

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



**PROPUESTA DE MONITOREO DE FUENTES
CONTAMINANTES EN EL RIO TITIHUAPA**

PRESENTADO POR:

**EMERSON ALBERTO IRAHETA DELGADO
ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE**

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL :

LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTOR :

ING. FERNANDO TEODORO RAMÍREZ ZELAYA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO QUÍMICO

Título :
**PROPUESTA DE MONITOREO DE FUENTES
CONTAMINANTES EN EL RIO TITIHUAPA**

Presentado por :
**EMERSON ALBERTO IRAHETA DELGADO
ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE**

Trabajo de Graduación aprobado por :

Docentes Directores :
**ING. JUAN RODOLFO RAMÍREZ GUZMÁN
LIC. RENE MAX BUSTILLO DÍAZ**

San Salvador, Noviembre de 2006

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. JUAN RODOLFO RAMÍREZ GUZMÁN

LIC. RENE MAX BUSTILLO DÍAZ

AGRADECIMIENTO GRUPAL

Primeramente, **a nuestras familias** por el apoyo y comprensión que nos han brindado durante toda nuestra vida.

Nuestro agradecimiento a nuestros Docentes Directores: **Ing. Juan Rodolfo Ramírez Guzmán y Lic. Rene Max Bustillo Díaz**, por brindarnos su respaldo académico y humano a lo largo del desarrollo de este Trabajo de Graduación. Al Ing. Juan Rodolfo Ramírez Guzmán, especialmente por habernos motivado a realizar la presente investigación de interés social científico y de importancia para el país.

Al **Ing. Agr. Msc. José Mauricio Tejada**, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por su disposición siempre a colaborar con esta investigación, gracias por compartir sus conocimientos y experiencia con nosotros.

A **Antonio Pacheco y la ONG Asociación de Desarrollo Económico y Social Santa Marta (ADES)**, por su cooperación para llevar a cabo la presente investigación.

A nuestros profesores universitarios que con sus conocimientos nos han ayudado a llegar a culminar una etapa más. Especiales agradecimiento a la Ingra. Cecilia de Flamenco e Ingra. Eugenia Gamero de Ayala por su colaboración a la realización de este trabajo, a la Ingra. Delmy Rico por su apoyo incondicional a lo largo de toda nuestra carrera, por siempre estar ahí para nosotros.

A todos nuestros amigos, colegas, compañeros y hermanos de la carrera, gracias por su ayuda incondicional y por compartir este sueño de algún día ser Ingenieros Químicos graduados del Alma Mater de la Universidad de El Salvador. Nunca rendirse siempre hacia delante.

GRACIAS.

Emerson y Aurely

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mi papá por ser mi mejor escuela. A mi mamá por su apoyo, cariño y comprensión.
A mi hermana, porque ni modo, son bromas, por ser como es y estar siempre a mi lado.
A mi cuñado, por ser más que eso y por regalarme al sobrino mas lindo del mundo.
A mis brothers y al conejo, por su apoyo y consejo.

A Karla, mi panacea, gracias por estar siempre ahí, en el preciso y justo momento. Yo te daré mis ojos para que llores.

A mis amigos, Loren, Chelion, Kaliman, Enzo, Luchy, Chiquiton, Cordero, Jonathan, Rene, a la super Seca, a Monica, Ale, Liss y Aurely. Con ustedes no tengo palabras, gracias a todos y carnaval toda la vida.

Porque en este mundo solo del pesimismo se pueden obtener los verdaderos y necesarios cambios. Así, cuando uno cree que todo va a acabar, recién comienza.

“Dios ha muerto” (F. Nietzsche). Amen.

Emerson Iraheta (MECHO)

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A **Dios Todo Poderoso**, por darme la perseverancia y entereza para culminar mi carrera, gracias por llenar cada día de mi vida de bendiciones y milagros.

Quiero dedicar especialmente este esfuerzo **a mis padres**, pues les debo a ellos todo lo que soy, gracias por darme todo su apoyo y amor, por enseñarme cada día a ser una mejor persona.

A mis hermanos **Carlos, Luis y Nelson**, por su apoyo pues cada uno de una u otra forma ha contribuido a que pueda culminar esta meta. Gracias por todos los momentos que comparten conmigo.

A **mis Abuelos**, pues se que ellos esperaban tanto este logro, gracias por estar conmigo. Abuelito por fin tendrás una Química en la familia.

A **Fede**, por su cariño y comprensión, por los animos para llevar a cabo esta meta, gracias por estar allí siempre, tú también ERES.

A mis amigas casi hermanas **Lelys, Marcela, Mirna, Marta y Karina**, por su apoyo, risas, lágrimas, consejos y cariño, por que hemos compartido a lo largo de los años nuestra amistad.

A todos mis amigos de la universidad, en especial a **Loren, Ro, Mecho, Ale, Karlita, Jonathan, Alexis, C-K, Choco, Calí, Karen**, por todo lo que hemos vivido y me han enseñado, gracias por permitirme conocerlos.

Aurely Pérez (ORE)

RESUMEN

PALABRAS CLAVES: Río, Calidad, Monitoreo, Contaminantes, Muestreo

La investigación se enfocó en desarrollar una propuesta de monitoreo de fuentes contaminantes en el canal principal del Río Titihuapa, para lo cual previamente se llevó a cabo un diagnóstico para establecer una línea de base informativa sobre la calidad del agua del Río.

Primeramente se llevó a cabo una caracterización biofísica del área de influencia del Río Titihuapa, luego se realizó la clasificación de algunos usos a los que se destina el agua del Río y posibles fuentes contaminantes. Posteriormente se llevó a cabo el diseño de la red de monitoreo de calidad de agua en el canal principal de la región en estudio. A continuación se desarrolló en julio de 2006 la campaña de muestreo donde se realizan las mediciones y análisis de cantidad y calidad de agua.

Obtenidos los resultados de los análisis, se aplicaron ciertos criterios y parámetros de evaluación y comparación que permiten establecer la calidad de agua del Río Titihuapa, en función de los usos actuales y de las actividades productivas en la región de estudio, con esta información se estableció que el Río Titihuapa no posee la calidad microbiológica adecuada para los usos a los que se destina el agua del Río, pero se mencionan recomendaciones a tomar en cuenta para recuperar el Río y prevenir futuras contaminaciones.

ÍNDICE

| CONTENIDO | PÁGINA |
|--|--------|
| RESUMEN..... | i |
| ÍNDICE GENERAL..... | ii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | vi |
| INDICE DE TABLAS..... | viii |
| INDICE DE ANEXOS..... | x |
| | |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| | |
| I. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL | 3 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 3 |
| 1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 1.3.1 Alcances | 3 |
| 1.3.2 Limitaciones | 4 |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... | 5 |
| | |
| II. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA | 6 |
| 2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS NATURALES | 7 |
| 2.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA..... | 7 |
| 2.2.1 Contaminantes biológicos | 8 |
| 2.2.2 Qué pasa en el agua cuando se fermenta la materia orgánica | 8 |
| 2.2.3 Contaminantes químicos..... | 9 |
| 2.2.4 Tipos de contaminantes de los cuerpos de agua, provenientes de la industria | 9 |
| 2.2.5 Contaminación física..... | 10 |
| 2.2.6 Contaminación térmica | 10 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.2.7 | Efectos de la contaminación de las aguas | 10 |
| 2.2.8 | El agua y la salud de la población..... | 11 |
| 2.3 | CAPACIDAD AUTODEPURADORA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES..... | 12 |
| III. | GENERALIDADES DEL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO TITIHUAPA | 13 |
| 3.1 | DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES EN EL SALVADOR | 13 |
| 3.2 | DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 15 |
| 3.2.1 | Características Geográficas y sociales del Departamento de Cabañas... | 18 |
| 3.2.2 | Características Geográficas y sociales del Departamento de San Vicente | 20 |
| 3.2.3 | Población del área de Estudio..... | 23 |
| 3.3 | CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS DE LA REGIÓN | 25 |
| 3.3.1 | Clasificación de los suelos y Su uso | 25 |
| 3.3.2 | Características Geológicas del Sitio..... | 28 |
| 3.3.3 | Clima..... | 33 |
| 3.3.4 | Biodiversidad de la Zona de Estudio..... | 36 |
| 3.3.5 | Agua Superficial en la Región | 38 |
| 3.3.6 | Sitios Arqueológicos de Interés en la Zona de Influencia del Río Titihuapa | 41 |
| IV. | UBICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES Y DISEÑO DE UNA RED DE | |
| | PUNTOS DE MUESTREO PARA EL RIO TITIHUAPA. | 43 |
| 4.1 | USOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES | 43 |
| 4.2 | CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA | 46 |
| 4.2.1 | Usos Consuntivos y No Consuntivos | 46 |
| 4.2.2 | Usos Prioritarios y Secundarios | 46 |
| 4.3 | LEVANTAMIENTO DE FUENTES CONTAMINANTES | 47 |
| 4.3.1 | Fuentes No Puntuales..... | 47 |
| 4.3.2 | Fuentes Puntuales | 50 |
| 4.4 | DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA..... | 55 |

| | | |
|--------|---|-----|
| V. | LEGISLACIÓN Y NORMATIVAS APLICABLES A LOS RECURSOS HÍDRICOS..... | 59 |
| VI. | DIAGNÓSTICO DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TITIHUAPA..... | 63 |
| 6.1 | METODOLOGIA DE MUESTREO | 63 |
| 6.1.1 | Criterios generales de muestreo | 63 |
| 6.1.2 | Preservación de las muestras | 65 |
| 6.1.3 | Muestreo para Análisis Microbiológico | 65 |
| 6.2 | MEDICIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA O ESTIMACIÓN DEL CAUDAL | 66 |
| 6.3 | ALGUNOS LINEAMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DE CALIDAD DE AGUA.. | 70 |
| 6.3.1 | Parámetros de Calidad de Agua | 70 |
| 6.4 | DESCRIPCION Y DISCUSIÓN DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA ANALIZADOS PARA LOS PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO TITIHUAPA. | 75 |
| 6.4.1 | Cambio de la Temperatura..... | 77 |
| 6.4.2 | PH..... | 79 |
| 6.4.3 | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)..... | 80 |
| 6.4.4 | Color | 83 |
| 6.4.5 | Conductividad | 85 |
| 6.4.6 | Total de Sólidos Disueltos (TDS) | 86 |
| 6.4.7 | Turbidez | 88 |
| 6.4.8 | Dureza | 89 |
| 6.4.9 | Alcalinidad..... | 91 |
| 6.4.10 | Nitratos y Nitritos..... | 93 |
| 6.4.11 | Cloruros | 95 |
| 6.4.12 | Fosfatos | 97 |
| 6.4.13 | Sulfatos | 98 |
| 6.4.14 | Metales y Compuestos Tóxicos | 102 |
| 6.4.15 | Coliformes Totales y Fecales | 108 |
| 6.4.16 | Escherichia coli | 111 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 6.4.17 | Principales Usos del Río según su categoría..... | 112 |
| VII. | PROPUESTA DE MONITOREO DE FUENTES CONTAMINANTES EN EL RÍO TITIHUAPA..... | 113 |
| 7.1 | ELEMENTOS ESTRUCTURALES BÁSICOS | 113 |
| 7.2 | PUNTOS DE MONITOREO | 114 |
| 7.2.1 | Localización de puntos fijos | 114 |
| 7.2.2 | Localización de puntos variables | 115 |
| 7.3 | PARÁMETROS DE MONITOREO | 116 |
| VIII. | CONCLUSIONES | 118 |
| IX. | RECOMENDACIONES | 120 |
| X. | BIBLIOGRAFÍA | 122 |
| | ANEXOS..... | 126 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| ILUSTRACION | PÁGINA |
|--|---------------|
| FIGURAS | |
| Fig. 3.1 Esquema del Departamento de Cabañas..... | 18 |
| Fig. 3.2 Principales estructuras mineralizadas en el Distrito Minero El Dorado..... | 30 |
| Fig. 6.1 Partes de un molinete (electrodo, propela, trasductos,) y molinete armado para la medición en el cauce del río | 67 |
| Fig. 6.2 Esquema de las verticales en el cálculo de áreas transversales para medir el caudal de un río..... | 68 |
| Fig. 6.3 Técnica para medir el ancho de una sección transversal..... | 68 |
| Fig. 6.4 Proceso de Eutrificación de un lago..... | 97 |
| FOTOGRAFIA | |
| FOTO 1 Corte Transversal del suelo, Sitio Llano de la Hacienda, San Isidro | 25 |
| FOTO 2 Granja Ganado Vacuno, orillas del Río Titihuapa..... | 28 |
| FOTO 3 Granja Ganado Vacuno, orillas del Río Titihuapa..... | 28 |
| FOTO 4 Petrograbados conocidos como la Pintada a orillas del Río Titihuapa..... | 41 |
| FOTO 5 Petrograbados conocidos como la Pintada a orillas del Río Titihuapa..... | 41 |
| FOTO 6 Habitantes lavando en el Río San Francisco, Afluente del Río Titihuapa. | 44 |
| FOTO 7 Niños jugando a orillas del Río Titihuapa, Poza de Los Indios..... | 44 |
| FOTO 8 Basurero Municipal de San Isidro..... | 51 |
| FOTO 9 Definiendo posibles puntos de acceso al Río Titihuapa con Francisco Pineda miembro de ADES..... | 56 |
| FOTO 10 Tomando muestra contracorriente al flujo del Río Titihuapa | 64 |
| FOTO 11 Conservación de muestras para análisis fisicoquímico..... | 65 |
| FOTO 12 Frascos Esterilizados proporcionados por el CENSALUD para muestreo microbiológico..... | 66 |
| FOTO 13 Medición del Caudal del Río Titihuapa en los puntos de muestreo 3..... | 69 |
| FOTO 14 Medición del Caudal del Río Titihuapa en los puntos de muestreo 4..... | 69 |

GRAFICOS

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Gráfico 3.1 | Promedios Mensuales de Temperaturas (máx., mín, y promedio), Humedad y precipitación para el Departamento Cabañas..... | 34 |
| Gráfico 3.2 | Promedios Mensuales de Temperaturas (máx., mín, y promedio), Humedad y precipitación para el Departamento de San Vicente..... | 35 |
| Gráfico 6.1 | Comparación de Temperatura con Respecto a los Limites Permisibles..... | 78 |
| Gráfico 6.2 | Comparación del Parámetro de pH con Respecto a los Limites Permisibles..... | 80 |
| Gráfico 6.3 | Comparación del Parámetro de DBO5 con Respecto a los Limites Permisibles..... | 82 |
| Gráfico 6.4 | Comparación del Parámetro de Color con Respecto a los Limites Permisibles..... | 84 |
| Gráfico 6.5 | Comparación del Parámetro de Conductividad con Respecto a los Limites Permisibles..... | 86 |
| Gráfico 6.6 | Comparación del Parámetro de TDS con Respecto a los Limites Permisibles..... | 87 |
| Gráfico 6.7 | Comparación del Parámetro de turbidez con Respecto a los Limites Permisibles..... | 89 |
| Gráfico 6.8 | Comparación del Parámetro de turbidez con Respecto a los Limites Permisibles..... | 91 |
| Gráfico 6.9 | Comparación de los Parámetros de Alcalinidad con Respecto a los Limites Permisibles..... | 93 |
| Gráfico 6.10 | Comparación del Parámetro de Nitratos con Respecto a los Límites Permisibles..... | 94 |
| Gráfico 6.11 | Comparación del Parámetro Nitrito, con Respecto a los Límites Permisibles..... | 95 |
| Gráfico 6.12 | Comparación del Parámetro de Cloruros con respecto con respecto a los Límites Permisibles..... | 96 |
| Gráfico 6.13 | Comparación del Parámetro de Fosfatos respecto a los Límites Permisibles..... | 98 |
| Gráfico 6.14 | Comparación de las concentraciones de Cianuro respecto a los Límites Permisibles..... | 105 |
| Gráfico 6.15 | Determinación de coliformes Fecales..... | 108 |
| Gráfico 6.16 | Determinación de coliformes Totales..... | 109 |

ILUSTRACION**PÁGINA****MAPAS**

| | | |
|-----------------|---|----|
| Mapa 3.1 | Recursos de Agua Superficial en El Salvador..... | 14 |
| Mapa 3.2 | Mapa de cuencas Hidrográficas | 16 |
| Mapa 3.3 | Subcuenca del Río Titihuapa..... | 17 |
| Mapa 3.4 | Uso Del Suelo | 27 |
| Mapa 3.5 | Geológico y clasificación de la Zona de Estudio | |
| Mapa 3.6 | Zonas de Vida según el Dr. Holdridge..... | 36 |
| Mapa 4.1 | Mapa de área de Concesión de Exploración del Proyecto El Dorado..... | 45 |
| Mapa 4.2 | Ubicación de puntos de muestreo en el Canal principal del Río Titihuapa..... | 57 |

INDICE DE TABLAS

| TABLA | PÁGINA |
|---|---------------|
| Tabla 3.1 Niveles de contaminación registrados en algunos ríos de El Salvador..... | 15 |
| Tabla 3.2 Municipios del Departamento de Cabañas, extensión superficial y Patrimonio Cultural | 19 |
| Tabla 3.3 Datos Estadísticos sobre Educación, Salud Pública y División Administrativa..... | 20 |
| Tabla 3.4 Municipios del Departamento de San Vicente, extensión superficial y Patrimonio Cultural..... | 21 |
| Tabla 3.5 Datos Estadísticos sobre Educación, Salud Pública y División Administrativa..... | 22 |
| Tabla 3.6 El Salvador: Indicadores Demográficos por Departamento..... | 23 |
| Tabla 3.7 Recursos Geológicos 'In-Situ' - Proyecto El Dorado, El Salvador | 31 |
| Tabla 3.8 Ejemplos de Fauna y Flora extinta o predominante en el área de Estudio..... | 37 |
| Tabla 3.9 Valores de Parámetros para muestras de agua Río Titihuapa | 39 |
| Tabla 4.1 Ubicación de Puntos de Monitoreo de la Calidad de Agua del Río Titihuapa..... | 58 |
| Tabla 5.1 Legislaciones y Normativas reguladoras de los Recursos Hídricos..... | 60 |
| Tabla 5.2 Instituciones reguladoras de los Recursos Hídricos..... | 62 |
| Tabla 6.1 Caudal promedio Río Titihuapa..... | 69 |
| Tabla 6.2 Rangos para parámetros de calidad de agua deseables para agua cruda para potabilizar por métodos convencionales..... | 71 |
| Tabla 6.3 Rangos para parámetros de calidad de agua recomendables para riego..... | 72 |
| Tabla 6.4 Límites permisibles de Calidad de Agua para Contacto Humano..... | 73 |
| Tabla 6.5 Valores que pueden adoptar los parámetros para definir categorías y usos del agua..... | 74 |
| Tabla 6.6 Cuadro resumen valores fisicoquímicos y sustancias tóxicas reportados para muestras del Río Titihuapa..... | 76 |
| Tabla 6.7 Cuadro resumen valores microbiológicos reportados para muestras del Río Titihuapa..... | 77 |
| Tabla 6.8 Interpretación de la Dureza..... | 90 |
| Tabla 6.9 Algunos límites permisibles de dureza según el uso del agua..... | 90 |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| Tabla 6.10 | Especie y Fuente de Alcalinidad..... | 92 |
| Tabla 6.11 | Algunos Contaminantes y la actividad en que se pueden Originar..... | 101 |
| Tabla 6.12 | Definición de Categorías y Usos del Agua..... | 111 |
| Tabla 7.1 | Puntos Fijos de Monitoreo..... | 114 |
| Tabla 7.2 | Resumen de los puntos de monitoreo..... | 114 |
| Tabla 7.3 | Parámetros de monitoreo In situ..... | 115 |
| Tabla 7.4 | Parámetros de monitoreo en laboratorio..... | 115 |
| Tabla 7.5 | Análisis mínimos recomendables para aguas de consumo humano y riego..... | 116 |

INTRODUCCIÓN

El Salvador cuenta con una abundante cantidad de recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, algunos estudios realizados indican que estos han disminuido su caudal desde los años 70, de tal manera que se estima que antes del año 2100, la mayoría de ríos importantes de flujo continuo se convertirán en ríos de invierno.

El deterioro de las zonas de recarga de las cuencas hidrográficas, la baja eficiencia del uso del recurso, la contaminación de ríos, fuentes y reservorios de agua, están causando una acelerada reducción de la disponibilidad de las fuentes de agua para usos múltiples. Los niveles de contaminación de los cuerpos hídricos en El Salvador, representan un peligro para la vida de personas y animales, que de una u otra forma hacen uso de ellas; pues se afirma que el 90 % de los ríos, están contaminados por materia fecal.

La presente investigación, tiene como objetivo general, establecer una propuesta de monitoreo de fuentes contaminantes para el Río Titihuapa y llevar a cabo diagnóstico de la Calidad del Agua del Río Titihuapa.

Se ha estructurado el presente reporte en 9 capítulos, donde en los capítulos I,II y III se establecen los objetivos, alcances y limitaciones; información general sobre el agua, su clasificación y posibles contaminantes; también se reportan generalidades sobre el canal principal del Río Titihuapa y los departamentos de Cabañas y San Vicente, ya que el Río Titihuapa se ubica como límite entre estos.

En el capítulo IV se presentan los usos generales que puede tener un río, y se determinan los usos para los cuales se destina el agua del Río Titihuapa, se identifican algunas de las fuentes principales de contaminación en dicho Río, tanto puntuales como no puntuales. Para luego, con esta información y tomando en cuenta ciertos criterios específicos para establecer puntos de muestreo, se procede a

establecer la Red de puntos de monitoreo que se llevarían a cabo. En el Capítulo V se resumen parte de las legislación, normativas e instituciones relacionadas con los recursos hídricos.

El Capítulo VI, incluye la metodología aplicada para la campaña de muestreo, establece los lineamientos base para la medición de la cantidad y calidad del agua del Río Titihuapa; se reportan los resultados obtenidos del análisis de las muestras tomadas en el Río Titihuapa, y luego se lleva a cabo la discusión de dichos resultados.

La Propuesta de Monitoreo de Fuentes Contaminantes en el Río Titihuapa se presenta en el Capítulo VII, donde se establecen los elementos estructurales de la misma, los puntos de monitoreo, fijos y variables, que se deberán considerar y los parámetros que se deberán evaluar

Siendo los Capítulos VIII y IX, donde se presentan las conclusiones y recomendaciones de la presente información. Asimismo, en los anexos se adjunta fichas y formatos para la recopilación de la información, resumen de valores de parámetros según Normativas, los informes de análisis de laboratorio de los parámetros evaluados, mapa de localización de puntos de monitoreo, entre otras informaciones.

La contribución principal de esta investigación es determinar la calidad de agua actual que tiene el Río Titihuapa, de tal manera de establecer una línea base para el posterior seguimiento del comportamiento del Río utilizando para ello la propuesta de Monitoreo de Fuentes contaminantes y otras investigaciones. Asimismo, se establece que el Río Titihuapa presenta principalmente contaminación orgánica y microbiológica por lo cual se deberán tomar las medidas necesarias para sanear el Río y prevenir contaminaciones futuras.

I. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaboración de una propuesta de monitoreo para el control de fuentes contaminantes en una zona crítica y diagnóstico de la calidad de agua para el canal principal del río Titihuapa, en la época lluviosa.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar la caracterización geográfica, natural y social de la zona de influencia del río Titihuapa.
- b) Determinar los usos para los que se destina el agua del río Titihuapa.
- c) Identificar las principales fuentes contaminantes del río Titihuapa y sus posibles impactos ambientales.
- d) Diseñar un red de monitoreo de calidad del agua en el canal principal del río Titihuapa.
- e) Analizar y Evaluar los parámetros de calidad y cantidad de agua en el río Titihuapa.
- f) Elaborar una propuesta de monitoreo para el control de fuentes contaminantes que afecten los parámetros de calidad del agua del río Titihuapa

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1 Alcances

- a) Por medio de una revisión bibliográfica y visitas al Municipio de San Isidro se caracterizará la zona de influencia del río Titihuapa, determinando con ello la situación de los recursos naturales, las actividades importantes de la región, la

población y los servicios básicos con los que se cuentan. El contacto con la comunidad se realizará con el apoyo institucional de la ONG Asociación de Desarrollo Económico y Social Santa Marta (ADES).

- b) A partir de la caracterización del área y de las visitas realizadas al sitio de estudio, se determinarán algunos de los usos y actividades para los cuales se destina el río Titihuapa, delimitando así el tipo de calidad de agua que se requiere según las diferentes zonas del mismo.
- c) Se recopilará información sobre los tipos de fuentes contaminantes en aguas superficiales y sus posibles impactos ambientales. En base a ello se identificarán y clasificarán las fuentes contaminantes del río Titihuapa, estableciendo sus coordenadas y se elaborará un mapa de su ubicación.
- d) En el diseño de la red de monitoreo de la calidad de agua se llevará a cabo un reconocimiento por medio de giras de campo, entrevistas con pobladores de la zona, y la utilización de una metodología apropiada para encontrar un punto característico del río Titihuapa en cuanto su calidad de agua, validando la red de monitoreo y definiendo la metodología de trabajo.

1.3.2 Limitaciones

El Estudio se llevará en los puntos del canal principal donde se cuente con buena accesibilidad y se identifiquen posibles fuentes contaminantes, con énfasis en el recorrido del Río Titihuapa en el Municipio de San Isidro.

Debido a las condiciones geográficas de la zona de estudio y la estación climática, la etapa de recolección de muestras se realizara solamente en las primeras semanas de la época lluviosa.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

Los usos que puedan tener los recursos hídricos están determinados por la calidad del agua que ellos representan. La calidad del agua no es un término absoluto, sino que se debe relacionar con el uso o actividad a que se destina: calidad para beber, para riego, etc.

La importancia que tiene el estudio de la calidad, radica fundamentalmente en la repercusión que tienen los seres vivos y otros problemas importantes derivados de la falta de calidad del recurso, volviéndose un factor de escasez de agua, al no cumplir con los requisitos de calidad para algunos usos productivos o de abastecimiento.

Para solucionar estos problemas es preciso establecer los requisitos de calidad del agua, expresados como criterios y objetivos de su calidad, los cuales dependen de su uso o están orientados hacia la protección del uso más sensible entre una serie de usos existentes o planificados dentro de un área de captación.

En la zona del río Titihuapa el abastecimiento de agua es extremadamente difícil, ya que existen sectores y comunidades que no cuentan con un servicio de agua potable por lo que se abastecen de agua de pozo o del agua que toman directamente de los ríos cercanos, para satisfacer sus necesidades, las cuales van desde el agua para beber, actividades domésticas y agrícolas hasta su recreación. Por lo que se hace necesario no solo determinar la calidad actual del agua, sino también generar herramientas para que las comunidades e instituciones puedan monitorear la calidad de agua y sus variaciones a través del tiempo por la influencia de las diferentes actividades que se realizan en el presente o se podrían realizarse a futuro en la zona (agroindustria, extracción minera, usos domésticos, etc).

II. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

Un 70% de la superficie de la tierra es agua, pero la mayor parte de ésta es oceánica. En volumen, sólo aproximadamente 3% de toda el agua del mundo es agua dulce, y en su mayor parte no se halla generalmente disponible. Unas tres cuartas partes de toda el agua dulce se halla inaccesible, en forma de casquetes de hielo y glaciares situados en zonas polares muy alejadas de la mayor parte de los centros de población; sólo un 1% es agua dulce superficial fácilmente accesible.

El agua esta integrada básicamente por dos elementos, hidrógeno y oxígeno; químicamente se representa por la molécula H₂O, ésta posee dos átomos de hidrógeno enlazados con un átomo de oxígeno, es la única sustancia capaz de existir en los tres estados de la materia, la cual presenta forma acodada con un ángulo de enlace de 105°.

Entre sus propiedades físicas podemos mencionar: líquido incoloro, inodoro e insípido que a la presión atmosférica presenta una densidad de 1.0 g/ml, a 4 C o de temperatura, su punto de ebullición es de 100°C y congela a 0°C¹.

La elevada constante dieléctrica explica la facilidad con que se ionizan las sales disueltas en el agua; muy pocos líquidos tienen dicha constante igual o superior. La tensión superficial del agua limpia (72.76 Din. cm⁻¹) y es la mayor de todos los líquidos a temperatura ordinaria; su viscosidad es relativamente elevada, ambas propiedades tienen gran interés en la vida de los seres de pequeño tamaño².

Las moléculas de agua tienen la propiedad de formar agregados moleculares, donde están ligadas unas con otras, por medio de enlaces puente de hidrogeno, estas características y además la de ser un electrolito débil hacen del agua el medio de transporte ideal de muchos materiales dentro de los organismos vivientes.

¹ Chang, R., QUIMICA, 4ª Edición, Mac. Graw Hill, Interamericana de México, México, 1992, pág. 25

² Margalef, Ramon; **Ecología**, Ediciones Omega S.A., 8ª Reimpresión, Barcelona, 1985, pág. 15

La mayoría de las propiedades físicas y químicas del agua son función de la temperatura, presión, sustancias disueltas y las diferencias pequeñas o grandes tienen gran importancia para dar cuenta de la distribución y de las actividades de los organismos vivos³.

2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS NATURALES

Las aguas naturales, disponibles en el medio ambiente se clasifican en tres categorías: aguas superficiales (Ríos, Lagos y Lagunas), las aguas meteóricas y aguas subterráneas.⁴

- a) Las **Aguas superficiales** son las que se encuentran en el caudal de los ríos, lagos, lagunas, las de una cuenca de embalse, presas, etc. Las aguas de los ríos en los recorridos se van transformando de diversas maneras, ya que debido a su gran poder disolvente, recogen materias de los diferentes lugares por los cuales pasan.
- b) Las **Aguas Meteóricas**, son aquellas procedentes directamente de la atmósfera, en forma de lluvia, rocío o neblina.
- c) Las **Aguas subterráneas**, son las que se filtran en el terreno pudiendo aflorar en forma de manantiales. El agua sufre modificaciones, ya que al atravesar las capas terrestres puede absorber ácido carbónico, se puede mineralizar, perder oxígeno, etc. Modificándose en muchos casos su olor, color y sabor.

2.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA⁵

Se entiende por contaminación del agua la incorporación de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos o aguas

³ Margalef, R., *Idem*, pág. 16

⁴ Guerrero Barrera, Guadalupe; "Cartilla N°4: El Agua y su relación con la salud y la enfermedad." Serie Educativa para acciones comunitarias en Agua y saneamiento ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales(MARN), El Salvador, 2002, pág. 13

⁵ López Zelaya, J.R.; Quezada Alvarado, M.L. y Sánchez de Campos, D.; "Guía Didáctica III: **MEDIO AMBIENTE Y LA COMUNIDAD**"; Guías Didácticas de Educación Ambiental, 1ª Edición, San Salvador, 1997, pág. 33-34

residuales, que deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos: bebida para la especie humana, soporte de vida acuática sana, regadío de la tierra, lugar de recreo, etc. Los contaminantes del agua pueden ser biodegradables: microorganismos patógenos y sustancias orgánicas que se fermentan, y no biodegradables: sustancias inorgánicas como las sales de plomo y otros minerales. Las altas temperaturas también se consideran factores de contaminación del agua.

2.2.1 Contaminantes biológicos

La contaminación producida por microorganismos patógenos y materia orgánica fermentable procedentes de las aguas fecales, la industria papelera y agroindustria, es denominada contaminación biológica.

Se sabe que el 90% de los ríos de El Salvador se encuentran contaminados por materia fecal. En las zonas rurales del país, la disposición a campo abierto de las heces fecales por falta de letrinas provoca una severa contaminación de bacterias coliformes y otros microorganismos parásitos y patógenos.

2.2.2 Qué pasa en el agua cuando se fermenta la materia orgánica

La descomposición de los desechos orgánicos en el agua provoca dos problemas en el cuerpo de agua donde estos son descargados. Por un lado, la liberación de nitratos y fosfatos generando en principio un aumento de las poblaciones de algas, explosión demográfica inconveniente porque rompe con el equilibrio del ecosistema.

Además, el agua dulce, apta para la vida acuática, es rica en oxígeno disuelto y baja en elementos nutrientes que requieren oxígeno; sin embargo, la degradación de la excesiva materia orgánica que trae una descarga de aguas negras requiere de grandes poblaciones de bacterias que utilizan mucho oxígeno disuelto en el agua, bajando los niveles de este elemento.

Cuando los cuerpos de agua bajan sus niveles de oxígeno, los peces mueren inevitablemente y al final también las algas y otros seres vivos desaparecen de los ecosistemas acuáticos. Los ríos, mientras corren y mejor aún si tienen lechos pedregosos, se oxigenan recuperando este elemento perdido, tomándolo de la atmósfera.

2.2.3 Contaminantes químicos

Una serie de productos químicos con diferentes niveles de toxicidad, procedentes de la industria, los domicilios y la producción agropecuaria, son depositados en los diferentes cuerpos de agua superficiales y aun en los mantos acuíferos subterráneos.

Entre estos se encuentran compuestos de nitratos y fosfatos, sales de plomo, mercurio, otros metales pesados, fertilizantes, pesticidas, otros agroquímicos, pinturas, desinfectantes, jabones, detergentes, petróleo y sus derivados, entre otros.

2.2.4 Tipos de contaminantes de los cuerpos de agua, provenientes de la industria

Algunos contaminantes provenientes de diferentes industrias pueden ser:

- a) Material flotante: espumas, aceites y sólidos ligeros.
- b) Sólidos sedimentables: Partículas que se hunden como polvo, hollín, fragmentos de vidrio, madera, piezas de metal.
- c) Material coloidal: Partículas sumamente pequeñas que mezcladas en un medio líquido hay pocas posibilidades de separarlas.
- d) Sólidos disueltos: sales minerales como los carbonatos y fosfatos.
- e) Sustancias tóxicas: Elementos que intoxican o envenenan a los organismos vivos, causando en muchos casos su muerte. Entre estas sustancias se encuentran: cianuro, arsénico, berilio, ácido fénico, cromo, mercurio, hidrocarburos, plomo, selenio, elementos radioactivos y pesticidas.

- f) Cieno o lodo: abundante concentración de sólidos que dan al agua un aspecto y consistencia pastosa.

Los metales pesados como plomo, plata, cromo y mercurio son contaminantes comunes del agua y pueden causar defectos de nacimiento en los seres humanos. Los metales pesados cobre y zinc cuando actúan combinados son 10 veces más tóxicos para los peces que cada uno por separado.

2.2.5 Contaminación física

El lodo y los desechos sólidos (plásticos, piezas de durapax, botellas de vidrio, latas, etc.) que arrastran los ríos o se depositan en el fondo de los lagos, así como también los tintes provenientes de la industria textil, pueden considerarse contaminantes físicos del agua que a pesar de ser poco activos y peligrosos, no sólo representan un problema estético sino que impiden en algunos casos el paso de la luz solar. La práctica de depositar basura en los ríos con la idea que estos la llevan lejos es muy antigua. En la actualidad no existe tal lejanía porque los ríos han quedado dentro de los límites de las ciudades.

2.2.6 Contaminación térmica

La temperatura y radiación también contaminan el agua. Muchas industrias utilizan altas temperaturas para sus procesos de producción, enviando a las aguas de ríos o lagos aledaños residuos excesivamente calientes que alteran la vida de la comunidad acuática. El oxígeno es menos soluble en el agua a altas temperaturas.

2.2.7 Efectos de la contaminación de las aguas

La contaminación y la disminución del agua generan problemas en el orden ecológico, social y económico de la sociedad. Aparte de los problemas de abastecimiento y los severos problemas epidemiológicos en la población, la extinción

de especies o la drástica disminución de poblaciones de la biodiversidad acuática es un efecto poco o nada dimensionado en El Salvador. Por otro lado, la escasez y contaminación de este recurso genera pérdidas económicas en la producción industrial, agropecuaria y agroindustrial.

2.2.8 El agua y la salud de la población

El agua contaminada con heces fecales (contaminación biológica) genera problemas epidemiológicos. Muchas enfermedades bacterianas (gastroenteritis, cólera, tifoidea, etc.), virales (hepatitis, poliomielitis, etc.) y otras (amebiasis, diarreas causadas por otros parásitos intestinales) pueden transmitirse directamente por medio del agua para beber o la ingestión de hortalizas crudas provenientes de zonas de cultivo irrigadas con aguas contaminadas.

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

La capacidad de auto-regeneración de un río depende del caudal del mismo, el cual permitirá diluir el vertido y facilitar su posterior degradación; la turbulencia del agua, que aportará oxígeno diluido al medio; y la naturaleza y volumen del vertido. En este sentido, la presencia en el agua de altas concentraciones de contaminantes, tanto biodegradable como elementos no biodegradables, anula el proceso de auto-depuración, se rompe el equilibrio y queda una zona contaminada que resultará difícil recuperar si no es de forma lenta y/o artificial, limitando todos los usos posteriores del agua, o causando efectos negativos al ser usada.

Por otro lado es importante mencionar que muchos compuestos tales como plaguicidas, fertilizantes, metales pesados, entre otros, no desaparecen de los ambientes acuáticos sino que cambian de lugar, acumulándose en el fondo de ríos e incorporándose a las plantas y a las cadenas tróficas produciendo a mediano y largo plazo enfermedades en la población.

2.3 CAPACIDAD AUTODEPURADORA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES⁶

La autodepuración es un proceso que la naturaleza provee a los cuerpos hídricos, la capacidad para eliminar por si mismo la sustancias que la contaminan.

El agua posee varios mecanismos para disminuir los contaminantes presentes en su seno, uno de ellos es la sedimentación, mediante la cual se elimina los sólidos depositándolos en el fondo del reservorio. La velocidad de sedimentación depende del flujo de agua y tamaño de las partículas.

Otro mecanismo es la absorción, en la cual los contaminantes se absorben sobre la superficie de los sólidos y acompañan a estos hacia los sedimentos, a pesar de la eficiencia de los mecanismos mencionados, la aireación es la principal vía de eliminación de especies contaminantes, en concreto de compuestos orgánicos. Mediante este proceso, se facilitan las reacciones de oxidación entre el oxígeno disuelto, el atmosférico y el presente en disolución.

Las fuerzas químicas de auto-depuración en una corriente incluyen la oxidación, reducción, neutralización y coagulación, estas reacciones químicas transforman los desechos inestables en productos relativamente inofensivos.

⁶ Ferrero J. Depuración Biológica de las Aguas, primera edición, Editorial Alambra, 1974; 1

III. GENERALIDADES DEL CANAL PRINCIPAL DEL RÍO TITIHUAPA

En el siguiente capítulo se desarrollan temas que permiten conocer las características geográficas, naturales y sociales del Área de Estudio, para ello se ha llevado a cabo una revisión de fuentes bibliográfica y electrónica, así como visitas al sitio de interés.

3.1 DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES EN EL SALVADOR

En El Salvador existen 360 ríos con características de caudales torrenciales intermedios que pueden variar dependiendo de las características atmosféricas imperantes en un determinado tiempo (estación lluviosa), como ríos mas importantes se pueden mencionar el río Lempa, Grande de San Miguel, Goascorán, Sumpul, Paz, Grande de Sonsonate, Jiboa, entre otros.

En cuanto a la representabilidad en la disposición del recurso agua, el río Lempa posee una disponibilidad de 68 % de las aguas superficiales; el río Grande de San Miguel representa el 6%; el restante 26% lo suplen los demás ríos que conforman la red hídrica del país. e estima en 5,000 Km² la suma territorial de las cuencas hidrográficas en el país, lo que constituye el 24% del territorio nacional.

Las tierras cercanas a la costa drenan a través de una serie de ríos que desembocan directamente al océano.⁷

⁷ López Zelaya, J.R; Quezada Alvarado, M.L. y Sánchez de Campos, D.; “*Guía Didáctica III: MEDIO AMBIENTE Y LA COMUNIDAD*”; Guías Didácticas de Educación Ambiental, 1ª Edición, San Salvador, 1997, pág. 15



AGUA DULCE PERENNEMENTE DISPONIBLE

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|----------------|-----------------|--------------|-------|-------|--------------------|-------|--------|------------------|-------|---------|-----------------|
| <p>Unidad</p> <p>1 Muy grandes a enormes cantidades disponibles de ríos principales, lagos, y embalses durante todo el año.</p> <p>2 Grandes a enormes cantidades disponibles de ríos secundarias desde principios de mayo hasta octubre, y grandes a muy grandes cantidades disponibles durante el resto del año.</p> <p>3 Moderadas a enormes cantidades disponibles de ríos chicos desde principios de mayo hasta octubre, y moderadas a grandes cantidades disponibles durante el resto del año.</p> <p>AGUA DULCE ESTACIONALMENTE DISPONIBLE</p> <p>4 Moderadas a enormes cantidades disponibles de rillitos intermitentes desde principios de mayo hasta octubre, condiciones generalmente secas durante el resto del año.</p> <p>AGUA DULCE ESCASA O DEFICIENTE</p> <p>6 Moderadas a enormes cantidades disponibles de arroyos efímeros y rillitos intermitentes desde principios de mayo hasta octubre, condiciones generalmente secas durante el resto del año.</p> <p>8 Muy grandes a enormes cantidades de agua salobre o salina disponibles de ríos, lagos, lagunas costeras y en manglares durante todo el año.</p> <p>7 Agua muy contaminada. No se puede remediar con tratamiento de osmosis reversible por altos niveles de químicos orgánicos.</p> | <p>Estación de Aforo Fluvial</p> <p>CUENCAS FLUVIALES:</p> <p>I Río Lempa</p> <p>II Río Guasorán</p> <p>III Río Grande de San Miguel</p> <p>IV Río Paz</p> <p>V Área costera entre los ríos Cara Sucia y Copinula</p> <p>VI Área costera entre los ríos Sensunapan y Banderas</p> <p>VII Área costera entre los ríos Pululuya y Comalapa</p> <p>VIII Río Jiboa</p> <p>IX Área costera entre los ríos Jalponga y El Guayabo</p> <p>X Área costera entre los ríos El Potrero y Juara</p> <p>XI Área costera entre los ríos Grande de San Miguel y Sirama</p> <p>— Límite de cuenca</p> <p><small>Nota: Unidades numeradas del mapa refieren a los apuntes en cuadro No. A-1.</small></p> | <p>Términos Cuantitativos:</p> <p>Enormes - >400,000 litros por minuto (L/min) (100,000 gal/min)</p> <p>Muy grandes - >40,000 a 400,000 L/min (10,000 a 100,000 gal/min)</p> <p>Grandes - >4,000 a 40,000 L/min (1,000 a 10,000 gal/min)</p> <p>Moderadas - >400 a 4,000 L/min (100 a 1,000 gal/min)</p> <p>Pequeñas - >40 a 400 L/min (10 a 100 gal/min)</p> <p>Muy pequeñas - >4 a 40 L/min (1 a 10 gal/min)</p> <p>Minúsculas - <4 L/min (1 gal/min)</p> <p>Términos Cualitativos:</p> <p>Agua dulce - máximo total de sólidos disueltos (TDS) <1,000 miligramos por litro (mg/L); máximo de cloruros <600 mg/L, y máximo de sulfatos <300 mg/L</p> <p>Agua salobre - máximo TDS >1,000 mg/L, pero <15,000 mg/L</p> <p>Agua salina - TDS >15,000 mg/L</p> <p>Tabla de Conversión:</p> <table border="0" style="font-size: small;"> <tr> <td>Para Convertir</td> <td>Multiplicar Por</td> <td>Para Obtener</td> </tr> <tr> <td>L/min</td> <td>0.264</td> <td>galones por minuto</td> </tr> <tr> <td>L/min</td> <td>15.852</td> <td>galones por hora</td> </tr> <tr> <td>L/min</td> <td>380.517</td> <td>galones por día</td> </tr> </table> | Para Convertir | Multiplicar Por | Para Obtener | L/min | 0.264 | galones por minuto | L/min | 15.852 | galones por hora | L/min | 380.517 | galones por día |
| Para Convertir | Multiplicar Por | Para Obtener | | | | | | | | | | | | |
| L/min | 0.264 | galones por minuto | | | | | | | | | | | | |
| L/min | 15.852 | galones por hora | | | | | | | | | | | | |
| L/min | 380.517 | galones por día | | | | | | | | | | | | |

Mapa 3.1 Recursos de Agua Superficial en El Salvador

(Fuente: Surface Water Resources, Evaluación de Recursos de Agua de la República de El Salvador⁸)

⁸ Buckalew, J.O.; Knowles, R.O.; Waite, L.; James, M.; Laprevote, J.; **Evaluación de Recursos de Agua de la República de El Salvador;** Investigación realizada por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, Distrito de Mobile y por el Centro de Ingeniería Topográfica de la Armada de los Estados Unidos, comisionada por la Oficina de Ingenieros del Comando Sur de los Estados Unidos, Octubre, 1998

La contaminación del agua por sustancias químicas tales como minerales (mercurio, aluminio, cadmio, nitratos, fosfatos, etc.) y todo tipo de pesticidas utilizados en las actividades agropecuarias, industriales y domésticas, así como la contaminación por radioactividad, afecta directamente la salud humana, provocando graves enfermedades como el cáncer.

Tabla 3.1 Niveles de contaminación registrados en algunos ríos de El Salvador

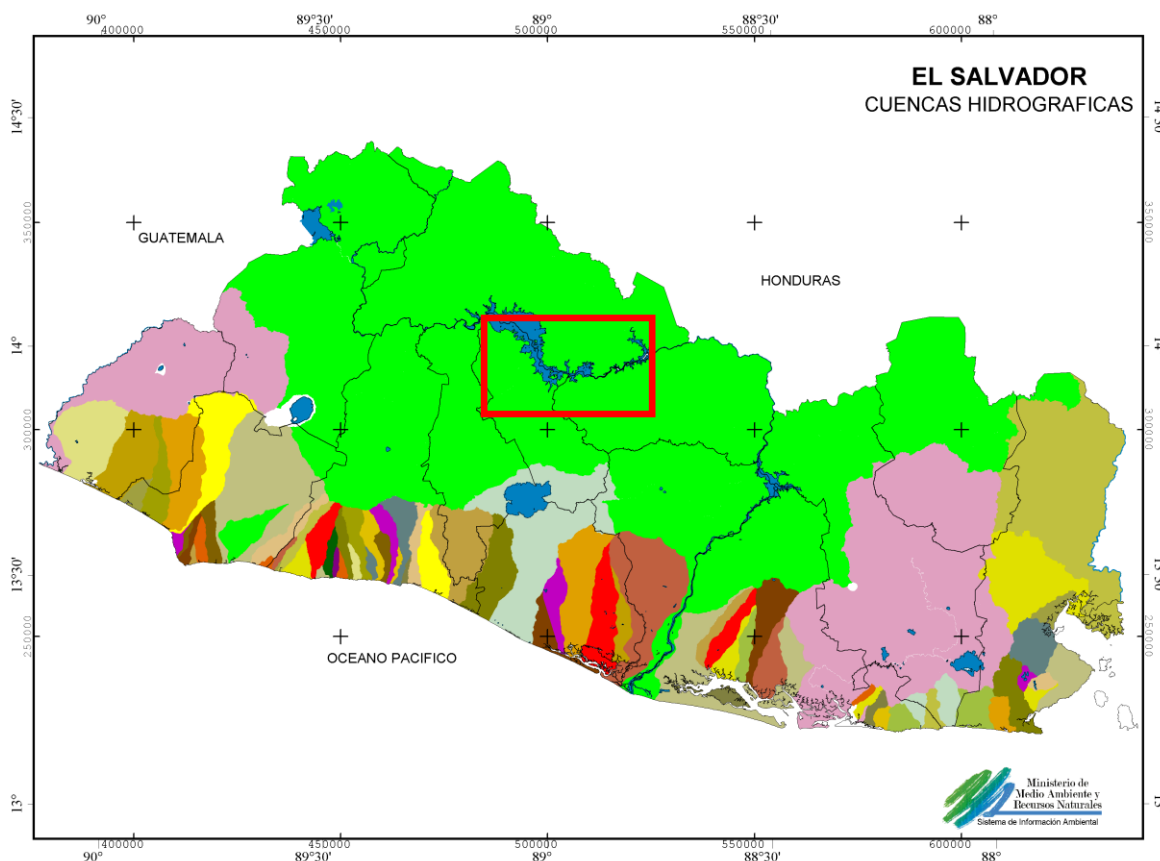
| Ubicación | Oxígeno disponible (mg/lit) | Demanda Biológica de Oxígeno (mg/lit) | Conteo de coliformes (NMP/100 mil) |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Río Sucio | 7.3 | 40.0 | 150,000 |
| Río Suquiapa | 2.7 | 50.0 | 150,000 |
| Río Acelhuate | 2.6 | 49.0 | 24,000,000 |
| Cerrón Grande (Río Lempa) | 4.9 | 4.5 | 35,000 |
| Río Torola | 6.4 | 4.8 | 200 |
| 15 de Sept. ⁹ | 5.7 | 7.0 | 150 |
| Río Lempa (Puente San Marcos) | 6.2 | 8.7 | 450 |

(Fuente: Guías Didácticas III, El Medio Ambiente y la Comunidad, 1997.-)

3.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de Estudio comprende parte del Canal Principal del Río Titihuapa, y se ubica dentro de la Gran Cuenca del Río Lempa tal como se observa en el mapa III-2. El Río Titihuapa pasa por los Municipios de Ilobasco, Guacotecti, y Dolores del Departamento de Cabañas; San Sebastián, San Esteban Catarina, Santa Clara y San Ildefonso de San Vicente, sirve de límite departamental, con lo que se forma la Subcuenca de dicho Río, según se puede observar en la figura 3.3.-

⁹ Desembocadura del Titihuapa en el Lempa

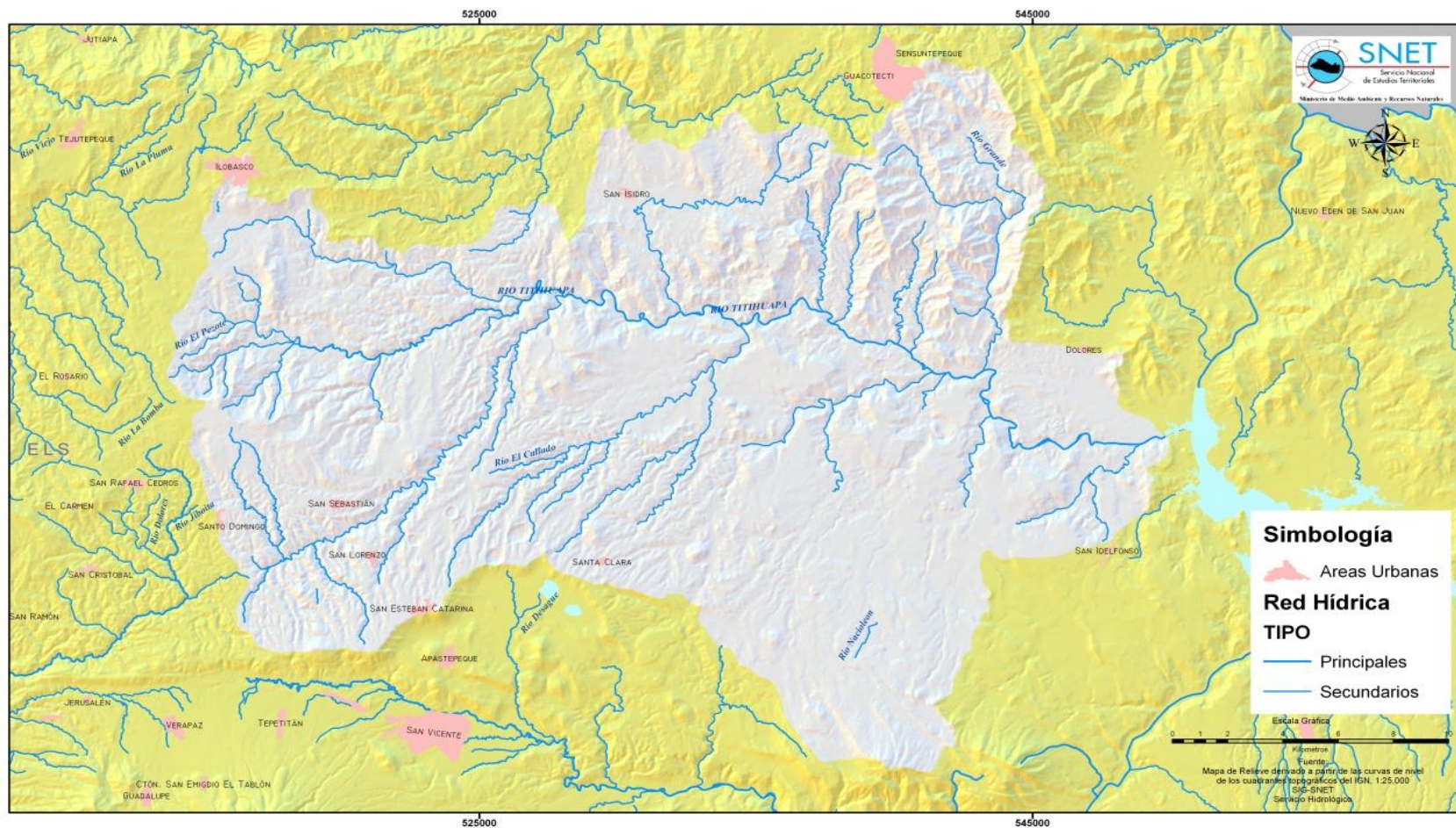


MAPA 3.2 Mapa de cuencas Hidrográficas (Fuente: MARN,2002)¹⁰

El Río Titihuapa se forma de la unión de los ríos Chiquito y Los Ángeles, 7.3 km al Sur de la ciudad de Ilobasco. Corre de Oeste a Este con una longitud de 48 kms, desembocando en el río Lempa al final de su recorrido. Recibe la afluencia de los ríos: El Guarumo, El Molino, Machacal, El Jícaro, Santa Cruz, Chapelcoro, Ucute, Jiñuapa, Amatitán, San José, Marcos, San Isidro, San Juan, y Santa Barbara; asimismo recibe el caudal de las quebradas: Los Henríquez, Caballito, El Fierro, El Caracol, El Pital, Helada, El Bonete, Vieja, El Riachuelo, Las Pilas, de Salamo, del Nacimiento, La majada, El Copal, La Cantina, con Agua, Agua Fría, Lajitas, La Concepción, El Marillo, La Guazita, El Garrobo, San Cristóbal y el Naranja.¹¹

¹⁰ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales(MARN); "Sistema de Información Ambiental", CD-2, de la Colección de CD'S Medio Ambiente, El Salvador, 2002

¹¹ Instituto Geográfico Nacional "Ing. Pablo Arnoldo Guzman"; "Diccionario Geográfico de El Salvador, Tomo II", Publicación propiedad del Centro Nacional de Registros, El Salvador, 1996



MAPA 3.3 Subcuenca del Río Titihuapa

(Fuente: Mapa de Relieve derivado a partir de las curvas a nivel de los cuadrantes Topográficos del IGN 1:25000, SIG-SNET, Servicio Hidrológico¹²)

¹² Este Mapa fue facilitado por la Lic. Zulma Esperanza MENA del Servicio Nacional de Estudios Territoriales

Para Establecer las características biofísicas del Área de Estudio, se hace referencia a los departamentos de Cabañas y San Vicente de manera general ya que, como se menciona con anterioridad, el Canal principal del Río Titihuapa sirve de límite entre ellos,

3.2.1 Características Geográficas y sociales del Departamento de Cabañas

El **Departamento de Cabañas** pertenece a la zona paracentral del país; está limitado al Norte por el departamento de Chalatenango y la Republica de Honduras; al Noreste por la Republica de Honduras; al Este por el departamento de San Miguel y la republica de Honduras; al Sureste por los departamentos de San Miguel y San Vicente; al Sur por el departamento de San Vicente (límite Río Titihuapa); al Suroeste por los departamentos de Cuscatlán y San Vicente; al Oeste por el departamento de Cuscatlán y al Noreste por los departamentos de Chalatenango y Cuscatlán.

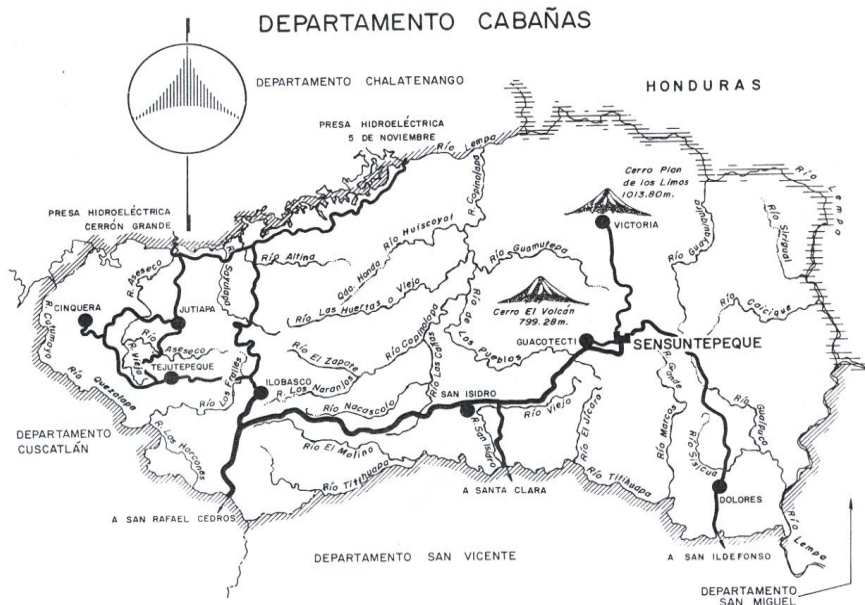


Fig. 3.1 Esquema del Departamento de Cabañas¹³ (Fuente: Monografía de Cabañas)

¹³ Instituto Geográfico Nacional "Ing. Pablo Arnoldo Guzman", Monografía Del Departamento De Cabañas, Centro Nacional de Registros, El Salvador, 1988

Tiene una Extensión Superficial de: 1103.51 Km², y se encuentra entre los 110 m.s.n.m. (Municipio de Dolores) y los 830 m.s.n.m. (Municipio de Victoria). Y esta Formado por 9 Municipios los cuales se detallan a continuación:

Tabla 3.2 Municipios del Departamento de Cabañas, extensión superficial y Patrimonio Cultural

| | Municipios | Extensión en Km2 | Patrimonio Cultural |
|---|-------------------|-------------------------|---|
| 1 | Sensuntepeque | 306,33 | |
| 2 | Ilobasco | 249,69 | Sitio Arqueológico en Cantón los Llanitos |
| 3 | Victoria | 146,95 | Sitio Arqueológico en Cima del Cerro Caracol. |
| 4 | San Isidro | 78,33 | |
| 5 | Jutiapa | 67,12 | Antigua Ciudad en el Caserío los Remedios del Cantón Llano Largo. |
| 6 | Tejutepeque | 50,52 | |
| 7 | Dolores | 149,05 | |
| 8 | Cinquera | 34,51 | |
| 9 | Guacotecti | 21,01 | |

(Fuentes: Monografía de Cabañas, Instituto Geográfico Nacional, CNR 1997)

La economía se basa, sobre todo en el sector agropecuario. La industria es de tipo artesanal (tejeduría, cestería, alfarería) se concentra en la cabecera departamental, Sensuntepeque, ciudad que conserva muestras de la arquitectura colonial. Otros centros artesanales notables Ilobasco, localidad famosa por la producción de alfarería, y Cinquera, donde hay manufactura de tabaco y es importante la confitería.

Entre otros recursos, el Departamento de Cabañas cuenta con tres presas hidroeléctricas: la 5 de Noviembre y la Presa Cerrón Grande, al Norte, Nor-este; y la **15 de Septiembre al Este del Departamento, siendo el embalse de esta última donde finalmente desemboca el Río Titihuapa en el Río Lempa**

En el siguiente cuadro se presentan algunos datos Estadísticos referidos a los municipios del departamento de Cabañas:

Tabla 3.3 Datos Estadísticos sobre Educación, Salud Pública y División Administrativa del Departamento de Cabañas¹⁴

| MUNICIPIOS | EDUCACION | | | | SALUD PUBLICA | | | | DIVISION ADMINISTRATIVA | | | | |
|----------------|--------------|--------------|------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-------------------------|----------|----------|-----------|------------|
| | ESC. URBANAS | ESC. RURALES | ESC. PARVULARIAS | ESC. DE EDUC. MEDIA | CENTRO DE SALUD | UNIDAD DE SALUD | PUESTO DE SALUD | I.S.S.S. | CIUDAD | VILLA | PUEBLO | CANTONES | CASERIOS |
| MINQUERA | - | 6 | 1 | 1 | - | - | 1 | - | - | - | 1 | 8 | 35 |
| BUACOTECHI | - | 4 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | 3 | 10 |
| LOBASCO | - | 42 | 9 | 1 | - | 1 | - | 1 | 1 | - | - | 18 | 34 |
| JUTIAPA | - | 10 | 1 | 1 | - | - | 1 | 1 | - | 1 | - | 7 | 49 |
| SAN ISIDRO | - | 14 | 4 | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 7 | 28 |
| SENSUNTEPEQUE | 10 | 70 | 7 | 10 | 1 | - | - | 2 | 1 | - | - | 22 | 279 |
| TEJUTEPEQUE | 3 | 8 | 1 | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 6 | 27 |
| VICTORIA | - | - | 1 | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 11 | 86 |
| DOLORES | - | 16 | 1 | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 6 | 47 |
| TOTALES | 13 | 170 | 27 | 16 | 1 | 1 | 6 | 4 | 2 | 6 | 1 | 88 | 525 |

(Fuente: Diccionario Geográfico de El Salvador, Tomo II, 2000)

3.2.2 Características Geográficas y sociales del Departamento de San Vicente

El **Departamento de San Vicente**, se ubica en la zona paracentral del país; está limitado al Norte por el departamento de Cabañas; al Noreste por los departamentos de Usulután y San Miguel; al Este y Sureste por el departamento de Usulután; al Sur por el Océano Pacífico y el Departamento de Usulután; al Suroeste y Oeste por el departamento de La Paz; al Noroeste por los departamentos de Cuscatlán y

¹⁴ Instituto Geográfico Nacional "Ing. Pablo Arnoldo Guzmán"; "Diccionario Geográfico de El Salvador, Tomo II", Publicación propiedad del Centro Nacional de Registros, El Salvador, 1996

Cabañas. Tiene una extensión superficial de 1184.02 Km² y 230 m.s.n.m. Su división política consta de 13 municipios.

Tabla 3.4 Municipios del Departamento de San Vicente, extensión superficial y Patrimonio Cultural del Departamento de San Vicente.

| | Municipios | Extensión en Km2 | Patrimonio Cultural |
|----|------------------------|-------------------------|---|
| 1 | San Vicente | 267,25 | Edificios Coloniales: Palacio Municipal, Teatro, varias Iglesias. |
| 2 | Tecoluca | 284,65 | Sitio Arqueológico: Ruinas de Tehoacán. |
| 3 | San Sebastián | 61,83 | |
| 4 | Apastepeque | 120,56 | Sitio Arqueológico: Piezas varias. |
| 5 | San Esteban Catarina | 78,14 | |
| 6 | San Ildefonso | 136,37 | |
| 7 | Santa Clara | 124,46 | Petrograbados en Rivera del Río Titihuapa. |
| 8 | San Lorenzo | 18,71 | |
| 9 | Verapaz | 21,31 | Sitio Arqueológico: Piezas varias. |
| 10 | Guadalupe | 21,51 | |
| 11 | Santo Domingo | 16,41 | |
| 12 | San Cayetano Istepeque | 17,01 | |
| 13 | Tepetitán | 12,81 | |

(Fuentes: Recopilado de la página <http://www.comures.org.sv>)

La economía se centra en el sector agropecuario. Se cultiva café, caña de azúcar. La población tiende a concentrarse en la ciudad y los alrededores, donde se localiza también la producción industrial, basada, sobre todo en el sector textil y en la confección, así como en la elaboración de derivados agropecuarios. La **Industria:** Destaca la producción artesanal, desarrollada en localidades como Apastepeque, San Sebastián y San Lorenzo, donde se elaboran tejidos y dulce de panela, en Santa Clara.

A continuación se presentan algunos datos Estadísticos referidos a los municipios del departamento de San Vicente:

Tabla 3.5 Datos Estadísticos sobre Educación, Salud Pública y División Administrativa del Departamento de San Vicente.¹⁵

| MUNICIPIOS | EDUCACION | | | | SALUD PUBLICA | | | | DIVISION ADMINISTRATIVA | | | | |
|------------------------|--------------|--------------|------------------|---------------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------------------|----------|----------|------------|------------|
| | ESC. URBANAS | ESC. RURALES | ESC. PARVULARIAS | ESC. DE EDUC. MEDIA | HOSPITAL | UNIDAD DE SALUD | PUESTO DE SALUD | I. S. S. S. | CIUDAD | VILLA | PUEBLO | CANTONES | CASERIOS |
| APASTEPEQUE | 3 | 15 | 3 | 1 | - | 1 | - | - | 1 | - | - | 10 | 49 |
| GUADALUPE | - | 1 | 1 | 2 | - | 1 | - | - | 1 | - | - | 5 | 8 |
| SAN CAYETANO ISTEPEQUE | 1 | 3 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | 2 | 7 |
| SANTA CLARA | - | 11 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | 6 | 37 |
| SANTO DOMINGO | 2 | 2 | 2 | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 4 | 4 |
| SAN ESTEBAN CATARINA | 1 | 10 | - | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 7 | 30 |
| SAN ILDEFONSO | - | 12 | 1 | 2 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 6 | 74 |
| SAN LORENZO | - | 3 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | 1 | - | 4 | 9 |
| SAN SEBASTIAN | 3 | 8 | 5 | 4 | - | 1 | - | - | 1 | - | - | 9 | 21 |
| SAN VICENTE | 6 | 32 | 6 | 10 | 1 | - | - | 2 | 1 | - | - | 26 | 136 |
| TECOLUCA | - | 23 | - | 4 | - | 1 | 1 | - | 1 | - | - | 23 | 67 |
| TEPETITAN | - | 3 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | 3 | 6 |
| VERAPAZ | - | 8 | 2 | 1 | - | 1 | - | - | - | 1 | - | 8 | 10 |
| TOTALES | 16 | 131 | 26 | 31 | 1 | 5 | 4 | 2 | 5 | 7 | 1 | 113 | 458 |

(Fuente: Diccionario Geográfico de El Salvador, Tomo II, 2000)

¹⁵ Idem; "Diccionario Geográfico de El Salvador, Tomo II".

3.2.3 Población del área de Estudio

Según la Dirección General de Estadísticas y Censos, para el 2006 los departamentos con menor concentración de población son Cabañas, San Vicente y Cabañas; tal como se puede observar en el siguiente cuadro:

Tabla 3.6 El Salvador: Indicadores Demográficos por Departamento. 2006¹⁶

| DEPARTAMENTO | POBLACION 2006 | PESO RELATIVO | SUPERFICIE (Km ²) | DENSIDAD DEMOGRÁFICA (Hab/Km ²) | TASA DE CRECIMIENTO | | TIEMPO DE DUPLICACIÓN (en años) | POBLACIÓN PROYECTADA | |
|--------------|-------------------|------------------|----------------------------------|---|------------------------|-------------|--|-------------------------|-----------|
| | | | | | EXPONENCIAL | GEOMÉTRICA | | 2007 | 2008 |
| | | | | | 2005 - 2006 | 2005 - 2006 | | | |
| TOTAL | 6.990.657 | 100 | 21040,79 | 332,24 | 1,67 | 1,68 | 42 | 7.104.999 | 7.218.048 |
| AHUACHAPAN | 361.953 | 5,18 | 1239,6 | 291,99 | 2,06 | 2,08 | 34 | 369.496 | 377.141 |
| SANTA ANA | 618.653 | 8,85 | 2023,17 | 305,78 | 1,94 | 1,96 | 36 | 630.903 | 643.275 |
| SONSONATE | 518.522 | 7,42 | 1225,77 | 423,02 | 2,36 | 2,39 | 29 | 530.988 | 543.633 |
| CHALATENANGO | 203.964 | 2,92 | 2016,58 | 101,14 | 0,46 | 0,46 | 152 | 204.740 | 205.436 |
| LA LIBERTAD | 804.134 | 11,50 | 1652,88 | 486,50 | 2,47 | 2,51 | 28 | 823.511 | 842.624 |
| SAN SALVADOR | 2.233.696 | 31,95 | 886,15 | 2.520,67 | 1,60 | 1,62 | 43 | 2.266.387 | 2.297.282 |
| CUSCATLAN | 214.459 | 3,07 | 756,19 | 283,60 | 0,92 | 0,92 | 76 | 216.446 | 218.432 |
| LA PAZ | 323.348 | 4,63 | 1223,61 | 264,26 | 1,63 | 1,65 | 42 | 328.666 | 334.036 |
| CABAÑAS | 157.709 | 2,26 | 1103,51 | 142,92 | 0,47 | 0,47 | 146 | 158.395 | 159.096 |

¹⁶ NOTA: Para efectos del cálculo de la densidad demográfica se consideró la superficie de El Salvador antes del fallo de la Haya (21,040.79 Km²)

Cont...3.6

| DEPARTAMENTO | POBLACION 2006 | PESO RELATIVO | SUPERFICIE (Km²) | DENSIDAD DEMOGRÁFICA (Hab/Km²) | TASA DE CRECIMIENTO | | TIEMPO DE DUPLICACIÓN (en años) | POBLACIÓN PROYECTADA | |
|--------------|-------------------|------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------|--|-------------------------|---------|
| | | | | | EXPONENCIAL | GEOMÉTRICA | | 2007 | 2008 |
| | | | | | 2005 - 2006 | 2005 - 2006 | | | |
| SAN VICENTE | 172.923 | 2,47 | 1184,02 | 146,05 | 1,16 | 1,16 | 60 | 174.928 | 176.925 |
| USULUTAN | 349.908 | 5,01 | 2130,44 | 164,24 | 0,59 | 0,59 | 118 | 352.063 | 354.200 |
| SAN MIGUEL | 546.022 | 7,81 | 2077,1 | 262,88 | 2,28 | 2,30 | 30 | 558.942 | 572.264 |
| MORAZAN | 180.065 | 2,58 | 1447,43 | 124,40 | 0,65 | 0,65 | 107 | 181.285 | 182.507 |
| LA UNION | 305.301 | 4,37 | 2074,34 | 147,18 | 0,94 | 0,94 | 74 | 308.249 | 311.197 |

(Fuente: Dirección General de Estadística y Censos. División de Estadísticas Sociales -DES-)

3.3 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS DE LA REGIÓN

Es importante conocer ciertos aspectos biofísicos que pueden afectar a la Subcuenca del Río Titihuapa, tales como el clima, el tipo de suelo, la biodiversidad presente, entre otros, ya que estos combinados con los factores antropogénicos pueden influenciar la calidad de un cuerpo de agua.

3.3.1 Clasificación de los suelos y Su uso

Los suelos de la zona son generalmente arcillosos y se puede considerar que en general son poco fértiles y con bajos contenidos de materia orgánica.

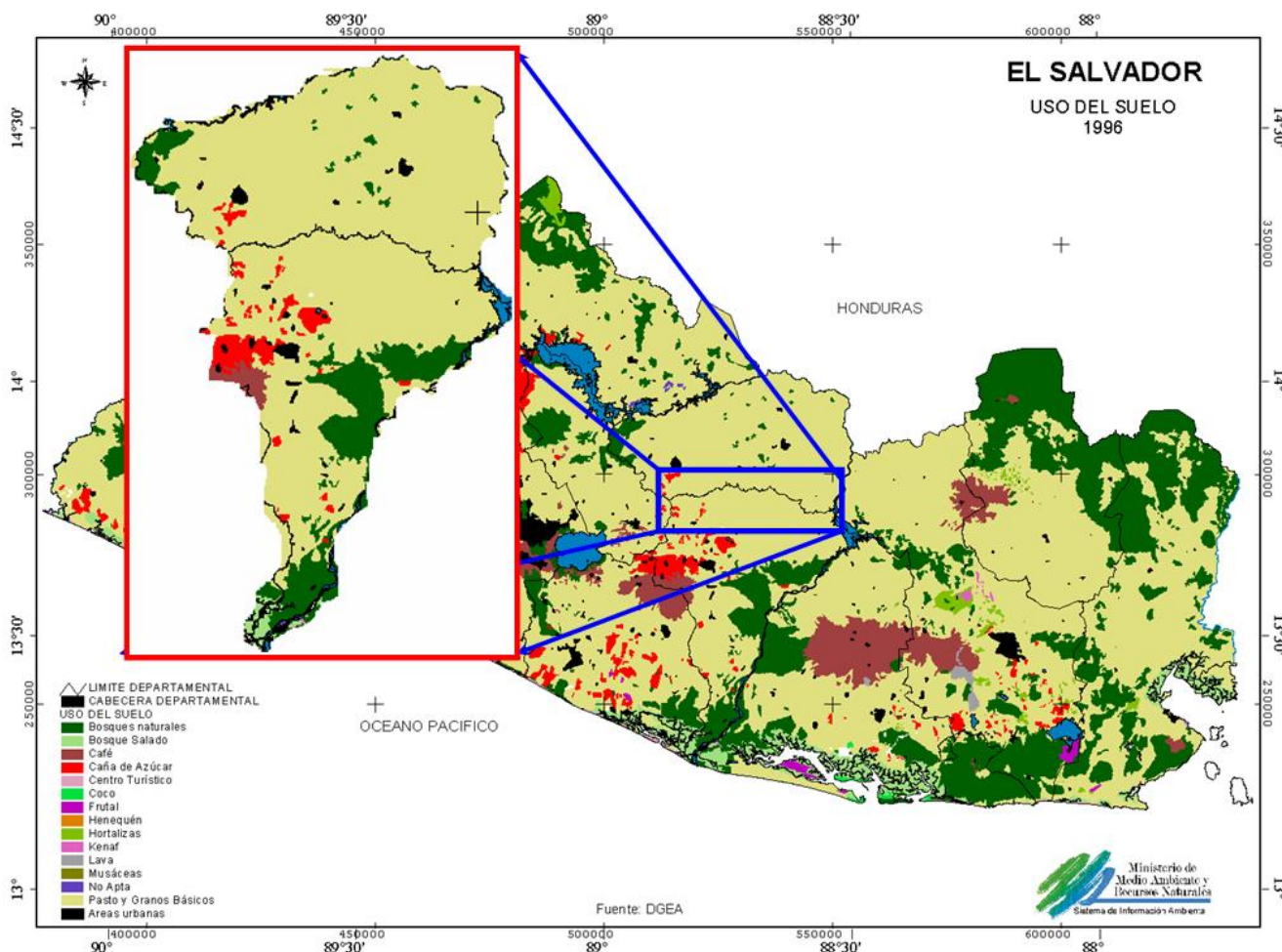


Foto 1 Corte Transversal del suelo, Sitio Llano de la Hacienda, San Isidro
(Fuente: Tomada por Aurely Pérez, Marzo/2006)

Los principales tipos de suelos que se presentan en la Zona de Estudio son:

- a) LITOSOLES Suelos con texturas que varían de gruesa, arenas y gravas hasta muy pedregosos sobre la roca dura. El uso potencial es muy pobre de bajo rendimiento.
- b) GRUMOSOLES: Suelos muy arcillosos de color gris a negro, cuando están muy mojados son muy pegajosos y muy plásticos. Su uso potencial es de moderada a baja, no apta para cultivos permanentes de alto valor comercial porque al rajarse rompen las raíces de las plantas.
- c) LATOSOLES ARCILLO - ROJIZOS: Suelos arcillosos de color rojizo en lomas y montañas. Son bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafésos. Esta coloración se debe principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos y grados de oxidación. La fertilidad puede ser alta en terrenos protegidos pudiendo utilizarse maquinaria agrícola cuando la pendiente es moderada. Son suelos aptos para casi todos los cultivos.
- d) LATOSOLES ARCILLOSOS ACIDOS: Son suelos similares a los Latosoles arcillo rojizos, pero más profundos, antiguos y de mayor acidez; por lo tanto más empobrecidos en nutrientes.
- e) ANDISOLES: Suelos originados de cenizas volcánicas, de distintas épocas y en distintas partes del país, tienen por lo general un horizonte superficial entre 20 y 40 centímetros de espesor, de color oscuro, textura franca y estructura granular.
- f) HALOMORFICOS: Suelos salinos de los manglares de colores grises debido a las condiciones anaeróbicas existentes durante su formación por permanecer inundados frecuentemente.
- g) REGOSOLES: Suelos profundos, jóvenes de material suelto o no consolidado. Dada su precaria capa superficial en las cimas de las ondulaciones de los

cordones litorales, se recomienda utilizar los regosoles únicamente para vegetación permanente como el cocotero, el marañón o el pasto.



Mapa 3.4 Uso del Suelo (Fuente: MARN, 2002) ¹⁷

El 60% del área de estudio es utilizada para el pastoreo de ganado principalmente para producción de carne y en menor grado para producción de leche, el 11% es ocupada para la agricultura (maíz, sorgo y frijol) y un 25 % esta constituido por principalmente por la vegetación natural conocida como Charral.

¹⁷ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales(MARN); "Sistema de Información Ambiental", CD-2, de la Colección de CD'S Medio Ambiente, El Salvador, 2002

La tierra es utilizada para vivienda, industria, agricultura y bosques, predomina la tierra de pastoreo, seguida de agricultura en donde se cultiva maíz y frijol. Por falta de riego no hay cultivos en época seca.¹⁸

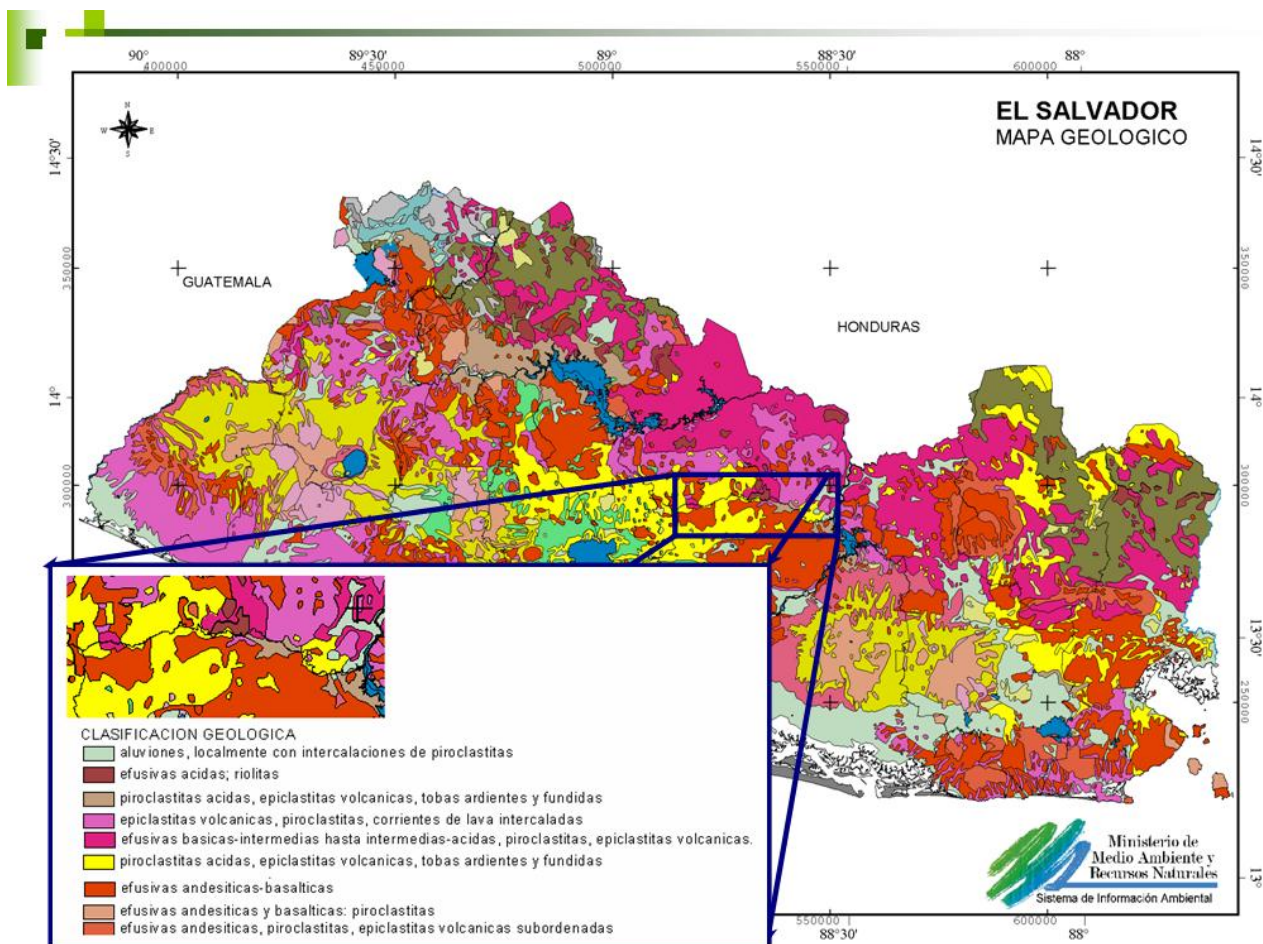


Foto 2 y 3. Granja Ganado Vacuno, orillas del Río Titihuapa
Fuente: Tomada por Mauricio Tejada, 26-04-2006)

3.3.2 Características Geológicas del Sitio

En el área de Estudio se pueden encontrar tanto minerales metálicos como no metálicos. En el mapa a continuación se presenta la clasificación Geológica que presenta la Subcuenca del río Titihuapa:

¹⁸ Pacific Rim El Salvador, S.A. de C.V. "Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Mina El Dorado Cabañas, El Salvador" - Agosto de 2004



MAPA 3.5 Mapa Geológico y clasificación de la Zona de Estudio (Fuente: MARN, 2002 con modificación)¹⁹

3.3.2.1 Recursos geológico de minerales metálicos en la Zona de Influencia²⁰

El distrito de oro y plata, El Dorado, está localizado en el sector centro-norte de El Salvador, aproximadamente a 65 kilómetros de la ciudad de San Salvador. La explotación de la mina ocurrió entre 1948 y 1953 en cuatro niveles desde la

¹⁹ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales(MARN); **"Sistema de Información Ambiental"**, CD-2, de la Colección de CD'S Medio Ambiente, El Salvador, 2002

²⁰ Proyectos Mineros aprobados para Explotación, Dirección de Minas e Hidrocarburos, Ministerio de Economía. Disponible en: <http://www.minec.gob.sv/default.asp?id=67&mnu=50>

superficie hasta una profundidad cercana a los 130 metros. Seis vetas fueron explotadas parcialmente, con la mayor parte de la producción llegando de las vetas Zancudo y Minita. La producción total para ese período fue de 270,200 toneladas, con un grado promedio de 9.59 g/t Au y 52.61 g/t Ag ($Ag/Au = 5.5$) produciendo 72,500 onzas de oro y 355,100 onzas de plata.

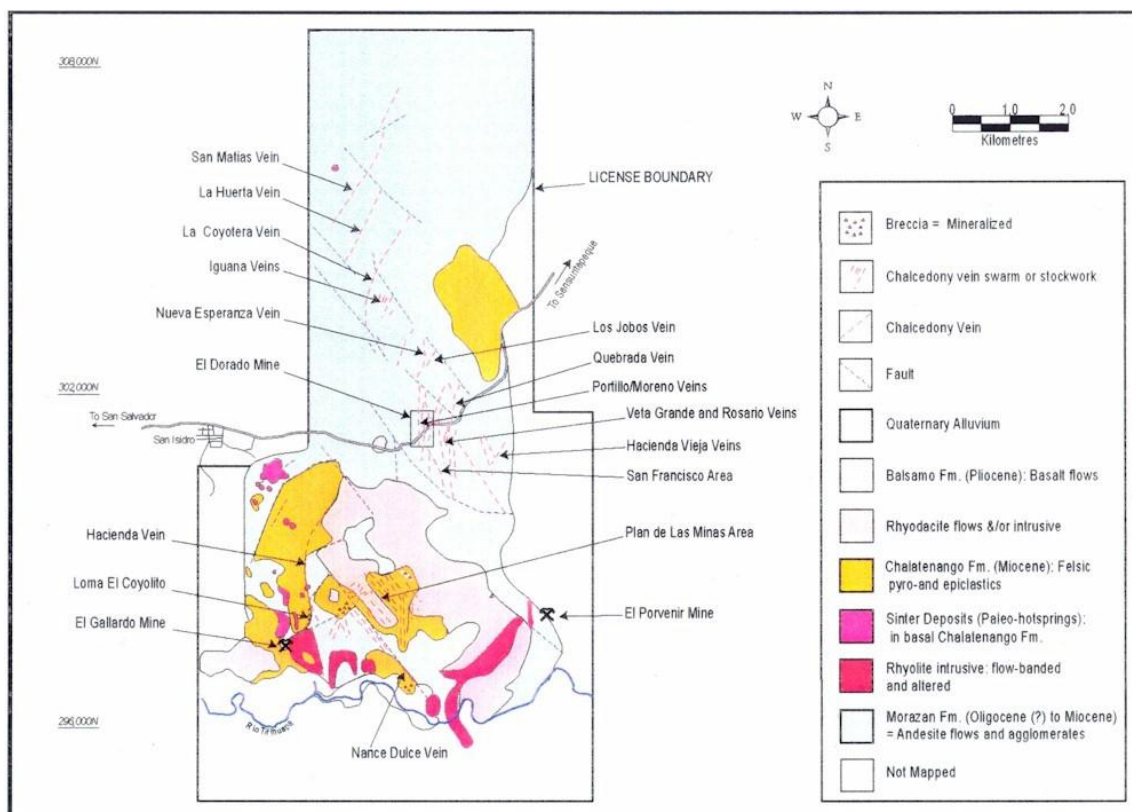


Figura 2.

Fig. 3.2 Principales estructuras mineralizadas en el Distrito Minero El Dorado (Fuente: Dirección de Minas e Hidrocarburos, Ministerio de Economía, el Salvador)

Desde el año 1993, Mirage Resource Corp., operó dentro de una empresa colectiva y comenzó perforando por debajo de la mina El Dorado. Desde ese tiempo, aproximadamente 46,000 metros de núcleo de roca han sido perforados, enfocados mayormente en la delineación del recurso oro y plata, el cual está contenido en cinco vetas distintas: Zancudo, Minita, Minita 3, Nueva Esperanza y Coyotera.

En Abril de 2000, Mirage se juntó con Dayton Mining Corporation (Dayton) para seguir avanzando con la exploración y desarrollo del distrito minero, posteriormente en el año 2002, es la empresa Pacific Rim Mining Corp., la responsable de continuar con los trabajos de investigación, a través de KINROSS EL SALVADOR, S.A DE C.V.

El sistema de vetas de la mina el Dorado, está emplazado en rocas volcánicas alteradas, y comprende genéticamente vetas de cuarzo-calcita auríferas que se formaron por la acción hidrotermal de fluidos mineralizados derivados del enfriamiento de un magma de gran profundidad.

Tabla 3.7 Recursos Geológicos 'In-Situ' - Proyecto El Dorado, El Salvador

| Sistema de Veta | Categoría de Recurso | Ley 'Cut-Off' (g/t Au) | Toneladas (x 106) | Ley - Oro (g/t) | Ley - Plata (g/t) | Oro Contenido (onzas) | Plata Contenida (onzas) |
|--|----------------------|------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| Minita (incluyendo Las vetas ancudo, Minita y Minita 3) | Indicado | 5.0 | 0.88 | 12.90 | 92.00 | 369,274 | 2,603,215 |
| | Inferido | 5.0 | 0.13 | 10.22 | 71.40 | 42,720 | 298,457 |
| Coyotera (incluyendo Las zonas alta y baja) | Indicado | 4.0 | 0.93 | 8.57 | 76.03 | 256,273 | 2,273,366 |
| | Inferido | 4.0 | 0.33 | 4.67 | 55.12 | 49,553 | 584,875 |
| Nueva Esperanza | Indicado | 2.0 | 0.50 | 4.51 | 29.13 | 72,508 | 420,096 |
| | Inferido | 2.0 | 0.40 | 3.04 | 15.81 | 40,000 | 203,344 |
| Totales | | | 3.17 | 8.15 | 62.63 | 830,328 | 6,383,353 |

(Fuente: Dirección de Minas e Hidrocarburos, Ministerio de Economía, el Salvador)

Las partículas microscópicas de oro y plata están en estado nativo o bien en forma de electrum que es una aleación de oro y plata. Existe lixiviación de oro, tal evidencia de la lixiviación de valores de oro cerca de la superficie está apoyado probablemente por la localización de bolsones irregulares de altos valores de oro poco usuales que parecen persistir en una dimensión vertical.

En El Dorado, las texturas que predominan en las vetas son calcedonia opalina y calcedonia masiva hasta bandeada con pocos sulfuros, esta baja sulfuración pero con un componente alto en plata (7:1 Ag/Au) es lo que caracteriza al yacimiento.

Las vetas de oro de las cuales por lo menos 36 exceden un metro de ancho en rangos que van de 1 a 15 metros en la superficie y llegan hasta 2 Km. de largo, en un área aproximada de 50 Km².

3.3.2.2 Recursos geológico de minerales no metálicos en la Zona de Influencia

En la cuarta parte del Reporte final sobre Minerales no Metálicos, Rocas y Suelos de Uso Industrial en la República de El Salvador, **Agregados para Concreto en El Salvador**, elaborado por el Centro de Investigaciones Geotécnicas y la Misión Geológica Alemana entre los años 1971-1973. se establece que existe un Yacimiento de Minerales No Metálicos y se identifica así:

Nombre: **Yacimiento Río Titihuapa.**

Referencia: Hoja Titihuapa

Roca: grandes cantos rodados (aprox. 60%), arena y grava, contienen un poco de pómez

Localización: al E y W del puente de la carretera entre Apastepeque y San Isidro

Reservas: conocidas aprox. 5,000 m³

3.3.3 Clima

El área de estudio exhibe profundas variaciones estacionales en su clima. El Clima es cálido, pertenece al tipo de tierra caliente. El monto pluvial anual oscila entre 1,800 y 2,400 mm. La estación lluviosa se extiende desde mayo hasta octubre y en promedio, más del 90% de lluvia al año ocurren durante esos seis meses.

3.3.3.1 Perfil Climatológico de Cabañas (B-10)²¹

Ubicación Geográfica: Estación Meteorológica **Cerrón Grande**, Latitud Norte 13° 56.0' , Longitud Oeste 88° 55.0' y Elevación: 325 msnm. La estación de Cerrón Grande se encuentra ubicada en la ribera sur de la Presa del mismo nombre en una hondonada del río Lempa, alrededor de varios cerros y a 3.7 kilómetros de Potonico. Esta región es muy accidentada con suelos pedregosos y cultivos de cereales.

La región donde se ubica la estación se zonifica climáticamente como: **Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente** (0 – 800 msnm) la elevación es determinante 200 msnm. Considerando la regionalización climática de Holdridge²², la zona de Interés se clasifica como “**Bosque húmedo subtropical**” (con biotemperatura mayor a 24 °C, pero con temperatura del aire, promedio anuales menor a 24 °C).

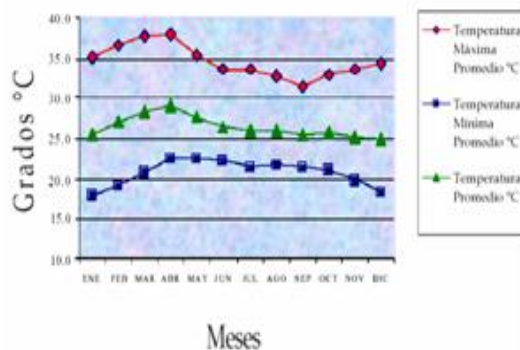
El rumbo de los vientos son predominantes del norte en la estación seca, y del sur en la estación lluviosa. Durante la noche se desarrolla el sistema local del viento con rumbos desde las montañas y colinas cercanas, con velocidades promedios de 5 kilómetros por hora.

²¹ Servicio Nacional de Estudios Territoriales, *PERFILES CLIMATICOS DEPARTAMENTALES*, San Salvador, Diciembre 2005

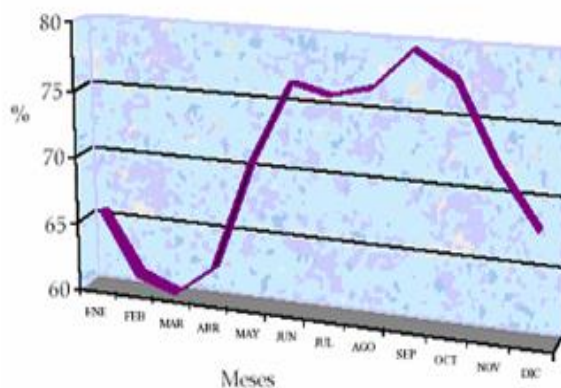
²² Ver mapa III-6

Gráficos 3.1 Promedios Mensuales de Temperaturas (máx., mín, y promedio), Humedad y precipitación para el Departamento Cabañas

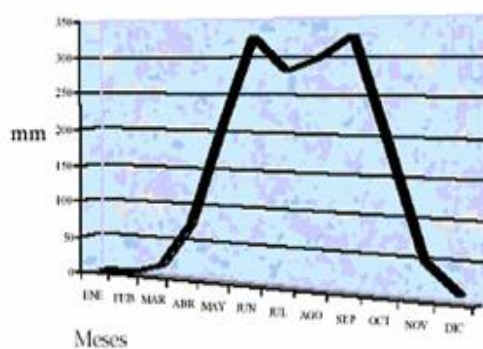
Promedios mensuales de Temperatura Máxima, Mínima y Promedio °C



Promedios mensuales de Humedad Relativa en %



Promedios mensuales de Precipitación en mm.



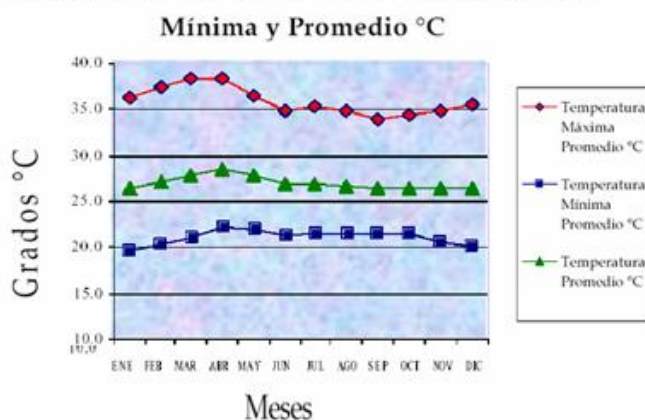
3.3.3.2 Perfil Climatológico de San Vicente (V-9)

Ubicación Geográfica: Estación Meteorológica **Puente Cuscatlán**, Latitud Norte 13° 36.0', Longitud Oeste 88° 36.6' y Elevación 30 msnm. La estación de Puente Cuscatlán se encuentra ubicada en el valle del Río Lempa, cerca de varios cerros, siendo el más cercano el Sihuatepeque, también se encuentra cerca de los ríos Lempa y Jiboa. Esta región es muy accidentada, con suelos arcillosos y cultivos variados.

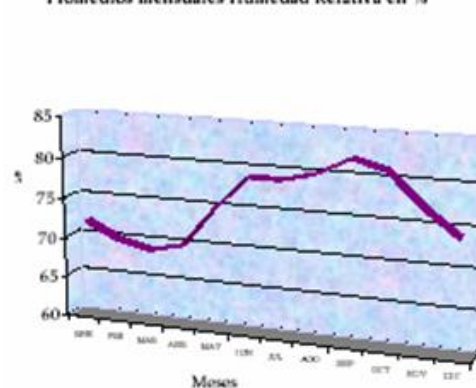
La región donde se ubica la estación se zonifica climáticamente como **Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente** (0 – 800 msnm) la elevación es determinante (30 msnm). Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de Interés se clasifica como **“Bosque húmedo subtropical, transición a subhúmedo** (con temperatura del aire medio anuales mayor a 24 °C).

Gráficos 3.2 Promedios Mensuales de Temperaturas (máx., mín, y promedio), Humedad y precipitación para el Departamento de San Vicente

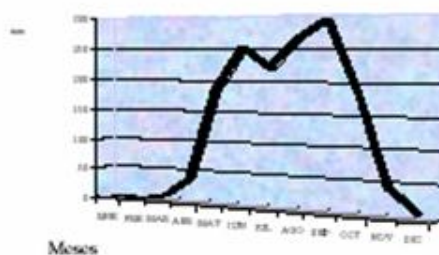
Promedios mensuales de Temperatura Máxima,



Promedios mensuales Humedad Relativa en %



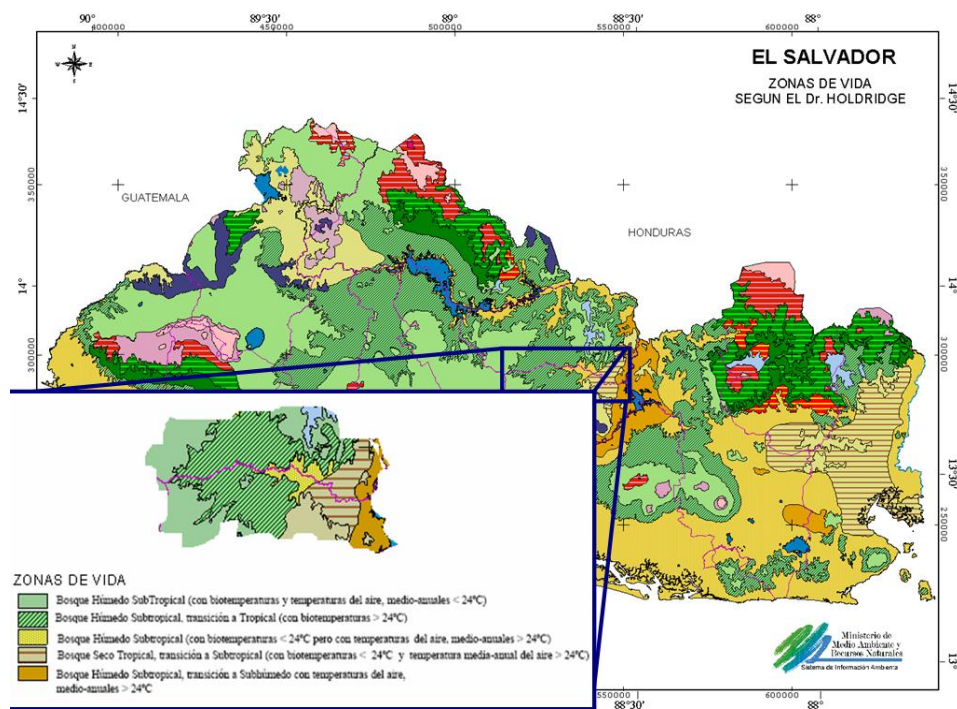
Promedios mensuales de Precipitación en mm.



El rumbo del viento es predominante del norte en la estación seca y del sur en la estación lluviosa. La brisa marina ocurre después del mediodía, durante la noche se desarrolla el sistema local nocturno del viento con rumbos desde las montañas y colinas cercanas, con velocidades promedios de 8 km/h.

3.3.4 Biodiversidad de la Zona de Estudio

La vegetación presente en el área de estudio, corresponde a la zona de vida Sabanas Tropicales Calientes o Tierras Caliente.



MAPA 3.5 Zonas de Vida según el Dr. Holdridge²³ (Fuente: “Sistema de Información Ambiental”, MARN, EL SALVADOR, 2002)

El área denota un alto grado de alteración del bosque, el cual se ha visto reducido a pequeños rodales, debido al avance de la frontera agrícola. No queda bosque lluvioso tropical en el área de estudio, y la vegetación de árboles originales ha desaparecido casi totalmente. Las especies de árboles se encuentran principalmente a lo largo de cercos o en pequeñas áreas de bosques secundarios. El problema de deforestación es grave en la zona de estudio, con pocas áreas de vegetación permanente, lo que más abunda son cultivos semipermanentes como caña de azúcar y pequeñas musáceas.

²³ *Ibid.*, “Sistema de Información Ambiental”, MARN

También existen áreas de matorral con montes secos que predominan en la zona considerada más árida (San Idelfonso, Santa Clara, Dolores, etc.), la vegetación que predomina es carbón, chaparro, madrecacao, caulote, Morro, Espino Blanco, jiote, pito, etc. Existen áreas permanentes de bosque natural, cercanas a los ríos y quebradas de la zona, las cuales dejan en descanso 2 a 3 años, y luego son talados para la siembra de granos básicos y la obtención de leña.

La situación actual de la fauna en la zona tiene una estrecha relación con el conflicto armado finalizado hace más de 12 años, y con la deforestación que existe en ciertos cantones, ya que en las zonas ex-conflictivas proliferaron algunos animales como venados, conejos, cusucos, mapaches, en cambio en otras zonas cercanas al área urbana, la deforestación es mayor, se talaron áreas para cultivos.

Tabla 3.8 Ejemplos de Fauna y Flora extinta o predominante en el área de Estudio²⁴

| | Extintos | Predominantes |
|--------------|---|---|
| Fauna | Tepezcuintle, Lora, Lechuza, Teocolote, Rey Zope, Querque, Senzontle, Pezotes, Perdiz, Zorro Espino, Taltuza, Tecolote, Garrobos, Iguanas, Juilines, Entre Otros. | Conejos, Mapaches, Tacuazin, Zanates, Ardillas, Codornices, Pijuyos, Chiltotas, Gato De Monte, Pericos, Zopes, Urracas, Garzas, Zorrillos, Venados. |
| Flora | Amate, Musáceas, Cabo De Hacha, Chilamate, Guilihuiste, Chichipince | Carbón Negro, Jiote, Tempate, Madrecacao, Espino Blanco, Tihuilote, Maquilishuat, Jocote, Pito, Piña De Cerco, Flor Amarilla, Campanilla, Morro. |

(Fuente: Ramirez, Alvarado y Bardales)

²⁴ Ramírez, M.A.; Alvarado, R.E. y Bardales, H.A.; “Diagnóstico de las condiciones agroecológicas de la zona norte del departamento de San Vicente, El Salvador”; Tesis para optar al grado de Ingeniero Agronomo, de la Facultad de Ciencias Agrónomica de la Universidad Técnica Latinoamericana, Nueva San Salvador, Septiembre de 1997.

3.3.5 Agua Superficial en la Región

El sitio del estudio drena hacia el río Lempa, el más importante de El Salvador. Este río, el cual se origina en Guatemala, corta a través de la cordillera del Norte, fluye a lo largo del Gran Valle Interior y finalmente corta la cordillera costera para desembocar en el Océano Pacífico, al Sur de la ciudad de Zacatecoluca. El río Lempa es el único río navegable de El Salvador y junto con sus ríos tributarios, drena aproximadamente a la mitad del país.

En el departamento de Cabañas, el río Lempa fluye al Norte y Este del área de estudio. El área de estudio se encuentra entre dos cuencas, la cuenca del río Copinolapa y la del río Titihuapa, ambos tributarios del río Lempa. El río Copinolapa drena la parte Norte del área de estudio y desemboca en el río Lempa al Norte. El río Titihuapa fluye de Oeste a Este y desemboca al Sureste del área de estudio, en el río Lempa.

Existen cuatro tipos principales de agua superficial en el área de estudio, caracterizados con su relación al agua subterránea:

- a) **Corrientes efímeras:** Las corrientes efímeras tienen su origen arriba del manto freático, están localizadas por toda el área de estudio y fluyen únicamente durante la estación lluviosa. Cuando fluyen, recargan el acuífero a través de la infiltración. Típicamente tienen zonas de recarga pequeñas y están distantes de áreas de recarga grandes de la meseta.

- b) **Corrientes Perennes:** El río San Francisco y el río Cacahuatal se originan en las montañas al Este del área de estudio; ambos son perennes, con caudales crecientes cerca del nacimiento y decrecientes cerca de la meseta. Después de unirse, el río San Francisco fluye al Oeste hacia San Isidro, donde desemboca en el río San Isidro. Este río luego fluye al Sur para desembocar al río Titihuapa.

- c) **Nacimientos y manantiales:** Existen muchos nacimientos cerca del área de estudio. Los nacimientos y manantiales están donde el manto freático se intercepta con la superficie, usualmente en la base de montañas o colinas del lugar, o donde las fracturas conductivas llevan agua a un punto de descarga. Estos nacimientos y manantiales son fuentes de agua críticas para las comunidades locales durante todo el año.

3.3.5.1 Precipitación Media, Evotranspiración Escorrentía Superficial del Río Titihuapa

El Servicio Nacional de Estudios Territoriales a través del Servicio Hidrológico Nacional ha llevado a cabo investigaciones referidas al Balance Hídrico Nacional, determinando algunos parámetros para las diferentes cuencas y ríos pertenecientes al país, en el marco de esa investigación estableció para el Río Titihuapa los siguientes valores:

Tabla 3.9 Valores de Parámetros para muestras de agua Río Titihuapa²⁵

| Cuenca | Río Lempa |
|--------------------------------|------------------|
| Río | Titihuapa |
| AREA (km2) | 589.85 |
| Precipitación media | 1049.15 |
| Evaporación de cuerpos de agua | 0.73 |
| Evapotranspiración Real | 617.16 |
| Evaporación de Áreas Urbanas | 2.04 |
| Escorrentía Superficial | 245.71 |
| Recarga de Acuífero | 183.51 |

(Fuente: SNET, Balance Hídrico, 2005)

²⁵ Servicio Nacional de Estudios Territoriales – Servicio Hidrológico Nacional, **“Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador. Componente Evaluación de Recursos Hídricos”**, San Salvador, Diciembre 2005, disponible en: www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf

3.3.5.2 Antecedentes de calidad del Agua del Río Titihuapa

Anteriormente se han llevado a cabo diferentes investigaciones para determinar la cantidad y calidad del agua del Río Titihuapa y otros ríos presentes en la cuenca del Río Lempa.

En 1997, Ramírez, Alvarado y Bardales²⁶ realizaron un diagnóstico Agroecológico de la zona norte de San Vicente, donde incluyen un muestreo y análisis de diferentes parámetros del Río Titihuapa y otros ríos de la zona para determinar su calidad, reportando los datos siguientes:

Tabla III-1 Valores de Parámetros para muestras de agua Río Titihuapa y Machacal

| Parámetros | Río Titihuapa | Río Machacal |
|--------------------|-----------------------|----------------------|
| Nitratos | 0.6 ppm | 1.0 ppm |
| Oxígeno Disponible | 3.92 ppm | 4.7 ppm |
| pH | 8.25 | 8.15 |
| Sulfatos | 9.0 ppm | 17 ppm |
| Turbidez | 32.8 UNT | 32.1 UNT |
| DQO | 8.0 ppm | 4 ppm |
| Coliformes totales | 40000 colonias/100 ml | 1400 colonias/100 ml |
| DBO | 4.8 ppm | 2.4 ppm |

(Fuente: Cuadro 26, *Diagnóstico de las condiciones Agroecológicas de la zona norte del Departamento de San Vicente, El Salvador*, 1997)

Posteriormente, en 1998 el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, Distrito de Mobile y por el Centro de Ingeniería Topográfica de la Armada de los Estados Unidos, comisionada por la Oficina de Ingenieros del Comando Sur de los Estados Unidos²⁷, llevo a cabo una Evaluación de Recursos de Agua en El

²⁶ Ramírez, M.A.; Alvarado, R.E. y Bardales, H.A.; *“Diagnóstico de las condiciones Agroecológicas de la zona norte del Departamento de San Vicente, El Salvador”*; Tesis para optar al grado de Ingeniero Agronomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Técnica Latinoamericana, Septiembre 1997

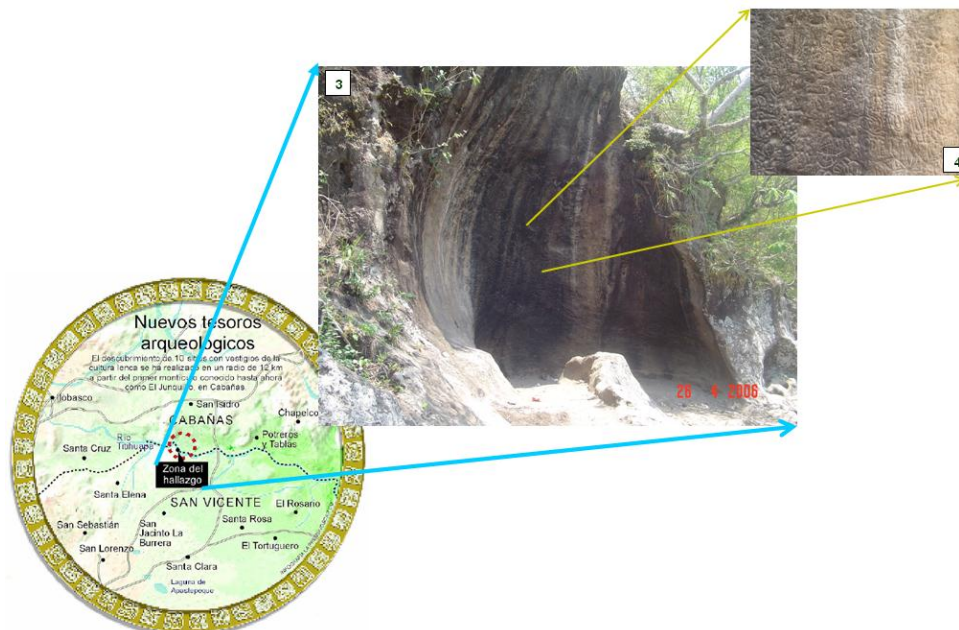
²⁷ Buckalew, J.O; Knowles, R.O.; Waite, L.; James, M.; Laprevote, J.; *Evaluación de Recursos de Agua de la República de El Salvador*; Investigación realizada por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, Distrito de Mobile y por el Centro de Ingeniería Topográfica de la Armada de los Estados Unidos, comisionada por la Oficina de Ingenieros del Comando Sur de los Estados Unidos, Octubre, 1998

Salvador, donde reportan algunas características de caudal y calidad de agua para los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

En ese estudio ubican un punto de muestreo para el Río Titihuapa, con las coordenadas de latitud 13° 45' Norte y longitud 88°32' Oeste, cerca de la desembocadura en el Río Lempa, determinando que el caudal medio del Río en ese punto fue de 87400 litros/minuto con un pH de 7.3 a 9.3 y 80 a 250 ppm de sólidos disueltos. Asimismo, clasifican al Río Titihuapa como fuente perenne de agua dulce.

3.3.6 Sitios Arqueológicos de Interés en la Zona de Influencia del Río Titihuapa

En 2004, una Misión Arqueológica Franco-Salvadoreña realizó un estudio de los petrograbados prehispánicos de Titihuapa, situados a la orilla del río Titihuapa, límite de los departamentos de San Vicente y Cabañas.



Fotografías 4 y 5 Petrograbados conocidos como la Pintada a orillas del Río Titihuapa

Los estudios que se trazaron en 12 kilómetros de radio, a partir del montículo conocido hasta ahora como El Junquillo, han dado luces importantes sobre la riqueza arqueológica de la zona.

Cada uno de los sitios precolombinos está clasificado por los periodos en que fueron construidos, en que fueron ocupados u en el tiempo que alcanzaron su mayor auge. Los Petrograbados de Titihuapa se pueden clasificar en el Periodo arcaico (5,000 a 1,500 a.C.)

IV. UBICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES Y DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE MUESTREO PARA EL RIO TITIHUAPA.

Para la ubicación de puntos de monitoreo de agua en los ríos es necesario conocer las fuentes contaminantes y usos a los que se destina el agua. Para esto se realizó un reconocimiento por medio de visitas de campo, entrevistas con pobladores de la zona, y la utilización de una metodología apropiada para encontrar un punto característico del área de estudio en cuanto su calidad del agua.

En este capítulo hablaremos acerca de los principales usos del agua, ubicación de las fuentes contaminantes en el Río Titihuapa y la metodología utilizada para localizar una red de puntos de toma de muestra.

4.1 USOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

El uso del agua es un término administrativo, definido por el Reglamento de Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RAPAPH) de España, como: “las diferentes clases de utilización del agua según su destino”. Los usos del agua más habituales son los siguientes:

- a) Usos domésticos
- b) Usos industriales
- c) Usos agrícolas
- d) Usos energéticos
- e) Usos recreativos
- f) Navegación fluvial
- g) Usos medioambientales
- h) Pesca artesanal.

En el Río Titihuapa se determinó, a través de las observaciones en las visitas de campo, que los usos más representativos del agua en el área en estudio, son los *domésticos, agrícolas, recreativos* y la pesca artesanal. Asimismo, Ramírez, Alvarado y Bardales afirman que los usos para los que se destina, no solamente el agua del río Titihuapa sino la de otros ríos cercanos, es principalmente para uso doméstico, consumo directo y ganadería. En el Decreto 50 en el cuadro N°3 de sus anexos, el Río Titihuapa se ubica dentro de los cuerpos de agua de Tercera Clase cuyo uso es sobre todo para RIEGO AGRÍCOLA.



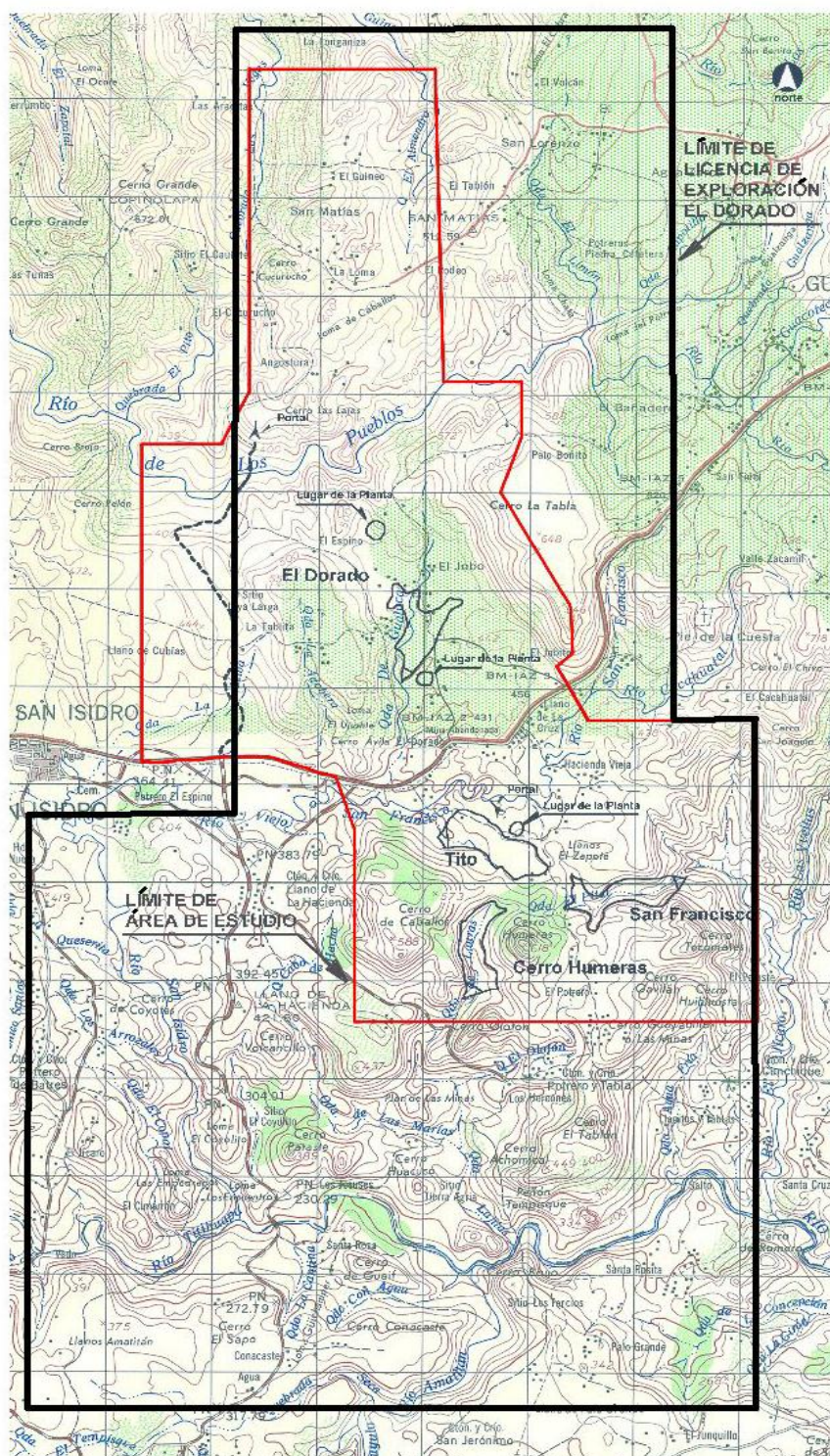
Foto 6. Habitantes lavando en el Río San Francisco, Afluente del Río Titihuapa (Fuente: Tomada por Aurely Pérez Aguirre, marzo/2006)



Foto 7. Niños jugando a orillas del Río Titihuapa, Poza de Los Indios (Fuente: Tomada por Aurely Pérez Aguirre, Julio/2006)

El Río Titihuapa no es utilizado en si como una recurso hidroeléctrico, pero si proporciona un aporte significativo al caudal del río *Lempa el cual si posee usos energéticos, tal como se menciona en la sección 3.2.1* .

Es importante destacar que en el pasado el río ha sido utilizado para la industria minera y que en la actualidad existen proyectos exploratorios de minería para los cuales este representa un recurso *industrial* muy importante, dada la demanda que requiere de este recurso dicha industria.



MAPA 4.1 Mapa de área de Concesión de Exploración del Proyecto El Dorado.²⁸

²⁸ PacifRim El Salvador, S.A. de C.V. "Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Mina El Dorado Cabañas", El Salvador - Agosto de 2004

4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA

Los usos del agua admiten, fundamentalmente, dos clasificaciones: la clasificación que atienden a que haya o no consumo de agua en el uso, es decir que los clasifica en consuntivos y no consuntivos; y la que los clasifica en prioritarios y secundarios según la necesidad del agua para lograr el fin demandado.

4.2.1 Usos Consuntivos y No Consuntivos²⁹

Es la clasificación más generalizada de los usos del agua, según esta los usos consuntivos son los que extraen el recurso de su ubicación natural, lo utilizan para sus fines (industriales, agrícolas o domésticos) y luego lo vierten en un sitio diferente, reducido en cantidad y con una calidad distinta. Por el contrario, los usos no consuntivos no requieren sacar el agua de su lugar natural ni modifican el recurso ni en cantidad ni en calidad.

De los usos del agua más habituales indicados anteriormente, los usos domésticos, industriales y agrícolas serían consuntivos, frente a los energéticos (o hidroeléctricos), recreativos o de navegación que serían no consuntivos.

4.2.2 Usos Prioritarios y Secundarios

Según esta clasificación los usos del agua se dividen en los que necesitan de manera imprescindible del recurso agua para su fin (usos prioritarios) y en los que dicho fin podría lograrse mediante otros recursos (usos secundarios).

A los usos prioritarios les caracteriza, por tanto, la falta de alternativas que gira en torno a ellos para satisfacer dichas necesidades. Así, los usos domésticos, industriales y agrícolas serían prioritarios, y los energéticos o de navegación,

²⁹ Aguamarket y Cía. Ltda. DICCIONARIO DEL AGUA, disponible en: <http://www.aguamarket.com/diccionario/> consultado en julio de 2006

secundarios (ya que las necesidades energéticas o de transpone pueden satisfacerse mediante otros recursos).

Para el presente estudio se tomaron en cuenta tanto aspectos consuntivos y prioritarios (usos domésticos, agrícolas y ganaderos), los cuales tienen un impacto directo en la calidad y cantidad del agua del área de estudio, como no consuntivos y secundarios (usos recreativos), así como también, aquellos que permitan evaluar el estado actual del río frente a la actividad minera de la zona.

4.3 LEVANTAMIENTO DE FUENTES CONTAMINANTES

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

Para identificar las principales fuentes de contaminación puntual, se realizó una investigación de campo que consistió en 3 visitas a los municipios de la zona de estudio y la consulta con los pobladores de la zona, además se contó con información proporcionada por la ONG Asociación de Desarrollo Económico y Social Santa Marta (ADES).

Las fuentes de contaminación en el Río Titihuapa pueden dividirse en dos grandes categorías:

4.3.1 Fuentes No Puntuales

Las fuentes no puntuales se caracterizan por el origen disperso de la descarga. Esto quiere decir que no es posible relacionar la descarga con un lugar específico y

definido. Además, la fuente puede ingresar al Río por escorrentías, como es el caso de las descargas por las actividades agrícolas, ganaderas, y los vertidos domésticos.

4.3.1.1 De origen domésticos

Este grupo incluye vertidos de viviendas que no están conectadas a un sistema de drenaje común. Son vertidos que generalmente son descargados al lado o cerca de las viviendas donde se generan. Para las familias que no cuentan con acceso a agua potable, el lavado de ropa, enseres caseros y el baño tiene lugar en la fuente de agua más cercana (río o nacimiento).

Los vertidos domésticos que no están tratados apropiadamente, son fuentes de difusión de bacterias, virus patógenos, compuestos tóxicos, material orgánico y sales nutrientes, los cuales pueden contaminar el agua superficial por arrastre y el agua subterránea por infiltración.

Se pueden dividir las fuentes domésticas de contaminación, según la actividad humana:

- a) *Excretas (heces y orina)*: Contaminan con bacterias, virus, amebas, material orgánico y sales nutrientes. La disposición de excretas en la cuenca se realiza por medio de Letrinas de tipo fosa y al no contar con ellas, generan los focos de contaminación en las cercanías de los ríos.
- b) *Lavado y baño*: Contamina con cloro, fosfatos, material orgánico y enzimas. Debido a la escasez del servicio de agua potable gran parte de los pobladores de la zona realizan estas actividades directamente en los ríos de la región y otros se abastecen de agua por medio de cajas de captación construidas en el cauce del río.

En el área de Estudio, las comunidades carecen de un sistema de drenajes, algunas casas cuentan con letrina pero la mayoría no dispone de servicio alguno.

La basura no recibe ningún tratamiento, ni es recolectada, en la mayoría de los casos solo se quema, pero por lo general se deposita en la vía pública o laderas de barrancos.³⁰

4.3.1.2 De origen agrícola

La introducción de fertilizantes químicos y plaguicidas para fin de obtener una mayor intensidad de la producción agrícola, ha significado un crecimiento en el impacto ambiental. Los fertilizantes y especialmente los plaguicidas pueden dañar la salud humana, las aguas subterráneas, superficiales y la tierra. El uso agrícola se da por cultivos anuales principalmente de sorgo, maíz y frijol, con algunas hortalizas; y se encuentra en toda la zona en parcelas pequeñas.

Entre estas posibles fuentes contaminantes están:

- a) *Abono químico*: El abono que no es utilizado por las plantas se queda en la tierra y durante la época de lluvia es arrastrado hacia los ríos y este a su vez es infiltrado a los acuíferos subterráneos. Los compuestos son nitratos, fosfatos y sulfatos de amonio.
- b) *Plaguicidas*: Se usan plaguicidas para controlar plagas y enfermedades en los cultivos (insecticidas, fungicidas, bactericidas, nematocidas y acaricidas) y malas hierbas (herbicidas). Los plaguicidas debido a su contenido de compuestos organoclorados, organofosforados y carbamatos poseen un efecto potencialmente dañino para el medio ambiente en general afectando plantas, animales y humanos.

4.3.1.3 De origen ganadero

En la zona se puede observar que principalmente existe actividad ganadera para la comercialización de carne (vacuno y porcino) y para producción de leche y sus

³⁰ PacificRim El Salvador, S.A. de C.V. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Mina El Dorado Cabañas, El Salvador - Agosto de 2004

derivados, por ello es que se identifican grandes áreas donde se localizan pastos, además, se observa que gran parte de las familias de la zona crían en sus hogares cerdos y gallinas. El agua es utilizada principalmente para la irrigación de pastos y para bebederos de animales.

Producto de esta actividad el agua del río se ve expuesta a una gran carga de materia orgánica, ya sea por medio del agua del río utilizada como fuente para irrigación de pastos, agua lluvia o por medio de escorrentías que arrastran desechos orgánicos desde los hogares.

En general este tipo de contaminantes no puntuales llegan al Río Titihuapa favorecidos por la topografía de la zona, caracterizada por montañas empinadas, altiplanicies y cordilleras.

4.3.2 Fuentes Puntuales

Las fuentes puntuales de contaminación son aquellas que cuentan con un punto de descarga bien definido y pueden ser continuas y discontinuas. Una descarga determinada puede localizarse e identificarse por una tubería o grupo de tuberías.

Por medio de las visitas de campo y conversaciones con los habitantes de las comunidades, se identificaron dos grupos principales de fuentes puntuales de contaminación:

- a) *Los vertidos municipales*: Todos los residuos que llegan a un sistema de drenaje común (municipal) Este tipo es normal en zonas urbanas.
- b) *Los vertidos industriales y agroindustriales*: Son residuos producto de la incorporación a procesos industriales en los cuales se dan las descargas al cuerpo receptor previo a uno o ningún tratamiento.

4.3.2.1 Vertidos municipales

Los sistemas de drenaje común descargan a ríos y quebradas aguas residuales, tanto industriales como domesticas en forma cruda, sin ningún tratamiento, siendo esta situación causante del alto nivel de contaminación que presentan los ríos, aguas abajo de las ciudades principales.

La situación de saneamiento se agrava cuando se considera el acceso de la población al sistema de drenajes local, en promedio el 83 % de la población de El Salvador, está conectada a la red de drenajes, en los municipio del interior del país únicamente el 35.2 % cuenta con conexión a la red de drenajes sanitarios. El 50 % de la población urbana dispone de servicios sanitarios y el 24 % utiliza letrinas; en el área rural solamente el 52 % cuenta con letrinas, el resto carece de servicio alguno³¹.

La municipalidad de San Isidro administra el servicio de acueductos mediante contrato suscrito con ANDA, de acuerdo a los registros, tiene 372 servicios que equivalen a una cobertura del 55 % de la población. El servicio de alcantarilla, administrado por ANDA, reporta una cobertura del 27.6 %³². La municipalidad San Isidro realiza sus descargas en el Río San Isidro, que a su vez es un afluente del Río Titihuapa.

Las municipalidades de Ilobasco, San Isidro, Sensunteque, y San Rafael Cedros utilizan un botadero a cielo abierto para disponer de sus desechos, localizado en el Cantón Rancho Quemado jurisdicción de Ilobasco, y en otros sitios como barrancas, predios baldíos, y quebradas. En menor proporción, la basura es quemada o enterrada. Este problema en general ocasiona que grandes cantidades de basura y lixiviados lleguen hasta el Río Titihuapa y otros ríos de la zona.

³¹ ANDA, estadísticas del año 2002

³² Monografías del departamento y municipios de Cabañas.



Foto 8. Basurero Municipal de San Isidro
(Fuente: Tomada por Emerson Iraheta, Julio 2006)

De igual forma, el río Machacal, que es afluente del Río Titihuapa, recibe aguas negras de San Sebastián y lixiviados de basureros municipales, arrastrando estos contaminantes hasta el río Titihuapa. La actividad turística de la zona genera también desechos cerca de las orillas de los ríos.

4.3.2.2 Vertidos industriales y agroindustriales

Las industrias identificadas las podemos dividir en:

- a) Industrias que vierten desechos debido a la naturaleza del proceso.
- b) Industrias que explotan el recurso fluvial.

Dentro de las actividades agroindustriales que vierten desechos en el área de estudio se encuentra una porqueriza ubicada en el Cantón Izcatlal perteneciente a San Isidro la cual descarga sus desperdicios directamente en el Río Titihuapa.

En la actualidad no existe una industria formal que explote el recurso fluvial, pero si la existencia de una inminente explotación minera de la zona, principalmente en lo que se conoce como “El distrito minero San Isidro”. En este tipo de industrias el caudal de los ríos es utilizado ya sea como insumo para los procesos productivos o

como un medio para disolver los efluentes de los procesos de producción. El agua de los ríos se puede ver afectada tanto en calidad como en cantidad.

El agua puede ser utilizada para abastecer las diversas necesidades de procesamiento de minerales, agua potable, supresión de polvos, etc. Tales desviaciones son la causa de una verdadera competencia con otros sectores de la sociedad por el recurso agua, posiblemente reduciendo los suministros a pueblos, ciudades y caseríos; además, pueden crear impactos negativos en ríos superiores debido a la reducción de los niveles de agua y podría dañar flora y fauna silvestre local.

El procesamiento de minerales produce una cantidad de residuos y productos que pueden causar la contaminación del agua. Además, la infraestructura que debe ser construida para apoyar una operación minera y sus operaciones de procesamiento, genera residuos de alcantarillados, de tratamiento de aguas, aceites, petróleo, combustibles diesel, etc.

La minería rompe y comprime la roca, creando nuevos túneles para que el oxígeno, aire y microbios, reaccionen con los minerales. En consecuencia las rocas pueden generar ácido, movilizandando muchos otros constituyentes químicos, los que podrían contaminar cuerpos de agua por décadas o incluso cientos de años después del cierre de la mina. Incluso el uso de explosivos aumenta las concentraciones de nitrato y amoníaco, provocando el incremento de la eutrofización y la contaminación de cuerpos de agua.

La roca residual a menudo contiene concentraciones elevadas de sulfatos, metales tóxicos, no-metales, y componentes radioactivos. Dicha roca generalmente se desecha en montones en la superficie del suelo al borde de los tajos o fuera de las obras. Muchos contaminantes se pueden filtrar de estos montones de desecho, contaminando las aguas superficiales y subterráneas.

El procesamiento del mineral generalmente requiere de tratamientos químicos para remover los metales pesados. Estos metales a menudo son filtrados directamente del mineral usando ácidos fuertes. De otro modo, los minerales sufren un proceso de molienda que implica compresión, adición de diversos químicos, combinado con procesos de separación física que producen residuos llamados relaves. Ambos tipos de procesos resultan en desechos que contienen numerosos residuos metálicos y no-metálicos del mineral, pero que también contienen altas concentraciones de químicos. En operaciones mineras modernas, los relaves generalmente son depositados en tanques especiales sellados con material sintético pero cuando no se toman todas las previsiones o cuando no existe fiscalización, en estas operaciones los relaves podrían ser vertidos directamente en canales y vertientes o ríos, que es lo que históricamente se ha practicado en la explotación minera de la zona. Estos relaves obviamente pueden causar una contaminación significativa de todos los cuerpos de agua. Este material muchas veces contiene pH muy altos (10 a 12), así como concentraciones potencialmente tóxicas de numerosos metales y no metales, radiactividad, cianuro y compuestos orgánicos relacionados. Aún donde han sido construidos tanques de relave modernos, existen posibilidades significativas de contaminación a largo plazo, debido a la posible filtración que puede no ser detectada hasta después de varios años de operación o del cierre de la mina. Todas estas actividades aumentan fuertemente la carga de sedimentos a los cuerpos de agua (ríos, lagos, mares), lo que podría dañar cultivos y, más importante aún, la calidad de agua y organismos acuáticos.

Estos impactos se podrían describir como daños al abastecimiento de agua para usos domésticos y municipales, usos en la ganadería y agricultura, la salud de las personas, la actividad pesquera y la vida acuática, y usos industriales de agua. Tales daños también pueden tener impactos indirectos en los aspectos sociales, educacionales y turísticos de una economía.³³

³³ Moran, Robert; "Impactos Ambientales en la Minería". Calidad de Aguas/ Hidrogeología/ Geoquímica, Eco Sitio 2002- 2005

4.4 DISEÑO DE UNA RED DE PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA

La localización del punto de muestreo es un factor clave que puede determinar la validez de la información que se pretende inferir, a través del análisis de las muestras colectadas en la misma.

Los lugares de muestreo en un río deberán estar ubicados corriente arriba desde una confluencia en secciones donde el canal sea más liso, más recto, accesible y uniforme en cuanto a su profundidad. No se debe ubicar sitios directamente arriba o abajo de confluencias o fuentes focales para minimizar problemas con aguas estancadas o flujos mal mezclados.

Debido a que la mayoría de las masas de agua no son completamente homogéneas, la representatividad de las muestras depende del equipo y del método de recolección empleado.

La condición fundamental para cumplir el requisito de representatividad que exigen este tipo de estudios está en coleccionar muestras, en zonas homogéneas en cuanto al nivel de concentración de los parámetros de interés para el estudio, es decir el contaminante en la sección transversal muestreada debe estar completamente mezclado tanto horizontal como verticalmente.

Para el muestreo de ríos es necesario tener en cuenta los siguientes requerimientos técnicos:

- a) Fácil acceso al sitio de muestreo en todo momento y condición hidrológica.
- b) Mezcla completa de contaminantes de tributarios y/o efluentes (similares parámetros de calidad de agua en toda su sección transversal)

- c) Considerar cualquier alteración de la cantidad o calidad de las aguas en el río (tributarios, descargas o tomas de agua).
- d) Considerar cualquier cambio hidráulico del río (variaciones de la profundidad o la velocidad del flujo).
- e) Considerar las características hidráulicas del flujo, como velocidad, o posibilidad de que exista un tiempo de residencia del contaminante para determinar la frecuencia de muestreo.
- f) Seleccionar puntos de muestreo en zonas de mezcla completa de la corriente de agua que no sean afectados por obras civiles tales como puentes, represas, difusores de cañerías que transportan vuelcos de efluentes industriales y canales naturales y / o artificiales.

Tomando en cuenta todos estos aspectos teóricos relacionados con la ubicación de un punto de muestreo, se procedió a identificarlos, haciendo énfasis en la ubicación de algunas de las fuentes de contaminación identificadas durante las visitas de campo y la facilidad de acceso a los sitios³⁴.

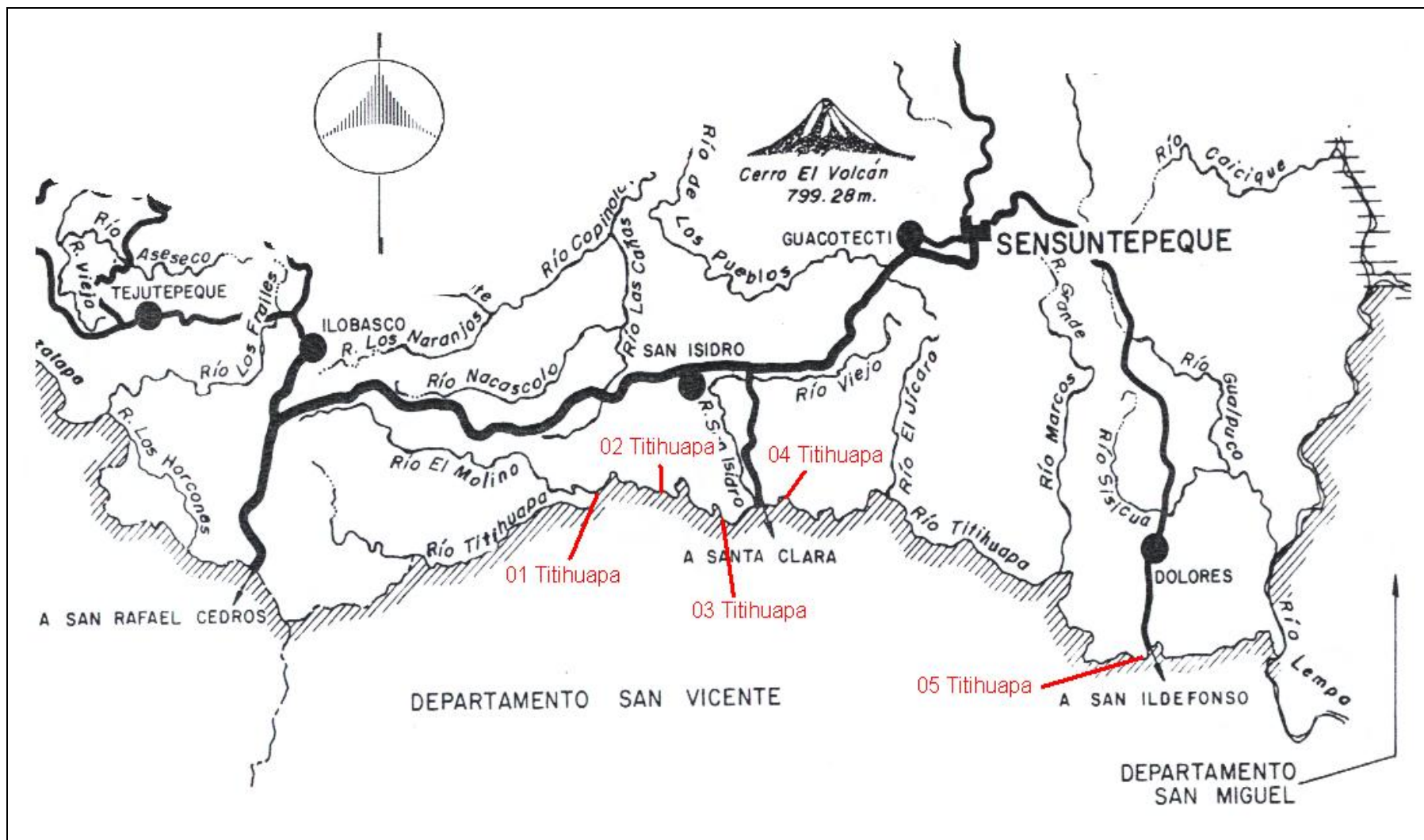


Foto 9. Definiendo posibles puntos de acceso al Río Titihuapa con Francisco Pineda miembro de ADES (Fuente: Tomada por Ing. Mauricio Tejada, Abril -2006)

³⁴ Se debió considerar la utilización de vehículos 4x4 debido a la inaccesibilidad de los sitios por lo escarpado del terreno.

Los puntos seleccionados para la toma de muestras se presentan en el **Mapa 4.2**, y con más detalle en el Anexo 9.

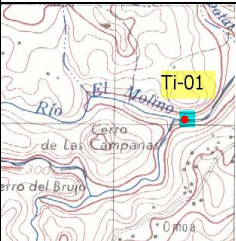
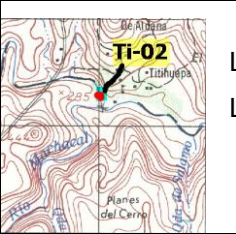
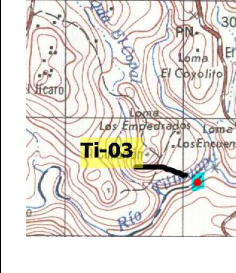
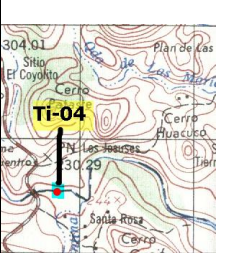
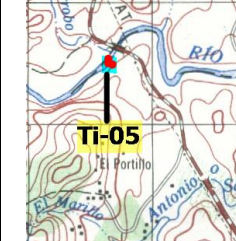
MAPA 4.2 Ubicación de puntos de muestreo en el Canal principal del Río Titihuapa



(Fuente: Monografía de Cabañas, ING, CNR)

Para la subcuenca del Río Titihuapa se asignaron 5 puntos de muestreo a lo largo del recorrido, desde el nacimiento hasta su desembocadura en el Río Lempa como se detallo en el Mapa 4.2 se describe en la Tabla siguiente:

Tabla 4.1 Ubicación de Puntos de Monitoreo de la Calidad de Agua del Río Titihuapa³⁵

| Punto de Monitoreo | Ubicación Geográfica (Cuadrantes Topográficos) | Dirección |
|--------------------|--|--|
| Ti-01 |  <p>Latitud: 13°49'23.15" Norte Longitud: 88°45'30.04 Oeste</p> | Río Titihuapa después de la confluencia Río El Molino contiguo a calle de acceso a Cantón El Molino, 7 Km. de Ilobasco |
| Ti-02 |  <p>Latitud: 13°47'49.57" Norte Longitud: 88°44'27.32 Oeste</p> | Río Titihuapa, antes de la confluencia del Río Machacal, Cantón El Izcatel, Municipio San Isidro, Departamento de Cabañas |
| Ti-03 |  <p>Latitud: 13°47'24.95" Norte Longitud: 88°42'10.38" Oeste</p> | Río Titihuapa, Poza la Pintada (Sitio de Petrograbados) antes de la Confluencia del Río San Isidro, Municipio Santa Clara-San Idelfonso, Departamento de San Vicente |
| Ti-04 |  <p>Latitud: 13°47'26.72" Norte Longitud: 88°41' 46.68" Oeste</p> | Río Titihuapa, después de la Confluencia del Río San Isidro, Poza de Los Indios, Municipio San Idelfonso, Departamento de San Vicente |
| Ti-05 |  <p>Latitud: 13°44'48.15" Norte Longitud: 88°34'5.51" Oeste</p> | Río Titihuapa, antes de Puente Titihuapa, limite entre Dolores, Cabañas y San Idelfonso, San Vicente, antes de la desembocadura en el Río Lempa |

³⁵ Ver Anexo 5

V. LEGISLACIÓN Y NORMATIVAS APLICABLES A LOS RECURSOS HÍDRICOS.

La normativa nacional existente respecto al recurso hídrico es abundante, pero a la vez dispersa en cuanto a la asignación sectorial y/o regional del agua. En términos generales, responde a visiones unilaterales para problemas específicos y sectoriales (Ver Anexo N°1 Legislación Aplicable a los Recursos Hídricos).

Según el Documento Actores, Agendas y Procesos en la Gestión de los Recursos Hídricos de Centroamérica, publicado por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)³⁶ la única legislación sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en El Salvador fue aprobada en los años ochenta³⁷. No obstante, esta ley además que es únicamente enunciativa de lo que debe hacerse al respecto, en la práctica no ha tenido ningún tipo de aplicación y actualmente es obsoleta. El interés generalizado en el tema del agua ha sido demostrado mediante la participación en estas discusiones de las municipalidades, las organizaciones comunales de base, las ONG, las asociaciones profesionales y las partes políticas, además del gobierno central.

A mediados del año 2005 se conformo el Comité de la Agenda Hídrica del Quinquenio, espacio público-privado promovido por el Ministerio de Medio Ambiente (MARN) y con apoyo varias entidades de cooperación tal como GWP y BID. El objetivo central de dicho comité que reúne a representantes de las instituciones públicas involucradas directamente en la gestión de los recursos hídricos, así como al sector privado y la sociedad civil, es sentar las bases para la reforma del sector.

³⁶ Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), "**Actores, Agendas y Procesos en la Gestión de los Recursos Hídricos de Centroamérica**", Serie Política Ambiental, del Proyecto Políticas y Legislación Ambiental, impulsado por el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, San Salvador, Junio 2005, disponible en: www.ccad.ws

³⁷ Decreto Ejecutivo N° 886: Ley de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y Decreto Ejecutivo No. 144 Reglamento de la Ley de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

En El Salvador, la estructura institucional para los recursos hídricos está centralizada en el Ministerio de Ambiente y en el Ministerio de Agricultura, mientras que las funciones más específicas están asignadas a otras agencias gubernamentales como la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

Las leyes sectoriales actuales incluyen aquellas que crearon agencias autónomas encargadas del agua potable y de la energía, y la Ley de Riego y Avenamiento que establece los derechos de uso. A continuación se presenta un cuadro resumen sobre las principales legislaciones e instituciones relacionadas a los recursos Hídricos³⁸:

Tabla 5.1 Legislaciones y Normativas reguladoras de los Recursos Hídricos

| Legislación | Descripción y/o Atribuciones |
|-----------------------|---|
| Constitución Política | En sus artículos 84,106 y 117, se refiere a la soberanía sobre el territorio y jurisdicción sobre las zonas costeras. Además establece entre los motivos de expropiación por causa de utilidad pública, el objetivo de aprovisionamiento de agua, y finalmente, declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales. Se limita a indicar en forma genérica que deberán elaborarse leyes especiales para regular los recursos naturales. |
| Código Municipal | En sus artículos 4, 31, 32,35, 118 y 125, hace referencia a la competencia de los municipios respecto al incremento y protección de los recursos renovables y no renovables y le da atribuciones y jurisdicción en su territorio a través de las ordenanzas en diversos campos, incluyendo el de la gestión de los recursos naturales. |
| Código Penal | En los artículos 229 y 295 decreta penas al que contaminare, envenenare, adulterare o corrompiere, de modo peligroso para la salud, las aguas. |
| Código de Minería | En los artículos 16, 67, 71, 73, 83 y 108, establece las competencias, derechos y atribuciones que tienen sobre fuentes de agua, los propietarios de áreas mineras. |
| Código Civil | En los artículos 575, 576, 577, 578, 579, 630-637, 834-842, 862-874, legisla respecto a los derechos de propiedad y uso sobre los recursos hídricos. Incluye algunos preceptos legales respecto al dominio del agua y reconoce aguas comunes. |

³⁸ Artiga, Raúl y Molina, Hugo; **“Recursos de información sobre el agua en El Salvador: Situación actual y desafíos”**, publicación de PRISMA, San Salvador, 1999, pp31

Cont...V-1

| | |
|--|---|
| Código de Salud | En sus artículos 57, 63,64, 65,67, 69, 79, 73, 284 y 285, y en su Reglamento, determina la norma de Calidad de Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección. Determina la atribución de desarrollar programas de saneamiento ambiental, encaminados a lograr para las comunidades, el abastecimiento de agua potable, la disposición adecuada de excretas y aguas servidas y la eliminación y control de contaminaciones del agua de consumo. |
| Ley de Riego y Avenamiento y su Reglamento | Establecen que las aguas superficiales y subterráneas son propiedad del Estado. Legisla sobre la extracción de agua para uso de riego. |
| Ley de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). | Esta institución tiene la potestad de regular toda extracción de agua en el país, pero al mismo tiempo es el mayor usuario de éste recurso para consumo humano. |
| Ley de Creación de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) | Tiene derechos sobre el uso del agua para generación de energía, pero de igual manera, los derechos están concebidos sin atención a los derechos de otros usuarios conferidos por ley. |
| Reglamento Interno del Órgano Ejecutivo | Se establecen competencias para los ramos de Agricultura (artículo 41) y de Obras Públicas (artículo 43) en la generación de mecanismos legales de protección, conservación y uso racional del recurso hídrico, así como investigación de condiciones geológicas, hidrológicas y sismológicas del territorio nacional. |
| Ley sobre Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos (1982) y su reglamento (derogado) | Son una especie de ley básica para poder legislar en detalle los diferentes usos del agua, es decir, agua potable, agua para riego, usos industriales, usos comerciales, usos hidroeléctricos, pesca, usos comunes, etc. |

Cont...V-1

| | |
|--|---|
| Reglamento Sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección (Decreto 50 de 1987), | Tiene por objeto desarrollar los principios de la Ley de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y se orienta a evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos por vertidos domésticos, industriales o de cualquier otra índole, a la vez que establece las normas sobre depuración y tratamiento de aguas y sus respectivas sanciones. |
| Ley de Creación de la SIGET | La asignación de concesiones de agua para hidroelectricidad, sin tomar en cuenta a los demás usuarios. |

Tabla 5.2 Instituciones reguladoras de los Recursos Hídricos

| Institucion | Responsabilidades |
|---|--|
| Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Otorga competencia en la prevención y control de la contaminación al, junto al Ministerio de Salud Pública. Determina la protección del recurso hídrico a través de promover el manejo integrado de cuencas hidrográficas, así como la protección del medio costero-marino de toda clase de vertidos y derrames. Elaborar y proponer a la Presidencia de la República los reglamentos necesarios para la gestión, uso, protección y manejo de las aguas y ecosistemas. Crea el Sistema de Información Ambiental, el cual deberá recopilar, actualizar y publicar la información ambiental que le corresponda manejar a través de la información pertinente que se genere por el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente (SINAMA), y ésta debe ser de libre acceso al público. |
| Ministerio de Agricultura y Ganadería | Se ha encargado de los aspectos normativos del agua como recurso natural, fundamentalmente con orientación al riego. El MAG está encargado de administrar la red hidrométrica. |
| Ministerio de Obras Públicas | Tiene a su cargo el desarrollo de infraestructura de regulación de caudales para control de las inundaciones pero la infraestructura desarrollada hasta la fecha es mínima. |

VI. DIAGNÓSTICO DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TITHUAPA

Conocer el grado de contaminación que posee un determinado curso de agua se logra analizando el resultado de campañas de monitoreo efectuadas para tal fin, lo que implica una selección de lugares de muestreo, parámetros representativos y la definición de una frecuencia adecuada a los fines de la investigación a desarrollar.

Las determinaciones analíticas de laboratorio y las de campo llevadas a cabo durante los muestreos, se utilizan para caracterizar espacial y temporalmente al río respecto a niveles guía para los diferentes usos a preservar.

6.1 METODOLOGIA DE MUESTREO

Luego de establecer los puntos de muestreo se debe proceder a preparar el equipo para llevar a cabo el mismo, tomando en cuenta los parámetros que se necesitan determinar.

6.1.1 Criterios generales de muestreo

Primeramente se deberán preparar y seleccionar adecuadamente los envases en los que se recogerán las muestras, estos deben estar limpios en su interior y debidamente identificados como mínimo con los datos de: el sitio de muestreo, la fecha y hora de recolección de muestras, el análisis para el que será destinada la muestra³⁹, se deberá contar con un lápiz grueso para realizar la identificación en caso de que la etiqueta se despegue por contacto con el agua.

Para una adecuada documentación del procedimiento de muestreo e identificar fielmente los puntos seleccionados se determinarán las coordenadas geográficas del

³⁹ Ver Anexo N°2 Formatos 1

punto por medio de mapas o utilizando un sistema electrónico de georeferencia (GPS), se tomaran fotografías en dichos puntos procurando el incluir puntos de referencia como árboles, rocas, cercos, etc. a la vez quien este realizando el muestro, e incluir la dirección en el formato de muestreo⁴⁰.

Antes de realizar el muestreo se debe enjuagar con la misma agua del río el recipiente en que será tomada la muestra tres veces y luego se procede a tomar la muestra. Se deben tomar las muestras de agua en donde exista un flujo turbulento que asegure una calidad uniforme en la muestra.

Quien realice el muestreo debe estar en posición contracorriente al flujo del agua del río y realizar este lejos de la orilla en la corriente principal. Si el nivel de agua del río es poco profundo se debe tener cuidado de remover en lo mas mínimo posible los sedimentos del fondo para que estos no acompañen la muestra de agua.



Foto 10. Tomando muestra contracorriente al flujo del río
(Fuente: Tomada por Aurely Pérez 3-07-2006)

Como la temperatura tiene influencia sobre otras variables acuáticas y también de procesos, es importante incluirla dentro del régimen de muestreo y debe registrarse al tiempo que se toman las muestras de agua.

⁴⁰ Ver Anexo N°2 Formatos 3

6.1.2 Preservación de las muestras

Es prácticamente imposible una preservación completa de las muestras, ya sean aguas naturales, residuos domésticos o industriales. Las técnicas de preservación solo pueden retardar los cambios químicos y biológicos, que, inevitablemente, se producen después de que se tomó la muestra.

En general mientras mas corto sea el tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y su análisis más seguros serán los resultados. Las muestras se refrigeran a una temperatura de 4°C para su análisis respectivo. A la vez se considera si es necesario tener cuidado de no dejar aire atrapado en el recipiente y si es necesario preservar la muestra con agentes químicos, no se debe llenar completamente el recipiente con el objetivo de proporcionar espacio para la adición y una adecuada homogenización de estos.



Foto 11. Conservación de muestras para análisis fisicoquímico
(Fuente: Tomada por Emerson Iraheta 3-07-2006)

6.1.3 Muestreo para Análisis Microbiológico

Para la toma de muestras se deben utilizar frascos de plástico previamente esterilizados. El frasco no se debe destapar hasta el momento del muestreo, no debe tocarse el tapón ni la boca del frasco.

Las muestras deben transportarse al laboratorio en una hielera a una temperatura de 4°C.



Foto 12. Frascos Esterilizados proporcionados por el CENSALUD para muestreo microbiológico (fuente. Tomado por Emerson Iraheta, 3-07-2006)

El exámen microbiológico se debe iniciar después de la recolección con un tiempo máximo de 24 horas. Antes de realizar los procedimientos las muestras deben agitarse 25 veces cada una.

6.2 MEDICIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA O ESTIMACIÓN DEL CAUDAL⁴¹

Para realizar una caracterización de un recurso hídrico superficial es importante establecer el caudal o volumen que lo forma, ya que esto tiene incidencia directa en la capacidad depuradora de las aguas que este recurso pueda tener.

En la presente investigación se llevo a cabo una medición del caudal del Río titihuapa, en la época de transición seca a lluviosa, esta se llevó a cabo por medio de una metodología para aforo del agua en canales abiertos utilizando un MOLINETE HIDRÁULICO.

El molinete hidráulico es un equipo moderno utilizado para la medición de la velocidad de la corriente de agua en un punto específico de la sección transversal. El cual consiste en una hélice o propela de 5 a 12 cm de diámetro, acoplada a un

⁴¹ Aforo de caudal para fuentes superficiales por Ing. Agr.Msc. JOSÉ MAURICIO TEJADA, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES, 2006

rodete o eje giratorio que transmite el número de revoluciones a un contómetro eléctrico.



Fig. 6.1 Partes de un molinete (electrodo, propela, trasductos,) y molinete armado para la medición en el cauce del río.

El molinete determina “La velocidad del agua en un punto específico de la sección del canal”, por lo que se hace necesario medir el área de la sección hidráulica; y aplicando la ecuación de continuidad se determina el caudal así:

$$Q = A * v$$

La velocidad del flujo es el resultado de la aplicación de una ecuación matemática, específica para cada molinete, y las características de la propela, como son: diámetro, material y número de propela. La Ecuación del molinete hidráulico marca AOTT y propela # 3 es:

$$v = 0.2283 * n + 0.023 \quad \text{para } n < 0.56$$

$$v = 0.2514 * n + 0.01 \quad \text{para } n > 0.56$$

Donde:

v = velocidad en m/s,

$n = r / t$; r = número de revoluciones, t = tiempo (seg.)

Para tener una mejor estimación del gasto, ya que la velocidad es muy variable en toda la sección hidráulica, se divide ésta en secciones más pequeñas (A_1, A_2, \dots, A_n)

por medio de verticales imaginarias (V_0, V_1, \dots, V_n) y para cada vertical se determina la velocidad media, que puede ser mediante una medida a 0.6 veces la profundidad del agua (h); cuando h es menor a 0.4 m; o tomando dos medidas, una a 0.2 h y 0.8 h y promediando, cuando h mayor que 0.4 m.

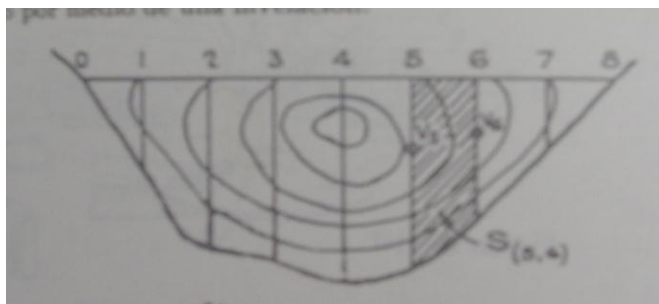


Fig. 6.2 Esquema de las verticales en el cálculo de áreas transversales para medir el caudal de un río

Como resultado tenemos pequeñas secciones hidráulicas, limitadas por dos verticales de observación, haciendo el promedio de las verticales $(V_0 + V_1)/2$, se obtiene la velocidad media de cada sección. Finalmente se determina parcialmente el caudal que circula por cada una, así:

$$Q_1 = A_1 * v_1$$

El Caudal total se calcula por la sumatoria de las caudales de cada sección. El área se calcula por la fórmula del trapecio:

$$A = l_v * (h_0 + h_1)/2$$

Donde: $l_v =$ intervalo entre verticales (m)

$h =$ profundidad del agua en las verticales respectivas (m)

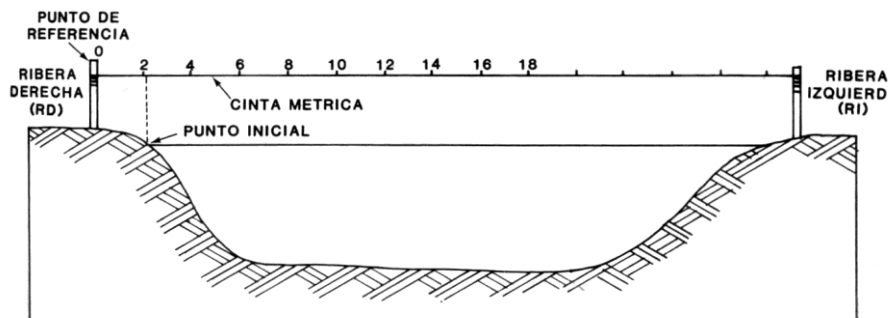
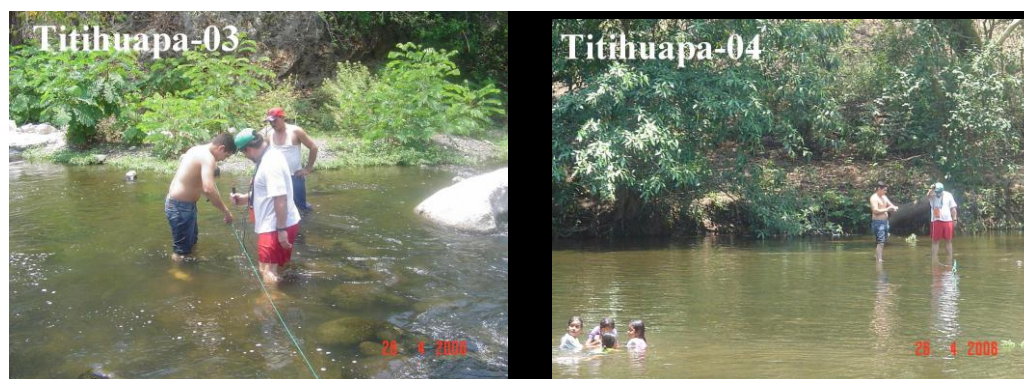


Fig. 6.3 Técnica para medir el ancho de una sección transversal

El caudal para la sección de estudio del Río Titiuapa se determino por medio de la aplicación de un programa diseñado por el por Ing. Agr.Msc. JOSÉ MAURICIO TEJADA, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, basándose en la metodología descrita anteriormente⁴². La medición de Caudal se llevo a cabo en dos de los puntos de observación (Ver datos recopilados en campo y medición del caudal en el Anexo 3).



Fotos 13 y 16 Medición del Caudal del Río Titiuapa en los puntos de muestreo 3 y 4
(Fuente: Fotos tomada por Aurely Pérez, Julio/2006)

Luego de aplicar el programa de cálculo⁴³ se obtuvieron los datos siguientes:

Tabla 6.1 Caudal promedio Río Titiuapa.

| Punto de observación | Caudal (m ³ /s) | Caudal promedio (m ³ /s) |
|----------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Titiuapa 03 | 0.709 | 0.7265 |
| Titiuapa 04 | 0.744 | |

(Fuente: Resultados obtenidos del programa HID-2006 al aplicar a datos recopilados en el Río Titiuapa)

El flujo de agua determinado el día 26 de abril de 2006, para la sección de estudio, comprendida entre los puntos Ti-03 al Ti-04, fue de **0.7265 m³/s**.

⁴² Ver secuencia del programa en Anexo 2

⁴³ Ver en anexo 4: A.4-3 HOJAS DE CALCULO EN HID-2006 DEL PUNTO TI-03 y A.4-4 HOJAS DE CALCULO EN HID-2006 DEL PUNTO TI-04

6.3 ALGUNOS LINEAMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DE CALIDAD DE AGUA⁴⁴

La calidad del agua esta caracterizada por su composición física, química y biológica que determina sus posibles usos. De igual manera, la calidad del agua se puede ver influida por las posibles fuentes de contaminación a los que esta expuesto el recurso y sus áreas de influencia, tales como vertidos de distintos tipos de sustancias: materia orgánica, materia inorgánica, nutrientes, metales pesados, plaguicidas, etc., gran cantidad de estas sustancias se incorporan al agua por la acción humana, principalmente a través de los vertidos municipales e industriales y de las actividades agrícolas y ganaderas, etc.

6.3.1 Parámetros de Calidad de Agua

Para llevar a cabo la evaluación de la calidad del agua del Río Titihuapa se han aplicado algunas de las normativas existentes y/o propuestas de normativas existentes en el país tales como el Decreto 50 y su reformas⁴⁵ que establecen el "Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección", y que regulan la calidad del agua según el uso para el cual será destinada el agua de dicho recurso.

Algunos de los usos de agua propuestos para la presente evaluación son:

- a) Agua cruda para potabilizar
- b) Agua para riego
- c) Agua con calidad ambiental
- d) Agua apta para el contacto humano

⁴⁴ Servicio Nacional de Estudios Territoriales – Servicio Hidrológico Nacional, "**Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador, Componente Evaluación de Recursos Hídricos**", San Salvador, Diciembre 2005, disponible en: www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf

⁴⁵ Decreto Ejecutivo N° 50, del 16 de octubre de 1987, publicado en el Diario Oficial N° 191, Tomo 297, del 16 de octubre de 1987; Decreto Ejecutivo N° 51, del 16 de noviembre de 1987, publicado en el Diario Oficial N° 210, Tomo 297, del 16 de noviembre de 1987 y Decreto Ejecutivo N° 19, del 2 de marzo de 1989, publicado en el Diario Oficial N° 210, Tomo 302, del 10 de marzo de 1989.

6.3.1.1 Agua cruda para potabilizar

El agua apta para consumo humano es difícil encontrarla en forma natural debido a que normalmente se encuentra contaminada por el suelo y las actividades del hombre mismo, las impurezas o contaminantes pueden ser de distintos tipos.

El Decreto No. 50 anteriormente mencionado, especifica la normativa con un total de nueve parámetros de calidad de agua especificando rangos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6.2 Rangos para parámetros de calidad de agua deseables para agua cruda para potabilizar por métodos convencionales.

| Parametro | Unidades | Rango |
|----------------------------|-------------------|-----------|
| DBO5 | mg/L | 3 – 4 |
| Coliformes Fecales | NMP/100 ml | 1000 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 4 - 6.5 |
| pH | unidades de pH | 6.5 - 9.2 |
| Cloruros | mg/L | 50 - 250 |
| Color aparente | unidades de Co-Pt | 20 - 150 |
| Turbidez | UNT | 10 - 250 |
| Fenoles | mg/L | 0.01 |
| Nitratos | mg/L | 45.00 |
| Total de sólidos Disueltos | Mg/L | 300-600 |

(Fuente: Decreto 51, D.O. 210, 16 de noviembre 1987)

Es importante evaluar otros parámetros de calidad de agua como metales pesados y compuestos orgánicos persistentes, los cuales no deberían estar presentes si el agua se considera será usada, previo tratamiento, para consumo directo.

6.3.1.2 Agua para riego

La agricultura es otro de los usuarios de los recursos de agua en el país y al mismo tiempo una de las fuentes de contaminación de los mismos, la descarga de contaminantes y sedimentos es lo que en general hace reducir la disponibilidad de agua de calidad aceptable para la actividad agrícola en base a las normativas dispuestas.

Por otro lado, es importante hacer notar que el alto uso de fertilizantes y plaguicidas para aumentar o mantener el rendimiento de los productos agrícolas, incide directamente en la calidad de los recursos hídricos. Como se mencionó anteriormente, en el Decreto No. 50 (y reformas), se ha determinado la normativa de agua para riego, como se detalla en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3 Rangos para parámetros de calidad de agua recomendables para riego

| Parametro | Unidades | Rango |
|---------------|----------------|-----------|
| Conductividad | μSiemens/cm | 250 - 750 |
| % de Sodio | meq/L | 30 – 60 |
| pH | unidades de pH | 6.5 - 8.4 |
| Boro | mg/L | 0.5 - 2.0 |
| Cloruros | mg/L | 195 |
| Sulfatos | mg/L | 200 |

(Fuente: Decreto 50)

6.3.1.3 Agua apta para el contacto humano

Las aguas naturales para ser adecuadas al contacto humano debe de presentar ciertas características como baja cantidad de recuentos microbiológicos y alto porcentaje de saturación de oxígeno principalmente; por otro lado, es deseable en menor medida la ausencia de aceites y grasas y otros caracteres organolépticos (olor, sabor, etc.).

El presente listado de parámetros servirá para evaluar la calidad de agua superficial y su aptitud de uso para el contacto humano, estos criterios se basan en Normas emitidas por la Organización Mundial de Salud, ya que en El Salvador, como ya se menciono, no se cuenta con una legislación específica que regule estos requerimientos de calidad.

Tabla VI -4 Límites permisibles de Calidad de Agua para Contacto Humano⁴⁶

| PARAMETRO | RANGO DE VALOR |
|--------------------|-------------------------------------|
| Coliformes Fecales | Menor o Igual a 1000 UFC por 100 ml |
| Oxígeno Disuelto | Mayor o Igual a 7 mg/L |
| Turbidez | Menor o Igual a 10 UNT |

(Fuente: SNET, 2005)

6.3.1.4 Otra clasificaciones para la calidad de agua de un Río

A nivel internacional existen diferentes normativas que pueden establecer en la calidad del agua de un recurso en base a los parámetros que presenta y lo clasifican en categorías para su uso. Una de estas clasificaciones es la categorización abalada por la UNESCO, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP).

Según las categorías establecidas los usos posibles del agua son:

- a) Categoría 1:** Todos los usos exigentes: Fácil potabilización; vida piscícola exigente; posibles zonas de baño; regadíos exigentes; usos industriales exigentes; especial interés ecológico.

⁴⁶Servicio Nacional de Estudios Territoriales – Servicio Hidrológico Nacional, “Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador. Componente Evaluación de Recursos Hídricos”, San Salvador, Diciembre 2005, disponible en: www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf

- b) Categoría 2:** Amplios usos, con precauciones: Potabilización con tratamientos intermedios; vida piscícola no tan exigente; algunas zonas de baño muy localizadas; regadíos no tan exigentes; usos industriales menos exigentes.
- c) Categoría 3:** Usos restringidos: Potabilización pero con tratamientos avanzados; posible vida piscícola de especies muy resistentes; regadíos poco exigentes; usos industriales poco exigentes.
- d) Categoría 4:** Usos mínimos: regadíos muy poco exigentes; usos industriales muy poco exigentes.

Y los valores para cada categoría son:

Tabla 6.5 Valores que pueden adoptar los parámetros para definir categorías y usos del agua.

| PARAMETROS | Unidades | Categorías | | | |
|---------------|----------|------------|---------|-------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| T Agua | ° C | 21.5 | 25 | 25 | 30 |
| pH | | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6-8.5 | 6-9 |
| Conductividad | mS/cm | 1 | 1 | 1 | 2.5 |
| OD | mg/L | 7.1 | 6.7 | 3 | 2 |
| DBO | mg/L | 3 | 5 | 7 | 15 |
| DQO | mg/L | 30 | 30 | 30 | 60 |
| Nitrógeno | mg/L | 1 | 2 | 3 | 10 |
| Fosfatos | mg/L | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 20 |
| Coli. Fecales | NMP/100 | 20 | 200 | 2,000 | 10,000 |
| Turbidez | UNT | 40 | 100 | 100 | > 100 |

(Fuente: "Water Quality Assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring" (Aseguramiento de la Calidad del Agua. Una Guía para el uso de la biota, sedimentos y Agua en el Monitoreo Ambiental). Chapman & Hall, Londres, 1992.) Para turbidez:

Resolución CONAMA 20/86

6.4 DESCRIPCIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA ANALIZADOS PARA LOS PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO TITIHUAPA.

Para determinar la calidad de agua del Río Titihuapa se llevo a cabo un muestreo en los 5 puntos de monitoreo determinados anteriormente⁴⁷, dicho muestreo se realizó el 3 de julio de 2006. Las muestras se sometieron a diversos análisis fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales fueron realizados en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia y en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), ambos pertenecientes a la Universidad de El Salvador.

Se determinaron diferentes parámetros indicadores que son considerados como básicos en los análisis de calidad de agua de aguas superficiales, los certificados de análisis de dichos laboratorios se incluyen en los Anexos N°7 y 8, y los resultados se resumen en los cuadros VI-5 y VI-6, que se presentan a continuación.

En este apartado se presentan además una breve descripción de las características y valores que presentan ciertos parámetros en aguas no contaminadas y los efectos que tienen las variaciones de estos en las aguas de los ríos, y se reportan gráficos comparativos de los valores obtenidos para las muestras del Río Titihuapa con respecto a los valores permisibles según el "Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección" y los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud, referido a los usos para los que se destina el Río⁴⁸.

⁴⁷ Ver en anexo 5 las fichas de punto de muestreo.

⁴⁸ Ver Anexo 6: Cuadro Resumen de valores de parámetros de referencia para efectos comparativos

Tabla 6.6 Cuadro resumen valores fisicoquímicos y sustancias tóxicas reportados para muestras del Río Titihuapa

| PARÁMETRO | UNIDADES | MÉTODO | VALORES POR PUNTO DE MUESTREO ⁴⁹ | | | | |
|--------------------------|------------------|--------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | Ti - 01 | Ti - 02 | Ti - 03 | Ti - 04 | Ti - 05 |
| TEMPERATURA AMBIENTE | °C | Medición in situ | 29.5 | 32 | 34.1 | 33.1 | 35.8 |
| TEMPERATURA DEL AGUA | | | 25.6 | 28.9 | 31 | 31.1 | 33.6 |
| GRADIENTE DE TEMPERATURA | | | 3.9 | 3.1 | 3.1 | 2 | 2.2 |
| pH | | Potenciométrico | 6.91 | 6.93 | 7.85 | 7.79 | 8.15 |
| DBO5 | mg/L | Titrimétrico | 13.4 | 15.5 | 10.2 | 6.7 | 3.2 |
| COLOR | UCT | comparación Visual | >15 | >15 | >15 | >15 | >15 |
| CONDUCTIVIDAD | micro mho/ cm | Conductivimetro | 210 | 180 | 170 | 180 | 170 |
| SOLIDOS DISUELTOS | mg/L | Potenciométrico | 100 | 50 | 50 | 100 | 100 |
| TURBIDEZ | UNT | Nefelométrico | 12 | 10 | 10 | 9 | 8 |
| DUREZA | mg/L | Titrimétrico | 110 | 88 | 100 | 24 | 106 |
| ALCALINIDAD | mg/L | Titrimétrico | 206 | 156 | 106 | 102 | 124 |
| NITRATOS | mg/L | Fotométrico | 9.2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| NITRITOS | mg/L | Fotométrico | 0.75 | 1.15 | 0.24 | 0.15 | 0.02 |
| CLORUROS | mg/L | Fotométrico | 9.7 | 36 | 4.3 | 5.5 | 3.2 |
| FOSFATOS | mg/L | Fotométrico | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| SULFATOS | mg/L | Fotométrico | 9 | 11 | 12 | 12 | 10 |
| CIANUROS | mg/L | Fotométrico | 0.003 | 0.003 | 0.006 | 0.005 | 0.003 |
| ARSENICO | mg/L | Colorimétrico | N/ detectado | N/ detectado | N/ detectado | N/ detectado | N/ detectado |
| MERCURIO | mg/L | Fotométrico | N/ detectado | N/ detectado | N/ detectado | N/ detectado | N/ detectado |

⁴⁹ Ver en ANEXO 7: CERTIFICADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Tabla 6.7 Cuadro resumen valores microbiológicos reportados para muestras del Río Titihuapa

| PARÁMETRO | UNIDADES | MÉTODO | VALORES POR PUNTO DE MUESTREO ⁵⁰ | | | | |
|------------------------------|------------|----------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | Ti - 01 | Ti - 02 | Ti - 03 | Ti - 04 | Ti - 05 |
| Bacterias coliformes totales | NMP/100 mL | NMP APHA | >1600 | >1600 | >1600 | >1600 | >1600 |
| Bacterias coliformes fecales | NMP/100 mL | NMP APHA | >1600 | >1600 | 300 | 500 | 500 |
| Escherichia coli | | | positiva | positiva | positiva | positiva | positiva |

6.4.1 Cambio de la Temperatura

La temperatura de las aguas superficiales está influenciada por la latitud, altitud, variaciones climáticas, hora del día, circulación del aire, nubosidad, profundidad del cuerpo de agua y también de la concentración de muchas variables.

El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C.

La tasa metabólica de los organismos acuáticos también está relacionada con la temperatura en aguas cálidas; el consumo por respiración incrementa el consumo de oxígeno y la descomposición de la materia orgánica. También se incrementan los valores de crecimiento de las bacterias y del fitoplancton lo cual produce un incremento en la turbidez del agua y el crecimiento masivo de algas debido a las condiciones de suministro de nutrientes.

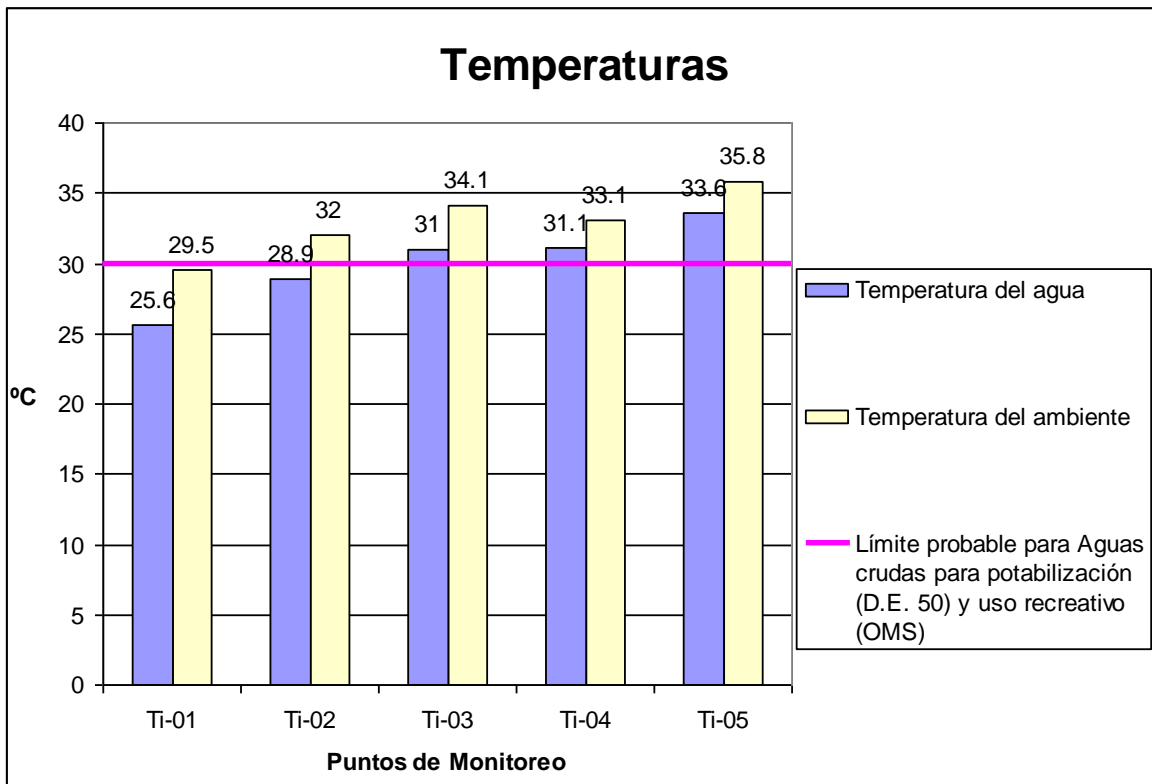
La temperatura de las aguas superficiales se encuentra en el intervalo comprendido entre 0°C Y 30°C. Las fluctuaciones de temperatura con las épocas del año pueden variar dependiendo de condiciones de verano o invierno, estas

⁵⁰ Ver en ANEXOS 8: CERTIFICADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

variaciones son más sensibles en aguas superficiales poco profundas. Pueden encontrarse temperaturas anormalmente altas debido a descargas térmicas procedentes principalmente de termoeléctricas, pero también de fundiciones y plantas de tratamiento.

En el siguiente Gráfico se compara la temperatura registrada para cada uno de los puntos de muestreo con la máxima permisible según la OMS, para que esta pueda ser utilizada para fines recreacionales cuando se tiene contacto directo con la misma.

GRÁFICO 6.1 Comparación de la Temperatura del agua y ambiental con respecto a los Límites Permisibles



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

Como se puede observar, la temperatura del agua tiende a elevarse al igual que la del ambiente, por lo cual solo las muestra tomadas en los puntos Ti-01 y Ti-02 están dentro del rango permitido por la norma, el resto presenta

temperaturas ligeramente mas altas que la permisible, registrando el punto Ti-05 del Puente Titihuapa la temperatura máxima en un poco mas de 35°C.

Según estos resultados el agua del Río Titihuapa no posee una temperatura permisible para el contacto humano como uso recreacional. Los valores fuera de norma pueden deberse a la influencia de la temperatura ambiental sobre el Río, relacionado con la época estacional en la cual se recopilaron las muestras, la incidencia del sol y la diferencia en la hora de las tomas de las muestras.

6.4.2 PH.

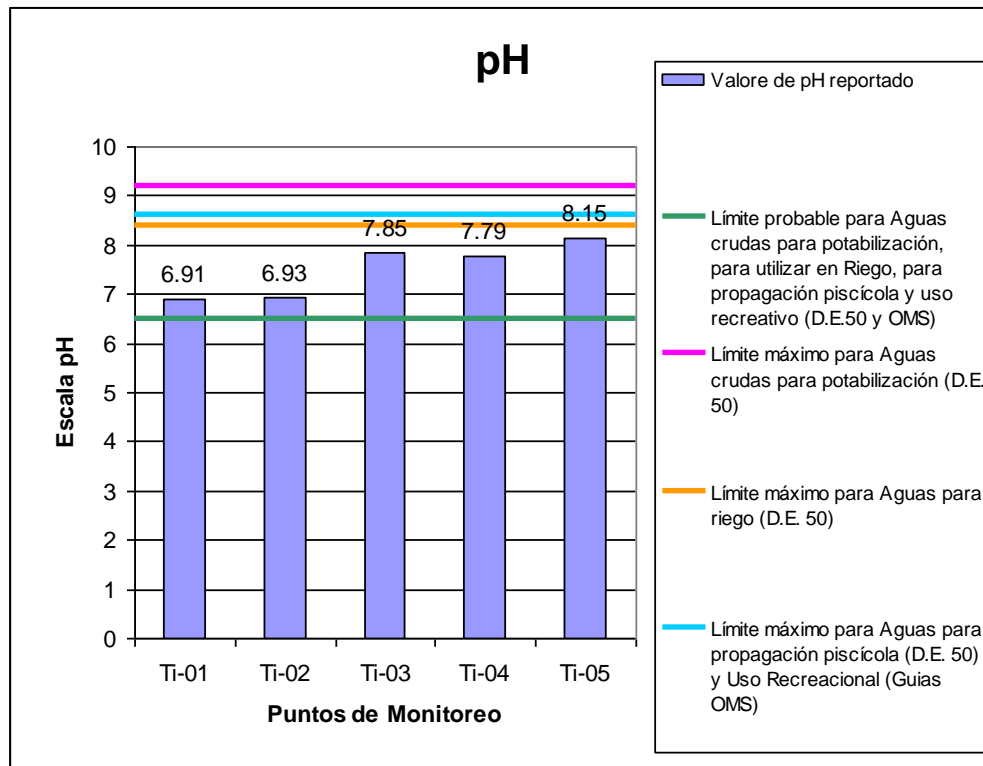
El pH es una variable importante de la variación en la calidad del agua y está influenciado por los procesos biológicos y químicos dentro del cuerpo de agua y todos los procesos asociados con el suministro y tratamiento de aguas. También mide los efectos de la descarga del efluente. El pH de aguas no contaminadas está controlado por el balance entre dióxido de carbono, carbonato y bicarbonato, estos iones siempre están presentes en las aguas naturales así como también los ácidos húmico y fúlvico⁵¹.

El balance natural de un cuerpo de agua puede ser afectado por efluentes industriales y por deposición atmosférica de sustancias generadoras de ácidos. Los cambios en pH pueden indicar la presencia de ciertos efluentes, particularmente cuando se obtienen medidas continuas junto con la conductividad del cuerpo de agua.

Las variaciones de pH en ocasiones pueden ser causadas por la fotosíntesis y los ciclos respiratorios de las algas y de las aguas eutróficas.

⁵¹ Los ácidos húmicos y fúlvicos son materiales orgánicos componentes del humus de color oscuro insoluble en ácidos con carga negativa, son fuente de carbono para los organismos heterótrofos.

GRÁFICO 6.2 Comparación del Parámetro de pH con Respecto a los Límites Permisibles según la Normativa.



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

Según se puede observar en el Gráfico VI-2, los valores de pH en cada uno de los puntos de monitoreo se encuentran dentro de los rangos de aceptables. Por lo anterior se puede decir que el río TITHUAPA cumple con los requerimientos de calidad de agua para ser utilizado como recurso para satisfacer el uso de Agua cruda para potabilizar, para riego y propagación piscícola.

6.4.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La mayoría de la materia orgánica que contamina el agua procede de desechos de alimentos, de aguas negras domésticas y de fábricas y es descompuesta por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores. Ese proceso de descomposición ocurre tanto en el agua como en la tierra y se lleva a cabo mediante reacciones químicas que requieren oxígeno para transformar sustancias

ricas en energía en sustancias pobres en energía. El oxígeno disuelto en el agua puede ser consumido por la fauna acuática a una velocidad mayor a la que es reemplazado desde la atmósfera, lo que ocasiona que los organismos acuáticos compitan por el oxígeno y en consecuencia se vea afectada la distribución de la vida acuática.

Una medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica (sirve como nutriente y requiere oxígeno para su descomposición) es la determinación de la rapidez con que la materia orgánica nutritiva consume oxígeno por la descomposición bacteriana y se le denomina Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). La DBO es afectada por la temperatura del medio, por las clases de microorganismos presentes, por la cantidad y tipo de elementos nutritivos presentes. Si estos factores son constantes, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se puede expresar en términos del tiempo de vida media (tiempo en que descompone la mitad de la cantidad inicial de materia orgánica) del elemento nutritivo.

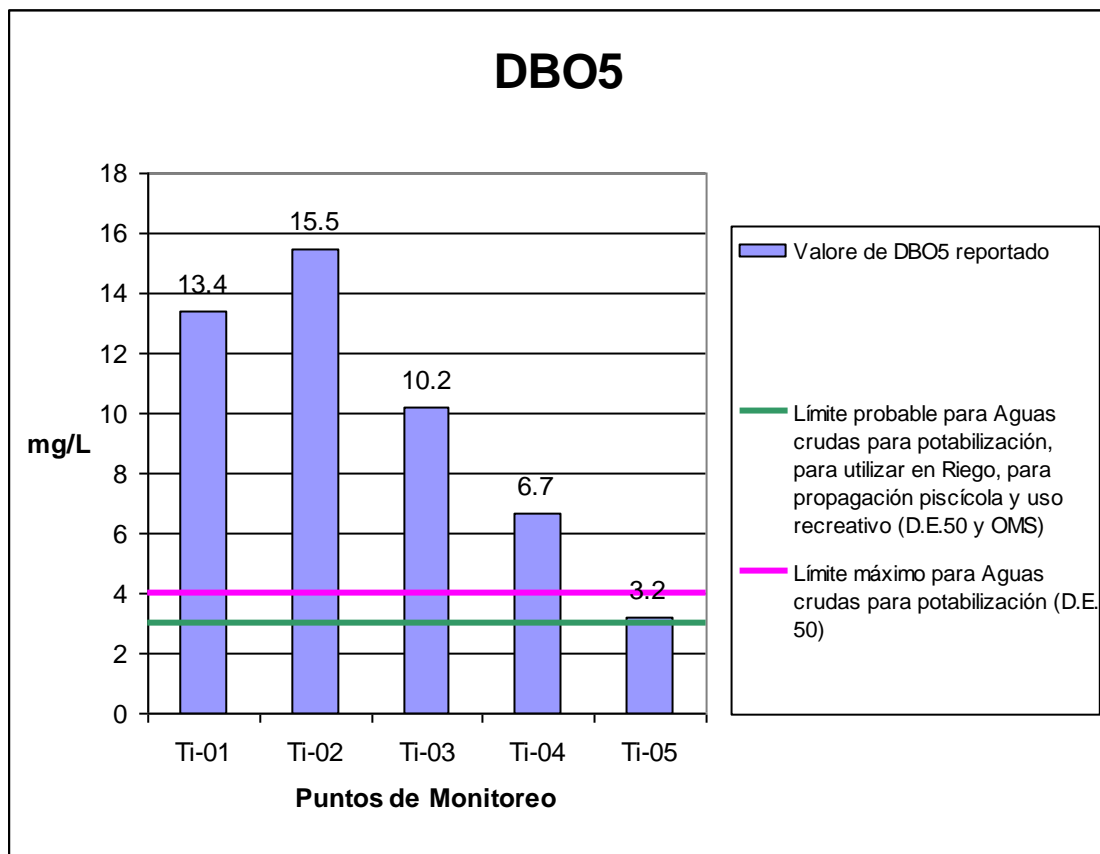
La DBO de una muestra de agua expresa la cantidad de miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua, que se utiliza conforme se consumen los desechos orgánicos por la acción de las bacterias en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno se expresa en partes por millón (ppm) de oxígeno y se determina midiendo el proceso de reducción del oxígeno disuelto en la muestra de agua manteniendo la temperatura a 20 °C en un periodo de 5 días.

Una DBO grande indica que se requiere una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua. El agua potable tiene una DBO de 0.75 a 1.5 ppm de oxígeno y se considera que el agua está contaminada si la DBO es mayor de 5 ppm. Las aguas negra municipales contienen entre 100 y 400 ppm pero los desechos industriales y los agrícolas contienen niveles de DBO del orden de miles de ppm. La reducción de los niveles de DBO se hace mediante tratamiento de aguas negras.

En el proceso de putrefacción, como el metano es insoluble en agua se libera en forma de gas. El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro, de mal olor (a huevo podrido) y tóxico (en concentraciones de 5 % es nocivo para la vida), por lo que la putrefacción desprende olor fétido y los peces y otros animales que requieren del oxígeno no pueden vivir en aguas contaminadas donde ocurra la putrefacción (se le considera la forma peor de contaminación bacteriana).

La DBO es el principal criterio usado en el control de la contaminación de corrientes. Los datos de DBO se utilizan para dimensionar las instalaciones de tratamiento y medir el rendimiento de algunos de estos procesos.

GRÁFICO 6.3 Comparación del Parámetro de DBO5 con Respecto a los Límites Permisibles.



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreos)

Según se observa en el Gráfico 6.3, en todos los puntos de monitoreo exceptuando en el punto TI-05, los valores de DBO5 sobrepasan ampliamente los límites máximos permisibles referidos en las Normativas.

Se puede considerar que el Río Tithuapa se haya de poco a medianamente contaminado ya que sus valores de DBO5 para 4 de los 5 puntos de monitoreo se encuentra arriba de los 5 ppm, excediendo los valores de calidad de agua para los usos que se requiere el agua de este Río.

Para los puntos donde los valores son muy altos, el Río puede presentar una gran carga de materia orgánica, como se observa en el punto Ti-02, donde se veía una fuente puntual como eran las porquerizas.

6.4.4 Color⁵²

El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. El color en el agua, puede estar asociado a sustancias en solución o a sustancias en suspensión.

Algunas sustancias de origen natural que confieren color al agua, son el material vegetal en descomposición, los limos y arcillas en suspensión y algunos minerales disueltos, de hierro y manganeso principalmente.

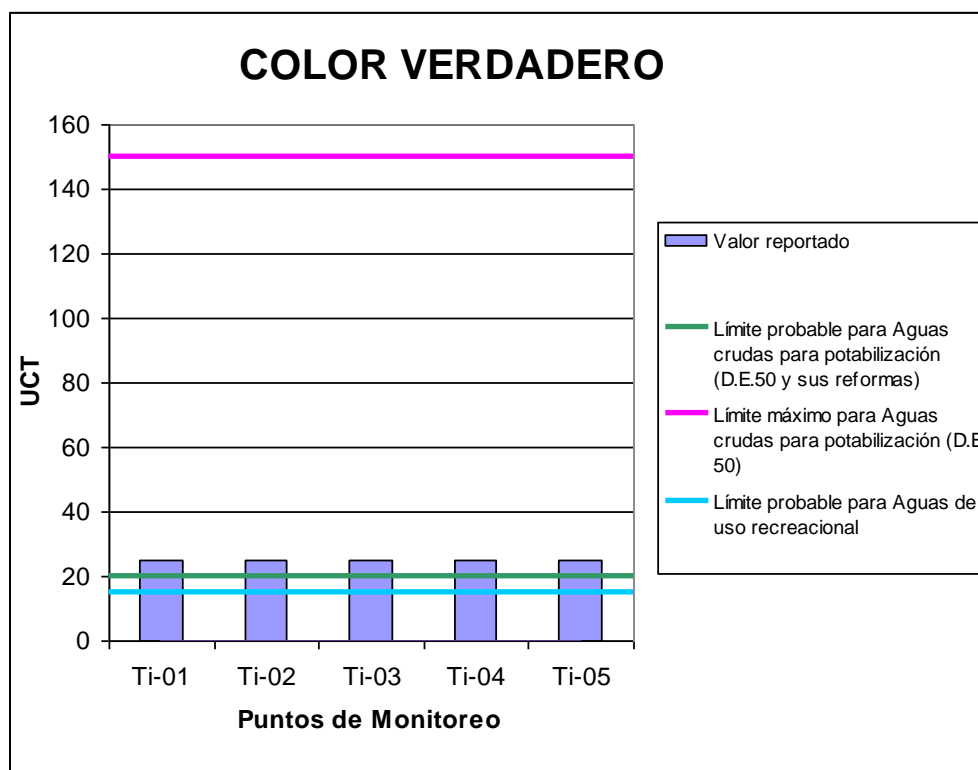
En aguas antropológicamente afectadas, en vertimientos industriales o en cuerpos de agua contaminados por estos, el color depende del tipo específico de actividad industrial que se desarrolle. De una manera aproximada, el color predominante en los cuerpos de aguas naturales no impactados, varía de amarillo a pardo.

⁵² Joaquín Cárdenas. **Calidad de agua para estudiantes de ciencias ambientales** Capítulo 4 Universidad Francisco José Caldas. Bogotá, Colombia, 2003, disponible en: <http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/porcalaguas.htm>

Es posible hacer medidas tanto del color aparente como del verdadero, el color verdadero se debe a la presencia de sustancias minerales naturales tales como minerales de hierro y sustancias orgánicas como el ácido húmico. El verdadero color sólo puede ser medido en muestras después de la filtración o centrifugación.

El color aparente es causado por partículas coloreadas y la refracción y reflexión de la luz sobre las partículas suspendidas. Las aguas contaminadas pueden tener un color aparente intenso.

GRÁFICO 6.4 Comparación del Parámetro de Color con Respecto a los Límites Permisibles



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo, valor máximo referido al Decreto 50 y sus Reformas)

Según los valores presentados en la tabla VI-5 y el Gráfico VI-4, el valor de Color verdadero para todos los puntos de monitoreo está por arriba de 15 UCT, estando dentro del intervalo expresado en el decreto 50, así como dentro de la referencia de la OMS, para aguas de uso recreacional. Al

realizar el muestreo no se observó coloración visible en las muestras, pero sí cierto particulado suspendido en algunas de ellas. Por lo anterior se puede afirmar que el Río Titihuapa cumple con el parámetro de calidad de agua referente al color en aguas crudas superficiales para potabilizar y para uso recreacional.

6.4.5 Conductividad

La conductividad o conductancia específica, es una medida de la habilidad del agua para conducir la corriente eléctrica y se expresa en micro siemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$) para un cuerpo de agua dado, está relacionada con la concentración total de sólidos disueltos, especialmente las sales minerales disueltas.

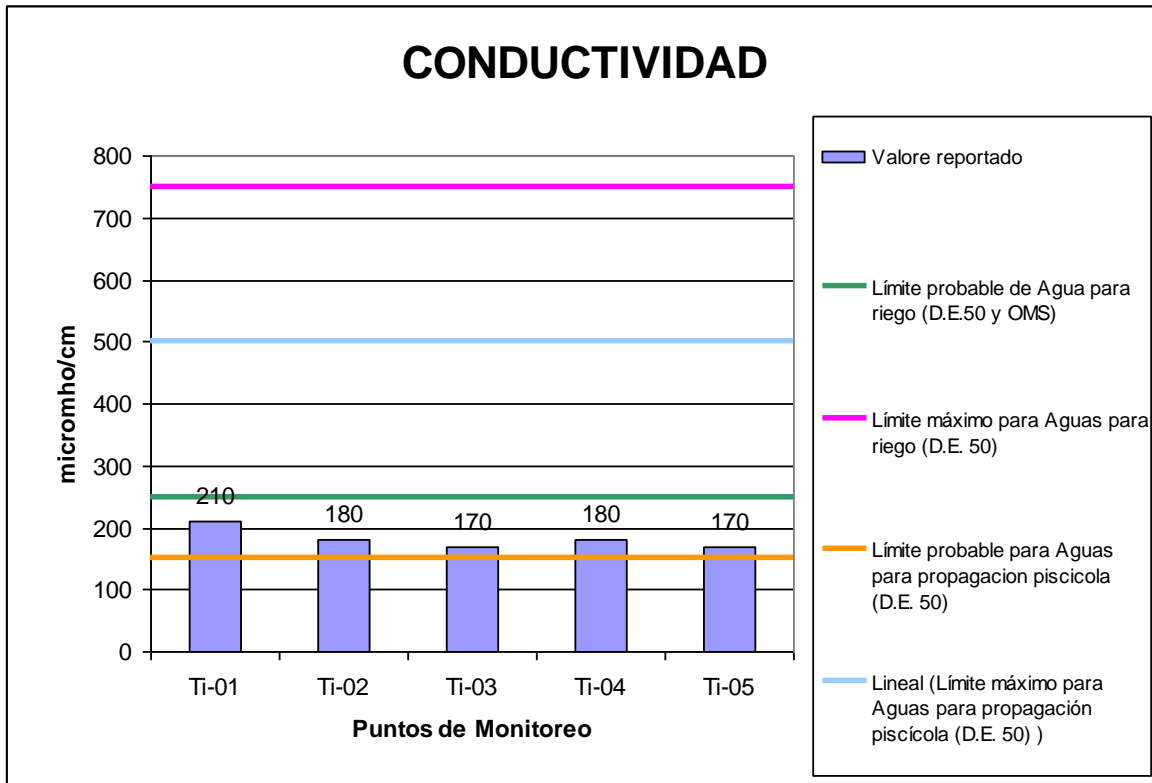
La determinación de conductividad es de gran importancia pues da una idea del grado de mineralización del agua natural, potable, residual, residual tratada, de proceso o bien del agua para ser usada en el laboratorio en análisis de rutina o para trabajos de investigación.

Los intervalos de conductividad de las aguas superficiales varían de 10 a 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ pero pueden exceder 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, especialmente en aguas contaminadas que reciben una gran cantidad de escorrentía, además puede ser un indicador aproximado de contenido de minerales cuando otros métodos no pueden ser usados.

La conductividad puede ser medida para establecer una zona de contaminación alrededor de la descarga de un efluente, y observar la extensión de la influencia de las aguas de escorrentía.

Según los resultados de los análisis de las muestras se obtuvo el siguiente gráfico:

GRÁFICO 6.5 Comparación del Parámetro de Conductividad con Respecto a los Límites Permisibles



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

Se puede observar que la conductividad para cada uno de los puntos se encuentran arriba del límite preferible de calidad para uso de propagación piscícola pero debajo del límite preferible para uso de agua de riego, por ende se encuentra dentro del rango aceptable para su utilización en riego y propagación piscícola.

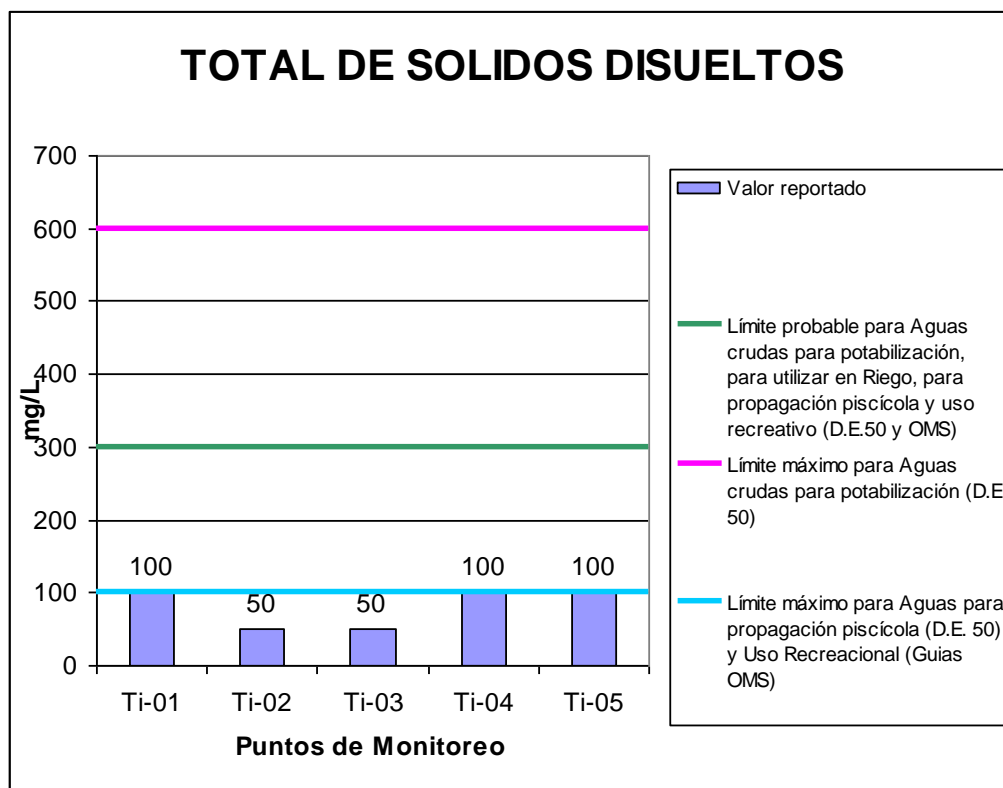
6.4.6 Total de Sólidos Disueltos (TDS)

Los sólidos disueltos en aguas naturales, representados por la sigla internacional "TDS", están constituidos por las sales minerales que el agua disuelve cuando

contacta los minerales de la corteza terrestre y corresponden al residuo no filtrable en un cuerpo de agua.

Debido a que los Sólidos Disueltos incrementan la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica y al hecho de que dicha propiedad puede medirse con mayor facilidad y rapidez que la determinación directa de los TDS por gravimetría, frecuentemente se toma la conductividad eléctrica del agua, como una medida indirecta de su contenido en sólidos disueltos. Los sólidos disueltos no solamente están relacionados con la conductividad eléctrica del agua sino también con el “Color Verdadero” del agua.

GRÁFICO 6.6 Comparación del Parámetro de TDS con Respecto a los Límites Permisibles.



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

Los puntos de muestreo presentan valores de TDS menores o iguales al valor probable del parámetro para Aguas de Uso recreativo, por lo cual se puede decir que el Río puede considerarse con calidad de agua para uso

recreativo y cruda superficial factible de potabilizar, en lo que a sólidos disueltos respecta.

6.4.7 Turbidez

La turbidez de una muestra de agua, es una medida de la pérdida de su transparencia, ocasionada por el material particulado o en suspensión que arrastra la corriente.

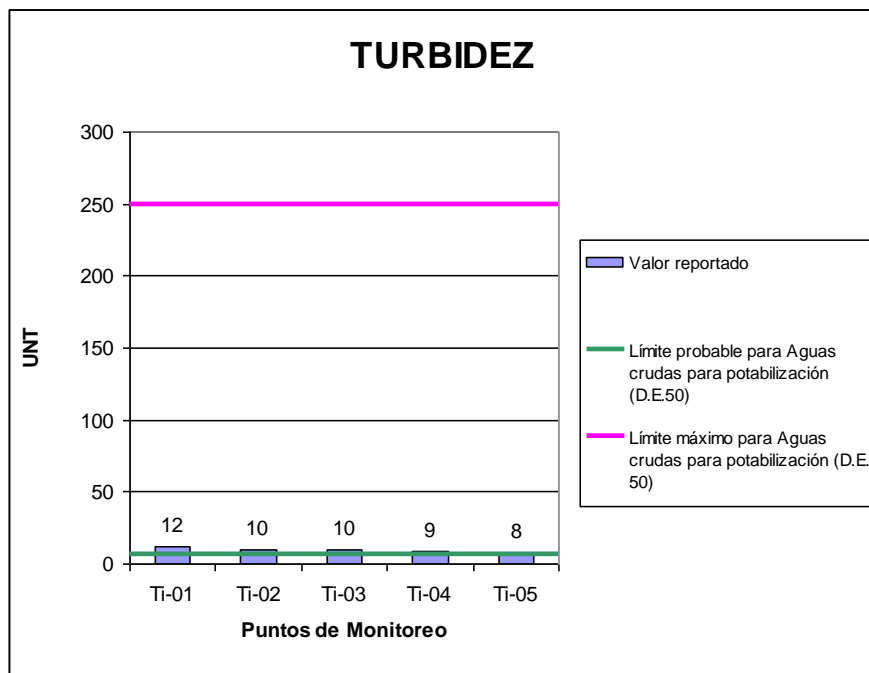
Este material puede consistir de arcillas limos, plankton o material orgánico finamente dividido, compuestos orgánicos solubles, plancton y otros organismos microscópicos, tales partículas varían en tamaño desde 10 nm a 0.1 mm de diámetro y que se mantiene en suspensión debido a la fuerza de arrastre de la corriente o a su naturaleza coloidal.

Los resultados de la turbidez pueden ser obtenidos a partir de la dispersión y absorción de la luz incidente sobre las partículas, y la transparencia corresponde al límite de visibilidad en el agua, ambos pueden variar de acuerdo con la época del año (la lluvia intensa provoca variaciones horarias de turbidez) o la actividad biológica y el transporte de partículas de suelo por escorrentía.

La turbidez en algunas ocasiones puede ser relacionada indirectamente con la medida de Sólidos Suspendidos Totales. En niveles altos de turbidez, el agua pierde su capacidad de apoyar una diversidad de organismos acuáticos.

Las aguas llegan a ser más calientes ya que las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, causando pérdida en los niveles de oxígeno. La fotosíntesis disminuye debido a que la cantidad de luz que penetra el agua se reduce.

GRÁFICO 6.7 Comparación del Parámetro de turbidez con Respecto a los Límites Permisibles.



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo, valores de comparación referida al Decreto 50 y sus Reformas)

Se observa que todos los puntos de monitoreo se encuentran dentro del rango permisible de calidad de agua de turbidez para uso recreacional, riego y agua cruda para potabilizar, estando muy por debajo del límite máximo permisible.

6.4.8 Dureza

La dureza de las aguas naturales depende principalmente de la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, el contenido total de estas sales se conoce como dureza, la cual puede ser dividida en dureza al carbonato (establecida a través de la evaluación de las concentraciones de los hidocarbonatos de calcio y

magnesio), y la dureza no carbonácea (se determina a través de las sales de calcio y magnesio provenientes de ácidos fuertes). Las variaciones climáticas influyen sobre las condiciones del río y determinan el origen de valores elevados durante las condiciones de flujo bajo, mientras que durante flujos muy bajos los valores son mínimos.

TABLA 6.8: Interpretación de la Dureza:⁵³

| DUREZA COMO CaCO₃ | INTERPRETACIÓN |
|-------------------------------------|-----------------------|
| 0-75 | Agua Suave |
| 75-150 | Agua poca dura |
| 150-300 | Agua dura |
| >300 | Agua muy dura |

La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua.

Los detergentes contienen ciertos agentes separadores que inactivan las sustancias causantes de la dureza del agua.

TABLA 9.9: Algunos límites permisibles de dureza según el uso del agua son⁵⁴:

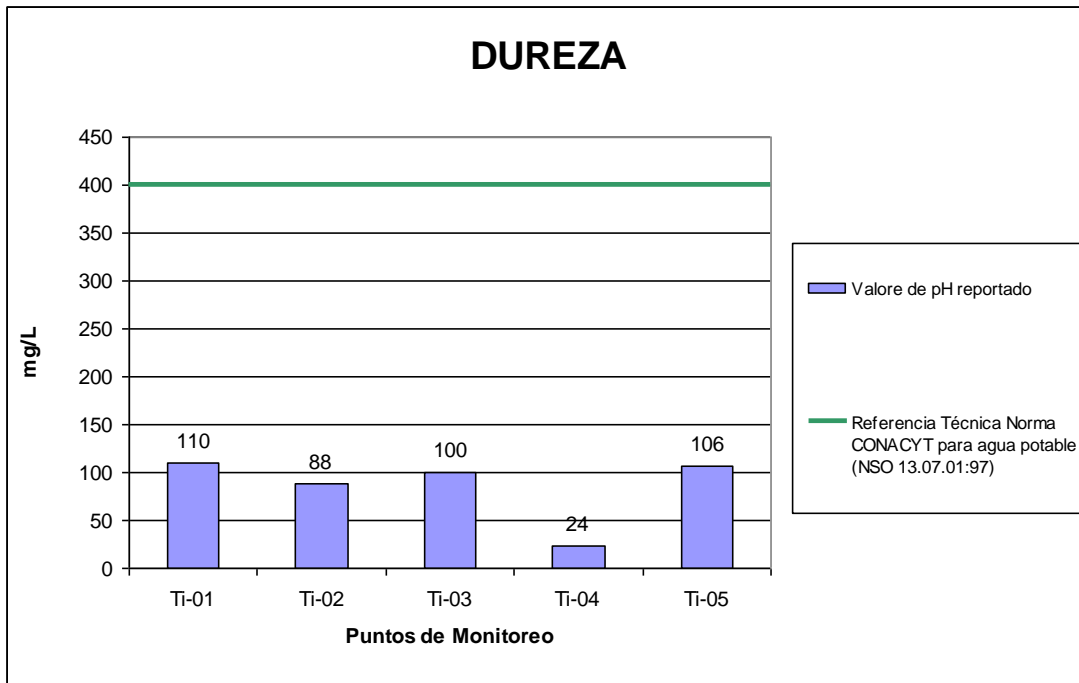
| Tipo De Agua | Dureza Máxima Permisible |
|---------------------|---------------------------------|
| Agua potable | 300 mg/L |
| Agua para caldera | 0 mg/L |

La mayoría de los suministros de agua potable tienen un promedio de 250 mg/l de dureza. Niveles superiores a 500 mg/l son indeseables para uso domestico.

⁵³ Nordell, Eskel; "Tratamiento de agua para la industria y otros usos", Traducción de la Segunda Edición en Ingles, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México, 1984

⁵⁴ Ídem

GRÁFICO 6.8 Comparación del Parámetro de turbidez con Respecto a los Limites Permisibles.



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

De acuerdo con los resultados obtenidos para cada una de los puntos de monitoreo podemos clasificar el agua del río como un agua suave y aceptable para uso potable en base a la referencia técnica establecida por la NSO 13.07.01:97 para agua potable.

6.4.9 Alcalinidad

La alcalinidad significa la capacidad del agua de neutralizar. La alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7. Sin embargo, cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, puede causar condiciones dañinas para la vida acuática.

En química del agua la alcalinidad se expresa en PPM o el mg/l de carbonato equivalente del calcio. La alcalinidad total del agua es la suma de las tres clases de alcalinidad; alcalinidad del carbonato, del bicarbonato y del hidróxido.

Las principales especies químicas responsables de la alcalinidad son los aniones hidroxilo, bicarbonato y carbonato. La alcalinidad, que es la capacidad de aceptar protones, es importante en las reacciones en los medios geológicos y biológicos rodeados por el agua.

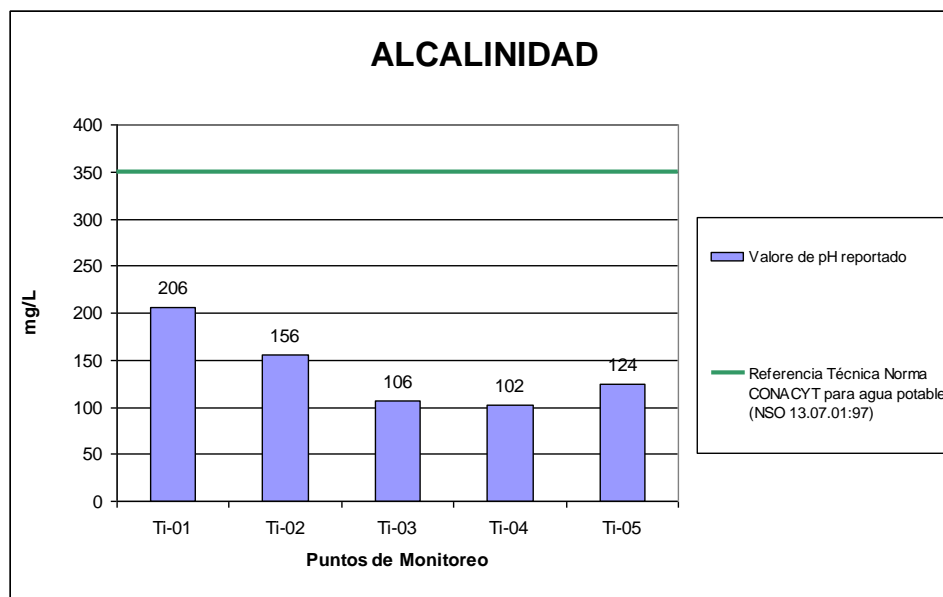
TABLA 6.10 Especie y Fuente de Alcalinidad.

| Especie | Fuente |
|--|--|
| Hidróxidos, OH^- | Aguas naturales, residuales e industriales |
| Bicarbonatos, HCO_3^- | Aguas naturales y residuales |
| Carbonatos, $\text{CO}_3^{=}$ | Aguas Naturales y residuales |
| Bióxido de carbono, CO_2 | Aguas subterráneas, residuales y/o profundas |
| Silicatos, $\text{SiO}_3^{=}$ | <i>Aguas subterráneas</i> |
| Bi-Silicatos, HSiO_3^- | Aguas subterráneas |
| Boratos, $\text{BO}_3^{=}$, | Aguas subterráneas y residuales agrícolas |
| Mono-Boratos, $\text{HBO}_3^{=}$ | Aguas subterráneas y residuales agrícolas |
| Bi-Boratos, H_2BO_3^- | Aguas subterráneas y residuales agrícolas |
| Fosfatos, $\text{PO}_4^{=}$, | ARD, agrícolas e industriales |
| Mono-Fosfatos, HPO_4^- | ARD, agrícolas e industriales |
| Bi-Fosfatos, H_2PO_4^- | ARD, agrícolas e industriales |

(Fuente: Apuntes de clase Ing. Ambiental, ciclo I-2005, EIQ-FIA-UES)

Las aguas con elevada alcalinidad tienen pH elevados y generalmente contienen gran cantidad de sólidos disueltos.

GRÁFICO 6.9 Gráfico de los Parámetros de Alcalinidad con Respecto a los Límites Permisibles.



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

Los datos de alcalinidad se encuentran abajo del rango máximo permisible para agua de uso potable, concordando con los valores normales de pH que se obtuvieron y el bajo nivel de sólidos disueltos.

6.4.10 Nitratos y Nitritos⁵⁵

Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización. El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos.

⁵⁵ Nitratos: indican actividad bacteriológica y nitritos: indican detergentes y fertilizantes

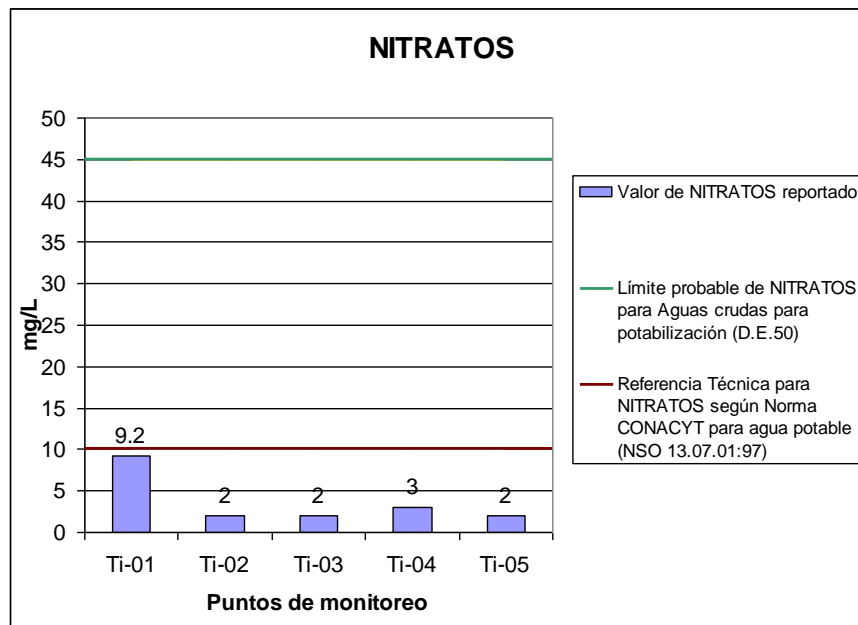
Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.

La presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales. Aunque la toxicidad relativa de los nitratos es bien conocida, es difícil establecer cuál es el nivel de una dosis nociva.

Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L y la oxidación con cloro los convierte en nitratos, el problema prácticamente queda solucionado

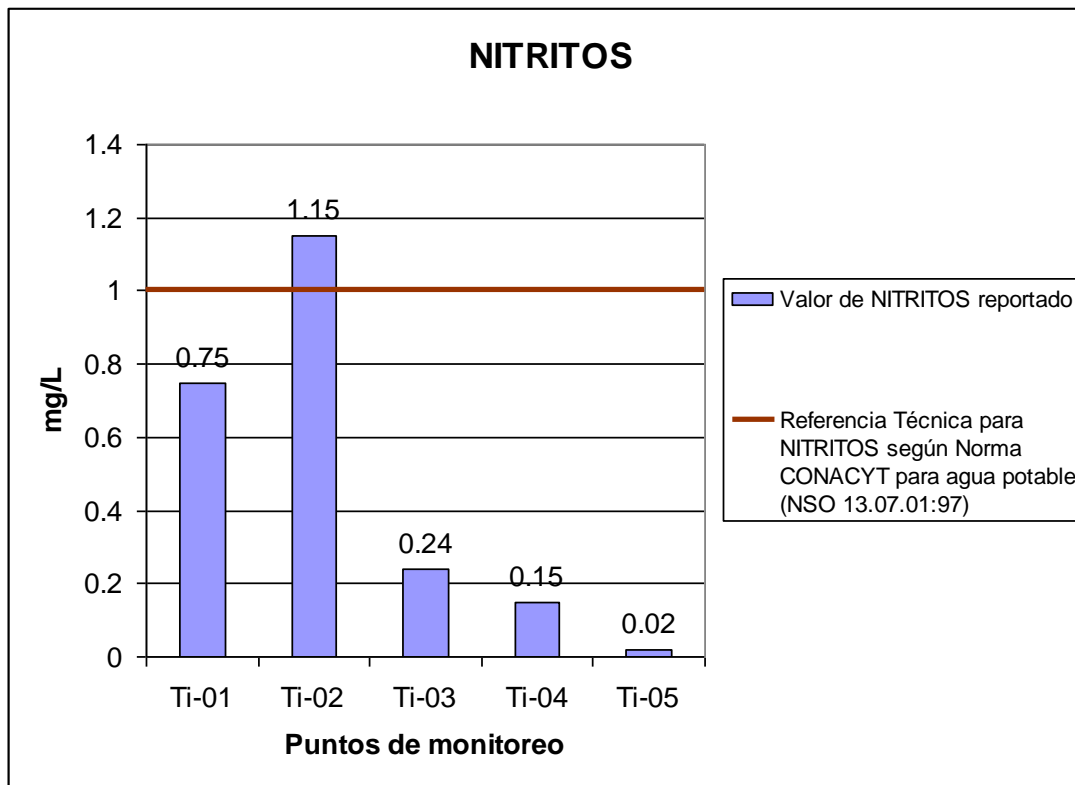
GRÁFICO 6.10 Comparación del Parámetro de Nitratos con Respecto a los Límites Permisibles.



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

Los valores de nitratos encontrados están por debajo del rango establecido por la NSO 13.07.01:97

GRÁFICO 6.11 Comparación del Parámetro Nitrito, con Respecto a los Límites Permisibles.



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

En el punto Ti-02 se pudo observar que existe un valor que sobrepasa un poco la norma aplicable a este parámetro, y que como se expuso en la teoría puede deberse ha descargas de agua contaminada con excretas de animales y/o humanas, y posiblemente con fertilizante.

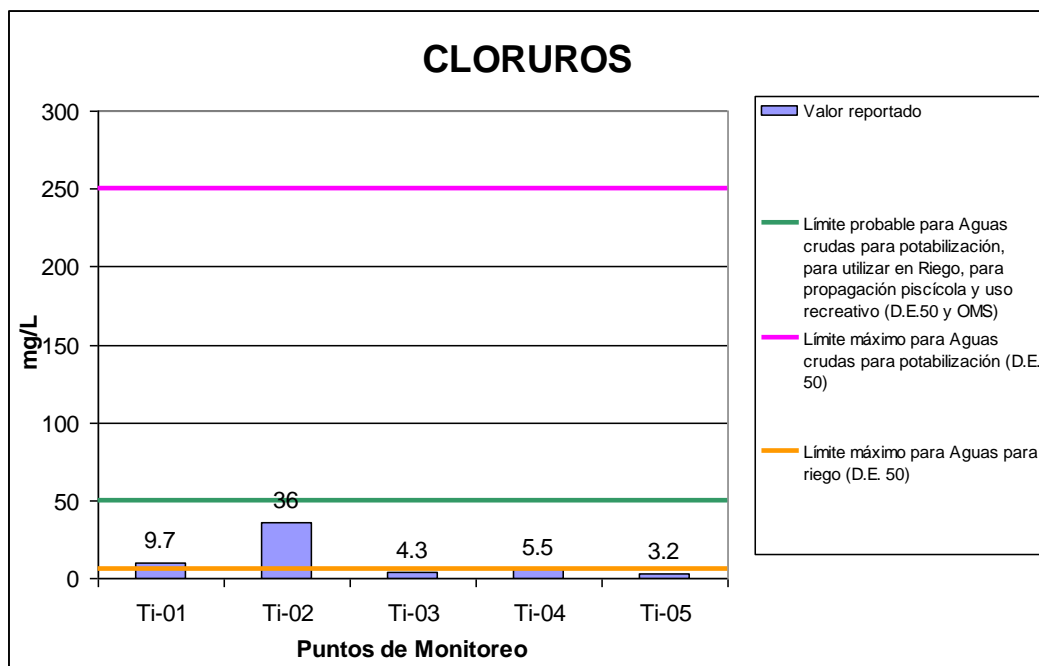
6.4.11 Cloruros

La mayor parte del cloro se presenta como cloruros (Cl^-) en solución. Este componente entra a las aguas superficiales a través de la deposición atmosférica de los aerosoles oceánicos, a partir de la fracturación, pulverización e incorporación de las rocas sedimentarias (la mayor parte de ellas son depósitos de

sal), los efluentes industriales, aguas domésticas y la escorrentía de las zonas agrícolas.

En las aguas superficiales la concentración de cloruros es generalmente inferior a 10 mg/L y en algunas ocasiones menor de 2 mg/L. Concentraciones más elevadas pueden encontrarse a la salida de las aguas domésticas, en las zonas de drenaje y en las áreas costeras. Como los cloruros están frecuentemente asociados con las aguas domésticas y agrícolas, su incorporación es un indicador de posible contaminación fecal.

GRÁFICO 6.12 Comparación del Parámetro de Cloruros con respecto a los Límites Permisibles.



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

Tal como se observa El punto de monitoreo TI-02 registra el valor de cloruro mas alto de los 5 puntos muestreados, el cual debería de ser un punto de estudio para determinar la causa de dicho comportamiento.

6.4.12 Fosfatos

El fósforo, como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización. El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico.

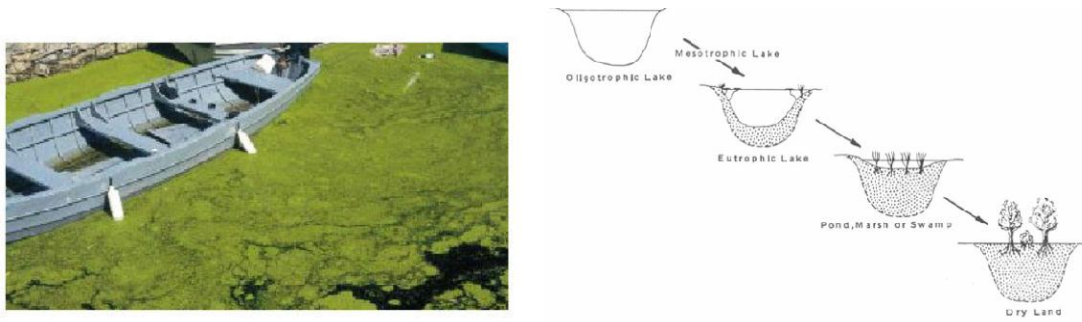


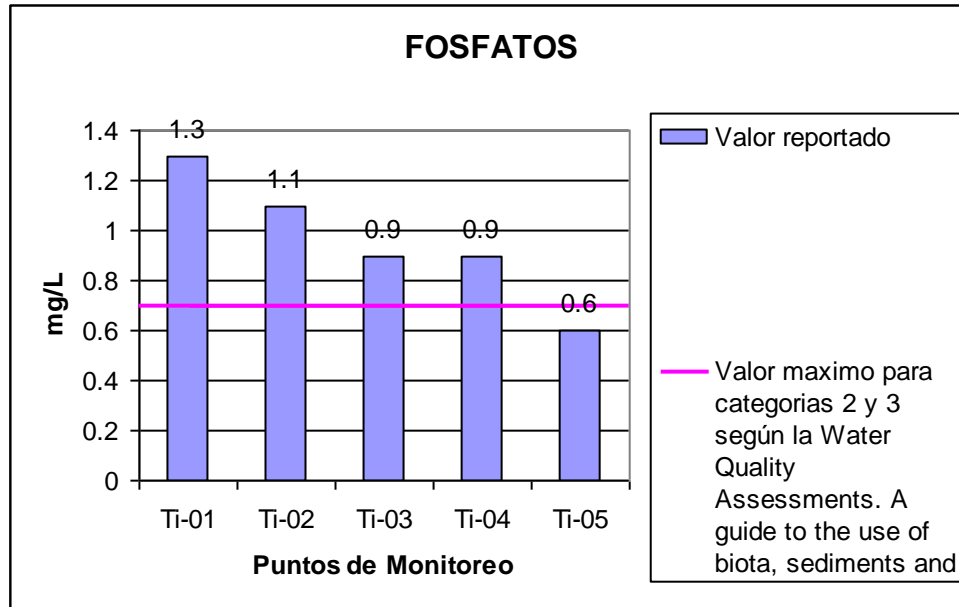
Fig. 6.4 Proceso de Eutrofización de un lago

Los Fosfatos pueden indicar acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.). Provocan eutrofización de lagos y corrientes. Su contenido se puede reducir mediante tratamientos con alumbre, aluminato de sodio o cloruro férrico, con precipitación con cal y con la modificación del pH a valores de 10 o más.

En general podríamos decir que Los valores de fosfatos se encuentran elevados⁵⁶, algunos de los factores que contribuyen a la contaminación de los ríos con fosfatos son los residuos de heces fecales tanto humanas como animales y el uso de detergentes, tal es el caso para los puntos TI01 y TI02. Según como se representa en el Gráfico a continuación.

⁵⁶ Ver tabla 6.5

GRÁFICO 6.13 Comparación del Parámetro de Fosfatos respecto a los Límites Permisibles



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

6.4.13 Sulfatos

El ión sulfato es uno de los iones que contribuyen a la salinidad del agua, y se encuentra en mayor o menor cantidad dependiendo de los terrenos que hayan drenado. Las aguas con un contenido alto en este ión tienen efecto laxante. Aumenta los sólidos en el agua, cuando se combina con calcio forma incrustaciones de sulfato de calcio. Se puede eliminar por intercambio aniónico y por desmineralización.

Los sulfatos se encuentran en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Las aguas de minas y los efluentes industriales contienen grandes cantidades de sulfatos provenientes de la oxidación de la pirita y del uso del ácido sulfúrico.

Las aguas de minas y los efluentes industriales contienen grandes cantidades de sulfatos provenientes de la oxidación de la pirita y del uso del ácido sulfúrico. El sulfato llega a las aguas subterráneas al moverse a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas.

En las zonas rurales el sulfato es un indicador importante de la presencia de detergentes en las aguas superficiales. Los detergentes son productos químicos sintéticos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial y que actúan como contaminantes del agua al ser arrojados en las aguas residuales. Los detergentes tienden a formar sulfatos de calcio y de magnesio solubles en agua.

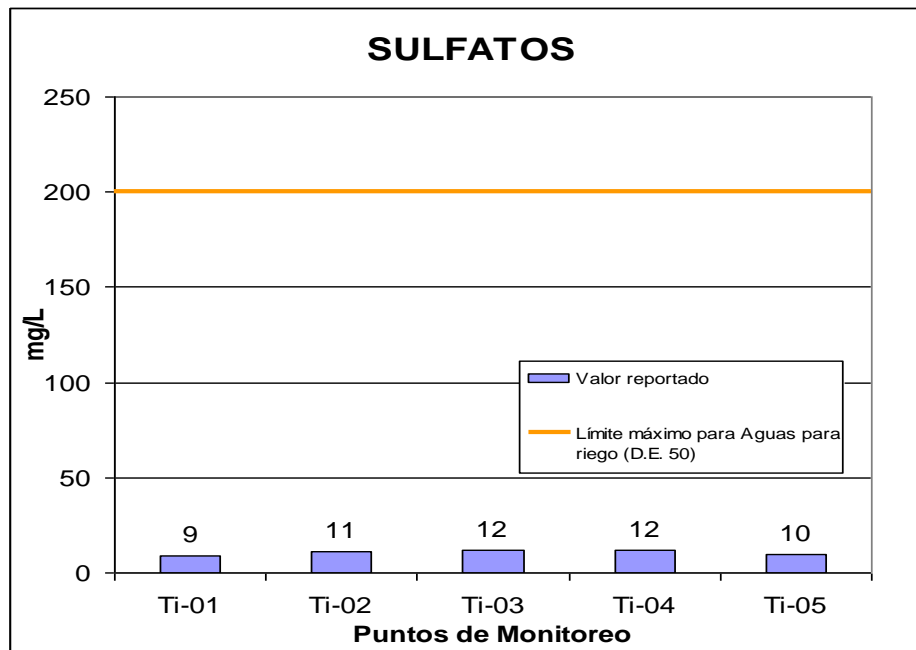
Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxante cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua.

El nivel máximo de sulfato sugerido por la organización Mundial de la Salud (OMS) en las Directrices para la Calidad del Agua Potable, establecidas en Génova, 1993, es de 500 mg/l. Las directrices de la Unión Europea son más recientes, 1998, completas y estrictas que las de la OMS, sugiriendo un máximo de 250 mg/l de sulfato en el agua destinada al consumo humano.

Las personas que no están acostumbradas a beber agua con niveles elevados de sulfato pueden experimentar diarrea y deshidratación. Los niños son a menudo más sensibles al sulfato que los adultos. Como precaución, aguas con un nivel de sulfatos superior a 400 mg/l no deben ser usadas en la preparación de alimentos para niños. Niños mayores y adultos se acostumbran a los niveles altos de sulfato después de unos días.

Los animales también son sensibles a altos niveles de sulfato. En animales jóvenes, altos niveles pueden estar asociados con diarrea crónica y grave, y en algunos casos, la muerte. A los peces les produce lesiones en las branquias, dificultándoles la respiración y provocándoles la muerte. En los vegetales acuáticos inhibe el proceso de la fotosíntesis originando la muerte de la flora y la fauna acuáticas.

GRÁFICO 6.13 Comparación del Parámetro de Sulfato respecto a los Límites Permisibles



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

Los valores registrados para todos los puntos de monitoreo se encuentran debajo de los límites superiores exigidos por la Organización Mundial de la Salud (concentración de sulfatos máximo 500 mg/L) y la Unión europea (concentración de sulfatos máximo 250 mg/L) para ser considerada como apta para el consumo humano. Así como también cae en el rango de aceptación de calidad para agua para riego según parámetro establecido en el Decreto 50.

6.4.14 Metales y Compuestos Tóxicos

Además de los niveles naturales de Ion inorgánicos, las aguas naturales pueden recibir altas concentraciones de ciertos iones inorgánicos como resultado de actividades industriales, agrícolas y domésticas. Siendo algunos de ellos:

Tabla 6.11: Algunos Contaminantes y la actividad en que se pueden originar

| Actividad | Iones descargados |
|---------------------------------------|-------------------|
| Industria de recubrimientos metálicos | Zn, Cd, Cr, Ni |
| Industria de pintura | Ba, Pb |
| Pesticidas | As, Hg |

Contaminantes como los metales pesados tienen la capacidad de provocar cambios evolutivos debido a sus efectos dañinos en plantas y animales. Ejemplos de metales pesados son el Cobre (Cu), Plomo (Pb), Zinc (Zn), Mercurio (Hg), Arsénico (As), etc. Los metales pesados son potencialmente contaminantes devastadores ya que contaminan el aire, el agua y la tierra utilizados por las plantas y los demás eslabones de las cadenas tróficas. Sus efectos en las plantas incluyen: necrosis en las puntas de las hojas e inhibición del crecimiento de las raíces, junto con muchas fatalidades en muchas especies de plantas incapaces de tolerar estos metales y otros compuestos tóxicos.

6.4.14.1 El arsénico⁵⁷

Al arsénico se le encuentra natural como mineral de cobalto, aunque por lo general está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. El Arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos tóxicos, los enlaces de Arsénico

⁵⁷ *Lenntech Agua residual & purificación del aire Holding, B.V., PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ARSÉNICO - EFECTOS DEL ARSÉNICO SOBRE LA SALUD - EFECTOS AMBIENTALES DEL ARSÉNICO, Holanda, Copyright © 1998-2005, disponibles en <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/As.htm>*

inorgánico ocurren en la tierra naturalmente en pequeñas cantidades. Los humanos pueden ser expuestos al Arsénico a través de la comida, agua y aire. La exposición puede también ocurrir a través del contacto con la piel con suelo o agua que contenga Arsénico.

Los niveles de Arsénico en la comida son bastante bajos, no es añadido debido a su toxicidad, pero los niveles de Arsénico en peces y mariscos puede ser alta, porque los peces absorben Arsénico del agua donde viven. Por suerte esto es mayormente la forma de Arsénico orgánico menos dañina, pero peces que contienen significantes cantidades de Arsénico inorgánico pueden ser un peligro para la salud humana.

El Arsénico es un componente que es extremadamente duro de convertir en productos salubre en agua o volátil. En realidad el Arsénico es naturalmente específicamente un compuesto móvil, básicamente significa que grandes concentraciones no aparecen probablemente en un sitio específico. Debido a las actividades humanas, mayormente a través de la minería y las fundiciones, naturalmente el Arsénico inmóvil se ha movilizado y puede ahora ser encontrado en muchos lugares donde ellos no existían de forma natural.

Las plantas absorben Arsénico bastante fácil, así que alto rango de concentraciones pueden estar presentes en la comida. Las concentraciones del peligroso Arsénico inorgánico que está actualmente presente en las aguas superficiales aumentan las posibilidades de alterar el material genético de los peces. Esto es mayormente causado por la acumulación de Arsénico en los organismos de las aguas dulces consumidores de plantas. Las aves comen peces que contienen eminentes cantidades de Arsénico y morirán como resultado del envenenamiento por Arsénico como consecuencia de la descomposición de los peces en sus cuerpos.

La exposición al Arsénico inorgánico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones. Es sugerido que la toma de significantes cantidades de Arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente las posibilidades de desarrollo de cáncer de piel, pulmón, hígado, linfa.

A exposiciones muy altas de Arsénico inorgánico puede causar infertilidad y abortos en mujeres, puede causar perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Finalmente, el Arsénico inorgánico puede dañar el ADN. El Arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN. Pero exposiciones a dosis elevadas puede causar ciertos efectos sobre la salud humana, como es lesión de nervios y dolores de estómago.

Entre los análisis a los que se sometieron las muestras del Río Titihuapa, se buscaba determinar la presencia de Arsénico, dando como resultado NO DETECTABLE PARA TODOS LOS PUNTOS

6.4.14.2 Cianuro

El cianuro es una sustancia química, potencialmente letal, que actúa como tóxico a través de la inhibición de ciertas proteínas mitocondriales, bloqueando el Ciclo de Krebs, sistema central del proceso de respiración celular. Su efectividad se debe al grupo funcional CN. El cianuro puede ser un gas incoloro como el cianuro de hidrógeno (HCN), o el cloruro de cianógeno (CICN), o estar en forma de cristales como el cianuro de sodio (NaCN) o el cianuro de potasio (KCN).⁵⁸

Ciertas bacterias, hongos y algas pueden producir cianuro. Se puede encontrar cianuro en el tejido de varias plantas y alimentos. El cianuro es liberado al aire,

⁵⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/Cianuro>

agua y suelo desde procesos naturales y actividades industriales. El cianuro y el cianuro de hidrógeno se usan en la industria de la galvanoplastia, metalurgia, producción de compuestos orgánicos, revelado fotográfico, manufactura de plásticos, producción papel, textiles, fumigación y en procesos de extracción de oro y plata.

En el aire, el cianuro se encuentra principalmente como cianuro de hidrógeno gaseoso mientras que una pequeña cantidad se encuentra como finas partículas de polvo. La vida media del cianuro de hidrógeno (la cantidad de tiempo necesaria para remover la mitad del material) en la atmósfera es de aproximadamente 1 a 3 años. La mayoría del cianuro en las aguas superficiales formará cianuro de hidrógeno y se evaporará. El ión cianuro es rápidamente absorbido por las especies animales y los efectos del envenenamiento son inducidos instantáneamente.⁵⁹

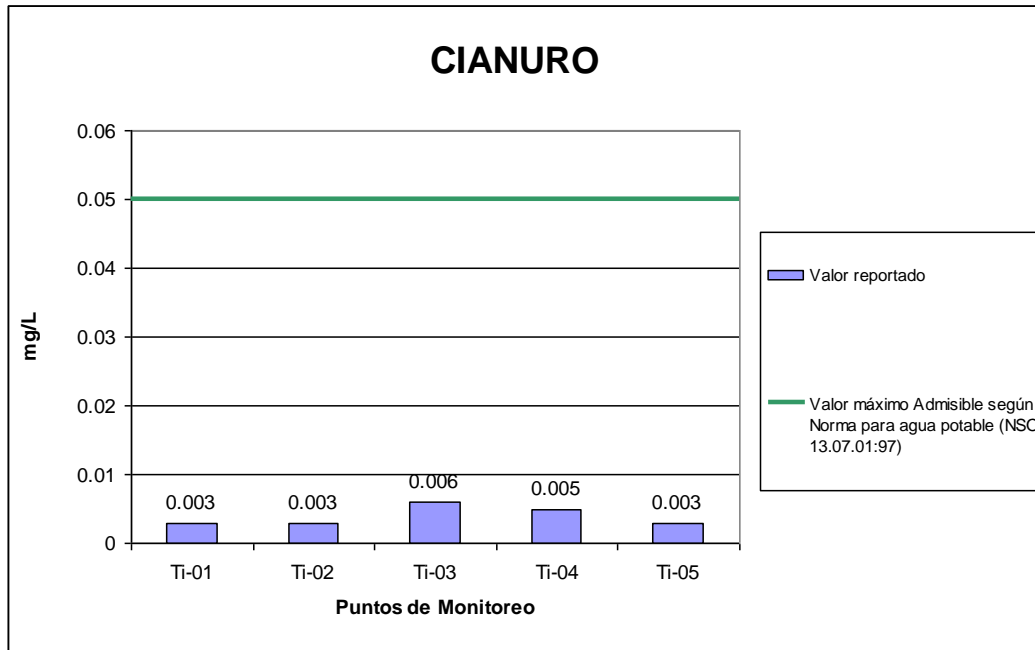
La exposición a niveles altos de cianuro por un período breve causa daño al cerebro y al corazón y puede causar un estado de coma y la muerte. La exposición prolongada a niveles bajos de cianuro durante varios años provoca dificultad para respirar, dolores del pecho, vómitos, cambios en la sangre, dolores de cabeza y agrandamiento de la glándula tiroides. El cianuro de hidrógeno y las sales de cianuro pueden causar irritación y ampollas en su piel.⁶⁰

En el Gráfico a continuación se presenta la comparación entre los valores admisibles y lo registrados.

⁵⁹ *Guidelines for drinking water quality, Vol.2, World Health Organization, Geneva 1984.*

⁶⁰ *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, División de Toxicología y Medicina Ambiental-CIANURO, disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts8.html*

GRÁFICO 6.14 Comparación de las concentraciones de Cianuro respecto a los Límites Permisibles



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

El Cianuro detectado en las muestras se encuentra en forma de trazas con valores muy bajos, lo cual se puede deber a la introducción de este al agua desde procesos naturales.

6.4.14.3 El mercurio

Es un metal pesado plateado que a temperatura ambiente es un líquido inodoro. Es un mal conductor del calor comparado con otros metales, aunque no es mal conductor de la electricidad. Se alea fácilmente con muchos otros metales como el oro o la plata produciendo amalgamas, salvo con el hierro. Cuando aumenta su temperatura produce vapores tóxicos y corrosivos, más pesados que el aire. Su uso más antiguo, aparte de la extracción de oro y plata, fue en la confección de espejos, que aún hoy día se aplica. Se utiliza también en instrumentos de

medición, enchufes, lámparas fluorescentes, en la industria de explosivos y como catalizador⁶¹

El Mercurio es un elemento que puede ser encontrado de forma natural en el medio ambiente. Puede ser encontrado en forma de metal, como sales de Mercurio o como Mercurio orgánico. El Mercurio no es encontrado de forma natural en los alimentos, pero este puede aparecer en la comida así como ser expandido en las cadenas alimentarias por pequeños organismos que son consumidos por los humanos, por ejemplo a través de los peces.

Las concentraciones de Mercurio en los peces usualmente exceden en gran medida las concentraciones en el agua donde viven. Los productos de la cría de ganado pueden también contener eminentes cantidades de Mercurio. El Mercurio no es comúnmente encontrado en plantas, pero este puede entrar en los cuerpos humanos a través de vegetales y otros cultivos. Cuando spray que contienen Mercurio son aplicados en la agricultura.

El Mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales o suelos puede ser transformado en metil mercurio por acción de microorganismos, una sustancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos y es conocido que daña al sistema nervioso. Los peces son organismos que absorben gran cantidad de metil mercurio de agua superficial cada día. Como consecuencia, el metil mercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias de las que forman parte.

La mayoría del Mercurio liberado por las actividades humanas es liberado al aire, a través de la quema de productos fósiles, minería, fundiciones y combustión de residuos sólidos. Todo el Mercurio que es liberado al ambiente eventualmente terminará en suelos o aguas superficiales.

⁶¹ [http://es.wikipedia.org/wiki/Mercurio_\(elemento\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Mercurio_(elemento))

El Mercurio tiene un sin número de efectos sobre los humanos, que pueden ser todos simplificados en las siguientes principalmente:

- a) Daño al sistema nervioso
- b) Daño a las funciones del cerebro
- c) Daño al ADN y cromosomas
- d) Reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza
- e) Efectos negativos en la reproducción, daño en el esperma, defectos de nacimientos y abortos.

El daño a las funciones del cerebro pueden causar la degradación de la habilidad para aprender, cambios en la personalidad, temblores, cambios en la visión, sordera, incoordinación de músculos y pérdida de la memoria. Daño en el cromosoma y es conocido que causa mongolismo.⁶²

Entre los análisis a los que se sometieron las muestras del Río Titihuapa, se buscaba determinar la presencia de Mercurio, dando como resultado NO DETECTABLE PARA TODOS LOS PUNTOS

6.4.15 Coliformes Totales y Fecales

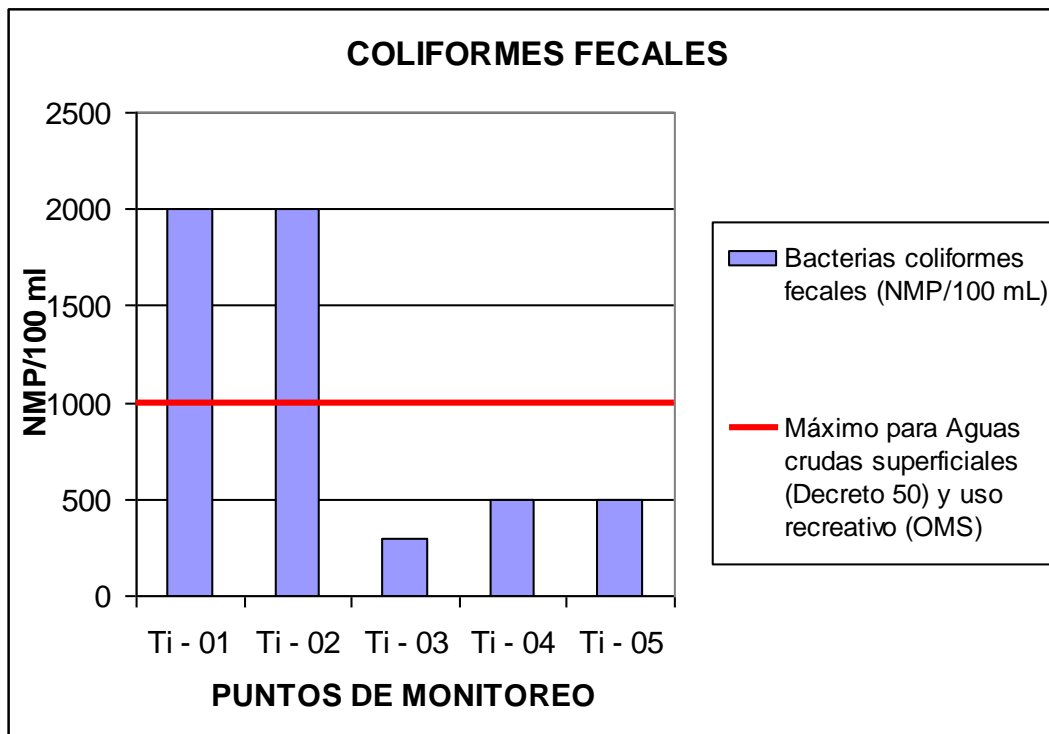
Para la vigilancia y la evaluación microbiana del agua se utilizan como indicadores los organismos del grupo Coliforme total y Coliforme fecal. Las bacterias Coliformes son microorganismos capaces de producir enfermedades y están asociados a los vertidos fecales, siendo sus fuentes principales las explotaciones ganaderas, agrícolas y efluentes de las zonas urbanas.

⁶² Lenntech Agua residual & purificación del aire Holding, B.V., **Propiedades químicas del Mercurio - Efectos del Mercurio sobre la salud - Efectos ambientales del Mercurio**, Holanda, Copyright © 1998-2005, disponibles en <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Hg.htm>

El grupo coliforme está integrado por bacterias fáciles de identificar a través de análisis microbiológicos, algunas de las cuales pueden ser patógenas o transmisoras de enfermedades. Normalmente, el grupo coliforme tiene como hábitat natural el ecosistema terrestre, mientras que los Coliformes fecales, que son sólo parte de los totales, se encuentran naturalmente en el estómago del hombre y de los animales de sangre caliente.

Todas las bacterias del grupo coliforme son afines a la materia orgánica, y sólo se desarrollan cuando se dan las condiciones ideales para su proliferación. La presencia de Coliformes totales y fecales en los cuerpos de agua, indica que hay altas concentraciones de materia orgánica que está siendo aprovechada por este tipo de bacterias para su reproducción.⁶³

GRÁFICO 6.15 Determinación de coliformes Fecales



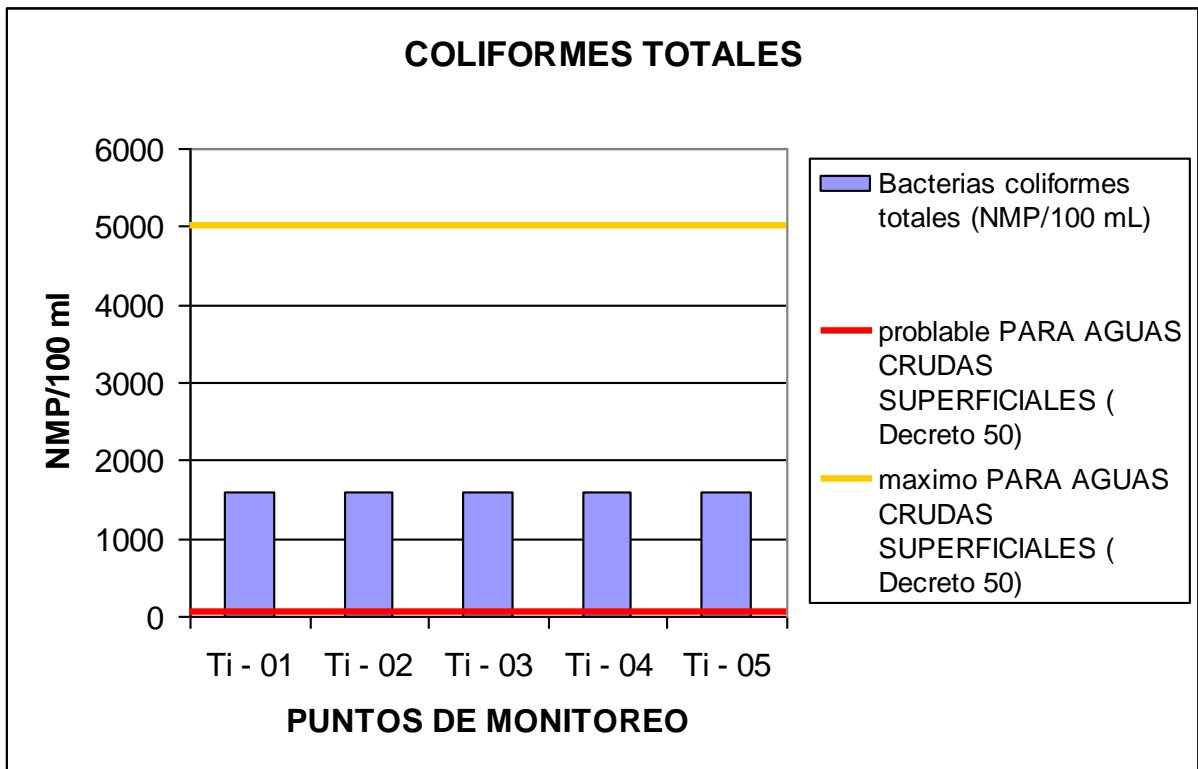
(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

⁶³ Monitoreo De La Calidad Del Agua Del Río Santa Rita, Salva Natura.

Según la normativa que se ha aplicado el resultado de presencia de coliformes fecales debe ser menor a 1000 NMP/100ml, para que cumpla con la calidad de agua para uso de agua cruda para potabilizar, propagación piscícola y para uso recreacional, no obstante en las muestras analizadas el resultado fue mucho mayor para los puntos de monitoreo Ti-01 y Ti-02, donde se ubicó la fuente contaminante de la porqueriza.

Se observa además que del punto Ti-03 al punto Ti-04 hay un incremento debido a que entre estos puntos se encuentra la afluencia del Río San Isidro que trae la carga de las aguas municipales de San Isidro.

GRÁFICO 6.16 Determinación de coliformes Totales



(FUENTE: Generación de gráfico a partir de resultados de muestreo)

El conteo de coliformes totales para todos los puntos de monitoreo se encuentran dentro de la normativa, es decir abajo 5000NMP/100ml

6.4.16 Escherichia coli⁶⁴

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.

Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces.

La infección por E. coli puede desarrollar diversas enfermedades y síntomas como: Infecciones del tracto urinario, meningitis neonatal, enfermedades intestinales

Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebre, uremia, daños hepáticos.

Según la normativa que se ha aplicado el resultado de presencia de E.Coli debe ser negativo para que cumpla con la calidad de agua para uso de agua cruda para potabilizar y para uso recreacional, no obstante en las muestras analizadas el resultado fue positivo en todo los puntos de monitoreo⁶⁵, lo que indica contaminación fecal en el Río Titihuapa, confirmando los resultados de la prueba para determinar coliformes fecales.

⁶⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Coliforme>

⁶⁵ Ver tabla VI-7

6.4.17 Principales Usos del Río según su categoría

Tomando en cuenta la clasificación presentada en la Tabla VI-6, se pueden ubicar cada uno los puntos de monitoreo así:

Tabla 6.12 Definición de Categorías y Usos del Agua.

| PARAMETROS | Unidades | Categorías | | | |
|---------------|----------|----------------------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| T Agua | ° C | | | | 30 (ti-01 a ti-05) |
| pH | | 6.5-8.5 (ti-01 a ti-05) | | | |
| DBO | mg/L | | 5 (ti-05) | 7 (ti-04) | 15 (ti-01-02-03) |
| Fosfatos | mg/L | | | 0.7 (ti-01 a ti-05) | |
| Coli. Fecales | NMP/100 | | | 2,000 (ti-01 a ti-05) | |
| Turbidez | UNT | 40 (ti-01 a ti-05) | | | |

(Fuente: "Water Quality Assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring". Chapman & Hall, Londres, 1992.)

Para turbidez: Resolución CONAMA 20/86

Al cruzar la información de la Tabla 6.5 y los valores obtenidos tras los análisis, se puede establecer que se podrían ubicar dentro los recursos superficiales con un uso de Río Usos restringidos o Categoría 3, es decir con Potabilización pero con tratamientos avanzados; posible vida piscícola de especies muy resistentes; regadíos poco exigentes; usos industriales poco exigentes.

VII. PROPUESTA DE MONITOREO DE FUENTES **CONTAMINANTES EN EL RÍO TITIHUAPA**

7.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES BÁSICOS

La propuesta define un Plan de Monitoreo de la cantidad y calidad del agua del río Titihuapa en base a:

- a) Aforo del agua en canales abiertos utilizando molinete hidráulico
- b) Toma de muestras en una red de puntos de monitoreo y,
- c) Actividades necesarias de realizar para el análisis de las muestras

La red de monitoreo que se propone, prevé la toma de muestras con periodicidad definida inicialmente para 5 puntos fijos y 28 puntos variables, localizados en la Cuenca del Río Titihuapa.⁶⁶

Los puntos fijos se utilizarán para la medición de parámetros cuya función principal es establecer un diagnóstico preliminar y definir las acciones futuras a nivel de la cuenca del Río Titihuapa.

Asimismo, la investigación en estos puntos permitirá establecer un seguimiento a través del tiempo del comportamiento de los parámetros tanto de calidad como de cantidad e identificar las variaciones que puedan presentar.

Los puntos variables están destinados a favorecer el control de la calidad del recurso, estos puntos se localizarán en cursos receptores de las aguas provenientes de zonas donde se conoce o se sospecha que existe contaminación.

⁶⁶ El número de puntos fijos podrá verse incrementado en la medida que se determinen otros puntos de fácil acceso al río Titihuapa ya sea siempre desde el Departamento de Cabañas, u otros desde el Departamento de San Vicente.

El carácter de variables que se les atribuye a este tipo de puntos de muestreo se debe a la necesidad de detectar fuentes de contaminación que pueden variar en localización y tipo.

La frecuencia de las campañas de monitoreo es una variable a ajustar con los resultados de la propia investigación y del proceso del monitoreo de los parámetros seleccionados. Como diseño para las fases iniciales de operación se establece:

- a) Para puntos fijos, deberá asegurarse una frecuencia de toma de datos no inferior a cuatro campañas por año.
- b) Para puntos variables, la toma de datos dependerá del análisis de la información obtenida a partir de los datos de los puntos fijos⁶⁷.

Las técnicas para preservación, colecta y análisis de las muestras de agua a utilizar serán aquellas previstas en el apartado 6.1 del presente trabajo o las establecidas o las normas técnicas indicadas por la Organización Mundial de la Salud.

7.2 PUNTOS DE MONITOREO

Como se menciona con anterioridad se han determinado algunos puntos fijos y ciertos puntos variables los cuales se describen a continuación y se presentan en el mapa del Anexo N°9.

7.2.1 Localización de puntos fijos

Inicialmente los puntos fijos serán los establecidos e investigados en el presente trabajo para el diagnóstico preliminar, los cuales son:

⁶⁷ Si se detecta alteraciones en el comportamiento de alguna variable de monitoreo para los puntos fijos, deberá evaluarse los puntos variables relacionados a esos puntos fijos, para identificar las posibles causas de dichas alteraciones.

Tabla 7.1 Puntos Fijos de Monitoreo

| Punto Fijo de Monitoreo | Ubicación |
|--------------------------------|--|
| Ti-01 | Río Titihuapa después de la confluencia Río El Molino contiguo a calle de acceso a Cantón El Molino, 7 Km. de Ilobasco |
| Ti-02 | Río Titihuapa, antes de la confluencia del Río Machacal, Cantón El Izcatlal, Municipio San Isidro, Departamento de Cabañas |
| Ti-03 | Río Titihuapa, Poza la Pintada (Sitio de Petrograbados) antes de la Confluencia del Río San Isidro, Municipio Santa Clara-San Idelfonso, Departamento de San Vicente |
| Ti-04 | Río Titihuapa, después de la Confluencia del Río San Isidro, Poza de Los Indios, Municipio San Idelfonso, Departamento de San Vicente |
| Ti-05 | Río Titihuapa, antes de Puente Titihuapa, limite entre Dolores, Cabañas y San Idelfonso, San Vicente, antes de la desembocadura en el Río Lempa |

7.2.2 Localización de puntos variables⁶⁸

La ubicación específica de estos dependerá de los aspectos técnicos descritos anteriormente en el apartado 4.4, en general se recomienda la ubicación de un punto aguas arriba y otro aguas abajo del cauce del río. En particular se consideran los siguientes ríos: El Guarumo, El Molino, Machacal, El Júcaro, Santa Cruz, Chapelcoro, Ucute, Jiñuapa, Amatitán, San José, Marcos, San Isidro, San Juan, y Santa Barbara.

Tabla VII-1 Resumen de los puntos de monitoreo

| Característica de los puntos de monitoreo | Cantidad de puntos |
|--|---------------------------|
| Puntos fijos | 5 |
| Puntos variables (dos puntos por subcuenca) | 14x 2= 28 |
| Total | 33 |

⁶⁸ Ver mapa de la región en el anexo 9

7.3 PARÁMETROS DE MONITOREO

A continuación se detallan los principales parámetros que se deberían analizar en una Red de monitoreo para poder establecer un seguimiento completo de las fuentes contaminantes identificadas en el canal principal del Río Titihuapa.

Tabla 7.3 Parámetros de monitoreo In situ

| Parámetro | Unidad | Método |
|--------------------------|--------------|--|
| Temperatura ambiente | °C | Medición in situ |
| Temperatura del agua | | |
| Gradiente de temperatura | | |
| pH | unidad de pH | Potenciométrico |
| Conductividad | micro mho/cm | Conductivimetro |
| Turbidez | UNT | Nefelométrico |
| Oxígeno disuelto | mg/L | - Electrodo de membrana, o - Titrimétrico |

Tabla 7.4 Parámetros de monitoreo en laboratorio

| Parámetro Físicoquímico | Unidades | Método |
|----------------------------|----------------------|--------------------|
| DBO ₅ | mg/L | Titrimétrico |
| DQO | mg O ₂ /L | Titrimétrico |
| Color | UCT | Comparación Visual |
| Total De Sólidos Disueltos | mg/L | Potenciométrico |
| Dureza | mg/L | Titrimétrico |
| Alcalinidad | mg/L | Titrimétrico |
| Nitratos | mg/L | Fotométrico |
| Nitritos | mg/L | Fotométrico |
| Cloruros | mg/L | Fotométrico |
| Fosfatos | mg/L | Fotométrico |
| Sulfatos | mg/L | Fotométrico |
| Sustancias Tóxicas | Unidades | Método |
| Cianuros | mg/L | Fotométrico |
| Arsénico | mg/L | Colorimétrico |
| Mercurio | Mg/L | Fotométrico |

Cont...Tabla 7.4

| Parámetro Microbiológico | Unidades | Método |
|---------------------------------|-----------------|---------------|
| Bacterias Coliformes Totales | Nmp/100 MI | Nmp Apha |
| Bacterias Coliformes Fecales | Nmp/100 MI | Nmp Apha |
| Bacterias Patógenas | | Siembra |
| Escherichia Coli | | Siembra |

Tomándose en cuenta que a menudo no se cuenta con la disponibilidad de recursos financieros en la mayoría de las comunidades rurales; y que la presente propuesta trata sobre fuentes contaminantes y la calidad del agua, según el uso para el que se destine. Se recomienda a continuación los análisis mínimos indispensables para el agua, tanto para consumo humano como para riego.

Tabla 7.4 Análisis mínimos recomendables para aguas de consumo humano y riego

| Consumo Humano | Riego |
|-----------------------|---------------------------|
| pH | pH |
| Coliformes totales | Conductividad eléctrica |
| Coliformes fecales | Calcio, Magnesio y Sodio |
| Escherichia coli | Carbonatos y Bicarbonatos |
| Turbidez | Boro |
| Sólidos suspendidos | Sólidos suspendidos |

En el Anexo N°10 se adjuntan algunas de las cotizaciones de los laboratorios consultados para realizar el análisis de las muestras, y en los anexos 7 y 8 se adjuntan los recibos de los costos de los análisis llevados a cabo en la Universidad de El Salvador.

VIII. CONCLUSIONES

El Río Titihuapa no cumple con la calidad microbiológica requerida en el Decreto 50, y sus reformas, como agua cruda para potabilizar y para propagación piscícola, y por las Guías de la Organización Mundial de la Salud para ser utilizada para fines recreacionales, ya que presenta niveles altos de coliformes fecales en los puntos Ti-01 y Ti-02, y presencia positiva de E. Coli en todos los puntos.

La contaminación por coliformes fecales y E. Coli se debe a la presencia de viviendas cercanas en algunos de los puntos de monitoreo, ya que debido a la falta de servicio de aguas municipales, se auxilian de fosas sépticas, pudiendo existir en ellas, filtraciones de materia fecal. Asimismo, la presencia ganado bovino y porcino u otros mamíferos de sangre caliente que se encuentren cerca de las fuentes de agua puede ser otra de las causas de contaminación fecal del agua; ya que las excretas de éstos son arrastradas por las lluvias hacia los recursos superficiales y mantos acuíferos.

De acuerdo a la investigación realizada se encontró que los principales factores que modifican la calidad de agua del Río son: Las descargas con un alto contenido de materia orgánica realizadas por la porqueriza y la confluencia del Río San Isidro que por escorrentías arrastra desechos municipales e industriales de la zona.

De acuerdo con el análisis de todos los parámetros estudiados para el río titihuapa este se encuentra expuesto a una gran descarga de materia orgánica que a la vez representa el mayor problema de contaminación del río en la actualidad.

La minería y el procesamiento de minerales a menudo producen impactos ambientales negativos sobre el aire, suelos, aguas, cultivos, flora y fauna, y salud humana. En el pasado, las empresas mineras no han sido obligadas a remediar los impactos ocasionados a estos recursos. Como resultado, muchos de estos

efectos perduran por años afectando a los ecosistemas y ciudadanos locales. Por lo que se vuelve indispensable un monitoreo constante de la calidad y cantidad de estos recursos para poder tomar acciones inmediatas.

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda de manera general que:

La ONG Asociación de Desarrollo Económico y Social Santa Marta (ADES), en conjunto con la Unidad de Salud de los municipios y las comunidades que se estén viendo afectadas y las que se encuentren en riesgo potencial dada su ubicación, desarrollen proyectos de educación dirigido a los habitantes de las comunidades, para que tomen las medidas necesarias para la desinfección del agua con tratamientos como cloración y hervir el agua, evitando así riesgos en la salud por contaminación microbiológica.

Es necesario que en la región del Río Titihuapa se trabaje por implementar el enfoque del desarrollo sostenible en la agricultura y la ganadería de la zona, y campañas de saneamiento del Río Titihuapa, involucrando a todos los sectores de la sociedad y a las municipalidades competentes.

Realizar trabajos de investigación en sedimentos incluyendo los análisis de nitrógeno total, fósforo total, y Metales pesados. Así como también podrían realizarse estudios Metales pesados y plaguicidas en peces. Los cuales deberían incorporarse a la red de monitoreo propuesta para la subcuenca del río titihuapa, y obtener un mejor perfil del Río y su evolución a través del tiempo.

De manera específica se recomienda la instalación de una planta de tratamiento de desechos para disminuir la contaminación generada en la porqueriza, y otra para el tratamiento de las aguas municipales que son vertidas al Río San Isidro y Viejo para disminuir la carga orgánica depositada al Río TITIHUAPA.

Además, se recomienda realizar una evaluación de impacto ambiental en los basureros presentes en la zona, para poder determinar la carga de contaminantes

arrojados al Río, y el desarrollo de un proyecto de manejo de los desechos sólidos incorporando proyectos de compostaje de la basura.

Debido a que para dar seguimiento a las actividades de saneamiento, recuperación y conservación del Río Titihuapa, se requiere llevar a cabo actividades de monitoreo, de educación en salud y medio ambiente, y otras; se recomienda a las entidades interesadas, buscar convenios con la Universidad de El Salvador para que esta a través de sus Programas de Proyección Social preste la ayuda técnica-científica idónea para llevar a buen termino estas actividades.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Aforo de caudal para fuentes superficiales por Ing. Agr.Msc. JOSÉ MAURICIO TEJADA, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES, 2006
2. Apuntes de clase de INGENIERIA AMBIENTAL, impartidas por los docentes: Ing. Teodoro Ramirez, Ingra.Tania Torres e Ing. Mario Herrera, en el ciclo I-2005.
3. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, División de Toxicología y Medicina Ambiental-CIANURO, consultado en Agosto 2006, disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts8.html,
4. Álvarez, G.A., Rodríguez, J.L.; **“Manual de Legislación Ambiental, Caso: El Salvador”**; 2ª Edición, Asociación Centro de Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales, San José, Costa Rica, 2003, publicación digital 1 Disco.-
5. ANDA, estadísticas del año 2002
6. Aguamarket y Cía. Ltda., **“Diccionario del Agua”**, consultado en mayo de 2006. Disponible en: <http://www.aguamarket.com/diccionario/>
7. Artiga, Raúl y Molina, Hugo; **“Recursos de información sobre el agua en El Salvador: Situación actual y desafíos”**, publicación de PRISMA, San Salvador, 1999,
8. Bartram J, Rees G, ed. (2000) **Monitoring bathing waters: a practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programmes**. London, E & FN Spon. Publicación en

compartida de la Organización Mundial de la Salud, la Comisión de la Unión Europea y la Agencia Estadounidense de Protección del Medio Ambiente

9. Buckalew, J.O; Knowles, R.O.; Waite, L.; James, M.; Laprevote, J.; **Evaluación de Recursos de Agua de la República de El Salvador;** Investigación realizada por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, Distrito de Mobile y por el Centro de Ingeniería Topográfica de la Armada de los Estados Unidos, comisionada por la Oficina de Ingenieros del Comando Sur de los Estados Unidos, Octubre, 1998

10. Cárdenas, Joaquín **Calidad de agua para estudiantes de ciencias ambientales** Capítulo 4 Universidad Francisco José Caldas. Bogota, Colombia, 2003, consultado en Marzo 2006, disponible en: <http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/porcalaguas.htm>,

11. Chang, R., **QUIMICA**, 4ª Edición, Mac. Graw Hill, Interamericana de México, México, 1992.

12. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), "**Actores, Agendas y Procesos en la Gestión de los Recursos Hídricos de Centroamérica**", Serie Política Ambiental, del Proyecto Políticas y Legislación Ambiental, impulsado por el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, San Salvador, Junio 2005, consultado en: mayo 2006, disponible en: www.ccad.ws

13. Decreto Ejecutivo N° 50, "**Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección**" del 16 de octubre de 1987, publicado en el Diario Oficial N° 191, Tomo 297, del 16 de octubre de 1987; y sus reformas: Decreto Ejecutivo N° 51, del 16 de noviembre de

1987, publicado en el Diario Oficial N° 210, Tomo 297, del 16 de noviembre de 1987 y Decreto Ejecutivo N° 19, del 2 de marzo de 1989, publicado en el Diario Oficial N° 210, Tomo 302, del 10 de marzo de 1989.

14. Decreto Ejecutivo N° 886: **Ley de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos** y Decreto Ejecutivo No. 144 **Reglamento de la Ley de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos**
15. Guerrero Barrera, Guadalupe; **“Cartilla N°4: El Agua y su relación con la salud y la enfermedad”** Serie Educativa para acciones comunitarias en Agua y saneamiento ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales(MARN), El Salvador, 2002
16. Guidelines for drinking water quality, Vol.2, World Health Organization, Geneva 1984.
17. Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzman”, **Monografía Del Departamento De Cabañas**, Centro Nacional de Registros, El Salvador, 1988
18. Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzman”; **“Diccionario Geográfico de El Salvador, Tomo II”**, Publicación propiedad del Centro Nacional de Registros, El Salvador, 1996
19. Lenntech Agua residual & purificación del aire Holding, B.V., **“Propiedades químicas del Arsénico - Efectos del Arsénico sobre la salud - Efectos ambientales del Arsénico”**, Holanda, Copyright © 1998-2005, consultado en: Agosto de 2006. Disponibles en <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/As.htm>

20. Lenntech Agua residual & purificación del aire Holding, B.V., “**Propiedades químicas del Mercurio - Efectos del Mercurio sobre la salud -Efectos ambientales del Mercurio**”, Holanda, Copyright © 1998-2005, consultado en: Agosto de 2006. Disponibles en <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Hg.htm>
21. López Zelaya, J.R; Quezada Alvarado, M.L. y Sánchez de Campos, D.; “**Guía Didáctica III: MEDIO AMBIENTE Y LA COMUNIDAD**”; Guías Didácticas de Educación Ambiental, 1ª Edición, San Salvador, 1997
22. Margalef, Ramon; **Ecología**, Ediciones Omega S.A., 8ª Reimpresión, Barcelona, 1985, pág. 15
23. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales(MARN); “**Sistema de Información Ambiental**”, CD-2, de la Colección de CD’S Medio Ambiente, El Salvador, 2002
24. Nordell, Eskel; “**Tratamiento de agua para la industria y otros usos**”, Traducción de la Segunda Edición en Ingles, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México, 1984
25. Pacific Rim El Salvador, S.A. de C.V.”**Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Mina El Dorado Cabañas, El Salvador** “- Agosto de 2004
26. Proyectos Mineros aprobados para Exploración, Dirección de Minas e Hidrocarburos, Ministerio de Economía. Consultado en Noviembre de 2005. Disponible en: <http://www.minec.gob.sv/default.asp?id=67&mnu=50>
27. Ramírez, M.A.; Alvarado, R.E. y Bardales, H.A.; “**Diagnóstico de las condiciones agroecologicas de la zona norte del departamento de San Vicente, El Salvador**”; Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo,

de la Facultad de Ciencias Agronómica de la Universidad Técnica Latinoamericana, Nueva San Salvador, Septiembre de 1997.

28. Servicio Nacional de Estudios Territoriales – Servicio Hidrológico Nacional, **“Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador, Componente Evaluación de Recursos Hídricos”**, San Salvador, Diciembre 2005, Consultado en Enero de 2006. Disponible en: www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrÍco.pdf
29. Servicio Nacional de Estudios Territoriales, **“Perfiles Climáticos Departamentales”**, San Salvador, Diciembre 2005, consultado en Enero de 2006.
30. <http://es.wikipedia.org/wiki/Cianuro> Consultado en Agosto de 2006
31. <http://es.wikipedia.org/wiki/Coliforme>, Consultado en Agosto de 2006
32. <http://es.wikipedia.org/wiki/Mercurio>, Consultado en Agosto de 2006

ANEXOS

ANEXO N°1: LEGISLACIÓN APLICABLE A LOS RECURSOS HÍDRICOS

El siguiente cuadro presenta las Leyes y Decretos relacionadas a la regulación de los Recursos Hídricos⁶⁹:


| Número | Fecha | Entidad que emite | Nombre o descripción | D.O. No | D.O. Tomo | D.O. Fecha |
|--------|----------|-------------------------------------|--|---------|-----------|------------|
| | | Decreto Presidencia de la República | Código Civil. | | | |
| 153 | 11/11/70 | Decreto Asamblea Legislativa | Ley de Riego y Avenamiento. | 213 | 229 | 23/11/70 |
| 17 | 28/2/73 | Decreto Poder Ejecutivo | Reglamento General de la Ley de Riego y Avenamiento. | 48 | 238 | 09/3/73 |
| 214 | 29/1/71 | Decreto Asamblea Legislativa | Ley de Creación del Distrito de Riego y Avenamiento No1 Zapotitán. | 25 | 230 | 05/2/71 |
| 10 | 25/1/73 | Decreto Poder Ejecutivo | Puesta en Servicio del Distrito de Riego y Avenamiento No1 Zapotitán. | 24 | 238 | 05/2/73 |
| 11 | 25/1/73 | Decreto Poder Ejecutivo | Tarifa Provisional por Servicio de Agua para Riego. Avenamiento. Costos de Operación y Mantenimiento. Distrito de Riego y Avenamiento No1 Zapotitán. | 24 | 238 | 5/2/73 |
| 285 | 15/3/73 | Decreto Asamblea Legislativa | Ley de Creación del Distrito de | 52 | 238 | 15/3/73 |
| 396 | 19/6/86 | Decreto Asamblea Legislativa | Ley de Creación del Distrito de Riego y Avenamiento No3, Lempa-Acahuapa. | 118 | 291 | 27/6/86 |
| 852 | 22/5/02 | Decreto Asamblea Legislativa | Ley Forestal. | 110 | 355 | 17/6/02 |
| 38 | 15/12/83 | Decreto Asamblea Legislativa | Constitución. | 234 | 281 | 16/12/83 |
| 274 | 31/1/86 | Decreto Asamblea Legislativa | Código Municipal. | 23 | 290 | 5/2/86 |
| 955 | 28/4/88 | Decreto Asamblea Legislativa | Código de Salud. | 86 | 299 | 11/5/88 |
| 50 | 16/10/87 | Decreto Presidencia de la República | Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y la Zona de Protección. | 191 | 297 | 16/10/87 |

⁶⁹ Álvarez, G.A., Rodríguez, J.L.; **“Manual de Legislación Ambiental, Caso: El Salvador”**; 2ª Edición, Asociación Centro de Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales, San José, Costa Rica, 2003, publicación digital 1 Disco.-

| Número | Fecha | Entidad que emite | Nombre o descripción | D.O. No | D.O. Tomo | D.O. Fecha |
|--------|----------|--|--|---------|-----------|------------|
| 69 | 22/10/75 | Decreto Poder Ejecutivo | Comité Regional de Recursos Hidráulicos (C.R.R.H.). | 199 | 249 | 27/10/75 |
| 341 | 17/10/61 | Decreto Directorio Cívico Militar | Ley de Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). | 191 | 193 | 19/10/61 |
| 637 | 13/12/01 | Decreto Asamblea Legislativa | Ley General de Ordenación y Promoción de Pesca y Acuicultura. | 240 | 353 | 19/12/01 |
| 137 | 22/9/48 | Asamblea Nacional Legislativa | Ley de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL). | 210 | 145 | 27/9/48 |
| 62 | 13/8/95 | Decreto Órgano Ejecutivo | Creación de la Comisión Coordinadora de la Reforma Sectorial de Recursos Hídricos. | | 328 | 9/8/95 |
| 732 | 8/12/93 | Decreto Órgano Legislativo | Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y Municipios Aledaños. | | 322 | 26/1/94 |
| 21 | 5/3/91 | Decreto Presidencia de la República | Reglamento de la Ley de Urbanismo y Construcción. | | | |
| 886 | 2/8/81 | Decreto Junta Revolucionaria de Gobierno | Ley sobre la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. | 221 | 273 | 2/12/81 |
| 1030 | 20/4/98 | Decreto Asamblea Legislativa | Nuevo Código Penal. | 5 | 338 | 09/1/98 |
| 544 | 14/12/95 | Decreto Asamblea Legislativa | Ley de Minería. | 16 | 330 | 24/1/96 |
| 01 | 24/1/95 | Decreto Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador | Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y Municipios Aledaños. | 76 | 327 | 26/4/95 |
| 91 | | Decreto Asamblea Legislativa | Reforma al Código de Salud. | | | 28/11/91 |
| 24 | 18/4/89 | Decreto Consejo de Ministros | Reglamento Interno del Órgano Ejecutivo. | 70 | 303 | 18/4/89 |
| 68 | 19/7/96 | Decreto Presidencia de la República | Reglamento de la Ley de Minería. | 144 | 332 | 7/8/96 |

ANEXO N°2: FORMATOS PARA MUESTREO

FORMATO 1 Etiquetado para identificación de las muestras para análisis microbiológico y fisicoquímico

| | |
|--|--|
|  <small>Laboratorio de Control de Calidad Microbiológica</small> | Nombre de la muestra: 01 Titihuapa |
| | Fecha de Muestreo: 3 de Julio de 2006 |
| | Punto de Muestreo: _____ |
| | Procedencia: _____ |
| | Tipo de Agua: <u>Agua Superficial- Río</u> |
| | Persona que muestrea: _____ |
| Hora de Muestreo: _____ | |

FORMATO 2 Para recopilación de los parámetros medidos In Situ

| PARÁMETRO | EXPRESADO | PUNTOS DE MUESTREO | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | |
| TEMPERATURA MUESTRA | ° C | | | | | | | | |
| TEMPERATURA AMBIENTAL | ° C | | | | | | | | |
| DIFERENCIA ENTRE TEMPERATURAS | ° C | | | | | | | | |


FORMATO 3 Ficha de punto de Toma de Muestra

| FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA | | |
|--|------------------|-----------------------------------|
| PUNTO DE MUESTREO: | RIO TITIHUAPA | FECHA DE MUESTREO: _____ |
| CÓDIGO: | 01 TITIHUAPA | HORA DE MUESTREO: _____ |
| CLASIFICACIÓN: | CANAL PRINCIPAL | RESPONSABLE DE MUESTREO: _____ |
| TIPO DE PUNTO DE MONITOREO: | Calidad del Agua | |
| DATOS GENERALES DE LA ESTACIÓN | | |
| DIRECCIÓN | | |
| DEPARTAMENTO | | |
| COORDENADAS DE UBICACIÓN | | |
| ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL | | |
| PROFUNDIDAD MEDIA | | |
| CAUDAL (m³/s) | | |

ANEXO N°3: PROGRAMA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

El programa utilizado para la determinación del caudal fue diseñado por el por ing. Agr.Msc. José Mauricio Tejada, y se utilizó la versión HID-2006 sobre la plataforma de EXCEL.

1. Se selecciona continuar en la pantalla principal y en la de introducción:

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR | | | | | | | | | | |
| FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS | | | | | | | | | | |
| DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE | | | | | | | | | | |
| PROGRAMA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS | | | | | | | | | | |
| "HID-2006" | | | | | | | | | | |
| POR Ing. Agr.Msc. JOSE MAURICIO TEJADA | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | |
| PARA SALIR OPRIMA "ARCHIVO" Y LUEGO "SALIR" | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | CONTINUAR |
| BIENVENIDOS AL PROGRAMA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS "HID-2006", EL CUAL LE PERMITE REALIZAR EL ANALISIS DE PRESAS (MUROS DE RETENCION DE AGUA), CANALES DE RIEGO, TUBERIAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y EL CALCULO DEL CAUDAL DE FUENTES NATURALES | | | | | | | | | | |
| ESPERO QUE LE SEA DE MUCHA UTILIDAD EN SU APRENDIZAJE O SIMPLEMENTE PARA ENCONTRAR UNA SOLUCION OPTIMA A SUS INTERROGANTES. | | | | | | | | | | |
| ESTE PROGRAMA ES DE USO Y REPRODUCCION GRATUITA SIEMPRE QUE SE MENCIONE AL AUTOR | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | CONTINUAR |

2. Al aparecer la pantalla de menú deberá seleccionar la opción que se necesite, en nuestro caso se seleccionará IV- CALCULO DEL CAUDAL DE FUENTE NATURAL o MOLINETE:

| MENU PRINCIPAL | |
|--|----------|
| PARA SELECCIONAR, OPRIMA EL BOTON CORRESPONDIENTE | |
| GUIA PARA EL USO DEL PROGRAMA | GUIA |
| I- PRESAS (MUROS DE RETENCION DE AGUA) | PRESAS |
| II- CANALES DE RIEGO | CANALES |
| III- TUBERIAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA | TUBERIAS |
| IV- CALCULO DEL CAUDAL DE FUENTE NATURAL | MOLINETE |
| | |
| SALIR | |

3. Se Deberán colocar los datos en los espacios coloreados en amarillos. Si se han hechos mas CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE las disponibles en la Hoja 1 se pueden generar las hojas necesarias y en la casilla de CAUDAL TOTAL o PARCIAL aparecerá el caudal calculado para dicho río

| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------------------------|---------------|---------------------|------------------|-----------------------|------|-----------------|------------------|------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|--|
| FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS | | | | | | | | | | | | | | |
| DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE | | | | | | | | | | | | | | |
| HOJA PARA EL CALCULO DEL CAUDAL DE UN CAUCE NATURAL | | | | | | | | | | | | | | |
| POR ING MSc JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENCIO | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE DEL RIO: | Titihuapa 1 | | | UBICACIÓN: | Cabañas | | | FECHA: | 26 de abril 2006 | | | | | |
| RESPONSABLE: | Ing Tejada | | | EQUIPO: | MICROMOLINETE | | | PROPELA# | 3 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| Numero de vertic. | dist al punto inic. m | intervalo entre vert. m | Profundidad m | Prof de observac. m | Numero de rev. r | Tiempo de observac. s | n | velocidad (m/s) | | | Prof prom en sección m | Area m ² | Caudal m ³ /s | |
| | | | | | | | | punto | vertical | media en seccion | | | | |
| 0 | 0 | | 0.00 | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.18 | 0.350 | 0.007 | |
| 1 | 2 | | 0.35 | 0.21 | 2 | 30 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.33 | 0.660 | 0.013 | |
| 2 | 4 | | 0.31 | 0.19 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.30 | 0.590 | 0.014 | |
| 3 | 6 | | 0.28 | 0.17 | 3 | 30 | 0.1 | 0.05 | 0.05 | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.04 | 0.32 | 0.640 | 0.027 | |
| 4 | 8 | | 0.36 | 0.22 | 2 | 30 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.04 | 0.47 | 0.940 | 0.040 | |
| 5 | 10 | | 0.58 | 0.12 | 5 | 30 | 0.17 | 0.06 | 0.05 | | | | | |
| | | 2 | | 0.46 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | | 0.04 | 0.63 | 1.260 | 0.048 | |
| 6 | 12 | | 0.68 | 0.14 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | |
| | | 2 | | 0.54 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | | 0.04 | 0.63 | 1.260 | 0.048 | |
| 7 | 14 | | 0.58 | 0.12 | 5 | 30 | 0.17 | 0.06 | 0.05 | | | | | |
| | | 2 | | 0.46 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | | 0.04 | 0.45 | 0.900 | 0.034 | |
| 8 | 16 | | 0.32 | 0.19 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.03 | 0.22 | 0.430 | 0.013 | |
| 9 | 18 | | 0.11 | 0.07 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | |
| | | | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | | | | | |
| CAUDAL "TOTAL" O "PARCIAL" | | | | | | | | | | | | | 0.243 | |

| Punto de observación | Caudal (m ³ /s) | Caudal promedio (m ³ /s) |
|----------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Titihuapa 03 | 0.709 | 0.7265 |
| Titihuapa 04 | 0.744 | |

ANEXO 4: RECOPIACIÓN DE DATOS IN SITU Y PROCESAMIENTO EN PROGRAMA HID-2006

A.4-1 DATOS PARA SITIO DE MUESTREO TI-03

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
Por Ing Msc José Mauricio Tejada**

REGISTRO DE AFORO DE UN CAUCE NATURAL

Río: Titihuapa
Lugar:

Fecha: 26 / ABL / 2006
Responsable:

| Numero de vertic. | dist al punto inic. | intervalo entre vert. | Profundidad | Prof de observac. | Numero de rev. | Tiempo |
|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------|-------------------|----------------|--------|
| | m | m | m | m | r | s |
| 0 | 0 | 2 | 0 | | | |
| 1 | 2 | 2 | 35 | 14. | 2 | 30 |
| 2 | 4 | 2 | 31 | 12 | 0 | 30 |
| 3 | 6 | 2 | 28 | 11 | 3 | 30 |
| 4 | 8 | 2 | 36 | 14 | 2 | 30 |
| 5 | 10 | 2 | 58 | 11.6 | 1 | 30 |
| | 10 | 2 | ✓ | 46.4 | 5 | 30 |
| 6 | 12 | 2 | 68 | 13.6 | 1 | 30 |
| | ✓ | ✓ | ✓ | 54.4 | 1 | 30 |
| 7 | 14 | 2 | 58 | 11.6 | 1 | 30 |
| | ✓ | ✓ | ✓ | 46.4 | 5 | ✓ |
| 8 | 16 | 2 | 32 | 12. | 1 | ✓ |
| 9 | 18 | ✓ | 11 | 0.44 | 1 | ✓ |
| 10 | 20 | ✓ | 19 | 0.36 | 0 | ✓ |
| 11 | 22 | ✓ | 26 | 10.4 | 0 | ✓ |
| 12 | 24 | ✓ | 30 | 12 | 0 | ✓ |
| 13 | 26 | ✓ | 30 | 12 | 1 | ✓ |
| 14 | 28 | ✓ | 30 | 12 | 1 | ✓ |
| 15 | 30 | ✓ | 20 | 0.80 | 0 | ✓ |
| 16 | 32 | ✓ | 11 | 0.44 | 11 | ✓ |
| 17 | 34 | ✓ | 17 | 0.68 | 13 | ✓ |
| 18 | 36 | ✓ | 16 | 0.64 | 10 | ✓ |
| 19 | 38 | ✓ | 29 | 11.6 | 11 | ✓ |
| 20 | 40 | ✓ | 35 | 14 | 12 | ✓ |
| 21 | 42 | ✓ | 54 | 11 | 1 | ✓ |
| | ✓ | ✓ | ✓ | 44 | 18 | ✓ |
| 22 | 44 | ✓ | 60 | 12 | 3 | ✓ |
| | ✓ | ✓ | ✓ | 48 | 14 | ✓ |
| 23 60km | 46 | ✓ | 0 | 0 | 0 | ✓ |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

JUNTA TI-03

A.4-3 HOJAS DE CALCULO EN HID-2006 DEL PUNTO TI-03

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | | |
|----|--|-------------|-------------|-------------|-----------|---------|------------|------|-----------------|---------------|----------|---------------|----------------|-------------------|------------------|--|
| 1 | UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS | | | | | | | | | | | HOJA 2 | | | | |
| 3 | DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | HOJA PARA EL CALCULO DEL CAUDAL DE UN CAUCE NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | POR ING MSc JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENCIO | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | NOMBRE DEL RIO: | | | Titihuapa 1 | | | UBICACIÓN: | | | Cabañas | | | FECHA: | | 26 de abril 2006 | |
| 9 | RESPONSABLE: | | | Ing Tejada | | | EQUIPO: | | | MICROMOLINETE | | | PROPELA# | | 3 | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | |
| 12 | Numero | dist al | intervalo | Profun- | Prof de | Numero | Tiempo | n | velocidad (m/s) | | | Prof prom | Area | Caudal | | |
| 13 | de vertic. | punto inic. | entre vert. | dididad | observac. | de rev. | ***** | | punto | vertical | media en | en sección | | | | |
| 14 | | m | m | m | m | r | s | | | | seccion | m | m ² | m ³ /s | | |
| 15 | 0 | 0 | | 0.00 | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 16 | | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.18 | 0.350 | 0.007 | | |
| 17 | 1 | 2 | | 0.35 | 0.21 | 2 | 30 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | | | | | | |
| 18 | | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.33 | 0.660 | 0.013 | | |
| 19 | 2 | 4 | | 0.31 | 0.19 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 20 | | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.30 | 0.590 | 0.014 | | |
| 21 | 3 | 6 | | 0.28 | 0.17 | 3 | 30 | 0.1 | 0.05 | 0.05 | | | | | | |
| 22 | | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.04 | 0.32 | 0.640 | 0.027 | | |
| 23 | 4 | 8 | | 0.36 | 0.22 | 2 | 30 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | | | | | | |
| 24 | | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.04 | 0.47 | 0.940 | 0.040 | | |
| 25 | 5 | 10 | | 0.58 | 0.12 | 5 | 30 | 0.17 | 0.06 | 0.05 | | | | | | |
| 26 | | | 2 | | 0.46 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | | 0.04 | 0.63 | 1.260 | 0.048 | | |
| 27 | 6 | 12 | | 0.68 | 0.14 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | | |
| 28 | | | 2 | | 0.54 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | | 0.04 | 0.63 | 1.260 | 0.048 | | |
| 29 | 7 | 14 | | 0.58 | 0.12 | 5 | 30 | 0.17 | 0.06 | 0.05 | | | | | | |
| 30 | | | 2 | | 0.46 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | | 0.04 | 0.45 | 0.900 | 0.034 | | |
| 31 | 8 | 16 | | 0.32 | 0.19 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | | |
| 32 | | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.03 | 0.22 | 0.430 | 0.013 | | |
| 33 | 9 | 18 | | 0.11 | 0.07 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | | |
| 34 | | | | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | CAUDAL "TOTAL" O "PARCIAL" | | | | | | | | | | | | | 0.243 | | |

| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------------------------|---------------|---------------------|------------------|----------|------|-----------------|----------|------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|----------|--|------------------|--|
| FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HOJA PARA EL CALCULO DEL CAUDAL DE UN CAUCE NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| POR ING MSc JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENCIO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE DEL RIO: | | | | Tithuapa 1 | | | | UBICACIÓN: | | | | Cabañas | | FECHA: | | 26 de abril 2006 | |
| RESPONSABLE: | | | | Ing Tejada | | | | EQUIPO: | | | | MICROMOLINETE | | PROPELA# | | 3 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | | | |
| Numero de vertic. | dist al punto inic. m | intervalo entre vert. m | Profundidad m | Prof de observac. m | Numero de rev. r | Tiempo s | n | velocidad (m/s) | | | Prof prom en seccion m | Area m ² | Caudal m ³ /s | | | | |
| | | | | | | | | punto | vertical | media en seccion | | | | | | | |
| 9 | 18 | | 0.11 | 0.07 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.15 | 0.300 | 0.005 | | | | |
| 10 | 20 | | 0.19 | 0.11 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.00 | 0.23 | 0.450 | 0.000 | | | | |
| 11 | 22 | | 0.26 | 0.16 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.00 | 0.28 | 0.560 | 0.000 | | | | |
| 12 | 24 | | 0.30 | 0.18 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.30 | 0.600 | 0.009 | | | | |
| 13 | 26 | | 0.30 | 0.18 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.03 | 0.30 | 0.600 | 0.018 | | | | |
| 14 | 28 | | 0.30 | 0.18 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.25 | 0.500 | 0.008 | | | | |
| 15 | 30 | | 0.20 | 0.12 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.05 | 0.16 | 0.310 | 0.017 | | | | |
| 16 | 32 | | 0.11 | 0.07 | 11 | 30 | 0.37 | 0.11 | 0.11 | | | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.11 | 0.14 | 0.280 | 0.032 | | | | |
| 17 | 34 | | 0.17 | 0.10 | 13 | 30 | 0.43 | 0.12 | 0.12 | | | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.11 | 0.17 | 0.330 | 0.036 | | | | |
| 18 | 36 | | 0.16 | 0.10 | 10 | 30 | 0.33 | 0.10 | 0.10 | | | | | | | | |
| | | | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | | | | | | | | |
| CAUDAL PARCIAL (HOJA 2) | | | | | | | | | | | | 0.125 | | | | | |
| CAUDAL TOTAL (HOJA 1 + HOJA 2) | | | | | | | | | | | | 0.368 | | | | | |

| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------------------------|---------------|--------------------|------------------|----------------|------|-----------------|----------|------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|------------------|--|
| FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS | | | | | | | | | | | | | | | |
| DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE | | | | | | | | | | | | | | | |
| HOJA 3 | | | | | | | | | | | | SALIR A HOJA 2 | | | |
| HOJA PARA EL CALCULO DEL CAUDAL DE UN CAUCE NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| POR ING MSc JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENCIO | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE DEL RIO: | | Titihuapa 1 | | | | UBICACIÓN: | | Cabañas | | | | FECHA: | | 26 de abril 2006 | |
| RESPONSABLE: | | Ing Tejada | | | | EQUIPO: | | MICROMOLINETE | | | | PROPELA# | | 3 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | |
| Numero de vertic. | dist al punto inic. m | intervalo entre vert. m | Profundidad m | Prof de observac m | Numero de rev. r | Tiempo ***** s | n | velocidad (m/s) | | | Prof prom en sección m | Area m ² | Caudal m ³ /s | | |
| | | | | | | | | punto | vertical | media en seccion | | | | | |
| 18 | 36 | | 0.16 | 0.10 | 10 | 30 | 0.33 | 0.10 | 0.10 | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.10 | 0.23 | 0.450 | 0.046 | | |
| 19 | 38 | | 0.29 | 0.17 | 11 | 30 | 0.37 | 0.11 | 0.11 | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.11 | 0.32 | 0.640 | 0.071 | | |
| 20 | 40 | | 0.35 | 0.21 | 12 | 30 | 0.4 | 0.11 | 0.11 | | | | | | |
| | | 2 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.11 | 0.45 | 0.890 | 0.093 | | |
| 21 | 42 | | 0.54 | 0.11 | 18 | 30 | 0.6 | 0.16 | 0.10 | | | | | | |
| | | 2 | | 0.43 | 1 | 30 | 0.03 | 0.03 | | 0.09 | 0.57 | 1.140 | 0.105 | | |
| 22 | 44 | | 0.60 | 0.12 | 14 | 30 | 0.47 | 0.13 | 0.09 | | | | | | |
| | | 2 | | 0.48 | 3 | 30 | 0.1 | 0.05 | | 0.04 | 0.30 | 0.600 | 0.026 | | |
| 23 | 46 | | 0.00 | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| | | 0 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | | |
| 24 | 0 | | 0.00 | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| | | 0 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | | |
| 25 | 0 | | 0.00 | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| | | 0 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | | |
| 26 | 0 | | 0.00 | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| | | 0 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | | |
| 27 | 0 | | 0.00 | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| | | 0 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | | | | | | |
| CAUDAL PARCIAL (HOJA 3) | | | | | | | | | | | | 0.341 | | | |
| CAUDAL TOTAL (HOJA 1 + HOJA 2) | | | | | | | | | | | | 0.709 | | | |

A-4.4 HOJA DE CÁLCULO EN HID-2006 DEL PUNTO TI-04


| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|---|-----------------------|-------------------------|---------------|---------------------|------------------|----------|----------------------|-----------------|----------|------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR | | | | | | | | | | | | | |
| FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS | | | | | | | | | | | | | |
| DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE | | | | | | | | | | | | | |
| HOJA PARA EL CALCULO DEL CAUDAL DE UN CAUCE NATURAL | | | | | | | | | | | | | |
| POR ING MSc JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENCIO | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE DEL RIO: | | Titihuapa 4 | | | UBICACIÓN: | | Cabañas | | | FECHA: | | 26 de abril 2006 | |
| RESPONSABLE: | | Ing Tejada | | | EQUIPO: | | MICROMOLINETE | | | PROPELA# | | 3 | |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">HOJA 2</div> | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">MENU</div> | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Numero de vertic. | dist al punto inic. m | intervalo entre vert. m | Profundidad m | Prof de observac. m | Numero de rev. r | Tiempo s | n | velocidad (m/s) | | | Prof prom en sección m | Area m ² | Caudal m ³ /s |
| | | | | | | | | punto | vertical | media en seccion | | | |
| 0 | 0 | | 0.00 | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | |
| | | 1 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.00 | 0.10 | 0.095 | 0.000 |
| 1 | 1 | | 0.19 | 0.11 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | |
| | | 1 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.02 | 0.20 | 0.200 | 0.005 |
| 2 | 2 | | 0.21 | 0.13 | 3 | 30 | 0.1 | 0.05 | 0.05 | | | | |
| | | 1 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.11 | 0.30 | 0.295 | 0.032 |
| 3 | 3 | | 0.38 | 0.23 | 19 | 30 | 0.63 | 0.17 | 0.17 | | | | |
| | | 1 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.20 | 0.43 | 0.430 | 0.087 |
| 4 | 4 | | 0.48 | 0.10 | 40 | 30 | 1.33 | 0.35 | 0.24 | | | | |
| | | 1 | | 0.38 | 14 | 30 | 0.47 | 0.13 | | 0.28 | 0.49 | 0.490 | 0.139 |
| 5 | 5 | | 0.50 | 0.10 | 52 | 30 | 1.73 | 0.45 | 0.33 | | | | |
| | | 1 | | 0.40 | 24 | 30 | 0.8 | 0.21 | | 0.29 | 0.48 | 0.475 | 0.138 |
| 6 | 6 | | 0.45 | 0.09 | 40 | 30 | 1.33 | 0.35 | 0.25 | | | | |
| | | 1 | | 0.36 | 18 | 30 | 0.6 | 0.16 | | 0.37 | 0.39 | 0.385 | 0.144 |
| 7 | 7 | | 0.32 | 0.19 | 58 | 30 | 1.93 | 0.50 | 0.50 | | | | |
| | | 1 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.51 | 0.30 | 0.295 | 0.151 |
| 8 | 8 | | 0.27 | 0.16 | 62 | 30 | 2.07 | 0.53 | 0.53 | | | | |
| | | 1.35 | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | 0.26 | 0.14 | 0.182 | 0.048 |
| 9 | 9.35 | | 0.00 | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | 0.00 | | | | |
| | | | | 0.00 | 0 | 30 | 0 | 0.00 | | | | | |
| CAUDAL "TOTAL" O "PARCIAL" | | | | | | | | | | | | | 0.744 |

ANEXO 5: FICHAS DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA PARA EL RÍO TITIHUAPA

2 A-5.1 FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA TI-01

| | | |
|--|---|---|
| PUNTO DE MUESTREO: | RIÓ TITIHUAPA | FECHA DE MUESTREO: 3 DE JULIO DE 2006 |
| CÓDIGO: | 01 TITIHUAPA | HORA DE MUESTREO: <u>10:00 a.m.</u> |
| CLASIFICACIÓN: | CANAL PRINCIPAL | RESPONSABLE DE MUESTREO: Adela Alicia Aurely Pérez Aguirre |
| TIPO DE PUNTO DE MONITOREO: | Calidad del Agua |  |
| 2.1 DATOS GENERALES DE LA ESTACIÓN | | |
| 2.1.1 DIRECCIÓN/observaciones del acceso al sitio | <p>Río Titihuapa después de la confluencia Río El Molino contiguo a calle de acceso a Cantón El Molino, 7 Km. de Ilobasco. Existe una obra de pila de almacenamiento de agua cercana al Río.</p> <p>La vía de acceso al sitio es un camino vecinal, con tramos de tierra y tramos adoquinados, aproximadamente a 2 Km. de la de la calle principal.</p> | |
| DEPARTAMENTO | Cabañas | |
| COORDENADAS DE UBICACIÓN | | |
| ANCHO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL | 6 metros | |
| PROFUNDIDAD MEDIA | 40 cm | |


3 A-5.2 FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA TI-02

| | | |
|--|---------------------|---|
| PUNTO DE MUESTREO: | RIÓ TITIHUAPA | FECHA DE MUESTREO: 3 DE JULIO DE 2006 |
| CÓDIGO: | 02 TITIHUAPA | HORA DE MUESTREO: <u>11:30 a.m.</u> |
| CLASIFICACIÓN: | CANAL PRINCIPAL | RESPONSABLE DE MUESTREO: Emerson Alberto Iraheta Delgado |
| TIPO DE PUNTO DE MONITOREO: | Calidad del Agua |  |


3.1 DATOS GENERALES DE LA ESTACIÓN

| | |
|--|---|
| 3.1.1 DIRECCIÓN/observaciones del acceso al sitio | <p>Río Titihuapa, inmediatamente antes de la confluencia del Río Machacal, Cantón El Izcatal, Municipio San Isidro, Departamento de Cabañas. No se constato asentamientos humanos cercanos a este punto.</p> <p>Se accesa por camino vecinal que va hacia el cantón Izcatal, parte de la calle de acceso es de tierra, y otras parte de barro y piedras, se recorre alrededor de 40 Km., hasta que se llega a un desvío donde se tuvo que hacer parada y seguir a pie por aproximadamente 2 Km. de terrenos en desnivel y llenos de vegetación , hasta que se llega a la ribera del Río Titihuapa, donde este se une al río Machacal, luego se subió por aproximadamente 100 metros aguas arriba de este punto.</p> |
| DEPARTAMENTO | Cabañas |
| COORDENADAS DE UBICACIÓN | Latitud: 13°47'49.57" Norte Longitud: 88°44'27.32 Oeste |
| ANCHO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL | 7 metros |
| PROFUNDIDAD MEDIA | 70 cm |


4 A-5.3 FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA TI-03

| | | |
|---|---|--|
| PUNTO DE MUESTREO: | RÍO TITIHUAPA | FECHA DE MUESTREO: 3 DE JULIO DE 2006 |
| CÓDIGO: | 03 TITIHUAPA | HORA DE MUESTREO: <u>1:05 p.m.</u> |
| CLASIFICACIÓN: | CANAL PRINCIPAL | RESPONSABLE DE MUESTREO: Emerson Alberto Iraheta Delgado |
| TIPO DE PUNTO DE MONITOREO: | Calidad del Agua |  |
| 4.1 DATOS GENERALES DE LA ESTACIÓN | | |
| 4.1.1 DIRECCIÓN | <p>Río Titihuapa, Poza la Pintada antes de la Confluencia del Río San Isidro, Municipio Santa Clara-San Ildelfonso, Departamento de San Vicente. Este Sitio muestra afluencia de personas que hacen uso recreacional del Río, así como extracción de agua para abastecimiento para el ganado y cultivos próximos</p> <p>Se accesa por el desvío que parte de la calle principal hacia el Cantón Llano de la hacienda, recorriendo alrededor de 35 Km. por camino de tierra, hasta llegar a un Puente de obra vista, después del cual se entra una propiedad privada (Finca de ganado vacuno) hasta llegar al Sitio de Petrograbados conocido popularmente como "La Pintada". Se tomo la muestra aproximadamente 500 metros antes de la confluencia del Río San Isidro al Cauce del Río Titihuapa.</p> | |
| DEPARTAMENTO | Límite Cabañas-San Vicente | |
| COORDENADAS DE UBICACIÓN | Latitud: 13°47'24.95" Norte Longitud: 88°42'10.38" Oeste | |
| ANCHO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL | 9.35 m | |
| PROFUNDIDAD MEDIA | 80 cm | |

5 A-5.4 FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA TI-04

| | | |
|---|--|--|
| PUNTO DE MUESTREO: | RIÓ TITIHUAPA | FECHA DE MUESTREO: 3 DE JULIO DE 2006 |
| CÓDIGO: | 04 TITIHUAPA | HORA DE MUESTREO: <u>1:30 p.m.</u> |
| CLASIFICACIÓN: | CANAL PRINCIPAL | RESPONSABLE DE MUESTREO: Adela Alicia Aurely Pérez Aguirre |
| TIPO DE PUNTO DE MONITOREO: | Calidad del Agua |  |
| 5.1 DATOS GENERALES DE LA ESTACIÓN | | |
| 5.1.1 DIRECCIÓN | Río Titihuapa, después de la Confluencia del Río San Isidro, Poza de Los Indios, Municipio San Idelfonso, Departamento de San Vicente. En este punto se observó la afluencia de personas que utilizan el río Titihuapa con fines recreativos y de pesca. El mismo acceso principal que para Ti-03, se sale de la propiedad privada mencionada antes y se recorre alrededor de 2 Km. aguas abajo donde el río deja atrás el puente de obre vista. | |
| DEPARTAMENTO | Límite Cabañas-San Vicente | |
| COORDENADAS DE UBICACIÓN | Latitud: 13°47'26.72" Norte Longitud: 88°41' 46.68" Oeste | |
| ANCHO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL | 23 metros | |
| PROFUNDIDAD MEDIA | 50 cm | |

6 A-5.5 FICHA DE PUNTO DE TOMA DE MUESTRA TI-05

| | | |
|---|---|--|
| PUNTO DE MUESTREO: | RIÓ TITIHUAPA | FECHA DE MUESTREO: 3 DE JULIO DE 2006 |
| CÓDIGO: | 05 TITIHUAPA | HORA DE MUESTREO: <u>3:04 p.m.</u> |
| CLASIFICACIÓN: | CANAL PRINCIPAL | RESPONSABLE DE MUESTREO: Emerson Alberto Iraheta Delgado |
| TIPO DE PUNTO DE MONITOREO: | Calidad del Agua |  |
| 6.1 DATOS GENERALES DE LA ESTACIÓN | | |
| 6.1.1 DIRECCIÓN | <p>Río Titihuapa, antes de Puente Titihuapa, limite entre Dolores, Cabañas y San Idelfonso, San Vicente, antes de la desembocadura en el Río Lempa.</p> <p>El acceso es a un costado de la calle pavimentada en el Puente Titihuapa que de Dolores conduce a San Idelfonso. Se observaron algunas casa cercanas al Río y personas bañándose o lavando ropa aguas abajo del punto donde se tomo la muestra</p> | |
| DEPARTAMENTO | Límite Cabañas-San Vicente | |
| COORDENADAS DE UBICACIÓN | Latitud: 13°44'48.15" Norte Longitud: 88°34'5.51" Oeste | |
| ANCHO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL | 55 metros | |
| PROFUNDIDAD MEDIA | 60 cm | |

**ANEXO 6: CUADRO RESUMEN DE PARÁMETROS DE REFERENCIA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO
TITHUAPA EN BASE A SU USO**

| PARÁMETRO | EXPRESADO | MÉTODO | PARÁMETROS DESEABLE SEGÚN USO EN BASE AL REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ⁷⁰ | | | | | | REFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE DE CALIDAD DE AGUA PARA CONTACTO HUMANO SEGÚN LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD ⁷¹ |
|---------------------------------|------------|------------------|---|------|--------------------------|--------|--|--------|--|
| | | | AGUAS CRUDAS SUPERFICIALES QUE SOLAMENTE REQUIEREN SISTEMAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO | | AGUAS PARA IRRIGACIÓN | | AGUAS PARA PROPAGACIÓN PISCÍCOLA | | |
| | | | Preferible | MÁX | Preferible | MÁXIMO | Preferible | MÁXIMO | |
| TEMPERATURA | °C | Medición in situ | 25 | 30 | | | | 3 | 30 |
| Bacterias coliformes totales | NMP/100 ml | NMP APHA | 50 | 5000 | | | | | |
| Bacterias coliformes fecales | NMP/100 ml | NMP APHA | N.E. | 1000 | | | | 1000 | 1000 |
| Escherichia coli | | | - | - | - | - | - | - | |
| pH | | Potenciométrico | 6.5 | 9.2 | 6.5 | 8.4 | 6.5 | 8.6 | 8.6 |
| DBO5 | mg/L | Titrimétrico | 3 | 4 | | | | | |


⁷⁰ Decreto Ejecutivo N° 50, del 16 de octubre de 1987, publicado en el Diario Oficial N° 191, Tomo 297, del 16 de octubre de 1987; Decreto Ejecutivo N° 51, del 16 de noviembre de 1987, publicado en el Diario Oficial N° 210, Tomo 297, del 16 de noviembre de 1987 y Decreto Ejecutivo N° 19, del 2 de marzo de 1989, publicado en el Diario Oficial N° 210, Tomo 302, del 10 de marzo de 1989.

⁷¹ Guías para ambientes seguros en aguas recreativas de la OMS y Bartram J, Rees G, ed. (2000) *Monitoring bathing waters: a practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programmes*. London, E & FN Spon. Published on behalf of the World Health Organization, Commission of the European Communities and US Environmental Protection Agency.

| PARÁMETRO | EXPRESADO | MÉTODO | PARÁMETROS DESEABLE SEGÚN USO EN BASE AL REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN | | | | | | REFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE DE CALIDAD DE AGUA PARA CONTACTO HUMANO SEGÚN LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD |
|-------------------|--------------|--------------------|---|-----|-----------------------|--------|----------------------------------|--------|--|
| | | | AGUAS CRUDAS SUPERFICIALES QUE SOLAMENTE REQUIEREN SISTEMAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO | | AGUAS PARA IRRIGACIÓN | | AGUAS PARA PROPAGACIÓN PISCÍCOLA | | |
| | | | Preferible | MÁX | Preferible | MÁXIMO | Preferible | MÁXIMO | |
| COLOR | UCT | comparación Visual | 20 | 150 | | | | | |
| CONDUCTIVIDAD | micro mho/cm | Conductivimetro | | | 250 | 750 | 150 | 500 | |
| SOLIDOS DISUELTOS | mg/L | Potenciométrico | 300 | 600 | | | | | 100 |
| TURBIDEZ | UNT | Nefelométrico | 10 | 250 | 100 | | | 10 | 10 |
| DUREZA | mg/L | Titrimétrico | | | | | | | |
| ALCALINIDAD | mg/L | Titrimétrico | | | | | | | |
| NITRATOS | mg/L | Fotométrico | | 45 | | | | | |

| PARÁMETRO | EXPRESADO | MÉTODO | PARÁMETROS DESEABLE SEGÚN USO EN BASE AL REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN | | | | | | REFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE DE CALIDAD DE AGUA PARA CONTACTO HUMANO SEGÚN LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD |
|-----------|-----------|---------------|---|-----|-----------------------|--------|----------------------------------|--------|--|
| | | | AGUAS CRUDAS SUPERFICIALES QUE SOLAMENTE REQUIEREN SISTEMAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO | | AGUAS PARA IRRIGACIÓN | | AGUAS PARA PROPAGACIÓN PISCÍCOLA | | |
| | | | Preferible | MÁX | Preferible | MÁXIMO | Preferible | MÁXIMO | |
| NITRITOS | mg/L | Fotométrico | | | | | | | |
| CLORUROS | mg/L | Fotométrico | 50 | 250 | | 5.5 | | | |
| FOSFATOS | mg/L | Fotométrico | | | | | | | |
| SULFATOS | mg/L | Fotométrico | | | | 4.1 | | | |
| CIANUROS | mg/L | Fotométrico | 0.01 | 0 | | 0 | | 0 | 0.01 |
| ARSÉNICO | mg/L | Colorimétrico | 0.02 | 0 | | 0 | | 0 | 0.02 |
| MERCURIO | mg/L | Fotométrico | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 0 |

ANEXO 7: CERTIFICADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y SUSTANCIAS TÓXICAS**A-7.0 RECIBO DE PAGO POR ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS MUESTRAS
TOMADAS EN EL RÍO TITIHUAPA**

| | | |
|---|--|---|
|  | FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR |  |
|---|--|---|

Recibimos de ADELA ALICIA AURELY PEREZ AGUIRRE Y EMERSON ALBERTO IRAHETA DELGADO, la cantidad de **OCHOCIENTOS OCHENTA Y CUATRO 81/100** Dólares, en concepto de pago de Análisis Físicoquímico; de Diez muestras de Agua Potable (Río), procedentes del Río Titihuapa, Departamento de Cabañas, monto que será utilizado para insumos del Laboratorio Físicoquímico de Aguas. A continuación se le anexa copias de facturas de compra de Reactivos de RGH DE EL SALVADOR, S.A. DE C.V. Distribuidores de Merck, S.A. y factura de Computers & Services.

Ciudad Universitaria, 21 de julio de 2006.

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*Laboratorio Físicoquímico de Aguas
Facultad de Química y Farmacia
Universidad de El Salvador.*

Final 25 Avenida Norte, Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A. Apdo. Postal 3026.
Telefax: (503) 2225-1645. Teléfonos: (503) 2225-4967, (503) 2225-2326, (503) 2225-1500 Extensiones 4900 y 4902.

A-7.1 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE pH PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|--|---|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 1 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | N° DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006 | |
| Método de Análisis: POTENCIOMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados | Referencia Técnica |
| pH | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | 6.91 | 6.5 – 7.5** |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatal, San Isidro 36-06P | 6.93 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | 7.85 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | 7.79 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 8.15 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * ** Decreto 40, Reglamento especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental. Art. 19. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JULI 2006

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

Licda. Katya Erika Leyton
Analista

A-7.2 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE DBO5 PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FISIQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|--|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 11 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | Nº DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: TITRIMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| DBO ₅ | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 40-06P | 13.40 | > 5mg/L** |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 41-06P | 15.50 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 42-06P | 10.20 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 43-06P | 6.70 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 3.20 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * ** Decreto 40, Reglamento especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental. Art. 19. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006

LABORATORIO FISIQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

nael
Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

[Signature]
Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

[Signature]
Licda. Katya Emilia Estrogon
Analista

A-7.3 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE COLOR PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|--|---|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 10 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | N° DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: COMPARACIÓN VISUAL. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados UCT | Referencia Técnica |
| C O L O R | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | >15.0 | 15.0 UCT* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 36-06P | | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * * Valor de Norma para Agua Recreativa (OMS). UCT= Unidades de Color Verdadero * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

Licda. Katya Esmir Layton
Analista

A-7.4 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|--|---|---------------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 8 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | N° DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006 | |
| Método de Análisis: CONDUCTIVIMETRO | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados $\mu\text{mho/cm}$ | Referencia Técnica |
| CONDUCTIVIDAD | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | 210.0 | 10.0 $\mu\text{mho/cm}$ * |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatal, San Isidro 36-06P | 180.0 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | 170.0 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | 180.0 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 170.0 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * *The Water Encyclopedia 2ª Ed., Lewys Publisehers, 1990, USA. For Fritz Vander Leeda, Fred L. Troise, David K. Todd. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

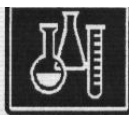
[Firma]
Licda. Odette Rauda Acevedo

Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

[Firma]
Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

[Firma]
Licda. Katya Eunike Neyton
Analista

A-7.5 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA LABORATORIO FISIQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|--|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 7 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | Nº DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: POTENCIOMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| SÓLIDOS DISUELTOS | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | 100.0 | 2000.0mg/L* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 36-06P | 50.0 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | 50.0 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | 100.0 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 100.0 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * *The Water Enciclopedia 2ª Ed., Lewys Publisheers, 1990, USA. For Fritz Vander Leeda, Fred L. Troise, David K. Todd. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006

LABORATORIO FISIQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

Licda. Katya Eunice Leyton
Analista

A-7.6 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE TURBIDEZ PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FISCOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|--|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 6 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | Nº DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: NEFELOMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados UNT | Referencia Técnica |
| T U R B I D E Z | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | 12 | < 5 UNT* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 36-06P | 10 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | 10 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | 9 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 8 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * *The Water Enciclopedia 2ª Ed., Lewys Publisehers, 1990, USA. For Fritz Vander Leeda, Fred L. Troise, David K. Todd. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006

LABORATORIO FISCOQUIMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

Licda. Katya Eunice Layton
Analista

A-7.7 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE DUREZA PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|--|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 4 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | N° DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: TITRIMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| D U R E Z A | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | 110.0 | 400.00mg/L* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 36-06P | 88.0 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | 100.0 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | 24.0 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 106.0 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * Norma CONACYT para Agua Potable NSO 13.07.01:97 * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 27 JUL 2006

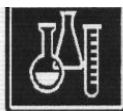
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

Licda. Katya Eunice Layton
Analista

A-7.8 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE ALCALINIDAD PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS


| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|---|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 5 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | N° DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: TITRIMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| A L C A L I N I D A D | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | 206.0 | 350.0mg/L* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatatal, San Isidro 36-06P | 156.0 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | 106.0 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | 102.0 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 124.0 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * Norma CONACYT para Agua Potable NSO 13.07.01:97 * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

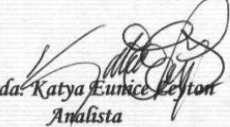
NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 27 JUL 2006

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
 FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR


 Licda. Odette Rauda Acevedo
 Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
 y Analista


 Lic. Henry Alfredo Hernández
 Analista


 Licda. Katya Eunice León
 Analista

A-7.9 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE NITRATOS PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|---|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 9 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | Nº DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: FOTOMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| N I T R A T O S | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | 9.2 | 10.0mg/l* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatat, San Isidro 36-06P | 2.0 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | 2.0 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | 3.0 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 2.0 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * *The Water Encyclopedia 2ª Ed., Lewys Publisehers, 1990, USA. For Fritz Vander Leeda, Fred L. Troise, David K. Todd. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 27 JUL 2006

Licda. Odette Rauda Acevedo
 Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
 y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández
 Analista

Licda. Katya Eunice León
 Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
 FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

A-7.10 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE NITRITOS PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|---|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 2 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | Nº DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: FOTOMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| N I T R I T O S | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | 0.75 | 1.0mg/L* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 36-06P | 1.15 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | 0.24 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | 0.15 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 0.02 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * * Norma CONACYT para Agua Potable NSO 13.07.01:97 * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006

mad
Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

[Signature]
Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

[Signature]
Licda. Katya Eunice Leyton
Analista

A-7.11 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE CLORUROS PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|---|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 3 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | Nº DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: FOTOMETRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| C L O R U R O S | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 35-06P | 9.70 | 1500.0mg/L* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 36-06P | 36.0 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 37-06P | 4.30 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 38-06P | 5.50 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 3.20 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * *The Water Encyclopedia 2ª Ed., Lewys Publisehers, 1990, USA. For Fritz Vander Leeda, Fred L. Troise, David K. Todd. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |


Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

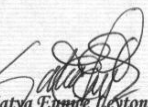
NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR


Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista


Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista


Licda. Katya Emma Leyton
Analista

**A-7.12 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE FOSFATOS PARA MUESTRAS RÍO
TITIHUAPA**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|---|---|---------------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 12 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | Nº DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: FOTOMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| F O S F A T O S | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 40-06P | 1.30 | No hay Referencia* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 41-06P | 1.10 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 42-06P | 0.90 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 43-06P | 0.90 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 0.60 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * Norma de Agua Potable, según decreto 475/98. Colombia=Valor permitido $PO_4^{3-} = 0.2\text{mg/L}$. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

[Firma]
Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

[Firma]
Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

[Firma]
Licda. Katya Eunice Leyton
Analista

A-7.13 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE SULFATOS PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA




UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|---|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 15 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RÍO. | | N° DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RÍO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: FOTOMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| S U L F A T O S | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 40-06P | 9.00 | 500.0mg/L* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatal, San Isidro 41-06P | 11.0 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 42-06P | 12.0 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 43-06P | 12.00 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 10.00 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * *The Water Enciclopedia 2ª Ed., Lewys Publisheers, 1990, USA. For Fritz Vander Leeda, Fred L. Troise, David K. Todd. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

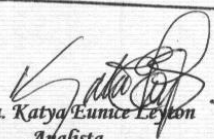
NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006


 Licda. Odette Rauda Acevedo
 Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
 y Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
 FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR


 Lic. Henry Alfredo Hernández
 Analista


 Licda. Katya Eunice Leyton
 Analista

A-7.14 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE CIANURO PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|---|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 13 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | Nº DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: FOTOMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| C I A N U R O S | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 40-06P | 0.003 | 0.0042mg/L* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 41-06P | 0.003 | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 42-06P | 0.006 | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 43-06P | 0.005 | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | 0.003 | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * *The Water Encyclopedia 2ª Ed., Lewys Publisehers, 1990, USA. For Fritz Vander Leeda, Fred L. Troise, David K. Todd. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 27 JULIO 2006

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

Licda. Katya Eunice Chacón
Analista

**A-7.15 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE ARSÉNICO PARA MUESTRAS RÍO
TITIHUAPA**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|---|---|---------------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 14 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | Nº DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: COLORIMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| A R S É N I C O | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Iobasco 40-06P | No detectado | 0.072mg/L* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 41-06P | | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 42-06P | | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 43-06P | | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * *The Water Encyclopedia 2ª Ed., Lewys Publisehers, 1990, USA. For Fritz Vander Leeda, Fred L. Troise, David K. Todd. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 21 JUL 2006

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

[Signature]
Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

[Signature]
Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

[Signature]
Licda. Katya Eunice Leyton
Analista

A-7.16 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE MERCURIO PARA MUESTRAS RÍO TITIHUAPA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|---|--|--------------------|
| Nombre y dirección del cliente: ADELA ALICIA AURELY PÉREZ AGUIRRE. | | | Pág. 16 de 16 |
| Descripción de muestra: AGUA DE RIO. | | N° DE MUESTRAS: 10 | |
| Lugar de muestreo: RIO TITIHUAPA. DEPARTAMENTO DE CABAÑAS. | | | |
| Fecha de recepción de muestra: 04 DE JULIO/2006 | | Fecha de Análisis: DEL 04 AL 14 DE JULIO/2006. | |
| Método de Análisis: FOTOMÉTRICO. | | | |
| Parámetros | Identificación de La Muestra | Resultados mg/L | Referencia Técnica |
| M E R C U R I O | Río Titihuapa, Desvío El Molino, Ilobasco 40-06P | No detectado | 0.01mg/L* |
| | Río Titihuapa, Cantón Izcatlal, San Isidro 41-06P | | |
| | Río Titihuapa, Poza La Pintada 42-06P | | |
| | Río Titihuapa, Los Indios 43-06P | | |
| | Río Titihuapa, Pte. Titihuapa, Límite Departamental 39-06P | | |
| Observaciones: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> * El muestreo estuvo a cargo del interesado. * *The Water Encyclopedia 2ª Ed., Lewys Publisheers, 1990, USA. For Fritz Vander Leeda, Fred L. Troise, David K. Todd. * Los frascos de las muestras traían cámaras de aire. | | | |

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refiere a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido completamente y con la autorización escrita del laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 27 JUL 2006

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Licda. Odette Randa Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

Licda. Katya Eunice León
Analista

aeñ*

**ANEXO 8: CERTIFICADOS DE LABORATORIO DE LOS ANÁLISIS
MICROBIOLÓGICOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.**

**A-7.0 RECIBO DE PAGO POR ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LAS MUESTRAS
TOMADAS EN EL RÍO TITIHUAPA**

|  | CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO |  | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|-----------------|------------------|----------|------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|----------------|--|-----------------|--|--|
| 162 Aldea Al servicio de la Educación Superior Salvadoreña | Ciudad Universitaria Final 25 Avenida Norte San Salvador, El Salvador | CENSALUD Tel. 225-1500 Ext. 5066 CENSALUD Fax. 225-1500 Ext. 5024 Correo: L.CCM_CENSALUD@hotmail.com | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: <u>4 de Julio de 2006</u> | | | | | | | | | | | | | | | |
| RECIBO DE INGRESO No. <u>21</u> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Por \$ 60.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recibí de <u>AURELY PEREZ AGUIRRE</u> , la cantidad de <u>Sesenta dólares exactos</u> en concepto de <u>CANCELACION</u> por <u>servicio de análisis microbiológico de CINCO</u> <u>MUESTRAS DE AGUA DE RIO.</u> | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Muestra</th> <th style="width: 30%;">Análisis</th> <th style="width: 20%;">Costo Individual</th> <th style="width: 40%;">Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Agua de Río</td> <td style="text-align: center;">12.00</td> <td style="text-align: center;">60.00</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center; border-top: 1px solid black;">\$ 60.00</td> </tr> </tbody> </table> | Muestra | Análisis | Costo Individual | Total | 5 | Agua de Río | 12.00 | 60.00 | | | | \$ 60.00 | | |
| Muestra | Análisis | Costo Individual | Total | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Agua de Río | 12.00 | 60.00 | | | | | | | | | | | | |
| | | | \$ 60.00 | | | | | | | | | | | | |
| Recibido:  | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lic. María Evelyn Sánchez de Ramos Laboratorio de Control de Calidad Microbiológico | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 50%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <td>TOTAL A PAGAR:</td> <td style="text-align: right;">\$ 60.00</td> </tr> <tr> <td>Anticipo :</td> <td style="text-align: right;">\$ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Cancelación:</td> <td style="text-align: right;">\$ 60.00</td> </tr> <tr> <td>Pendiente de Pago:</td> <td style="text-align: right;">\$ 0.00</td> </tr> </table> | | | | TOTAL A PAGAR: | \$ 60.00 | Anticipo : | \$ 0.00 | Cancelación: | \$ 60.00 | Pendiente de Pago: | \$ 0.00 | | | | |
| TOTAL A PAGAR: | \$ 60.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| Anticipo : | \$ 0.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| Cancelación: | \$ 60.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| Pendiente de Pago: | \$ 0.00 | | | | | | | | | | | | | | |

A-8.1 COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y ESCHERICHIA COLI
MUESTRA TI-01



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 225-8826 y 225-8434
Correo: CEN_SALUD_UES@hotmail.com

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: 01 TITHUAPA Código: A-84
 Punto de Muestreo: Desvío El Molino
 Procedencia: Río Titihuapa, Ilobasco.
 Solicitante: Aurely Pérez Fecha de emisión 11-07-06
 Método: Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable (NMP). APHA.
 Fecha de Muestreo: 03-07-06 Hora de Muestreo: 10:00 a.m
 Persona que tomó la muestra: Aurely Pérez

Descripción: Líquido transparente, incoloro, sin olor; contenido en frasco de plástico.

| DETERMINACIÓN | RESULTADOS | ESPECIFICACIONES |
|------------------------------|---------------------------|------------------|
| Bacterias coliformes totales | Mayor de 1,600 NMP/100 mL | ----- |
| Bacterias coliformes fecales | Mayor de 1,600 NMP/100 mL | ----- |
| <i>Escherichia coli</i> | Positiva | ----- |
| | | |
| | | |

NMP: Número más Probable.

OBSERVACIONES:

El informe corresponde a la muestra remitida el 04-07-2006.


Lic. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUÍMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 04-07-06

A-8.2 COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y ESCHERICHIA COLI
MUESTRA TI-02



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador



Telefax No. (503) 225-8826 y 225-8434
Correo: CEN_SALUD_UES@hotmail.com

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: 02 TITIHUAPA Código: A-85
 Punto de Muestreo: Cantón Izcatlal, San Isidro
 Procedencia: Río Titihuapa, Ilobasco.
 Solicitante: Aurely Pérez Fecha de emisión 11-07-06
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable
 Método: (NMP). APHA.
 Fecha de Muestreo: 03-07-06 Hora de Muestreo: 11:30 a.m
 Persona que tomó la muestra: Emerson Iraheta

Descripción: Líquido transparente, incoloro, sin olor; contenido en frasco de plástico.

| DETERMINACIÓN | RESULTADOS | ESPECIFICACIONES |
|---|---------------------------|------------------|
| Bacterias coliformes totales | Mayor de 1,600 NMP/100 mL | ----- |
| Bacterias coliformes fecales | Mayor de 1,600 NMP/100 mL | ----- |
| <i>Escherichia coli</i> | Positiva | ----- |
| | | |
| | | |
| NMP: Número más Probable. | | |
| OBSERVACIONES: | | |
| El informe corresponde a la muestra remitida el 04-07-2006. | | |


 Lic. Amy Elieth Morán Rodríguez
 QUÍMICO-FARMACEUTICA

 CENSALUD

Fecha de análisis: 04-07-06

A-8.3 COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y ESCHERICHIA COLI
MUESTRA TI-03



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 225-8826 y 225-8434
Correo: CEN_SALUD_UES@hotmail.com

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: 03 TITIHUAPA Código: A-86
 Punto de Muestreo: Poza La Pintada
 Procedencia: Río Titihuapa, Ilobasco.
 Solicitante: Aurely Pérez Fecha de emisión 11-07-06
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable
 Método: (NMP). APHA.
 Fecha de Muestreo: 03-07-06 Hora de Muestreo: 1:05 p.m.
 Persona que tomó la muestra: Emerson Iraheta

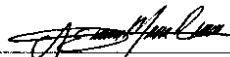
Descripción: Líquido transparente, incoloro, sin olor; contenido en frasco de plástico.

| DETERMINACIÓN | RESULTADOS | ESPECIFICACIONES |
|------------------------------|---------------------------|------------------|
| Bacterias coliformes totales | Mayor de 1,600 NMP/100 mL | ----- |
| Bacterias coliformes fecales | 300 NMP/100 mL | ----- |
| <i>Escherichia coli</i> | Positiva | ----- |
| | | |
| | | |

NMP: Número más Probable.

OBSERVACIONES:

El informe corresponde a la muestra remitida el 04-07-2006.


 Lic. Amy Elieth Morán Rodríguez
 QUÍMICO-FARMACEUTICA
 CENSALUD

Fecha de análisis: 04-07-06

A-8.4 COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y ESCHERICHIA COLI
MUESTRA TI-04



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 225-8826 y 225-8434
Correo: CEN_SALUD_UES@hotmail.com

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: 04 TITIHUAPA Código: A-87
 Punto de Muestreo: Poza de Los Indios
 Procedencia: Río Titihuapa, Ilobasco.
 Solicitante: Aurely Pérez Fecha de emisión 11-07-06
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable
 Método: (NMP). APHA.
 Fecha de Muestreo: 03-07-06 Hora de Muestreo: 1:35 p.m.
 Persona que tomó la muestra: Aurely Pérez


Descripción: Líquido transparente, incoloro, sin olor; contenido en frasco de plástico.

| DETERMINACIÓN | RESULTADOS | ESPECIFICACIONES |
|------------------------------|---------------------------|------------------|
| Bacterias coliformes totales | Mayor de 1,600 NMP/100 mL | ----- |
| Bacterias coliformes fecales | 500 NMP/100 mL | ----- |
| <i>Escherichia coli</i> | Positiva | ----- |
| | | |
| | | |

NMP: Número más Probable.

OBSERVACIONES:

El informe corresponde a la muestra remitida el 04-07-2006.


Lic. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUÍMICO-FARMACEUTICA CENSALUD



Fecha de análisis: 04-07-06

A-8.5 COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y ESCHERICHIA COLI
MUESTRA TI-05



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**



Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Teléfono No. (503) 225-8826 y 225-8434
Correo: CEN_SALUD_UES@hotmail.com

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: 05 TITIHUAPA Código: A-88
 Punto de Muestreo: Puente Titihuapa
 Procedencia: Río Titihuapa, Ilobasco.
 Solicitante: Aurely Pérez Fecha de emisión 11-07-06
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable
 Método: (NMP). APHA.
 Fecha de Muestreo: 03-07-06 Hora de Muestreo: 3:04 p.m.
 Persona que tomó la muestra: Emerson Iraheta

Descripción: Líquido transparente, incoloro, sin olor; contenido en frasco de plástico.

| DETERMINACIÓN | RESULTADOS | ESPECIFICACIONES |
|------------------------------|---------------------------|------------------|
| Bacterias coliformes totales | Mayor de 1,600 NMP/100 mL | ----- |
| Bacterias coliformes fecales | 500 NMP/100 mL | ----- |
| <i>Escherichia coli</i> | Positiva | ----- |
| | | |
| | | |

NMP: Número más Probable.

OBSERVACIONES:

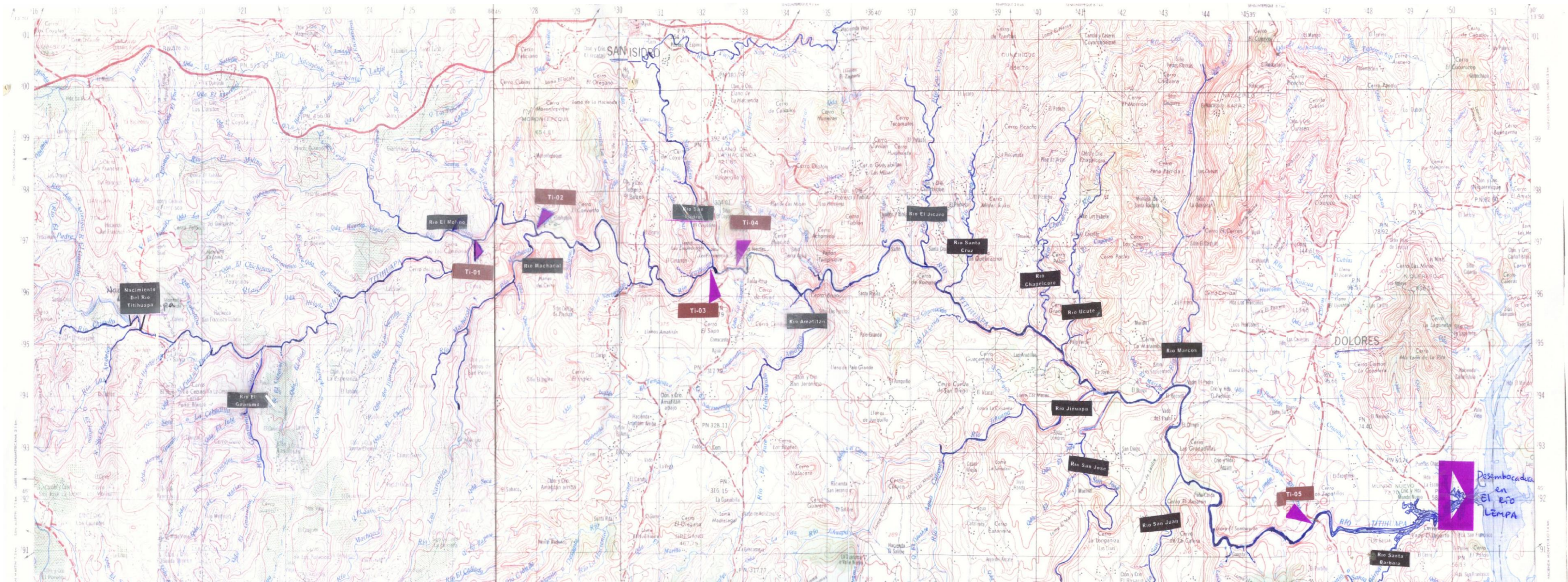
El informe corresponde a la muestra remitida el 04-07-2006.


 Lic. Amy Elbeth Morán Rodríguez
 QUÍMICO-FARMACEÚTICA



Fecha de análisis: 04-07-06

ANEXO 9: PUNTOS FIJO Y VARIABLES DE MONITOREO PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO TITHUAPA.⁷²



⁷² Instituto Geográfico Nacional "Ingeniero Pablo Arnoldo Guzman"; CUADRANTE 2457III: COJUTEPEQUE Y 2457II: RÍO TITHUAPA, 3ª Edición, Mapas preparados por el Ministerio de Obras Publicas en colaboración con el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS), El Salvador, 1983

DE : FUSADES

NO. DE FAX : 22789102

18 MAY. 2006 11:41AM P1

FUSADES**PRESUPUESTO DE ANALISIS**

Laboratorio de Calidad Integral

COTIZACION N° 8022

Antiguo Cuscatlan, 18 de Mayo de 2006

CREDITO FISCAL

TO: ORBELIT PEREZ AGUIRRE/22603918

Tenemos el agrado de cotizarle los siguientes Servicios :

| CANT | CODIGO | SERVICIO | UNITARIO | TOTAL |
|------|--------|-------------------------------------|----------|--------|
| 8 | A003 | Alcalinidad | 1.71 | 13.68 |
| 8 | A004 | Calcio | 2.86 | 22.88 |
| 8 | A005 | Magnesio | 2.86 | 22.88 |
| 8 | A007 | Sodio | 2.86 | 22.88 |
| 8 | A010 | Cloruros | 5.71 | 45.68 |
| 8 | A011 | Nitratos | 6.86 | 54.88 |
| 8 | A012 | Nitritos | 6.86 | 54.88 |
| 8 | A014 | Sólidos Disueltos | 5.71 | 45.68 |
| 8 | A019 | Dureza Total | 10.29 | 82.32 |
| 8 | A022 | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | 28.57 | 228.56 |
| 8 | A024 | Grasa y Aceites | 22.86 | 182.88 |
| 8 | A031 | Cobre | 2.86 | 22.88 |
| 8 | A032 | Zinc | 2.86 | 22.88 |
| 8 | A034 | Nitrógeno | 9.14 | 73.12 |
| 8 | A039 | Arsénico | 34.29 | 274.32 |
| 8 | A041 | Mercurio | 34.29 | 274.32 |
| 8 | A042 | Túrbidez | 1.71 | 13.68 |
| 8 | A068 | Color Aparente | 4.00 | 32.00 |
| 8 | M002 | Coliformes Fecales | 10.29 | 82.32 |
| 8 | Q001 | Venta de Envases Plásticos | 0.69 | 5.52 |

SUMA \$1,578.24**IVA \$205.17****TOTAL \$1,783.41**

Observaciones :

AGUAS RESIDUALES/FORMA DE PAGO: ANTICIPADO, EFECTIVO O CON CHEQUE A NOMBRE DE FUSADES. RECEPCION DE MUESTRAS LOS DIAS MIERCOLES Y JUEVES. VIERNES SOLO POR LA MAÑANA. LOS ENVASES SE LES ENTREGAN EN EL LABORATORIO.

Es un honor contar con su preferencia y esperamos poder servirle

NOTA: Se asegura a nuestros clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el Laboratorio



José Paredes.



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A. de C.V.
Calle San Antonio Abad. Urb. Lisboa N° 35 Telefax: 284-5933,284-0223. ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 18 de Mayo de 200

Ing. Aurely Pérez
OFA 060518-133

Respetable Ing.

Reciba un cordial saludo del personal técnico y Administrativo del Centro de Control de Calidad Industrial S.A. de C.V. (CCCI)

Tenemos el agrado de nuestra mejor oferta con los parámetros solicitados, con el tiempo de entrega y su costo, esperamos que nuestros precios le sean convenientes.

| PARAMETROS | Tiempo de Entrega en días hábiles |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Alcalinidad | 2-3 |
| Calcio | 2-3 |
| Cloruros | 2-3 |
| Cobre | 2-3 |
| Color Aparente | 2-3 |
| Dureza | 2-3 |
| Magnesio | 2-3 |
| Nitratos | 2-3 |
| Nitritos | 2-3 |
| Nitrógeno | 8 |
| Sodio | 2-3 |
| Sólidos Totales Disueltos | 2-3 |
| Coliformes Totales | 4 |
| Coliformes Fecales | 4 |
| DBO | 6 |
| Detergentes | 2 |
| Fenoles | 5 |
| Grasas y Aceites | 8 |
| TOTAL SIN IVA | \$162.08 + IVA |

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos y bajo estrictas normas de confidencialidad para seguridad y tranquilidad de nuestros clientes.

Contamos con servicio de toma y transporte de muestras a nivel nacional, solicite nuestros precios si requiere este servicio.

♦ **CONDICIONES DE PAGO**

Cientes nuevos deberán cancelar al ingresar la muestra
Cientes antiguos pueden cancelar al retirar los resultados.

Esperamos que los servicios ofrecidos llenen sus expectativas y si los acepta, solicitamos envíe la orden de compra o la oferta firmada y sellada de aceptado al telefax (503) 2284-5933, quedamos a su disposición para atenderle en cualquier inquietud al respecto.

Atentamente,
CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V

Por [Firma]
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas
Directora Técnica



P.01

MAY-19-2006 03:29 AM