	SI	NO	OBSERVACIÓN
Calles de acceso	X		
Instituciones educativas	X		
Instituciones religiosas	X		
Instituciones de salud	X		
Actividades económicas	X		

comerciales			
Centros de trabajo (servicios)		X	
Industria		X	
Uso de la tierra	X		Mayoritariamente Ganado
Zona de interés histórico	x		
Extracciones de agua	X		
Bocatomas		X	
Ganado	X		
Represas		X	



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

Lugar: Municipio de Metapan, cantón La Joya

LISTA DE COTEJO

INDICADOR	SI	NO	OBSERVACIÓN
Calles de acceso	X		
Instituciones educativas		X	
Instituciones religiosas		X	
Instituciones de salud		X	
Actividades económicas comerciales	X		

Centros de trabajo (servicios)		x	
Industria		x	
Uso de la tierra	x		Diversas
Zona de interés histórico		x	
Extracciones de agua	x		
Bocatomas		x	
Ganado	x		
Represas		x	



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

Lugar: Municipio de Metapan, cantón Tecomapa

LISTA DE COTEJO

INDICADOR	SI	NO	OBSERVACIÓN
Calles de acceso	x		
Instituciones educativas		x	
Instituciones religiosas		x	
Instituciones de salud		x	
Actividades económicas comerciales	x		
Centros de trabajo (servicios)		x	

Industria		X	
Uso de la tierra	X		El Rio pasa en una mínima parte por este cantón.
Zona de interés histórico		x	
Extracciones de agua		X	
Bocatomas		X	
Ganado	X		En pequeña porción comparado con otros cantones.
Represas		X	

3.4.2. Entrevista.

La entrevista estará dirigida principalmente a los pobladores que residen en la cercanía del río Chimalapa y a los que de alguna forma hacen uso de este, con mayor interés en la cuenca alta del río (cantón El Limo y cantón El Panal) puesto que de ella dependen mayormente la parte media y baja. Tomando un máximo de 10 familias entrevistadas.

3.5. Análisis de la Información.

El análisis de la información se realizará por medio del vaciado de información obtenido de una matriz de análisis de categoría a partir de la entrevista, utilizando el software PSPP (software libre sustitutivo del SPSS “Statistical Package for the Social Sciences”), obteniendo los siguientes valores y resultados:

Vertido de Sustancias al Río

<i>Etiqueta de Valor</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Válido</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
SI	0	5	50.00	50.00	50.00
NO	1	5	50.00	50.00	100.00
<i>Total</i>		10	100.0	100.0	

Tabla No. 4: Vertidos de sustancia al Río.

Vertido de Sustancias al Río

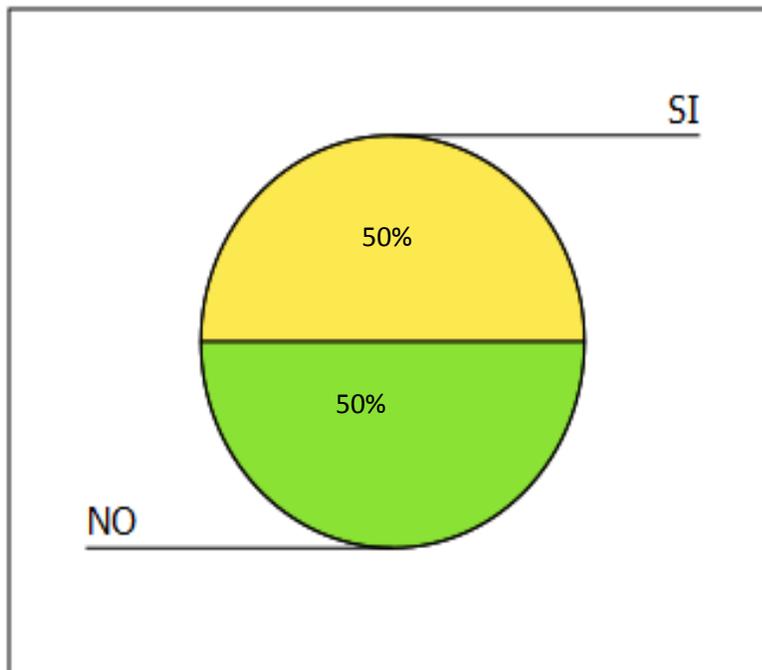


Figura No. 5: Grafico de pastel indicando el vertido de sustancias al rio.

Cultivos y Potreros en la zona

<i>Etiqueta de Valor</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Válido</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
Vacuno	0	2	20.00	20.00	20.00
Porcino	1	1	10.00	10.00	30.00
Aviar	2	1	10.00	10.00	40.00
Granos Basicos	3	4	40.00	40.00	80.00
Cultivo Frutal	4	1	10.00	10.00	90.00
Otros cultivos	5	1	10.00	10.00	100.00
<i>Total</i>		10	100.0	100.0	

Tabla No. 5: Cultivos y potreros en la zona.

Cultivos y Potreros en la zona

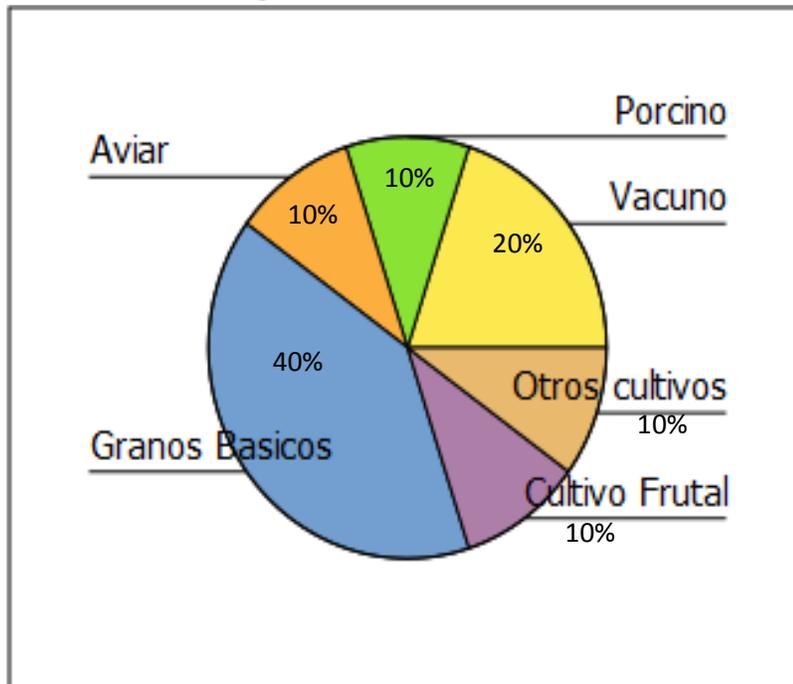


Figura No. 6: Grafico de pastel indicando los cultivos y potreros dominantes en la zona de estudio.

¿Se beneficia del Río?

<i>Etiqueta de Valor</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Válido</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
SI	0	5	50.00	50.00	50.00
NO	1	5	50.00	50.00	100.00
<i>Total</i>		10	100.0	100.0	

Tabla No. 6: Beneficios en el Río.

¿Se beneficia del Río?

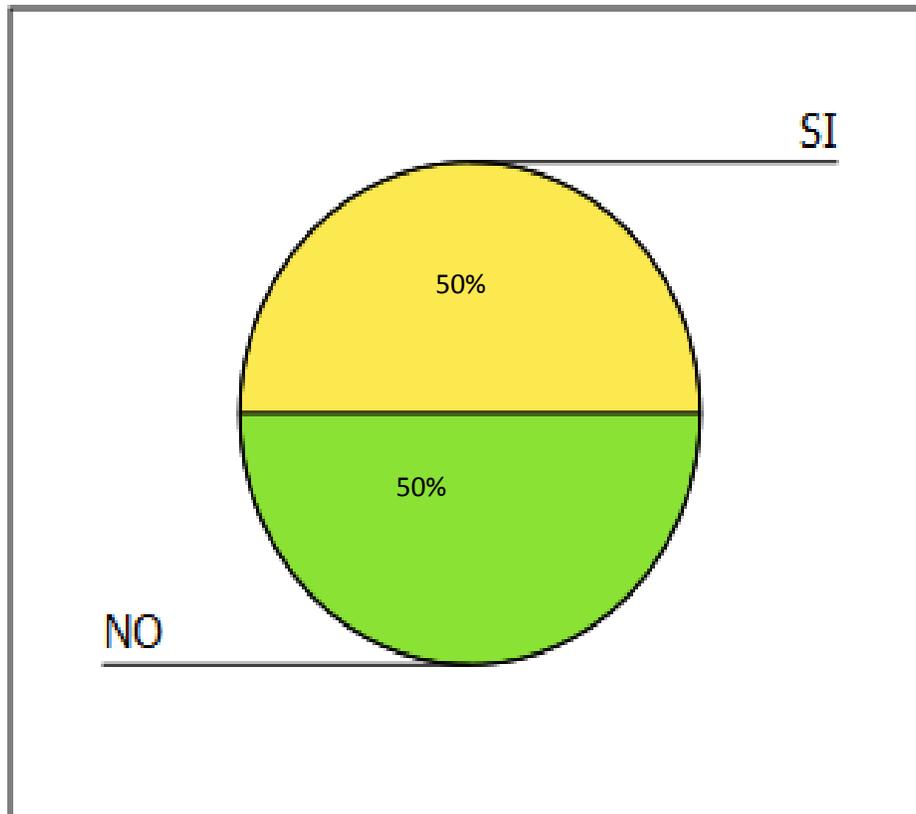


Figura No. 7: Grafico de Indicando si los pobladores se benefician del Río.

¿Como se beneficia del Rio?

<i>Etiqueta de Valor</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Válido</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
Uso Doméstico	0	2	20.00	20.00	20.00
Consumo	1	2	20.00	20.00	40.00
Riego	2	1	10.00	10.00	50.00
N/A	4	5	50.00	50.00	100.00
<i>Total</i>		10	100.0	100.0	

Tabla No. 7: Forma de Beneficios en el Rio.

¿Como se beneficia del Rio?

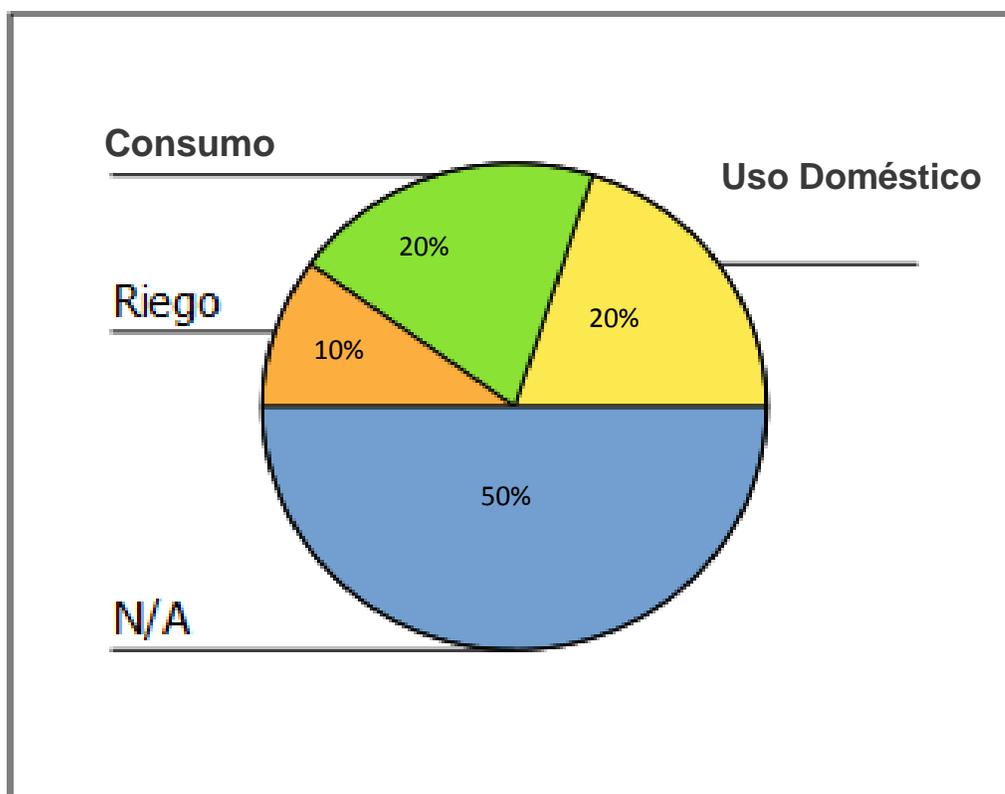


Figura No. 8: Grafico de Indicando la forma en que los pobladores se benefician del Río.

Disminucion de Especies

<i>Etiqueta de Valor</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Válido</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
SI	0	6	60.00	60.00	60.00
NO	1	4	40.00	40.00	100.00
<i>Total</i>		10	100.0	100.0	

Tabla No. 8: Disminución de Especies.

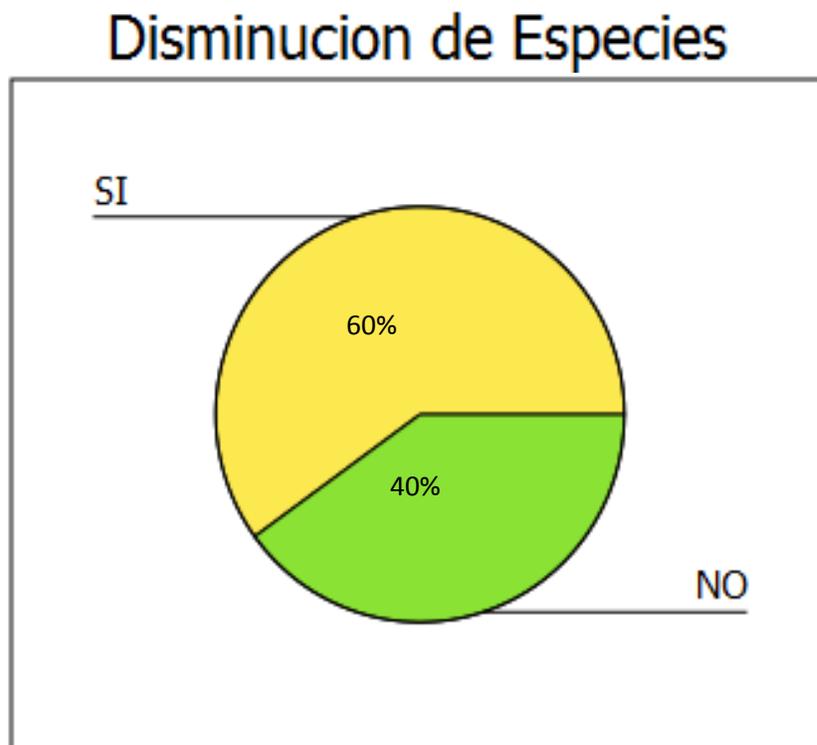


Figura No. 9: Grafico indicando si hay o no disminución de especies en la zona.

¿Cuenta con agua potable?

<i>Etiqueta de Valor</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Válido</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
SI	0	9	90.00	90.00	90.00
NO	1	1	10.00	10.00	100.00
<i>Total</i>		10	100.0	100.0	

Tabla No. 9: Servicios Básicos I.

¿Cuenta con agua potable?

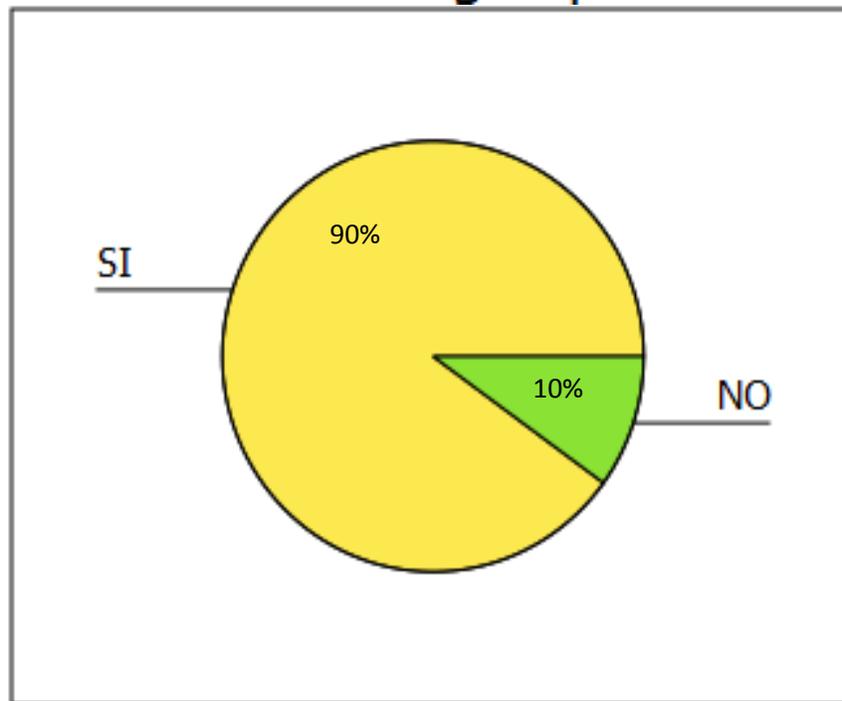


Figura No. 10: Grafico indicando el porcentaje de pobladores que cuenta con agua potable en la zona.

¿Cuenta con electricidad?

<i>Etiqueta de Valor</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Válido</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
SI	0	9	90.00	90.00	90.00
NO	1	1	10.00	10.00	100.00
<i>Total</i>		10	100.0	100.0	

Tabla No. 10: Servicios Básicos II.

¿Cuenta con electricidad?

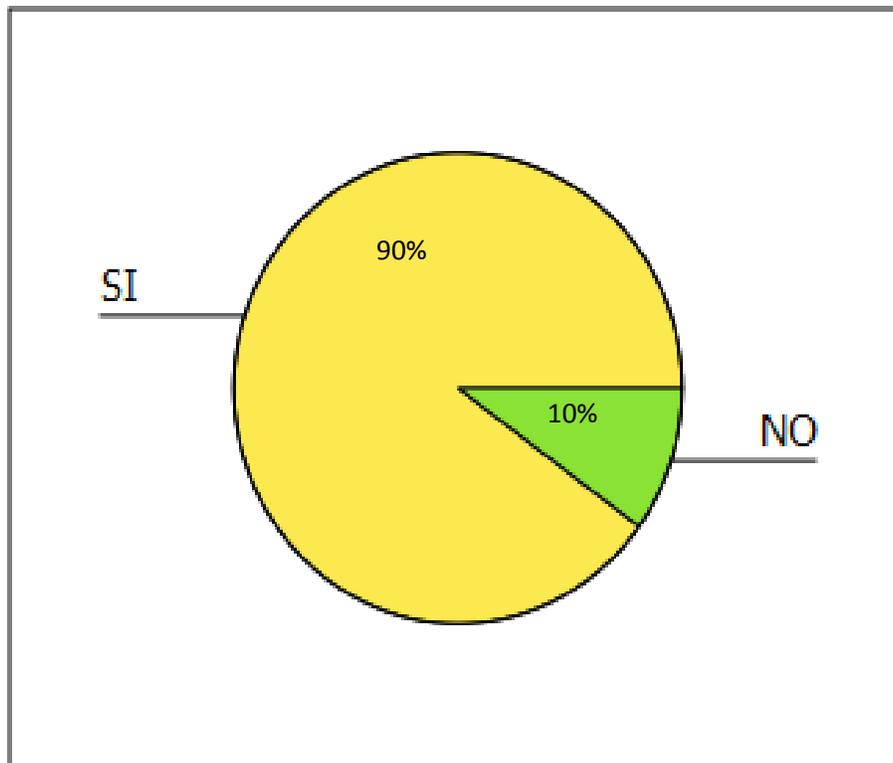


Figura No. 11: Grafico indicando el porcentaje de pobladores que cuenta con electricidad en la zona.

¿Cuenta con fosa o alcantarillado?

<i>Etiqueta de Valor</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Válido</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
SI	0	6	60.00	60.00	60.00
NO	1	4	40.00	40.00	100.00
<i>Total</i>		10	100.0	100.0	

Tabla No. 11: Servicios Básicos III.

¿Cuenta con fosa o alcantarillado?

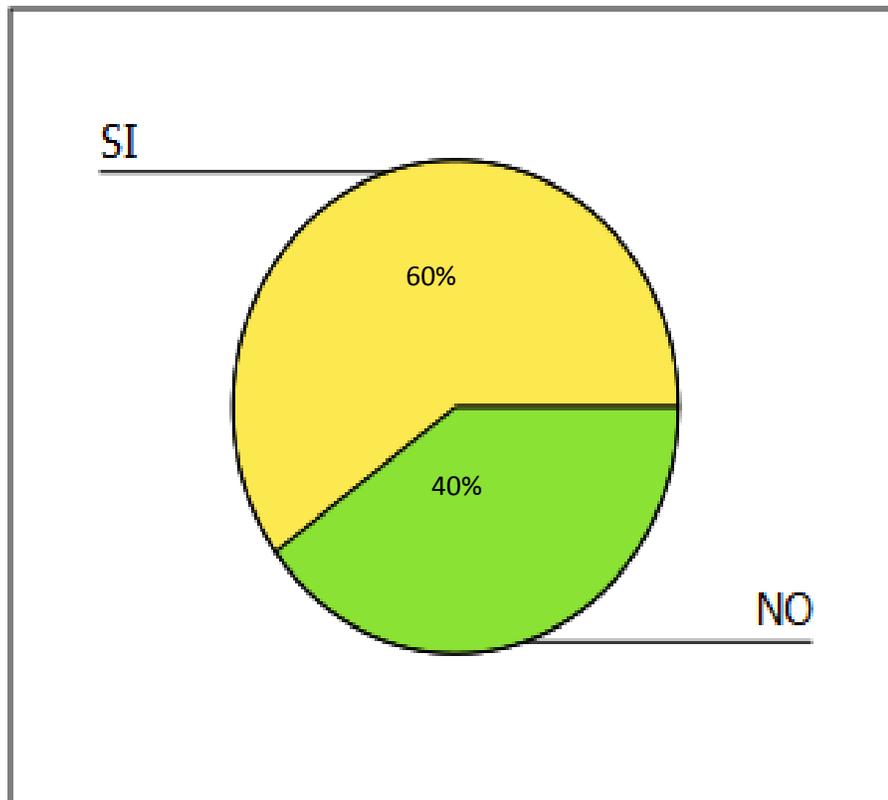


Figura No. 12: Grafico indicando el porcentaje de pobladores que cuenta con fosa o alcantarillado en la zona.

¿Cuenta con manejo apropiado de los Desechos Solidos?

<i>Etiqueta de Valor</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Válido</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
SI	0	6	60.00	60.00	60.00
NO	1	4	40.00	40.00	100.00
<i>Total</i>		10	100.0	100.0	

Tabla No. 12: Servicios Básicos IV.

¿Cuenta con manejo apropiado de los Desechos Sólidos?

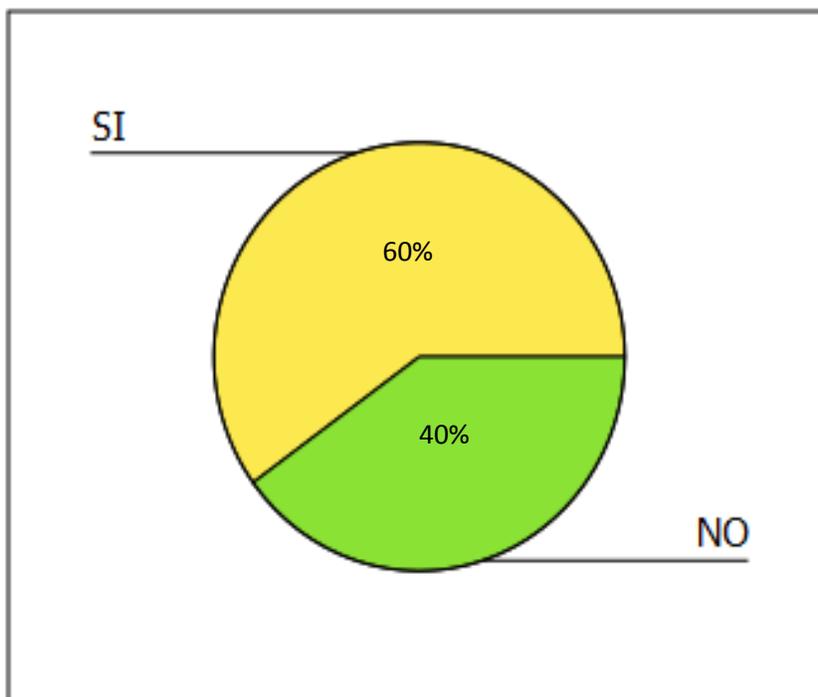


Figura No. 13: Grafico indicando el porcentaje de pobladores que cuenta manejo apropiado de los Desechos sólidos en la zona.



Imagen No. 1: Entrevista en el cantón El Limo.



Imagen No. 2: Entrevista en el cantón El Limo.



Imagen No. 3: Entrevista en el cantón El Panal.



Imagen No. 4: Entrevista en el caserío Chimalapa.

CAPITULO IV: ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA CUENCA LIMO-CHIMALAPA

4.1 Delimitación de la Cuenca

La cuenca Limo-Chimalapa se ubica en el departamento de Santa Ana, en el municipio de Metapán, se denomina así dado que el nombre del río principal lleva por nombre Chimalapa que es uno de los caseríos del cantón El Panal y tiene su nacimiento en el cantón El Limo.

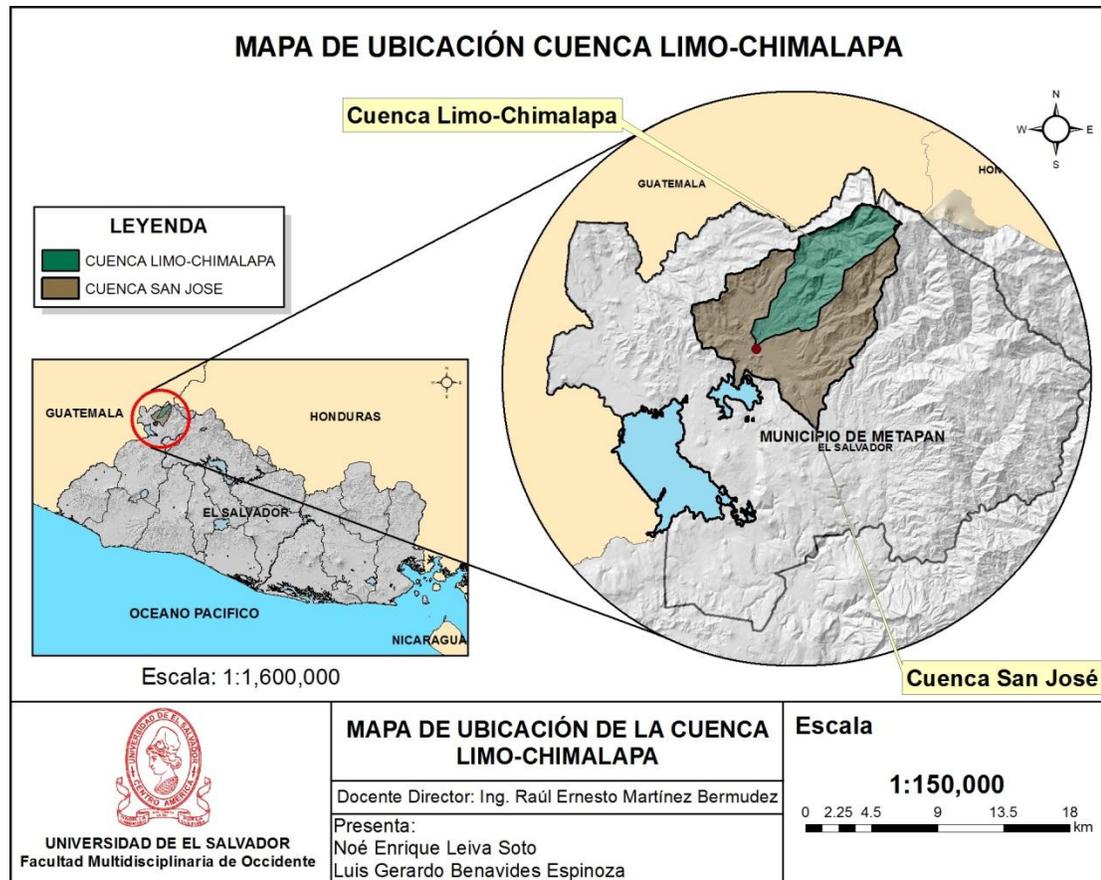


Figura No. 14: Mapa de Ubicación de la Cuenca Limo-Chimalapa

Para la delimitación de la cuenca Limo-Chimalapa primero se identifica la red de corrientes principales; la red está compuesta por un afluente colector que es el Río Chimalapa y tres afluentes tributarios las cuales son quebradas de invierno llamadas así porque solo tienen agua durante la época lluviosa las cuales son: El Tigre, De Los Hornos y Del Cerrón.

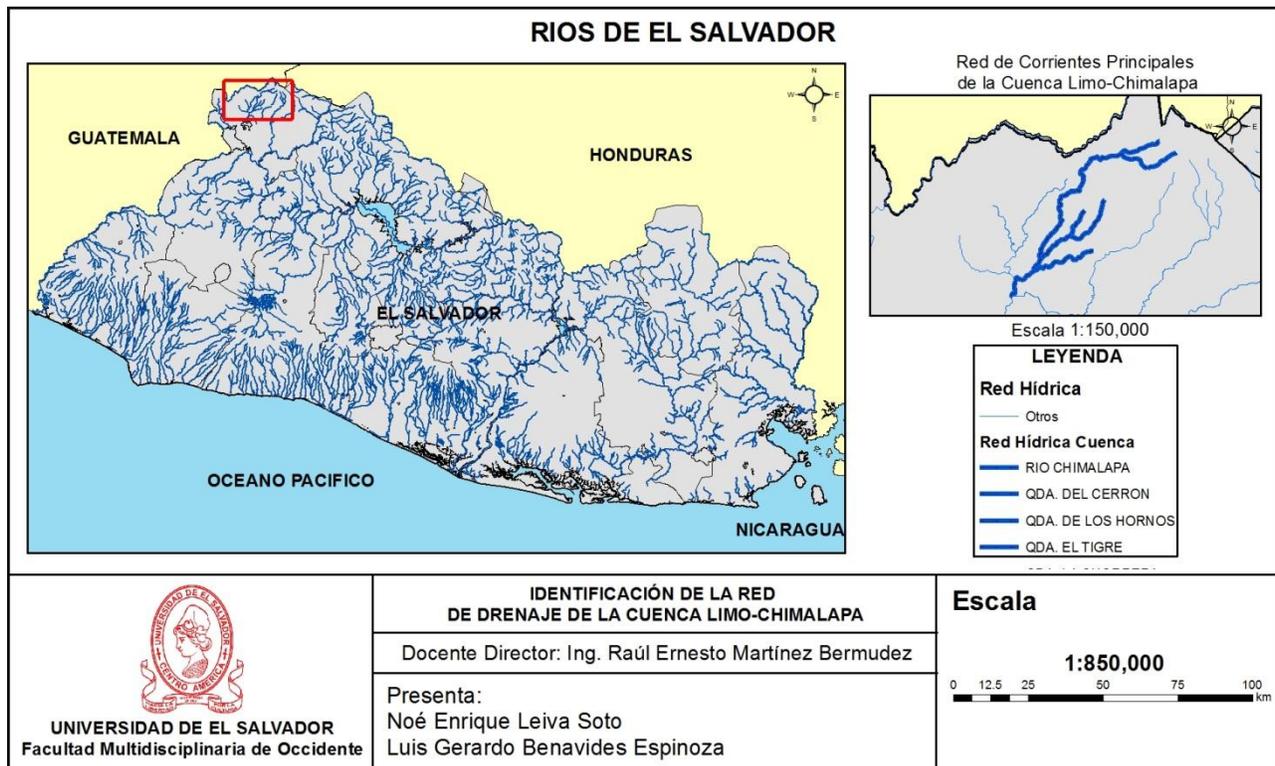


Figura No. 15: Identificación de la red de drenaje de la cuenca Limo-Chimalapa

Al tener definida la red de drenaje de la cuenca se hace un esbozo muy general de la posible delimitación, en la imagen anterior se ve detallado en el trazo de color verde.

Para la delimitación definitiva de la cuenca se comienza el trazo de la línea divisora o parteaguas, es una línea imaginaria que une los puntos de mayor elevación del terreno y a su vez divide a la escorrentía en direcciones contrarias.

Para comenzar primero se define un punto de interés y luego a partir de ahí se comienza el trazo con las indicaciones siguientes:

- La línea divisoria corta perpendicularmente a las curvas de nivel y pasa estrictamente por los puntos de mayor nivel topográfico.
- La línea divisoria no corta ríos ni quebradas.

El trazo de la línea parteaguas se realizó por medio del programa Arcgis (ArcMap) versión 10.3, teniendo como base las curvas de nivel del municipio de Metapán.

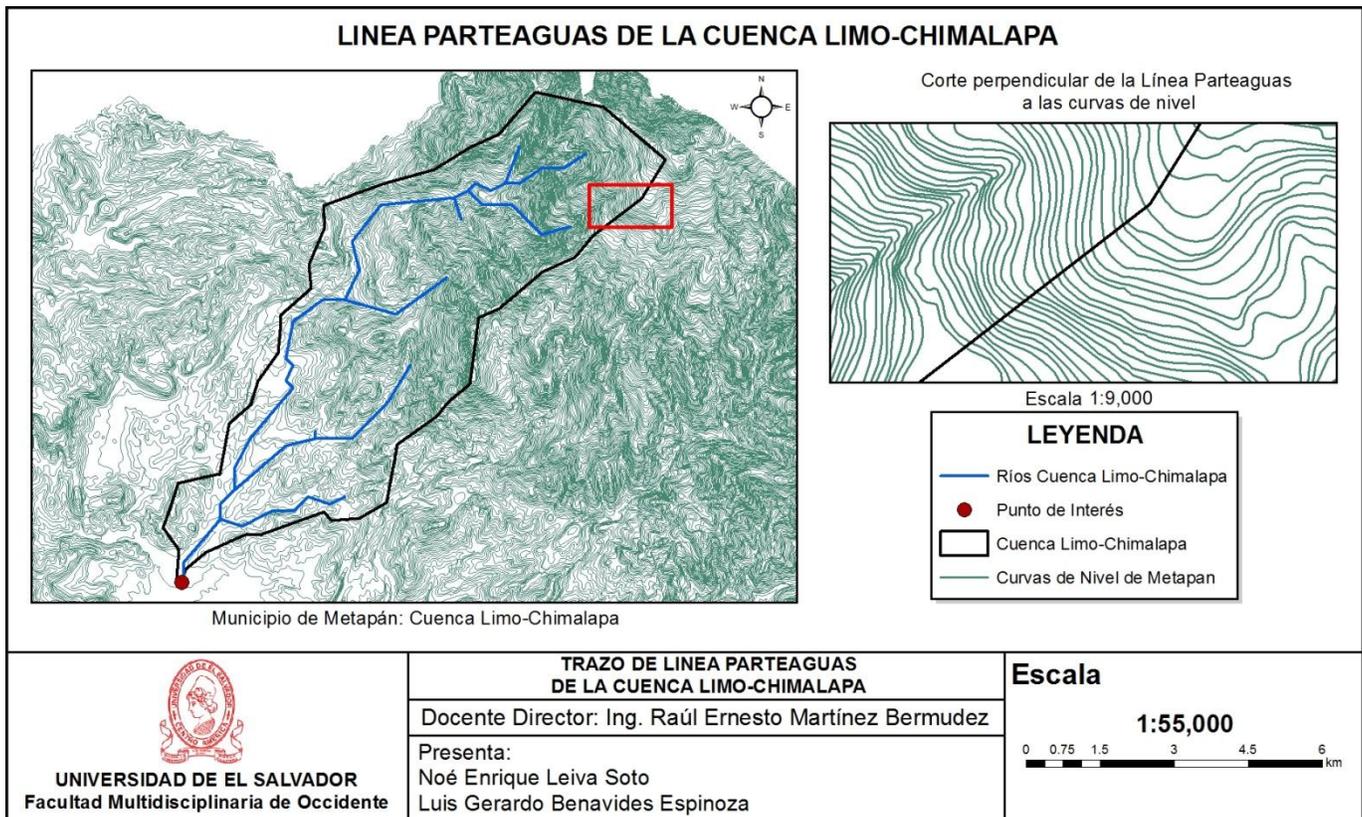


Figura No. 16: Trazo de la línea parteaguas de la cuenca Limo-Chimalapa.

4.2 Medición de Área y Longitud

El área y el perímetro son de los datos geomorfológicos principales de la cuenca en estudio. El área obtenida se refiere al área del contorno de la línea parteaguas, y el perímetro a la longitud de ese contorno. En el caso de la cuenca analizada estos datos se obtuvieron por medio del software Arcgis (ARC MAP 10.3) expresando los datos en kilómetros y kilómetros cuadrados.

$$\textit{Perimetro} = 31.6043 \textit{ Km}$$

$$\textit{Area} = 37.0539 \textit{ Km}^2$$

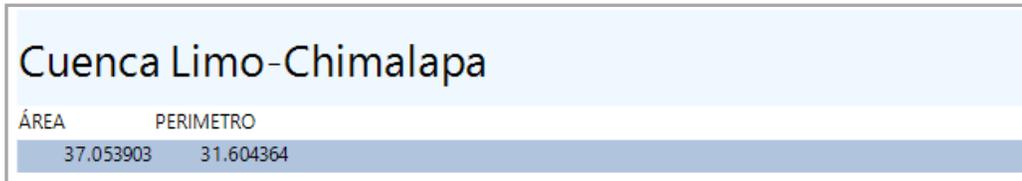


Figura No. 17: Informe de Área y Perímetro de la cuenca Limo-Chimalapa.

El tamaño del área indica que es una cuenca pequeña.

4.2.1. Longitud de la Cuenca

La Longitud de la cuenca (L) queda definida como la distancia horizontal, medida a lo largo del cauce principal, entre el Punto de Salida de la Cuenca (desde el cual queda definida) y el límite definido para la cuenca.

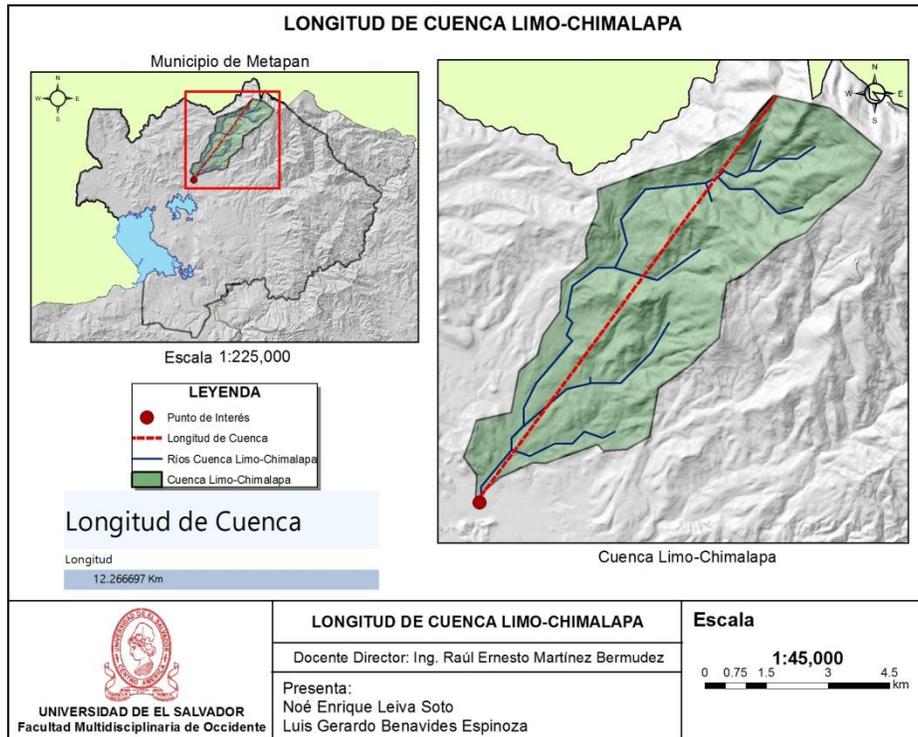


Figura No. 18: Longitud de la Cuenca Limo-Chimalapa.

La longitud de la cuenca se obtuvo por medio de software antes mencionado y dio como resultado:

$$L = 12.2666 \text{ Km}$$

4.2.2. Longitud de Cauce Principal

La Longitud del Cauce Principal (Lc) queda definida por la longitud del cauce principal, desde el punto de interés hasta su nacimiento.

Este parámetro se determinó por medio del programa Arcmap donde se puede extraer el cauce más largo de la red de drenaje y obtener datos de longitud.

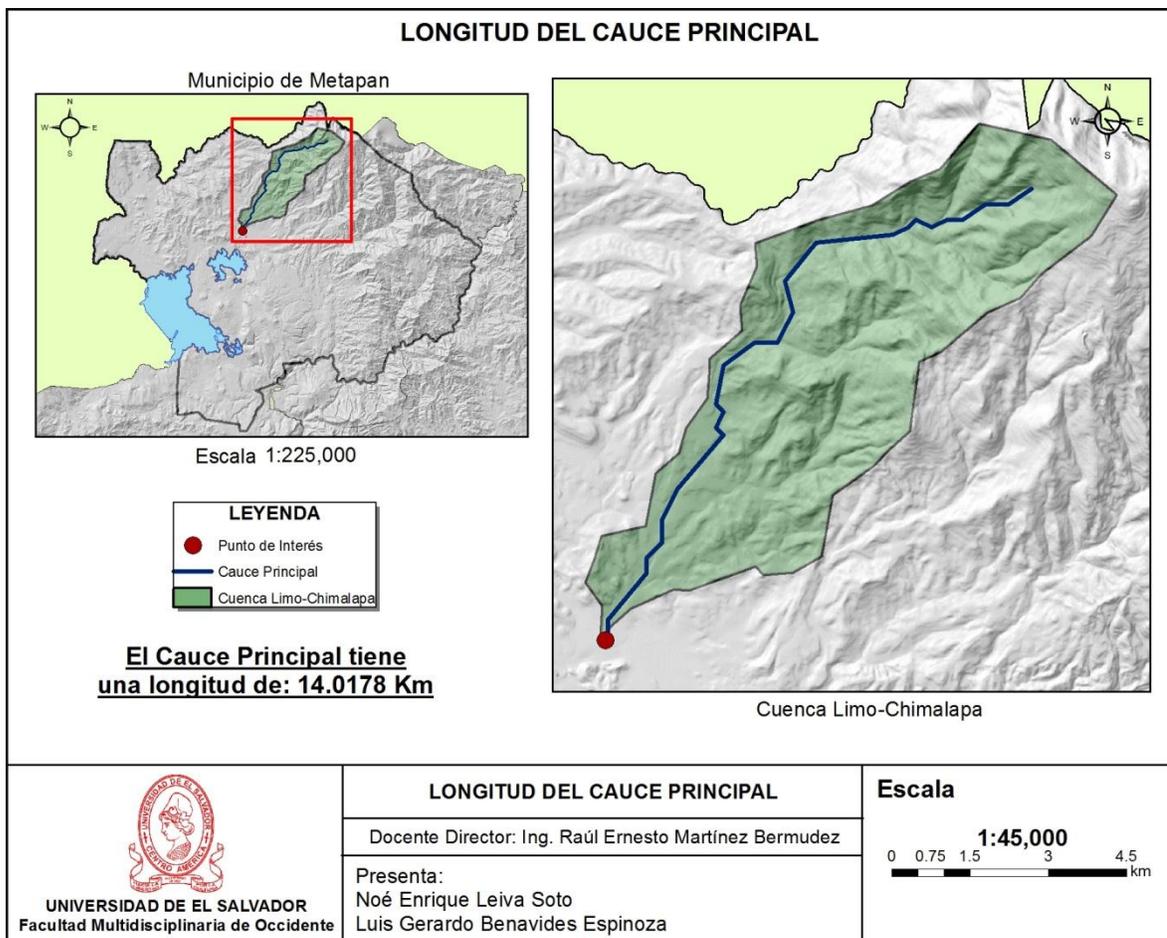


Figura No. 19: Longitud del Cauce Principal

La longitud del cauce principal es de:

$$Lc = 14.0178 \text{ Km}$$

4.3 Altura Máxima y Mínima

La altura máxima y mínima se determinaron por medio de una triangulación del terreno, luego asociando la cuenca delimitada a las elevaciones del terreno se puede extraer una tabla y generar los datos de las siguientes alturas.

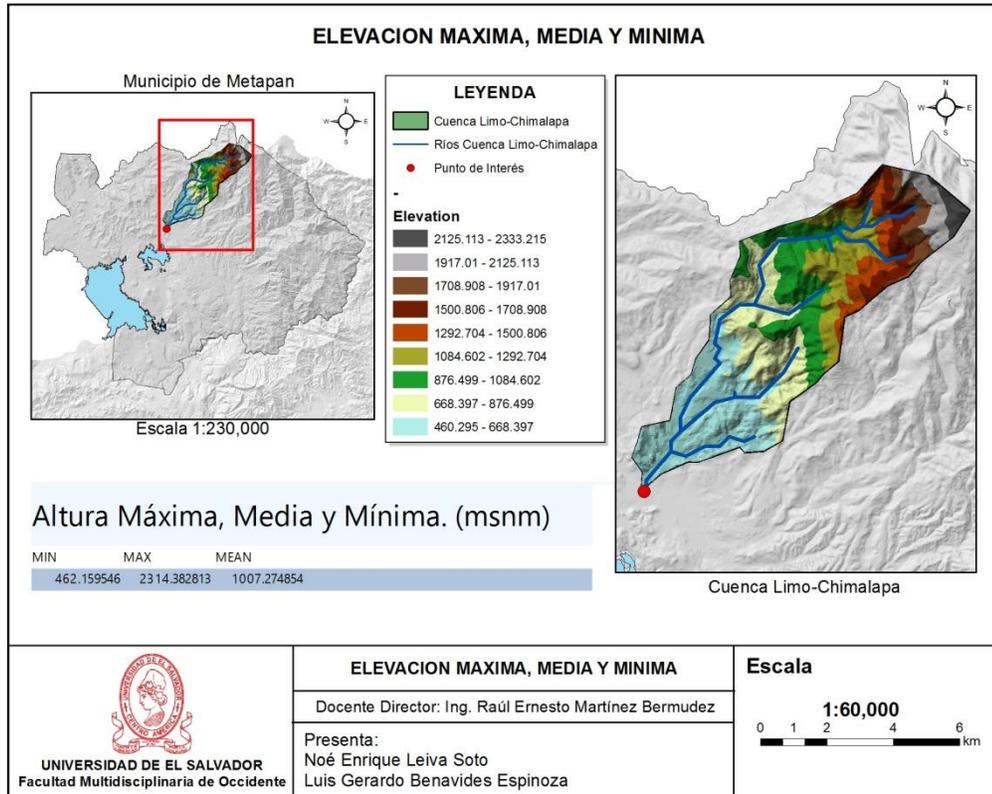


Figura No. 20: Elevaciones máxima, mínima y media de la cuenca Limo-Chimalapa.

Se puede verificar que según la triangulación que se realizó las alturas de la cuenca oscilan entre los 350 msnm (color celeste) y los 2390 msnm (color blanco). Habiendo obtenido los siguientes valores:

Elevación Máxima = 2314.38 msnm

Elevación Media = 1007.27 msnm

Elevación Mínima = 462.15 msnm

4.4 Índice de Compacidad

También denominado coeficiente de compacidad o de Graveliús, definida como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área equivalente.

$$k_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}}$$

Dónde:

- P: Es el perímetro de la cuenca = 31.6043 Km
- A: Es el área de la cuenca = 37.0539 Km²

$$k_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}}$$

$$k_c = \frac{31.6043 \text{ Km}}{2\sqrt{\pi * (37.0539 \text{ Km}^2)}}$$

$$k_c = 1.4646$$

Entre más próximo a 1.00 sea el índice de compacidad significa que más se aproxima la forma de la cuenca a una de forma circular. En el caso de la cuenca Limo-Chimalapa dio 1.4646 debido a que su forma es alargada y se aleja de tener forma de círculo.

4.5 Factor de Forma

El coeficiente de forma es la **relación entre el ancho medio de la cuenca (B) y la longitud de su cauce principal (Lc)**. El ancho medio se obtiene cuando se divide el área de la cuenca por la longitud del cauce principal, por lo tanto el Coeficiente de Forma queda definido así:

$$Kf = \frac{B}{L_c} = \frac{A}{L_c^2}$$

Dónde:

- A: Es el área de la cuenca = 37.0539 Km²
- Lc: Es la longitud del cauce más largo = 14.0178 Km

$$Kf = \frac{A}{L_c^2}$$

$$Kf = \frac{37.0539 \text{ Km}^2}{14.0178 \text{ Km}^2}$$

$$Kf = 2.6433$$

4.6 Rectángulo Equivalente

Es un rectángulo que tendría un comportamiento hidrológico semejante a la cuenca. En este rectángulo las curvas de nivel son rectas paralelas al lado menor. Los lados del rectángulo equivalente se determinan a través de las siguientes fórmulas.

$$L = \frac{I_c \sqrt{A}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{I_c \sqrt{A}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c} \right)^2} \right]$$

Dónde:

- L: Lado mayor del rectángulo.
- l: Lado menor del rectángulo.
- Ic: Índice de Compacidad = 1.4646
- A: Área de la cuenca = 37.0539 Km²

Entonces el rectángulo equivalente de la cuenca Limo-Chimalapa tendría los siguientes lados:

$$L = \frac{I_c \sqrt{A}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c} \right)^2} \right]$$

$$L = \frac{1.4646 \sqrt{37.0539}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{1.4646} \right)^2} \right]$$

$$L = 12.9448 \text{ Km}$$

$$l = \frac{I_c \sqrt{A}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{1.4646 \sqrt{37.0539}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{1.4646} \right)^2} \right]$$

$$l = 2.8624 \text{ Km}$$

El rectángulo equivalente tendría un área igual a la de la cuenca, es decir:

$$A = L * l = 12.9448 \text{ Km} * 2.8624 \text{ Km} = 37.053 \text{ Km}^2$$

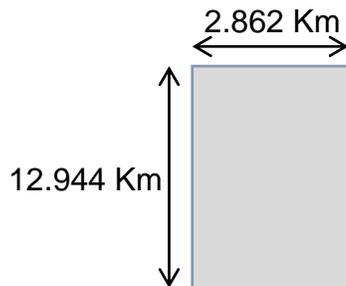


Figura No. 21: Rectángulo equivalente de la cuenca Limo-Chimalapa.

4.7 Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica permite conocer la distribución de masa en la cuenca desde arriba hacia abajo. Se obtiene colocando en las ordenadas los valores correspondientes a las diferentes alturas de la cuenca referidos a la máxima de la misma y, en las abscisas, los valores de área que se encuentran por encima de las alturas correspondientes, referidas al área total de la cuenca

Para determinar la curva hipsométrica de la cuenca en estudio primero se elabora una tabla donde se registran el promedio de las alturas entre curvas de nivel y el porcentaje de área acumulado de las curvas de nivel.

No	COTAS (Mts)			ÁREA (Km2)			
	Min	Max	Promedio	Área entre Curvas	Acumulado	% Acumulado	% Tramo
1	462	554	508	4.56	37.07	100%	12%
2	555	647	601	5.15	32.50	88%	14%
3	648	739	693	3.41	27.35	74%	9%
4	740	832	786	3.17	23.95	65%	9%
5	835	924	879	3.75	20.78	56%	10%
6	926	1018	972	2.44	17.03	46%	7%
7	1020	1110	1065	2.18	14.58	39%	6%
8	1111	1202	1156	2.20	12.40	33%	6%
9	1203	1295	1249	1.72	10.19	28%	5%
10	1296	1388	1342	1.29	8.47	23%	3%
11	1390	1481	1435	1.09	7.18	19%	3%
12	1481	1572	1527	1.00	6.09	16%	3%
13	1576	1661	1619	0.92	5.09	14%	2%
14	1666	1756	1711	0.85	4.17	11%	2%
15	1759	1849	1804	0.74	3.32	9%	2%
16	1855	1943	1899	0.76	2.58	7%	2%
17	1945	2031	1988	0.61	1.81	5%	2%
18	2040	2119	2080	0.52	1.20	3%	1%
19	2129	2214	2172	0.46	0.68	2%	1%
20	2224	2314	2269	0.22	0.22	1%	1%

AREA TOTAL ENTRE CURVAS = AREA TOTAL DE LA CUENCA LIMO-CHIMALAPA	37.07	Km2
--	-------	-----

Tabla No. 13: Parámetros necesarios para elaborar la curva hipsométrica.

Luego de completar la tabla se gráfica, en el eje de las abscisas se coloca el porcentaje de área acumulada y en el eje de las ordenadas los promedios de las cotas entre curvas de nivel.

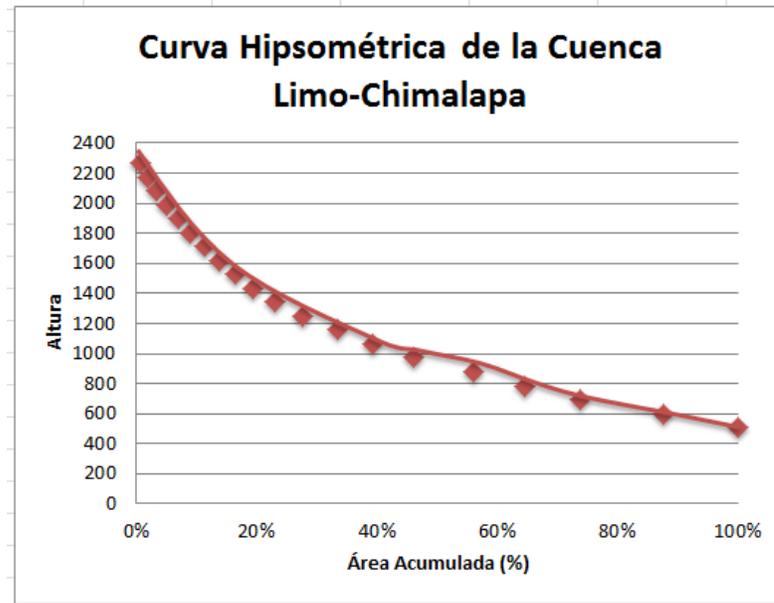


Figura No. 22: Elaboración de Curva Hipsométrica de la Cuenca Limo-Chimalapa

Según la clasificación del Dr. Miguel Ángel Domínguez Cortázar quien categoriza el tipo de cuenca según la curva hipsométrica:

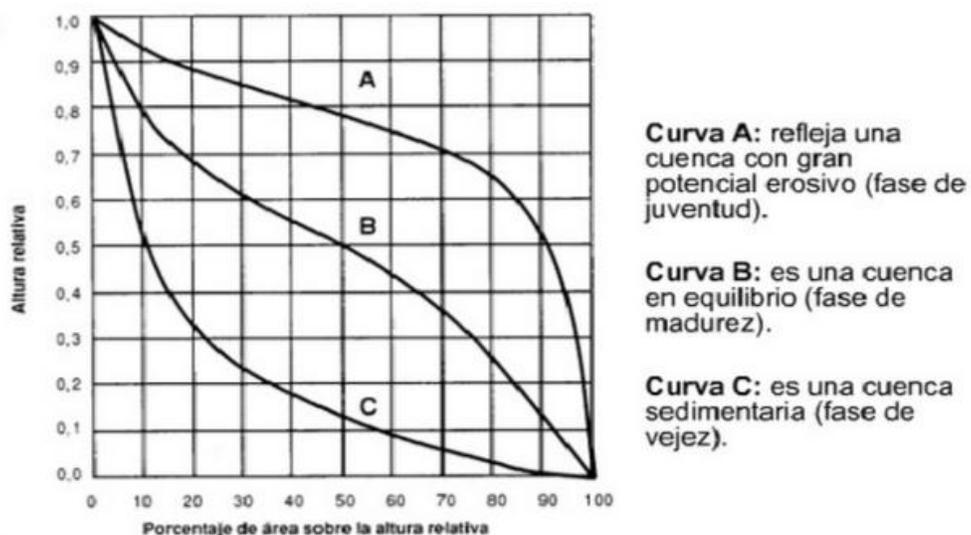


Figura No. 23: Clasificación de cuencas según forma de curva hipsométrica

La curva que describe la cuenca Limo-Chimalapa es de tipo C y se refiere a una cuenca sedimentaria en fase de vejez.

4.8 Pendiente Media

La pendiente media se obtuvo por medio de un mapa de pendientes de la cuenca Limo-Chimalapa realizado en el programa Arcmap. El cual fue el siguiente:

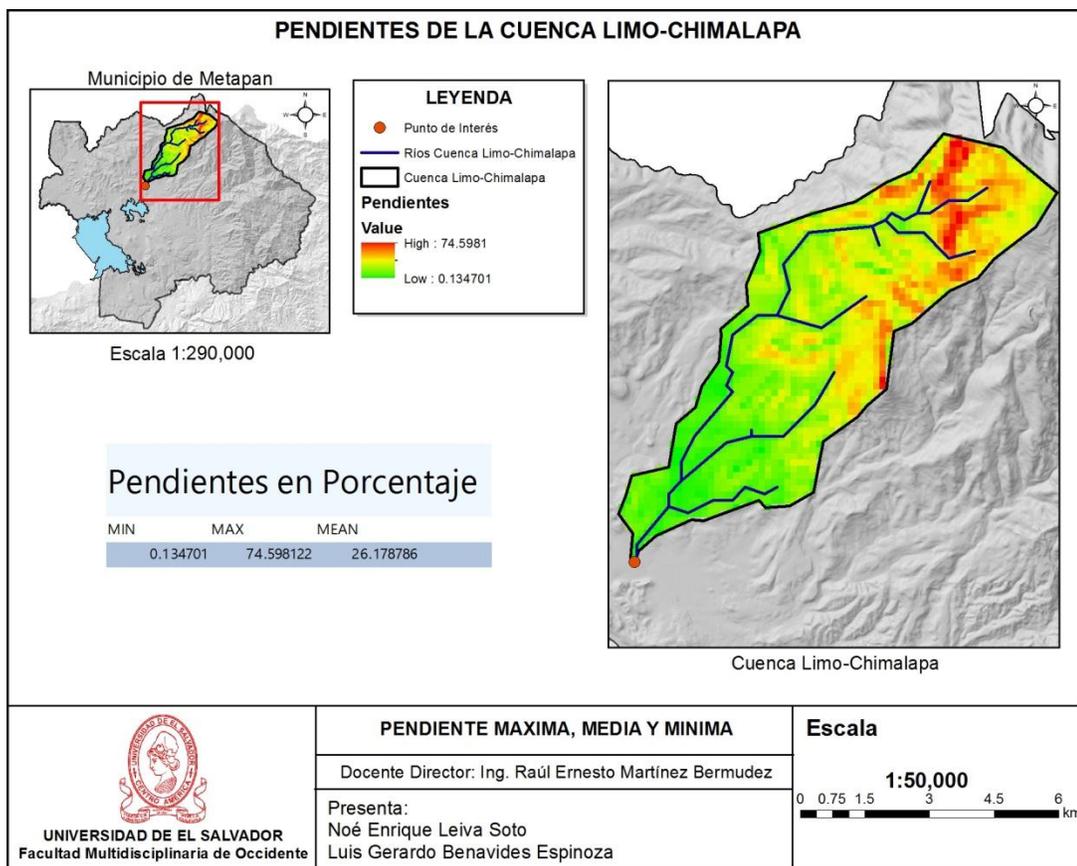


Figura No. 24: Pendiente Máxima. Media y Mínima.

Se puede observar que las pendientes mayores se encuentran en las zonas de color rojo en el mapa que es una zona montañosa de donde nace el río principal. Las pendientes menores se denotan en color verde y se encuentran en el punto de interés que es la parte baja de la cuenca.

Del mapa se obtienen los valores de pendiente máxima, media y mínima

$$\text{Pendientes Máxima} = 74.59 \%$$

$$\text{Pendientes Media} = 26.17 \%$$

$$\text{Pendientes Mínima} = 0.13 \%$$

4.9 Caracterización de la Red de Drenaje

El Sistema de Drenaje de una Cuenca Hidrográfica es el que constituyen el cauce principal y sus tributarios o afluentes. La forma en que estén conectados estos cauces en una cuenca determinada, influye en la respuesta de ésta a un evento de precipitación. Se han desarrollado una serie de parámetros que tratan de cuantificar la influencia de la forma del Sistema de Drenaje en la escorrentía superficial directa (Tutoriales al día. 2010-2013. Recuperado de: www.ingenieriacivil.tutorialesaldia.com), entre ellos se tienen:

4.9.1. Orden de la Cuenca

Es un número que refleja el grado de ramificación del Sistema de Drenaje. La clasificación de los cauces de una cuenca se realiza a través de las siguientes premisas:

- Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.
- Los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden n se forman cuando dos cauces de orden n-1 se unen.
- Cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes.
- El orden de la cuenca es el mismo que el de su cauce principal a la salida.

A continuación se presenta el orden de la cuenca Limo-Chimalapa:

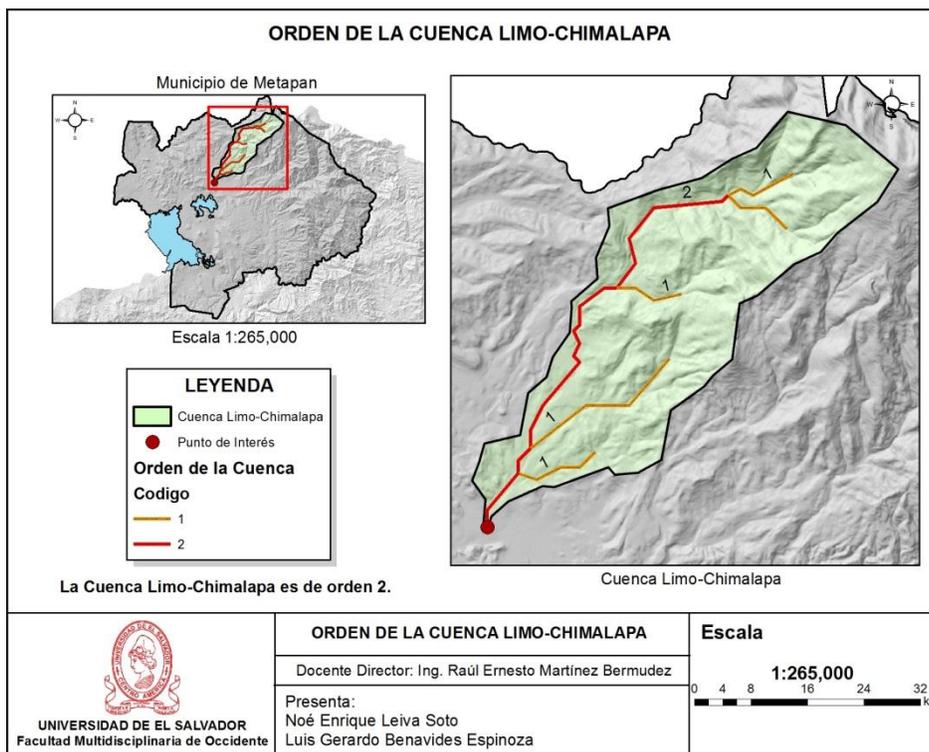


Figura No. 25: Orden de la Cuenca Limo.Chimalapa.

La cuenca tiene es de orden 2 dado que su red de drenaje no es grande solo está compuesta por un río principal y quebradas de invierno.

4.9.2. Densidad de Drenaje

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua dentro de la cuenca y el área total de ésta:

$$Dd = \frac{\sum Lc}{A}$$

Dónde:

- $\sum Lc$: Es la suma de los cursos de agua dentro de la cuenca.
- A: Es el área de la cuenca en estudio.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

La suma de todos los cursos de agua se determinó por medio de la red de drenaje en el programa ArcMap donde se extrajo una tabla con cada una de las longitudes en Kilómetros de los cursos y se hizo la sumatoria total, dando como resultado:

No	Tramo de Río	Longitud (Km)
1	Tramo 1	0.80
2	Tramo 2	1.80
3	Tramo 3	0.87
4	Tramo 4	0.33
5	Tramo 5	0.47
6	Tramo 6	2.45
7	Tramo 7	3.70
8	Tramo 8	2.35
9	Tramo 9	0.15
10	Tramo 10	2.65
11	Tramo 11	5.15
12	Tramo 12	1.97
13	Tramo 13	0.71
14	Tramo 14	2.79
15	Tramo 15	1.45
LONGITUD TOTAL		27.63

Tabla No. 14: Longitud total de cada uno de los cursos de agua de la cuenca.

Entonces teniendo los datos de área y total de cursos de agua podemos obtener la densidad de drenaje así:

- $\sum Lc$: 27.63 Km.
- A: 37.0539 Km²

$$Dd = \frac{\sum Lc}{A}$$

$$Dd = \frac{27.63 \text{ Km}}{37.0539 \text{ Km}^2}$$

$$Dd = 0.7456 \frac{\text{Km}}{\text{Km}^2}$$

La cuenca en estudio se considera de drenaje pobre dado que se clasifican de esta manera al tomar valores que van desde 0.5000 Km/Km².

4.10 Perfil Altimétrico del Cauce Principal

Como otro dato importante de las características geomorfológicas de una cuenca, se realizó por medio del programa ArcMap el perfil del cauce más largo:

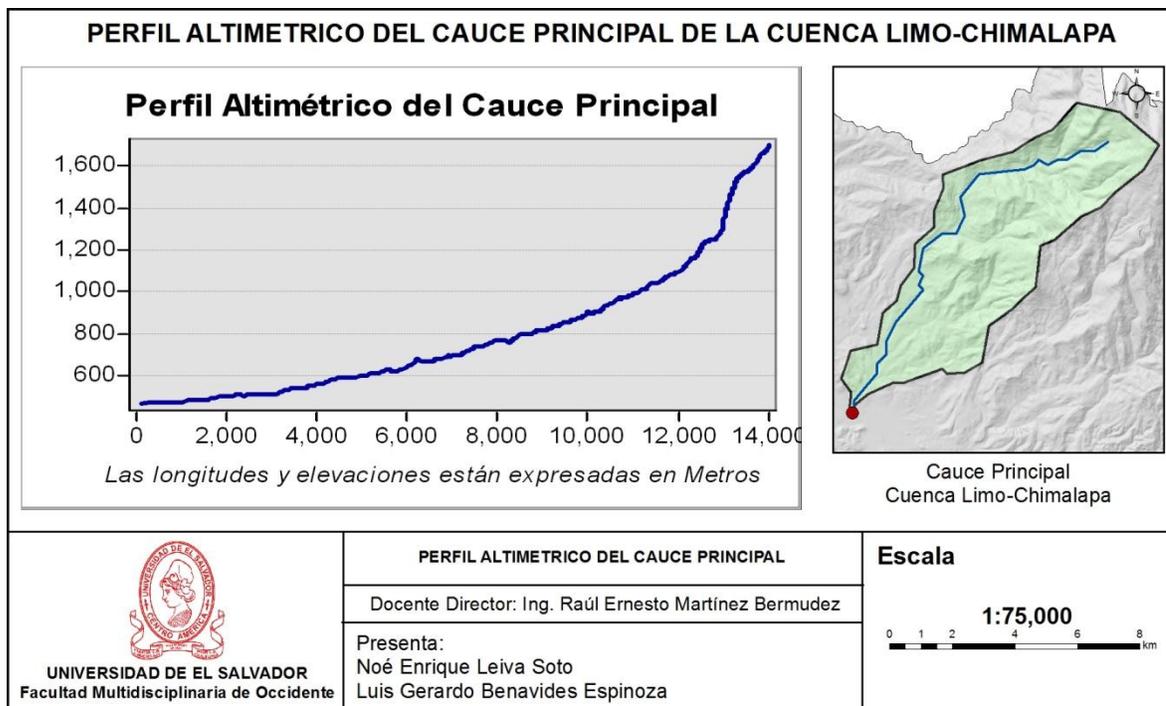


Figura No. 26: Perfil altimétrico del cauce principal.

4.11 Mapa de Orden de Acumulación de Flujo de la Cuenca Limo-Chimalapa.

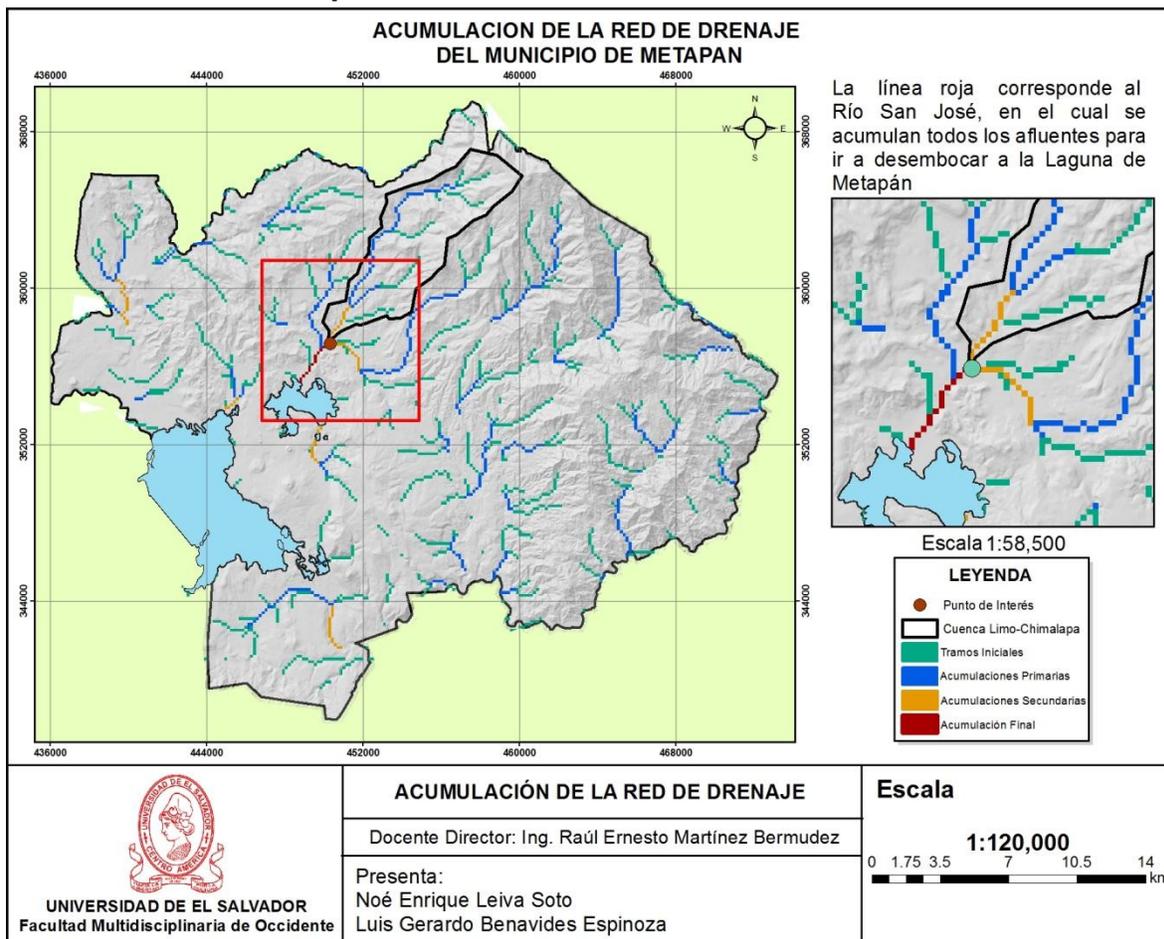


Figura No. 27: Acumulación de la red de drenaje del municipio de Metapán.

En el mapa anterior se especifican las redes de drenaje del municipio de Metapán donde resalta la cuenca en estudio Limo-Chimalapa, el orden de acumulación de flujo de agua va aumentando desde la parte alta de la cuenca hasta el punto de interés.

- Los tramos que están en color celeste representan quebradas de invierno cuyo caudal es considerado como fuerte acumulación.



DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

- El tramo en color azul representa al cauce más largo y es donde se acumula el flujo proveniente de las quebradas de invierno.



- El tramo en color naranja representa la concentración del cauce más largo más la acumulación de los ríos tributarios.



- El tramo en color rojo representa el cuerpo receptor en el cual es descargo todo el flujo proveniente de la cuenca en estudio. Es por ello que parte del Río San José está marcado con este color en el mapa debido a que la cuenca Limo-Chimalapa intercepta a este río antes de ir a desembocar a la Laguna de Metapán.



CAPITULO V: AFORO Y PRUEBAS AL RIO CHIMALAPA

5.1 Determinación de puntos de aforo.

Los puntos de aforo se determinaron en base a la inspección de las zonas que conforma el río, se hizo el recorrido de todo el río y de acuerdo a pobladores de la zona el Río Chimalapa solo mantiene agua los 12 meses del año en la zona de la cuenca alta, entonces se tomó como primer punto el lugar llamado “La Molienda” ubicado en el cantón el Limo, a partir de este punto el río posee poco caudal en época seca, además se prioriza el aforo de la cuenca alta debido a que de esta zona depende lo que sucede en la cuenca media y baja.

Luego se tomó segundo punto el nacimiento del Río Chimalapa, pero debido a su morfología se decidió tomar como puntos cada uno de los ríos que lo conforman los cuales llevan por nombre: el punto de “La Cascada” y el punto de “Río Proveniente de las Tierras de los Cristiani” que se acortó a “Río Cristiani”.

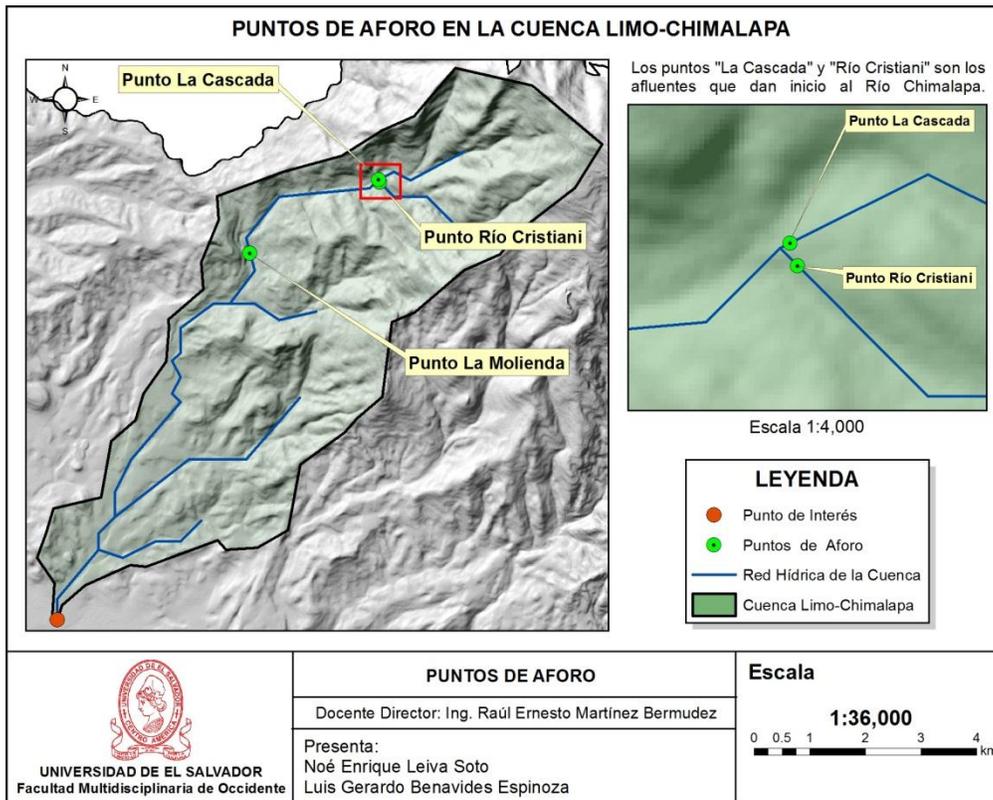


Figura No. 28: Puntos de aforo en la cuenca Limo-Chimalapa.

Se tomó la georeferencia de los 3 puntos de aforo dando como resultado:

PUNTO	NORTE	OESTE
La Cascada	N 14° 24' 35.7"	W 89° 24' 25.6"
Río Cristiani	N 14° 24' 35.6"	W 89° 24' 25.5"
La Molienda	N 14° 23' 51.6"	W 89° 25' 42.6"

Tabla No. 15: Georreferencia de Puntos de Aforo

5.2 Toma de caudal en puntos estratégicos del río por el método volumétrico, velocidad superficie y con molinete.

Para tener una apreciación de los caudales tanto en época seca como lluviosa se realizó una serie de aforos durante 6 meses, tomando 3 meses como época seca los cuales fueron Febrero, Marzo y Abril; y 3 meses como época lluviosa: Mayo, Junio y Julio. Los métodos empleados para la obtención del caudal dependieron de la cantidad de agua que circulaba por el río.

5.2.1. Aforo del mes de Febrero

El mes de febrero fue aforado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en estas fechas el río se presenta en la mayoría de su recorrido con poca agua, el método usado fue con molinete, el aforo arrojó los datos siguientes:

AFORO DEL MES DE FEBRERO		
FECHA: 15 de febrero de 2017		
Método: Aforo con Molinete		
PUNTO	CAUDAL	
	m ³ /s	l/s
La Cascada	0.022	22.00
Río Cristiani	0.00851	8.51
La Molienda	0.0134	13.39

Tabla No. 16: Aforo del mes de febrero.

5.2.2. Aforo del mes de Marzo

El mes de marzo se aforó con la ayuda de la Alcaldía de Metapán, se aforo en los mismo tres puntos, y debido a que el río presentaba poco se empleó el método volumétrico para cálculo de caudal. Los datos obtenidos se presentan a continuación:

AFORO DEL MES DE MARZO		
FECHA: 16 de marzo de 2017		
Método: Volumétrico		
PUNTO	CAUDAL	
	m ³ /s	l/s
La Cascada	0.0144	14.44
Río Cristiani	0.0072	7.27
La Molienda	0.0096	9.65

Tabla No. 17: Aforo del mes de marzo.

5.2.2.1. Memoria de Cálculo

Se utilizó un recipiente con volumen conocido igual a 5 galones, esto en litros y metros cúbicos sería:

De galones a litros:

$$5 \text{ gal} * \frac{3.785 \text{ lt}}{1 \text{ gal}} = 18.925 \text{ lts}$$

De litros a metros cúbicos:

$$18.925 \text{ lts} * \frac{1 \text{ mt}^3}{1000 \text{ lts}} = 0.01892 \text{ mts}^3$$

En el punto “La Cascada” se tomaron los siguientes tiempos:

Tiempos:

- 1.33 s.
- 1.28 s.
- 1.35 s.
- 1.27 s.
- 1.32 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{n}$$

$$t_{promedio} = \frac{1.33 \text{ s} + 1.28 \text{ s} + 1.35 \text{ s} + 1.27 \text{ s} + 1.32 \text{ s}}{5}$$

$$t_{promedio} = 1.31 \text{ s}$$

El caudal en el Punto “La Cascada” vendría dado por:

$$Q = \frac{V}{T}$$

En metros cúbicos por segundo:

$$Q = \frac{0.01892 \text{ mts}^3}{1.31 \text{ s}} = \mathbf{0.0144 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}}$$

En litros por segundo:

$$Q = \frac{18.92 \text{ lts}}{1.31 \text{ s}} = \mathbf{14.44 \frac{\text{lts}}{\text{s}}}$$

En el punto “Río Cristiani” se tomaron los siguientes tiempos:

Tiempos:

- 2.62 s.
- 2.64 s.
- 2.57 s.
- 2.55 s.
- 2.60 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{n}$$

$$t_{promedio} = \frac{2.62 \text{ s} + 2.64 \text{ s} + 2.57 \text{ s} + 2.55 \text{ s} + 2.60 \text{ s}}{5}$$

$$t_{promedio} = 2.60 \text{ s}$$

El caudal en el Punto “Río Cristiani” vendría dado por:

$$Q = \frac{V}{T}$$

En metros cúbicos por segundo:

$$Q = \frac{0.01892 \text{ mts}^3}{2.60 \text{ s}} = \mathbf{0.0072 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}}$$

En litros por segundo:

$$Q = \frac{18.92 \text{ lts}}{2.60 \text{ s}} = \mathbf{7.27 \frac{\text{lts}}{\text{s}}}$$

En el punto “La Molienda” se tomaron los siguientes tiempos:

Tiempos:

- 1.82 s.
- 2.03 s.
- 1.94 s.
- 2.05 s.
- 1.96 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{n}$$

$$t_{promedio} = \frac{1.82 \text{ s} + 2.03 \text{ s} + 1.94 \text{ s} + 2.05 \text{ s} + 1.96 \text{ s}}{5}$$

$$t_{promedio} = 1.96 \text{ s}$$

El caudal en el Punto “La Molienda” vendría dado por:

$$Q = \frac{V}{T}$$

En metros cúbicos por segundo:

$$Q = \frac{0.01892 \text{ mts}^3}{1.96 \text{ s}} = \mathbf{0.0096 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}}$$

En litros por segundo:

$$Q = \frac{18.92 \text{ lts}}{1.96 \text{ s}} = \mathbf{9.65 \frac{\text{lts}}{\text{s}}}$$

5.2.3. Aforo del mes de Abril

En Abril el aforo se realizó nuevamente con el apoyo de la municipalidad de Metapán, esta vez el río tenía aún menos agua que el mes anterior, se utilizó otra vez el método volumétrico modificando el volumen del recipiente en uno de los puntos debido a que el afluente era muy escaso.

AFORO DEL MES DE ABRIL		
FECHA: 13 de abril de 2017		
Método: Volumétrico		
PUNTO	CAUDAL	
	m ³ /s	l/s
La Cascada	0.0077	7.72
Río Cristiani	0.0029	2.94
La Molienda	0.0004	0.442

Tabla No. 18: Aforo del mes de abril.

5.2.3.1. Memoria de Cálculo

Se utilizó un recipiente con volumen conocido igual a 5 galones en los puntos de mayor caudal, esto en litros y metros cúbicos sería:

De galones a litros:

$$5 \text{ gal} * \frac{3.785 \text{ lt}}{1 \text{ gal}} = 18.925 \text{ lts}$$

De litros a metros cúbicos:

$$18.925 \text{ lts} * \frac{1 \text{ mt}^3}{1000 \text{ lts}} = 0.01892 \text{ mts}^3$$

En el punto “La Cascada” se tomaron los siguientes tiempos:

Tiempos:

- 2.50 s.
- 2.44 s.
- 2.47 s.
- 2.40 s.
- 2.45 s.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{n}$$
$$t_{promedio} = \frac{2.50 \text{ s} + 2.44 \text{ s} + 2.47 \text{ s} + 2.40 \text{ s} + 2.45 \text{ s}}{5}$$
$$t_{promedio} = 2.45 \text{ s}$$

El caudal en el Punto “La Cascada” vendría dado por:

$$Q = \frac{V}{T}$$

En metros cúbicos por segundo:

$$Q = \frac{0.01892 \text{ mts}^3}{2.45 \text{ s}} = \mathbf{0.0077 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}}$$

En litros por segundo:

$$Q = \frac{18.92 \text{ lts}}{2.45 \text{ s}} = \mathbf{7.72 \frac{\text{lts}}{\text{s}}}$$

En el punto “Río Cristiani” se tomaron los siguientes tiempos:

Tiempos:

- 6.44 s.
- 6.50 s.
- 6.31 s.
- 6.40 s.
- 6.45 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{n}$$
$$t_{promedio} = \frac{6.44 \text{ s} + 6.50 \text{ s} + 6.31 \text{ s} + 6.40 \text{ s} + 6.45 \text{ s}}{5}$$
$$t_{promedio} = 6.42 \text{ s}$$

El caudal en el Punto “Río Cristiani” vendría dado por:

$$Q = \frac{V}{T}$$

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

En metros cúbicos por segundo:

$$Q = \frac{0.01892 \text{ mts}^3}{6.42 \text{ s}} = 0.0029 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}$$

En litros por segundo:

$$Q = \frac{18.92 \text{ lts}}{6.42 \text{ s}} = 2.94 \frac{\text{lts}}{\text{s}}$$

En el punto de “La Molienda” se utilizó un recipiente con volumen de 1 galón debido a la escases de agua. Convirtiendo ese volumen a litros y metros cúbicos tenemos:

De galones a litros:

$$1 \text{ gal} * \frac{3.785 \text{ lt}}{1 \text{ gal}} = 3.785 \text{ lts}$$

De litros a metros cúbicos:

$$3.785 \text{ lts} * \frac{1 \text{ mt}^3}{1000 \text{ lts}} = 0.003785 \text{ mts}^3$$

En el punto “La Molienda” se tomaron los siguientes tiempos:

Tiempos:

- 8.94 s.
- 7.94 s.
- 8.75 s.
- 8.75 s.
- 8.40 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{n}$$
$$t_{promedio} = \frac{8.94 \text{ s} + 7.94 \text{ s} + 8.75 \text{ s} + 8.75 \text{ s} + 8.40 \text{ s}}{5}$$
$$t_{promedio} = 8.56 \text{ s}$$

El caudal en el Punto “La Molienda” vendría dado por:

$$Q = \frac{V}{T}$$

En metros cúbicos por segundo:

$$Q = \frac{0.003785 \text{ mts}^3}{8.56 \text{ s}} = 0.0004 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}$$

En litros por segundo:

$$Q = \frac{3.785 \text{ lts}}{8.56 \text{ s}} = 0.442 \frac{\text{lts}}{\text{s}}$$

5.2.4. Aforo del mes de Mayo

El aforo del mes de mayo se realizó con una combinación de métodos es decir, se aforo con método volumétrico en uno de los puntos y los otros dos se realizaron por el método velocidad superficie debido que fue difícil encausar el agua hacia un solo punto, además el volumen del recipiente no daba abasto con el caudal a medir. Los datos obtenidos en este mes son los siguientes:

AFORO DEL MES DE MAYO		
FECHA: 18 de mayo de 2017		
Métodos: Volumétrico y Velocidad-Superficie		
PUNTO	CAUDAL	
	m ³ /s	l/s
La Cascada	0.0724	72.40
Río Cristiani	0.0107	10.75
La Molienda	0.0606	60.61

Tabla No. 19: Aforo del mes de mayo

En el punto de “La Cascada”, se aforo por método Velocidad-Superficie debido a la cantidad de agua que tenía el afluente. Los datos necesarios para la obtención del caudal en este punto son de Velocidad y el área de la sección hidráulica.

La velocidad se obtuvo tomando un tramo recto del río, se midió la longitud total entre 2 puntos, y se lanzó una pelota de durapax para medir el tiempo que esta hacía en recorrer del punto 1 al punto 2.

La sección hidráulica se logró, midiendo el ancho del río y registrando la profundidad a cada 20 centímetros.

5.2.4.1. Memoria de Calculo

Para el cálculo del caudal de “La Cascada” se tomaron los siguientes datos para el cálculo de velocidad:

- Longitud entre tramos: 5.90 mts

Los tiempos registrados fueron:

- 22.03 s.
- 20.18 s.
- 22.97 s.
- 20.40 s.
- 24.28 s.
- 19.53 s.
- 20.62 s.
- 22.19 s.
- 19.13 s.
- 20.34 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}}{n}$$
$$t_{promedio} = \frac{22.03 \text{ s} + 20.18 \text{ s} + 22.97 \text{ s} + 20.40 \text{ s} + 24.28 \text{ s} + 19.53 \text{ s} + 20.62 \text{ s} + 22.19 \text{ s} + 19.13 \text{ s} + 20.34 \text{ s}}{10}$$
$$t_{promedio} = 21.17 \text{ s}$$

La velocidad promedio vendría dada por:

$$V_{promedio} = \frac{d}{t}$$
$$V_{promedio} = \frac{5.90 \text{ mts}}{21.167 \text{ s}}$$
$$V_{promedio} = 0.2786 \frac{\text{mts}}{\text{s}}$$

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

El área de la sección hidráulica se determinó por medio del programa AutoCAD 2012, para ello se trazan 2 secciones hidráulicas y se obtiene un área promedio, con los datos de velocidad promedio y área promedio se procede a obtener el caudal.

Los datos de las secciones se presentan a continuación:

Datos Tramo 1 (Superior)			Datos Tramo 2 (Inferior)		
	Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)		Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)
1	0+000	0.00	1	0+000	0.00
2	0+020	3.50	2	0+020	3.60
3	0+040	4.70	3	0+040	1.00
4	0+060	4.30	4	0+060	2.10
5	0+080	6.50	5	0+080	1.80
6	1+000	5.40	6	1+000	1.70
7	1+020	6.80	7	1+020	3.00
8	1+040	9.00	8	1+040	3.40
9	1+060	11.50	9	1+060	3.70
10	1+080	14.20	10	1+080	3.50
11	2+000	17.40	11	2+000	4.00
12	2+020	17.00	12	2+020	4.50
13	2+040	21.50	13	2+040	5.20
14	2+060	21.50	14	2+060	5.20
15	2+080	22.10	15	2+080	5.10
16	3+000	19.50	16	3+000	4.40
17	3+020	11.70	17	3+020	4.90
18	3+040	4.20	18	3+040	3.10
			19	3+058	0.00

Tabla No. 20: Datos de sección hidráulica del punto “La Cascada”. Mes de Mayo.

Las secciones generadas en AutoCAD fueron las siguientes:

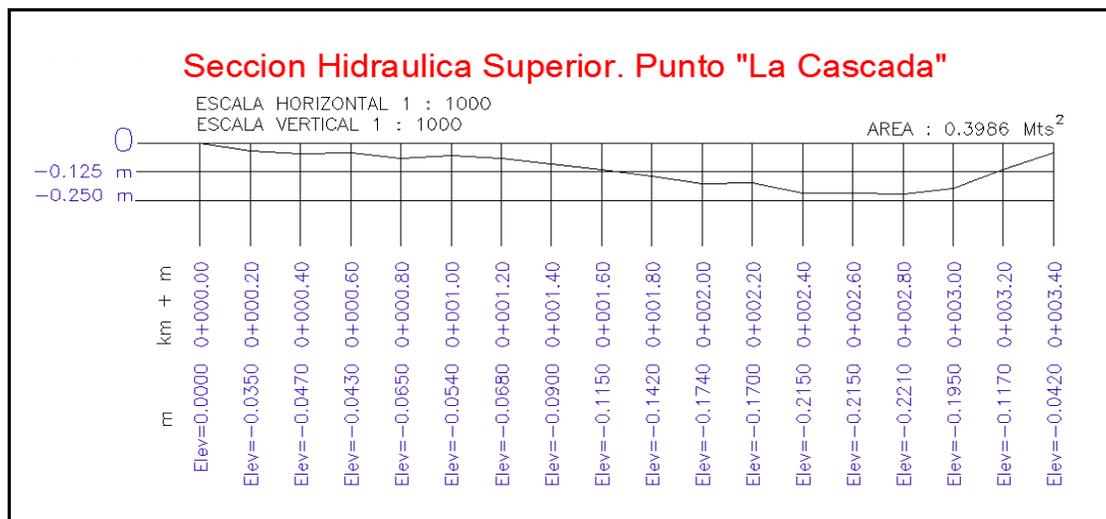


Figura No. 29: Sección Hidráulica Superior. Punto “La Cascada”. Mes de Mayo.

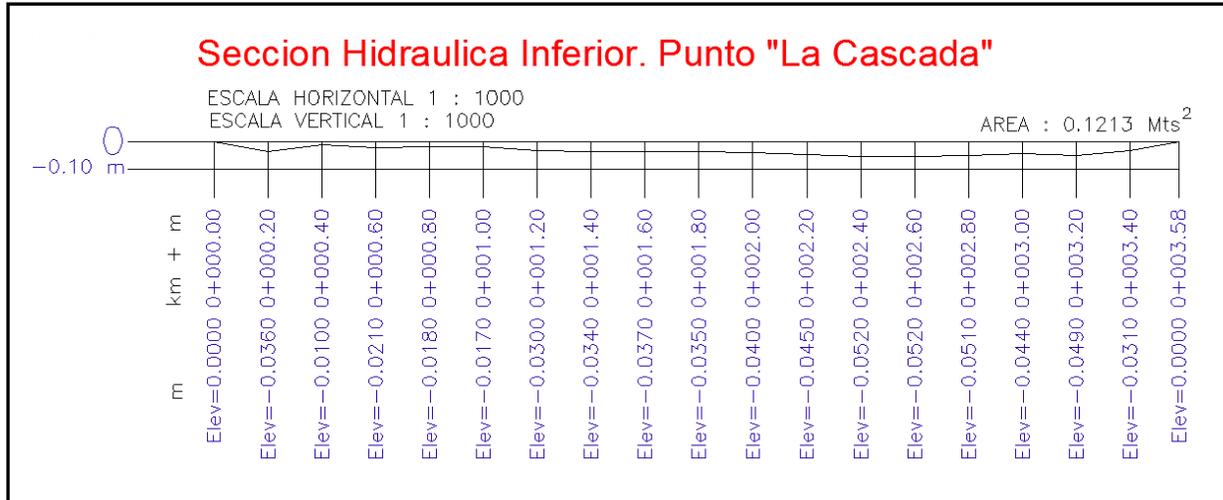


Figura No. 30: Sección Hidráulica inferior. Punto “La Cascada”. Mes de Mayo

El área obtenida en cada una de las secciones es de:

$$A_{superior} = 0.3986 \text{ mts}^2$$

$$A_{inferior} = 0.1213 \text{ mts}^2$$

El área promedio sería:

$$A_{promedio} = \frac{A_{superior} + A_{inferior}}{2}$$

$$A_{promedio} = \frac{0.3986 \text{ mts}^2 + 0.1213 \text{ mts}^2}{2}$$

$$A_{promedio} = 0.2599 \text{ mts}^2$$

Por lo tanto el caudal en el punto “La Cascada” vendría dado por:

$$Q = V_{promedio} * A_{promedio}$$

$$Q = 0.2786 \frac{\text{mts}}{\text{s}} * 0.2599 \text{ mts}^2$$

$$Q = 0.0724 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}$$

De metros cúbicos a litros por segundo tenemos:

$$Q = 0.072 \frac{mts^3}{s} * \frac{1000 lts}{1 mts^3} = 72.40 \frac{lts}{seg}$$

$$Q = 72.40 \frac{lts}{seg}$$

Para el aforo en el punto “Río Cristiani” se empleó el método volumétrico, de nuevo se usó un recipiente con un volumen igual a 5 galones, por lo tanto se convirtió esta unidad a litros y a metros cúbicos:

De galones a litros:

$$5 gal * \frac{3.785 lt}{1 gal} = 18.925 lts$$

De litros a metros cúbicos:

$$18.925 lts * \frac{1 mt^3}{1000 lts} = 0.01892 mts^3$$

Luego se tomaron los tiempos en los que el recipiente tardaba en llenarse:

Tiempos:

- 1.75 s.
- 1.72 s.
- 1.78 s.
- 1.75 s.
- 1.80 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{n}$$

$$t_{promedio} = \frac{1.75 s + 1.72 s + 1.78 s + 1.75 s + 1.80 s}{5}$$

$$t_{promedio} = 1.76 s$$

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

El caudal en el Punto “Río Cristiani” vendría dado por:

$$Q = \frac{V}{T}$$

En metros cúbicos por segundo:

$$Q = \frac{0.01892 \text{ mts}^3}{1.76 \text{ s}} = \mathbf{0.0107 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}}$$

En litros por segundo:

$$Q = \frac{18.92 \text{ lts}}{1.76 \text{ s}} = \mathbf{10.75 \frac{\text{lts}}{\text{s}}}$$

Para el cálculo del caudal de “La Molienda” se tomaron los siguientes datos para el cálculo de velocidad:

- Longitud entre tramos: 2.97 mts

Los tiempos registrados fueron:

- 13.56 s.
- 17.50 s.
- 16.50 s.
- 18.28 s.
- 14.47 s.
- 15.91 s.
- 13.84 s.
- 13.88 s.
- 13.50 s.
- 15.21 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}}{n}$$

$$t_{promedio} = \frac{13.56 \text{ s} + 17.50 \text{ s} + 16.50 \text{ s} + 18.28 \text{ s} + 14.47 \text{ s} + 15.91 \text{ s} + 13.84 \text{ s} + 13.88 \text{ s} + 13.50 \text{ s} + 15.21 \text{ s}}{10}$$

$$t_{promedio} = 15.26 \text{ s}$$

La velocidad promedio vendría dada por:

$$V_{promedio} = \frac{d}{t}$$

$$V_{promedio} = \frac{2.97 \text{ mts}}{15.26 \text{ s}}$$

$$V_{promedio} = 0.1946 \frac{\text{mts}}{\text{s}}$$

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

El área de la sección hidráulica se determinó por medio del programa AutoCAD 2012, para ello se trazan 2 secciones hidráulicas y se obtiene un área promedio, con los datos de velocidad promedio y área promedio se procede a obtener el caudal.

Los datos de las secciones se presentan a continuación:

Datos Tramo 1 (Superior)			Datos Tramo 2 (Inferior)		
	Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)		Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)
1	0+000	0.00	1	0+000	0.00
2	0+020	4.40	2	0+020	4.20
3	0+040	7.00	3	0+040	11.50
4	0+060	8.60	4	0+060	8.70
5	0+080	10.00	5	0+080	14.40
6	1+000	16.70	6	1+000	13.40
7	1+020	25.20	7	1+020	13.50
8	1+040	31.30	8	1+040	13.50
9	1+060	33.00	9	1+060	10.10
10	1+080	32.10	10	1+080	2.60
11	2+000	22.50	11	2+000	8.00
12	2+020	19.60	12	2+020	6.40
13	2+031	0.00	13	2+034	0.00

Tabla No. 21: Datos de sección hidráulica del punto "La Molienda". Mes de Mayo.

Las secciones generadas en AutoCAD fueron las siguientes:

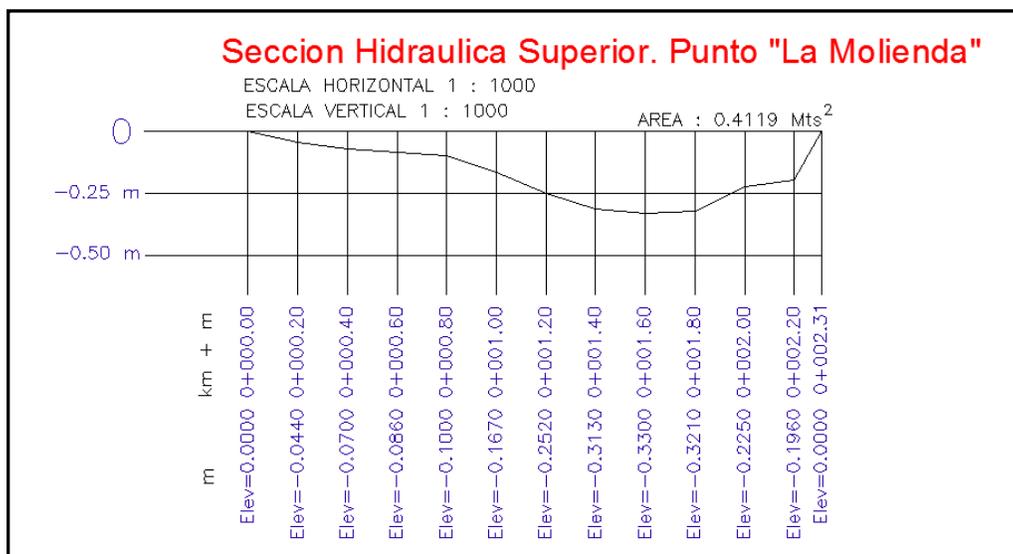


Figura No. 31: Sección Hidráulica Superior. Punto "La Cascada". Mes de Mayo.



Figura No. 32: Sección Hidráulica Inferior. Punto “La Cascada”. Mes de Mayo.

El área obtenida en cada una de las secciones es de:

$$A_{superior} = 0.4119 \text{ mts}^2$$

$$A_{inferior} = 0.2112 \text{ mts}^2$$

El área promedio sería:

$$A_{promedio} = \frac{A_{superior} + A_{inferior}}{2}$$

$$A_{promedio} = \frac{0.4119 \text{ mts}^2 + 0.2112 \text{ mts}^2}{2}$$

$$A_{promedio} = 0.3115 \text{ mts}^2$$

Por lo tanto el caudal en el punto “La Molienda” vendría dado por:

$$Q = V_{promedio} * A_{promedio}$$

$$Q = 0.1946 \frac{\text{mts}}{\text{s}} * 0.3115 \text{ mts}^2$$

$$Q = 0.0606 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}$$

De metros cúbicos a litros por segundo tenemos:

$$Q = 0.0606 \frac{mts^3}{s} * \frac{1000 lts}{1 mts^3} = 60.61 \frac{lts}{seg}$$

$$Q = 60.61 \frac{lts}{seg}$$

5.2.5. Aforo del mes de Junio

El aforo del mes de junio se llevó a cabo utilizando el método de velocidad superficie debido a que el caudal había incrementado considerablemente esto a causa de las lluvias que tuvieron un alza en este mes Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

AFORO DEL MES DE JUNIO		
FECHA: 22 de junio de 2017		
Métodos: Velocidad-Superficie		
PUNTO	CAUDAL	
	m ³ /s	l/s
La Cascada	0.2454	245.42
Río Cristiani	0.2202	220.20
La Molienda	0.6994	699.46

Tabla No. 22: Aforo del mes de junio.

5.2.5.1. Memoria de Cálculo.

Para el cálculo del caudal de “La Cascada” se tomaron los siguientes datos para el cálculo de velocidad:

- Longitud entre tramos: 6.10 mts

Los tiempos registrados fueron:

- 13.50 s.
- 13.56 s.
- 13.81 s.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

- 13.41 s.
- 13.00 s.
- 12.90 s.
- 13.63 s.
- 13.75 s.
- 11.91 s.
- 15.81 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}}{n}$$

$$t_{promedio} = \frac{13.50 s + 13.41 s + 13.00 s + 12.90 s + 13.56 s + 13.63 s + 13.75 s + 11.91 s + 13.81 s + 15.81 s}{10}$$

$$t_{promedio} = 13.528 s$$

La velocidad promedio vendría dada por:

$$V_{promedio} = \frac{d}{t}$$

$$V_{promedio} = \frac{6.10 \text{ mts}}{13.528 s}$$

$$V_{promedio} = 0.4509 \frac{\text{mts}}{s}$$

El área de la sección hidráulica se determinó por medio del programa AutoCAD 2012, para ello se trazan 2 secciones hidráulicas y se obtiene un área promedio, con los datos de velocidad promedio y área promedio se procede a obtener el caudal.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

Los datos de las secciones se presentan a continuación:

Datos Tramo 1 (Superior)			Datos Tramo 2 (Inferior)		
	Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)		Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)
1	0+000	0.00	1	0+000	0.00
2	0+012	17.90	2	0+020	2.60
3	0+032	25.10	3	0+040	3.20
4	0+052	38.80	4	0+060	3.00
5	0+072	43.60	5	0+080	3.10
6	0+092	39.60	6	1+000	5.50
7	1+012	30.50	7	1+020	8.00
8	1+032	28.60	8	1+040	10.00
9	1+052	24.50	9	1+060	10.00
10	1+072	21.20	10	1+080	9.10
11	1+092	26.20	11	2+000	9.50
12	2+012	12.20	12	2+020	10.00
13	2+032	8.40	13	2+040	9.00
14	2+052	8.70	14	2+060	8.20
15	2+072	10.00	15	2+080	8.50
16	2+092	12.80	16	3+000	8.20
17	3+012	10.30	17	3+020	7.80
18	3+032	9.10	18	3+040	7.50
19	3+052	2.60	19	3+060	7.20
20	3+075	0.00	20	3+080	6.00
			21	4+000	6.50
			22	4+020	6.40
			23	4+040	5.50
			24	4+060	6.10
			25	4+080	5.00
			26	5+000	5.00
			27	5+020	4.50
			28	5+040	1.10
			29	5+045	0.00

Tabla No. 23: Datos de sección hidráulica del punto “La Cascada”. Mes de Junio.

Las secciones generadas en AutoCAD fueron las siguientes:

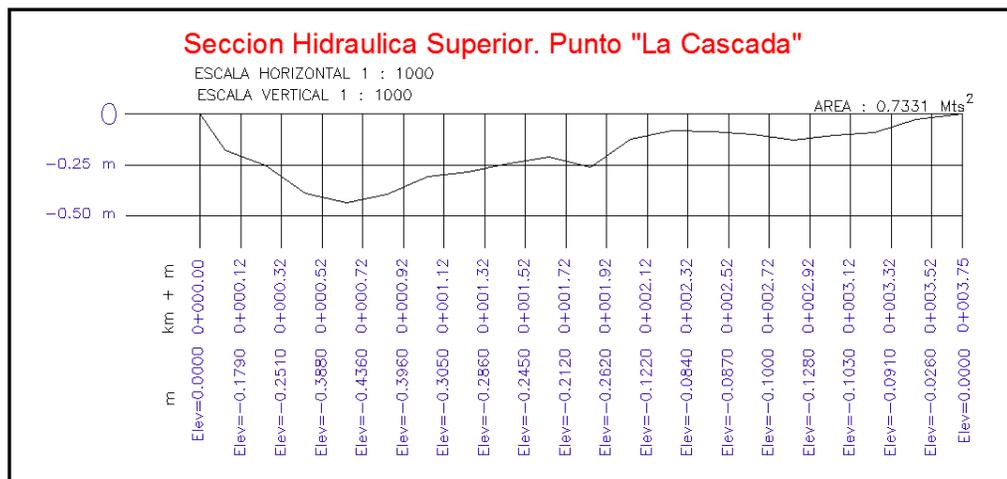


Figura No. 33: Sección Hidráulica Superior. Punto “La Cascada”. Mes de Junio.

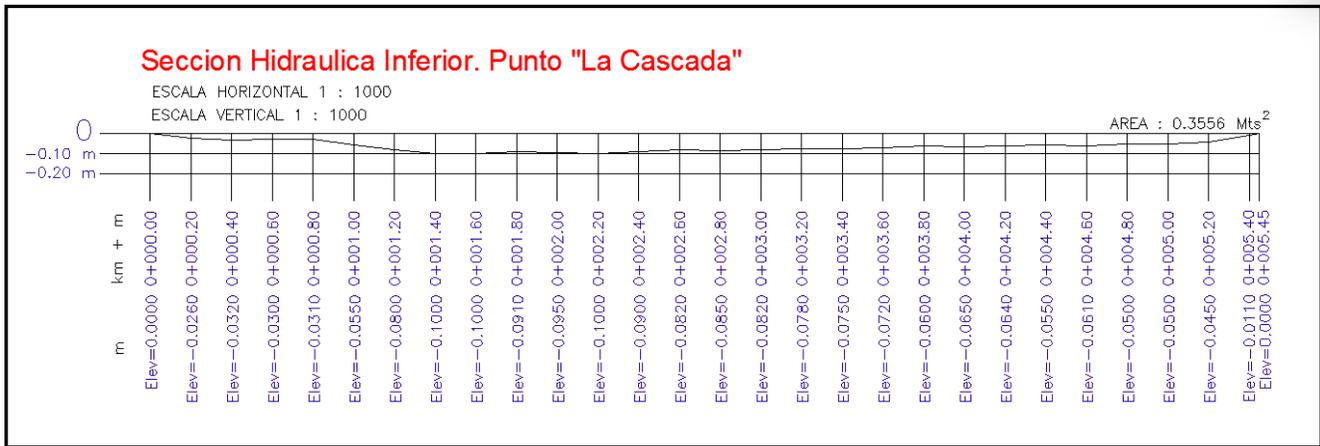


Figura No. 34: Sección Hidráulica Inferior. Punto “La Cascada”. Mes de Junio

El área obtenida en cada una de las secciones es de:

$$A_{superior} = 0.7331 \text{ mts}^2$$

$$A_{inferior} = 0.3556 \text{ mts}^2$$

El área promedio sería:

$$A_{promedio} = \frac{A_{superior} + A_{inferior}}{2}$$

$$A_{promedio} = \frac{0.7331 \text{ mts}^2 + 0.3556 \text{ mts}^2}{2}$$

$$A_{promedio} = 0.5443 \text{ mts}^2$$

Por lo tanto el caudal en el punto “La Molienda” vendría dado por:

$$Q = V_{promedio} * A_{promedio}$$

$$Q = 0.4509 \frac{\text{mts}}{\text{s}} * 0.5443 \text{ mts}^2$$

$$Q = 0.2454 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}$$

De metros cúbicos a litros por segundo tenemos:

$$Q = 0.2454 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ lts}}{1 \text{ mts}^3} = 245.42 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} \rightarrow Q = 245.42 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

Para el cálculo del caudal del punto “Río Cristiani” se tomaron los siguientes datos para el cálculo de velocidad:

- Longitud entre tramos: 3.83 mts

Los tiempos registrados fueron:

- 6.50 s.
- 6.41 s.
- 6.65 s.
- 6.12 s.
- 6.22 s.
- 6.10 s.
- 6.69 s.
- 6.22 s.
- 5.94 s.
- 5.69 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}}{n}$$
$$t_{promedio} = \frac{6.50 \text{ s} + 6.41 \text{ s} + 6.65 \text{ s} + 6.12 \text{ s} + 6.22 \text{ s} + 6.10 \text{ s} + 6.69 \text{ s} + 6.22 \text{ s} + 5.94 \text{ s} + 5.69 \text{ s}}{10}$$
$$t_{promedio} = 6.254 \text{ s}$$

La velocidad promedio vendría dada por:

$$V_{promedio} = \frac{d}{t}$$
$$V_{promedio} = \frac{3.83 \text{ mts}}{6.254 \text{ s}}$$
$$V_{promedio} = 0.6124 \frac{\text{mts}}{\text{s}}$$

El área de la sección hidráulica se determinó por medio del programa AutoCAD 2012, para ello se trazan 2 secciones hidráulicas y se obtiene un área promedio, con los datos de velocidad promedio y área promedio se procede a obtener el caudal.

Los datos de las secciones se presentan a continuación:

Datos Tramo 1 (Superior)			Datos Tramo 2 (Inferior)		
	Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)		Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)
1	0+000	0.00	1	0+000	0.00
2	0+020	7.60	2	0+020	7.50
3	0+040	13.90	3	0+040	13.50
4	0+060	16.60	4	0+060	13.50
5	0+080	16.70	5	0+080	22.80
6	1+000	18.50	6	1+000	26.50
7	1+020	16.60	7	1+020	24.80
8	1+040	15.60	8	1+040	24.40
9	1+060	16.10	9	1+060	18.40
10	1+080	16.00	10	1+080	11.90
11	2+000	13.70	11	2+000	8.40
12	2+020	9.30	12	2+020	8.60
13	2+040	6.60	13	2+040	7.20
14	2+053	0.00	14	2+060	5.50
			15	2+081	0.00

Tabla No. 24: Datos de sección hidráulica del punto “Río Cristiani”. Mes de Junio.

Las secciones generadas en AutoCAD fueron las siguientes:

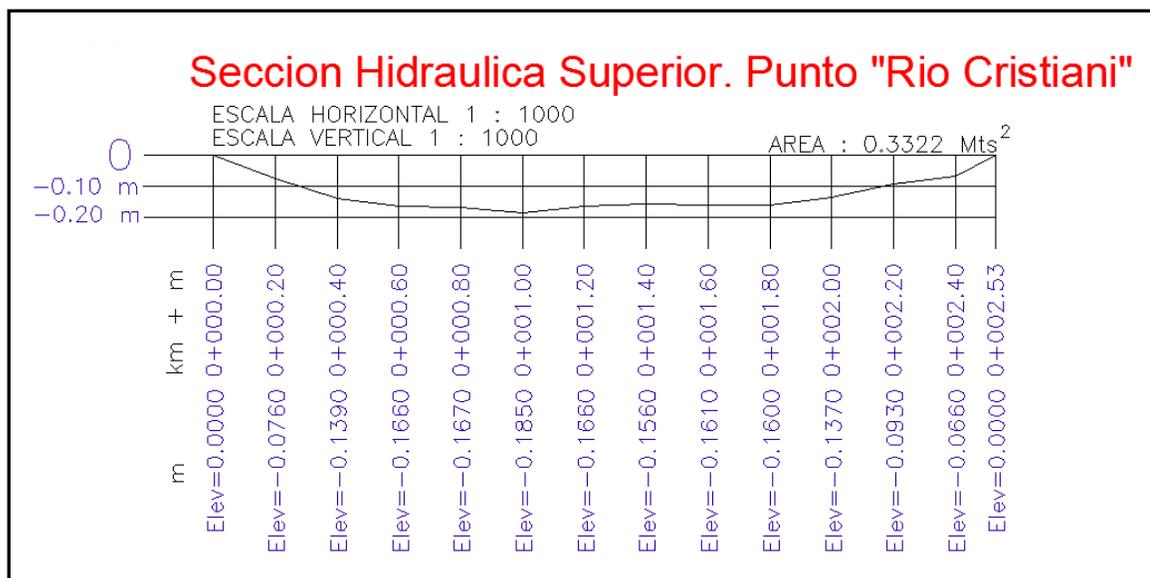


Figura No. 35: Sección Hidráulica Superior. Punto “Río Cristiani”. Mes de Junio.

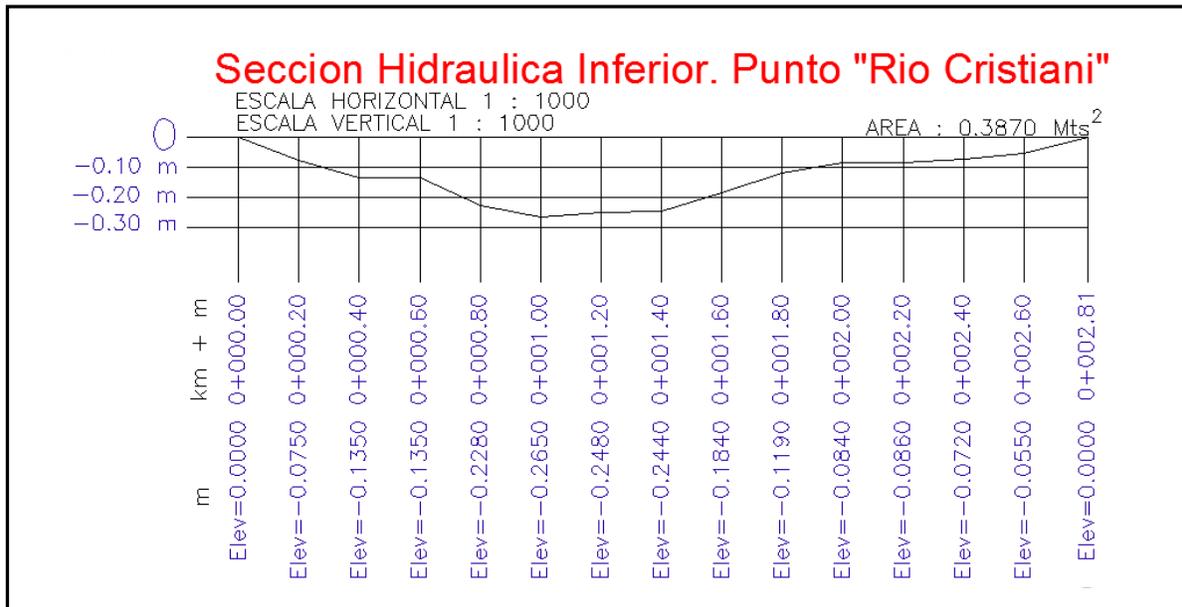


Figura No. 36: Sección Hidráulica Inferior. Punto "Río Cristiani". Mes de Junio.

El área obtenida en cada una de las secciones es de:

$$A_{superior} = 0.3322 \text{ mts}^2$$

$$A_{inferior} = 0.3870 \text{ mts}^2$$

El área promedio sería:

$$A_{promedio} = \frac{A_{superior} + A_{inferior}}{2}$$

$$A_{promedio} = \frac{0.3322 \text{ mts}^2 + 0.3870 \text{ mts}^2}{2}$$

$$A_{promedio} = 0.3596 \text{ mts}^2$$

Por lo tanto el caudal en el punto "La Molienda" vendría dado por:

$$Q = V_{promedio} * A_{promedio}$$

$$Q = 0.6124 \frac{\text{mts}}{\text{s}} * 0.3596 \text{ mts}^2$$

$$Q = 0.2202 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}$$

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

De metros cúbicos a litros por segundo tenemos:

$$Q = 0.2202 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ lts}}{1 \text{ mts}^3} = 220.20 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

$$Q = 220.20 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

Para el cálculo del caudal del punto “La Molienda” se tomaron los siguientes datos para el cálculo de velocidad:

- Longitud entre tramos: 2.86 mts

Los tiempos registrados fueron:

- 4.03 s.
- 3.75 s.
- 3.16 s.
- 3.82 s.
- 3.34 s.
- 3.56 s.
- 3.28 s.
- 3.57 s.
- 3.15 s.
- 2.97 s.

El promedio de tiempo es:

$$t_{promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}}{n}$$
$$t_{promedio} = \frac{4.03 \text{ s} + 3.75 \text{ s} + 3.16 \text{ s} + 3.82 \text{ s} + 3.34 \text{ s} + 3.56 \text{ s} + 3.28 \text{ s} + 3.57 \text{ s} + 3.15 \text{ s} + 2.97 \text{ s}}{10}$$
$$t_{promedio} = 3.46 \text{ s}$$

La velocidad promedio vendría dada por:

$$V_{promedio} = \frac{d}{t}$$
$$V_{promedio} = \frac{2.86 \text{ mts}}{3.46 \text{ s}}$$
$$V_{promedio} = 0.8265 \frac{\text{mts}}{\text{s}}$$

El área de la sección hidráulica se determinó por medio del programa AutoCAD 2012, para ello se trazan 2 secciones hidráulicas y se obtiene un área promedio,

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

con los datos de velocidad promedio y área promedio se procede a obtener el caudal.

Los datos de las secciones se presentan a continuación:

Datos Tramo 1 (Superior)			Datos Tramo 2 (Inferior)		
	Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)		Estacionamiento (Mt + Cm)	Profundidad (cm)
1	0+000	0.00	1	0+000	0.00
2	0+020	8.50	2	0+020	30.00
3	0+040	15.80	3	0+040	35.90
4	0+060	45.70	4	0+060	39.50
5	0+080	45.00	5	0+080	38.70
6	1+000	53.00	6	1+000	34.40
7	1+020	51.00	7	1+020	35.60
8	1+040	42.70	8	1+040	36.00
9	1+060	35.60	9	1+060	29.00
10	1+080	28.80	10	1+080	24.70
11	2+000	21.20	11	2+000	27.40
12	2+020	20.40	12	2+020	23.00
13	2+040	19.00	13	2+040	20.00
14	2+060	20.00	14	2+060	15.00
15	2+080	14.20	15	2+080	10.60
16	3+000	7.00	16	3+000	7.30
17	3+020	4.00	17	3+020	3.50
18	3+030	0.00	18	3+040	2.00
			19	3+060	2.50
			20	3+068	0.00

Tabla No. 25: Datos de sección hidráulica del punto “La Molienda”. Mes de Junio.

Las secciones generadas en AutoCAD fueron las siguientes:

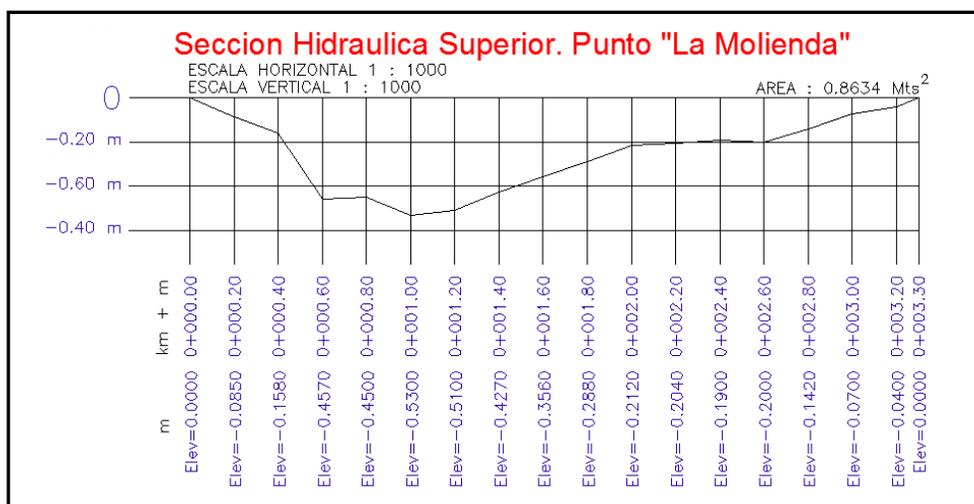


Figura No. 37: Sección Hidráulica Superior. Punto “Río Cristiani”. Mes de Junio.

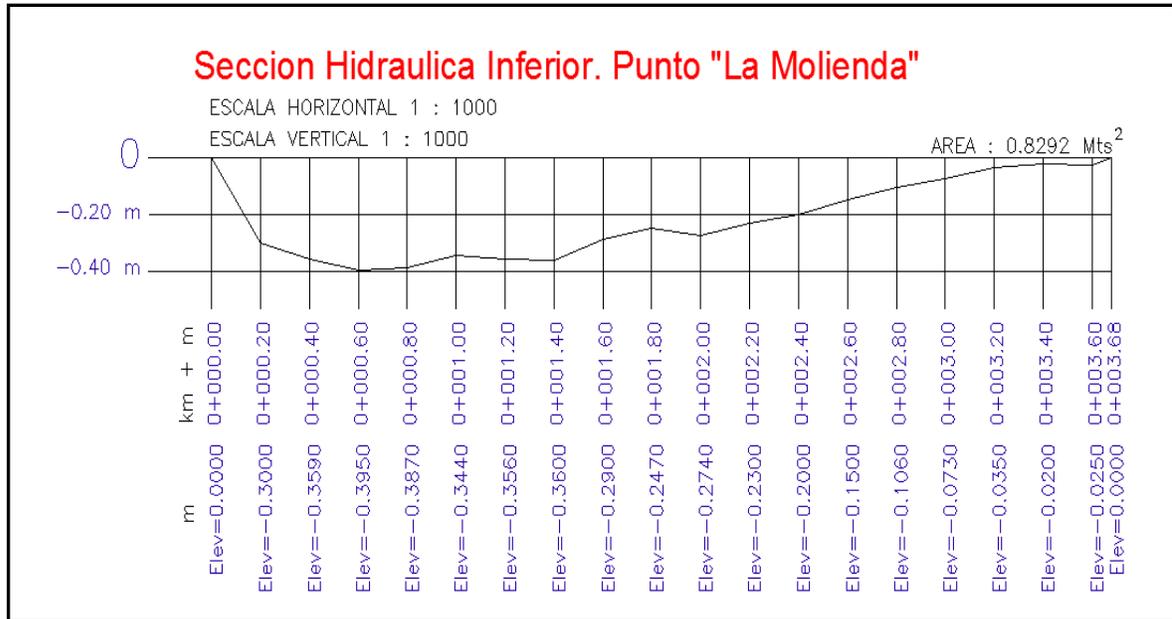


Figura No. 38: Sección Hidráulica Inferior. Punto "Río Cristiani". Mes de Junio.

El área obtenida en cada una de las secciones es de:

$$A_{superior} = 0.8634 \text{ mts}^2$$

$$A_{inferior} = 0.8292 \text{ mts}^2$$

El área promedio sería:

$$A_{promedio} = \frac{A_{superior} + A_{inferior}}{2}$$

$$A_{promedio} = \frac{0.8634 \text{ mts}^2 + 0.8292 \text{ mts}^2}{2}$$

$$A_{promedio} = 0.8463 \text{ mts}^2$$

Por lo tanto el caudal en el punto "La Molienda" vendría dado por:

$$Q = V_{promedio} * A_{promedio}$$

$$Q = 0.8265 \frac{\text{mts}}{\text{s}} * 0.8463 \text{ mts}^2$$

$$Q = 0.6994 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}}$$

De metros cúbicos a litros por segundo tenemos:

$$Q = 0.6994 \frac{mts^3}{s} * \frac{1000 lts}{1 mts^3} = 699.46 \frac{lts}{seg}$$

$$Q = 699.46 \frac{lts}{seg}$$

5.2.6. Aforo del mes de Julio

En el aforo del mes de julio se utilizó nuevamente el método de Velocidad-Superficie con la variante que para medir la velocidad se empleó un molinete, todo esto gracias al apoyo del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y de la municipalidad. Los datos registrados en este mes se presentan a continuación.

AFORO DEL MES DE JULIO		
FECHA: 28 de julio de 2017		
Métodos: Velocidad-Superficie con Molinete		
PUNTO	CAUDAL	
	m ³ /s	l/s
La Cascada	0.0906	90.60
Río Cristiani	0.0839	83.94
La Molienda	0.1849	184.96

Tabla No. 26: Aforo del mes de julio.

Para el aforo con molinete, se necesita formar la sección hidráulica en cada uno de los puntos que se piensa realizar la medición, la sección comprende solamente 4 estacionamientos, la distancia entre ellos, se calcula midiendo el ancho total de la sección y dividiendo entre 4.

Luego de tener definida la sección, se procede a tomar la velocidad entre estacionamientos por medio del molinete.

En el uso del molinete para la toma de la velocidad, se debe ubicar el aparato entre estacionamientos y medir la profundidad, y esta profundidad multiplicarla por un factor de 0.60 para laminas menores a 0.50 mts (Ing. Sandoval, 2017).

5.2.6.1. Memoria de Calculo

Para el aforo en el punto “La Cascada”, se ubicó el lugar donde se crearía la sección hidráulica, se tomó el ancho y se dividió entre 4 para establecer la distancia entre estacionamientos.

El ancho de la sección hidráulica fue de:

$$\text{Ancho de Sección} = 2.30 \text{ mts}$$

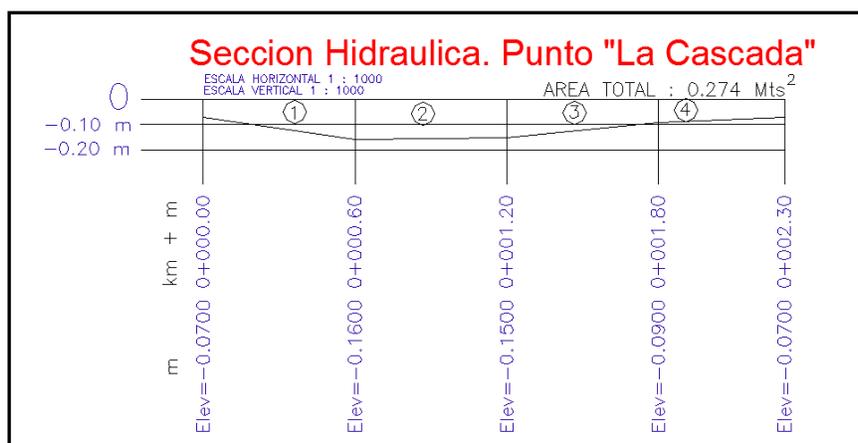
Los estacionamientos se definieron de la siguiente manera;

$$\text{Estacionamientos} = \frac{\text{Ancho de Sección}}{4}$$

$$\text{Estacionamientos} = \frac{2.30 \text{ mts}}{4}$$

$$\text{Estacionamientos} = 0.575 \text{ mts} \approx 0.60 \text{ mts}$$

Por la tanto se definen los estacionamientos a cada 60 centímetros. La sección se dibujó haciendo uso del programa AutoCAD 2012:

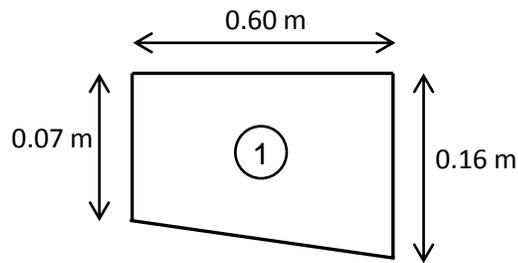


**Figura No. 39: Sección Hidráulica. Punto “La Cascada”.
Mes de Julio.**

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

El área de cada una de las secciones se determinó mediante el análisis a un trapecio:

Sección 1:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.16 \text{ m}$$

$$b = 0.07 \text{ m}$$

$$h = 0.60 \text{ m}$$

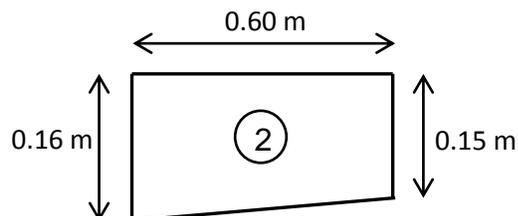
La fórmula para obtener el área es:

$$A_1 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_1 = \left(\frac{0.16 \text{ m} + 0.07 \text{ m}}{2} \right) * 0.60$$

$$A_1 = 0.069 \text{ mts}^2$$

Sección 2:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.16 \text{ m}$$

$$b = 0.15 \text{ m}$$

$$h = 0.60 \text{ m}$$

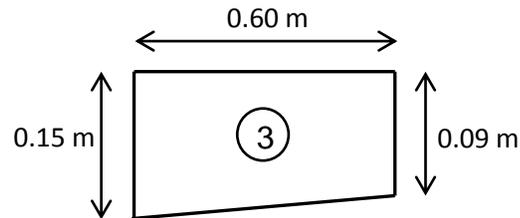
La fórmula para obtener el área es:

$$A_2 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_2 = \left(\frac{0.16 \text{ m} + 0.15 \text{ m}}{2} \right) * 0.60$$

$$A_2 = 0.093 \text{ mts}^2$$

Sección 3:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.15m$$

$$b = 0.09 m$$

$$h = 0.60 m$$

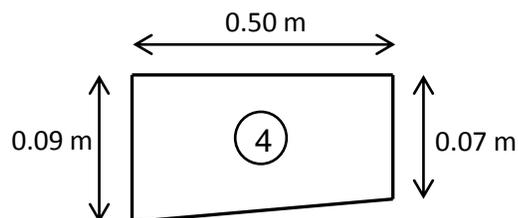
La fórmula para obtener el área es:

$$A_3 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_3 = \left(\frac{0.15 m + 0.09 m}{2} \right) * 0.60$$

$$A_3 = 0.072 \text{ mts}^2$$

Sección 4:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.09m$$

$$b = 0.07 m$$

$$h = 0.50 m$$

La fórmula para obtener el área es:

$$A_4 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_4 = \left(\frac{0.09 m + 0.07 m}{2} \right) * 0.50$$

$$A_4 = 0.04 \text{ mts}^2$$

Tras obtener el dato de todas las áreas se procede a obtener la velocidad entre estacionamientos y con estos datos se llena la siguiente tabla:

No.	Secciones (m + cm)	Velocidad Media con molinete (m/s)	Profundidad (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)
1	0+00→0+60	0.300	0.07→0.16	0.60	0.069	0.300	0.0207
2	0+60→1+20	0.404	0.16→0.15	0.60	0.093	0.404	0.0376
3	1+20→1+80	0.288	0.15→0.09	0.60	0.072	0.288	0.0207
4	1+80→2+30	0.291	0.09→0.07	0.50	0.291	0.291	0.0116
Caudal Total (m ³ /seg.)							0.0906

Tabla No. 27: Cálculo de caudal mediante molinete. Punto “La Cascada”.

De metros cúbicos a litros por segundo tenemos:

$$Q = 0.0906 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ lts}}{1 \text{ mts}^3} = 90.6 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

$$Q = 90.6 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

Para el aforo en el punto “Río Cristiani”, se ubicó el lugar donde se crearía la sección hidráulica, se tomó el ancho y se dividió entre 4 para establecer la distancia entre estacionamientos.

El ancho de la sección hidráulica fue de:

$$\text{Ancho de Sección} = 2.00 \text{ mts}$$

Los estacionamientos se definieron de la siguiente manera;

$$\text{Estacionamientos} = \frac{\text{Ancho de Sección}}{4}$$

$$\text{Estacionamientos} = \frac{2.00 \text{ mts}}{4}$$

$$\text{Estacionamientos} = 0.50 \text{ mts}$$

Por la tanto se definen los estacionamientos a cada 50 centímetros. La sección se dibujó haciendo uso del programa AutoCAD 2012:

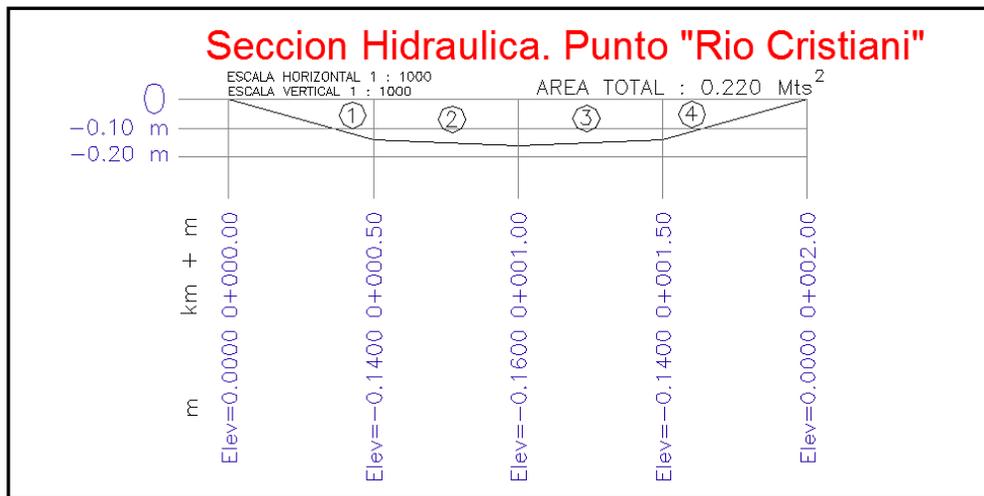
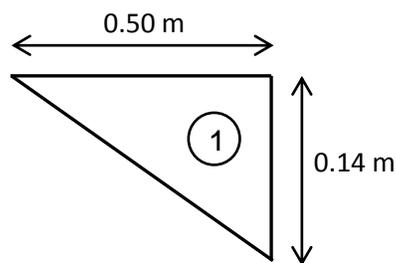


Figura No. 40: Sección Hidráulica. Punto "Río Cristiani". Mes de Julio.

El área de cada una de las secciones se determinó mediante el análisis de triángulos y trapecios:

Sección 1:



Los datos del triángulo son:

$$b = 0.50 \text{ m}$$

$$h = 0.14 \text{ m}$$

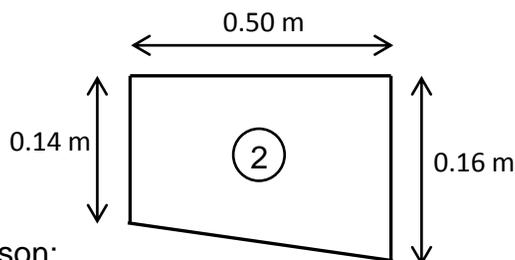
La fórmula para obtener el área es:

$$A_1 = \frac{b * h}{2}$$

$$A_1 = \frac{0.50 * 0.14}{2}$$

$$A_1 = 0.035 \text{ mts}^2$$

Sección 2:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.16 \text{ m}$$

$$b = 0.14 \text{ m}$$

$$h = 0.50 \text{ m}$$

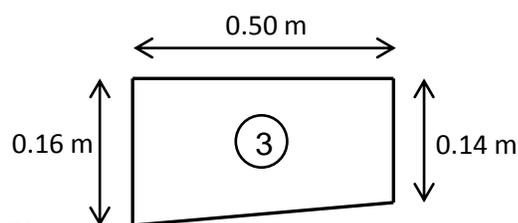
La fórmula para obtener el área es:

$$A_2 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_2 = \left(\frac{0.16 \text{ m} + 0.14 \text{ m}}{2} \right) * 0.50$$

$$A_2 = 0.075 \text{ mts}^2$$

Sección 3:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.16 \text{ m}$$

$$b = 0.14 \text{ m}$$

$$h = 0.50 \text{ m}$$

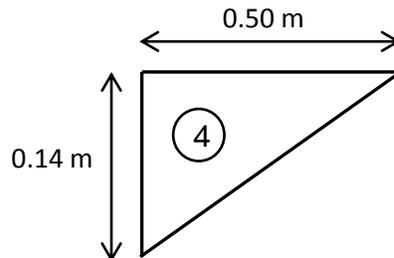
La fórmula para obtener el área es:

$$A_3 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_3 = \left(\frac{0.16 \text{ m} + 0.14 \text{ m}}{2} \right) * 0.50$$

$$A_3 = 0.075 \text{ mts}^2$$

Sección 4:



Los datos del triángulo son:

$$b = 0.50 \text{ m}$$

$$h = 0.14 \text{ m}$$

La fórmula para obtener el área es:

$$A_4 = \frac{b * h}{2}$$

$$A_4 = \frac{0.50 * 0.14}{2}$$

$$A_4 = 0.035 \text{ mts}^2$$

Tras obtener el dato de todas las áreas se procede a obtener la velocidad entre estacionamientos y con estos datos se llena la siguiente tabla:

No.	Secciones (m + cm)	Velocidad Media con molinete (m/s)	Profundidad (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)
1	0+00→0+50	0.236	0.00→0.14	0.50	0.035	0.236	0.008260
2	0+50→1+00	0.435	0.14→0.16	0.50	0.075	0.435	0.032620
3	1+00→1+50	0.487	0.16→0.14	0.50	0.075	0.487	0.036520
4	1+50→2+00	0.187	0.14→0.00	0.50	0.035	0.187	0.006545
Caudal Total (m ³ /seg.)							0.083945

Tabla No. 28: Cálculo de caudal mediante molinete. Punto "Rio Cristiani".

$$Q = 0.083945 \frac{mts^{\frac{3}{2}}}{s} * \frac{1000 lts}{1 mts^{\frac{3}{2}}} = 83.945 \frac{lts}{seg}$$

$$Q = 83.945 \frac{lts}{seg}$$

Para el aforo en el punto “La Molienda”, se ubicó el lugar donde se crearía la sección hidráulica, se tomó el ancho y se dividió entre 4 para establecer la distancia entre estacionamientos.

El ancho de la sección hidráulica fue de:

$$\text{Ancho de Sección} = 3.10 \text{ mts}$$

Los estacionamientos se definieron de la siguiente manera;

$$\text{Estacionamientos} = \frac{\text{Ancho de Sección}}{4}$$

$$\text{Estacionamientos} = \frac{3.10 \text{ mts}}{4}$$

$$\text{Estacionamientos} = 0.775 \text{ mts} \approx 0.80 \text{ mts}$$

Por la tanto se definen los estacionamientos a cada 60 centímetros. La sección se dibujó haciendo uso del programa AutoCAD 2012:

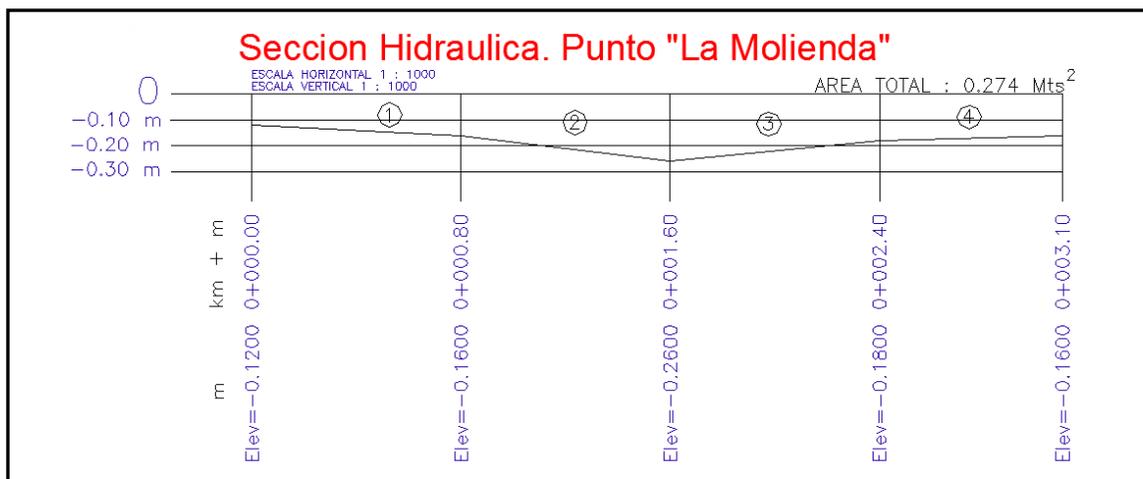
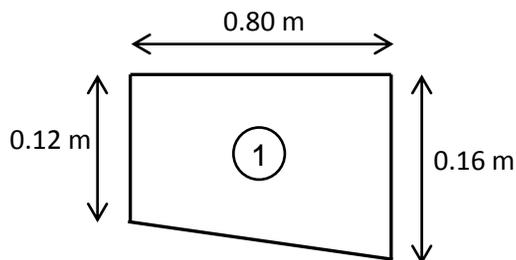


Figura No. 41: Sección Hidráulica. Punto “La Molienda”. Mes de Julio.

Sección 1:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.16 \text{ m}$$

$$b = 0.12 \text{ m}$$

$$h = 0.80 \text{ m}$$

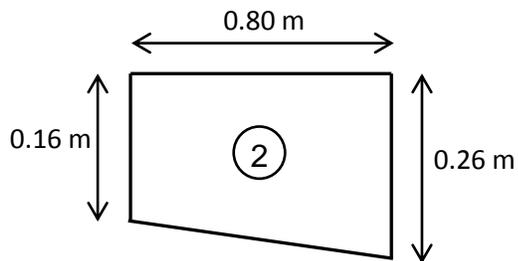
La fórmula para obtener el área es:

$$A_1 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_1 = \left(\frac{0.16 \text{ m} + 0.12 \text{ m}}{2} \right) * 0.80$$

$$A_1 = 0.112 \text{ mts}^2$$

Sección 2:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.26 \text{ m}$$

$$b = 0.16 \text{ m}$$

$$h = 0.80 \text{ m}$$

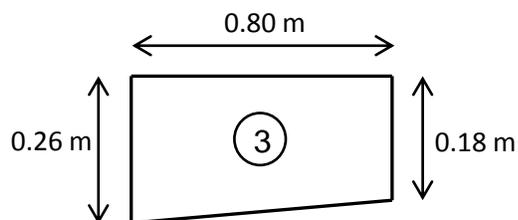
La fórmula para obtener el área es:

$$A_2 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_2 = \left(\frac{0.26 \text{ m} + 0.16 \text{ m}}{2} \right) * 0.80$$

$$A_2 = 0.168 \text{ mts}^2$$

Sección 3:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.26 \text{ m}$$

$$b = 0.18 \text{ m}$$

$$h = 0.80 \text{ m}$$

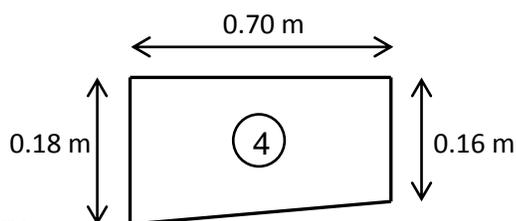
La fórmula para obtener el área es:

$$A_3 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_3 = \left(\frac{0.26 \text{ m} + 0.18 \text{ m}}{2} \right) * 0.80$$

$$A_3 = 0.176 \text{ mts}^2$$

Sección 4:



Los datos del trapecio son:

$$B = 0.18 \text{ m}$$

$$b = 0.16 \text{ m}$$

$$h = 0.70 \text{ m}$$

La fórmula para obtener el área es:

$$A_4 = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A_4 = \left(\frac{0.18 \text{ m} + 0.16 \text{ m}}{2} \right) * 0.70$$

$$A_4 = 0.119 \text{ mts}^2$$

Tras obtener el dato de todas las áreas se procede a obtener la velocidad entre estacionamientos y con estos datos se llena la siguiente tabla:

No.	Secciones (m + cm)	Velocidad Media con molinete (m/s)	Profundidad (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)
1	0+00→0+80	0.274	0.12→0.16	0.80	0.112	0.274	0.03069
2	0+80→1+60	0.358	0.16→0.26	0.80	0.168	0.358	0.06014
3	1+60→2+40	0.284	0.26→0.18	0.80	0.176	0.284	0.04998
4	2+40→3+10	0.371	0.18→0.16	0.70	0.119	0.371	0.04415
Caudal Total (m³/seg.)							0.18496

Tabla No. 29: Cálculo de caudal mediante molinete. Punto “La Molienda”.

De metros cúbicos a litros por segundo tenemos:

$$Q = 0.18496 \frac{\text{mts}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ lts}}{1 \text{ mts}^3} = 184.96 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

$$Q = 184.96 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

5.3 Tabla resumen de aforos

A manera de sintetizar los aforos que se realizaron en los 6 meses, es decir desde febrero hasta julio, se presenta a continuación una tabla donde se detalla el caudal que se obtuvo por mes, así también el método que se empleó.

No.	Mes	Punto	Método	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	Febrero	La Cascada	Velocidad-Superficie con Molinete	0.022	22.00
		Río Cristiani	Velocidad-Superficie con Molinete	0.00851	8.51
		La Molienda	Velocidad-Superficie con Molinete	0.0134	13.39
2	Marzo	La Cascada	Volumétrico	0.0144	14.44
		Río Cristiani	Volumétrico	0.0072	7.27
		La Molienda	Volumétrico	0.0096	9.65
3	Abril	La Cascada	Volumétrico	0.0077	7.72
		Río Cristiani	Volumétrico	0.0029	2.94
		La Molienda	Volumétrico	0.0004	0.442
4	Mayo	La Cascada	Velocidad-Superficie	0.0724	72.40
		Río Cristiani	Volumétrico	0.0107	10.75
		La Molienda	Velocidad-Superficie	0.0606	60.61
5	Junio	La Cascada	Velocidad-Superficie	0.2454	245.42
		Río Cristiani	Velocidad-Superficie	0.2202	220.20
		La Molienda	Velocidad-Superficie	0.6994	699.46
6	Julio	La Cascada	Velocidad-Superficie con Molinete	0.0906	90.60
		Río Cristiani	Velocidad-Superficie con Molinete	0.0839	83.94
		La Molienda	Velocidad-Superficie con Molinete	0.1849	184.96

Tabla No. 30: Tabla resumen de aforos

5.4 Variación de caudal por mes en cada punto

Para determinar la variación del caudal por mes en cada uno de los puntos en donde se realizó el aforo, se ordena la información de los caudales registrados de cada uno de los lugares, a continuación se presenta la información del punto “La cascada”.

No.	Punto	Mes	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	La Cascada	Febrero	0.022	22.00
2		Marzo	0.0144	14.44
3		Abril	0.0077	7.72
4		Mayo	0.0724	72.40
5		Junio	0.2454	245.42
6		Julio	0.0906	90.60

Tabla No. 31: Caudales registrados en el punto “La Cascada”

La variación de caudales solo se presentará en litros por segundo debido a que estas unidades son las usadas en el país El Salvador:

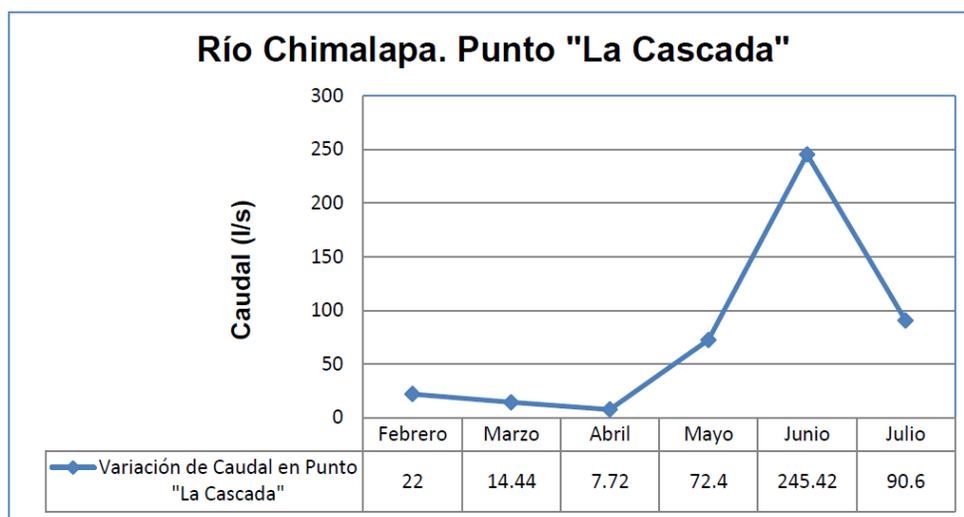


Figura No. 42: Variación de caudal por mes. Punto La Cascada

La información del punto “Río Cristiani” es la siguiente:

No.	Punto	Mes	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	Río Cristiani	Febrero	0.00851	8.51
2		Marzo	0.0072	7.27
3		Abril	0.0029	2.94
4		Mayo	0.0107	10.75
5		Junio	0.2202	220.20
6		Julio	0.0839	83.94

Tabla No. 32: Caudales registrados en el punto “Río Cristiani”.

La variación de caudales solo se presentará en litros por segundo debido a que estas unidades son las usadas en el país El Salvador:

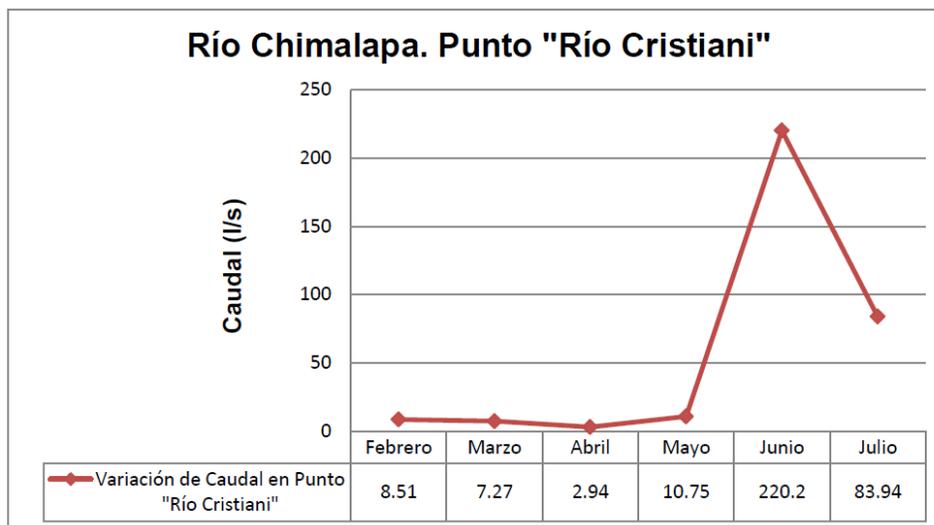


Figura No. 43: Variación de caudal por mes. Punto Río Cristiani.

La información del punto “La Molienda” es la siguiente:

No.	Punto	Mes	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	La Molienda	Febrero	0.0134	13.39
2		Marzo	0.0096	9.65
3		Abril	0.0004	0.442
4		Mayo	0.0606	60.61
5		Junio	0.6994	699.46
6		Julio	0.1849	184.96

Tabla No. 33: Caudales registrados en el punto “La Molienda”

La variación de caudales solo se presentará en litros por segundo debido a que estas unidades son las usadas en el país El Salvador:

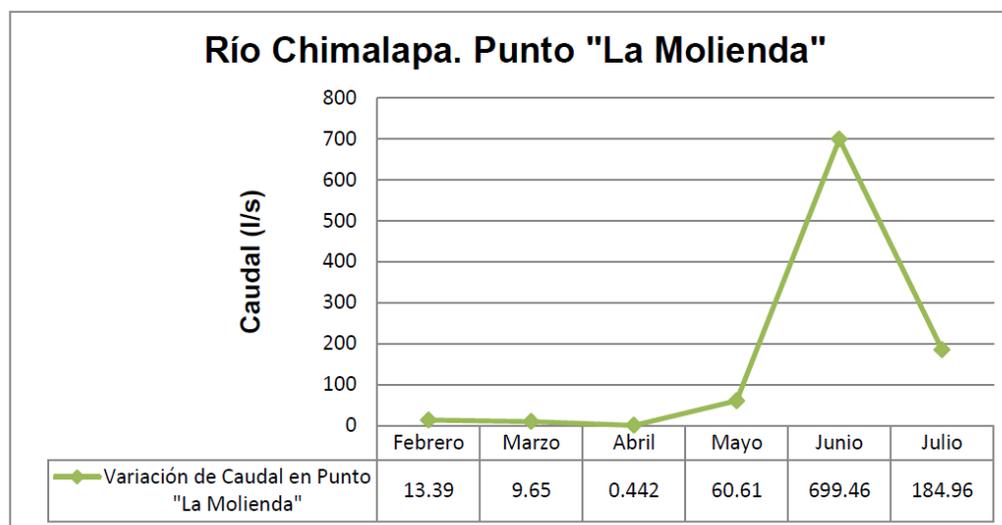


Figura No. 44: Variación de caudal por mes. Punto La Molienda

Luego de haber presentado la información de los aforos en cada uno de los puntos en donde se realizó la medición, se presentan ahora, los tres puntos en un solo gráfico para comparar cada punto en cuanto a cómo varía el caudal en los meses de febrero a julio.

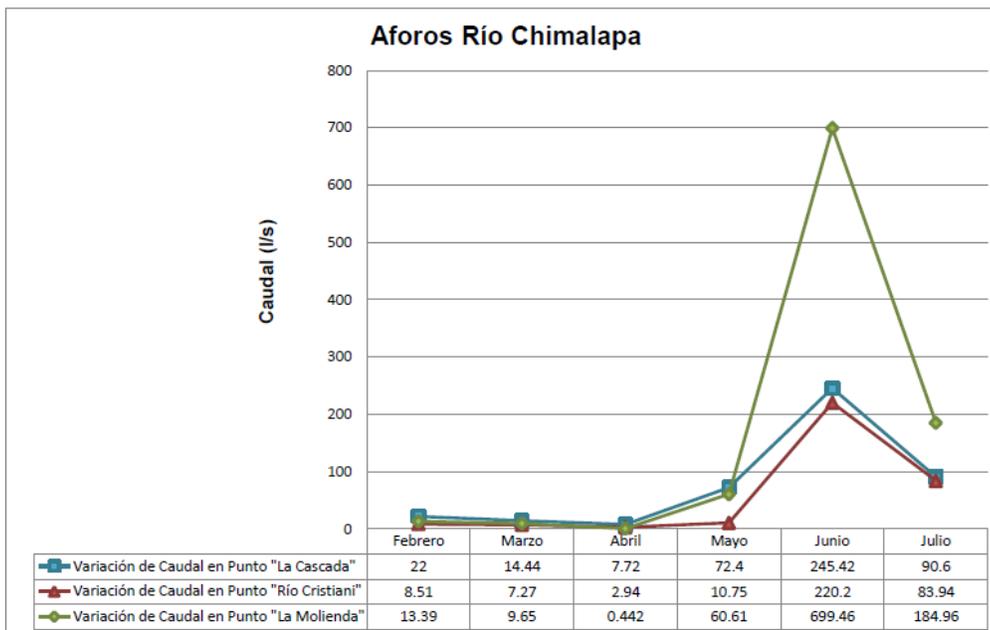


Figura No. 45: Comparación del caudal entre cada uno de los puntos de aforo.

Como lo indica el gráfico, durante los meses de febrero, marzo y abril el Río Chimalapa presenta poco caudal en cada uno de los puntos donde se aforo, el aumento de caudal se puede notar desde el mes de mayo, teniendo un notable aumento en el mes de junio esto debido a constantes lluvias que se dieron para este tiempo. El punto La Cascada y el punto Río Cristiani son los puntos que mantienen agua durante los 12 meses del año, aunque según el gráfico La Cascada presenta siempre mayor cantidad de agua que el Río Cristiani.

Por otro lado el punto La Molienda se ve afectado en los primeros meses debido a que su caudal depende de quebradas de invierno que se le unen al río luego de su nacimiento, en cambio cuando se da la época lluviosa el río presenta grandes cantidades de agua en esta zona.



Imagen No. 5: Aforo en La Molienda, Método Volumétrico.



Imagen No. 6: Aforo en La Cascada, Método Volumétrico.



Imagen No. 7: Aforo en La Molienda, Método Velocidad-Superficie.



Imagen No. 8: Aforo en Río Cristiani, Método Velocidad Superficie.

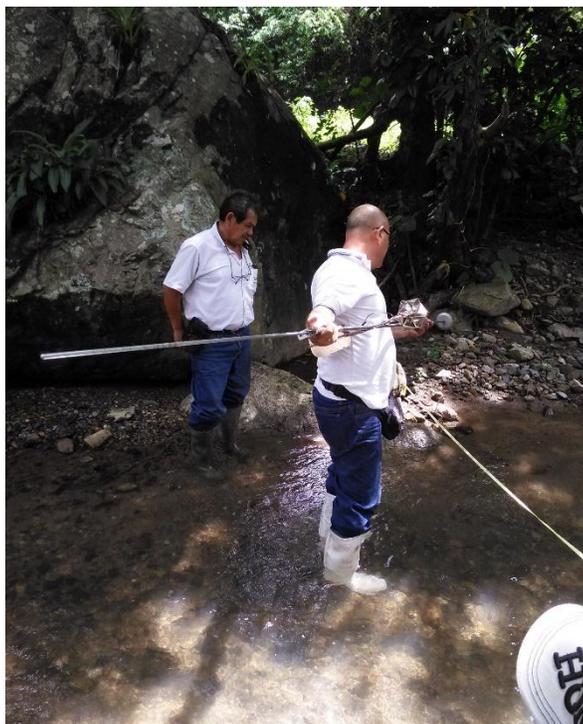


Imagen No. 9: Aforo en La Cascada, Método Velocidad-Superficie con Molinete.



Imagen No. 10: Aforo en La Molienda, Método Velocidad-Superficie con Molinete.

5.5 Análisis del agua de Río Chimalapa.

Con el fin de determinar el grado de contaminación que tiene el Río Chimalapa se realizaron pruebas físicas, químicas y bacteriológicas al agua en los mismos tres puntos donde se hicieron los aforos. Los estudios se hicieron en el laboratorio de la Universidad de El Salvador en la Facultad Multidisciplinaria de Occidente (INAGUA), la encargada de realizarlos fue la Ing. Vilma de Caballero. Los resultados fueron los siguientes.

5.5.1. Análisis del agua, punto de “La Cascada”.

- Procedencia: Río Chimalapa
- Ubicación: Punto La Cascada
- Municipio: Metapán
- Departamento: Santa Ana
- Fecha y hora de muestreo: 27 de junio de 2017, 10:15 a.m.
- Fecha de recepción: 27 de junio de 2017
- Fecha de análisis: 27 de junio de 2017
- Fecha de informe: 29 de junio de 2017
- Tomo la muestra: Luis Gerardo Benavides y Noé Enrique Leiva.

ANALISIS PRÁCTICADOS:

Determinación Físico-Química	Unidades	Método	Resultados	NSO 13.07.01:08
Temperatura	°C	Termómetro Análogo	20	No rechazable
pH	--	Potenciométrico	7.59	6.0 – 8.5
Turbidez	FTU o NTU	Absortométrico	5	5
Sólidos suspendidos totales	mg/l	Gravimétrico	3	1,000
Determinación Bacteriológica	Unidades	Método	Resultados	NSO 13.07.01:08
Coliformes totales	UFC/ 100 ml	Membrana filtrante	15,800	0
E. Coli	UFC/ 100 ml	Membrana filtrante	100	0

Tabla No. 34: Análisis del agua del punto La Cascada.

5.5.2. Análisis del agua, punto “Río Cristiani”.

- Procedencia: Río Chimalapa
- Ubicación: Punto Río Cristiani
- Municipio: Metapán
- Departamento: Santa Ana
- Fecha y hora de muestreo: 27 de junio de 2017, 9:45 a.m.
- Fecha de recepción: 27 de junio de 2017
- Fecha de análisis: 27 de junio de 2017
- Fecha de informe: 29 de junio de 2017
- Tomo la muestra: Luis Gerardo Benavides y Noé Enrique Leiva.

ANALISIS PRÁCTICADOS:

Determinación Físico-Química	Unidades	Método	Resultados	NSO 13.07.01:08
Temperatura	°C	Termómetro Análogo	19	No rechazable
pH	--	Potenciométrico	7.60	6.0 – 8.5
Turbidez	FTU o NTU	Absortométrico	13	5
Sólidos suspendidos totales	mg/l	Gravimétrico	8	1,000
Determinación Bacteriológica	Unidades	Método	Resultados	NSO 13.07.01:08
Coliformes totales	UFC/ 100 ml	Membrana filtrante	17,900	0
E. Coli	UFC/ 100 ml	Membrana filtrante	0	0

Tabla No. 35: Análisis del agua del punto Río Cristiani.

5.5.3. Análisis del agua, punto “La Molienda”.

- Procedencia: Río Chimalapa
- Ubicación: Punto La Molienda
- Municipio: Metapán
- Departamento: Santa Ana
- Fecha y hora de muestreo: 27 de junio de 2017, 11:00 a.m.
- Fecha de recepción: 27 de junio de 2017
- Fecha de análisis: 27 de junio de 2017
- Fecha de informe: 29 de junio de 2017
- Tomo la muestra: Luis Gerardo Benavides y Noé Enrique Leiva.

ANALISIS PRÁCTICADOS:

Determinación Físico-Química	Unidades	Método	Resultados	NSO 13.07.01:08
Temperatura	°C	Termómetro Análogo	22	No rechazable
pH	--	Potenciométrico	7.81	6.0 – 8.5
Turbidez	FTU o NTU	Absortométrico	8	5
Sólidos suspendidos totales	mg/l	Gravimétrico	7	1,000
Determinación Bacteriológica	Unidades	Método	Resultados	NSO 13.07.01:08
Coliformes totales	UFC/ 100 ml	Membrana filtrante	36,100	0
E. Coli	UFC/ 100 ml	Membrana filtrante	300	0

Tabla No. 36: Análisis del agua del punto La Molienda.

Como resumen de los análisis tenemos que el punto con menos bacterias es el del río que proviene de los Cristiani debido a que dio como resultado cero contaminaciones de E.Coli; le sigue con menos contaminación el punto de La Cascada aunque este punto si presenta bacterias fecales debido a los establos que se encuentran en sus linderos y por ultimo tenemos el punto de La Molienda, que debido a todas las actividades que los habitantes río arriba están realizando lo convierte en el punto más contaminado de los analizados.



Imagen No. 11: Toma de muestra de agua en punto Río Cristiani.



Imagen No. 12: Medición de temperatura con termómetro análogo.



Imagen No. 13: Toma de muestra de agua en punto La Molienda.



Imagen No. 14: Muestras preparadas y etiquetadas para ser analizadas.

CAPITULO VI: DIAGNOSTICO AMBIENTAL

6.1. Título y autores

“DIAGNOSTICO AMBIENTAL SOBRE LAS ACTIVIDADES QUE AFECTAN AL RIO CHIMALAPA EN EL MUNICIPIO DE METAPÁN, SANTA ANA, EL SALVADOR.”

Autores:

- Luis Gerardo Benavides Espinoza.
- Noé Enrique Leiva Soto.

6.2. Resumen Ejecutivo

En el municipio de Metapán de Santa Ana, El Salvador el río Chimalapa es un afluente del río San José y por tanto de la cuenca San José y esta a su vez a la sub cuenca laguna de Metapán, el río Chimalapa tiene como afluentes tres quebradas las cuales son: Del Cerrón, El tigre y de los Hornos, el río Chimalapa nace en la zona norte del cantón el panal, recorre todo el cantón hasta rodear al casco urbano del municipio de Metapán, para luego desembocar en el río San José en el costado poniente del casco urbano del municipio de Metapán. Tiene una longitud de 9.24 Km, con quebradas afluentes con las siguientes longitudes: Del Cerrón 1.83 Km, El tigre 5.91 y de los Hornos 4.28 Km. (Ganadería. M. d., 2012, págs. 49-52)

En la zona alta del río Chimalapa (zona norte, Cantón El Limo) se encuentran sitios turísticos como el Hostal El Carmen, Hostal Villa Limón e iglesia Salem de paz de la asamblea de Dios y zonas utilizadas en agricultura y ganadería.

El río tiene una extensión considerable, hace su aporte directamente al río principal de Metapán, y es por ello que la municipalidad está interesada en indagar los usos o causas que están haciendo que el río tenga una disminución de su caudal, el cual desde hace unos años atrás se está viendo afectado en diferentes aspectos ambientales, los cuales afectan la sostenibilidad ambiental del entorno.

6.3. Descripción de las actividades sujetas a diagnóstico.

Entre las actividades que se presentan en el entorno evaluado son muy diversas y presentan algún grado de impacto a los componentes o aspectos ambientales presentes en la zona, para un mejor análisis se presenta la siguiente tabla, en la cual se enumeran de manera ordenada las actividades elegidas por el grupo evaluador:

ACTIVIDADES SUJETAS A DIAGNOSTICO		
N°	Nombre Clave	Descripcion General de la acción o actividad
1	Turismo	La zona alta de la cuenca Limo-Chimalapa es una zona altamente turistica, donde se poseen distintas actividades a realizar por parte de los visitantes.
2	Agricultura	En particular la zona media y baja de la cuenca Limo-Chimalapa tiene una gran afluencia de siembras de diversos pastizales y granos basicos.
3	Ganaderia	Es una actividad realizada practicamente a lo largo de toda la cuenca y cen proximidades del Río y/o dentro de el, predomina el ganado vacuno.
4	Extraccion de Agua	Es una actividad realizada practicamente a lo largo de todo el Río, siendo extracciones con poliducto de diferentes medidas de diametro.
5	Extraccion de Piedra y Arena	Actividad presentada en la zona baja de la cuenca, en proximidad con la desembocadura al Río San José, se realiza de manera manual.

Tabla No. 37: Actividades sujetas a Diagnostico.

6.4. Descripción de los aspectos ambientales afectados directamente por la actividad.

Los aspectos ambientales que se pueden encontrar en la cuenca como tal, son extensos y muy diversos, por lo cual el equipo evaluador decide presentar los siguientes grupos para hacerlo de una manera general y no en forma de un estudio de Bio-diversidad, para lo cual se presenta la siguiente tabla:

ASPECTOS AMBIENTALES POTENCIALMENTE IMPACTADOS.		
N°	Nombre Clave	Descripcion general de la acción o actividad
1	Fauna Acuatica	La fauna acuatica es uno de los aspectos mas impactados en cuanto a vida silvestre nativa de la zona, se puede evidenciar una falta de especies acuaticas en el Rio.
2	Fauna Terrestre y aerea.	Es un aspecto que depende de la zona de la cuenca asi esta siendo impactado, benediciando en unos puntos la existencia de mas especies a lo largo del Rio.
3	Flora	Se incluyen todo los tipos de arboles, flores, plantas, helechos existentes en lo largo del rio y existentes en la cuenca Limo-Chimalapa.
4	Tierra	Aspecto muy dañado debido al uso diverso y distinto en toda la cuenca Limo-Chimalapa, pudiendo observar desde suelos organicos (cuanca alta), hasta suelos arcillos y calizos (cuanca baja).
5	Rio	Principal y mas importante aspecto ambiental a evaluar, posee una Longitud de mas de nueve kilometros y atraviesa cuatro cantones en el Municipio de Metapan.
6	Poblacion	Enfatizando en toda la cuenca Limo-Chimalapa, las viviendas cercanas o aledañas al Rio.
7	Paisaje	Aspecto Ambiental altamente observable principalmente en la cuenca alta, aunque siendo obeservable tambien en la cuencas media y baja.

Tabla No. 38: Aspectos Ambientales potencialmente impactados.

6.5. Identificación, priorización y cuantificación de los impactos negativos cuya causa directa depende de la actividad.

Para ello se presenta la siguiente matriz, en la cual las filas corresponden a los aspectos ambientales y las columnas a las acciones o actividades sujetas al Diagnóstico. Los números observados en la relación columna/fila corresponden al orden ascendente de si se encuentra una interacción directa de causa/efecto entre las actividades sujetas al Diagnóstico y a los aspectos ambientales, para luego hacer una mejor descripción de cada impacto directo (Evaluación de Impacto Ambiental: Metodología y alcances- El Método de MEL-ENEL, Manuel E. López, 2012, pág. 42).

INTERACCION CAUSA/EFEECTO	Turismo	Agricultura	Ganaderia	Extraccion de agua	Extraccion de Piedra y Arena
Fauna Acuatica	1	6	12	19	25
Fauna Terrestre y aerea.	2	7	13	20	
Flora	3	8	14	21	
Tierra		9	15		26
Rio	4	10	16	22	27
Poblacion		11	17	23	
Paisaje	5		18	24	28

Tabla No. 39: Matriz de interacción causa/efecto.

6.5.1. Método de MEL-ENEL.

Las tablas anteriormente mostradas corresponden a un análisis general de las actividades y aspectos ambiental de la zona, así como también la matriz de interacción causa/efecto, ambos aspectos corresponden en si al Método de MEL-ENEL, cabe aclarar que el equipo evaluador presenta en la matriz de interacciones causa/efecto las interacciones positivas a pesar de que estas puedan ser mínimas, por lo que y según el autor del método MEL-ENEL recomienda que para un DA (Diagnóstico Ambiental) solo se tomen en cuenta los impactos directos negativos (Evaluación de Impacto Ambiental: Metodología y alcances- El Método de MEL-ENEL, Manuel E. López, 2012, pág. 43) Como siguiente paso se presenta cada acción identificando al menos tres posibles impactos indirectos a partir del impacto directo observado. Para identificar y reconocer los nombres claves se tiene:

- Tu-FA: Turismo-Fauna Acuática.
- Tu-FTA: Turismo-Fauna terrestre y Aérea.
- Tu-Flo: Turismo-Flora.
- Tu-Ri: Turismo-Río.
- Tu-Pa: Turismo-Población.
- Ag-FA: Agricultura-Fauna Acuática.
- Ag-FTA: Agricultura-Fauna Terrestre y Aérea.
- Ag-Flo: Agricultura-Flora.
- Ag-Tie: Agricultura-Tierra.
- Ag-Ri: Agricultura-Río.
- Ga-FA: Ganadería-Fauna Acuática.
- Ga-FTA: Ganadería-Fauna Terrestre y Aérea
- Ga-Flo: Ganadería-Flora.
- Ga-Tie: Ganadería-Tierra.
- Ga-Pa: Ganadería-Paisaje.
- Ga-Ri: Ganadería-Río.
- EA-FA: Extracción de Agua-Fauna Acuática.

- EA-FTA: Extracción de Agua-Fauna Terrestre y Aérea.
- EA-Flo: Extracción de Agua-Flora.
- EA-Ri: Extracción de Agua-Río.
- EA-Pa: Extracción de Agua-Paisaje.
- EPA-FA: Extracción de Piedra y Arena-Fauna Acuática.
- EPA-Tie: Extracción de Piedra y Arena-Tierra
- EPA-Ri: Extracción de Piedra y Arena-Río.
- EPA-Pa: Extracción de Piedra y Arena-Paisaje.

Actividad: Turismo			
Ref.	Nombre Clave	Descr. Impactos Directos	Descr. Impactos Indirectos
1	Tu-FA	Contaminacion con Desechos solidos.	Basura acumulada en los bordes del rio, Eliminacion de cangrejos, Falta de desarrollo de los huevos de los pocos peces existentes.
2	Tu-FTA	Contaminacion con Desechos solidos.	Aves y animales terrestres intoxicados por ingesta de basura, Al no existir peces ciertas especies de aves no tiene alimento.
3	Tu-Flo	Actividades Variadas según el tipo de Turista.	Disposicion inadecuada de la basura, Corta y tala de arboles y plantas, Irrespeto de la vide silvestre nativa de la zona.
4	Tu-Ri	Actividades Variadas según el tipo de Turista.	Basura acumulada en los bordes del Rio, Cambio de sentido del Rio por creacion de presas para pozas.
5	Tu-Pa	Contaminacion con Desechos solidos.	Al estar en mal disposicion la basura, esto hace que no sea agradable a la vista, Control inadecuado de los turistas.

Tabla No. 40: Interacción de la Actividad Turismo.

Actividad: Agricultura			
Ref.	Nombre Clave	Descr. Impactos Directos	Descr. Impactos Indirectos
6	Ag-FA	Necesidad de Agua para Regar las siembras.	Extraccion inadecuada de Agua para la siembra, Disposicion de pesticidas al rio,.
7	Ag-FTA	Ubicación de Siembras.	Se tiene necesidad de establecer las siembras cerca del rio, dañando el ecosistema original de muchas especies terrestres y aves.
8	Ag-Flo	Ubicación de Siembras.	Se tiene la necesidad de talar varios arboles según el tipo de cultivo que se tenga, Utilizacion de pesticidas dañinos para ciertas especies originarias.
9	Ag-Tie	Preparacion del Terreno.	Quema del terreno para preparacion, Utilizacion de Pesticidas.
10	Ag-Ri	Extraccion inadecuada de Agua.	Mala disposicion de las mangueras extractoras, Disposicion de pesticidas al Rio, Cambio de cauce al Rio.

Tabla No. 41: Interacción de la Actividad Agricultura.

Actividad: Ganaderia			
Ref.	Nombre Clave	Descr. Impactos Directos	Descr. Impactos Indirectos
12	Ga-FA	Construccion de Establos.	Disposicion de aguas utilizadas para la limpieza de establos, Lugar de construccion de los establos, Contaminacion con heces.
13	Ga-FTA	Construccion de Establos.	Tala de arboles dejando sin ecosistema a ciertas especies.
14	Ga-Flo	Construccion de Establos.	Tala de arboles y plantas dejando asi un espacio vacio tanto para especies nativas como para nuevas especies.
15	Ga-Tie	Disposicion del Ganado.	Lugar de descanso inadecuados, Mala disposicion de heces y orinas al suelo.
16	Ga-Ri	Disposicion del Ganado.	Deposito de heces y orinas al Rio, Necesidad de bebida para el ganado.
18	Ga-Pa	Construccion de Establos.	Lugares inapropiados donde han sido contruidos los establos, Mal cuidado de los animales por parte de los dueños.

Tabla No. 42: Interacción de la Actividad Ganadería.

Actividad: Extraccion de Agua			
Ref.	Nombre Clave	Descr. Impactos Directos	Descr. Impactos Indirectos
19	EA-FA	Forma de Extraccion.	Disminucion por mala forma de extraccion, a diferentes especies (como renacuajos), Disminucion de caudal.
20	EA-FTA	Forma de Extraccion.	Disminucion de Caudal; por ende disminucion de agua para las diversas especies.
21	EA-Flo	Forma de Extraccion.	Corta y tala de ciertas especies de arboles y plantas cerca de la zona en donde se coloca las tuberias de poliducto.
22	EA-Ri	Forma de Extraccion.	Disminucion de Caudal, desechos solidos por los materiales utilizados para la extraccion.
24	EA-Pa	Forma de Extraccion.	Disposicion de varias mangueras unidas a la vez por cables o lazos, visualizando un tipo de desorden en la zona (principalmente en cuanca alta)

Tabla No. 43: Interacción de la Actividad Extracción de Agua.

Actividad: Extraccion de Piedra y Arena			
Ref.	Nombre Clave	Descr. Impactos Directos	Descr. Impactos Indirectos
25	EPA-FA	Forma de Extraccion.	Eliminacion de ecosistemas para diferentes especies, Ambiente afectado con solidos suspendidos.
26	EPA-Tie	Forma de Extraccion.	Modificacion del relieve del Rio, Erosion.
27	EPA-Ri	Forma de Extraccion.	Modificacion del relieve del Rio, Modificacion del cauce del Rio.
28	EPA-Pa	Apilamiento.	Disposicion de la arena y piedra en las orillas del Rio de manera desordena, Cambio en la forma de la Hidraulica del Rio.

Tabla No. 44: Interacción de la Actividad Extracción de Piedra y Arena.

Nota: Solo se consideraron los Impactos negativos Directos y a consecuencia de estos Impactos negativos, los Impactos negativos Indirectos de cada Actividad.

A continuación se ocupa el criterio de agrupación el factor ambiental impactado según el Método MEL-ENEL, para la caracterización de Impactos Genéricos. Para la siguiente etapa, el equipo evaluador tiene que estar consiente en que en todo Diagnóstico Ambiental existirán limitaciones, por lo cual se debe de hacer una evaluación de la significancia ambiental, tomando los siguientes criterios (Evaluación de Impacto Ambiental: Metodología y alcances- El Método de MEL-ENEL, Manuel E. López, 2012, pág. 48):

Impacto Generico	Signo	N° de Referencia	Descripción
Contaminacion con Desechos solidos.	Neg.	1,2,5	Basura acumulada en los bordes del rio, Eliminacion de cangrejos, Falta de desarrollo de los huevos de los pocos peces existentes, Al estar en mal disposicion la basura, esto hace que no sea agradable a la vista, Control inadecuado de los turistas.
Actividades Variadas según el tipo de Turista.	Neg.	3,4	Disposicion inadecuada de la basura, Corta y tala de arboles y plantas, Irrespeto de la vide silvestre nativa de la zona, Basura acumulada en los bordes del Rio, Cambio de sentido del Rio por creacion de presas para pozas.
Ubicación de Siembras.	Neg.	6,7,8,9	Se tiene necesidad de establecer las siembras cerca del rio, dañando el ecosistema original de muchas especies terrestres y aves, Se tiene la necesidad de talar varios arboles según el tipo de cultivo que se tenga, Utilizacion de pesticidas dañinos para ciertas especies originarias.
Extraccion inadecuada de Agua.	Neg.	10,19,20,21,22,24	Extraccion inadecuada de Agua para la siembra, Disposicion de pesticidas al rio, Disposicion de varias mangueras unidas a la vez por cables o lazos, visualizando un tipo de desorden en la zona (principalmente en cuanca alta), Disminucion por mala forma de extraccion, a diferentes especies (como renacuajios), Disminucion de caudal.
Construccion de Establos.	Neg.	12,13,14	Tala de arboles dejando sin ecosistema a ciertas especies, Tala de arboles y plantas dejando asi un espacio vacio tanto para especies nativas como para nuevas especies, Disposicion de aguas utilizadas para la limpieza de establos, Lugar de construccion de los establos, Contaminacion con heces.
Disposicion del Ganado.	Neg.	15,16,18	Lugar de descanso inadecuados, Mala disposicion de heces y orinas al suelo, Deposito de heces y orinas al Rio, Necesidad de bebida para el ganado,.
Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena	Neg.	25,26,27,28	Modificacion del relieve del Rio, Erosion, Disposicion de la arena y piedra en las orillas del Rio de manera desordena, Cambio en la forma de la Hidraulica del Rio.

Tabla No. 45: Impactos Genéricos.

- **Magnitud:** Referida a la escala o intensidad del Impacto.
- **Importancia:** Valoración cualitativa que se establece por consenso evaluador para cada uno de los factores ambientales impactados (Impactos Genéricos).
- **Extensión:** Área Geográfica, en el caso particular de este Diagnóstico Ambiental se basa en Cuenca Alta, Media y Baja.
- **Duración:** Tiempo o permanencia del Impacto.
- **Reversibilidad:** Capacidad de retornar a su calidad ambiental original una vez la fuente que perjudica sea eliminada.

En el siguiente cuadro se muestran los Impactos Genéricos con cada uno de los aspectos anteriormente mencionados y su valoración a la relevancia del Impacto, en el caso de “B” corresponde a bajo, “M” a moderado, y “A” a alto.

Impacto Generico	Magnitud	Importancia	Extension	Duracion	Reversibilidad
Contaminacion con Desechos solidos.	La magnitud de la contaminacion dependera de la cantidad de turistas y la cultura de la poblacion. (M)	Al estar contaminado el rio con desechos solidos perjudica bastante la vida silvestre y paisaje. (A)	La contaminacion de este tipo se da en la extension total del Rio (9.24 km) y sus orillas. (M)	Los contaminantes duran hasta que ciertas personas y/o responsables disponen de una mejor manera los desechos. (B)	Se deberia de eliminar cualquier tipo de fuente generadora de Desechos. (M)
Actividades Variadas según el tipo de Turista.	Las actividades varían desde caminatas, hasta rapel y canopy. La falta de conciencia de estos es el problema. (B)	Al ser una mayor afluencia en días festivos, los turistas representan una baja importancia. (B)	La Cuenca Alta, con hostales turisticos. (B)	Al ser una mayor afluencia en días festivos, los turistas representan una baja importancia. (B)	Al tener un mayor grado de conciencia se puede eliminar cualquier perjuicio. (B)
Ubicación de Siembras.	Desde la cuenca alta hasta la cuenca baja se encuentran diversos tipos de cultivos. (A)	La importancia radica en saber ubicar las siembras para tener un ambiente en armonia con el medio ambiente. (M)	En la Cuenca en general, a lo largo del Rio y a las orillas. (A)	La duracion depende del tiempo en que tarde el tipo de cultivo. (M)	Al eliminar las siembras el suelo siempre queda dañado, puede propiciar a una lenta recuperacion. (M)
Extraccion inadecuada de Agua.	Se pueden observar dos bocatomas considerablemente grandes para el caudal que aporta el rio. (A)	El rio es la principal fuente de abastecimiento de agua para casi todas las actividades que se realizan en la cuenca. (A)	A lo largo de todo el Rio, en sus 9.24 km, a pesar que en epoca seca ciertas partes no poseen caudal alguno. (A)	Todo el año, tanto en epoca seca como en epoca de lluviosa. (A)	Al eliminar las extracciones, la cuenca baja podria estar nuevamente abastecida con agua. (M)
Construccion de Establos.	Toda la cuenca presenta establos a lo largo del rio, desde pequeños hasta grande establos. (A)	Al no tener conciencia de la manera de como construir el lugar, se vuelve un problema. (M)	Mayoritariamente en la cuenca media y baja. (M)	La actividad ganadera dura todo el año. (A)	Al darles una mejor adecuacion se podria recuperar varios aspectos fisicos, quimicos y biologicos que ha perdido la calidad del agua del rio. (A)
Disposicion del Ganado.	Las familias que cuentan con ganado, son en su mayoría con pocas "cabezas". (B)	Al no tener control del ganado (lugar donde comen y descansan) crean una fuente de transmision de desechos biologicos al rio. (A)	Esta actividad se hace en los establos y mayoritariamente en la cuenca media y baja. (M)	La actividad ganadera dura todo el año. (A)	Al darles una mejor adecuacion se podria recuperar varios aspectos fisicos, quimicos y biologicos que ha perdido la calidad del agua del rio. (M)
Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena	No se tiene un control exacto de la cantidad de material que se extrae. (M)	La importancia de este impacto radica en que se destruye el relieve orinal del rio causando modificaciones en la hidraulica del rio, pudiendo causar erosiones. (A)	La actividad se da en la zona baja del rio (cuenca baja, cercanias en la desembocadura del rio San José). (B)	La mayoría de veces se extrae arena y piedras en ciertos periodos. (B)	Al mejorar esta actividad el rio no recupera facilmente su relieve, siendo recursos no renovables. (A)

Tabla No. 46: Relevancia de Impactos Genéricos.

El paso siguiente es la elaboración de la matriz para establecer el “coeficiente de significancia relativa” CSR, lo cual se utiliza una matriz evaluando “todos contra todos”

	Contaminacion con Desechos solidos.	Actividades Variadas según el tipo de Turista.	Ubicación de Siembras.	Extraccion inadecuada de Agua.	Construccion de Establos.	Disposicion del Ganado.	Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena
Contaminacion con Desechos solidos.							
Actividades Variadas según el tipo de Turista.							
Ubicación de Siembras.							
Extraccion inadecuada de Agua.							
Construccion de Establos.							
Disposicion del Ganado.							
Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena							

Tabla No. 47: Tabla para encontrar el CSR.

Para una mejor interpretación de los datos, se le asignara letras del alfabeto a cada uno de los impactos genéricos, como se muestra:

Contaminacion con Desechos solidos.	A
Actividades Variadas según el tipo de Turista.	B
Ubicación de Siembras.	C
Extraccion inadecuada de Agua.	D
Construccion de Establos.	E
Disposicion del Ganado.	F
Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena	G

Tabla No. 48: Asignación de letras a los impactos genéricos.

Paso siguiente se procede a evaluar “todos contra todos”. Por lo que el método propone la distribución de 100 puntos entre cada uno de los dos impactos genéricos a evaluar. Para lo que tenemos:

Características	A	B
Magnitud	60	40
Importancia	50	50
Extension	70	30
Duracion	70	30
Reversibilidad	50	50

Características	A	C
Magnitud	70	30
Importancia	50	50
Extension	40	60
Duracion	50	50
Reversibilidad	70	30

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

Características	A	D
Magnitud	50	50
Importancia	40	60
Extension	30	70
Duracion	50	50
Reversibilidad	50	50

Características	A	E
Magnitud	50	50
Importancia	50	50
Extension	30	70
Duracion	30	70
Reversibilidad	50	50

Características	A	F
Magnitud	40	60
Importancia	40	60
Extension	40	60
Duracion	50	50
Reversibilidad	70	30

Características	A	G
Magnitud	70	30
Importancia	70	30
Extension	60	40
Duracion	60	40
Reversibilidad	80	20

Características	B	C
Magnitud	30	70
Importancia	30	70
Extension	20	80
Duracion	20	80
Reversibilidad	80	20

Características	B	D
Magnitud	30	70
Importancia	30	70
Extension	20	80
Duracion	30	70
Reversibilidad	50	50

Características	B	E
Magnitud	40	60
Importancia	40	60
Extension	30	70
Duracion	20	80
Reversibilidad	80	20

Características	B	F
Magnitud	30	70
Importancia	30	70
Extension	20	80
Duracion	20	80
Reversibilidad	80	20

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

Características	B	G
Magnitud	60	40
Importancia	50	50
Extension	70	30
Duracion	50	50
Reversibilidad	90	10

Características	C	D
Magnitud	50	50
Importancia	50	50
Extension	40	60
Duracion	50	50
Reversibilidad	20	80

Características	C	E
Magnitud	50	50
Importancia	40	60
Extension	50	50
Duracion	50	50
Reversibilidad	50	50

Características	C	F
Magnitud	50	50
Importancia	40	60
Extension	50	50
Duracion	50	50
Reversibilidad	60	40

Características	C	G
Magnitud	80	20
Importancia	60	40
Extension	90	10
Duracion	80	20
Reversibilidad	90	10

Características	D	E
Magnitud	60	40
Importancia	70	30
Extension	60	40
Duracion	50	50
Reversibilidad	60	40

Características	D	F
Magnitud	60	40
Importancia	50	50
Extension	50	50
Duracion	50	50
Reversibilidad	70	30

Características	D	G
Magnitud	80	20
Importancia	80	20
Extension	90	10
Duracion	70	30
Reversibilidad	90	10

Características	E	F
Magnitud	50	50
Importancia	50	50
Extension	50	50
Duracion	50	50
Reversibilidad	40	60

Características	E	G
Magnitud	60	40
Importancia	60	40
Extension	70	30
Duracion	60	40
Reversibilidad	80	20

Características	F	G
Magnitud	50	50
Importancia	50	50
Extension	70	30
Duracion	60	40
Reversibilidad	80	20

Tabla No. 49: Evaluación y comparación de impactos contra ellos mismos.

Las tablas anteriores son el resumen de evaluar y comparar todos los impactos genéricos contra ellos mismos, basados en 100 puntos y atribuyéndoles así un valor según los evaluadores. La fórmula que se utiliza para encontrar el CSR es la siguiente:

$$CSR = \sum \text{características} / 500$$

Nótese que el valor de 500 ya está establecido debido a que MEL-ENEL solo da a evaluar cinco características basadas en 100 puntos cada una (100x5=500)

Para lo consiguiente se puede completar la matriz de CSR con cada valor encontrado. En el caso particular quedando:

	Contaminacion con Desechos solidos.	Actividades Variadas según el tipo de Turista.	Ubicación de Siembras.	Extraccion inadecuada de Agua.	Construccion de Establos.	Disposicion del Ganado.	Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena
Contaminacion con Desechos solidos.		0.60	0.56	0.44	0.42	0.48	0.68
Actividades Variadas según el tipo de Turista.	0.40		0.36	0.32	0.42	0.36	0.64
Ubicación de Siembras.	0.44	0.64		0.42	0.48	0.50	0.80
Extraccion inadecuada de Agua.	0.56	0.68	0.58		0.60	0.56	0.82
Construccion de Establos.	0.58	0.58	0.52	0.40		0.48	0.66
Disposicion del Ganado.	0.52	0.64	0.50	0.44	0.52		0.62
Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena	0.32	0.36	0.20	0.18	0.34	0.38	

Tabla No. 50: Tabla con los valores encontrados de CSR.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

Para el cálculo de los coeficientes de significancia relativa totales de cada impacto genérico se tiene que sumar todos los valores de la fila y colocarlos en la casilla denominada SUM, luego se suman todos estos valores y se obtiene un nuevo número (en el caso particular de este diagnóstico es de 21.00 luego se encuentra el CSR normalizado, para lo que cada valor encontrado en la suma de cada fila se divide entre el valor de 21.00, para ello se obtuvo la siguiente matriz:

	Contaminacion con Desechos solidos.	Actividades Variadas según el tipo de Turista.	Ubicación de Siembras.	Extraccion inadecuada de Agua.	Construccion de Establos.	Disposicion del Ganado.	Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena	SUM	CSR
Contaminacion con Desechos solidos.		0.60	0.56	0.44	0.42	0.48	0.68	3.18	0.15
Actividades Variadas según el tipo de Turista.	0.40		0.36	0.32	0.42	0.36	0.64	2.50	0.12
Ubicación de Siembras.	0.44	0.64		0.42	0.48	0.50	0.80	3.28	0.16
Extraccion inadecuada de Agua.	0.56	0.68	0.58		0.60	0.56	0.82	3.80	0.18
Construccion de Establos.	0.58	0.58	0.52	0.40		0.48	0.66	3.22	0.15
Disposicion del Ganado.	0.52	0.64	0.50	0.44	0.52		0.62	3.24	0.15
Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena	0.32	0.36	0.20	0.18	0.34	0.38		1.78	0.08
								21.00	1.00

Tabla No. 51: Tabla con los valores encontrados de CSR normalizados.

Luego por regla de 3 se establece que el valor más alto de CSR normalizado será el 100% y de allí se realiza la jerarquización de niveles de significancia, para el correspondiente diagnóstico no se procede a eliminar ningún impacto puesto que ninguno tiene un valor menor del 40% y se tendrán que mitigar todos, como se muestra:

IMPACTOS	DESCRIPCION	SIGNIFICANCIA (%)
NIVEL I	Extraccion inadecuada de Agua.	100.00
NIVEL II	Ubicación de Siembras.	86.32
	Disposicion del Ganado.	85.26
	Construccion de Establos.	84.74
	Contaminacion con Desechos solidos.	83.68
NIVEL III	Actividades Variadas según el tipo de Turista.	65.79
NIVEL IV	Forma de Extraccion y Apilamiento de Piedra y Arena	46.84

Tabla No. 52: Tabla con la jerarquización por niveles de impacto y sus correspondientes porcentaje de significancia.

6.6. **Determinación de las medidas de mitigación adecuadas para cada impacto.**

Luego de haber identificado los medios afectados y los efectos causados al ambiente producto de las actividades que predominan en la zona, se vuelve necesario proponer medidas que ayuden a reducir el impacto causado al ambiente por estas. Las siguientes medidas de mitigación contra los efectos son, para los autores del diagnóstico, las medidas más inmediatas que se pueden implementar para comenzar a contrarrestar los impactos. Sin embargo, se aclara que no son las únicas medidas que se podrían tomar.

6.6.1. Para la extracción inadecuada del Agua se propone lo siguiente:

La creación de una Ordenanza interna que el titular del proyecto en este caso la Alcaldía Municipal de Metapán deberá elaborar con la participación de los diferentes Ministerios encargados, en este caso puede ser el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Dicho reglamento se propone llamarse: “ORDENANZA PARA LA ADECUADA UTILIZACION Y REGULACION, DE LOS CUERPOS DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE METAPAN”

La finalidad de la ordenanza será llevar un monitoreo de las extracciones de agua que se dan tanto en época seca, como en época lluviosa, y hacer cumplir municipalmente lo que se establece en el reglamento y la ley de Riego y Avenamiento. A través de visitas mensuales a las propiedades de mayor extensión territorial o las de mayor porcentaje de ganado; incluyendo también la inspección a los centros turísticos cercanos en la zona de la cuenca alta.

La Ordenanza deberá contener mecanismos de evaluación mensual de las propiedades que utilicen el recurso, sean estas zonas de cultivo, de ganadería, recreación turística o viviendas; haciendo mediciones de caudal pertinentes para tener un mejor respaldo de la información necesaria.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

En dicha ordenanza se deberá proponer los diámetros adecuados de las tuberías de extracción, como también la cantidad de dichas tuberías por área de utilización, y su tipo de material.

El Reglamento tendrá un costo de:

REGLAMENTO INTERNO				
Elaboración	Juridico	Tramites	Publicación	Costo total
\$1,000	\$500	\$150	\$300	\$1,950

Tabla No. 53: Costos del Reglamento Interno propuesto I.

En la tabla anterior se han considerado los precios de la elaboración en donde se toman en cuenta las reuniones en mesas de trabajo por parte de un equipo multidisciplinario, precio del jurídico que da la inspección y el aval final a cada artículo de dicha ordenanza, en los tramites se incluyen papeleos y otros, por último la publicación que se hace a partir del número de artículos finales en la ordenanza, poniendo como promedio el precio de \$300.

6.6.2. Para la ubicación de Siembras, Disposición del Ganado y construcción de establos se propone lo siguiente:

Capacitaciones e inspecciones mensuales a los dueños de zonas de cultivo y ganado; mayoritariamente las capacitaciones se realizarán al principio del mes, y serán entorno a los métodos de siembra por parte de los agricultores, como también la utilización de los diferentes pesticidas que sean benéficos para el medio ambiente y técnicas de cómo utilizarlos. Además se abarcará la parte la construcción de nuevos establos, los autores del diagnóstico proponen que tanto los cultivos como los establos se encuentren a una distancia mínima de 50 metros a partir de las orillas del río. Las inspecciones se realizaran al final de cada mes.

Los autores proponen una reubicación de establos a los propietarios que tengan la disposición económica de hacerlo, puesto que en los recorridos se aprecian diferentes tipos de establos, desde su tamaño hasta su tipo de materiales. Los

propietarios que no puedan hacer una reubicación, deberán hacer más rigurosamente las propuestas que se establezcan en las capacitaciones, con la finalidad de tener un equilibrio y así salva guardar la fauna y flora de la zona, como también el libre tránsito del flujo del río y el aprovechamiento del agua por parte de los propietarios.

La medida tendrá un costo de:

Costos de Mitigación		
Capacitación	Inspección	Costo Total
\$300	\$150	\$450

Tabla No. 54: Costos de medida de mitigación I.

6.6.3. Para la contaminación con Desechos sólidos se propone lo siguiente:

“COLOCACION DE BASUREROS”

La compra y colocación de basureros para evitar la disgregación de basura en la parte alta de la cuenca producto de la recreación turística, contribuyendo a reducir la proliferación de plagas que transmitan enfermedades e impacten en el medio ambiente.

Se propone comprar 20 basureros de reciclaje de 32 Gal color verde oscuro, marca ACE, los cuales serán colocados a lo largo de la parte alta de la cuenca Limo-Chimalapa en donde predominan los sitios turísticos. Además para la disposición de dichos desechos que recolecten los basureros, se recomienda que los propietarios de los centros turísticos sean los encargados de llevarlos hasta la carretera Internacional CA-12 y se coordine junto con la alcaldía Municipal de Metapán para hacer llegar hasta el cantón el Limo los camiones recolectores el mismo día en que los propietarios lleven los desechos sólidos.

Se recomienda que los basureros sean plásticos puesto que la zona alta de la cuenca es muy húmeda pudiendo causar oxidación en basureros metálicos y una inadecuada disgregación de la basura, por el rápido deterioro de los metálicos.

El presupuesto para implementar la medida de mitigación es el siguiente:

SUMINISTRO DE BASUREROS DESECHOS SOLIDOS			
Descripción	Cantidad	Costo	Costo total
Basureros de reciclaje capacidad 32 gal	20.00	\$38,50	\$770.00

Tabla No. 55: Suministro de Basureros desechos sólidos.



Figura No. 46: Ejemplificación de los basureros propuestos.

6.6.4. Para las actividades variadas según el tipo de turistas se propone lo siguiente:

Capacitaciones e inspecciones mensuales a los propietarios de centros turísticos; mayoritariamente las capacitaciones se realizarán al principio del mes, y serán entorno a los métodos de manejo apropiado de turistas, como también la regulación que deben de tener los centros turísticos de acuerdo al número de personas que reciban por visita; en dichas capacitaciones se recomendará la elaboración de reglamentos internos de cada centro turístico para proteger el medio ambiente de la zona. Dichas capacitaciones deberán ser impartidas por un profesional en Turismo Rural.

Las inspecciones se realizarán al centro turístico al final de cada mes, para hacer una evaluación considerando si se ha hecho un seguimiento de las propuestas en las capacitaciones. Los autores del diagnóstico proponen que dichas capacitaciones a los propietarios, sean en conjunto con sus empleados y los jefes de ADESCOS de la zona.

La medida tendrá un costo de:

Costos de Mitigación		
Capacitación	Inspección	Costo Total
\$350	\$150	\$500

Tabla No. 56: Costos de medida de mitigación II.

6.6.5. Para la forma de Extracción y apilamiento de Piedra y Arena se propone lo siguiente:

La creación de una Ordenanza interna que el titular del proyecto en este caso la Alcaldía Municipal de Metapán deberá elaborar con la participación de los diferentes entes encargados, en este caso puede ser el Ministerio de Medio Ambiente.

Dicho reglamento se propone llamarse: “ORDENANZA PARA LA ADECUADA EXPLOTACION DE PIEDRA Y ARENA, EN LOS CUERPOS DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE METAPAN”

La finalidad de la ordenanza será llevar un monitoreo de las extracciones de Piedra y Arena que se dan tanto en época seca, como en época lluviosa, en las orillas y dentro de los ríos. A través de visitas mensuales a las zonas identificadas de alta explotación minera y la acreditación de las personas para poder extraer de los aluviones del Río.

La Ordenanza deberá contener mecanismos de evaluación mensual de las zonas que exploten el recurso minero, teniendo que hacer mediciones volumétricas para establecer un máximo de volumen extraído al río. Como también establecer un periodo de extracción y un periodo de descanso. Puesto que el recurso minero es un recurso no renovable. En dicha ordenanza se deberá establecer que después de pasado cierto tiempo o por inspección visual a las modificaciones del relieve del lecho y orillas del río se deben suspender explotaciones en la zona. Y proponer una multa a las personas que sigan haciéndolo. Y respetar lo descrito en el “REGLAMENTO DE LA LEY DE MINERIA Y SUS REFORMAS”.

El Reglamento tendrá un costo de:

REGLAMENTO INTERNO				
Elaboración	Juridico	Tramites	Publicación	Costo total
\$1,000	\$500	\$150	\$300	\$1,950

Tabla No. 57: Costos del Reglamento Interno propuesto II.

En la tabla anterior se han considerado los precios de la elaboración en donde se toman en cuenta las reuniones en mesas de trabajo por parte de un equipo multidisciplinario, precio del jurídico que da la inspección y el aval final a cada artículo de dicha ordenanza, en los tramites se incluyen papeleos y otros, por último la publicación que se hace a partir del número de artículos finales en la ordenanza, poniendo como promedio el precio de \$300.

6.7. Programa de adecuación ambiental.

PROYECTO: “DIAGNOSTICO AMBIENTAL SOBRE LAS ACTIVIDADES QUE AFECTAN AL RIO CHIMALAPA EN EL MUNICIPIO DE METAPÁN, SANTA ANA, EL SALVADOR.”

ETAPA DE EJECUCION	MEDIDA AMBIENTAL	DESCRIPCION DEL IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCION DE LA MEDIDA AMBIENTAL PROPUESTA	UBICACIÓN DE LA MEDIDA AMBIENTAL	RESPONSABLE DE LA MEDIDA AMBIENTAL	MONTO CALCULADO DE LA MEDIDA AMBIENTAL	MONTO DE EJECUCION	RESULTADO ESPERADO
FUNCIONAMIENTO	ORDENANZA PARA LA ADECUADA UTILIZACION Y REGULACION, DE LOS CUERPOS DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE METAPAN	Debido a que no se tiene un decuado control de las extracciones, se esta prouciendo una escasez de caudal.	Elaboración de un reglamento interno para el control de extracciones.	A lo largo de todo el Río y sus afluentes.	La Alcaldía Municipal de Metapán.	Reglamento interno de trabajo: \$1950	\$1,950.00	Recuperar el caudal a lo largo de todo el Río en epoca seca.
	CAPACITACIONES E INSPECCIONES MENSUALES A LOS DUEÑOS DE CULTIVOS Y GANADERIA	Debido a una mala disposicion de los cultivos y establos, se esta contaminando el Río	Se pretende la creación de consciencia por parte de los propietarios, y asi seguir medidas de los capacitadores.	En toda la Cuenca Limo-Chimalapa	La Alcaldía Municipal de Metapán.	Capacitaciones e inspecciones = \$450	\$450.00	Evitar el contacto directo de pesticidas dañonos al río, u algun contaminante organico.
	COLOCACIÓN DE BASUREROS PARA DESECHOS SOLIDOS COMUNES	La afluencia de turistas y falta de basureros en la zona y de consciencia social, hace que la parte alta de la cuenca se contamine.	Dispocisión de basureros a lo largo de toda la parte de la cuenca alta.	Cuenca alta Limo-Chimalapa	La Alcaldía Municipal de Metapán.	Suministro de 20 basureros = \$770	\$770.00	Evitar la disgregación de basura en la parte alta de la cuenca.
	CAPACITACIONES E INSPECCIONES MENSUALES A LOS PROPIETARIOS DE CENTROS TURISTICOS	La afluencia de turistas y falta de de consciencia social, hace que la parte alta de la cuenca se contamine.	Se pretende la creación de consciencia por parte de los propietarios, y asi seguir medidas de los capacitadores.	Cuenca alta Limo-Chimalapa	La Alcaldía Municipal de Metapán.	Capacitaciones e inspecciones = \$500	\$500.00	Eliminar los impactos que causa la afluencia de turistas.
	ORDENANZA PARA LA ADECUADA EXPLOTACION DE PIEDRA Y ARENA, EN LOS CUERPOS DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE METAPAN	Debido a que no se tiene un decuado control de las extracciones, se esta prouciendo una sobre explotacion.	Elaboración de un reglamento interno para el control de extracciones.	Cuenca Media y baja	La Alcaldía Municipal de Metapán.	Reglamento interno de trabajo: \$1950	\$1,950.00	Controlar las explotacione s mineras, con la finalidad de no hacer un equilibrio beneficio/am biente
	TOTAL						\$5,620.00	\$5,620.00

Tabla No. 58: Programa de adecuación ambiental.

6.8. **CRONOGRAMA DE MEDIDAS DEL: “DIAGNOSTICO AMBIENTAL SOBRE LAS ACTIVIDADES QUE AFECTAN AL RIO CHIMALAPA EN EL MUNICIPIO DE METAPÁN, SANTA ANA, EL SALVADOR.”**

MEDIDA DE PREVENCIÓN	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES												TOTAL	
	TIEMPO DE EJECUCION MENSUAL													
	AÑO 1													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
ORDENANZA PARA LA ADECUADA UTILIZACION Y REGULACION, DE LOS CUERPOS DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE METAPAN	X													\$1,950.00
CAPACITACIONES E INSPECCIONES MENSUALES A LOS DUEÑOS DE CULTIVOS Y GANADERIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	\$5,400.00
COLOCACIÓN DE BASUREROS PARA DESECHOS SOLIDOS COMUNES	X													\$770.00
CAPACITACIONES E INSPECCIONES MENSUALES A LOS PROPIETARIOS DE CENTROS TURISTICOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	\$6,000.00
ORDENANZA PARA LA ADECUADA EXPLOTACION DE PIEDRA Y ARENA, EN LOS CUERPOS DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE	X													\$1,950.00
PRECIO TOTAL EN EL PRIMER AÑO DE IMPLEMENTACION													\$16,070.00	

Tabla No. 59: Cronograma de implementación de medidas de mitigación.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Se puede evidenciar un nivel de caudal ínfimo durante la época seca comparado contra la época lluviosa, debido a la presencia de extracción para los usos de riego, consumo humano y animal.
- En el rio Chimalapa se presentan diversos tipos de impactos negativos, los cuales están dañando al recurso vital para la vida, el agua; causando un desequilibrio social-ambiental, pudiendo llegar a perder dicho recurso agua y que se convierta en una quebrada de invierno.
- El rio presenta un grado de contaminación importante debido a la presencia no solo de bacterias sino también de E. coli, presentes en el agua, producto de contaminación por heces fecales, sean estas humanas y/o animales, debido a la mala disposición del ganado y los establos existentes a lo largo de todo el cauce.
- Existen normativas y reglamentos en la República de El Salvador, para salva-guardar los recursos ambientales e hídricos, y tener un balance social-ambiental, pero muchas veces la población desconoce de ello y hace un mal uso de los recursos.

7.2 RECOMENDACIONES

- Los autores del diagnóstico recomiendan una serie de medidas de mitigación para la recuperación del río, que si bien pueden ser muchas y diversas, se consideraron las más inmediatas para realizarse en el lapso de un año.
- A la Municipalidad de Metapán: Realizar inspecciones periódicas mensuales a lo largo del río y hacer un monitoreo del caudal del mismo tanto en época seca como en época lluviosa.
- Al Ministerio de Agricultura y Ganadería: Trabajar en conjunto con la Municipalidad de Metapán para realizar de una mejor manera las inspecciones y control al río. Realizar mesas de trabajo en donde se discutan nuevas normativas que se puedan implementar para salva-guardar el río.

7.3 REFERENCIAS

- Proyecto Gestión Participativa del Riego en la zona de la Cuenca Alta del Rio Lempa cuenca alta del rio Lempa (2005). Caracterización de Subcuenca San José Ingenio, Metapán. [Versión electrónica]. San Salvador: Giovanni Cerón, pág. 16.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego (2012). Clasificación de Ríos por cuencas hidrográficas de El Salvador, C.A. [versión electrónica]. Soyapango, San Salvador, El Salvador: Ing. Bernardo Napoleón Romero Paz, págs. 49-50.
- Amílcar Noé Ramos Soberanis. “METODOLOGÍAS MATRICIALES DE EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA PAISES EN DESARROLLO: MATRIZ DE LEOPOLD Y MÉTODO MEL-ENEL”. Tesis. Universidad San Carlos Guatemala. Guatemala 2004.
- Alejandra Nava Hernández y Darío Cortez Bow. Hidráulica de Ríos: “Morfología Técnicas de Medición y Muestreo en Ríos”. 2009. Tesis. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Ingeniería Civil.
- Ortez Eladio Zacarías, (2013), “ASI SE INVESTIGA, PASOS PARA HACER UNA INVESTIGACIÓN”, El Salvador, CLASICOS ROXSIL S.A. DE C.V.
- Consejo Municipal de Metapan, 2009, ORDENANZA MUNICIPAL PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN POR VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL Y ORDINARIA EN EL MUNICIPIO DE METAPAN.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL-RÍO CHIMALAPA

- Órgano Ejecutivo en el Ramo de Economía, 2009, NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA: NSO.13.49.01:09 “AGUAS. AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR”.
- La Asamblea Legislativa de la Republica de El Salvador, 1998, LEY DEL MEDIO AMBIENTE.
- El Poder Ejecutivo de la Republica de El Salvador, 2000, REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE.
- El Poder Ejecutivo de la Republica de El Salvador, 1970, REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE RIEGO Y AVENAMIENTO.
- Página Web: Ríos. Tomado el día 27 de marzo de 2017. Recuperado de: <http://www.geoenciclopedia.com/rios/>.
- Página web: Vida más Verde. Tipos de contaminación en ríos. Tomado el día 21 de noviembre de 2016. Recuperado de: <http://vidamasverde.com/2013/8-tipos-de-contaminacion-del-agua/>
- Página web: Tutoriales al día, Parámetros de forma y drenaje de la cuenca hidrográfica, tomado el 25 de Mayo de 2017 Recuperado de: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/algunos-parametros-de-forma-y-drenaje-de-la-cuenca-hidrografica-y-su-relacion-con-el-tiempo-de-concentracion/>
- Página web: FAO (Food and Agriculture Organization of the United States). Métodos de medición de caudal. Tomado el día 21 de noviembre de 2016. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>
- Página web: Cuencas Hidrográficas de El Salvador. Tomado el día 27 de marzo de 2017. Recuperado de: www.elsalvadormipais.com/cuencas-hidrograficas-de-el-salvador

7.4 RECURSOS Y PRESUPUESTO

RECURSO	DESCRIPCIÓN BREVE	CANTIDAD
Estudiantes	Estudiantes egresados de la carrera de ingeniería civil a realizar el trabajo de grado	2
Docente Director	Encargado de orientar a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de grado	1
Encargados en la Alcaldía Municipal de Metapán	Encargados de brindar la ayuda necesaria para las visitas de campo e información adicional	3
TOTAL		6

Tabla No. 60: Recursos Humanos.

RECURSO	DESCRIPCIÓN BREVE	CANTIDAD	VALOR ESTIMADO
Impresiones	Impresión del trabajo de grado	Varias	\$75.00
Pasaje de transporte	Para viajar de la ciudad de Santa Ana hacia la ciudad de Metapán	Desde segunda semana de febrero, hasta primer semana de agosto	\$50.00
Alimentación en los días de visita	Desayunos y/o almuerzos	\$3 el plato	\$100
Saldo para teléfono	Para contactar a los encargados municipales	\$30.00
Costo de combustible para viajar	Para las visitas que se prolonguen extensas, se llevará transporte propio	\$2.90 el galón	\$115.00
Infortuito	Casos extraordinarios	\$150.00
TOTAL			\$520.00

Tabla No. 61: Costos Aproximados de gasto para trabajo de grado

7.5 ANEXOS

Con el fin de aclarar todo lo descrito anteriormente, se presenta una serie de figuras e imágenes que indican las actividades que se realizan en el Río Chimalapa, algunas de ellas con efectos negativos que directa o indirectamente están contribuyendo a que el río vaya disminuyendo su caudal año con año.

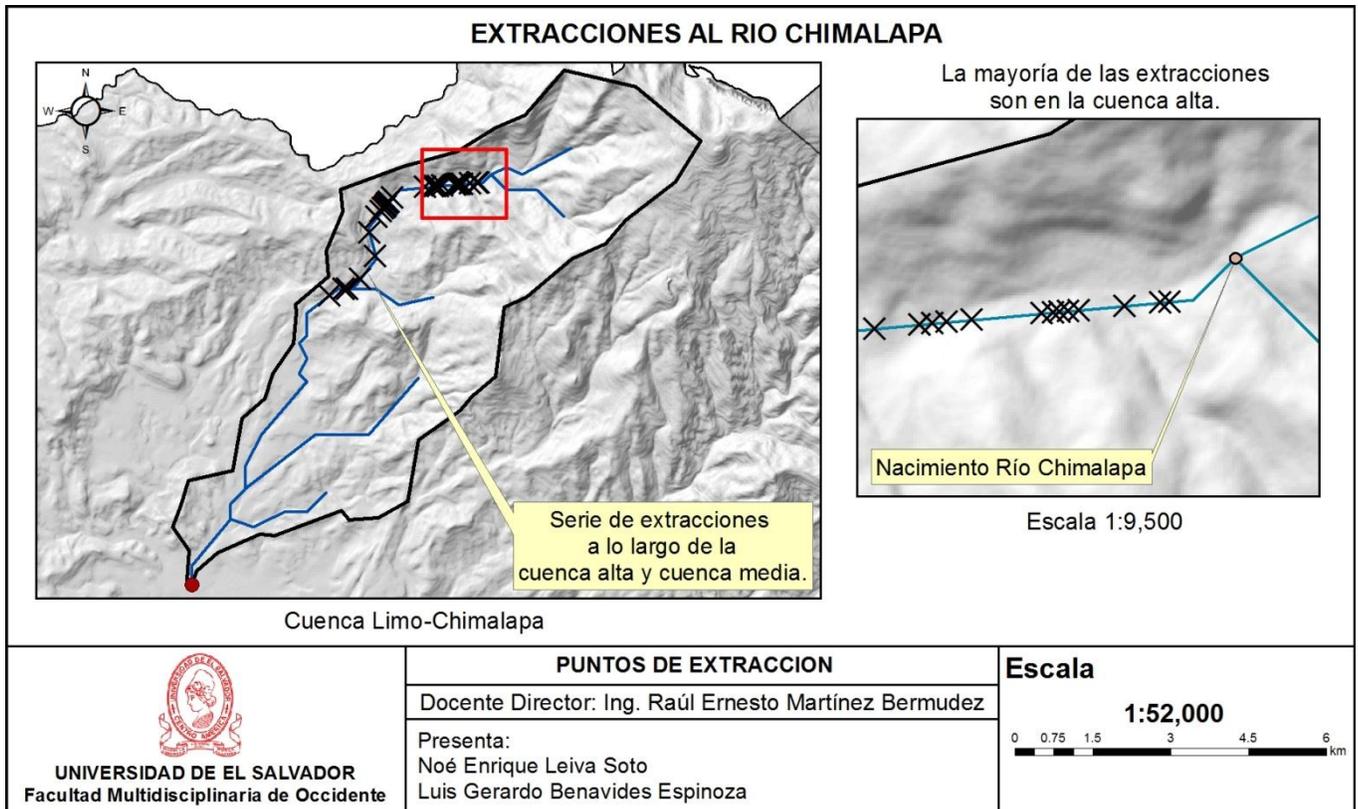


Figura No. 47: Puntos de Extracción de Agua.

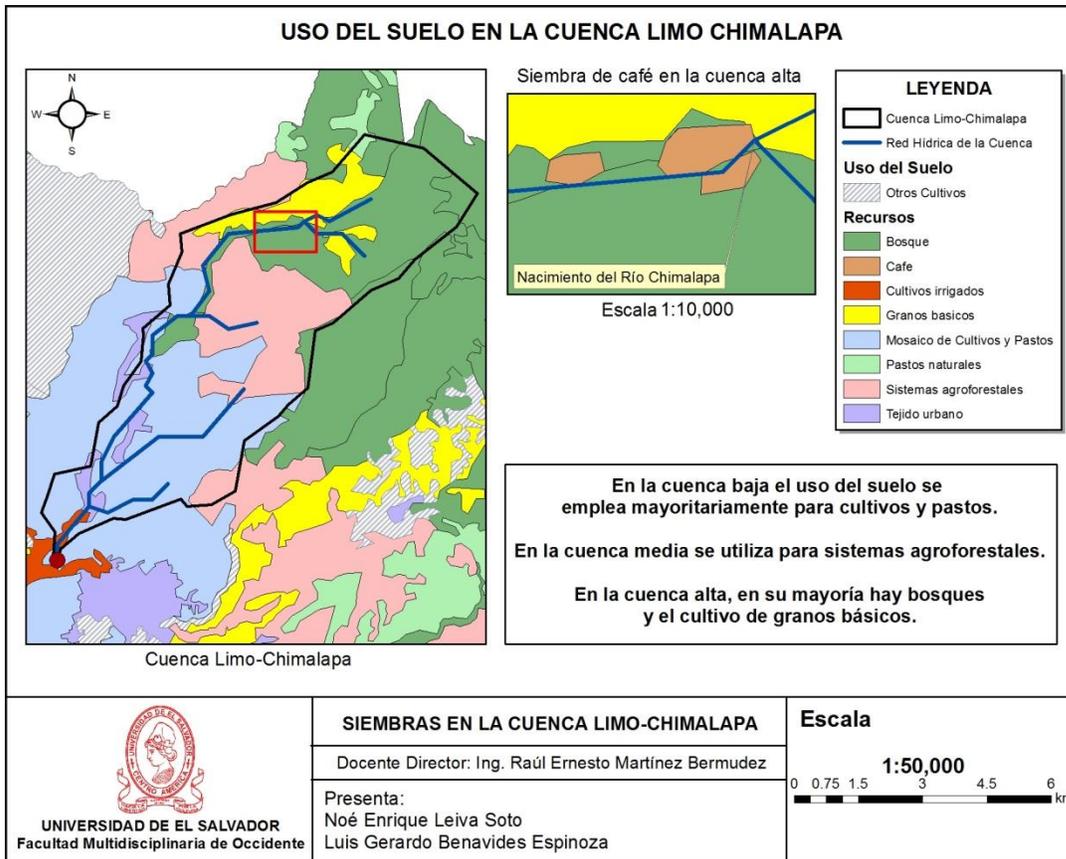


Figura No. 48: Siembras en la cuenca Limo-Chimalapa.

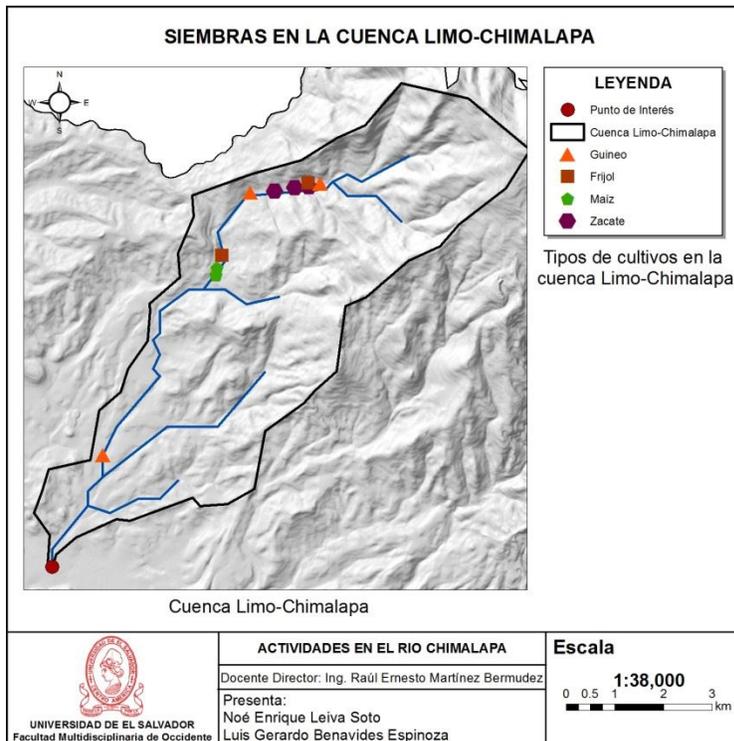


Figura No. 49: Actividades en el río Chimalapa I.

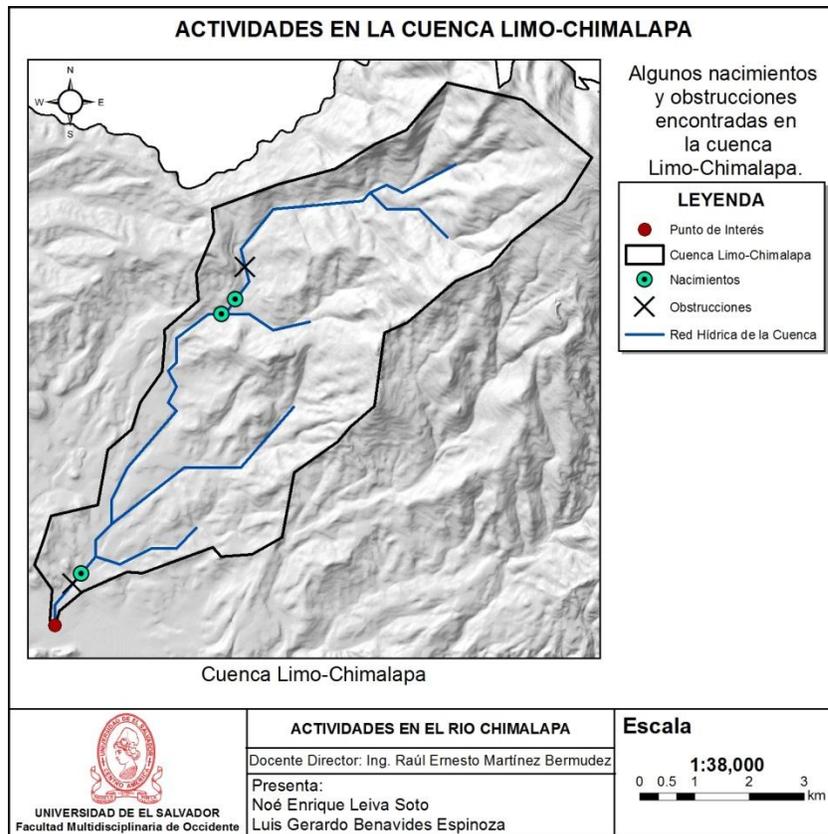


Figura No. 50: Actividades en el río Chimalapa II.

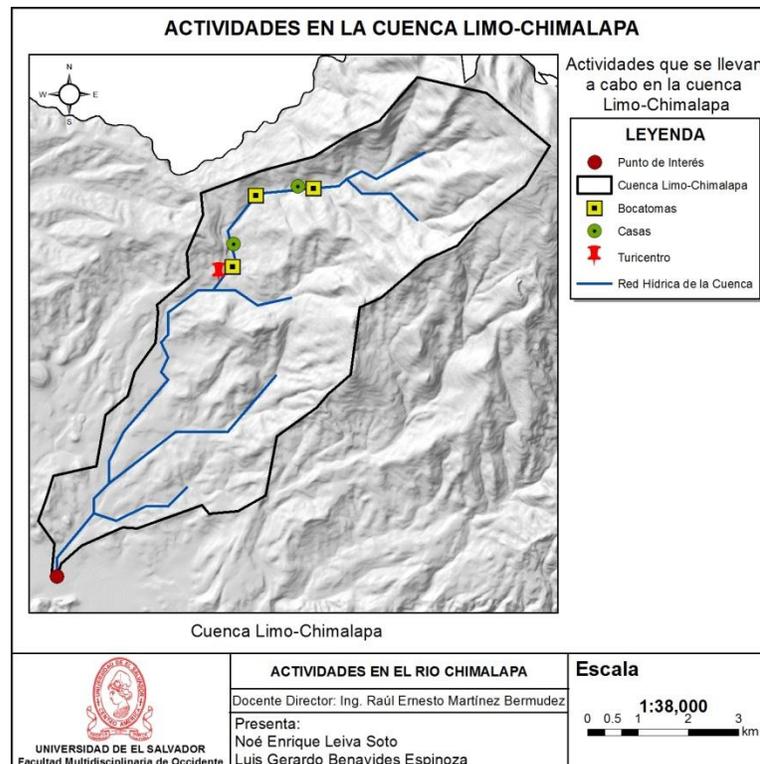


Figura No. 51: Actividades en el río Chimalapa III.



Imagen No. 15: Tipos de cultivos en la cuenca Limo-Chimalapa (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo): Café, guineo, frijol, maíz.

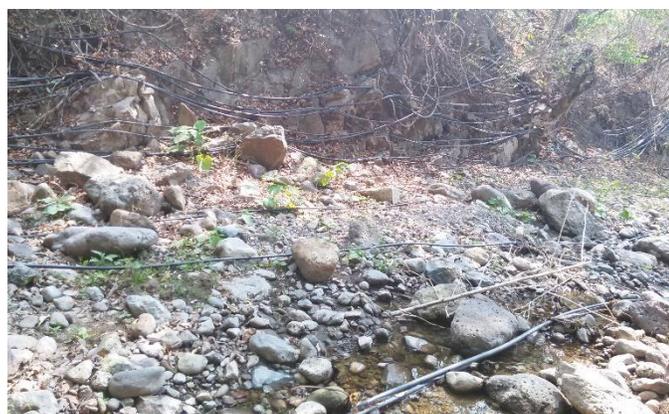


Imagen No. 16: Tuberías usadas para extraer agua del Río Chimalapa.



Imagen No. 17: Bocatomas encontradas en el curso del río.



Imagen No. 18: Construcción de vivienda a orillas del río.



Imagen No. 19: Obstrucción del río en el punto La Molienda.



Imagen No. 20: Obstrucción y desviación del río.



Imagen No. 21: Puente sobre el Río Chimalapa en carretera CA-12

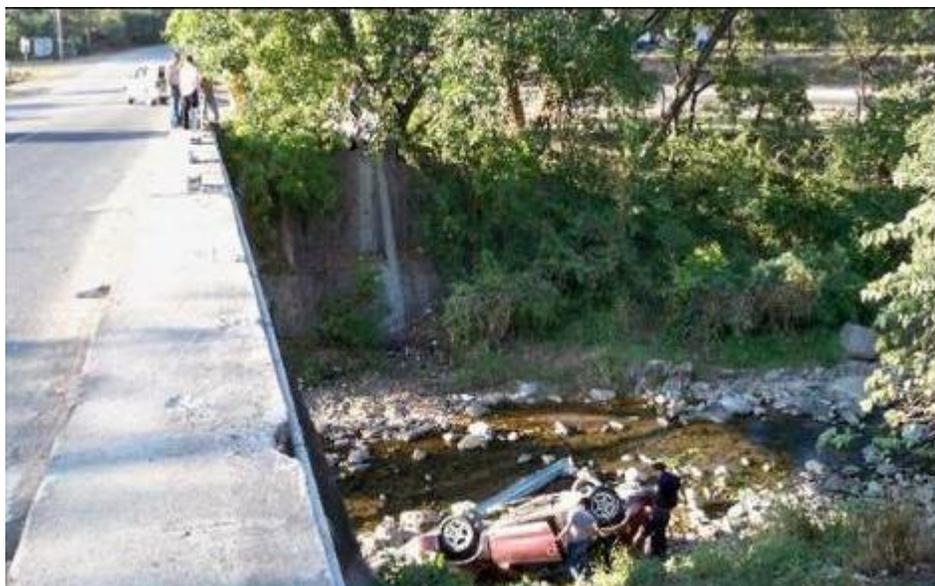


Imagen No. 22: Puente sobre el Río Chimalapa en carretera CA-12



Imagen No. 23: Río chimalapa aguas arriba



Imagen No. 24: Cultivos de café y ganado a las orillas del Río Chimalapa



Imagen No. 25: Extracciones de Arena



Imagen No. 26: Visita a Lugares de Extracción de Arena