

“INFORME DE ESTUDIOS SOBRE HUMEDALES EN METAPÁN”

**Convenio para la Investigación Aplicada en
Ciencias e Ingeniería entre UCA y Holcim**

**San Salvador
Marzo - 2012**



“INFORME DE ESTUDIOS SOBRE HUMEDALES EN METAPÁN”

**Convenio para la Investigación Aplicada en
Ciencias e Ingeniería entre UCA y Holcim**

Editores

Dr. Francisco Chávez

Ing. Emerson Martínez



INVESTIGACIONES REALIZADAS

- 1. Diagnóstico ambiental del Lago de Güija con énfasis en la calidad del agua.**
- 2. Monitoreo preliminar de la calidad del agua de los ríos Ostúa, Angue y San José.**
- 3. Caracterización de las aguas residuales vertidas al río San José por la ciudad de Metapán**
- 4. Identificación de fuentes de contaminación y de material sedimentable de la Laguna de Metapán**

ABREVIATURAS

%	Porcentaje.
“	Pulgadas.
cm	Centímetros.
ha	Hectáreas.
kg	Kilo Gramos
km ²	Kilómetros cuadrados.
L	Litros.
m	Metros.
m ³ /d	Metros cúbicos por día.
mg	Miligramos.
mm	Milímetros.
MW	Mega Watts.
mz	Manzanas.
°C	Grados Celsius.
pH	Potencial de hidrógeno.
ppb	Partes por billón.
s	Segundos.

SIGLAS

CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días.
DQO	Demanda Química de Oxígeno.
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación).
OD	Oxígeno Disuelto.
RAMSAR	Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas.
TDS	<i>Total Dissolved Solids (Sólidos Disueltos Totales)</i>
UFC	Unidades Formadoras de Colonia.
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).

GLOSARIO

Término	Definición
Actividades Antropogénicas	Actividades realizadas por el ser humano. Ej.: agricultura, ganadería, etc.
Afluente	Caudal de agua que entra/desemboca a un sitio determinado (río, lago, sistema de tratamiento, etc.)
Aguas Residuales	Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor (río, lago, laguna, etc.).
Aguas Residuales del tipo ordinario	Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres de humanos (servicios sanitarios, lavatorios, lavado de ropa, etc.)
Antrópica	Conjunto de procesos de degradación del relieve y del subsuelo causado por la acción del hombre.
Composta	Abono producido por la fermentación lenta de materias orgánicas como: basuras orgánicas, aserrín, pajas, hojas secas, frutas descompuestas, etc.
Cuenca	Espacio delimitado por las cumbres y ondulaciones geográficas, que recoge el agua de lluvia, la energía solar y que, de acuerdo a las características del suelo, almacena, distribuye y transforma en recursos tanto el agua como la energía.
Erosión	Desagregación, desprendimiento y arrastre de sólidos desde la superficie terrestre por la acción del agua, viento, gravedad, hielo u otro.
Parámetros Fisicoquímicos	Parámetros definidos para medir/cuantificar la calidad ambiental de un cuerpo receptor (río, lago, laguna, etc.) / sustancia.
Fluctuaciones	Variaciones del valor o medida de un parámetro y objeto.
Georeferenciados	Se refiere al posicionamiento con el que se define la localización de un objeto en un sistema de coordenadas determinado. Este proceso es utilizado frecuentemente en los Sistemas de Información Geográfica.
Humedal	Zona de tierras, generalmente planas, en la que la superficie se inunda permanente o intermitentemente. Al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los ecosistemas acuáticos y los terrestres.
Lixiviados	Líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido. El lixiviado generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido que atraviesa.
Minifundio	Terreno/finca rústica de extensión tan reducida que dificulta su explotación.
Salubridad	Sanidad, estado de la salud pública.
Sistemas Silvopastoriles	Sistema de producción ganadera, donde los árboles y/o arbustos, se combinan, interactúan y relacionan con los pastos y animales, todo ello bajo un sistema de manejo integral.
Turbidez	Medida de la no transparencia del agua debida a la presencia de materia orgánica suspendida.
Tratamiento de aguas residuales y desechos	Serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

CONTENIDO

INVESTIGACIÓN 1: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL LAGO DE GÜIJA CON ÉNFASIS EN LA CALIDAD DEL AGUA

1.1 Generalidades

1.2 Objetivos

1.3 Metodología

1.4 Diagnóstico

1.5 Marco Teórico para la identificación de presiones

1.6 Presiones Identificadas

1.7 Lago de Güija

1.8 Conclusiones

INVESTIGACIÓN 2: MONITOREO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS OSTÚA, ANGUE Y SAN JOSÉ

2.1 Generalidades

2.2 Objetivos

2.3 Delimitación de los puntos de muestreo

2.4 Metodología de Medición

2.5 Resultados

2.6 Análisis de los Resultados

2.7 Conclusiones

INVESTIGACIÓN 3: RESULTADO DEL MONITOREO DE LAS AGUAS RESIDUALES VERTIDAS AL RÍO SAN JOSÉ POR LA CIUDAD DE METAPÁN

3.1 Generalidades

3.2 Objetivos

3.3 Identificación de los sitios de Descarga

3.4 Metodología de medición

3.5 Resultados

3.6 Análisis de Resultados

3.7 Conclusiones

INVESTIGACIÓN 4: IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y DE MATERIAL SEDIMENTABLE DE LA LAGUNA DE METAPÁN

4.1 Generalidades

4.2 Objetivos	44
4.3 Delimitación de la zona de estudio: Laguna de Metapán	44
4.4 Identificación de las fuentes de contaminación	45
4.5 Evaluación del nivel de erosión de la zona de estudio	48
4.6 Determinación de la calidad del agua de la Laguna de Metapán	49
4.7 Análisis de Resultados	52
4.8 Conclusiones	55
Referencias	56



Mensaje de Holcim El Salvador

Conscientes de la necesidad de proteger el Medio Ambiente y de la necesidad de acercamiento mutuo con el Sector Académico del país para consolidar vínculos académicos culturales, Holcim El Salvador, firma el 6 de Julio de 2007, un **CONVENIO A LA INVESTIGACIÓN APLICADA EN CIENCIAS E INGENIERÍA**, con la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, UCA, al igual como lo ha realizado con otras instituciones.

El objetivo primordial fue realizar un Diagnóstico de los Humedales de Metapán, con su posterior monitoreo preliminar sobre la calidad del agua en los ríos Ostúa, Angue y San José.

Posteriormente se vio la necesidad de llevar un monitoreo de la calidad del agua en el río San José a causa del fuerte impacto ambiental que las aguas residuales de Metapán hacen al río, como son: el consumo del oxígeno debido a la fuerte descarga de material orgánico, la contaminación con patógenos, el mal olor que genera y que no coadyuva al crecimiento del turismo en la zona, el posterior daño a la laguna de Metapán por el fenómeno de eutroficación (generación de nutrientes que permiten la formación del lirio acuático sobre la superficie del lago), el efecto secundario sobre la vida acuática por reducción del nivel de oxigenación del lago, etc.

Esto dio origen a presentar un informe a las Autoridades del país en 2009, en esta oportunidad se invitó al Ministerio del Medio Ambiente y otras autoridades importantes, para entregar los informes generados, y a la vez invitar a varios sectores del país a unirse y conformar un Comité Inter-Institucional, para trabajar en el Proyecto de Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Metapán, Comité que integra a Instituciones como la Alcaldía Municipal de Metapán, el Plan Trifinio, ANDA, UCA, FISDL y Holcim El Salvador. El proyecto sigue en pie y se espera de igual manera otros actores no menos importantes como USAID, para lograr el objetivo deseado.

Actualmente continuamos con la UCA en investigaciones que darán apoyo a las nuevas generaciones de estudiantes así como también, el acercamiento entre el sector Académico e Industrial, cuyo fruto veremos como un valioso aporte para la Educación y desarrollo económico de los pueblos. Creemos que la Cultura une a los pueblos y los vuelve prósperos y humanistas.

Es para Holcim El Salvador, de gran orgullo, el presentar este documento de investigación de una forma sencilla y clara, como un aporte más a nuestra querida Ciudad de Metapán.

Marzo de 2012

Ricardo Antonio Chávez Caparrosa
Director Ejecutivo, Holcim El Salvador





PRESENTACIÓN

*El 6 de Julio del 2007 se firmó entre Cementos de El Salvador (CESSA/HOLCIM) y la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA) un **“CONVENIO DE DONACIÓN PARA APOYO A LA INVESTIGACIÓN APLICADA EN CIENCIAS E INGENIERÍA”** por el cual la empresa se comprometía a crear un fondo anual para apoyar investigaciones aplicadas en el área de las Ciencias Naturales y las Ingenierías, “reconociendo que el apoyo y el fomento a la investigación científica y tecnológica en el país representa una pieza clave para alcanzar un desarrollo económico, social, ambiental y cultural sostenible”.*

Anteriormente a la firma del Convenio, la UCA ya había trabajado con CESSA/HOLCIM en otros proyectos. Sin embargo, la firma del convenio representa un mayor nivel de vinculación Universidad – Empresa como elemento necesario en la generación, transferencia y aplicación de conocimiento.

*De hecho, el objetivo del convenio se planteó como **“identificar proyectos de investigación, necesidades de capacitación, servicios de laboratorio y otros propios de una universidad, que la UCA y CESSA puedan promover, apoyar y desarrollar a través de una eficaz comunicación entre el personal académico en cualquiera de sus ramas, y el personal técnico y administrativo de la empresa”**.*

Para el cumplimiento del objetivo expresado, el convenio establecía que cada una de las partes nombrará un coordinador, quienes en forma conjunta evaluarían las propuestas de investigación, seleccionarían las que serán apoyadas con los fondos donados y supervisarían los resultados de las investigaciones.

Como coordinador de parte de HOLCIM se nombró al Ing. Luis Mariano Herrera, Gerente Corporativo de Medio Ambiente de HOLCIM El Salvador, mientras que la UCA nombró como Coordinador el Dr. Francisco Chávez, Jefe del Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales.

*La primera propuesta aprobada por los Coordinadores, en Julio del 2007, fue la investigación denominada **“Elaboración de un diagnóstico ambiental del Lago de Güija con énfasis en la calidad del agua”**. La aprobación de esta primera propuesta se sustentó en la importancia del Lago de Güija como parte del complejo lagunar, que fue reconocido como sitio RAMSAR a finales del 2010, de su importancia como parte de la Cuenca del Río Lempa, y porque además se encuentra ubicado en la zona de influencia de la planta de producción de HOLCIM.*

La realización de esta primera investigación estuvo a cargo del Ing. Ricardo Calles, profesor del Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambiental y de la Maestría en Gestión Ambiental de la UCA, apoyado por Carlos Martínez y Stephanie Romero, estudiantes de Ingeniería Química.

Con esta investigación, que incluyó una investigación bibliográfica en diferentes fuentes de Guatemala y El Salvador, visitas de campo para verificación en sitios relevantes, tomas de muestra y mediciones seleccionadas, identificación y entrevistas de actores claves y el análisis y procesamiento de la información existente, se pretendía identificar y caracterizar, cuantitativa y cualitativamente, los factores de presión sobre la calidad del agua del Lago de Güija, sobre todo aquellos relacionados con las actividades humanas, para propiciar un mejor conocimiento entre los factores de presión y la calidad de las aguas del Lago de Güija en la búsqueda de propuestas para su protección y conservación.

El reporte final de esta investigación fue presentado en Enero del 2008, y en él se proponen una serie de líneas de acción sobre ejes temáticos importantes para la gestión ambiental en la cuenca del Lago. Por ejemplo, en el eje **denominado “Protección de fuentes de agua y áreas de recarga hídrica”** se incluía una acción para “apoyar iniciativas de investigación que proporcionen información sobre el estado y tendencias del recurso a fin de tomar medidas pertinentes de protección.”

Es en este sentido que, en el marco del convenio HOLCIM-UCA, la segunda investigación aprobada fue la denominada **“Monitoreo preliminar de la calidad del agua del Río Ostúa y Angue al Lago de Güija y del Río San José a la Laguna de Metapán”**.

La aprobación de esta segunda investigación, en Marzo del 2008, se justificaba por el hecho de que siendo los afluentes del Lago de Güija, Río Ostúa y Río Angue, dos de las fuentes potenciales de contaminantes, no habían reportes de la calidad de las aguas descargada por ambos ríos.

Por otra parte, la Laguna de Metapán, parte del complejo lagunar Güija, ve alterada su calidad en gran parte por el Río San José, que desemboca en la Laguna después de recibir las aguas residuales crudas de la ciudad de Metapán. El monitoreo preliminar de la calidad de estas descargas es una información básica e importante para establecer el comportamiento de las cargas contaminantes con el fin de establecer estrategias y planes de monitoreo, prevención y control de la contaminación en ambos cuerpos de agua.

Esta segunda investigación fue coordinada por el Ing. Carlos Cañas, profesor del Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales y Director de la Maestría en Gestión del Medio Ambiente, apoyado por la Ing. Jacqueline Cativo, profesora del Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas y por los estudiantes de Ingeniería Química, Carlos Martínez, Guillermo Jerez y Selma Gill.

En el reporte final de esta investigación, presentado en Mayo del 2009, se incluyen las mediciones de los parámetros fisicoquímicos que se llevaron a cabo entre Abril del 2008 y Febrero del 2009 en los tres ríos. **De estos resultados se concluyó, que en general, para cualquier uso, el Río San José es que muestra el porcentaje de muestras que menos cumplen los criterios de los usos analizados.**

La tendencia de estos resultados eran bastante claros desde las primeras mediciones, por lo que conociendo que una de las fuentes de contaminación del Río San José son las aguas

residuales de la Ciudad de Metapán, se aprobó una tercera investigación de corta duración que se denominó **“Caracterización de las aguas residuales vertidas al Río San José por la ciudad de Metapán”** realizada por el mismo equipo de trabajo por un período de 12 horas. El informe de esta investigación también fue presentado en Mayo del 2009.

Durante el resto del año 2009 y la mitad del 2010, los resultados de estas investigaciones fueron presentados en varios eventos e instancias en donde se reflexionaba sobre los resultados y sobre acciones a seguir para la instalación y puesta en marcha de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Metapán.

En Mayo del 2010 se aprueba una cuarta investigación denominada **“Identificación de fuentes de contaminación y de material sedimentable de la Laguna de Metapán”** que incluía mediciones mensuales de parámetros de calidad del agua de la Laguna. Supuesta a iniciarse en Junio del 2010, esta investigación fue diferida para iniciarse en Enero del 2011, principalmente por las características de la época de lluvias del 2010 que impidieron comenzar en la fecha prevista.

Reiniciada en Enero del 2011, la investigación es realizada por el Ing. Carlos Cañas, la Ingeniero Jacqueline Cativo, el Lic. Salvador Solórzano, profesor del Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales, y por los egresados de Ingeniería Química Carlos Martínez y Wendy Rodríguez. Los resultados de esta investigación fueron presentados en Octubre del 2011.

Esta publicación incluye en forma resumida los datos, la información y las conclusiones más relevantes de las cuatro investigaciones antes descritas. Indudablemente el conocimiento generado en estas investigaciones puede contribuir a tomar decisiones de acción sobre las problemáticas investigadas y ha significado un esfuerzo significativo y sistemático del grupo de investigadores que las ha realizado. También se debe reconocer que el trabajo realizado no hubiese sido posible sin la colaboración de las personas de la zona que colaboraron apoyando a los investigadores, entre los que hay que destacar a los técnicos de la Unidad Ambiental de la Municipalidad de Metapán, por lo que esperamos que su contenido sea de especial utilidad para la población de este municipio.

Dr. Francisco Chávez
Coordinador del Convenio por la UCA





INVESTIGACIÓN 1

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL LAGO DE GÜIJA CON ENFÁSIS EN LA CALIDAD DEL AGUA

Grupo de Investigación:

Ing. Ricardo Calles (Coordinador)

Carlos Martínez

Stephanie Romero

Julio - 2007



1.1 Generalidades

El Lago de Güija se ubica en el extremo noroeste del país compartido con la república de Guatemala, El Salvador (como se muestra en la figura 1.1), posee una superficie de 32.2 km² de un total de 42 km² de extensión. Por su importancia como humedal, el complejo lagunar que incluye además la Laguna de Metapán y otras más pequeñas, fue propuesto por El Salvador y Guatemala como sitio RAMSAR y aceptado como tal el 16 de Diciembre de 2010, y el quinto en El Salvador.

El nivel del agua del Lago de Güija experimenta fluctuaciones de carácter estacional, formando zonas de tierras fluctuantes que son utilizadas por las comunidades aledañas para la agricultura, pastoreo y turismo, es la principal fuente de abastecimiento de agua en la zona que es utilizada para el consumo humano, animal y la producción agrícola. Durante la época de crecida también se

utiliza en la producción de energía eléctrica (18MW) en la represa el Guajoyo que funciona desde 1963.

El lago se enmarca en al Área de Conservación Trifinio (Guatemala, El Salvador y Honduras), mediante el esfuerzo de la cooperación internacional e instituciones gubernamentales, se pretende construir sinergias que conlleven al uso, conservación y protección racional de los recursos naturales, la producción sostenible agrícola y pesquera, y el desarrollo de nuevas alternativas económicas que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la cuenca.

Los principales afluentes del Lago son: Río Angue que sirve de línea divisoria entre Guatemala y El Salvador y el Río Ostúa que nace en el departamento de Jutiapa, y cuyas subcuencas constituyen alrededor del 80% del Lago. El desagüe natural del Lago es el Río El Desagüe.



Figura 1.1 Ubicación geográfica del Lago de Güija.

Indudablemente el Lago Güija constituye uno de los humedales más importantes para el país y además forma parte de la Cuenca del Río Lempa que es de importancia vital para El Salvador. Debido a esto se justifica la necesidad de realizar un diagnóstico de la calidad de sus aguas y de los factores de presión sobre ella, que incluya un Plan de Monitoreo permanente de la calidad fisicoquímica de las mismas.

1.2 Objetivos

General

- Realizar un Diagnóstico Ambiental con énfasis en la calidad del agua en el Lago de Güija, que conlleve a un criterio para la toma de decisiones respecto a su protección y conservación.

Específicos

- Identificar y caracterizar, cuantitativa y cualitativamente, los factores de presión sobre la calidad del agua del Lago de Güija, sobre todo aquellos relacionados con las actividades humanas.
- Establecer una línea base de un Índice de la Calidad Ambiental del agua del Lago de Güija

definido en base a parámetros relacionados con las características de los factores de presión y a sus usos.

- Propiciar un mejor conocimiento entre los factores de presión y la calidad de las aguas del Lago de Güija para la formulación de propuestas para su protección y conservación.

1.3 Metodología

Marco de Referencia de Presión - Estado - Respuesta (PER)

Este marco de referencia PER únicamente establece que las actividades humanas ejercen **presiones** (tales como emisiones contaminantes o cambios en el uso de la tierra) sobre el medio ambiente, las cuales pueden inducir cambios en el **estado** del medio ambiente (por ejemplo, variaciones en los niveles de contaminación del ambiente, diversidad de hábitat, flujos de agua, etc.). La sociedad entonces **responde** a las alteraciones en las presiones o estado con políticas económicas y medioambientales y programas oportunos para prevenir, reducir o mitigar presiones y / o daños medioambientales. El marco PER se ilustra en la figura 1.2.

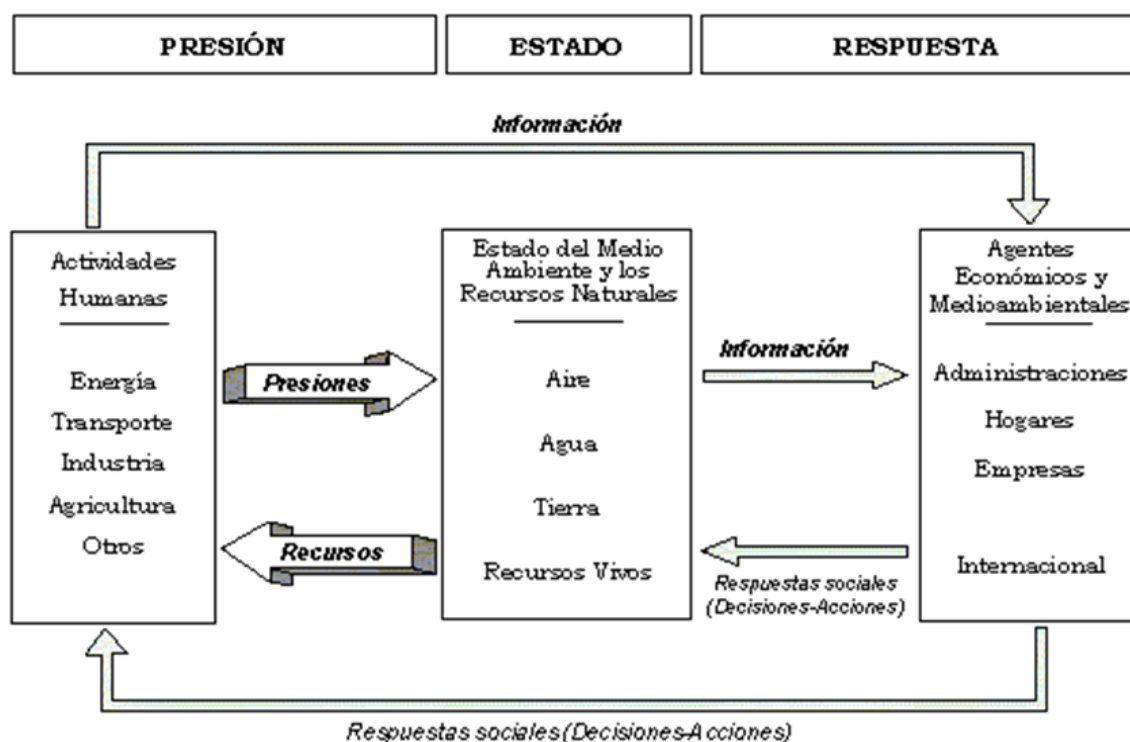


Figura 1.2. Diagrama Conceptual del sistema Presión - Estado - Respuesta.

1.4 Diagnóstico

La realización del Diagnóstico se ha realizado sobre la base de **la información disponible** acerca de aspectos relevantes en la cuenca del Lago de Güija particularmente sobre aspectos como:

Delimitación geográfica de la cuenca del Lago de Güija

Es una zona semiárida de clima seco con ocurrencia de lahares; la pluviosidad es de 800 a

1,100 mm anuales con lluvias de mayo a octubre y temperatura promedio anual de 24 a 26°C. En la zona acuífera compartida por ambos países habitan aproximadamente 500,000 habitantes, existiendo conexión hidráulica, entre ríos, lagos y acuíferos, siendo las principales subcuencas: Angue, Ostúa, Cusmapa y San José (ilustradas en la figura 1.3).

En la tabla 1.1 se presenta la información relevante acerca de la cuenca del Lago de Güija especificándose los criterios que cumple para ser una humedal de importancia nacional.

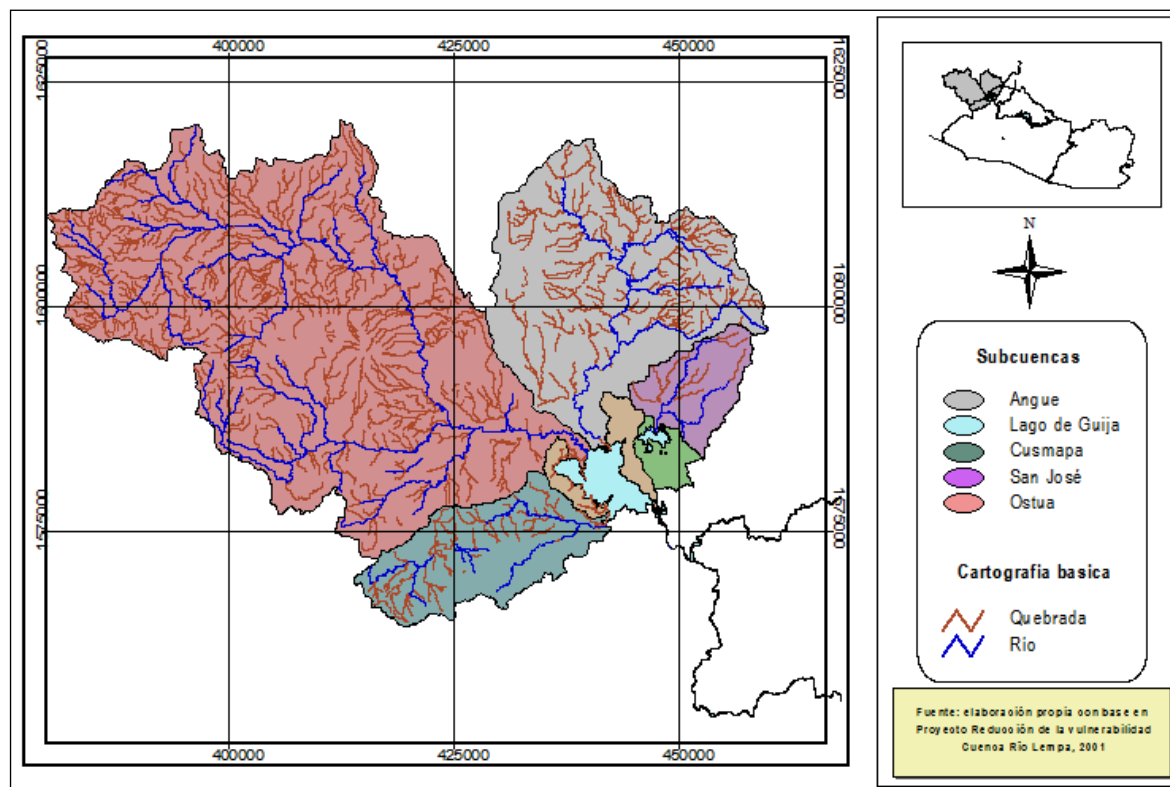


Figura 1.3 Delimitación geográfica de la cuenca del Lago de Güija.

Tabla 1.1. Características relevantes de la cuenca del Lago de Güija.

Ubicación	Superficie del Humedal	Altitud	Región Hidrográfica	Ecorregiones	Tipos de hábitat
Municipios de Metapán y San Antonio Pajonal	3,283.34 ha	420 msnm	Clase "A" Río Lempa	Bosques secos tropicales	T: Lagos no cratéricos L: Pantanos y pastizales inundables
Especies de flora típica	Valores Culturales		Criterios que cumple para ser un humedal de importancia nacional		
<i>Eichhornia crassipes</i> : planta hidrófila dominante	Posee un asentamiento histórico prehispánico (años 600 - 1525 d.C.) ubicado en las orillas de lago en la península de Igualtepec.		Humedal representativo o único: alto.		
			Biodiversidad (especies amenazadas): alto.		
			Servicios ambientales importantes: alto.		

1.5 Marco Teórico para la identificación de presiones

La Convención sobre los Humedales (RAMSAR, Irán, 1971) ha elaborado un marco conceptual para evaluar el riesgo de las presiones en humedales a fin de ayudar a predecir y evaluar el cambio en las características ecológicas de los humedales.

Entre las causas de cambio desfavorables en las características ecológicas de un humedal pueden considerarse bajo tres grandes categorías: **biológico**, **químico** y **físico**, de este modo se presentan las siguientes:

- 📊 Cambios en el régimen hídrico.
- 📊 Contaminación de las aguas.
- 📊 Modificación física.
- 📊 Explotación de productos biológicos.
- 📊 Introducción de especies exóticas.

Evaluación del riesgo en humedales

Para garantizar la aplicación acertada de indicadores de alerta temprana, es esencial que los procesos de seleccionar, evaluar, analizar y tomar decisiones en las respuestas de los indicadores formen parte de un marco de evaluación estructurado pero flexible. En el contexto de la Convención de RAMSAR, se recomienda un marco de evaluación de riesgos ecológicos modificado, denominado **“Evaluación del riesgo en humedales”**.

La finalidad de este marco es señalar de forma esquemática cómo ésta evaluación puede servir de vehículo impulsor del proceso de predecir y evaluar el cambio en las características ecológicas, con especial énfasis en la aplicación de técnicas de alerta temprana. Se presenta en la figura 1.4 un modelo básico para la evaluación del riesgo de humedales

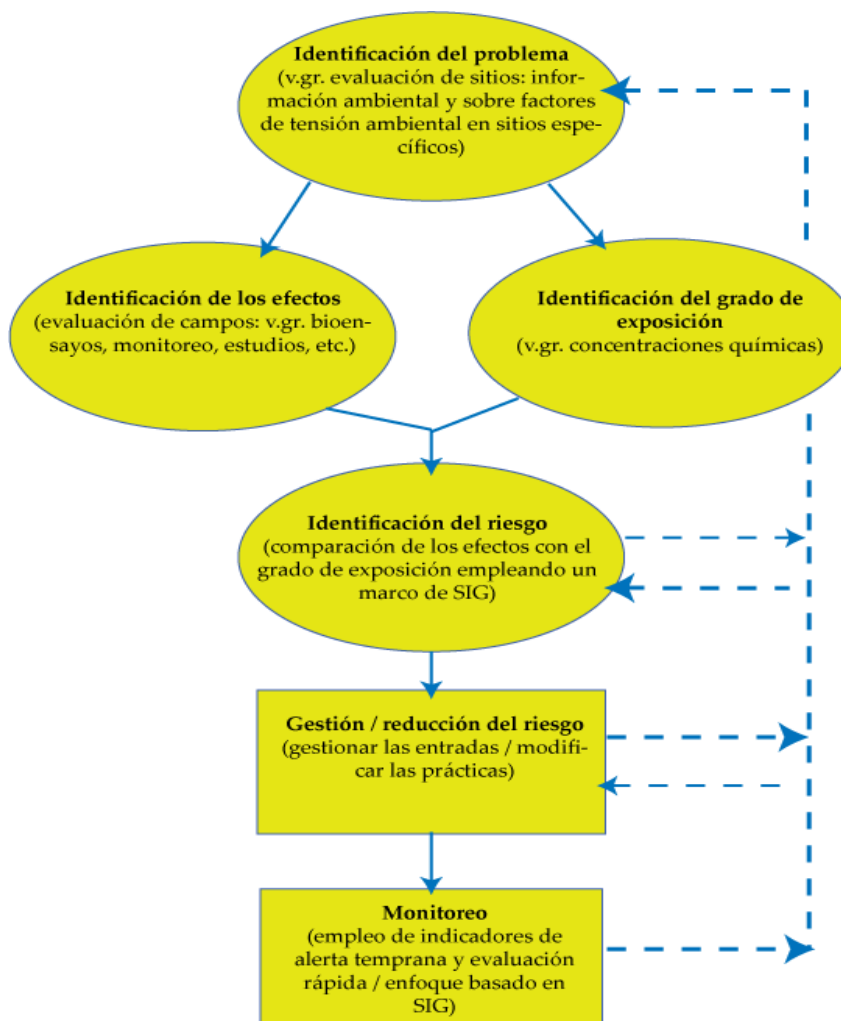


Figura 1.4. Modelo propuesto para la evaluación del riesgo en los humedales.

1.6 Presiones Identificadas

A continuación se detallan las diferentes presiones identificadas, realizando una clasificación por subcuenca identificada.

SUBCUENCA ANGUE

Se encuentra conformada por los municipios de: Concepción Las Minas, Guatemala, y Metapán, con una extensión de 19.95 km² en la parte salvadoreña, ilustrada en la figura 1.5.

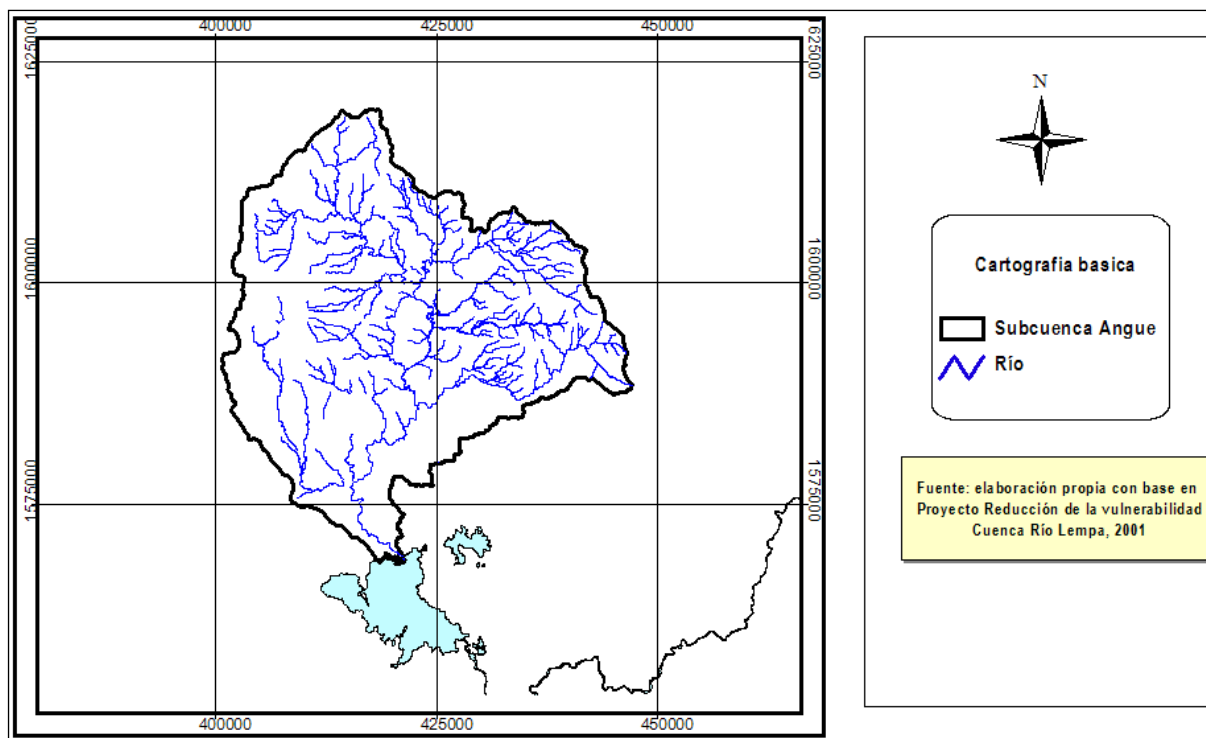


Figura 1.5. Subcuenca Angue.

Los tipos de suelos del área de la subcuenca Angue, según la FAO, se dividen en los siguientes:

Litsoles: ocupan la mayor parte de la subcuenca, constituye generalmente una capa endurecida muy similar a la roca.

Regosoles: son suelos jóvenes y sin desarrollar que se asocian generalmente a rocas blandas.

Latosoles arcillosos rojizos: En los relieves menos escarpados se presentan este tipo de

suelos, se caracteriza por su color rojo, algunas veces tendiendo a amarillo o color café en función del tipo y grado de oxidación de los minerales de hierro y textura franco arcillosa.

Mediante el Sistema Americano (USDA) de clasificación agrologico (tipo y uso del suelo), se ha clasificado a la subcuenca Angue según la tabla 1.2, adaptando el método del sistema en cuestión a las necesidades y características propias de nuestro país

Tabla 1.2. Clasificación agrologica de la subcuenca Angue.

Capacidad	Clasificación	Perímetro (m)	Hectáreas	Porcentaje
Producción Forestal	Tipo VI	16,213.64	92.46	4.63%
Uso Forestal	Tipo VII	26,695.15	1,062.99	53.28%
Protección	Tipo VIII	27,077.56	839.78	42.09%
Total		69,986.35	1,995.23	100%

En todo el perfil de la cuenca el cultivo principal lo constituyen los granos básicos, los cuales se desarrollan sobre áreas de ladera, con pendientes que van de moderadas a fuertes. Se presenta en la tabla 1.3 y 1.4 los diferentes usos e intensidades

de uso de la subcuenca Angue, así como en las figuras 1.6 y 1.7 la representación gráfica de las mismas. El área con mayor uso agrícola se localiza al oeste de la subcuenca y representa el 17.82% (335.49 ha) de la subcuenca.

Tabla 1.3. Uso actual de la tierra en la subcuenca Angue.

Uso actual	Perímetro (m)	Hectáreas	Porcentaje
Bosque Conífera	33,469,28	405,4	20.32 %
Bosque Latifoliado	6,361,59	168,78	8,46%
Cultivos Permanentes	4,334,74	8,69	0,44%
Uso Agrícola	15,484,57	355,49	17,82%
Vegetación Arbustiva	36,102,12	1,056,86	52,97%
Total	69,986,35	1995,23	100%

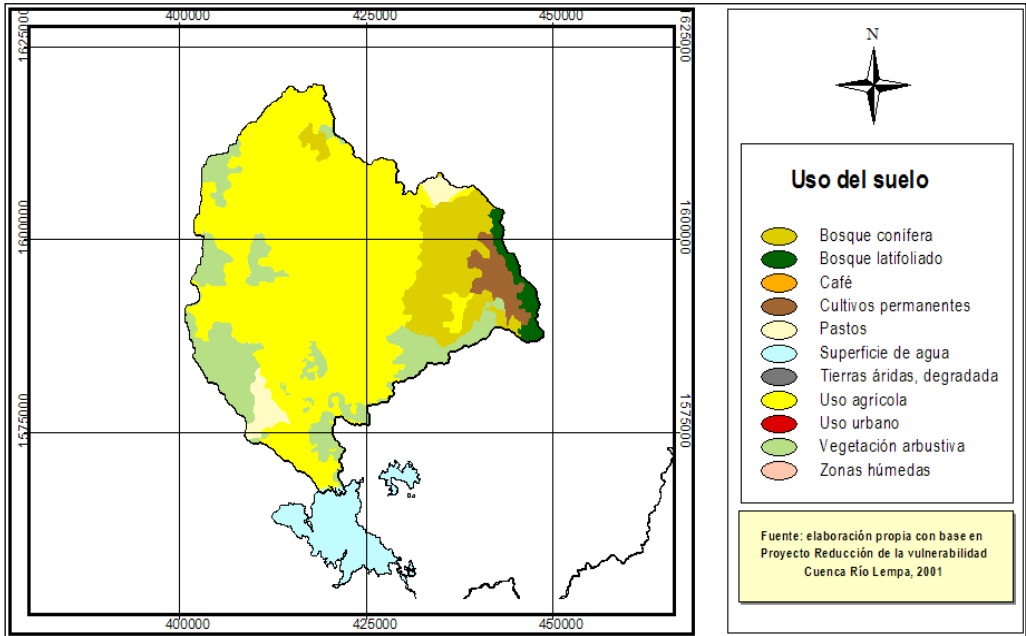


Figura 1.6. Uso actual del suelo, subcuenca Angue, 2001.

Tabla 1.4. Nivel de intensidad del uso del suelo perteneciente a la subcuenca Angue.

Intensidad	Perímetro (m)	Hectárea	Porcentaje
Sobre uso	19,819.09	364.18	18.25%
Sub uso	44,292.44	1,125.10	56.39%
Uso correcto	33,438.12	505.95	25.36%
Total	97,549.65	1,995.23	100%

Al relacionar el mapa de uso actual (figura 1.6) con el de intensidad de uso del suelo (figura 1.7) puede observarse que la mayor parte del área de la subcuenca, no está utilizándose adecuadamente, lo cual representa una extensión de 1,125.10 ha (56.39%). Las áreas con sobre uso se encuentran

en la parte baja o valle de la subcuenca, al oeste de la misma. El área que esta utilizándose adecuadamente, se encuentra en la región alta, que incluye las áreas que presentan cobertura de coníferas o bosque de *Pinus oocarpa* de mediana y baja productividad.

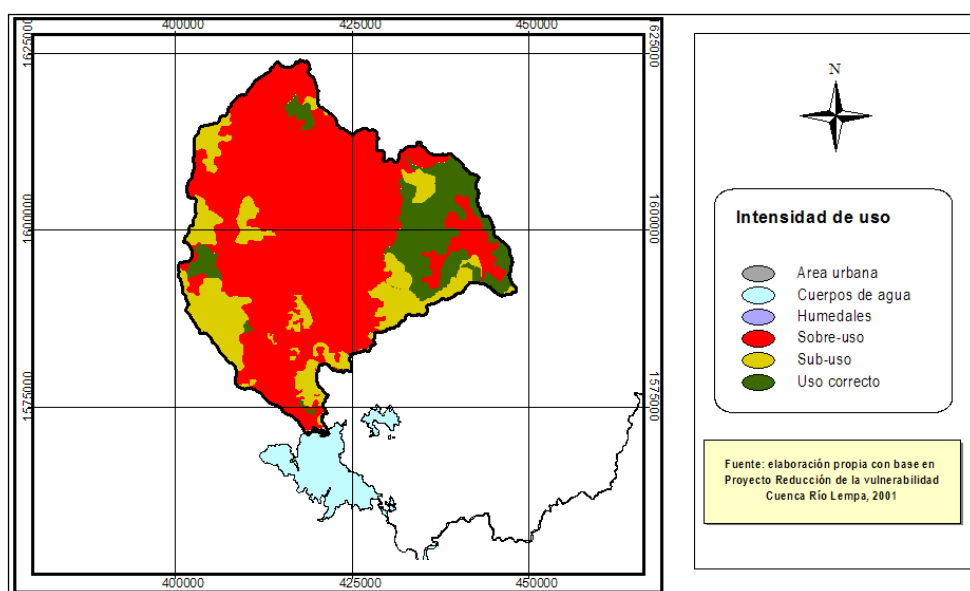


Figura 1.7. Intensidad de uso del suelo, subcuenca Angue, 2001.

La red de drenaje principal está conformada por las corrientes especificadas en la tabla 1.5, presentándose el nombre y longitud de cada uno de los drenajes naturales identificados.

Tabla 1.5. Ríos de la subcuenca Angue.

Nombre	Longitud (m)
Quebrada de los Cedros	287.37
Quebrada Injerto o Negro	8,328
Río Anguiatú	5,582.52
Río Brujo Frío o Negro	2,714.68
Río Grande	7,023

La calidad natural de las aguas superficiales de gran parte de la subcuenca se encuentra contaminada, principalmente por las descargas de las poblaciones aledañas, tanto del territorio salvadoreño como guatemalteco. En el caso de las aguas subterráneas son de buena calidad, por lo que son utilizadas para el consumo humano, sin embargo, debido a la deforestación de la parte media y baja de la subcuenca, ha provocado la disminución de la recarga de los mantos acuíferos en la misma.

El déficit de agua potable en la subcuenca es un serio problema, éste proceso se ha acelerado por:

- ✚ **La deforestación**
- ✚ **El avance de la frontera agrícola**
- ✚ **La extracción de productos del bosque.**

Las comunidades más afectadas, son las pertenecientes al cantón Mal Paso (parte baja de la subcuenca), donde los sistemas de agua entubada domiciliar prácticamente no existen, para abastecerse, la población afectada recurre a las quebradas, nacimientos o al río Anguiatú, sin embargo la mayoría de las mismas, en especial el río Anguiatú, presenta serios problemas en su calidad bacteriológica.

SUBCUENCA CUSMAPA

La Subcuenca Cusmapa se conoce como Binacional por actuar como límite natural entre las repúblicas de Guatemala y El Salvador como se ilustra en la figura 1.8.

La Subcuenca para el área de Guatemala posee 11 comunidades en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa y en el área de El Salvador, cuenta con 3 cantones, para el municipio de San Antonio Pajonal y 6 cantones en el municipio de Santiago de la Frontera en el departamento de Santa Ana con una extensión territorial de 53.77 km².

“La deforestación es una presión identificada dentro del territorio de la subcuenca Angue.”

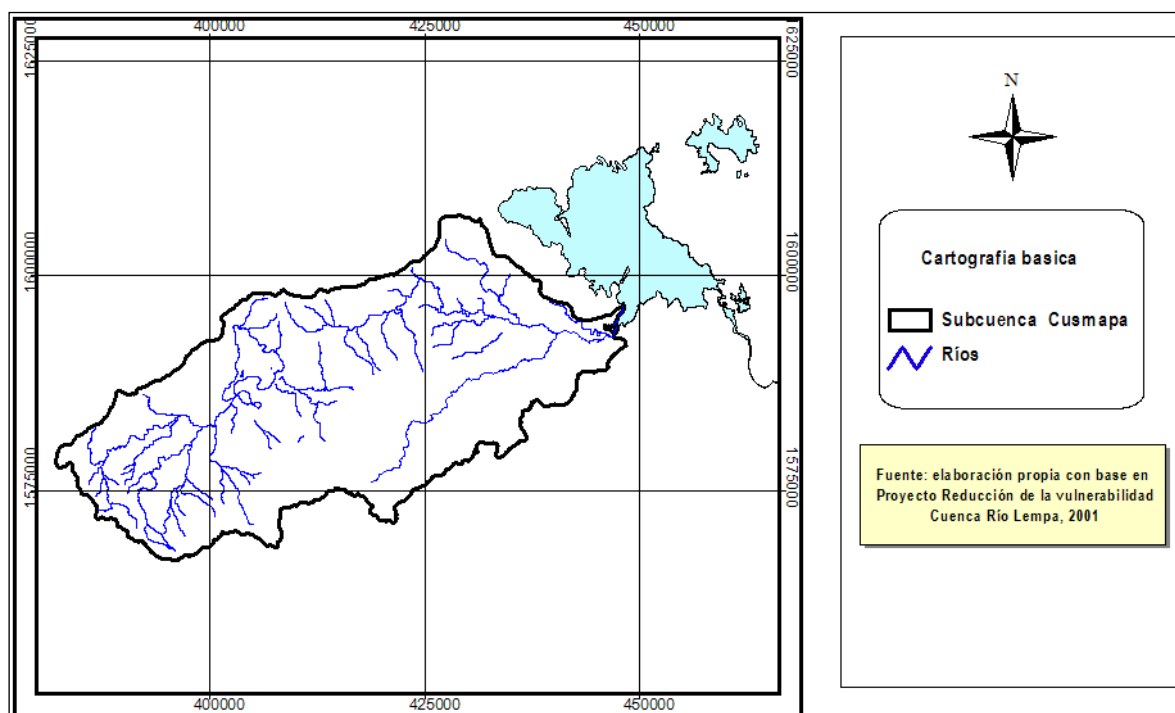


Figura 1.8. Subcuenca Cusmapa.

La mayoría de sus suelos presentan características aptas para la producción agrícola, a la vez que son suelos poco profundos sobre rocas y pendientes suaves, siendo necesaria para su explotación la aplicación de riegos artificiales, productos agroquímicos, etc. Dichos suelos son:

- **Andosoles**
- **Latosoles arcillo rojizos**
- **Litosoles.**

Entre las principales causas de su formación, la erosión es quizás el factor más importante y, sin duda, el que condiciona un remozamiento casi continuo de los materiales superficiales.

Especificándose en la tabla 1.6 la capacidad de uso de la tierra de la subcuenca Cusmapa.

Tabla 1.6. Capacidad de uso de la tierra, subcuenca Cusmapa.

Uso apto del terreno	Perímetro (m)	Hectárea	Porcentaje
Medianas Limitaciones para cultivar	12,069.25	221.51	4.12%
Pasto o cultivos permanentes	36,350.44	908.55	16.90%
Apto para producción forestal	10,101.88	130.24	2.42%
Uso Forestal	66,271.76	3,561.99	66%
Protección	12,851.56	554.75	10.32%
Total	137,644.89	5,377.05	100%

La información del sobre uso actual del suelo se detalla en la tabla 1.7 y en el mapa de las figura 1.9 y 1.10 a partir de la cual, en contraste con el uso apto del terreno, se desprende que existe una fuerte presión por el conflicto en el uso del suelo, ya que un **52%** del suelo en la subcuenca se encuentra en **“sobre uso”**.

Tabla 1.7. Intensidad de uso del suelo, subcuenca Cusmapa.

Intensidad	Hectárea	Porcentaje
Sobre uso	130	52 %
Sub uso	77	31 %
Uso correcto	42	17 %
Total	250	100 %

“La Erosión y el Sobre uso del Suelo son presiones identificadas en la cuenca Cusmapa”

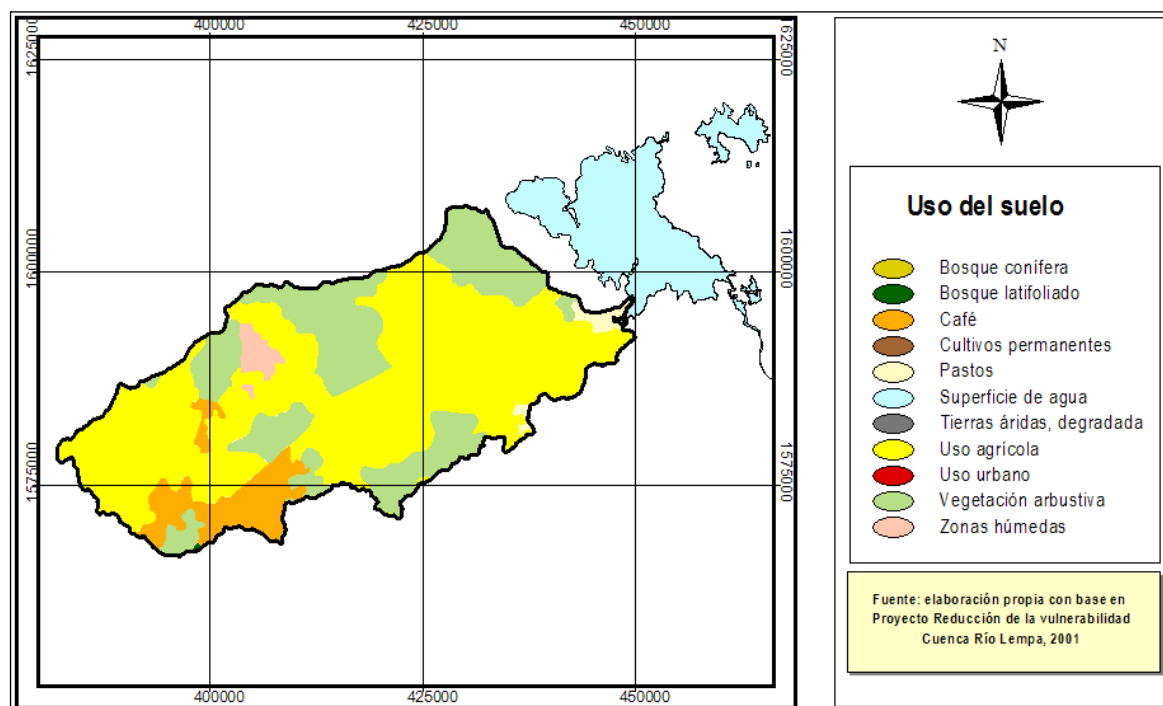


Figura 1.9. Uso actual del suelo, subcuenca Cusmapa, 2001.

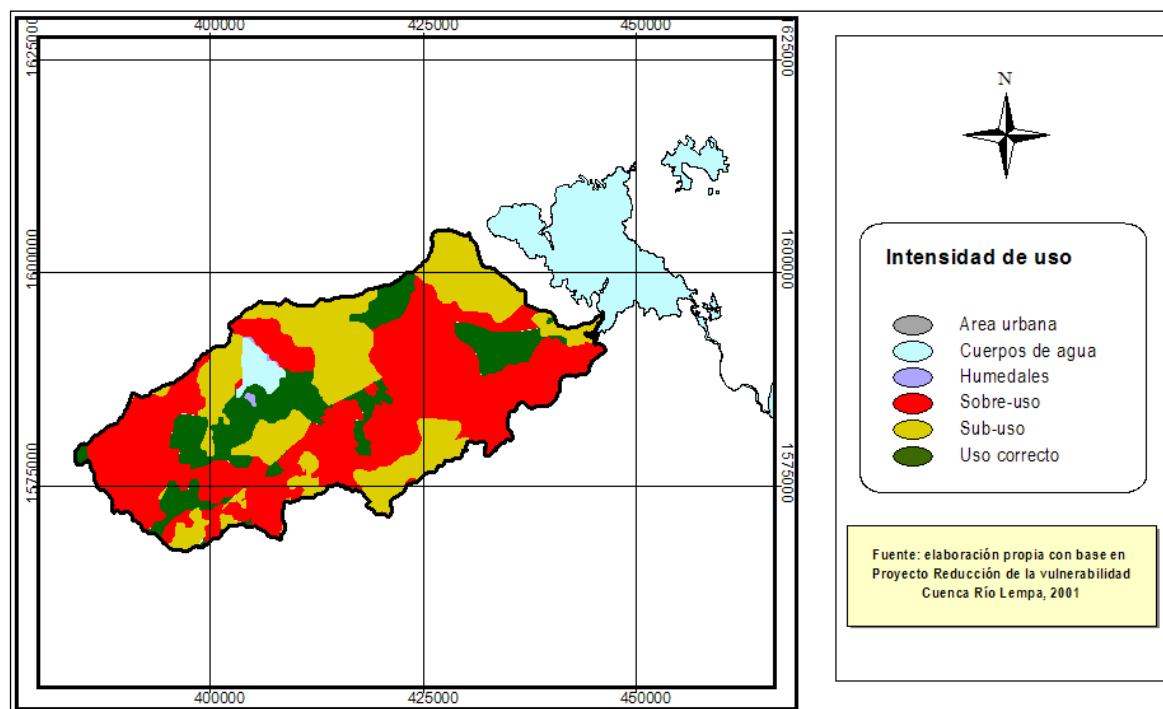


Figura 1.10. Intensidad en el uso del suelo, subcuenca Cusmapa, 2001.

SUBCUENCA SAN JOSÉ INGENIO

Se ilustra en la figura 1.11, la subcuenca San José Ingenio y una de las presiones identificadas es:

La Industria Minera: Los minerales más importantes existentes en este distrito son de

cobre, hierro, plomo, zinc, plata, jaspe y oro. Se distinguen tres minas principales en el distrito: **San Casimiro, San Juan y El Tajado.**

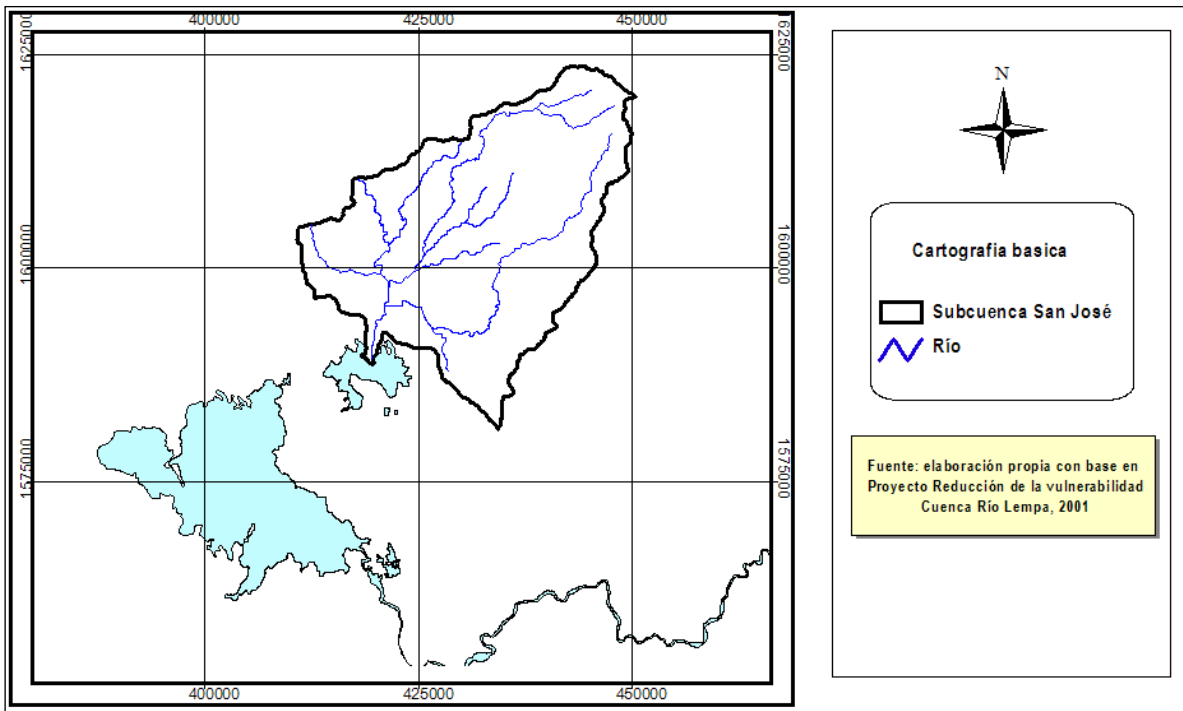


Figura 1.11. Subcuenca San José Ingenio.

El uso actual de la tierra se presenta en la tabla 1.8 y gráficamente en el mapa de la figura 1.12.

Tabla 1.8. Uso actual del suelo, subcuenca San José Ingenio.

Tipo de área	Porcentaje
Bosques	13.56 %
Cultivos agrícolas	47.28 %
Urbana	6.95 %
Extracción minera	0.87 %
Otros	31.34 %
Total	100 %

Del mismo modo de acuerdo a la intensidad de uso del suelo, por medio de la sobre posición del mapa de la figura 1.12 sobre el mapa de capacidad agrologica de la figura 1.13, se obtiene el mapa de intensidad de uso del suelo presentado en la figura 1.14 y obteniéndose la tabla 1.9 que refleja la

intensidad de uso del suelo de la subcuenca San José Ingenio.

El 48.75% del suelo total de la subcuenca San José Ingenio se encuentra sobre utilizado, encontrándose en terrenos principalmente agrícolas, pastos naturales y cultivados, granos básicos, cultivos irrigados, mosaicos de cultivos y pastos, entre otros. Estas zonas se encuentran principalmente en la parte media y en pequeñas pociones en la parta alta y baja de la subcuenca.

Tabla 1.9. Intensidad de uso del suelo, subcuenca San José Ingenio.

Intensidad	Hectárea	Porcentaje
Sobre uso	4,360.83	48.75 %
Sub uso	5,511.17	12.67 %
Uso correcto	1,432.35	38.58 %
Total	11,304.35	100.00%

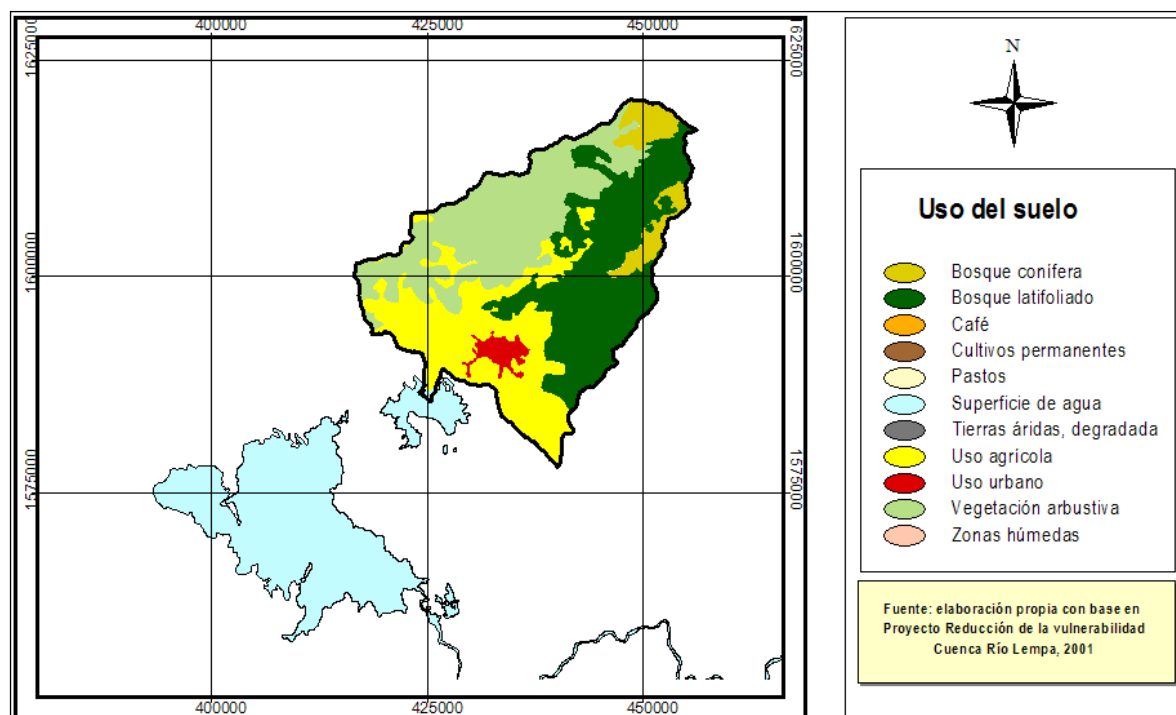


Figura 1.12. Uso actual del suelo, Subcuenca San José Ingenio, 2001.

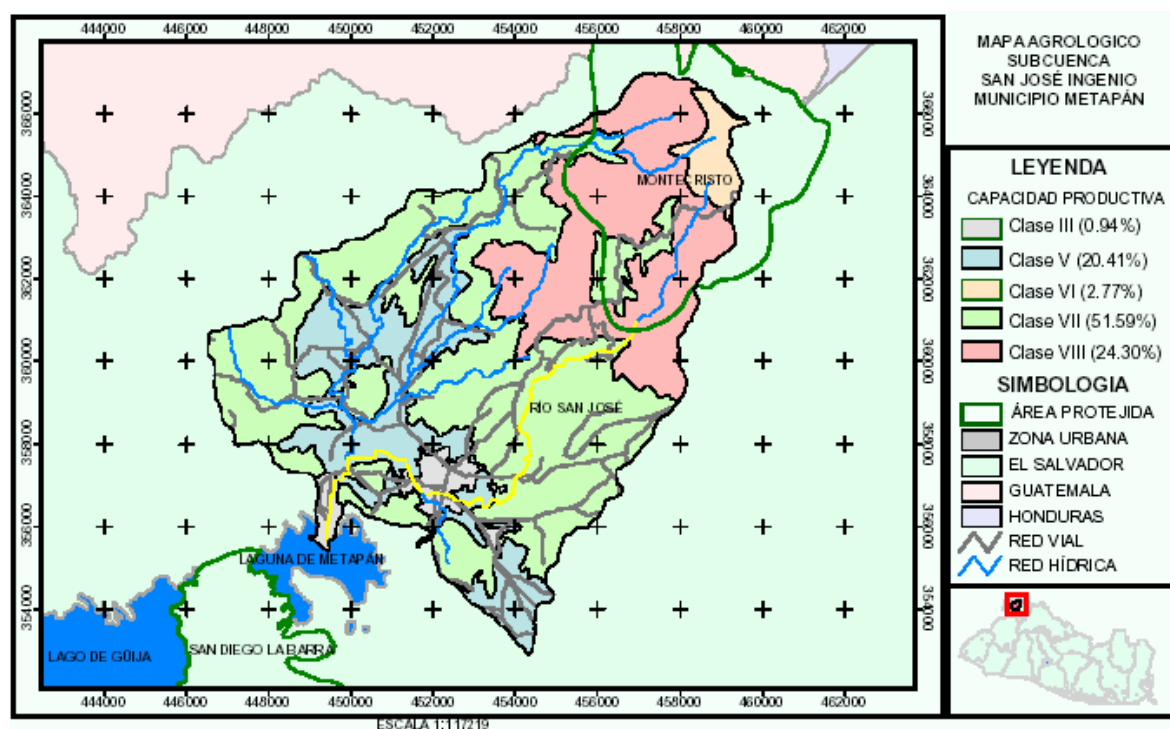


Figura 1.13. Capacidad Agroológica, Subcuenca San José Ingenio, 2001.

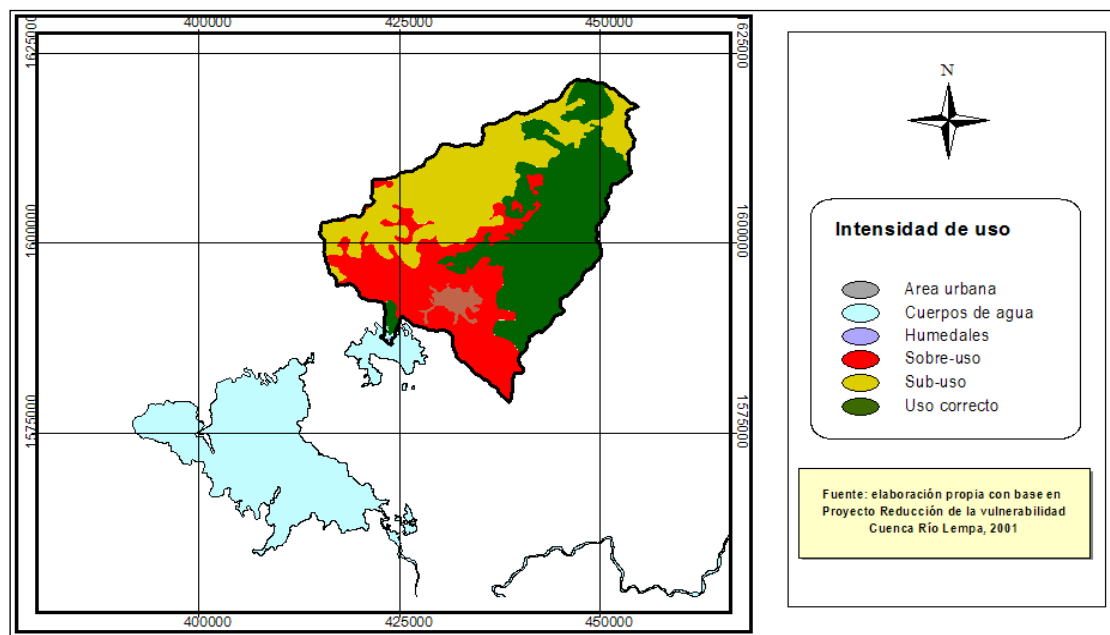


Figura 1.14. Intensidad de uso del suelo, Subcuenca San José Ingenio, 2001.

Con respecto a la contaminación de los afluentes del río San José (presentados en la tabla 1.10) éstos presentan diferentes grados de contaminación, ya que cada uno de ellos durante su paso por las áreas de cultivo, áreas urbanas, entre otras recibe la descarga de residuos sólidos y vertidos líquidos procedentes de actividades agroindustriales y desechos urbanos, que son manifestadas continuamente por la población afectada.

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

Por otra parte, la deforestación es otra presión identificada dentro de la subcuenca y corresponde a uno de los mayores problemas a nivel de las comunidades pertenecientes a la subcuenca en cuestión, generando de manera directa en:

- Disminución de las fuentes de agua
- Cambios en el clima
- Pérdida de la capa fértil para cultivar
- Disminución de la rentabilidad de los cultivos
- Mayor inversión en fertilizantes y pesticidas.

Tabla 1.10. Longitud de los ríos pertenecientes a la subcuenca San José Ingenio.

Afluentes del río San José	Longitud (km)
Qda. De Los Chorros	4.28
Qda. Del Cerrón	1.83
Qda. El Colorado	2.49
Qda. El Espinal	5.97
Qda. El Sesteadero	4.63
Qda. El Tempiscón	1.97
Qda. El Tigre	5.91
Qda. Honda	6.50

Qda: Quebrada.

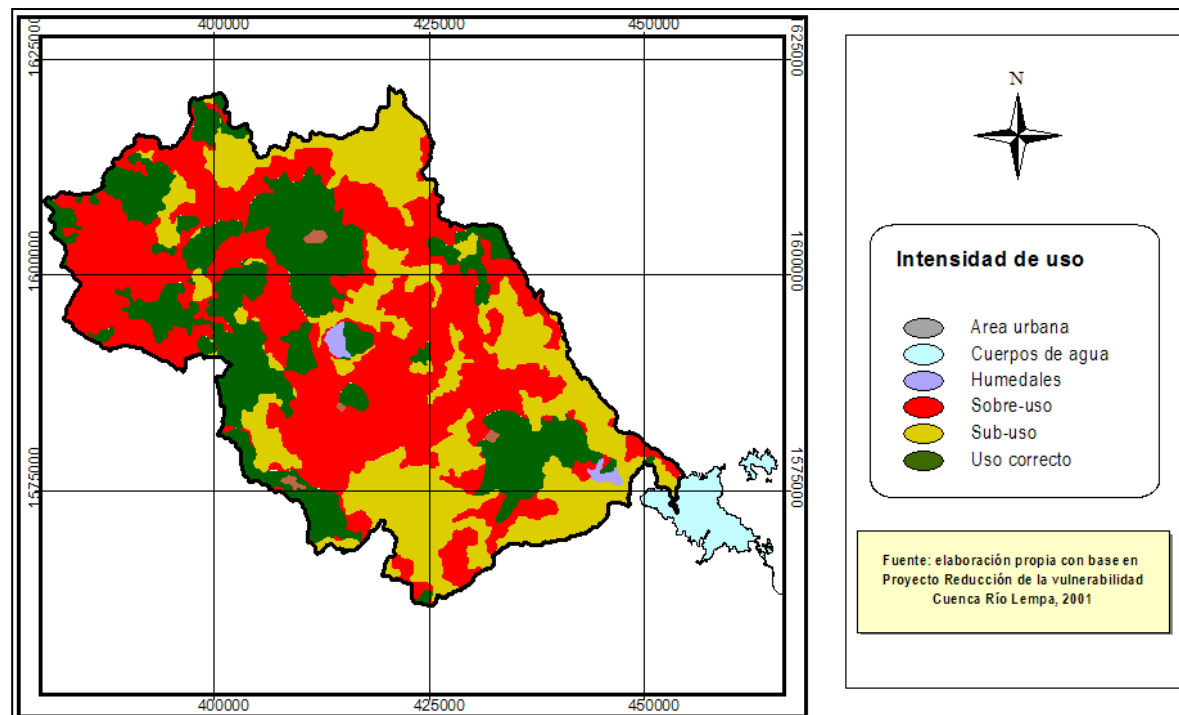
Las causas de la deforestación al igual que en el resto de la región son variadas entre ellas tenemos: cambio de uso de suelo, crecimiento poblacional, predomina el minifundio, no se cuenta con un ordenamiento del territorio a nivel de municipio, malas prácticas agrícolas, entre otras.

“Uno de los mayores problemas a nivel de las comunidades de la subcuenca San José Ingenio, lo constituye la Deforestación.”

SUBCUENCA OSTÚA

Se ilustra en la figura 1.15 la delimitación geográfica y la intensidad de uso del suelo de la subcuenca Ostúa.

La cuenca tiene un área de drenaje de 1535.75 km². El sitio se encuentra en las coordenadas N14°18.991', W-89°34.036' y a una elevación de 446 msnm (+/- 3m).



1.15. Delimitación geográfica e intensidad de uso del suelo de la subcuenca Ostúa.

En la tabla 1.11 se presenta los porcentajes de uso del suelo, así como la extensión geográfica que cada uno de ellos representa.

Tabla 1.9. Intensidad de uso del suelo, subcuenca Ostúa.

Intensidad	km ²	Porcentaje
Sobre uso	130	52 %
Sub uso	77	31 %
Uso correcto	42	17 %
Total	11,304.35	100.00%

Las fuentes de presión en el área son puntuales, y están constituidas principalmente por:

- Vertidos de aguas servidas arrojados a un cauce natural (10 - 30 L/s), principalmente en territorio guatemalteco.
- Descarga de lixiviados procedentes de botaderos a cielo abierto ubicados en Guatemala.
- Vertidos de jabones y detergentes originados en poblaciones de Guatemala.
- Otras descargas industriales difusas son producidas por gran cantidad de actividades económicas guatemaltecas como: talleres artesanales, herrerías, gasolineras y pequeños talleres automotrices.

“Las presiones identificadas en la subcuenca Ostúa son puntuales, principalmente debidas a vertidos de aguas servidas y descarga de lixiviados”

1.7 Lago de Güija

Es importante realizar una caracterización socioeconómica de la región estudiada, ya que esto contribuye a un mejor conocimiento e identificación de las presiones, estados y respuesta que puedan originarse en conjunto con organizaciones de apoyo y desarrollo local.

recabados por PREPAC (2001) a través de entrevistas con cuestionario a la vista, realizadas con una muestra aleatoria, con diseño estadístico, en familias de pescadores del lago de Güija, de todas las comunidades ribereñas de El Salvador y Guatemala, en la figura 1.16 se ilustra la ubicación de dichas comunidades.

Por lo anterior, la información socioeconómica se basa principalmente en datos secundarios

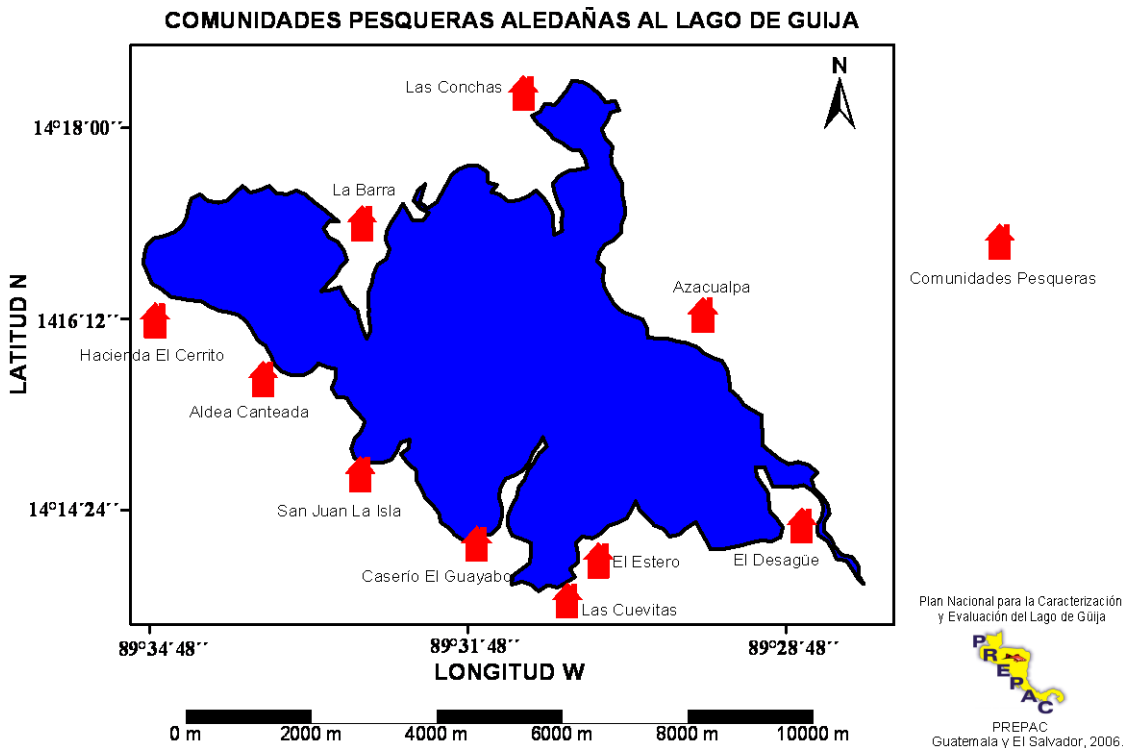


Figura 1.16. Comunidades pesqueras ribereñas del lago de Güija

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1.12 y 1.13.

Tabla 1.12. Resultados de la condición social de las comunidades pesqueras ribereñas al Lago de Güija.

Nivel de Analfabetismo	Nivel de capacitación en temas varios	Abastecimiento de energía eléctrica y agua potable	Tenencia de vivienda propia	Existencia de organizaciones pesqueras	Capacitaciones sobre técnicas de pesca
36 %	3 %	La mayoría	85 %	Si	5 %

Tabla 1.13. Resultados de la condición económica de las comunidades pesqueras ribereñas al Lago de Güija.

Promedio de pesca diario	Consumo familiar de la pesca diaria	Volumen de captura pesquera anual	Promedio de venta anual	Ingreso diario por familia (actividad pesquera)	Ingreso mensual por familia (actividad agrícola)
9.1 kg (20 lb)	1.3 kg	745.29 Ton \$2,071,900.20	704.4 Ton \$1,950,065.20	\$11 \$2,860.00 (anual)	\$187.00 \$2,244.00 (anual)

La población pesquera de Güija no cuenta con ningún tipo de infraestructura de apoyo a sus actividades, pero el 100% opina que el recurso pesquero debe ser protegido, principalmente a través de tres medidas urgentes:

1. Evitar el arrastre, a través de medidas drásticas de control.
2. La no captura de peces pequeños.
3. Repoblar el lago con peces.

Si Güija se trabaja como un ecosistema y ese concepto se traslada a la población, con toda seguridad será asimilado por los productores quienes pescan sobre los mismos recursos, los canales de comercialización son similares y los fenómenos naturales los afectan por igual, habrá que armonizar medidas pero no es nada que no se pueda superar.

Estado del Lago de Güija

Para determinar el estado del Lago de Güija, se ha realizado una búsqueda de información en base a estudios técnicos anteriores con el fin de analizar y presentar los resultados obtenidos y así conocer el estado actual de la calidad de los afluentes y del mismo Lago de Güija.

Se presenta a continuación los resultados presentados en dos estudios realizados de manera independiente, el primero en el año 1998 por parte del Ministerio de Salud Pública y Asistencia social (MSPAS) y el segundo en el año 2007 por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) con apoyo de la Asociación de Desarrollo Comunal: Colonia La Barra (ADESCOLAB).



Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en el área de desagüe del lago de Güija, julio-noviembre/1998; Participantes: Oficina de Atención al Medio Ambiente Ministerio de Salud y Asistencia Social (MSPAS).

El periodo de estudio se caracterizó por condiciones ambientales anormales, debido a condiciones como el fenómeno NIÑO y al final del año, por las inundaciones de la tormenta tropical MITCH, estas situaciones naturales han causado

periodos de sequías prolongadas durante la estación seca, e inundaciones y desbordamientos de los afluentes al final de la estación lluviosa; dichas condiciones climáticas extremas, han determinado en gran medida la situación física, química y microbiológica de la zona de estudio.

Los parámetros que se caracterizaron se detallan en la tabla 1.14.:

Tabla 1.14. Parámetros fisicoquímicos, químicos y biológicos analizados.

Parámetros		
Fisicoquímicos	Químicos	Microbiológicos
Temperatura	Aniones	Coliformes: Totales Fecales
pH	Cationes	
Oxígeno disuelto	Elementos químicos	
Conductividad eléctrica	Residuos de Pesticidas: Organoclorados	Análisis de algas acuáticas
Turbidez	Organofosforados	

Se exploró el área de influencia de los tributarios de la zona, para determinar su contribución en la calidad del agua del lago y se determinó nueve puntos de muestreo:

1. Río Angue: Desembocadura, cerca de caserío Las Conchas
2. Río Ostúa : Desembocadura, cerca de caserío La Barra
3. Río Cusmapa: Desembocadura
4. Centro Lago Güija
5. Canal de Desagüe
6. Represa CEL
7. Río Guajoyo: Puente Guajoyo
8. Río Desagüe: Entre caserío Valle Nuevo y Apastaca
9. Río Lempa: San Isidro Lempa



Los resultados obtenidos se presentan a continuación mediante las tablas 1.15 - 1.18, de manera individual para cada uno de los tipos de parámetros evaluados (fisicoquímicos, determinaciones químicas y microbiológicos).

Tabla 1.15.a. Resultado de los parámetros fisicoquímicos analizados en los 9 puntos de muestreo.

Parámetro Estación	Río Angue		Río Ostúa		Río Cusmapa		Lago Güija		Canal Desagüe	
	Seca	Lluv	Seca	Lluv	Seca	Lluv	Seca	Lluv	Seca	Lluv
Temp. Agua	NR	22.3 - 24.3	NR	23.8 - 24.3	NR	24 - 25.6	26.4 - 30.8	24.5 - 25.4	28.7 - 32	25.4 - 26.3
pH	NR	7.4 - 7.6	NR	7.5 - 7.7	NR	7.1 - 7.4	7.5 - 9.0	6.9 - 7.6	7.8 - 8.9	7.4 - 7.6
OD (mg/L)	NR	5.6 - 6.2	NR	6.2 - 7.4	NR	3.5 - 5.4	1 - 5.4	2.15 - 7	1.6 - 4.11	4.4 - 7.4
Conductividad (umhos/cm)	NR	0.3	NR	0.32	NR	0.26 - 0.31	0.21 - 0.22	0.15 - 0.17	0.21 - 0.22	0.18 - 0.19
Turbidez	NR	6.8 - 17.6	NR	20 - 20.8	NR	26 - 69	5.4 - 18	70 - 220	9.5 - 10.1	64

Tabla 1.15.b. Resultado de los parámetros fisicoquímicos analizados en los 9 puntos de muestreo.

Parámetro Estación	Presa CEL		Río Guajoyo		Río Desagüe		Río Lempa		Normativa
	Seca	Lluv	Seca	Lluv	Seca	Lluv	Seca	Lluv	
Temp Agua (°C)	28.5 - 33.1	24.9 - 26.2	31	25.9 - 26.1	26.5	25.6 - 26.8	NR	25.9 - 26.1	20 - 30
pH	7.8 - 9	7.4 - 7.6	7.87	8 - 8.1	7.9	7.4	NR	7.4 - 7.6	6.5 - 7.5
OD (mg/L)	1.6 - 5.9	5 - 7.48	5.5	7.4	3.2	7.11	NR	6.82	≥ 5
Conductividad (umhos/cm)	0.21 - 0.22	0.18	0.28	0.34 - 0.36	0.36	0.13 - 0.18	NR	0.18	-
Turbidez	9.3 - 14	38 - 45	200	NR	251	NR	NR	40 - 43	No deberá incrementarse en más de 5 unidades de turbiedad

NR: no reportado

OD: oxígeno disuelto.

Tabla 1.16. Resultado de los parámetros químicos analizados en los 9 puntos de muestreo (Aniones, cationes y elementos químicos).

Sustancia	Concentración (mg/L)	Máximo valor para la vida acuática	Valor máximo para agua potable
Sodio	14.4	-	150
Potasio	5.0	-	10
Calcio	15.8	-	75
Magnesio	40.6	-	50
Cloruro	17.5	-	250
Fosfato	1.5	0.05	-
Sulfato	31.6	-	250
Carbonato	0	-	-
Bicarbonato	105.9	-	-
Boro	ND	0.1	0.3
Arsénico	ND	0.05	0.01
Hierro	3.35	1	0.3
Manganeso	0.03	0.01	0.05
Nitrógeno amoniacal	0.08	0.02	0.5
Nitratos	0.2 - 6.4	10	45
Nitritos	ND	10	1

ND: no detectable.

mg/L: miligramos por litro.

Tabla 1.17. Resultado de los parámetros químicos analizados
(Residuos de pesticidas: estas mediciones solo se realizaron en el centro de Lago de Güija).

Compuesto	Concentración (mg/L)	Máximo valor para la vida acuática	Valor máximo para agua potable
Organoclorados			
Aldrin	ppm	ND	0.03 ppb
DDT	ppb	ND	0.1
Dieldrin	ppb	ND	0.03
Heptactor	ppb	ND	0.4
Heptactor Epóxido	ppb	0.3	0.2
Endrin	ppb	ND	
Lindano	ppb	0.09	0.2
Endosulfan1	ppb	ND	0.35
Endosulfan2	ppb	ND	
Organofosforados			
Diazinon	ppb	ND	6.3
Ethion	ppb	ND	
Malathion	ppb	ND	140
Etil Paration	ppb	ND	
Metil Paration	ppb	8.19	100

ND: no detectable.

ppm: partes por millón.

ppb: partes por billón.

Tabla 1.18. Resultado de los parámetros microbiológicos químicos analizados en los 9 puntos de muestreo
(Unidades: Numero más probable de Coliformes en 100 ml de agua NMP/100ml)

Análisis	Estación	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Río Angue	seca	NR	NR
	Lluv	1,100	460
Río Ostúa	Seca	NR	NR
	Lluv	110,000	1,100
Río Cusmapa	Seca	NR	NR
	Lluv	460	43
Centro Lago	Seca	15	7
	Lluv	93	9
Canal Desagüe	Seca	460	43
	Lluv	240	240
Presa CEL	Seca	93	15
	Lluv	150	3
Río Guajoyo	Seca	460	150
	Lluv	46,000	2,400
Río Desagüe	Seca	240,000	110,000
	Lluv	2,100	70
Río Lempa	Seca	NR	NR
	Lluv	9,300	9,300



Diagnóstico Preliminar de los Contaminantes Químicos y Microbiológicos del lago de Güija y laguna de Metapán y su Incidencia en la salud de los Peces, julio-agosto/2007. Participantes: Asociación de Desarrollo Comunal Colonia La Barra (ADESCOLAB), Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Los parámetros que se caracterizaron se detallan en la tabla 1.19.:

Tabla 1.19. Parámetros fisicoquímicos, químicos y biológicos analizados.

Parámetros		
Fisicoquímicos	Químicos	Microbiológicos
Temperatura	Residuos de Plaguicidas: Organoclorados Organofosforados	Coliformes: Totales y Fecales
pH		
Oxígeno disuelto		
Conductividad eléctrica		
Turbidez		

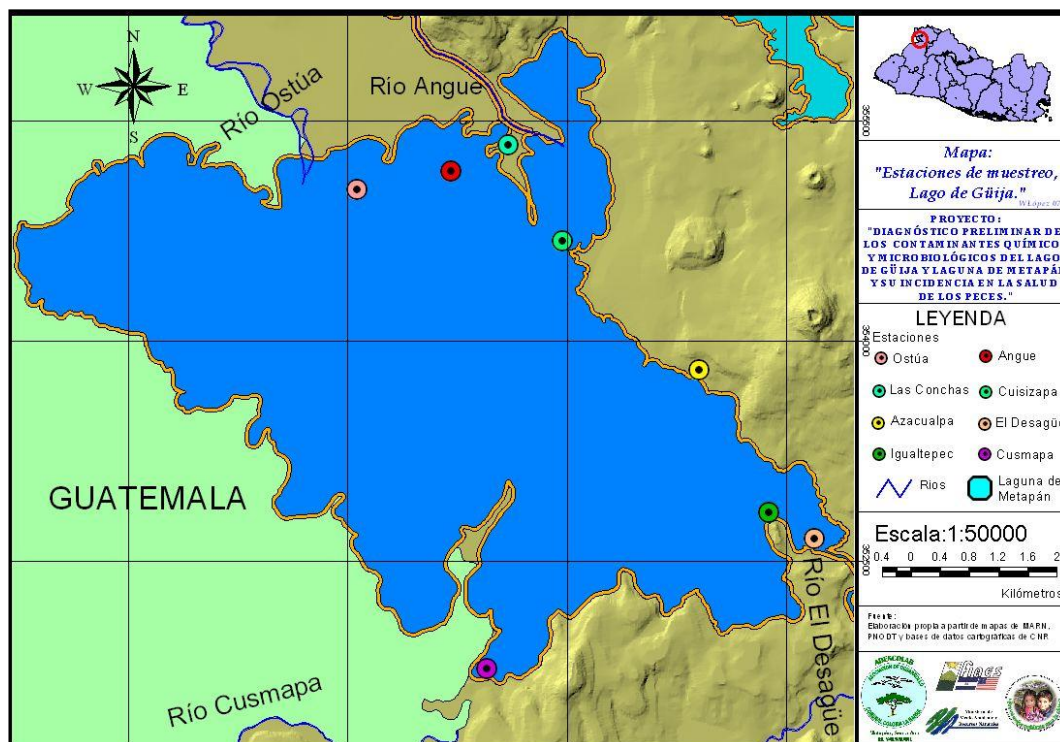
El muestreo se realizó a través de los viajes de reconocimiento, se establecieron ocho estaciones

de muestreo ilustradas en el mapa de la figura 1.17 y la metodología de muestreo se detalla a continuación para cada tipo de parámetro establecido.

Parámetros fisicoquímicos: las mediciones se realizaron con el apoyo del Sistema Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

Parámetros químicos: se colectó dos muestras de Sedimentos en el Río Angue y dos en el Río Ostúa en la parte media del canal; luego se colocaron en bolsas plásticas estériles y se trasladó en frío al Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES.

Parámetros microbiológica: para el análisis de coliformes totales y fecales, se tomó una muestra de un 1 L de agua en envase esterilizado en las ocho estaciones y se analizaron en el Laboratorio de FUSADES.



Los resultados obtenidos de presentan a continuación para cada tipo de parámetro analizado: físicoquímico (figuras 1.18 - 1.21), químicos (tabla 1.20) y microbiológicos (figura 1.22).

Parámetros físicoquímicos

Temperatura y Oxígeno Disuelto

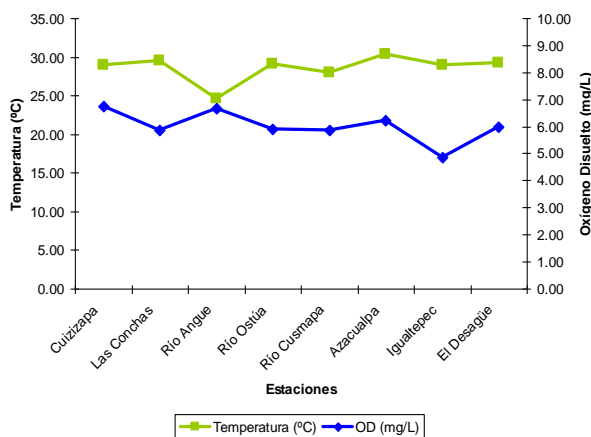


Figura 1.18. Resultados de temperatura y oxígeno disuelto.

La temperatura oscila entre 25 - 30°C y el oxígeno disuelto varía de 5 a 6.8 mg/L.

Turbidez

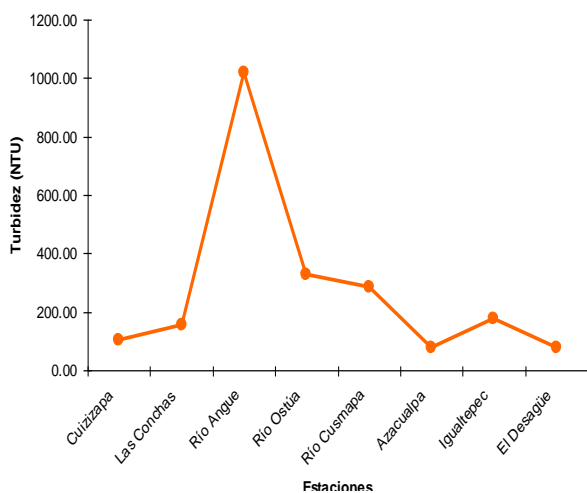


Figura 1.19. Resultados de la turbidez (NTU).

El río Angue mostró los valores más altos de turbidez con 1020 Unidades Técnicas Nefelométricas (NTU) y los más bajos para Azacualpa (76.4 NTU).

Conductividad

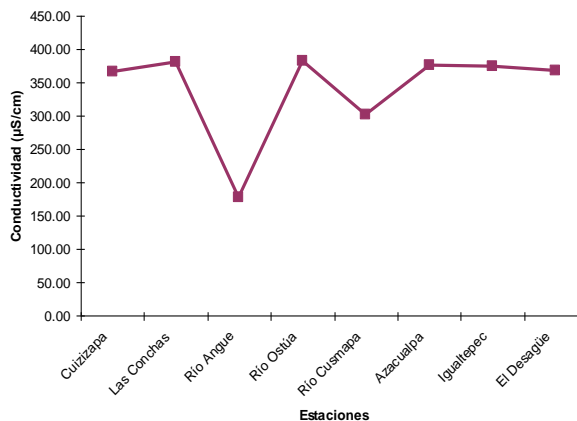


Figura 1.20. Resultados de la conductividad.

La mayor conductividad se registró en el río Ostúa (382.5 µS/cm) y la menor para el río Angue (177.8 µS/cm).

pH

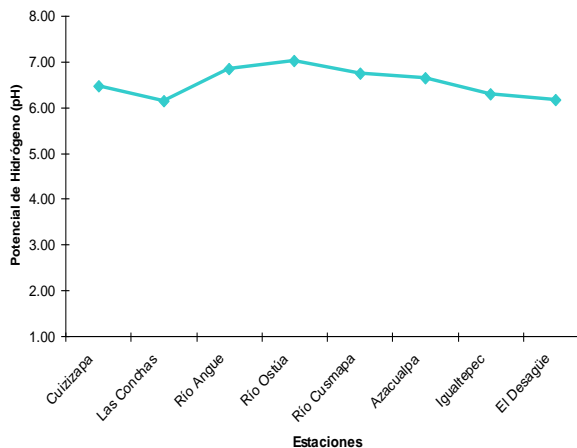


Figura 1.21. Resultados del pH.

Los valores oscilan entre 6.1 a 7.0, siendo los mayores para el río Ostúa, y el menor valor para Las Conchas.

Parámetros químicos

Plaguicidas

Tabla 1.20. Nivel de plaguicidas en la muestra de peces
(*R. Guatemalensis*)

No.	Plaguicidas	Grupo	Resultado
1	Hexaclorobenceno	A	ND
2	Lindano	A	ND
3	Heptaclor	A	ND
4	Aldrín	A	ND
5	Heptaclor epóxido	A	ND
6	Gamma Clordano	A	ND
7	2.4' DDE	A	ND
8	4.4' DDE	A	ND
9	Alfa Clordano	A	ND
10	Endosulfán I	A	ND
11	Endosulfán II	A	ND
12	Dieldrín	A	ND
13	Endrín	A	ND
14	4.4' DDD	A	ND
15	2.4' DDT	A	ND
16	Diazinón	B	ND
17	Etión	B	ND
18	Malatión	B	ND
19	Paratión	B	ND
20	Metil Paratión	B	ND

ND: no detectable.
Grupo A: organoclorados.
Grupo B: organofosforados.

Parámetros Microbiológicos

Coliformes Fecales

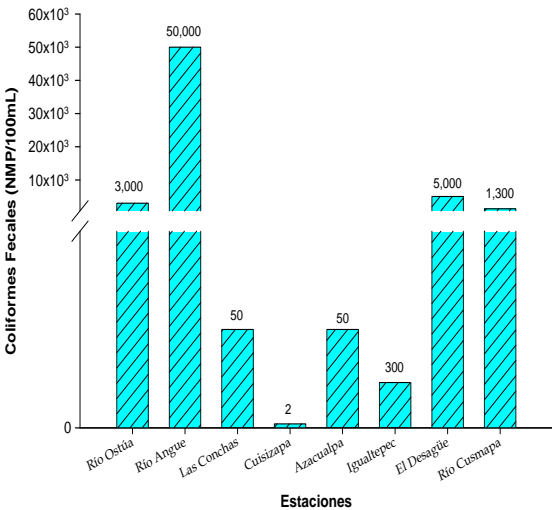


Figura 1.22. Coliformes Totales en los ríos tributarios y efluente del Lago de Güija, agosto 2007.

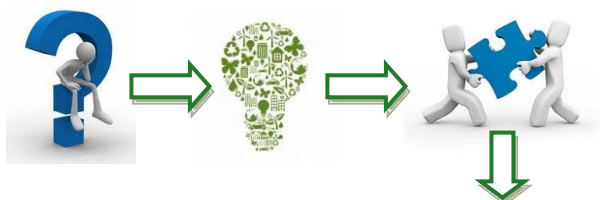


1.8 CONCLUSIONES

Los fuertes vínculos entre la degradación de la calidad del agua en la subcuenca del Lago de Güija y las condiciones socioeconómicas de dicho territorio, indican que los altos costos ecológicos, económicos y sociales provenientes de los problemas ambientales pueden disminuirse de manera eficiente mediante el desarrollo de las acciones de gestión adecuadas, algunas de las cuales se describen a continuación.

Respuestas de gestión ambiental en la cuenca del Lago de Güija

Las respuestas que se proponen a continuación surgen a partir del análisis de las presiones y estado identificado anteriormente en la caracterización ambiental de la subcuenca Güija, mediante un proceso que incluyó revisión de información secundaria, visitas de campo y consulta con informantes calificados, concluyéndose en los siguientes enfoques de desarrollo:



Manejo sostenible de los recursos hídricos: las acciones presentadas generan un fuerte énfasis en mitigar la contaminación, evitar la degradación de suelos y en proteger la cubierta forestal impactando en un incremento de la productividad por la búsqueda de la sostenibilidad del recurso en cuestión.

Generación de servicios ambientales diversos: especialmente los relacionados con la regulación hídrica y la protección y mantenimiento de la biodiversidad, tales aspectos son definidos como la oferta del área para la cuenca del río Lempa.

Reducción de la vulnerabilidad de la población a los riesgos ambientales, mediante el enfoque de **gestión local** se modifica la tendencia a centrarse en la respuesta ante desastres, abordando la preparación y la prevención ante riesgos como

incendios forestales, sequías, inundaciones, huracanes y cambio climático.

Producción sustentable mediante agricultura ambientalmente amigable generando beneficios indirectos a las condiciones de vida a través de actividades de subsistencia, comerciales y de turismo.

Objetivos e impactos esperados

Objetivos

Definir acciones orientadas a:

- 💡 La conservación, recuperación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales: agua, suelo, bosque.
- 💡 Disminución del riesgo por desabastecimiento de agua, eventos naturales y antrópicos en el área de la subcuenca del Lago de Güija.
- 💡 La producción agrícola y ganadera sostenible que incluye el potencial económico de los productos y la mitigación del impacto ambiental

Mediante la **focalización geográfica de las intervenciones** dentro del área, y de los **actores claves responsables** de las acciones.

Impactos esperados

- ✔ Control y reducción de la contaminación hídrica del Lago de Güija y Laguna de Metapán
- ✔ Mantenimiento e incremento de la oferta de agua para usos múltiples en el territorio.
- ✔ Mantenimiento e incremento de la cobertura vegetal, ello supone la reducción de la tasa de deforestación.
- ✔ Disminución del riesgo por desabastecimiento de agua en poblaciones críticas, y ante eventos naturales.
- ✔ Aporte en la generación de ingresos y empleo a través del uso sostenible de los recursos naturales.

- ✓ Contribución a la reducción de los efectos en la salud asociados a la contaminación, por aguas residuales.

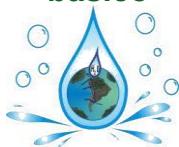
EJES ESTRATÉGICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN DE LAS RESPUESTAS



Los ejes estratégicos han sido definidos tomando en cuenta las presiones y el estado de los recursos naturales en el territorio, por lo que responden a las principales problemáticas de los recursos agua, bosque, suelo y riesgos ambientales.

En todos los ejes se proponen acciones de fortalecimiento institucional local o de asociaciones de productores que tienen como objetivo **contribuir al incremento de las capacidades administrativa, de gestión y económica de los gobiernos y actores locales y favorecer los procesos de gestión de servicios y del desarrollo local**. En este sentido deberán establecerse agendas en conjunto con los involucrados para detallar las acciones necesarias, se detalla a continuación los ejes y las líneas de acción propuestas.

Producción, protección y acceso al agua, saneamiento básico e infraestructura social



EJE 1: Producción, protección y acceso al agua, saneamiento básico e infraestructura social

Manejo Integral de los desechos sólidos: es una competencia de las municipalidades que en este caso requerirá apoyo técnico para la realización de estudios, gestión de fondos, cofinanciamiento y capacitación sobre el manejo de desechos sólidos. Líneas de acción:

- Asistencia técnica.
- Financiar incentivos.

- Fortalecer la gestión municipal.
- Desarrollar estudios técnicos.
- Ejecutar experiencias piloto.
- Gestión de fondos.

Saneamiento básico en el área rural: se deberá posibilitar asistencia técnica, estudios y cofinanciamiento de pequeñas obras de agua potable y disposición de excretas en los municipios y microcuencas con mayores niveles de pobreza.

- Fortalecer la gestión municipal y local.
- Ejecutar estudios técnicos.
- Gestionar de fondos nacionales.

Planes de gestión ambiental municipal: las municipalidades deben contar con planes de gestión ambiental y/o planes de desarrollo y ordenamiento territorial dentro de los cuales consideran la gestión ambiental. Se deberá brindar asistencia técnica y apoyo en financiamiento de estudios específicos para la elaboración y puesta en marcha de los planes de gestión ambiental en las municipalidades donde no se cuenta con dicho instrumento de gestión. Para ello se debe:

- Fortalecer institucionalmente a municipalidades.
- Ejecutar estudios técnicos: en áreas específicas.

Producción y valorización de servicios ambientales



EJE 2. Disminución de la degradación del suelo en áreas críticas

Intervención en fincas con obras de conservación de suelos y agua: debe promoverse mediante asistencia técnica, incentivos y capacitaciones, el desarrollo de actividades que aumentan la cobertura y propicien la infiltración y conservación de agua dentro de la finca. Por lo tanto, se requiere de:

- Financiar pequeñas obras hidráulicas.

Diversificación productiva con sistemas agroforestales y silvopastoriles: estos sistemas proporcionan beneficios económicos y ambientales, además de reducir la dependencia de granos básicos. Para ello, se debe contar con:

- 🌱 Asistencia técnica.
- 🌱 Financiar incentivos.

Introducción de sistemas de agricultura y ganadería conservacionista: se debe contar con un menú tecnológico ambientalmente más sostenible para actividades tradicionales: labranza mínima, agricultura orgánica, ganadería semiestabulada, etc. Por lo tanto, el sector agropecuario del territorio debe contar con:

- 🌱 Asistencia técnica.

EJE 3. Estabilización de la cobertura forestal

Ordenamiento forestal sostenible: se debe contar con apoyo técnico para la formulación de planes de manejo de bosque que propicien mayor productividad que la explotación forestal con fines de producción de energía.

- 🌱 Asistencia técnica y coordinación con los encargados regionales.

Protección de áreas boscosas municipales o comunitarias: se debe contar con planes de aprovechamiento y protección de estos recursos para que sean sostenibles. Ello supone que se debe contar con:

- 🌱 Gestión ambiental municipal.
- 🌱 Asistencia técnica.

Gestión de local de riesgos



EJE 4. Protección de fuentes de agua y áreas de recarga hídrica

Apoyo a iniciativas locales de ordenamiento y gestión de recursos hídricos: se debe tener asistencia técnica en las municipalidades, a fin de que el personal asignado sea capaz de elaborar y poner en marcha ordenanzas y programas locales

de ordenamiento del agua. Para ello se debe contar con:

- 🌱 Asistencia técnica.
- 🌱 Cofinanciar pequeñas obras.
- 🌱 Ejecutar estudios técnicos.

Investigación sobre recursos hídricos: debe existir gestión de iniciativas de investigación que proporcionen información sobre el estado y tendencias del recurso a fin de tomar medidas pertinentes de protección.

EJE 5. Producción y valorización de servicios ambientales

Fortalecimiento de la conservación en áreas naturales protegidas: esto supone la elaboración y puesta en marcha de planes de manejo de las áreas protegidas que se encuentran en el territorio, así como gestionar ante las instancias nacionales e internacionales pertinentes la elaboración de los mismos cuando no se cuente con ellos. Por lo tanto, se requiere contar con:

- 🌱 Gestión de fondos complementarios.
- 🌱 Asistencia técnica.
- 🌱 Fortalecer la gestión municipal.

Desarrollo de ecoturismo con participación comunitaria: las actividades empresariales y promoción de iniciativas turísticas asociadas a las áreas protegidas y de potencial paisajístico deben involucrar principalmente a las comunidades aledañas para estimular el desarrollo económico asociado a actividades de conservación. Esta línea de acción se desarrolla en el eje turístico.

- 🌱 Asistencia técnica.
- 🌱 Fortalecer la gestión local.

Finalmente de acuerdo al Programa Trinacional de Desarrollo Sostenible de la Cuenta Alta del Río Lempa (elaborado en el año 2005), se cuenta

actualmente con la ejecución de los componente del programa y ejes de intervención mostrados en la tabla 1.21.

Tabla 1.21. Componentes aplicados del programa de desarrollo sostenible de la cuenca alta del río Lempa.

Componente del Programa	Ejes de intervención
I. Manejo de recursos naturales	1. Producción competitiva de productos agropecuarios y forestales
	2. Producción, protección y acceso al agua y saneamiento básico
	3. Producción y valorización de servicios ambientales
II. Prevención y mitigación de desastres	4. Capacidades para la gestión local de riesgo
III. Diversificación económica con competitividad	5. Desarrollo empresarial turístico
	6. Desarrollo empresarial de productos artesanales
	7. Desarrollo y diversificación empresarial de productos agropecuarios y forestales
IV. Fortalecimiento institucional	8. Capacidades para la gestión integral del desarrollo territorial

Por otra parte, la gestión del riesgo ha sido abordada por la mayoría de las municipalidades que componen la subcuenca del Lago de Güija; en tal sentido, según PTCARL (2006) se cuenta con lo siguiente:

- Análisis de riesgo.
- Comunidades organizadas y capacidades.
- Planes de gestión local de riesgo municipal y comunitario.
- Mapas de amenazas georeferenciados.
- Sistema de información municipal (en proceso).
- Sistemas de información municipal en funcionamiento.
- Reducción de vulnerabilidad a inundaciones en el río Ostúa.
- Equipamiento y capacitación de municipalidades en información ambiental y de riesgo.

En cuanto al fortalecimiento institucional, el PTCARL ha documentado ampliamente las acciones realizadas para promover dicho proceso; algunos aspectos se detallan a continuación:

- Se ha promovido la participación ciudadana en temas ambientales
- Fortalecimiento de las organizaciones de base para la gestión ambiental
- Fortalecimiento de las municipalidades en: gestión ambiental y de riesgo; y gestión administrativa y financiera

• Estudio Impacto Ambiental e Hidrológico en la industria minera

El fortalecimiento institucional incluye además el rol que la empresa privada juega en la protección y conservación de los recursos naturales en el territorio; en tal sentido, debe mencionarse que la industria cementera presente en la cuenca del Lago de Güija se encuentra certificada bajo la Norma ISO 9001:2000¹ y la Norma ISO 14001:2004 desde el año 2005, lo cual asegura la protección y sostenibilidad del Medio Ambiente, a través de obras de mitigación en canteras y las plantas, apoyo al Proyecto de Tratamiento de Aguas Negras y variadas obras de apoyo Social en los alrededores.

¹ Actualmente Holcim se encuentra certificado bajo la norma ISO 9001:2008.





INVESTIGACIÓN 2

MONITOREO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS OSTÚA, ANGUE Y SAN JOSÉ

Grupo de Investigación:

Ing. Carlos G. Cañas (Coordinador)

Ing. Jaqueline Cativo

Carlos Martínez

Guillermo Jerez

Selma Gill

Marzo - 2008



2.1 Generalidades

Este capítulo de investigación es resultado del seguimiento al proyecto Diagnóstico Ambiental del Lago de Güija con énfasis en la calidad del agua (2008) realizado por la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), como parte del convenio de cooperación con la empresa Cemento de El Salvador (Holcim), presentado en el capítulo anterior.

Como conclusión del capítulo anterior podemos expresar:

“Los fuertes vínculos entre la degradación de la calidad del agua en la subcuenca del Lago de Güija y las condiciones socioeconómicas de dicho territorio, indican que los altos costos ecológicos, económicos y sociales provenientes de los problemas ambientales pueden disminuirse de manera eficiente mediante el desarrollo de las acciones de gestión adecuadas.”

Considerando como principales fuentes de contaminación del Lago de Güija las descargas de los ríos:

- Ostúa
- Angue
- San José



Por lo tanto, para resolver la problemática de contaminación tanto del lago como de la laguna es necesario recopilar datos sobre caudales y propiedades de las aguas descargadas (ya que existe muy poca información acerca de ello) y de ese modo generar un programa de monitoreo que ayude al mejoramiento del estado del Lago de Güija.

2.2 Objetivos

En base a lo anterior, se exponen los siguientes objetivos para el presente capítulo:

- Realizar un monitoreo preliminar de la calidad de los ríos Ostúa, Angue y San José.
- Caracterizar las aguas residuales de la ciudad de Metapán descargadas al río San José.
- Estimar la capacidad preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Metapán.

Por lo que en la figura 2.1 se presenta la localización geográfica para cada uno de los puntos de muestreo delimitados.



Figura 2.1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo delimitados. [Google Earth, 29/Oct/2008, sin escala]

2.3 Delimitación de los puntos de muestreo

RÍO ANGUE

Su ubicación geográfica se presenta en la figura 2.2, dicha cuenca posee un área de drenaje de 505.74 km² y coincide con un puente metálico de tránsito vehicular (ilustrado en la figura 2.3) lo que garantiza la accesibilidad a la toma de muestras



Figura 2.2. Vista aérea del sitio de muestreo en el Río Angue.
[Google Earth. 29 /Oct. / 2008, sin escala]

Las medidas de la sección son: longitud del puente 60 m y una distancia desde la plataforma de circulación al espejo de agua de 5.4m, el agua tenía una profundidad menor a los 0.10 m. De lo observado el sitio, es un lugar de depósito de los

RÍO OSTÚA

Su ubicación geográfica se presenta en la figura 2.4, dicha cuenca posee un área de drenaje de 1535.75 km². El sitio seleccionado coincide con un puente de hamaca de tránsito peatonal, según se muestra en la figura 2.5, lo cual también garantiza la accesibilidad a la toma de muestras.



Figura 2.4. Vista aérea del sitio de muestreo en el Río Ostúa.
[Google Earth. 29 /Oct. / 2008, sin escala]

Se calcula un ancho en la sección de 50 m, una longitud del puente sobre el espejo de agua de 45 m, y una distancia de la plataforma de circulación al espejo de agua de 4m.

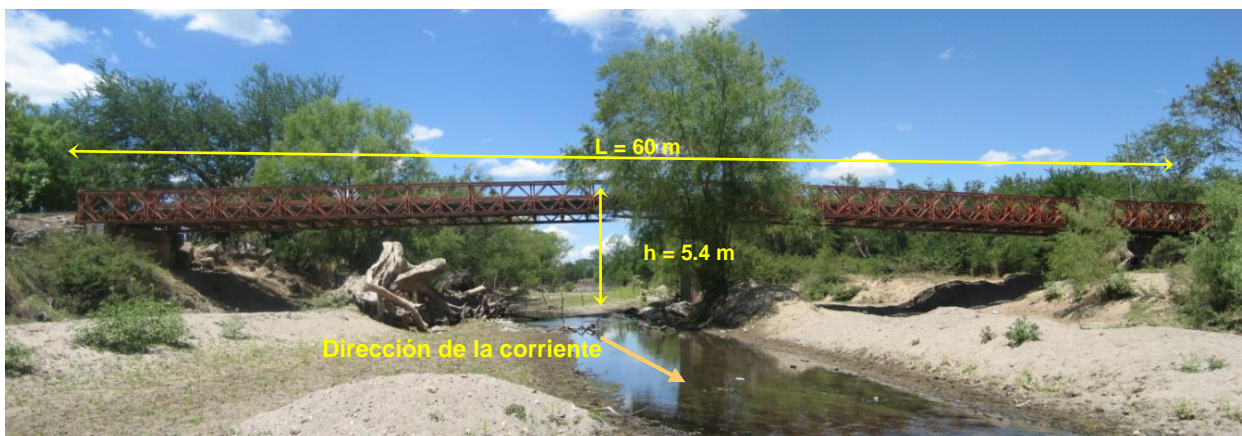


Figura 2.3. Ubicación de punto de muestreo en el río Angue.



Figura 2.5. Ubicación de punto de muestreo en el río Ostúa.

RÍO SAN JOSÉ

Su ubicación geográfica se presenta en la figura 2.6, dicha cuenca posee un área de drenaje de 113.04 km², el sitio seleccionado coincide con un puente de concreto de tránsito vehicular pesado, se muestra en la figura 2.7, que garantiza la accesibilidad a la toma de muestras.

El ancho hidráulico de la sección es 16.80 m (5.6 metros entre columnas), una longitud del puente entre apoyos de 24 m, y una distancia de viga del puente al espejo de agua de 5.5 m.

De lo observado, el sitio es un lugar bastante estable, lo que da indicio de velocidades regulares o bajas en este tramo del río.

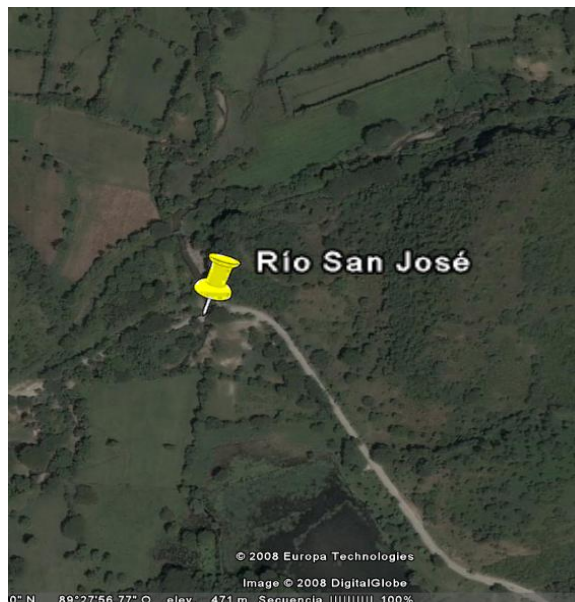


Figura 2.6. Vista aérea del sitio de muestreo en el Río San José. [Google Earth. 29 /Oct. / 2008, sin escala]



Figura 2.7. Ubicación de punto de muestreo en el río San José.

2.4 Metodología de Medición



Caudal

El objetivo fue determinar la variación del caudal de los tres ríos durante el período de muestreo (especificado en cada tabla de resultados).

Para realizar la medición del caudal, se utilizó un molinete hidrométrico, Z-30 Quartz Time OTT HYDROMETRIE, el cual mide la velocidad de una corriente específica de la sustancia a analizar (para nuestro caso agua de cada uno de los ríos).

Parámetros fisicoquímicos

El objetivo fue determinar los valores de los parámetros de las aguas de los tres ríos durante el periodo de muestreo. El tamaño mínimo de la muestra y el método de análisis utilizado se ajustó a lo establecido en la Propuesta de norma vertido de CONACYT. Las muestras fueron almacenadas alrededor de 4°C en hieleras y para garantizar la cadena de frío se incluyeron blancos.

Los parámetros medidos en laboratorio fueron:

- DBO5
- DQO
- Sólidos suspendidos
- Sólidos totales
- Sólidos disueltos
- Cromo
- Fosfatos
- Coliformes



Mientras que los parámetros medios en campo fueron:

- OD
- Temperatura del aire
- Temperatura del agua
- Conductividad
- pH



2.5 Resultados

Se presenta a continuación para cada río estudiado, los resultados obtenidos en las mediciones del caudal y de los parámetros fisicoquímicos obtenidos mediante las diferentes mediciones realizadas.

Río Angue

Tabla 2.1. Resultados de medición del caudal del río Angue.

Fecha	Caudal (m ³ /s)
04/Abr	0.05
18/Abr	0.3
25/Abr	0.2
16/May	0.1
06/Jun	2.9
27/Jun	3.9
18/Jul	10.7
08/Ago	20.5
05/Sep	31
26/Sep	51.1
24/Oct	27.8
14/Nov	14.9
04/Feb	0.7

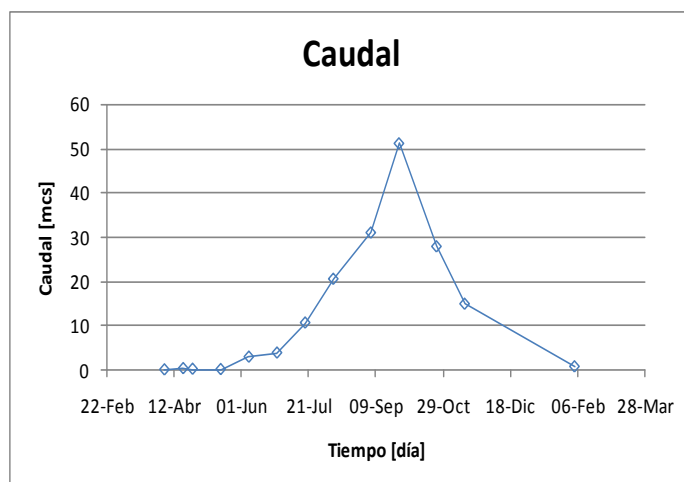


Figura 2.8. Gráfico de los caudales medidos en el río Angue.

Tabla 2.2. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en el laboratorio para el río Angue.

Promedio	CONCENTRACIONES								
	DQO	DBO	Sólidos Totales	Sólidos Suspendidos	Sólidos Disueltos	Fosfatos	Cromo	Coliformes totales	Coliformes fecales
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml	NMP/100ml
	28.37	1.71	421.60	69.44	353.48	0.15	0.03	205118.13	1640.71
Valor de Norma	100	3.0 – 4.0	<100	<500	-	-	-	50 – 50,000	2,000
Cumple	Si	Si	No	Si	-	-	-	No	Si

NMP: número más probable.

mg: miligramos

l: litros.

Tabla 2.3. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo en el río Angue.

Promedio	Temperatura ambiente	Temperatura muestra	pH	Conductividad	Oxígeno Disuelto	Porcentaje de Saturación	TDS
	°C	°C		umhos/cm	mg/l	%	mg/l
	33.5	29	6.4	265.2	5.6	69.6	160.7
Valor de Norma	20 - 30	20 - 30	6.5 – 9.2	-	4.0 – 6.5	-	-
Cumple	No	Si	No	-	Si	-	-

°C: grado Celsius (centígrados).

Río Ostúa

Tabla 2.4. Resultados de medición del caudal del río Ostúa.

Fecha	Caudal (m ³ /s)
04/Abr	2.3
18/Abr	2.0
25/Abr	1.8
16/May	2.7
06/Jun	2.1
27/Jun	27.1
18/Jul	35.9
08/Ago	35.6
05/Sep	52.7
26/Sep	58.3
24/Oct	46.7
14/Nov	14.2
04/Feb	7.9

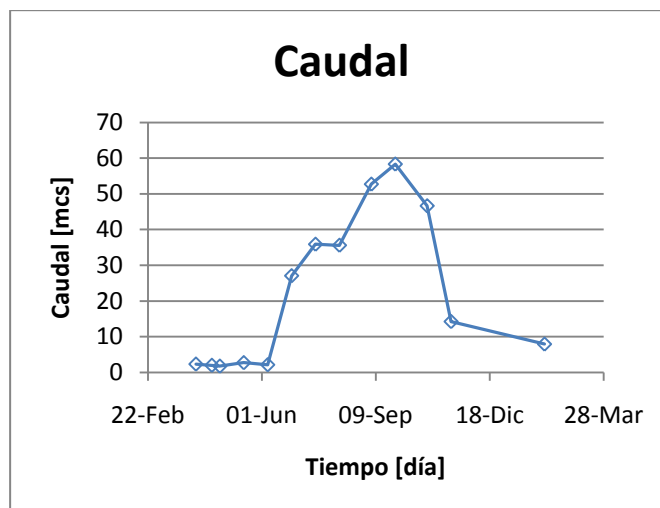


Figura 2.9. Gráfico de los caudales medidos en el río Ostúa.

Tabla 2.5. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en el laboratorio para el río Ostúa.

Promedio	CONCENTRACIONES								
	DQO	DBO	Sólidos Totales	Sólidos Suspendidos	Sólidos Disueltos	Fosfatos	Cromo	Coliformes totales	Coliformes fecales
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml	NMP/100ml
	47.7	3.1	544.2	153.2	390.9	0.4	0.02	13417.5	6584.3
Valor de Norma	100	3.0 – 4.0	<100	<500	-	-	-	50 – 50,000	2,000
Cumple	Si	Si	No	Si	-	-	-	Si	No

NMP: número más probable.

mg: miligramos

l:litros

Tabla 2.6. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo en el río Ostúa.

Promedio	Temperatura ambiente	Temperatura muestra	pH	Conductividad	Oxígeno Disuelto	Porcentaje de Saturación	TDS
	°C	°C		umhos/cm	mg/l	%	mg/l
	30.3	29	6.7	260.8	5.5	49.1	187.1
Valor de Norma	20 - 30	20 - 30	6.5 – 9.2	-	4.0 – 6.5	-	-
Cumple	No	Si	Si	-	Si	-	-

°C: grado Celsius (centígrados).

Río San José

Tabla 2.7. Resultados de medición del caudal del río San José.

Fecha	Caudal (m³/s)
04/Abr	0.1
18/Abr	0.2
25/Abr	0.2
16/May	0.3
06/Jun	-
27/Jun	-
18/Jul	1.
08/Ago	-
05/Sep	26
26/Sep	14.7
24/Oct	3.4
14/Nov	0.2
04/Feb	0.1

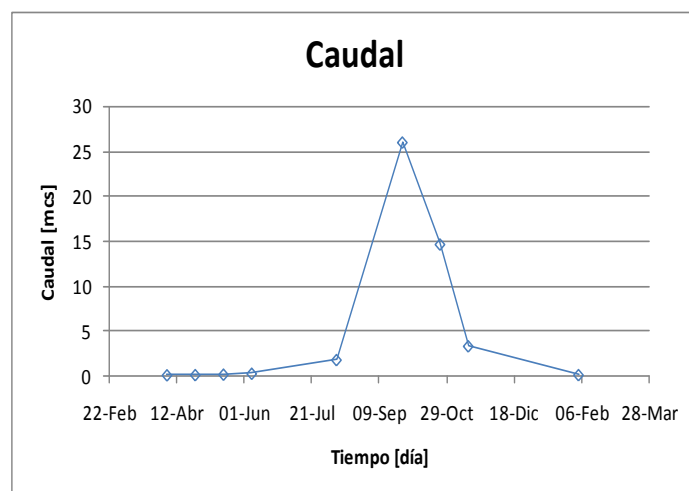


Figura 2.10. Gráfico de los caudales medidos en el río San José.

Para la muestra del 8 de agosto de 2008 se midieron los contenidos de Zinc (Zn), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cobre (Cu) por voltamperometría, para los ríos Ostúa y San José, dando los resultados que se muestran en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Valores de Zn, Pb, Cd y Cu en los ríos Ostúa y San José.

Río	Zn (ppb)	Pb (ppb)	Cd (ppb)	Cu (ppb)
Ostúa	7.9	1.1	nd	nm
San José	24.1	2.8	2.5	5.1
Valor de Norma	5000	-	-	200
Cumple	Si	-	-	-

nd: no detectado

nm: no medido

Tabla 2.9. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en el laboratorio para el río San José.

Promedio	CONCENTRACIONES								
	DQO	DBO	Sólidos Totales	Sólidos Suspendedos	Sólidos Disueltos	Fosfatos	Cromo	Coliformes totales	Coliformes fecales
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml	NMP/100ml
	116.5	15.4	498.7	33	465.5	0.3	0.04	13132285.7	133500
Valor de Norma	100	3.0 - 4.0	<100	<500	-	-	-	50 - 50,000	2,000
Cumple	No	Si	No	Si	-	-	-	No	No

NMP: número más probable.

mg: miligramos

l: litros.

Tabla 2.10. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo en el río San José.

Promedio	Temperatura ambiente	Temperatura muestra	pH	Conductividad	Oxígeno Disuelto	Porcentaje de Saturación	TDS
	°C	°C		umhos/cm	mg/l	%	mg/l
	31.3	27.7	6.5	471	4.6	56.6	251.6
Valor de Norma	20 - 30	20 - 30	6.5 - 9.2	-	4.0 - 6.5	-	-
Cumple	No	Si	Si	-	Si	-	-

°C: grado Celsius (centígrados).

2.6 Análisis de los Resultados

Para calificar la calidad de agua de los ríos sobre al empleo del agua para el desarrollo de la vida acuática el SNET (2007) emplea el Índice de Calidad de Agua (ICA), el cual evalúa 9 parámetros fisicoquímicos especificándose en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Parámetros utilizados en el Índice ICA.

Parámetro
% de saturación de oxígeno disuelto
Coliformes fecales
pH
DBO ₅
Nitratos
Fosfatos,
Diferencia de temperatura
Turbidez
Sólidos totales

El ICA toma valores entre 0 y 100, donde el valor máximo del índice muestra la mejor calidad y el mínimo la peor, en la medida que el índice va disminuyendo se incrementa la contaminación y el agua, empeora su calidad, afectando grandemente la vida acuática presente. Dicha clasificación e interpretación se presenta en la tabla 2.12.

En la tabla 2.13 se muestran los resultados obtenidos al calcular el ICA. Predominando un valor entre 51 y 70 para los tres ríos, obteniéndose el siguiente resultado:

🌊 **Río Ostúa: 20% buena - excelente y 80% regular.**

🌊 **Río Angue: 50% bueno y 50% regular.**

🌊 **Río San José: 20% bueno, 70% regular y 10% malo.**

Tabla 2.12. Clasificación del agua de acuerdo al Índice ICA.

No.	Calificación de la calidad del agua	Valor	Interpretación
1	Excelente	91 - 100	Permite el desarrollo de la vida acuática
2	Buena	71 - 90	Permite el desarrollo de la vida acuática
3	Regular	51 - 70	Limita el desarrollo de la vida acuática
4	Mala	26 - 50	Dificulta el desarrollo de la vida acuática
5	Pésima	0 - 25	No permite el desarrollo de la vida acuática

De los 9 parámetros que utiliza el ICA se midieron 7 durante el muestreo, para establecer una idea de la calidad ambiental se estimó el ICA suponiendo que los parámetros no medidos se encuentran en su valor óptimo, de tal manera que el valor calculado represente un límite superior de la calidad del río.

Tabla 2.13. Valores de ICA estimado para los tres ríos durante el período de muestreo.

Fecha	ICA (Índice de Calidad Ambiental)		
	Angue	Ostúa	San José
25/Abr	84	92	83
16/May	75	69	55
06/Jun	71	69	46
27/Jun	62	67	60
18/Jul	64	73	56
08/Ago	69	60	59
05/Sep	71	67	71
26/Sep	59	69	67
24/Oct	73	61	68
14/Nov	58	61	52

Valores en texto resaltado, se encuentran en el rango de Excelente y Bueno-

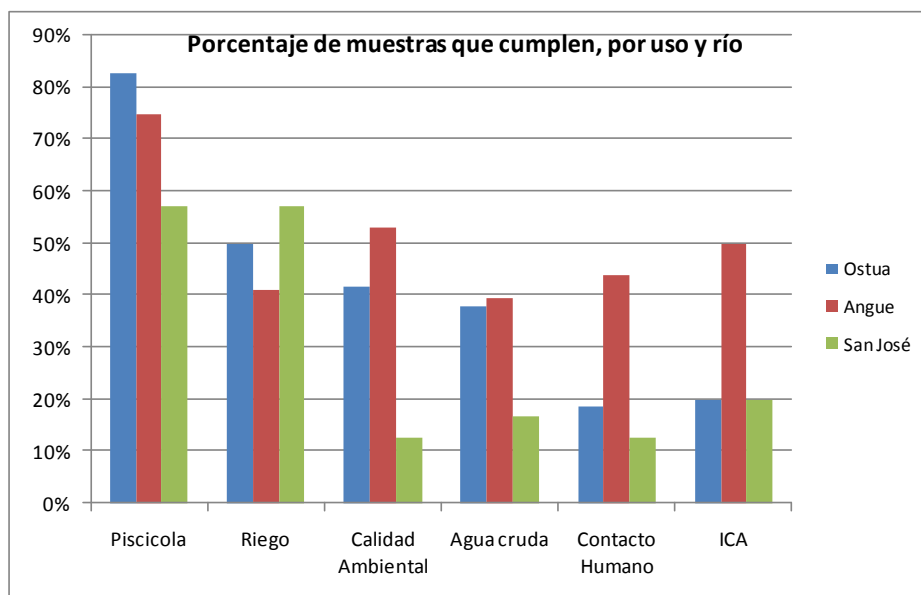


Figura 2.11. Cuadro resumen de los cumplimientos de las muestras realizadas para los diferentes ríos y los diferentes usos evaluados.

Finalmente en la figura 2.11 se detalla el resumen de los porcentajes de cumplimiento de los ríos estudiados para los usos evaluados, observándose que el uso piscícola posee el mayor porcentaje de cumplimiento en los tres ríos, presentan mejor comportamiento los ríos Angue y Ostúa y el que presenta mejor condición para contacto humano es el río Angue.



2.7 Conclusiones

- ✓ El mayor caudal, se midió para los tres ríos en el mes de septiembre, siendo el Río Ostúa el que aportó el mayor caudal, $58 \text{ m}^3/\text{s}$, seguido por el Río Angue, $51 \text{ m}^3/\text{s}$, y finalizando con el Río San José, $26 \text{ m}^3/\text{s}$.
- ✓ Los comportamientos de las cargas de contaminantes están ligados con el comportamiento de la precipitación en la zona; aumentando junto con el aumento de los caudales, es así como el día 26 de septiembre las cargas de DBO_5 alcanzaron los 25,000 kg/día, la carga de sólidos totales alcanzó los 11 millones de kg/día y los fosfatos los 1875 kg/día, en el río Ostúa; el cromo, 1169 kg/día, en el Angue. Los datos no se pueden considerar concluyentes por ser datos puntuales y carecer de un registro de caudales.
- ✓ En el caso del río Angue y Ostúa, las fuentes de contaminación son de naturaleza difusa.
- ✓ De acuerdo a los parámetros medidos y los criterios utilizados para medir la contaminación de los ríos, se concluye que el que muestra más signos de deterioro ambiental es el río San José.
- ✓ La principal fuente puntual de contaminación del río San José, puede identificarse como las descargas de aguas residuales de la ciudad de Metapán.
- ✓ De acuerdo con lo anterior, la contaminación de la Laguna de Metapán disminuiría con la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Para la muestra realizada al río Ostúa se identificó la presencia de Zn, Pb y Cd y en el río San José se identificaron Zn, Pb, Cu y Cd, sin embargo, solo el Cd tuvo un valor superior al límite para el Criterio de Máxima Concentración (CMC) y para el Criterio de Concentración Continua (CCC).
- ✓ Es necesario continuar con las campañas de monitoreo, aumentando la frecuencia de medición para los ríos Angue y Ostúa, en la época de lluvia y en la época de transición del período seco a lluvioso, particularmente en los parámetros de calidad para uso piscícola, riego y contacto humano.
- ✓ El 20% de los datos calculados para el río Ostúa, 50% para el río Angue y 20% para el río San José, presenta un valor de ICA entre 71 - 100.



INVESTIGACIÓN 3

RESULTADO DEL MONITOREO DE LAS AGUAS RESIDUALES VERTIDAS AL RÍO SAN JOSÉ POR LA CIUDAD DE METAPÁN

Grupo de Investigación:

Ing. Carlos G. Cañas (Coordinador)

Ing. Jaqueline Cativo

Carlos Martínez

Guillermo Jerez

Selma Gill

Mayo - 2009



3.1 Generalidades

En base a los resultados presentados en el capítulo anterior y con especial énfasis para el río **San José** se observa, que en general es el que muestra el porcentaje que menos cumple con los criterios estudiados.

Remarcando las recomendaciones expuestas en el capítulo anterior sobre **concentrar esfuerzos en una investigación más exhaustiva sobre el estado y fuentes de contaminación de los ríos estudiados**, se ha enfatizado este esfuerzo sobre el río San José, generando como resultado el presente capítulo.

La población urbana de la ciudad de Metapán se estima en 19,915 habitantes y de acuerdo a ANDA la ciudad cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, pero no cuenta con planta de tratamiento de sus aguas residuales, descargándolas al Río San José que a su vez desemboca en la Laguna de Metapán.

No existen reportes que describan el caudal de aguas residuales generadas por la ciudad de Metapán, ni de las características físicas, químicas y biológicas de las mismas; por lo tanto, es

importante caracterizar dichas descargas para tomar las medidas correctoras necesarias.

3.2 Objetivos



- Caracterizar las aguas residuales de tipo ordinario descargadas por la ciudad de Metapán al Río San José.
- Estimación de capacidades preliminares de la planta de tratamiento para la ciudad de Metapán.

3.3 Identificación de los sitios de Descarga

Mediante la colaboración de la Unidad Ambiental de la Alcaldía de Metapán, se identificaron los siguientes puntos de descarga de aguas residuales al río San José por la ciudad de Metapán (ilustrados en la figura 3.1):

- **Sitio 1. Barrio el Calvario: quebrada Las Ánimas.**
- **Sitio 2. Barrio la Reforma.**

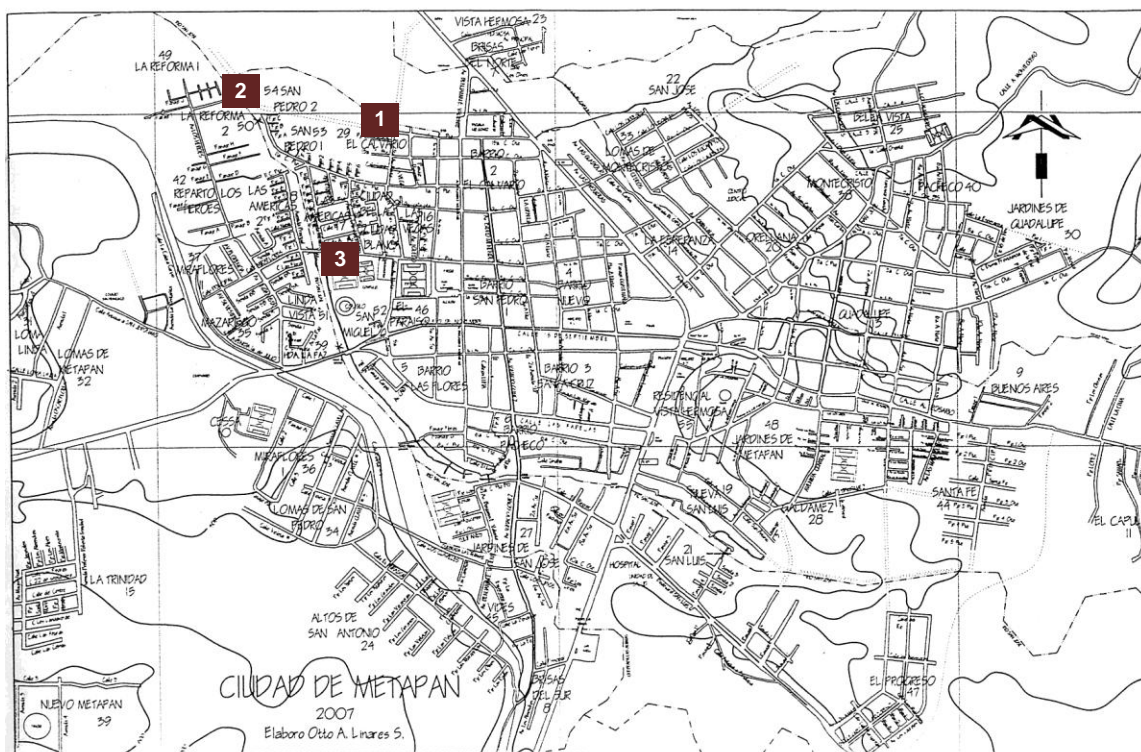


Figura 3.1. Ubicación de los sitios de muestreo en la ciudad de Metapán.

Sitio 1 Barrio el Calvario: quebrada Las Ánimas

El sitio se encuentra ubicado al norte en la región oeste de la zona urbana, se puede acceder fácilmente al sitio a través de una calle pavimentada y de una zona verde.

Posee dos descargas independientes hacia la quebrada Las Ánimas, ubicadas adyacentes una de otra

La primera descarga aguas residuales ordinarias por medio un tubo de 36" de diámetro (figura 3.2). La segunda descarga aguas lluvias a través de una caja de salida doble de 2.20 m de largo por 2.0 m de alto (figura 3.3).

Una vez mezcladas las dos descargas en la quebrada continúan su viaje hasta empalmar con el río San José (figura 3.4).

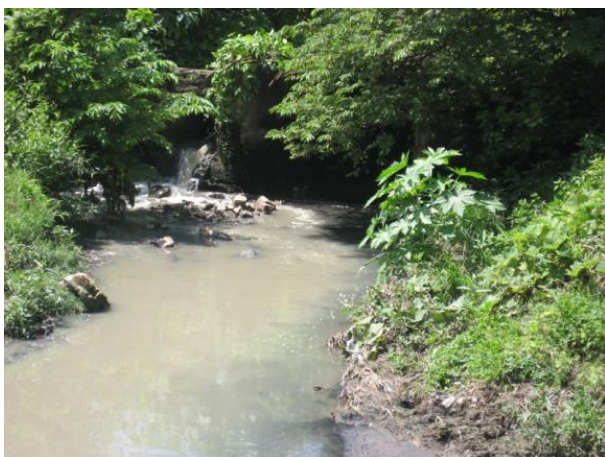


Figura 3.2. Descarga de aguas residuales, barrio El Calvario.



Figura 3.3. Descarga de aguas lluvias, barrio El Calvario.



Figura 3.4. Empalme hacia el río San José de las descargas del barrio El Calvario.

Sitio 2 Barrio la Reforma

El sitio se encuentra ubicado al norte en la zona oeste de la zona urbano de la ciudad entre el reparto la Reforma 2 y las colonias San Pedro 1 y 2, sobre el Río San.

El acceso al sitio es a través de una calle de tierra y hay que cruzar varias propiedades privadas, la descarga se hace directamente en el lecho del río y se distribuye a todo su ancho, tal como se muestra en la figura 3.5.

Bajo las condiciones actuales no es posible acceder a la toma de muestras y ni a la medición del caudal.



Figura 3.5. Descarga directa al río San José por el barrio La Reforma.

3.4 Metodología de medición

Caudal



El período de medición fue de 12 horas, se decidió realizar 7 mediciones entre las 5 - 17 horas en intervalos de aproximadamente 2 horas.

Para la medición de los caudales de agua residual descargada por la tubería se utilizó el método de aforo consistente. Para ello se determinó el tiempo que tardó en llenarse un recipiente plástico de 80 l.

El aforo se repitió tres veces para cada una de las 7 mediciones, se ilustra en la figura 3.7.



Figura 3.7. Actividades realizadas durante el muestreo de caudal, quebrada Las Ánimas.

Parámetros fisicoquímicos

A partir de una muestra compuesta de aguas residuales se analizaron los valores de los parámetros fisicoquímicos pertinentes.








Se empleó la misma frecuencia de la medición de caudal, las muestras tomadas durante el muestreo fueron almacenadas alrededor de 4°C y mezcladas en proporciones iguales al final del día

para obtener las muestras a ser analizadas en el laboratorio.

Para los parámetros que no pueden ser medidos en mezclas compuestas se midieron a partir de muestras simple o directamente.

Los parámetros medidos fueron

- DBO₅
- DQO
- Sólidos sedimentables

-  Sólidos suspendidos
-  Sólidos totales
-  pH
-  Aceites y grasas
-  Coliformes
-  OD
-  Temperatura

3.5 Resultados

En la figura 3.8 se presenta el gráfico de resultados para las mediciones de caudal y en la tabla 3.1 los resultados para los parámetros fisicoquímicos analizados.

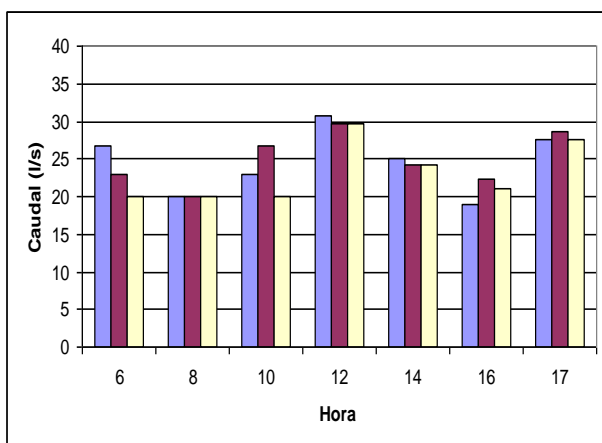


Figura 3.8. Resultado de la medición de caudales en la tubería de descarga del barrio El Calvario.

Tabla 3.1. Resultado de los parámetros fisicoquímicos analizados en la quebrada Las Ánimas.

Parámetro	Unidades	Valor	Valor de Norma
DBO ₅	mg/l	88.8	30
DQO	mg/l	380-440	60
Sólidos totales	mg/l	786	-
Sólidos suspendidos	mg/l	262	60
Sólidos sedimentables	ml/l	4.8	1
Fosfatos	mg/l	2.772	-
Aceites y grasas	mg/l	18.3	20
pH		6.8	5.5 – 9.0
Coliformes totales	NMP/100 ml	16x10 ⁶	10,000

NMP: número más probable en 100 ml.

3.6 Análisis de Resultados

En la figura 3.9 se representa la curva de comportamiento de las descargas hacia la quebrada Las Ánimas.

Se observan dos caudales mínimos a las 8 y 16 horas y un caudal máximo a las 12 horas.

A partir de los datos se determinó el valor del caudal medio en 2,078 m³/d con una desviación estándar de ± 304 m³/d, asimismo, se determinó un caudal máximo de 2,593 m³/d y un caudal mínimo de 1,728 m³/d.

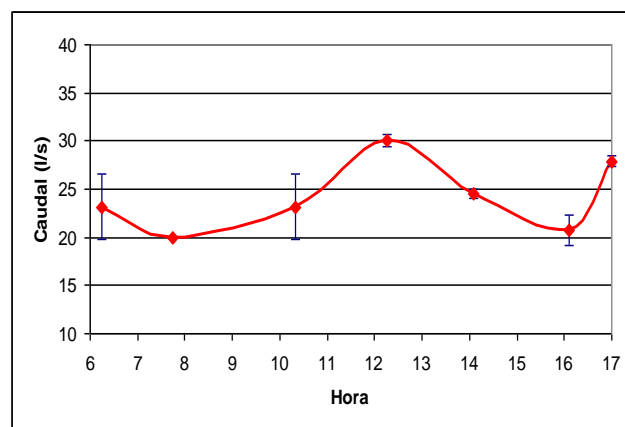


Figura 3.9. Variación del caudal descargado por la red de alcantarillado en la quebrada Las Ánimas.

En la tabla 3.2 se presenta los parámetros fisicoquímico obtenidos en contraposición con los límites permisibles de la norma de vertido salvadoreña, en los cuales solamente 1 parámetro cumple.

Tabla 3.2. Contraposición de los parámetros fisicoquímicos obtenidos con los límites establecidos por la norma de vertidos salvadoreña.

Parámetro	Valor obtenido	Valor de Norma	Cumple	Carga (kg/d)
DBO ₅	88.8 mg/l	30	No	184.5
DQO	380 - 440 mg/l	60	No	852
Sólidos suspendidos	262 mg/l	60	No	544.4
Sólidos sedimentables	4.8 ml/l	1	No	9,974.4
Fosfatos	2.772 mg/l	-	-	5.8
Aceites y grasas	18.3 mg/l	20	No	38.0
pH	6.8	5.5 - 9.0	Si	-
Coliformes totales	16x10 ⁶ NMP/100ml	10,000 NMP/100ml	No	-

NMP: número más probable en 100 ml.

3.7 Conclusiones



- Se estableció que el punto de descarga de la quebrada Las Ánimas posee un caudal promedio de 2,078 m³/d, un caudal máximo de 2,593 m³/d y un caudal mínimo de 1,728 m³/d.
- Para el diseño de la planta de tratamiento, se ajustó el caudal de diseño sobre la base de una estimación de la población del municipio estudiado, alcanzando los 3,218 m³/d, lo que implica que es 55% mayor que el valor medido en la quebrada las Ánimas. Sin embargo, hay que enfatizar que solo se midió en uno de los tres puntos de descarga identificadas.
- Se estimó que la capacidad de la planta de tratamiento debería cubrir las necesidades de la población hasta el año 2029, alcanzando un tamaño de 5,900 m³/d.
- Se concluye la importancia de implementar una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Metapán.



INVESTIGACIÓN 4

IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y DE MATERIAL SEDIMENTABLE DE LA LAGUNA DE METAPÁN

Grupo de Investigación:

Ing. Carlos G. Cañas (Coordinador)

Ing. Jaqueline Cativo

Lic. Salvador Solórzano

Carlos Martínez

Wendy Rodríguez

Octubre - 2011



4.1 Generalidades

El resultado del capítulo anterior, da luz para un nuevo objetivo de análisis, ya que un cuerpo receptor importante de la ciudad de Metapán es La Laguna de Metapán cuya calidad fisicoquímica de sus aguas se modifica grandemente por las descargas principalmente del río San José.

Es por ello que se ha agrupado un esfuerzo de investigación para encontrar las diferentes fuentes de contaminación y material sedimentable presente en la Laguna de Metapán, debido a la naturaleza de las actividades que se realizan en los alrededores y dentro de la misma así como su importancia ambiental para el sector de la comunidad de la ciudad de Metapán.

4.2 Objetivos

En base a lo anterior se han planteado los siguientes objetivos:

- Identificar las fuentes de contaminación en los alrededores de la Laguna de Metapán.
- Identificar los sitios con condiciones propicias para los procesos erosivos o deficientes de

cobertura de vegetal en el área colindante a la Laguna de Metapán.

- Monitorear y analizar los parámetros de calidad de agua de la Laguna de Metapán.

4.3 Delimitación de la zona de estudio: Laguna de Metapán

La Laguna de Metapán es un elemento del área del Complejo Güija y que desde el año 2010 forma parte del área natural protegida de San Diego y San Felipe Las Barras, conocido por Parque San Diego La Barra.

La ubicación geográfica de la Laguna de Metapán se ilustra en la figura 4.1.

El área total de drenaje (**143.32 km²**) que alimenta a la Laguna de Metapán se puede dividir en dos categorías:

- **Drenaje por medio del río San José: 113.04 km².**
- **Área de drenaje directo a la laguna: 33.28 km².**

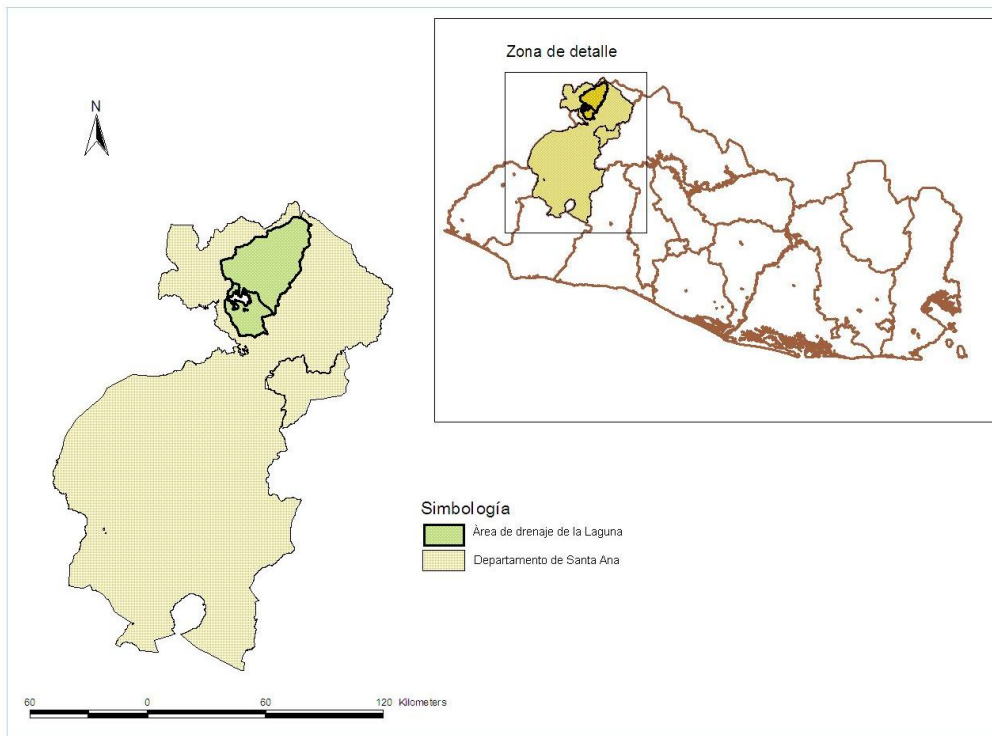


Figura 4.1. Delimitación geográfica de la Laguna de Metapán.

Para el reconocimiento de las fuentes de contaminación se estudiará el área de drenaje directo a la Laguna, en especial los sitios alrededor del área de inundación, que se encuentra limitado al norte por la carretera que conduce a Tecomapa y al sur con el parque San Diego La Barra como se ilustra en la figura 4.2.

Entre los actores principales que del área de estudio se encuentran:

- ❗ **El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales: a través del proyecto PACAP (Proyecto de Consolidación y Administración de Áreas Protegidas).**
- ❗ **ADESCOS de las comunidades que habitan la Laguna.**
- ❗ **La Alcaldía Municipal.**
- ❗ **Holcim.**

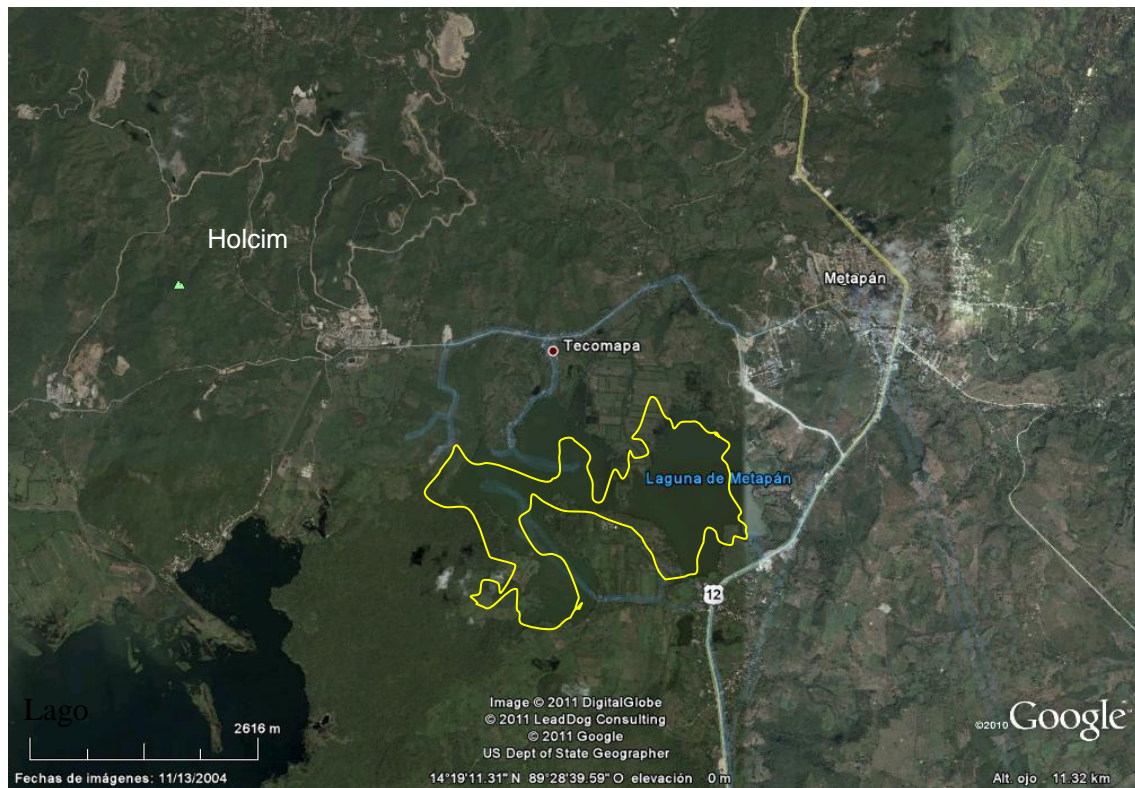


Figura 4.2. Vista aérea del detalle del área de estudio.

4.4 Identificación de las fuentes de contaminación

Los sitios que se visitaron en la zona de inundación de la Laguna fueron: Colonia La Lagunita, Playa Agua Fría, Vega de la Caña, Cerro Las Iguanas, Playa Los Pacheco en el Rincón La Isla o La Canoa, y el Cerro de la Poza del Hoyo, Rincón de Albizo, y El Zorrillal, entre otros. Los sitios de visitados se ilustran en la figura 4.3.

Las fuentes de contaminación identificadas son de dos tipos: puntuales y difusas.

Fuentes Puntuales

Río San José

Constituye una fuente de contaminación física y química de acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo anterior, la descarga a la Laguna de Metapán presenta una gran facilidad de erosión.

Sus descargas se encuentran constituidas principalmente por las aguas residuales del tipo ordinario de la ciudad de Metapán.

Se presenta en la figura 4.4 el punto de descarga del río San José hacia la Laguna de Metapán.

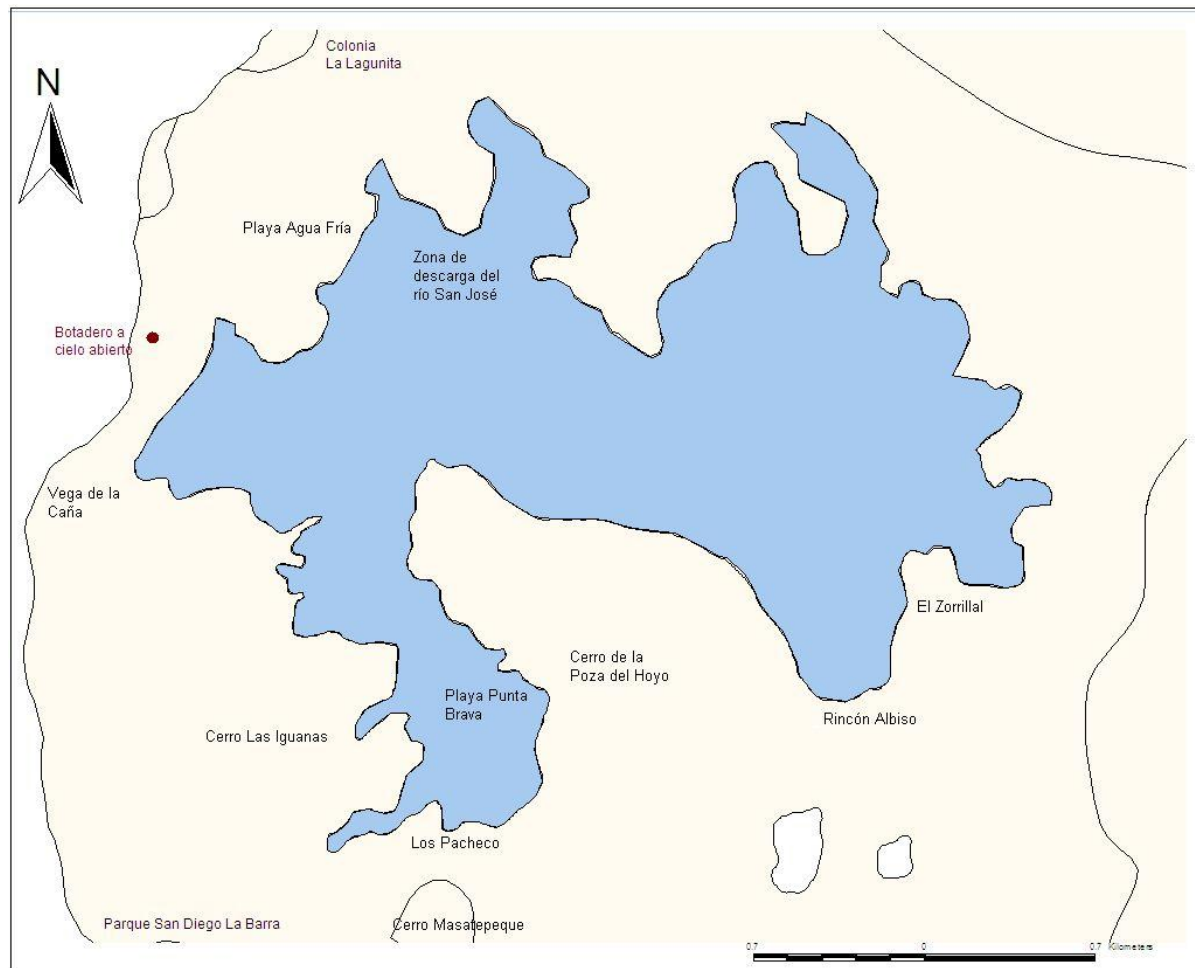


Figura 4.3. Sitios visitados durante el proyecto de investigación.



Figura 4.4. Punto de descarga del río San José en la Laguna de Metapán y desechos orgánicos en suspensión en el área de descarga.

Lirio Acuático

Los restos de los lirios acuáticos que son extraídos por las personas que dependen del uso de la Laguna, representan una fuente de contaminación de desechos sólidos, sin embargo, las comunidades promueven proyectos que ayudan a limpiar el lirio de la Laguna.

En la figura 4.5 se observa las pilas conformadas por el lirio extraído con el propósito de hacer composta.

Es necesario considerar que el acopio del material de rápida descomposición, provoca problemas de salubridad a los habitantes de la comunidad y no ofrece atractivo para el turista.



Figura 4.5. Lugar inicial de acopio de lirio, área después de removido y lugar final de depósito de lirio.

Ex Botadero municipal a cielo abierto

A pesar de estar cerrado no cuenta con las medidas de control y cierre adecuadas

convirtiéndose en una fuente de contaminación como se muestra en la figura 4.6.



Figura 4.6. Vista del botadero a cielo abierto de la ciudad de Metapán.

Fuentes Difusas

Explotación agropecuaria

En diferentes sitios alrededor de la Laguna de Metapán se encuentran diversas explotaciones, tales como: cultivos de granos básicos (ver figura 4.7) así como ganadería bovina y porcina (ver figura 4.8).

Para el cultivo de granos básicos se utilizan aproximadamente 500 mz de terreno en total, de las cuales ocupan: el 100% para la siembra de maíz blanco de mayo - noviembre y 90% de frijol y 10% de sorgo de agosto - noviembre.

Para la ganadería bovina, se estima en unas 3000 cabezas de ganado lechero y al menos una granja porcina, Figura 4.8.



Figura 4.7. Muestra de explotación agraria: cultivos de granos básicos.



Figura 4.8. Muestra de granjas: ganadería bovina y ganadería porcina

Actividades domésticas

Se han identificado diferentes comunidades establecidas en los alrededores de la Laguna, en total cinco, para el año 2008, la población se estimó en 1068 habitantes y un total de 178 viviendas.

En diferentes sitios del área colindante a la Laguna de Metapán se encuentran desechos sólidos, en su mayoría envoltorios y depósitos plásticos, que producen mal aspecto y que eventualmente pueden entrar al cuerpo de la Laguna (ver figura 4.9).



Figura 4.9. Desechos sólidos dispersos en zona de inundación de la Laguna de Metapán.

4.5 Evaluación del nivel de erosión de la zona de estudio

La evaluación se realizó utilizando la ecuación empírica de predicción de pérdida de suelo (Ecuación 1), conocida como USLE (Universal Soil Loss Equation), desarrollada por el Servicio Investigación de Agricultura de los Estados Unidos y otras oficinas, los criterios fueron propuestos por Wishmeier y Smith y se basa en datos de Estados Unidos y se evalúa con la fórmula:

$$A = 244.2 (R * K * L * S * C * P) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- A = pérdida de suelo (Ton/km²/año)
- R = factor de erosividad por precipitación pluvial
- K = factor de erosividad del suelo
- L = factor de longitud de pendiente
- S = factor de pendiente
- C = factor de manejo de cosecha (técnica de cultivo)
- P = factor de método de control de erosión.

Al combinar todos los elementos y realizar los diferentes cálculos y contrastes matemáticos, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 4.1 y figura 4.10.

Lo cual demuestra la importancia de impacto que en el área se concentren esfuerzos para obtener acciones encaminadas a mantener una buena cobertura vegetal, de este modo evitando en lo mayor posible la erosión de la zona de la cuenca de la Laguna de Metapán.

Por lo que para el caso del área protegida en cuestión, por estar en una zona de impacto directo y sometida a una gran presión de uso de recursos naturales, y para el área de canteras por los frentes de áreas descubiertas y la abundancia de material que puede erosionarse, es importante la cobertura vegetal.

Tabla 4.1. Porcentaje de áreas por erosión superficial

Criterio de valoración	Rango de erosión superficial (Ton/km ² /año)	Valor de áreas (km ²)	% de área
Bajo	189 - 8,355	28.9	20 %
Medio	8,355 - 5,4571	46.9	32 %
Alto	54,571 - 596,981	69.9	48 %
Muy Alto	596,081 - 739,242	1.2	1 %
Total		146.3	100 %

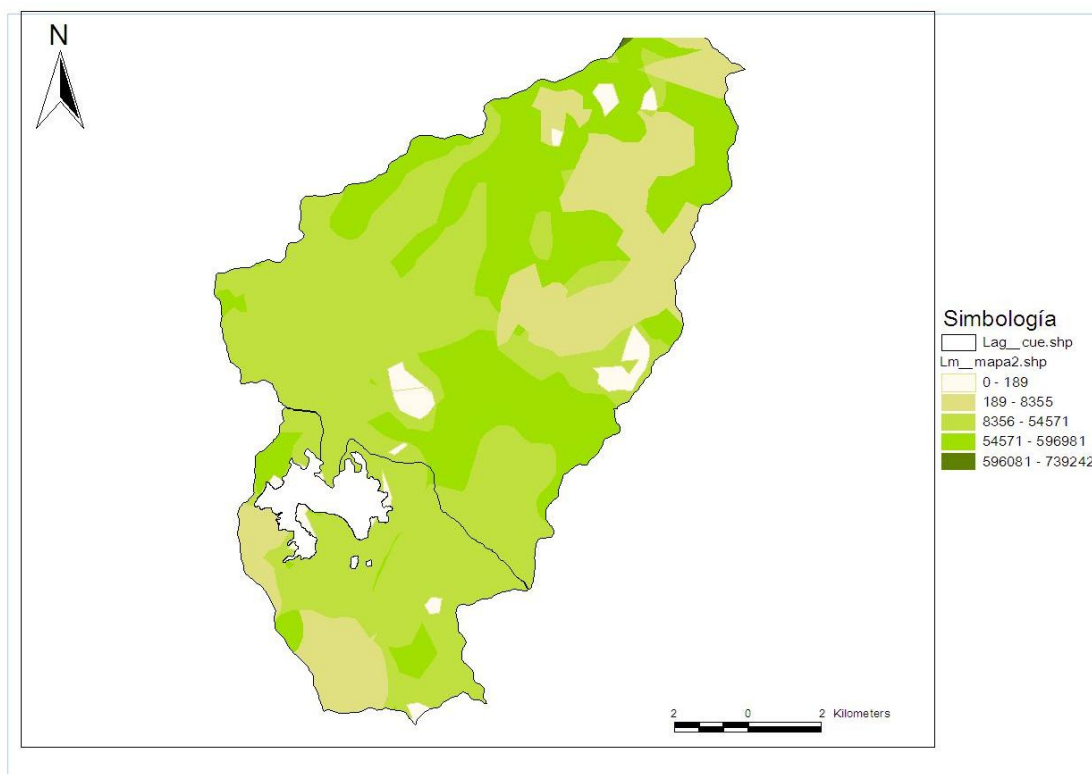


Figura 4.10. Valores de erosión superficial resultante en la cuenca de la zona de estudio.

4.6 Determinación de la calidad del agua de la Laguna de Metapán








Debido a la morfología de la Laguna de Metapán el agua se divide en dos espejos en época seca, separados por una planicie.

Por esa razón se decidió establecer tres puntos de muestreo:

- 1, Lado Oeste de la laguna, en su zona de mayor profundidad.
2. Dentro de la Laguna cerca de la desembocadura del río San José.
3. Dentro del río San José.

Los puntos de muestreo propuestos se muestran en la figura 4.11, El período de muestreo cubre del 25 de marzo al 12 de agosto de 2011 y corresponde a la época seca y época de transición seca a húmeda.

Los parámetros monitoreados en cada uno de los puntos establecidos fueron los siguientes:

-  **Oxígeno disuelto**
-  **Nutrientes: nitritos, nitratos y fosfatos**
-  **Sólidos disueltos y suspendidos**
-  **Transparencia Secchi**
-  **Temperatura**
-  **pH**
-  ***Escherichia Coli* (E. Coli)**

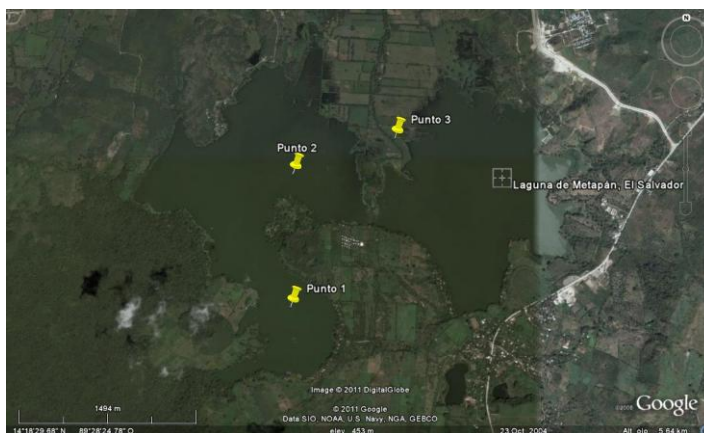


Figura 4.11. Puntos de muestreo establecidos en la Laguna de Metapán.

Resultados del Muestreo

Se presenta a continuación los resultados del muestreo realizado.

Punto 1. Lado Oeste de la Laguna de Metapán

En la tabla 4.2 los resultados de los parámetros monitoreados a una profundidad de 10 cm y en la tabla 4.3 los resultados de los parámetros de: temperatura, oxígeno disuelto (OD) y pH a diferentes profundidades del presente punto de muestreo.

Tabla 4.2. Promedio de los resultados obtenidos de los parámetros medidos a una profundidad de 10 cm, punto de muestreo 1.

Parámetro	Unidades	Promedio	Valor de Norma
OD	mg/L	9.40	4.0 – 6.5
Temperatura	°C	31.06	20 – 30
pH		8.85	6.5 – 9.2
Sólidos suspendidos	mg/L	36.20	<500
Sólidos disueltos	mg/L	160.13	-
Nitritos	µg/L	<2	-
Nitratos	µg/L	<2	-
Fosfatos	mg/L	0.03	-
<i>E. Coli</i>	UFC/ml	7.70	-
Coliformes totales	NPM/100ml	≥16000	-
Transparencia Secchi	cmm	32.85	50 – 50,000

Tabla 4.3. Promedio de los resultados obtenidos de la medición de temperatura, OD y pH a diferentes profundidades, punto de muestreo 1.

Profundidad (m)	Promedio		
	T (°C)	OD (mg/L)	pH
0	31.06	9.40	8.85
-0.5	29.00	6.70	8.54
-1	28.47	4.78	8.38
-1.5	28.15	3.34	-
-2	27.82	2.04	-
-2.5	27.86	1.75	-
-3	27.87	0.50	-
-3.5	27.65	0.40	-

Punto 2. Dentro de la Laguna cerca de la desembocadura del río San José

Se presenta en la tabla 4.4 los resultados de los parámetros monitoreados a una profundidad de 10

cm y en la tabla 4.5 los resultados de los parámetros de: temperatura, oxígeno disuelto (OD) y pH a diferentes profundidades del presente punto de muestreo.

Tabla 4.4. Promedio de los resultados obtenidos de los parámetros medidos a una profundidad de 10 cm, punto de muestreo 2.

Parámetro	Unidades	Promedio	Valor de Norma
OD	mg/L	10.67	4.0 – 6.5
Temperatura	°C	30.90	20 – 30
pH		8.96	6.5 – 9.2
Sólidos suspendidos	mg/L	37.61	<500
Sólidos disueltos	mg/L	168.56	-
Nitritos	µg/L	<2	-
Nitratos	µg/L	<2	-
Fosfatos	mg/L	0.03	-
<i>E. Coli</i>	UFC/ml	42.40	-
Transparencia Secchi	cmm	35.18	-
Coliformes totales	NMP/100ml	≥16000	50 – 50,000

Tabla 4.5. Promedio de los resultados obtenidos de la medición de temperatura, OD y pH a diferentes profundidades, punto de muestreo 2.

Profundidad (m)	Abril		
	T (°C)	OD (mg/L)	pH
0	30.91	10.67	8.90
-0.5	29.46	8.85	8.87
-1	28.11	4.35	8.09
-1.5	28.65	4.03	-
-2	28.53	2.37	-
-2.5	28.13	1.77	-
-3	27.57	0.57	-
-3.5	27.37	0.37	-

Punto 3. Dentro del río San José

Se presenta en la tabla 4.6 los resultados de los parámetros monitoreados en el presente punto de muestreo.

Tabla 4.6. Resultados obtenidos de los parámetros medidos en el punto de muestreo 3.

Parámetro	Unidades	Fecha de muestreo		Valor de Norma
		Marzo	Abril	
Nitritos	µg/L	-	<2	-
Nitratos	µg/L	-	<2	-
Fosfatos	mg/L	-	0.893	-
<i>E.coli</i>	UFC/ml	>300	>300	-
Oxígeno disuelto	mg/L	-	0.8	4.0 – 6.5
Sólidos disueltos	mg/L	437	309.5	-
Sólidos suspendidos	mg/L	25	51.5	<500
pH		-	7.64	6.5 – 9.5

4.7 Análisis de Resultados

físicas y químicas medidas en los puntos de muestreo 1 y 2.

Se observa en las tablas 4.7 y 4.8, los valores medios y de tendencia central de las variables

Tabla 9. Parámetros físicos y químicos en el punto de muestreo 1.

Parámetro	Unidades	Media	S	CV%	Val. Máx.	Val. Mín.	Valor de Norma
OD	mg/L	9.9	2.1	21.1	12.4	6.4	4.0 – 6.5
Temperatura	°C	30.7	1.8	5.9	32.5	26.7	20 – 30
pH		-	-	-	9.7	8.0	6.5 – 9.2
Sólidos suspendidos	mg/L	36.8	20.9	56.7	68.0	3.0	<500
Sólidos disueltos	mg/L	161.9	19.5	12.1	197.0	137.1	-
Nitritos	µg/L	<2	-	-	-	-	-
Nitratos	µg/L	<2	-	-	-	-	-
Fosfatos	mg/L	0.0311	0.0186	59.97	0.0250	0.0092	-
<i>E. Coli</i>	UFC/ml	6	5	81	13	2	-
Transparencia Secchi	cm	27.2	19.8	72.7	65.0	13.0	-

Tabla 10. Parámetros físicos y químicos en el punto de muestreo 2.

Parámetro	Unidades	Media	S	CV%	Val. Máx.	Val. Mín.	Valor de Norma
OD	mg/L	11.4	2.5	22.4	15.8	7.2	4.0 – 6.5
Temperatura	°C	30.6	2.0	6.4	33.2	26.7	20 – 30
pH		-	-	-	9.8	8.0	6.5 – 9.2
Sólidos suspendidos	mg/L	40.4	28.4	70.3	87.0	8.0	<500
Sólidos disueltos	mg/L	171.4	22.3	13.0	220.0	149.0	-
Nitritos	µg/L	<2	-	-	-	-	-
Nitratos	µg/L	<2	-	-	-	-	-
Fosfatos	mg/L	0.0302	0.0178	58.7	0.0263	0.00790	-
<i>E. Coli</i>	UFC/ml	38	28	75.0	46	9	-
Transparencia Secchi	cm	28.0	20.3	72.6	67.0	10.5	-

Se muestra que el cuerpo ecológico analizado se puede considerar como una laguna somera con las siguientes condiciones:

- 📄 Temperatura cálida
- 📄 Alta turbidez
- 📄 Alto contenido de sólidos disueltos y suspendidos
- 📄 pH básico
- 📄 Altos valores de oxígeno disuelto (a nivel de superficie)
- 📄 Valores muy bajos de nitratos y nitritos
- 📄 Valores altos de fosfatos
- 📄 Valores bajos de *E. Coli*.

- 📄 El valor promedio del oxígeno disuelto.
- 📄 El valor promedio de la temperatura.
- 📄 El valor promedio de los sólidos suspendidos.
- 📄 El valor promedio de los sólidos disueltos.
- 📄 El valor promedio de la turbidez Secchi.
- 📄 El valor promedio de los fosfatos.

Hay que recalcar es que no existe una diferencia significativa entre el punto 1 y el 2 en relación con:

Sin embargo, si existe diferencia significativa entre el valor promedio de los *E. Coli* entre el punto 1 y el punto 2. Siendo el valor más alto en el punto 2 que se encuentra en la inmediaciones de la desembocadura del Río San José. Por otra parte, los niveles de nitrato y nitrito estaban por debajo del nivel de detección de 2 µg/l.

Perfiles de oxígeno disuelto, temperatura y pH con la profundidad

En base a los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas, se pueden establecer ciertos perfiles o curvas de comportamiento de los parámetros fisicoquímicos estudiados, dependiendo de la profundidad de cada uno de los puntos de muestreo en la Laguna de Metapán y el río San José.

Durante el periodo de muestreo: época seca, la profundidad de la laguna en el punto 1, de mayor profundidad, alcanzo un máximo de 2.82 m y un mínimo de 2.12 m, de la misma manera el punto 2 alcanzo un máximo de 1,1 m y un mínimo de 0.84 m.

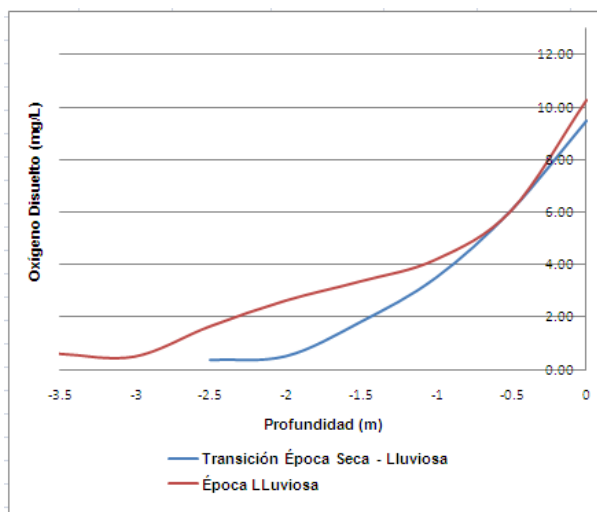


Figura 4.12. Perfil de oxígeno disuelto en el punto 1.

Perfiles de temperatura

Al observar los resultados del perfil de temperatura con respecto a la profundidad (presentados en las figuras 4.14 y 4.15), se puede observar que en el punto de muestreo más profundo (punto 1) el perfil de temperatura tiende a ser más plano a partir de los 50 cm de profundidad, que para el menos profundo (punto 2).

Al observar los resultados del perfil de temperatura con respecto a la profundidad se nota que la Laguna de Metapán no se encuentra estratificada, esto concuerda con el comportamiento esperado de las lagunas tropicales someras.

Estos datos evidencian que la laguna estaba en un periodo de descenso.

Posteriormente, en el periodo de transición de seca a húmeda, comienza a subir el nivel de la laguna, llegando a alcanzar un máximo de 6.89 m en el punto 1 y 5.36 m en el punto 2.

Perfiles de oxígeno disuelto

Se presenta en la figura 4.12 para el punto de muestreo 1 y en la figura 4.13 para el punto de muestreo 2.

Se observa que la concentración de oxígeno disuelto disminuye a medida que la profundidad aumenta, es de relevancia que en el punto 2, la concentración de oxígeno decae con mayor rapidez.

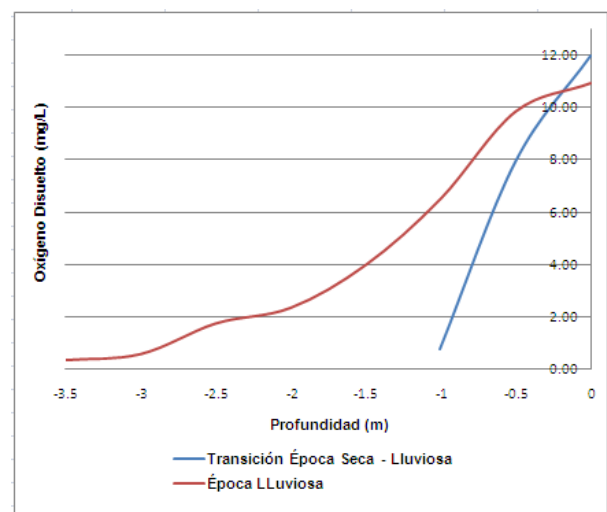


Figura 4.13. Perfil de oxígeno disuelto en el punto 2.

Perfiles de pH

De acuerdo a los perfiles de pH presentados (figura 4.16 y 4.17), los valores de pH del agua de la Laguna de Metapán oscilan entre 7.64 y 9.78 durante el periodo de monitoreo caracterizando sus aguas como muy básicas.

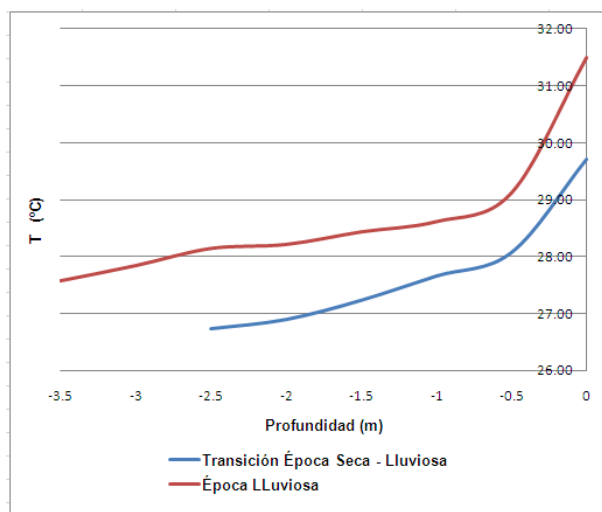


Figura 4.14. Perfil de temperatura en el punto 1.

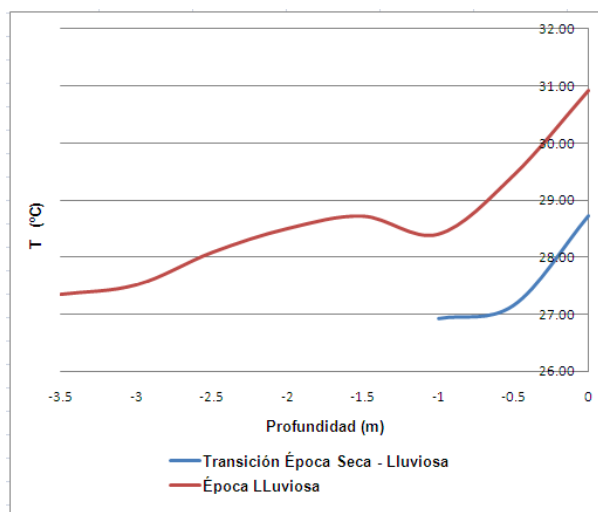


Figura 4.15. Perfil de temperatura en el punto 2.

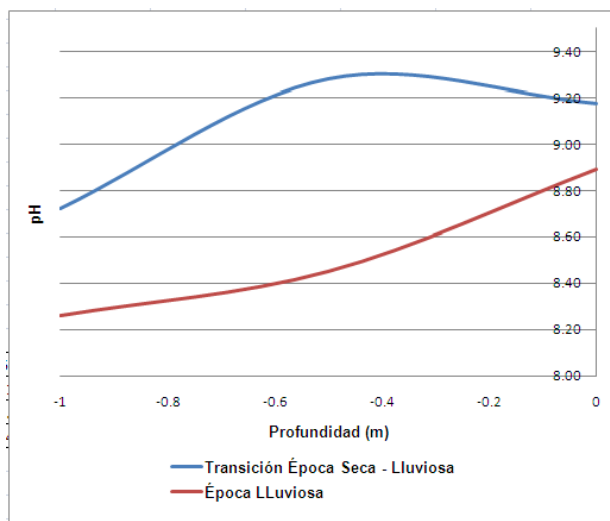


Figura 4.16. Perfil de pH en el punto 1.

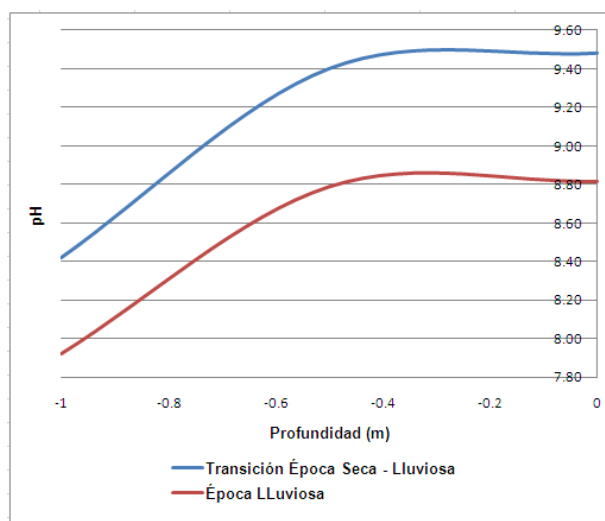


Figura 4.17. Perfil de pH en el punto 2.

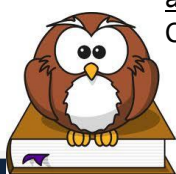
4.8 Conclusiones

Mediante la ejecución del presente análisis de las fuentes de contaminación, estado fisicoquímico de la calidad del agua de la Laguna de Metapán, y el material sedimentable, se ha llegado a establecer las siguientes conclusiones:

- Entre las fuentes de contaminación puntuales identificadas que afectan a la Laguna de Metapán se tienen: el río San José, la extracción del lirio acuático depositado en las playas, el ex botadero municipal a cielo abierto.
- Las fuentes de contaminación difusas identificadas que afectan a la laguna de Metapán son: las diferentes explotaciones agropecuarias, erosión y las actividades domésticas.
- La no detección de nitritos y nitratos puede deberse a que estas formas de nitrógeno inorgánico son las formas disponibles para el crecimiento del fitoplancton, y son consumidos rápidamente por este, lo cual dificulta su medición.
- La presencia de *E. Coli* en todas las muestras examinadas, es un indicador de riesgo para la salud de las personas que estén en contacto con el agua de la laguna, especialmente con el agua del Río San José, en donde la concentración de *E. Coli* es mucho más alta que en otros puntos de muestreo.
- El área de drenaje presenta condiciones propicias para los procesos erosivos debido a sus características geológicas y la precipitación.
- Las zonas que muestran mayor susceptibilidad a la erosión son aquellas que presentan conflicto de uso y afectación a las coberturas.
- Al ser la Laguna el sitio de concentración o acumulación de estos materiales erosionables retoma importancia el manejo y reforestación de las coberturas.
- La Laguna de Metapán puede considerarse como una laguna somera con temperatura cálida, alta turbidez, alto contenido de sólidos disueltos y suspendidos, pH básico, altos valores de oxígeno disuelto (a nivel de superficie), y valores muy bajos de nitratos y nitritos, valores altos de fosfatos y bajos de *E. Coli*
- El río San José se encuentra con alto nivel de contaminación previo a su descarga a la Laguna y es una de las fuentes de contaminación que aporta carga de nutrientes, *E. Coli* y sólidos disueltos y suspendidos a la laguna de Metapán.
- El grado de deforestación encontrado en la cuenca de la Laguna es causado por un inadecuado uso del suelo debido a la presión de actividades antropogénicas, debidas principalmente a la vocación agrícola y ganadera, y que permiten el arrastre de sedimentos hacia el lago, durante el período de invierno.
- La causa principal del contenido de material sedimentable registrado en la Laguna de Metapán es el alto grado de erosión causada por la deforestación y las características geográficas de la cuenca.
- El área de canteras es pequeña en comparación al área total de la cuenca, por lo que se espera que su impacto sea también pequeño.

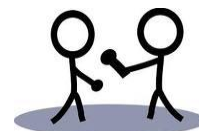
REFERENCIAS

- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA); “Acciones institucionales para la preservación y desarrollo del Lago de Güija”, 2005.
- Alcaldía Municipal de Metapán; “Diagnostico ambiental de manejo de desechos sólidos del municipio de Metapán, departamento de Santa Ana; Informe final”; Santa Ana, Metapán; Septiembre 2007.
- Argueta, X., C. Landaverde, K. Martínez y J. Weil: “Diseño preliminar de planta compostaje para los residuos sólidos de los mercados del AMSS”, reporte final del curso diseño de plantas químicas, UCA, 2008.
- Ayala, I. A., M. Martínez, E. P. Ramos: “Medidas de saneamiento ambiental para la protección y conservación de la Laguna de Metapán”. Trabajo de graduación para optar al grado de Ingeniero Civil, de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, departamento de ingeniería y arquitectura, Santa Ana, El Salvador, 2008.
- Clescerl, L: “Standard methods for the examination of water and wastewater”, 19ª edición, American Public Health Ass, United States of America, 1995.
- Estudio Ambiental del área de influencia del Programa de Desarrollo Sostenible de la Cuenca Alta del Río Lempa, PTCARL: DIAGNOSTICO RÁPIDO SOBRE LOS RECURSOS NATURALES Y PROPUESTA DE PLAN DE GESTION. Documento No. 2, Serie de documentos base para Formulación del Plan Estratégico Trinacional del PTCARL. CATIE 2004.
- . “Evaluación ambiental estratégica (EAE): Programa de desarrollo sostenible, de la zona norte de El Salvador”, Informe final”. 2005.
- Jairo Osmar Gudiel López. JICA, Japón “Formulación y socialización de ante-proyecto para la gestión de los desechos sólidos urbanos de los municipios de la mancomunidad Lago de Güija”, Jutiapa, Guatemala, C.A., 2006.
- MARN/CEPRODE: “Propuesta de sitio RAMSAR: complejo de Güija”, El Salvador, 2001.
- MARN/CNR: “Estudio ambiental: estado de conservación del complejo Lago de Güija”, Informe final; El Salvador; 2005.
- MARN/FIAES/ADESCOLAB: “Diagnostico preliminar de los contaminantes químicos, y microbiológicos del Lago de Güija y Laguna de Metapán y su incidencia en la salud de los peces”; Informe final; El Salvador; Septiembre 2007.
- Martínez Marín, Eduardo, “Hidrología Práctica”, Servicio de publicaciones del colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos; Madrid. 2ª edición, 2005.
- Massachusetts water watch partnership: “Minnesota lake and watershed data collection manual”, Estados Unidos de America, s.f.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. “Sistema de información ambiental-CD-2”, San Salvador, El Salvador, 2000.
- Organización del sector pesquero y acuícola del istmo centroamericano (OSPESCA): “Caracterización del Lago de Güija con énfasis en la pesca y la acuicultura”, Plan Regional de Pesca y Acuicultura Continental (PREPAC), El Salvador, 2006.
- PREPAC/OSPESCA; “Caracterización del Lago de Güija con énfasis en la pesca y la acuicultura”, Informe final; El Salvador, 2006. Consultado y disponible desde la web en:



www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_11814_1_22112006.pdf

Entrevistas realizadas



- PROCOSAL, consultoría para la realización de estudios de factibilidad para el manejo integral de los desechos sólidos de proyecto Trifinio/GTZ; "Caracterización de la subcuenca San José Ingenio", reporte final; El Salvador; Septiembre 2005.
- PROYECTO TRIFINIO/GTZ: "Caracterización subcuenca Cusmapa"; reporte final; El Salvador; Mayo 2005.
- PTCARL/GTZ: "Desarrollo sostenible en la cuenca alta del río Lempa en la región Trifinio: balance hídrico"; reporte final; El Salvador; Noviembre 2006.
- Schwab, Glenn O y otros, "Ingeniería de conservación de suelos y agua", Noriega-Limusa, México, 1990.
- Thomann, R;Mueller, J: Principles of surface water quality modeling and control, 1ra edición, Harper Collings Publishers inc., Estados Unidos de América, 1987.
- UCA/AECI: "Estudio de selección y diseño preliminar de la estación depuradora de aguas residuales urbanas de Puerto el Triunfo"; informe final, El Salvador, 2004.
- Herminio Figueroa Pérez quien fungió como presidente de la Asociación de Desarrollo Comunal (ADESCO) Pesquera Laguna de Metapán en el período 1995 – 2000
 - Jesús Martínez Aldana y Edwin Edgardo Trinidad, guarda recursos del MARN (Abril 2011)
 - Ing. Guillermo Osorio, gerente de Canteras de Holcim (Comunicación personal, 20 de mayo de 2011).

Con el apoyo y financiamiento de
GRUPO HOLCIM



**“Convenio para la Investigación Aplicada en Ciencias e Ingeniería
entre UCA y Holcim”**

Marzo 2012