

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de la consultoría es realizar el Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales del país, a través de la investigación de los niveles de metales pesados y la aplicación del Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales (ICAs). La investigación se realizó en la mayoría de principales ríos de las Regiones Hidrográficas del país. Los sitios de muestreo son 114.

Los Objetivos Específicos de la consultoría son:

Realizar la medición de parámetros de calidad de agua en campo (temperatura de la muestra, temperatura ambiente, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto).

Recolección, custodia y traslado de muestras para análisis bacteriológico, fisicoquímicos, DBO<sub>5</sub> y metales tanto para aguas superficiales como para sedimentos de fondo en los ríos. Realizar mediciones de caudal (aforos volumétricos y con molinete)

Las determinaciones en campo y análisis en laboratorio que se realizarán se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla No. 1** Parámetros a determinarse y número de muestras para diagnóstico de ICAs

<i>Medio</i>	<i>Determinaciones de campo</i>	<i>Análisis de laboratorio</i>	<i>No. de muestras</i>
Agua superficial	Temperatura ambiente, Temperatura del agua pH Conductividad Sólidos disueltos totales Turbidez Oxígeno disuelto	Arsénico Cromo total Mercurio Plomo Oxígeno disuelto Amoníaco Fenoles Demanda bioquímica de oxígeno Coliformes fecales	114
Suelo (sedimentos)		Arsénico Cromo total Mercurio Plomo	10

La investigación de la calidad del agua se ha realizado en época de no lluvias.

### **Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador**

Para cada una de las Regiones hidrográficas se presenta análisis de los resultados y de las características fisicoquímicas, bacteriológicas y metales pesados.

Los resultados de la Calidad Sanitaria del Agua Superficial a nivel nacional son:

El 60% de los sitios de muestreo, poseen agua de Calidad Sanitaria " Mala", este resultado equivale a 68 sitios de muestreo de las Regiones Hidrográficas del país.

El 15% de los sitios de muestreo, equivalentes a 17 sitios poseen Calidad Sanitaria "Regular" y el 25% de los sitios presenta Calidad Sanitaria " Pésima".

Ningún sitio de muestreo de los ríos de El Salvador reporta Calidad "Excelente", tampoco se identifica que sean de Calidad "Buena".

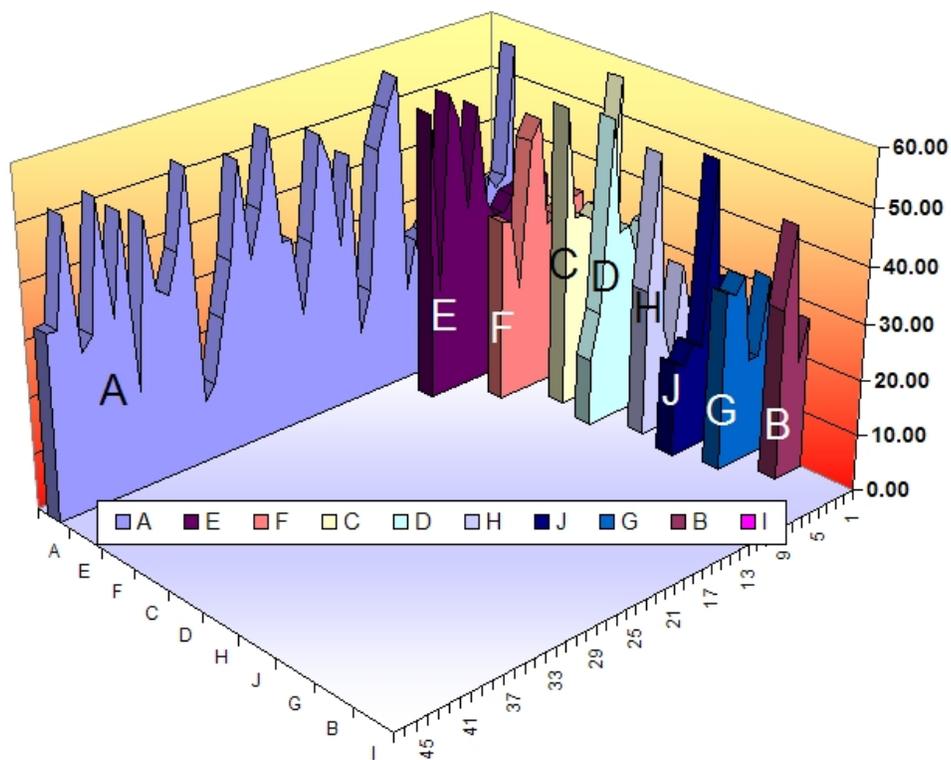
El Índice de Calidad Sanitaria ICAs, resulta entre valores de 0 hasta 56.82.

El río Lempa en el sitio de muestreo A-17 LEMPA reporta el Índice de Calidad Sanitaria ICAs de 56.82 el mayor puntaje del estudio.

En segundo lugar con mayor puntaje corresponde al Río Guayapa en el sitio de muestreo C-01-GUAYA con 56.53, en tercer lugar se identifica el Río Acahuapa en el sitio A-01-ACAHU, con un puntaje de 55.27.

El menor puntaje de ICAs es cero y se encontró en la Región Lempa en dos sitios de muestreo del Río Acelhuate.

En la siguiente Figura se presenta el Índice de Calidad Sanitaria por Región Hidrográfica, donde se visualiza que la Región "B", "G" y "J" presenta mayor deterioro de los ríos.



Los resultados generales más relevantes sobre las características de Calidad Sanitaria de los ríos del país se presentan a continuación.

#### Potencial de Hidrógeno, pH

El pH promedio del agua superficial del país es 7.75, encontrándose los valores promedio mayores de 8.43 en la Región Hidrográfica Sirama y 8.17 en la Región Paz, el promedio más bajo de pH es 7.20 correspondiendo a la Región "D" Sonsonate-Banderas.

### Oxígeno Disuelto

Los ríos del país presentan concentración promedio de Oxígeno Disuelto de 6.18 mg/l, la Región Hidrográfica Lempa está ligeramente por debajo del promedio, el valor promedio es 5.78 mg/l.

En el Río Acelhuate se reportan niveles de Oxígeno cero.

### Coliformes fecales

La calidad del agua está muy deteriorada por la contaminación fecal. La investigación determina valores hasta de 90 millones de NMP/100 ml, en la Región "A" en el Río Acelhuate.

Sólo 21 de los sitios de muestreo reportan concentración de Coliformes fecales menor a 1,000 NMP/100 ml.

En los ríos del país, la menor cantidad de Coliformes fecales es 80 NMP/100 ml, que se reporta en los sitios siguientes: A-20-LEMPA y A-02-RTITI.

El Río Titihuapa resulta de mejor calidad bacteriológica ya que las Coliformes fecales en el sitio A-01-RTITI tiene 300 NMP/100 ml, en el A-02-RTITI es 80 NMP/100 ml y en el A-03-TITI es 110 NMP/100 ml. De aceptable calidad bacteriológica es también el Río Guayapa en el sitio de muestreo C-01-GUAYA con niveles de bacterias de 110 NMP/100 ml.

Todos los ríos son canales de evacuación de aguas residuales domésticas crudas, por lo que el aprovechamiento de los ríos está muy limitado.

### Demanda Bioquímica de Oxígeno

Los sitios de muestreo de mayor demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub> son: A-17-ACELH con 181 mg/l, seguido del A-01-MATAL con 125 mg/l y el A-14-ACELH con 57 mg/l, todos pertenecientes a la Región Lempa.

La mas baja DBO<sub>5</sub> del estudio se reporta en el Río Sumpul con 0.1 mg/l, en el sitio A-01-SUMPU; con 0.2 mg/l se reportan cinco sitios que son: C-02-SUCIA, C-01-GUAYA, A-02-RTITI, A-03-TITI y A-02-SUMPU.

### Fenoles

Todas las regiones hidrográficas reportan contaminación por compuestos fenólicos que deterioran significativamente la calidad del agua, el valor promedio en el agua de los ríos del país es 1,800 µg/l; en la Región Lempa la concentración promedio de Fenol es 1,760 µg/l,

La valoración del Subíndice del Fenol en la fórmula del ICAs establece que si la concentración de Fenol es mayor de 10 µg/l la calidad sanitaria es inaceptable

En el país, el Fenol en agua superficial excede 10 µg/l.

### Nitrógeno Amoniacal

La mayor concentración de Nitrógeno Amoniacal se presenta en el Río Matalapa sitio A-01-MATAL con valor de 28.25 mg/l y el Río Acelhuate en todos los sitios de muestreo.

La Región "F" resulta con los valores mas bajos de Nitrógeno Amoniacal, el Río Jiboa tiene 0.1mg/l en el sitio F-02-JIBOA, otro sitios de baja contaminación relativa es el A-03-SUMPU con 0.13 mg/l.

Debido a la incursión de aguas residuales ordinarias en los ríos, la concentración de Nitrógeno amoniacal es relevante en todos los puntos evaluados.

### Salinidad

Las regiones hidrográficas del país presentan salinidad en el rango de 0.1 a 0.4 ppm

### Sólidos Disueltos Totales

La región Jiboa presentó la mayor concentración de sólidos totales disueltos con valores entre 101 a 780 mg/l. Tres sitios de la región "F" presentan valores de 780 mg/l, 750 mg/l y 740 mg/l.

La Región "J" en el sitio J-03-GOASC presenta 850 mg/l, que resulta en la mayor cantidad de sólidos disueltos totales del estudio.

### Metales pesados en agua

Con respecto a la presencia de metales pesados en las aguas superficiales del país se concluye:

#### Arsénico, As

El contaminante Arsénico se reporta en 62 sitios de muestreo equivalentes a 55% de las muestras recolectadas.

No se reporta As en las Regiones Hidrográficas "G" y "C" excepto en el sitio de muestreo C-03-SUCIA.

Los sitios de muestreo F-03-JIBOA, F-04-JIBOA y F-05-JIBOA presentan las concentraciones más altas de Arsénico del estudio, en el rango de 0.1122 a 0.1230 mg/l.

La concentración mayor de As que se reporta es 0.1230 mg/l en la Región Hidrográfica Jiboa, sitio F-04-JIBOA.

El criterio de calificación del ICAs para el contaminante Arsénico, establece que si la concentración de As es mayor a 0.1 mg/l, no es aceptable la Calidad Sanitaria del agua, así el sitio de muestreo F-04-JIBOA resulta de Calidad "Mala", por la contaminación por As contaminación fecal y por materia orgánica.

#### Mercurio, Hg

En la región Hidrográfica "F" y "G" no se reporta Mercurio en el agua superficial.

El estudio determina que el Mercurio se encuentra en el agua de 32 sitios de muestreo, equivalentes a 28.3% de las muestras.

La concentración mayor que se reporta es 0.2030 mg/l en el Río Pasquina en el sitio de muestreo J-01-PASAQ. Es importante señalar que 6 de los 7 sitios muestreados en la Región "J" Goascorán presentan contaminación por Mercurio. La Región "I" Sirama también presenta contaminación por Mercurio.

La Calidad Sanitaria del agua es inaceptable, si la concentración de Hg es mayor a 0.002 mg/l, por lo que se determina que en las Regiones "I" y "J" el agua superficial representa un riesgo y la aptitud de uso es muy limitada.

#### Cromo total, Cr

Se reporta en 94 sitios que equivalen a 83.2% de los sitios de muestreo. La máxima concentración que se reporta es 0.0353 mg/l que corresponde al sitio de muestreo A-04-ARANC del Río Aranchacal, de la Región Lempa.

#### Plomo, Pb

El Plomo se reporta en el 28.3% de los sitios de muestreo equivalente a 44 sitios.

No hay presencia de Plomo en el agua superficial, de la Región Grande de Sonsonate-Banderas y en la Región Hidrográfica Grande de San Miguel.

En los sitios muestreados de la región "B", no hay presencia de Plomo en el agua superficial.

La mayor concentración de Plomo que se reporta es 0.667 mg/l, en el Río Acahuapa en el sitio de muestreo A-04-ACAHU.

La presencia de metales pesados deteriora sensiblemente la calidad sanitaria del agua, debido a la toxicidad de los mismos y bioacumulación.

### **Calidad de los sedimentos**

El comportamiento y efecto de los tóxicos está ligado a como se particionen los sólidos entre la fase líquida y el sedimento, por lo que el estudio de línea base ha investigado los niveles de concentración de los metales pesados en la forma disuelta y particulada.

Se evaluaron 10 sitios para determinar concentración de metales pesados en sedimentos de fondo de ríos, las muestras están distribuidas así: 8 muestras en la Región Lempa (Región "A"), 1 muestra en la Región del Grande de Sonsonate (Región "D"), y 1 muestra en la Región del Grande de San Miguel (Región "H").

A continuación, se presenta los resultados de contaminación por As, Hg, Cr y Pb en sedimentos de los canales principales de los ríos del país.

#### Arsénico, As

El 90% de las muestras de sedimentos presentan Arsénico, a excepción de la muestra del Río Grande de San Miguel.

La concentración mayor encontrada es 0.49 ppm, correspondiendo al Río Sucio en sitio de muestreo A-24-SUCIO, en la fase líquida se reporta una concentración de 0.0212 mg/l.

#### Mercurio, Hg

El contaminante Mercurio se encontró en todas los sedimentos, excepto en el sedimento del sitio A-24-SUCIO ( Río Sucio, altura de la Hacienda San Francisco).

La concentración mas alta que se encontró es 0.81 mg/l y corresponde al sedimento en el Río Titihuapa en el sitio de muestreo A-03-TITI, la concentración es mayor que el valor guía ERM por lo que es probable la toxicidad en la cadena trófica.

Al evaluar los niveles de Hg en el agua del sitio A-03-TITI ( 0.003 mg/l ), se determina que hay acumulación de Hg en el sedimento.

En el sedimento del sitio D-03-GRAND la concentración de Hg es 0.33 ppm, sin embargo en la fase líquida (agua) no se encontró el Hg.

En el sitio H-02-GRAND el Hg en sedimentos es 0.31 ppm y en la fase líquida se reporta la concentración de 0.0170 mg/l.

En la Región "A", el Río Acelhuate, el sedimento del sitio A-14-ACELH reporta Hg en 0.42 mg /l, en la fase líquida no se reporta este contaminante.

#### Cromo total, Cr

El 100% de las muestras reporta presencia de Cromo total. La menor concentración encontrada es 5.15 ppm y la mayor 51.30 ppm, esta última corresponde al Río Suquiapa en el sitio de muestreo A-23-SUQUI. Es importante señalar que ese sitio, en la fase líquida, se reporta el Cr en 0.0029 mg/l, por lo que se determina hay acumulación de Cr en el fondo del Río Suquiapa.

El sedimento del sitio H-02-GRAND presenta 30.09 ppm y el agua de ese sitio de muestreo tiene Cr total de 0.0073 mg/l.

#### Plomo, Pb

Las concentraciones de Plomo encontradas en sedimentos presentan a nivel nacional, un valor máximo de 103.04 ppm en la Región "A", en el Río Acelhuate, antes de la desembocadura en el Río San Antonio, sitio de muestreo A-14 -ACELH.

En la fase líquida, el sitio de muestreo A-14 -ACELH presenta una concentración de Pb de 0.0 mg/l.

En los sedimentos del sitio A-17 ACELH, (Río Acelhuate luego de la desembocadura del Río Las Cañas, Cantón Joya Grande), la concentración de Pb es 100.54 ppm y en la fase líquida de ese sitio, el Pb tiene una concentración 0.0 mg/l.

En la Región "A", sitio A-19-LEMPA, en los sedimentos la concentración de Pb es 85.24 ppm y en el agua superficial de ese sitio, hay una concentración de 0.0016 mg/l.

El sitio A-03-TITI los sedimentos resultan con niveles de Pb de 76.10 ppm y en la fase líquida se encontró 0.0 mg/l.

En el sitio de muestreo A-24-SUCIO, el Pb en sedimentos tiene concentración de 13.88 ppm y en la fase líquida no se reporta presencia de Pb.

En el Río Sucio, Colonia Joya de Cerén en Opico que corresponde al sitio de muestreo A-15-SUCIO, la concentración de Pb en sedimentos es 13.15 ppm y en la fase líquida es 0.0 mg/l.

El Río Suquiapa en el sitio de muestreo A-23-SUQUI tiene concentración de Pb de 11.75 ppm y en la fase líquida no se reporta presencia de Pb.

En los sedimentos del sitio A-25 ACELH, (Río Acelhuate Puente El Tule, antes de la desembocadura en el Río Lempa), la concentración de Pb es 9.63 ppm y en el agua superficial de ese sitio, el Pb tiene una concentración 0.0 mg/l.

### **Cantidad de agua**

Los caudales de los ríos se ven drásticamente reducidos en la época seca, situación que se agrava debido a la deforestación de las zonas de recarga de las regiones hidrográficas y a la pérdida de zonas de vida, esta reducción de caudal limita la capacidad de los mismos para depurar los vertidos, la velocidad de reoxigenación de los cauces es lenta y no se logra oxidar los contaminantes.

### **Recomendaciones**

Diferentes estudios han abordado y alertado del grave deterioro de calidad que sufren los recursos hídricos superficiales, esta investigación determina que el escenario de deterioro de los ríos de El Salvador se mantiene y se agrava, sin que se realicen acciones para el control de la contaminación.

La investigación realizada completa el tema de calidad de agua de los ríos de El Salvador para diferentes aptitudes de uso y constituye punto de partida para focalizar acciones en sitios y regiones específicos.

Como aportación a la discusión sobre la calidad del agua superficial, se enuncian las recomendaciones:

1. Los datos de metales pesados en fase líquida y sedimentos de los ríos del país, que esta investigación reporta, constituye una línea base que debe tener seguimiento en tiempo y espacio, para evaluar las oportunidades de descontaminación de los ríos y para orientar las propuestas de normativas de vertidos en cuanto a niveles permisibles.

2. Realizar investigaciones de calidad de agua superficial en las regiones más impactadas como son: Lempa, Goascorán, Bahía de Jiquilisco, Grande de San Miguel, Paz y Sirama, para identificar la contaminación de tipo común y la tóxica y las fuentes que lo generan.

3. Elaborar perfiles de proyectos pilotos en las regiones hidrográficas críticas enfocados a la descontaminación de los ríos.

4. Buscar apoyo internacional para realizar obras de descontaminación de los sistemas fluviales.

5. Un inventario de las fuentes de contaminación de ríos por compuestos fenólicos es urgente, debido a la toxicidad del mismo y al impacto directo que tiene en la Calidad Sanitaria del agua, ICAs.

6. La depuración de las aguas servidas domésticas debe ser un proyecto prioritario e impostergable para el país. La contaminación fecal es uno de los principales causantes del deterioro de la calidad del agua.

7. La práctica de pesca con uso de químicos constituye una fuente de contaminación de los ríos, se requiere controlar y penalizar esta practica.

8. Evaluar el comportamiento de las sistemas hidricos en época de lluvias para determinar la capacidad de dilución y auto depuración.

El Informe final esta acompañado de la sección de Anexos con información complementaria, como son: fichas de la revisión de archivos documentales, metodología y listado de equipos utilizados, reportes de laboratorio con resultados de análisis de agua y sedimentos, reportes de aforos, normas guías de calidad de ríos y archivo de fotografías de la consultoría,

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS GENERAL .....	1
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
1.3. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DEL INFORME.....	1
1.4. REGIONES HIDROGRÁFICAS DE EL SALVADOR.....	3
1.5. CALIDAD DEL RECURSO SUPERFICIAL.....	3
1.6. IMPACTO DE LOS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES.....	4
1.7. IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN EN LA SALUD HUMANA.....	6
1.8. ANTECEDENTES DE CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES Y SEDIMENTOS.....	6
1.8.1 Investigaciones de Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET.....	7
1.8.2 Investigación de Agencia de Cooperación Internacional de Japón JICA y MARN. Estudio para el Establecimiento del Sistema de Monitoreo de la Calidad de las Aguas en el Golfo de Fonseca. Marzo 2006.....	21
1.8.3 Proyecto de Desarrollo Rural Paracentral PRODAP II. MAG / FIDA. Febrero 2004. Estudio de la Calidad de las Aguas Superficiales de los principales ríos del área de Influencia del PRODAP II Informe Final.....	24
1.8.4 Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA – Fondo Iniciativa para las Ameritas FIAES .....	26
<b>II. ALCANCE DE LA CONSULTORÍA.....</b>	<b>28</b>
2.1. RED DE MONITOREO SNET.....	28
2.2. PARÁMETROS A DETERMINARSE PARA EL DIAGNÓSTICO DE ICAs.....	32
2.3 DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	32
<b>III. METODOLOGÍA DEL ESTUD.....</b>	<b>33</b>
3.1 METODOLOGIA PARA EL MUESTREO DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL.....	33
3.1.1 Programación de Campo y Preparación de Equipos y Materiales.....	33
3.1.2 Medición de Parámetros en Campo.....	34
3.1.3 Toma de muestras.....	34
3.1.4 Control de Calidad del muestreo en campo.....	36
3.1.5 Preservación, etiquetado y almacenamiento de muestras.....	36
3.1.6 Cadena de Custodia en Campo.....	37
3.2 MÉTODO DE MUESTREO DE SEDIMENTOS .....	39

3.3 DETERMINACIONES Y MEDICIONES.....	40
3.3.1 Interpretación del ICAs.....	43
3.4 METODOLOGÍA PARA INTERPRETAR LA CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS.....	44
3.5 METODOLOGÍA PARA MEDICIONES DE CANTIDAD.....	45
3.5.1 Equipo Utilizado.....	45
<b>IV. RESULTADOS DE ANÁLISIS Y DETERMINACIONES.....</b>	<b>46</b>
4.1 RESULTADOS DE MEDICIONES IN SITU Y DETERMINACIONES ANALÍTICAS EN AGUA SUPERFICIAL Y SEDIMENTOS.....	46
4.2 RESULTADOS DE CAUDAL DE AGUAS SUPERFICIALES.....	50
<b>V. DIAGNÓSTICO NACIONAL DE LA CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES ..</b>	<b>52</b>
5.1 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "A" LEMPA.....	52
5.1.1 Calidad de sedimentos de Región Hidrográfica Lempa.....	61
5.2 CALIDAD SANITARIA DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "B" PAZ.....	63
5.2.1 Índice de Saneamiento de las Aguas ICAs.....	63
5.3 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "C" CARA SUCIA - SAN PEDRO.....	66
5.4 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "D" GRANDE DE SONSONATE - BANDERAS	69
5.4.1 Resultados de metales pesados en sedimentos Región Grande de Sonsonate - Banderas.....	72
5.5 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "E" MANDINGA – COMALAPA.....	73
5.6 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "F" JIBOA – ESTERO DE JALTEPEQUE	76
5.7 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "G" BAHÍA DE JIQUILISCO.....	79
5.8 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "H" GRANDE SAN MIGUEL.....	82
5.8.1 Calidad de Sedimentos en la Región "H".....	85
5.9 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "I" SIRAMA.....	86
5.10 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DE REGIÓN HIDROGRÁFICA "J" GOASCORÁN.....	88
<b>VI CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
6.1 CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES.....	92
6.2 CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS.....	99
6.2.1 Arsénico, As.....	99
6.2.2 Mercurio, Hg.....	99
6.2.3 Cromo, Cr.....	100
6.2.4 Plomo, Pb.....	100

6.3 CANTIDAD DE AGUA.....	103
---------------------------	-----

<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>104</b>
----------------------------------	------------

<b>VIII. REFERENCIAS.....</b>	<b>106</b>
-------------------------------	------------

**ANEXOS.**

**Anexo 1.** Fichas de la revisión de archivos documentos

**Anexo 2.** Listado de equipos

**Anexo 3.** Reportes de laboratorio con resultados de análisis en agua y sedimentos

**Anexo 4.** Reportes de aforos

**Anexo 5.** Normas y guías de calidad de ríos

**Anexo 6.** Archivo de fotografías de la consultoría

**Anexo 7.** Presentación de Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador (diapositivas)

**Anexo 8.** Producto Uno Informe Inicial. Diagnóstico Nacional de la Calidad de Las Aguas Superficiales de El Salvador.

## INDICE DE TABLAS

No	TABLA	PÁG
1.1	Regiones Hidrográficas en El Salvador.....	3
2.1	Listado de Sitios de Muestreo.....	29
2.2	Distribución de numero de sitios de muestreo por región hidrográfica.....	28
2.3	Parámetros a determinarse para diagnóstico de ICAS.....	32
3.1	Especificación de las muestras para análisis de agua superficial.....	37
3.2	Especificación para la toma de muestra de sedimentos.....	39
3.3	Calificación de ICAs.....	43
3.4	Valores guías de concentración de metales pesados en sedimentos.....	44
3.5	Estándares de componentes químicos de la normativa de Holanda 2000 en Sedimentos.....	44
4.1	Resultados de mediciones In Situ y Determinaciones analíticas en aguas superficiales	47
4.2	Resultados de metales pesados en sedimentos de las regiones hidrográficas de El Salvador.....	49
4.3	Mediciones de caudal en ríos, m <sup>3</sup> /seg.....	50
5.1	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de región Hidrográfica Lempa.....	52
5.2	Resultados de metales pesados en sedimentos región Lempa.....	61
5.3	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de región Hidrográfica Paz.....	63
5.4	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de región Cara Sucia –San Pedro.....	66
5.5	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la región Grande de Sonsonate-Banderas.....	69
5.6	Resultados de metales pesados en sedimentos región Grande de Sonsonate-Banderas.....	72
5.7	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de región Mandinga – Comalapa.....	73
5.8	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la región hidrográfica "F" Jiboa-Estero de Jaltepeque.....	76
5.9	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la Región hidrográfica Bahía de Jiquilisco.....	79
5.10	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la Región hidrográfica "H" Grande de San Miguel.....	82
5.11	Calidad de los sedimentos en Región "H" .....	85
5.12	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la región Sirama.....	86
5.13	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la región Río Goascorán.....	88

## INDICE DE FIGURAS

<b>No</b>	<b>FIGURA</b>	<b>PÁG</b>
2.1	Mapa de Ubicación de Sitios de Muestreo Aguas Superficiales.....	30
2.2	Mapa de Ubicación de Sitios de Muestreo de Sedimentos en Ríos.....	31
3.1	Segmentación de la Transversal del Río.....	35
5.1	Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la Región Hidrográfica "A".....	54
5.2	Resultantes de Oxígeno disuelto en la Región Hidrográfica "A".....	55
5.3	Coliformes Fecales en Agua Superficiales Región Hidrográfica "A".....	57
5.4	Plomo en Agua Superficial Región Hidrográfica "A".....	60
5.5	Niveles de Plomo en sedimento.....	62
5.6	Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales Región Hidrográfica "B".....	63
5.7	Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "B".....	64
5.8	Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de la región hidrográfica "C".....	67
5.9	Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "C".....	68
5.10	Distribución porcentual de índice de Calida Sanitaria ICAs región "D".....	70
5.11	Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "D".....	71
5.12	Distribución de Calida Sanitaria de la Región Hidrográfica "E".....	74
5.13	Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "E".....	75
5.14	Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de la Región "F".....	77
5.15	Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "F".....	78
5.16	Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de la Región "G".....	80
5.17	Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "G".....	81
5.18	Distribución porcentual de la Calidad Sanitaria en la Región "H".....	83
5.19	Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "H".....	84
5.20	Calidad Sanitaria de los Aguas Superficiales de la Región "J".....	88
5.21	Coliformes Fecales en Agua Superficial Regiones Hidrográficas "I" y "J".....	90
6.1	Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador.....	92
6.2	Índice de Calidad Sanitaria del Agua por Región Hidrográfica (Puntaje ICAs)	94
6.3	Arsénico, Mercurio y Cromo en sedimento en regiones hidrográficas de El Salvador.....	102

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Objetivo General**

El objetivo de la consultoría es realizar el Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales del país, a través de la investigación de los niveles de metales pesados y la aplicación del Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)

### **1.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar la medición de parámetros de calidad de agua en campo (temperatura de la muestra, temperatura ambiente, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto).
2. Recolección, custodia y traslado de muestras para análisis bacteriológico, fisicoquímicos, DBO<sub>5</sub> y metales tanto para aguas superficiales como para sedimentos de fondo en los ríos.
3. Realizar mediciones de caudal (aforos volumétricos y con molinete)

### **1.3 Descripción del Contenido del Informe**

El Informe de la consultoría, se ha estructurado en seis capítulos, cuyo contenido se describe a continuación

Capítulo I. Introducción del Informe de la Consultoría y objetivos. Se describe la estructura del Informe y el contenido.

En esta sección se describe el ámbito físico del estudio, las regiones hidrográficas del país, la calidad de las aguas superficiales, la contaminación y el impacto de la contaminación en el ambiente y salud humana, se presenta un resumen de estudios previos sobre contaminantes en agua y calidad de sedimentos.

Capítulo II. Alcance de la consultoría. En este capítulo se presentan los sitios de muestreo de calidad de agua y sedimentos, éstos constituyen la Red de Monitoreo de Calidad del del Recurso Hídrico Superficial, establecida por Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET. Se presenta la georeferencia y dirección de los mismos. También se presenta en esta sección los parámetros y determinaciones analíticas a realizarse para determinar la Calidad Sanitaria del Agua.

Capítulo III. Metodología del estudio. En esta sección se describe la metodología del trabajo de campo en lo referente a toma de muestra, preservación, custodia y entrega en laboratorios, especificación de equipos y materiales, la metodología para medición de

caudal de ríos y la metodología de interpretación de resultados por medio del Índice de Calidad Sanitaria.

Capítulo IV. Resultados de análisis y determinaciones. En esta sección se presenta matriz resumen de los resultados de mediciones in situ y determinaciones analíticas de agua y sedimentos, también se presenta el índice de Calidad Sanitaria del Agua.

Capítulo V. Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales. Se presenta para cada una de las Regiones Hidrográficas: "A", "B", "C", "D", "E", "F", "G", "H", "I", "J", la valoración de la calidad sanitaria por el ICAs que clasifica el agua como "Excelente", "Buena", Regular, "Mala" y "Pésima". Se analiza los resultados de cada uno de los parámetros que intervienen en la valoración del ICAs. Los niveles de metales pesados en sedimentos se interpretan al compararlos versus normativas internacionales.

Capítulo VI. Conclusiones. Se analizan los resultados a nivel del país, identificando las características fisicoquímicas, bacteriológicas y de metales pesados de agua superficial, señalando los resultados relevantes de especial mención; se presentan los resultados de Calidad Sanitaria ICAs y los resultados de los metales pesados en sedimentos.

Capítulo VII Recomendaciones

Se presentan recomendaciones orientadas a la protección del recurso hídrico superficial.

Capítulo VIII Referencias

Se presenta una sección de Anexos donde se tiene los documentos que complementan el estudio y sirven para ampliación e interpretación, como son: Anexo 1 fichas de la revisión de archivos documentales, Anexo 2 metodología y listado de equipos utilizados, Anexo 3 reportes de laboratorio con resultados de análisis de agua y sedimentos, Anexo 4 reportes de aforos, Anexo 5 normas guías de calidad de ríos, Anexo 6 archivo de fotografías de la consultoría,

## 1.4 Regiones Hidrográficas de El Salvador

El Salvador se encuentra dividido en diez Regiones Hidrográficas con características geomorfológicas similares, las regiones y su extensión superficial se presentan a continuación:

**Tabla No. 1.1.** Regiones Hidrográficas en El Salvador.

<i>Identificación</i>	<i>Región Hidrográfica</i>	<i>Area (Km<sup>2</sup>)</i>
"A"	LEMPA	10,167.6
"B"	PAZ	919.93
"C"	CARA SUCIA – SAN PEDRO	768.85
"D"	GRANDE DE SONSONATE - BANDERAS	778.43
"E"	MANDINGA - COMALAPA	1,294.55
"F"	JIBOA – ESTERO DE JALTEPEQUE	1,638.62
"G"	BAHIA DE JIQUILISCO	779.01
"H"	GRANDE DE SAN MIGUEL	2,389.27
"I"	SIRAMA	1,294.55
"J"	GOASCORAN	1,044.44

Fuente: Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador. Componente Evaluación de Recursos Hídricos, SNET. Diciembre 2005,

El principal río del país por su longitud, caudal y área de recogimiento es el río Lempa, seguido por los ríos Grande de San Miguel, el Río Paz y el Río Goascorán.

## 1.5 Calidad del recurso superficial<sup>1</sup>

Diversas actividades humanas degradan la calidad en las aguas naturales, por ejemplo, las actividades agrícolas, los desechos industriales, aguas de desecho de establecimientos ganaderos o agroindustriales, vertidos de origen humano como aguas residuales domésticas también, alteraciones por causas naturales como derrumbes, erosión, infiltraciones de agua subterránea, deslizamientos, entre otros.

El problema de la contaminación ha alcanzado un nivel crítico en El Salvador, lo que compromete las posibilidades de desarrollo para el país por sus efectos en la disponibilidad de agua y en la salud humana: primero el deterioro mismo del recurso limita

---

<sup>1</sup> SNET, "Diagnostico Nacional de Calidad de las Aguas Superficiales" , 2007

sus usos posibles, segundo el impacto negativo que se genera en la salud de los pobladores de las zonas, en especial de los sectores más pobres del país y tercero el impacto negativo que se genera al alimentar a la población del país con productos contaminados.

### **1.6 Impacto de los contaminantes en la calidad de las aguas superficiales<sup>2</sup>**

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

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

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

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

---

<sup>2</sup> SNET, "Diagnostico Nacional de Calidad de las Aguas Superficiales" , 2007

Comparación entre los contaminantes convencionales y los tóxicos<sup>3</sup>.

Las sustancias tóxicas exhiben frecuentemente características que son muy diferentes a los de los contaminantes comunes (DBO<sub>5</sub>, Nitrógeno Amónico, Coliformes, etc).

La descarga de contaminantes tradicionales se enmarca en los ciclos naturales de materia orgánica que se descompone y agrega nutrientes orgánicos e inorgánicos, produciendo una estimulación de los procesos naturales. En cambio para sustancias tóxicas el efecto es de interferencia o envenenamiento de los mismos sistemas.

Otro aspecto, es que los contaminantes tradicionales tratan principalmente con los efectos estéticos de la misma, sin ser esta una regla general, mientras que los contaminantes tóxicos se relacionan con efectos en la salud vía agua potable o alimentos de origen acuático.

Finalmente se debe notar que los contaminantes tradicionales usualmente se distribuyen en una sola fase. En cambio el comportamiento y efecto de los tóxicos está ligado a como se particionen los sólidos entre la fase líquida y el sedimento, debiéndose hacer una diferenciación entre la forma disuelta y particulada.

#### *Contaminantes convencionales*

Comúnmente el problema se encuentra en la fase disuelta, en este caso puede estar absorbido en los sólidos suspendidos o en los sedimentos

El tiempo medio de residencia en los cuerpos de agua es habitualmente igual al tiempo medio de residencia de las aguas e movimiento

La mayoría se degrada en sustancias no dañinas

#### *Contaminantes tóxicos*

Puede permanecer en sedimentos por años.

Muchos se transforman en sustancias tóxicas y otras son persistentes a la degradación y pueden bioacumularse.

---

<sup>3</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección general de Recursos naturales renovables. Programa Ambiental de El Salvador. PAES. Monitoreo de la contaminación hídrica de los afluentes del embalse de Cerrón grande. PAES 2000/09/04/07-MRH Informe Final Fase II José Eliseo Lobos. 2002.

### **1.7 Impacto de la contaminación en la salud humana<sup>4</sup>**

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

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) las enfermedades gastrointestinales son una de las primeras diez causas de muerte en el país. Las bacterias más frecuentes en las aguas contaminadas son las Coliformes fecales que se encuentran en las heces humanas. La escorrentía superficial y, por consiguiente, la contaminación por fuentes no localizadas contribuye de forma significativa al alto nivel de agentes patógenos en las masas de agua superficiales, lo cual, aunado a los deficientes servicios rurales de higiene contribuyen a aumentar el riesgo para los pobladores.

Por otro lado es importante tomar en cuenta que la presencia de otros compuestos como metales pesados, compuestos orgánicos persistentes como los plaguicidas generan enfermedades a mediano y largo plazo y puede comprometer la herencia genética de las futuras generaciones del país.

### **1.8 Antecedentes de calidad de aguas superficiales y sedimentos**

Diferentes investigaciones de campo, sobre la calidad del agua superficial se han realizado en los últimos diez años en el país.

De estas investigaciones especial mención merecen las realizadas en las Subcuencas Acelhuate, Sucio y Suquiapa, por cuanto han identificado las fuentes de contaminación puntual y dispersa, tipo de contaminantes, determina la Calidad Ambiental ICA en diferentes tramos, identifica tramos críticos, ha modelado los parámetros de Oxígeno disuelto y DBO<sub>5</sub> para determinar la capacidad de auto depuración de los ríos y se han propuesto estrategias para descontaminarlos.

Los resultados de estas investigaciones han sido valiosos por cuanto han concientizado a la sociedad acerca de la grave contaminación hídrica y han contribuido a la discusión técnica de las normativas de calidad de vertidos, norma de calidad ambiental de ríos y normas para diferentes usos del recurso.

El Diagnóstico Nacional de la Calidad de Agua del SNET, del 2007, es el estudio más completo de calidad de agua, al evaluar el ICA de los principales cursos de agua de las Regiones Hidrográficas de El Salvador. El ICA considera parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

---

<sup>4</sup> SNET, "Diagnostico Nacional de Calidad de las Aguas Superficiales" , 2007

De la revisión documental se determina que es necesario completar las investigaciones desarrolladas de Calidad de Agua Superficial, al considerar los metales pesados en la evaluación de calidad del agua y también determinar la calidad de los sedimentos, con el objeto de identificar áreas críticas en los canales de los ríos y controlar las fuentes de contaminación.

Por lo anterior, se justifica esta investigación de línea base del ICAs la cual considera en su valoración los niveles de concentración de metales pesados As, Hg, Cr y Pb en todas los sitios de muestreo de la Red de Monitoreo de Calidad del Recurso Hídrico Superficial.

Para evaluar en el tiempo y espacio la presencia de metales en el agua y conocer su comportamiento químico en el mediano plazo se incluye también en esta investigación de línea base las determinaciones de metales pesados As, Hg, Cr y Pb en los sedimentos de los fondos del río.

Constituye marco conceptual del estudio, el resumen de la revisión de las investigaciones previas siguientes, que se presenta estructurado por nombre de la institución, título de la publicación, objetivos, sitio de estudio y resultados.

### **1.8.1 Investigaciones de Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET.**

#### **1.8.1.1 Índice de Calidad del Agua General. Publicación del Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET. Sin fecha**

##### **Objetivo**

Establece la metodología y parámetros para determinar la Calidad del Agua, referida como Índice de Calidad del Agua General ICA.

Este índice es ampliamente utilizado habiendo sido diseñado en 1970, y es utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

Para determinar el valor del "ICA" es necesario que se tengan las mediciones de 9 parámetros implicados en el cálculo del Índice los cuales son: coliformes fecales, pH, (DBO<sub>5</sub>), Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos Totales, Oxígeno disuelto.

##### **Interpretación del ICA**

El "ICA" adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio.

Las aguas con "ICA" mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella.

Las aguas con un "ICA" de categoría "Regular" tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.

Las aguas con un "ICA" de categoría "Mala" pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación.

Las aguas con un "ICA" que caen en categoría "Pésima" pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación.

#### **1.8.1.2 "Evaluación de la Calidad del Agua del Canal principal del Río Acelhuate" Periodo 2002 al 2005. Servicio Nacional de Estudios Territoriales / Servicio Hidrológico Nacional/02 Marzo 2005**

El estudio evalúa la Calidad del Agua del Río Acelhuate por su aptitud para desarrollo de la vida acuática y para el contacto humano. La Calidad del Agua se determina por medio del Índice de Calidad General (ICA). La valoración del ICA es según la tabla siguiente:

Calidad de agua	Rango de valor	Usos del agua
Excelente	91 a 100	Contacto humano, Vida Acuática
Buena	71 a 90	Contacto humano, Vida Acuática
Regular	51 a 70	Restricciones para el contacto humano, Limita Vida Acuática
Mala	26 a 50	Restricciones para el contacto humano y Limita Vida Acuática
Pésima	0 a 25	Restricciones para el contacto humano y Limita Vida Acuática

El ICA se ha determinado por medio de dos muestreos anuales, que se realizan para el inicio y final de la época seca (Noviembre y Marzo). El estudio incluye además mediciones de caudal del río.

### **Objetivo del estudio**

1. Evaluar la mejora o deterioro de la calidad de las aguas por el calculo del Índice de Calidad de Agua General (ICA), en el periodo del 2002 a 2005.

### **Sitio de estudio**

Canal principal del Río Acelhuate, en cuatro sitios de control del río desde su nacimiento hasta antes de su desembocadura al Río Lempa; los sitios de muestreo son:

1. Río Matalapa (Nacimiento, Río Matalapa contiguo a parque Saburo Hirao en San Salvador, a 59.49 km antes de la desembocadura. Nacimiento del Río Acelhuate
2. Río Acelhuate (Apopa) Río Acelhuate antes de confluencia con Río San Antonio en Cantón Bonete, a 30.8 km antes de la desembocadura. Ciudad de Apopa
3. Río Acelhuate (Adelante de Apopa) Río Acelhuate luego de desembocadura del Río San Antonio en Cantón Joya Grande, a 28.55 km antes de la desembocadura. Adelante de Ciudad de Apopa
4. Río Acelhuate (Desembocadura) Río Acelhuate en Cantón El Tule, antes de desembocadura al Río Lempa.

### **Resultados**

La calidad del agua del Río Acelhuate desde su nacimiento hasta su desembocadura va de pésima a mala calidad; la investigación determina que el agua es una amenaza para los pobladores que tienen contacto con ella y limita el desarrollo de vida acuática. Los niveles de contaminación fecal para el año 2005 a través de los coliformes fecales llegan hasta 30,000,000 NMP /100ml; el máximo para el contacto humano es de 1,000 bacterias/100 ml se puede ver que este límite máximo esta incluido 30,000 veces en la cantidad de bacterias que transporta el río. Esta carga de contaminación fecal ingresa al Embalse del Cerrón Grande, impactando la calidad sanitaria de los productos alimenticios generados con esa agua.

Para el año 2004 determina una mejora de la calidad de agua del río en un 40% con respecto al año 2003, lo que se debe probablemente a las campañas de remoción de desechos sólidos realizadas por el Comité Intersectorial del Río Acelhuate.

Para el 2005 se observa un deterioro grave de la calidad de las aguas del río, con respecto al año 2004, los resultados para la época seca presentan sitios de muestreo con

valores de cero unidades de oxígeno disuelto y valores muy elevados de carga orgánica biodegradables cuantificados a través de la  $DBO_5$  con datos de hasta 473 mg/l.

Con respecto a la cantidad de agua, el caudal medido para el año 2005 para la época seca es 30% mayor que el caudal correspondiente al año 2004, por lo anterior, se determina existe un aumento en la carga de contaminante para el primer tramo del río, la cual se puede deber a un aumento en la actividad industrial o descargas basura directamente al río.

### **1.8.1.3 Evaluación de la calidad de agua del Río Lempa en la Cuenca Alta Época Seca 2003-2004. Mayo 2004. MARN/SNET .Servicio Hidrológico Nacional.**

Este estudio determina la Calidad del Agua por su aptitud para desarrollo de la vida acuática y para el contacto humano. El muestreo fue desarrollado en noviembre del 2003, pasada la época lluviosa del año 2003 y marzo del 2004 antes de la época lluviosa.

#### **Objetivo**

Monitoreo de la Cuenca Alta del Río Lempa para estudiar la evolución de la calidad de agua a través del año, evaluar la amenaza que representa el agua a la población que tiene contacto con ella y las características del agua aptas para el desarrollo de vida acuática.

#### **Sitio de estudio**

El estudio se ha realizado en 5 sitios donde se determino las entradas mayores de contaminación al canal principal del río, los sitios son los siguientes:

- a) 01LEMPA, Río Lempa después de su ingreso al país, en Estación Hidrométrica Citalá
- b) 08LEMPA, Río Lempa antes de confluencia con el Río Peñanalapa
- c) 12LEMPA, Río Lempa, en el lugar El Tamarindo. Cantón Nancintepaque
- d) 17LEMPA, Río Lempa, antes de confluencia con Río Sucio
- e) 19LEMPA, Río Lempa, en hacienda San Rafael, Valle Nuevo

#### **Resultados**

Para noviembre 2003, el ICA clasifica tres de cinco sitios como de calidad "Buena", lo que indica en estos lugares que el agua no representa una amenaza para el contacto humano y existen condiciones para el desarrollo de vida acuática. Dentro de los

resultados se tiene niveles muy buenos de oxígeno disuelto, niveles alcalinos de pH y niveles menores de 1,000 NMP/100ml de coliformes fecales.

Los sitios ubicados aguas debajo de los ríos Ipayo, Las Pavas y Suquiapa el ICA los clasifica como de calidad "Regular", lo que indica una amenaza para el contacto humano y limita el desarrollo de vida acuática. Dentro de los resultados se observa niveles alcalinos de pH, buenos niveles de oxígeno disuelto y niveles mayores de 1000 bact/100ml de coliformes fecales.

Para marzo 2004, se produce un deterioro de la calidad de las aguas del río, desde su ingreso al país en la frontera con Honduras en Citalá el ICA clasifica el agua de calidad "Mala", con niveles de pH aproximado a 10 unidades y niveles de oxígeno disuelto menores de 1mg/l.

Los otros cuatro sitios el ICA los clasifica como de calidad "Regular" con niveles de oxígeno disuelto arriba de los 6 mg/l, niveles de pH alcalinos y niveles menores de 300 NMP/100ml de coliformes fecales.

#### **1.8.1.4 Balance Proyecto Balance Hídrico Integrado y Dinámico Componente Evaluación de Recursos Hídricos. Diciembre 2005. SNET**

##### **Objetivo**

Determinar el estado actual y proyecciones futuras del recurso hídrico en cuanto a cantidad y calidad, estableciendo la presión sobre el mismo al considerar su distribución espacial y temporal de oferta, disponibilidad y demanda, con el fin de ser una herramienta que permita desarrollar lineamientos de protección del recurso, ordenación de usos, ordenamiento territorial, mejorar la calidad de vida de la población y asegurar la inversión.

Referente a la calidad del agua, el objetivo específico es:

Realizar un análisis integrado y detallado de la cantidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas actuales y las restricciones de uso debido a su calidad.

En la temática de Calidad de Aguas Superficiales, el Proyecto contempla un programa de monitoreo a "largo plazo" para caracterizar temporal y espacialmente el comportamiento de las variables de calidad de agua, que hace factible el aprovechamiento de la misma para los usos priorizados en la cuenca, así como para detectar tendencias en los valores medios de las mismas a través del tiempo. Los usos de agua que evalúa el Proyecto son:

a. Agua cruda para potabilizar

- b. Agua para riego
- c. Agua con calidad ambiental
- d. Agua apta para el contacto humano

La aptitud del uso de agua se determina al comparar los resultados de parámetros con normativas existentes y propuestas.

Para la determinación de la Calidad Ambiental del Agua se utiliza el Índice de Calidad de Agua, ICA. El Proyecto también comprende la medición de cantidad de agua.

### **Sitio de estudio**

El Proyecto se ejecuta en la Red de Monitoreo de Calidad del Agua del Recurso Hídrico Superficial del SNET, que comprende 114 sitios de muestreo en las diez regiones hidrográficas del país. En la primera etapa el Proyecto ha evaluado 51 sitios en campaña de muestreo realizada de Diciembre del 2004 a Abril del 2005.

### **Resultados**

Todas las aguas superficiales evaluadas no cumplen con la aptitud de uso para potabilizar por métodos convencionales por los altos niveles de Fenoles. Aunque las aguas pueden ser potabilizada a través de métodos no convencionales para su eliminación, incrementando el costo de tratamiento.

De 51 sitios de muestreo evaluados, solamente el 33% de las aguas cumplen con la calidad sanitaria necesaria para potabilizar. Es decir, el 77% se puede considerar no apto para este uso.

De 51 sitios de muestreo evaluados, solamente el 55% de las aguas cumple con la carga orgánica biodegradable cuantificada por la DBO<sub>5</sub> para potabilizar.

En general las aguas superficiales del país tienen una calidad de agua físico-química buena para riego, exceptuando pocos casos donde los niveles de contaminación son muy altos y afectan la conductividad de sus aguas como en los ríos Acelhuate, Sucio y Grande de San Miguel.

De 51 sitios de muestreo evaluados para riego, solamente el 33% de las aguas cumplen con la calidad sanitaria necesaria; el otro 77% no lo cumple por los altos niveles de Coliformes fecales.

De las seis regiones hidrográficas evaluadas con el Índice de Calidad de Aguas el 11.70% son aguas con una calidad ambiental que permite el desarrollo de vida acuática.

De las seis regiones hidrográficas evaluadas con el Índice de Calidad de Aguas el 41.70% son aguas con una calidad ambiental que limita el desarrollo de vida acuática.

De las seis regiones hidrográficas evaluadas con el Índice de Calidad de Aguas el 41.20% son aguas con una calidad ambiental que dificulta o no permite el desarrollo de vida acuática.

De las seis regiones hidrográficas evaluadas para la normativa de contacto humano el 37.25% cumplen con la aptitud de uso.

De lo anterior, se puede concluir que de las regiones hidrográficas analizadas, el 77% de las aguas superficiales se encuentran con algún grado de contaminación tomando el caso el uso más restrictivo, para los otros usos el porcentaje de aguas contaminadas puede disminuir.

Los parámetros de calidad de agua que afectan principalmente la aptitud de uso del agua para potabilización fueron los fenoles, Coliformes fecales y Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

En el caso del riego, fueron los Coliformes fecales.

#### **1.8.1.5 Propuesta de Descontaminación del Canal Principal de los Ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. Octubre 2002. Tomado de "Estrategias de Descontaminación de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa". Elaborado por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (MARN) con información del Programa Ambiental de El Salvador (MAG). Servicio Hidrológico Nacional**

##### **Objetivos**

Elaborar una propuesta de trabajo técnica y económicamente factible para descontaminar los ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate con una calidad del agua que responda a un uso propuesto, en base a los planes de desarrollo locales y a un balance real entre economía y sostenibilidad del recurso. Con el objetivo de disminuir el riesgo a la salud de la población y el riesgo por la disminución de la disponibilidad hídrica.

##### **Objetivos Específicos**

- a) Elaborar y aplicar una metodología de trabajo y un enfoque de abordaje a la problemática de contaminación de los recursos hídricos para ser replicada en otras cuencas del país.
- b) Fortalecer la capacidad de monitoreo e investigación del país para abordar y solucionar problemas de contaminación de aguas superficiales.

c) Conocer la verdadera problemática de la contaminación de cada uno de los ríos en estudio: fuentes contaminantes, caracterización de dichas fuentes contaminantes, impacto de las fuentes en la calidad de agua del río, respuesta del río al vertido de efluentes domésticos e industriales.

d) Calificar la calidad del río a través de la aplicación de un Indicador de calidad de agua.

e) Proponer un uso para el río en base a uso actual del mismo, planes de desarrollo, población, aptitud del suelo y nivel de contaminación actual del río.

f) Elaborar un modelo de contaminantes orgánicos biodegradables (OD-DBO<sub>5</sub>) que replique el comportamiento del río para elaborar proyecciones a largo plazo en base a tratamientos aplicados o propuestos a aplicar, para definir la propuesta de descontaminación en los mismos.

Los parámetros tomados en campo fueron los siguientes: temperatura de la muestra, temperatura ambiente, pH, conductividad, oxígeno disuelto, salinidad.

La calidad del agua se determina por el Índice de Calidad General.

### **Sitio de estudio**

Subcuenca del Río Acelhuate, Subcuenca del Río Sucio y Subcuenca del Río Suquiapa.

Para evaluar el grado de contaminación de los recursos hídricos superficiales de cada una de las subcuencas se escogieron 11 sitios de control de contaminación

Para la modelación de OD-DBO<sub>5</sub> se tomo una red de 72 puntos.

### **Resultados**

El Río Acelhuate mantiene una calidad pésima de sus aguas en todo el recorrido del canal principal.

Adicionalmente la carga orgánica sumada por la descarga de desechos sólidos a lo largo de su recorrido es muy elevada y complica el manejo del recurso, mucho se lograría deteniendo esta fuente dispersa de contaminación en el Río Acelhuate.

#### **Río Sucio**

La contaminación es producida principalmente por las descargas de aguas negras del área urbana, vertidos agroindustriales e industriales.

la calidad del agua es mala, en el inicio o nacimiento del río Sucio, los niveles de oxígeno disuelto están arriba de las 4 mg/l, pero los niveles de coliformes fecales y nitrógeno total kjeldalh son elevados lo que hace que decaiga el índice.

En la estación que corresponde a la salida del Río Sucio del Distrito de Riego de Zapotitán el agua es de calidad pésima para el mes de abril, aunque el 67% de los datos la clasifica como de mala calidad. En esta estación los niveles de oxígeno disuelto están abajo de 4 mg/L y los niveles de Coliformes fecales son elevados con respecto a la estación anterior debido al manejo inadecuado de los desechos sólidos orgánicos del ganado en los establos y de los cerdos en las porquerizas.

En la estación que corresponde al Cantón y Caserío Joya de Cerén el 67 % de los datos valora el agua como de pésima calidad y solamente en el mes de junio la clasifica como de mala calidad. En el mes de junio los niveles de oxígeno disuelto son regulares, se encuentran arriba de 4mg/l y los niveles de Coliformes fecales son bajos lo que aunado permite que el índice tenga una mejor calificación que en fechas distintas.

En la última estación del Río Sucio la cual corresponde a la desembocadura, el índice clasifica en un 67% de los datos el agua como de mala calidad pero con un valor cercano a calidad regular. En esta estación los niveles de oxígeno disuelto son regulares y andan arriba de los 5 mg/l y los niveles de Coliformes fecales abajo de los 500 NMP/100 ml. Se concluye que en el canal principal del Río Sucio existe un proceso de auto depuración y la calidad asciende de pésima a mala antes de desembocar al Río Lempa, luego de un recorrido de un poco más de 54 Km.

El río Suquiapa, es contaminado principalmente por las descargas de aguas negras de las áreas urbanas, beneficios de café que aún descargan a los ríos (algunos sin darle tratamiento a sus aguas mieles), tenerías, industrias alimenticias y otros tipos de vertidos en la ciudad de Santa Ana.

En los puntos de control del nacimiento del Río Suquiapa, que corresponde a los ríos Sucio de Santa Ana y Aranchacal la calidad del agua es pésima debido a que los niveles de oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, Coliformes fecales y Nitrógeno total kjeldalh son característicos de aguas contaminadas y en la estación que corresponde a la desembocadura del Río Suquiapa al Río Lempa el agua presenta una mala calidad debido a los altos niveles de coliformes fecales y nitrógeno total kjeldalh producido probablemente por descargas no puntuales.

### **1.8.1.6 Evaluación de la Calidad de Agua del Río Grande de San Miguel. Septiembre 2004.**

#### **Objetivos**

El estudio evalúa la Calidad del Agua del Río Acelhuate por su aptitud para desarrollo de la vida acuática y para el contacto humano.

La Calidad del Agua se determina por medio del Índice de Calidad General (ICA). La valoración del ICA es según la tabla siguiente:

Este índice considera los siguientes parámetros: porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno de nitratos, fósforo de fosfatos, incremento de la temperatura, turbidez y sólidos disueltos totales.

El ICA se ha determinado por medio de dos muestreos anuales, que se realizan para el inicio y final de la época seca (Noviembre y Marzo). El estudio incluye además mediciones de caudal del río.

#### **Sitio de estudio**

Río Grande de San Miguel, en cuatro sitios de muestreo, cuya ubicación es la siguiente: 01GRANDE Río Grande de San Miguel, Estación Villerías, 02GRANDE Río Grande de San Miguel aguas debajo de la Ciudad de San Miguel en puente Moscoso, 03GRANDE Río Grande de San Miguel, Estación hidrométrica El Delirio y 04GRANDE Río Grande de San Miguel en Estación hidrométrica Vado Marín.

#### **Resultados**

Para el mes de noviembre el ICA clasifica los cuatro sitios estudiados como de calidad "Regular", lo que indica en estos lugares representan una amenaza para el contacto humano y no existen condiciones para el desarrollo de vida acuática. Dentro de los resultados se tiene niveles bajos de oxígeno disuelto y valores arriba de las 1,000 bact/100ml de coliformes fecales.

Al entrar a la Ciudad de San Miguel, el Río Grande presenta niveles elevados de Coliformes fecales por encima de los 2000 bacterias/100 ml y una contaminación orgánica biodegradable de siete unidades cuantificada a través de la DBO5.

Para el mes de marzo del 2004 se presenta un deterioro mayor de la calidad de las aguas del río, debido a que el ICA la clasifica como "Regular" para los sitios Villerías y El Delirio; para los sitios Puente Moscoso y Vado Marín la calidad de agua es "Mala".

El agua del río aguas abajo de la Ciudad de San Miguel presenta niveles de oxígeno disuelto menores a 1 mg/l y valores de coliformes fecales de hasta 2,2 millones de bacterias por 100/ml.

En el sitio de muestreo El Delirio la calidad del agua mejora de una forma leve debido a un efecto de dilución ocasionado por la Laguna de Olomega, pero debido a las descargas no puntuales en el sitio Vado Marín la calidad del agua se deteriora presentando valores de oxígeno disuelto menores de 2.5 mg/l.

### **1.8.1.7 Diagnóstico de la Calidad de Agua de las Regiones Hidrográficas Sirama y Goascorán. SNET**

#### **Objetivo**

Determinar la Calidad de Agua de las Regiones Hidrográficas Sirama y Goascorán, utilizando el Índice de Calidad de Agua General ICA, para emprender acciones para conservar los recursos hídricos. SNET.

#### **Sitio de estudio**

El monitoreo se realizó en marzo del 2006.

Se estudiaron 9 sitios en las regiones hidrográficas I y J , la ubicación de los sitios es la siguiente:

J-01-AGUAC Río Agua Caliente, cantón Algodón, caserío Los Ventura

J-01-PASAQ Río Pasaquina, aguas abajo de Pasaquina, La Unión.

J-02-PASAQ Río Pasaquina, sitio Los Rodríguez, La Unión

J-01-SAUCE Río El Sauce, estación hidrométrica el sauce, La Unión

J-01-GOASC Río Goascorán, cantón Molina, 5 km después de pueblo El Sauce, La Unión

J-02-GOASC Río Goascorán, cantón y crío. Los Orcones, La Unión

J-03-GOASC Río Goascorán, estación hidrométrica La Ceiba, La Unión

I-01-SIRAM Río Sirama, 250 mts aguas arriba de puente de cantón El Sombrerito

I-02-SIRAM Río Sirama, debajo de puente calle a La Unión

#### **Resultados**

En general las aguas presentan una calidad ambiental "Regular" según el ICA para ambas regiones; a excepción, del Río Goascorán el cual en la naciente presenta una

calidad ambiental "Buena" según el ICA, lo que permite el desarrollo de vida acuática y un ambiente sano.

Los sitios de muestreo con calidad regular presentan contaminantes como: coliformes fecales, nitratos y fosfatos. La interpretación del Índice de Calidad de Agua General es la siguiente:

Sitio de muestreo	ICA	Interpretación
J-01-AGUAC	56	Regular Limita el desarrollo de vida acuática
J-01-PASAQ	52	Regular Limita el desarrollo de vida acuática
J-02-PASAQ	56	Regular Limita el desarrollo de vida acuática
J-01-SAUCE	64	Regular Limita el desarrollo de vida acuática
J-01-GOASC	73	Buena Permite el desarrollo de vida acuática
J-02-GOASC	69	Regular Limita el desarrollo de vida acuática
J-03-GOASC	60	Regular Limita el desarrollo de vida acuática
I-01-SIRAM		Río seco No realizada No realizada
I-02-SIRAM	51	Regular Limita el desarrollo de vida acuática

#### **1.8.1.8 Diagnostico Nacional de Calidad de Aguas Superficiales". Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN,/Servicio Nacional de Estudios Territoriales / Servicio Hidrológico Nacional/ Marzo 2007**

##### **Objetivos**

Objetivo general

- Elaborar el diagnóstico nacional de la calidad de las aguas superficiales del país y disponibilidad de los recursos hídricos en base a su aptitud de uso.

Objetivos específicos

- Identificar zonas críticas por contaminación
- Evaluar aptitud de usos de las aguas superficiales
- Elaborar mapas de riesgo por contaminación

##### **Sitio de estudio**

En las Regiones Hidrográficas del país, en la Red de Monitoreo compuesta por 114 sitios de muestreo.

## **Resultados**

Agua apta para potabilizar por métodos convencionales (cloración, filtración y sedimentación) – Orientada a la población que usa el agua de los ríos superficiales para consumo – Utilizando Normativa Nacional Decreto No. 51

- El 20% de las aguas superficiales es apto para potabilizar por medios convencionales
- La mayor limitante para la potabilización del agua por métodos convencionales es la presencia de Fenoles, los cuales no pueden ser removidos por cloración, filtración o sedimentación.

## **Agua Apta para Riego- Utilizando Normativa Nacional Decreto No. 51**

- El agua del río Lempa que abastece el Distrito de Riego Atiocoyo Norte, es adecuado para riego.
- El agua del río Lempa y del Río Acahuapa que abastecen el Distrito de Riego Lempa-Acahuapa es adecuada para Riego.
- El agua del río Sucio que abastece el Distrito de Riego Aticoyo Sur tiene limitantes para productos sensibles a contaminación por Coliformes Fecales.
- En general, la calidad físico química de las aguas superficiales de El Salvador es adecuadas para riego. En relación a la calidad bacteriológica del agua, solo el 24% de las aguas superficiales del país es apta para riego debido a los altos niveles de Coliformes Fecales.

## **Agua Apta para Usos recreativos con contacto humano (baño) – Utilizando Normativa Internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS).**

- Los ríos evaluados que cumplen con la normativa de agua para actividades acuáticas que involucren el contacto humano son: Río Sumpul, Río Grande, Río Torola, Río Titihuapa, Río Sesori, y Río Lempa en la parte alta, Río Paz desde La Hachadura hasta su desembocadura al mar, la cuenca alta del Río El Rosario cuenca alta, la cuenca alta del Río Guayapa, la Cuenca alta del río Jiboa y el Río Goascorán, esto constituye el 14% de las aguas superficiales evaluadas.
- La mayor limitante para usar el agua para actividades recreativas es la turbidez y los Coliformes fecales.

### **Agua Apta para Vida Acuática – Calidad Ambiental – Utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA)**

- Solamente el 17% de las aguas superficiales de los ríos de El Salvador presenta una valoración “Buena”, lo cual indica que permite el desarrollo de vida acuática.
- El 50% de los ríos de El Salvador presenta un Índice de Calidad de Agua “Regular”, lo cual indica que existe limitación para el desarrollo de la vida acuática.
- El 20% de los ríos de El Salvador tiene calidad de agua “Mala”
- El 13% de los ríos de El Salvador tienen calidad de agua “Pésima”.
- El 83% de los ríos de El Salvador tienen algún tipo de contaminación (Proviene de sumar 50% agua “Regular”, 20% agua “Mala” y 13% Agua “Pésima”)

#### **1.8.1.9 Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Programa Ambiental de El Salvador. PAES. Contrato de servicios de consultoría para el monitoreo de la contaminación hídrica de los afluentes del embalse de Cerrón grande. PAES 2000/09/04/07-MRH Informe Final Fase II José Eliseo Lobos. 2002.**

##### **Objetivo**

Presentar la metodología matemático estadístico regularmente empleadas en el manejo de datos de calidad de aguas

Aplicar modelo matemático de calidad de aguas

Definir la zonificación de los cursos de agua

Diseñar escenarios con proyecciones hacia el futuro del problema de contaminación de los Ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. Estrategias de descontaminación. Proyecciones de calidad propuestas para los ríos en la actualidad y el año de 2012.

Brindar lineamientos para la evaluación y manejo de sustancias tóxicas en las cuencas estudiadas

##### **Sitio de Estudio**

Ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa.

##### **Resultados**

Los resultados de análisis de calidad y de la simulación de Oxígeno Disuelto y Demanda bioquímica de oxígeno, se comparan con los valores Guía de calidad ambiental de Decreto 40/2000.

Para el Río Sucio y Suquiapa se considera adecuado el empleo de los valores Guía de calidad ambiental de Decreto 40/2000, no obstante que la cantidad de parámetros que incluye es reducida y no se refiere a un uso específico.

El empleo de estos valores como complementarios de los referentes al uso agropecuario, aparte del hecho que tienen fuerza de ley, se basa en el principio de antidegradación del recurso dado que el potencial de los mismos es superior al uso derivado del ordenamiento territorial.

La selección de los valores de calidad de aguas para el río Acelhuate requirió un análisis particular. Basado en la realidad de los datos de calidad recopiladas y de diversos factores socioeconómicas resulta difícil verificar el cumplimiento de estos valores use la guía (Decreto 40/2000). El estudio propone que por lo menos en el corto plazo para el Río Acelhuate se utilice la norma de Brasil que establecen DBO 10mg/l, No se permiten colorantes artificiales que no se pueden remover por coagulación, sedimentación o filtración. Oxígeno disuelto superior a 4 mg/l, Coliformes fecales hasta 4,000 NMP/100 ml, para uso de abastecimiento doméstico, irrigación de especies arbóreas, forrajes y cereales y uso del agua para bebida de ganado

### **1.8.2 Investigación de Agencia de Cooperación Internacional de Japón JICA y MARN Estudio para el Establecimiento del Sistema de Monitoreo de la Calidad de las Aguas en el Golfo de Fonseca. Marzo 2006. Consultor Biotec S.A de C.V**

#### **Objetivos**

Diseñar el plan de monitoreo en los sistemas fluviales del Golfo de Fonseca, comprende aguas superficiales, agua subterránea y sedimentos, identificar las fuentes de contaminación y georeferenciarlas en un mapa, manejo de muestras e interpretación de resultados.

Los contaminantes investigados son: Demanda química de oxígeno, Demanda bioquímica de oxígeno, Detergentes, Sólidos sedimentables, pH, Metales pesados: Mercurio, Arsénico, Plomo, Cobre y Níquel; Hidrocarburos, Aceites y grasas; Coliformes fecales, Residuales de pesticidas organoclorados y organofosforados.

#### **Sitio de estudio**

Los ecosistemas fluviales del Golfo de Fonseca. Investiga los Ríos Goascorán, Sirama, Santa Cruz y Conchagua, islas Meanguera, Conchagua y Conchagueta.

Pozos en: Playa El Icacal, Playas Negras, El Chiquirín, La Chacra, Cerco de Piedra, Los Jotes, El Chapernal, Punta Jocote, El Huisquil, Isla Meanguera, isla Conchagüita, Isla Zacatillo e Isla Perico.

Además estudia los vertidos ordinarias e industriales en Bahía de La Unión y Playa El Tamarindo,

### **Resultados obtenidos**

#### *Calidad del agua subterránea*

El agua subterránea no es apta para beber directamente, debido principalmente a la contaminación bacteriológica,

Especial atención y seguimiento debe haber en los pozos de Punta Jocote donde el agua subterránea presenta contaminación por Mercurio en valor que excede 10 veces la normativa.

Preocupante es encontrar en la Isla Meanguera niveles de Plomo de 0.03 mg/L, ya que es un pozo de uso institucional. Este pozo presento la mayor contaminación por Plomo del estudio.

El agua subterránea de la Isla Zacatillo resulto con mayor presencia de contaminación por metales pesados.

La mayor contaminación por Níquel se encontró en la Isla Zacatillo, concentración de 0.03 y 0.04 mg/L..

La mayor concentración de Cobre se determino en el pozo de Playas Negras, concentración de 0.02 mg/L..

La mayor contaminación por Arsénico es de concentración 0.01 mg/L, encontrada en los pozos de El Icacal y El Chiquirín. En las Islas Zacatillo, Meanguera y Conchagüita, Perico no se encontró contaminación por Arsénico.

Los metales Ni, Cu, As, Pb, Hg pueden causar daño a la salud cuando están presentes en el agua subterránea que abastece a las personas, pero su origen puede ser natural, como resultado de las interacciones geoquímicas de suelo-agua-roca.

La presencia de contaminación por pesticidas no fue detectable en los pozos investigados.

#### *Calidad de los ecosistemas fluviales del Golfo de Fonseca*

Son receptores de efluentes domésticos, desechos sólidos comunes y peligrosos, desechos industriales y posiblemente de actividades de minería. La presencia de cationes inorgánicos en los sedimentos en concentraciones que exceden ERL de Plomo, Níquel,

Cobre, Mercurio y Arsénico en los sedimentos, se debe al origen volcánico y/o a las actividades humanas. El régimen hidrogeológico, la hidráulica del cauce, la temperatura, el pH y la actividad de los microorganismos degradan, estabilizan e inmovilizan estos contaminantes, así, la concentración de estos contaminantes cambia en espacio y tiempo.

En la cuenca baja, debido a la intrusión salina, los niveles de oxígeno disuelto tienden a disminuir en el agua, promoviendo la estabilización e inmovilización de la contaminación por metales pesados, también la actividad microbiana contribuye a estabilizar estos compuestos metálicos.

Las cuencas estudiadas sufren de grave deforestación, los caudales de época seca son bajos por la escasa vegetación de los cerros. La disminución de flujo de los ríos, que es muy significativa en la época de no lluvias, concentra los contaminantes orgánicos y afecta significativamente al estuario, ya que los niveles de oxígeno disuelto son menores comparados con los niveles en la época de lluvias, donde el Golfo tiene mayor capacidad de carga.

La contaminación que aportan los vertidos estudiados es orgánica, pero por su alta concentración afecta directamente el oxígeno disuelto del Estuario. La salinidad también incide en la disponibilidad de oxígeno para la estabilización de la carga orgánica.

En el Golfo de Fonseca la concentración de la salinidad es aproximadamente 35 ppm. en la boca del mismo, hasta 1 ó 2 ppm. aguas arriba de la fuente de agua dulce que descarga en él.

La mayor concentración salina superficial se encuentra en los últimos meses de la estación seca, en marzo, abril y mayo, cuando la evaporación llega a su máximo, y la lluvia al mínimo.

El monitoreo se desarrollo en marzo, durante días sin lluvia, los niveles de Oxígeno Disuelto en las cuencas bajas son. Río Goascorán 7.53 mg/L, Río Sirama 7.13 mg/L, Río Santa Cruz 8.24 mg/L y Río Managuara 6.28 mg/L, aportaciones que contribuyen a oxigenar al estuario

Los cauces no sólo aportan contaminación orgánica sino también sedimentos con metales pesados donde dependiendo de las condiciones de pH del medio estos metales pueden complejar y estabilizarse o pueden disolverse y entrar en la cadena alimentaria.

El transporte de metales del suelo al agua, se da en el ecosistema debido a las condiciones de pH ácido favorable para la migración, ya que en las quebradas y a lo

largo de la Bahía de La Unión hay deposición de desechos. El fango y limo tiene pH ácido favorable para la disolución de complejos de metales pesados.

#### *Vertidos al Golfo de Fonseca*

Todos los vertidos municipales e industriales exceden la normativa y contaminan el ecosistema impactando negativamente la vida acuática.

**1.8.3 Proyecto de Desarrollo Rural Región Para central PRODAP II. MAG /FIDA. Febrero 2004. Estudio de la Calidad de las Aguas Superficiales de los principales ríos del Área de Influencia del PRODAP II Informe Final.** Realizado por Biotec S.A de C.V/ Ing Olga Esquivel El estudio constituye una línea base para orientar acciones en la conservación y manejo de los recursos naturales del área de influencia del PRODAP II.

#### **Objetivo**

Se determina la Calidad del agua superficial por la valoración del ICA y se investiga la contaminación por plaguicidas organoclorados y organofosforados.

#### **Sitio de estudio**

Región Paracentral, comprende el estudio 19 ríos: Río Jalapa, Río Agua Caliente, Río Machacal, Río El Borbollón, Río Titihuapa, Río Quebrada Honda, Río Altima, Río Copinolapa, Río Grande, Río Paso Hondo, Río Ismataco, Río Acahuapa, Río Jalalá, Río Amatitán, Río Tronalagua, Río San Simón, Río Jiboa, Quebrada Chucuyo, Río Amapupulta.

#### **Resultados**

De los resultados del muestreo de época de lluvias se concluye que el 84% de los ríos poseen una calidad regular, el 11% es mala calidad y solamente el 5% de los ríos es de buena calidad.

Los resultados del muestreo de época seca determinan que la calidad de los ríos es de Regular a Buena, el 68% es regular y el 32 % es buena. Durante la época seca los cuerpos superficiales de calidad Buena en orden descendente son: El Borbollón, Titihuapa, Quebrada Honda, Jalapa, Copinolapa Grande y Paso Hondo.

Los ríos de calidad regular más baja son el Ismataco y el Acahuapa, ambos son receptores directos de aguas negras de Apastepeque y ciudad de San Vicente respectivamente.

De acuerdo a los resultados del periodo de lluvias, los ríos que experimentaron una mayor DBO<sub>5</sub> fueron: Ismataco, Jalalá, Acahuapa, Amatitán, Tronalagua, San Simón y Jiboa. Sobre los niveles de toxicidad, por presencia de pesticidas, se analizaron 10 ríos, las cuales reportan niveles de residuales no detectables.

Presenta Plan de medidas para mitigar la contaminación y asegurar la disponibilidad del recurso hídrico en el área de influencia. Las medidas de control ambiental para la contaminación se concentran en dos escenarios:

1. Desarrollo de infraestructura física: prolongación de tuberías sanitarias, acciones de limpieza y construcción de sistemas de tratamiento para las aguas residuales y cierre de botaderos a cielo abierto.
2. Apoyo a la gestión institucional y comunitaria. Desarrollo de estudios, planes, educación ambiental, organización, capacitación y concientización.

Las medidas para control de contaminación por fuentes puntuales son: sanear o depurar el agua residual ordinaria y el cierre de botaderos. Estas medidas implican construcción de sistemas de tratamiento y manejo integral de los desechos sólidos. Para el tratamiento del agua residual ordinaria se recomienda un sistema apropiado y ambientalmente ventajoso, el sistema se denomina *reed bed*, es una cama de piedra, arena y con plantas en la parte de arriba.

Las medidas para el control de la contaminación por fuentes no puntuales se enfoca al control de entrada de tierra o sólidos a los cauces y al ordenamiento de las regiones hidrográficas del área de influencia del PRODAP II.

Se recomienda el Manejo del suelo de las regiones a través de las practicas: no quema, manejo de rastrojos, construcción de obras físicas y vegetativas de control de escorrentía, aumento de cobertura forestal y promover la creación de las unidades ambientales municipales.

Se debe de ejecutar Planes de Manejo y de Ordenamiento territorial de las microregiones donde se establezcan programas y recursos económicos para la protección de zonas de amortiguamiento y de recarga de acuíferos, introducir proyectos productivos , específicamente la diversificación agrícola en tierras fluctuantes y desarrollo de proyectos piscícolas, desarrollo de infraestructura para abrevadero de ganado y potenciar la

educación ambiental a nivel comunitario y de los usuarios de recursos naturales de la región.

#### **1.8.4 Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA-Fondo Iniciativa para La Americas FIAES**

**Investigación Aplicada sobre el impacto ambiental de la contaminación del agua en las regiones de los ríos Sucio, Acelhuate y Cuaya. Informe Final1997.** Elaborado por Ing Olga Esquivel

##### **Objetivos**

Presenta resultados de calidad de aguas subterránea y superficial, balance hídrico de las regiones.

Para determinar la calidad de agua superficial se determinaron los parámetros físicos, químicos y biológicos siguientes: Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Nitrógeno TKN, Nitrógeno amoniacal, Nitrato, Nitrito, Cromo VI, Cadmio, Plomo, Cobre, Aluminio, Zinc, Niquel, Bario, Cianuro, Sólidos totales, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, DBO<sub>5</sub>, DQO, Sulfatos, Boro.

Para determinar la calidad de agua subterránea se determinaron los parámetros siguientes: Coliformes fecales, Coliformes totales, Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Nitrógeno TKN, Nitrógeno amoniacal, Nitrato, Nitrito, Cromo VI, Cadmio, Plomo, Cobre, Aluminio, Zinc, Niquel, Bario, Cianuro, Sólidos totales, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Turbidez, Calcio, Hierro, Manganeso, Fluoruros, Sulfatos, Boro.

##### **Sitio de estudio**

Subcuenca Sucio, Subcuenca Acelhuate y Subcuenca Cuaya. Aguas superficiales y agua subterránea

##### **Resultados**

Los hallazgos de la investigación son: en aguas superficiales el 27% de las muestras presento concentraciones significativas de cromo VI, el 32% tiene valores de Plomo arriba de 0.1 mg/l, el 86% de las muestras tiene concentraciones de Cadmio superiores a 0.01 mg/l.

La mayor carga de DBO<sub>5</sub> es aportada por el Río Las Cañas, que es un receptor de aguas servidas de San Salvador

De la revisión documental se determina que se requiere un estudio integral de las regiones del país, sobre la calidad sanitaria del agua y el estado de contaminación o acumulación de metales pesados en el sedimento de los ríos, con el objeto de ejecutar acciones de control de las fuentes de contaminación y para elaborar las propuestas de descontaminación de las aguas superficiales.

## II. ALCANCE DE LA CONSULTORÍA

El objetivo de la consultoría es realizar el Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales del país, a través de la investigación de los niveles de metales pesados y la aplicación del Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)

### 2.1 Red de Monitoreo SNET

El Diagnóstico abarca todas las Regiones Hidrográficas del país. El estudio de calidad de aguas superficiales y sedimentos se realiza en la Red de Monitoreo establecida por Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET. En la Tabla No.2.1 se presenta el listado de sitios de muestreo, la georeferencia y dirección para el muestreo de agua y sedimentos. El número de sitios de muestreo es 114 que se distribuyen así :

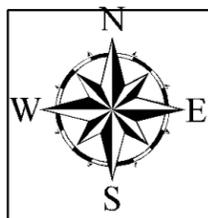
**Tabla No.2.2** Distribución de numero de sitios de muestreo por Región Hidrográfica

<i>Identificación</i>	<i>Región hidrográfica</i>	<i>Numero de sitios de muestreo agua</i>	<i>Numero. de sitios muestreo sedimentos</i>
"A"	LEMPA	48	8
"B"	PAZ	4	
"C"	CARA SUCIA – SAN PEDRO	9	
"D"	GRANDE DE SONSONATE - BANDERAS	8	1
"E"	MANDINGA - COMALAPA	14	
"F"	JIBOA – ESTERO DE JALTEPEQUE	10	
"G"	BAHIA DE JIQUILISCO	10	
"H"	GRANDE DE SAN MIGUEL	6	1
"I"	SIRAMA	7	
"J"	GOASCORAN	2	
Total		114	10

En la Figura No.2.1 se presenta el mapa de ubicación de los sitios de muestreo y en la Figura No.2.2 el mapa de ubicación de los sitios de muestreo de sedimentos

**Tabla 2.1** Ubicación de los sitios de muestreo de aguas superficiales y toma de sedimentos

Código	Descripción de la Ubicación	Coordenadas Grados Decimales		REGION	Sedimentos
		Norte	Este		
A-01-LEMPA	Río Lempa, después de su ingreso al país en Estación Hidrométrica Citalá	14.369682	-89.212517	A	
A-08-LEMPA	Río Lempa, antes de confluencia con Río Peñanalapa en El Tamarindo, Cerro El Gritader	14.100529	-89.403915	A	
A-12-LEMPA	Río Lempa, en el lugar El Tamarindo. Cantón Nancintepeque	14.027115	-89.385284	A	
A-17-LEMPA	Río Lempa, antes de confluencia con Río Sucio en Estación Hidrométrica San Fco. Los D	14.039461	-89.275200	A	
A-19-LEMPA	Río Lempa, en Valle Nuevo, El Refugio	14.061197	-89.190548	A	X
A-20-LEMPA	Río Lempa, desvío del río a la Presa 15 de Septiembre	13.623247	-88.560055	A	
A-01-ACAHU	Río Acahuapa, cantón Soyatero, San Vicente	13.659972	-88.838306	A	
A-02-ACAHU	Río Acahuapa, Ciudad de San Vicente, Barrio el Santuario	13.648472	-88.781361	A	
A-03-ACAHU	Río Acahuapa, cantón y caserío la Joya, San Vicente	13.621944	-88.714250	A	
A-04-ACAHU	Río Acahuapa, cantón El Pedregal, San Vicente	13.582139	-88.648278	A	
A-01-SANSI	Río San Simón, cantón los Orcones, Distrito de Riego Lempa Acahuapa	13.587989	-88.571847	A	
A-01-TOROL	Río Torola, antes de confluencia con Río Sapo, municipio de Cacaopera, Morazan	13.785417	-88.084694	A	
A-02-TOROL	Río Torola, 300 mts aguas debajo de puente Torola, Oscicala, Morazan	13.837778	-88.147833	A	
A-01-RSAPO	Río Sapo, cantón Poza Honda, Meanguera, Morazan	13.824028	-88.126333	A	
A-01-RTAMA	Río Tamrindo, parte mas alta del Río, Cantón y caserío Las Piñuelas, 100 aguas abajo	13.789806	-88.352361	A	
A-02-RTAMA	Río Lagaartero, Aguas arriba del de la desembocadura del río Sesorí, Paso el Tamrindo	13.738750	-88.405722	A	
A-01-SESOR	Río Sesorí, tributario del río El Tamarindo, Paso Santa Cruz, aguas abajo del municipi	13.727472	-88.399389	A	
A-01-RTITI	Río Titihuapa, 150 mts aguas abajo del puente de la calle a San Isidro y 500mts aguas	13.790639	-88.697361	A	
A-02-RTITI	Río Titihuapa, Cantón Vado El Padre, Municipio de Dolores, Cabañas	13.766361	-88.597806	A	
A-03-TITI	Río Titihuapa, antes de desembocar al embalse 15 de septiembre, , 150mts aguas arriba	13.745000	-88.568861	A	X
A-01-SUQUI	Río Sucio, contiguo a Beneficio El Sauce, Santa Ana	14.012404	-89.542736	A	
A-04-ARANC	Río Aranchacal, Hacienda San Francisco, Santa Ana	14.014914	-89.530874	A	
A-23-SUQUI	Río Suquiapa, San Pablo Tacahico, La Libertad	14.039140	-89.305486	A	X
A-01-SUCIO	Río Sucio, Cerro de Plata, Distrito de Zapotitan	13.781016	-89.438478	A	
A-09-SUCIO	Río Sucio, CEDEFOR, carretera a Santa Ana	13.793056	-89.392222	A	
A-15-SUCIO	Río Sucio, Colonia Joya de Cerén, carretera a Opico.	13.820278	-89.358333	A	X
A-24-SUCIO	Río Sucio, Hacienda San Francisco los Dos Cerros, La Libertad	14.034722	-89.274444	A	X
A-01-MATAL	Río Matalapa, Contiguo a Parque Saburo Hiraó, San Salvador	13.679722	-89.195278	A	
A-14-ACELH	Río Acelhuate, antes de desembocadura del Río San Antonio, Cantón Bonete	13.849562	-89.197590	A	X
A-17-ACELH	Río Acelhuate, luego de desembocadura del Río Las Cañas, Cantón Joya Grande.	13.848619	-89.181841	A	X
A-25-ACELH	Río Acelhuate, Puente El Tule, antes de desembocadura a Río Lempa	14.014265	-89.150238	A	X
A-01-SUMPU	Río Sumpul, antes del pueblo San Fernando, Chalatenango	14.305200	-89.020600	A	
A-02-SUMPU	Río Sumpul, aguas abajo de pueblo San Fernando, Chalatenango	14.282600	-89.026400	A	
A-03-SUMPU	Río Sumpul, cantón y crio. Petapa, Chalatenango	14.206600	-88.910300	A	
A-04-SUMPU	Río Sumpul, cantón y Hacienda Vieja, Chalatenango	14.056868	-88.812316	A	
A-01-METAY	Río Metayate, cantón San Antonio, Chalatenango	14.168700	-89.234700	A	
A-02-METAY	Río Metayate, aguas debajo de cantón Jicarón, Chalatenango	14.141300	-89.213100	A	
A-03-METAY	Río Metayate, cantón El Jute, Chalatenango	14.115800	-89.211600	A	
A-01-TALQU	Río Talquezalapa, cantón Escamil, antes del pueblo Agua Caliente,Chalatenango	14.165100	-89.208300	A	
A-01-GRAND	Río Grande, caserío Los Cortéz, Chalatenango	14.100100	-89.070400	A	
A-02-GRAND	Río Grande, aguas abajo del pueblo El Paraíso, Chalatenango	14.147600	-89.077500	A	
A-01-TAMUL	Río Tamulasco, cantón Las Minas, Chalatenango	14.071800	-88.906600	A	
A-02-TAMUL	Río Tamulasco, cantón Totolco, Chalatenango	14.039500	-88.934600	A	
A-03-TAMULA	Río Tamulasco, cantón La Concepción, Chalatenango	14.033400	-88.974700	A	
A-01-TEPEC	Río Tepechapa, aguas abajo de Tenancingo, Cuscatlan	13.862700	-88.995800	A	
A-01-QUEZA	Río Quezalapa, calle entre Tenancingo y Suchitoto	13.870800	-88.996400	A	
A-02-QUEZA	Río Quezalapa, estación hidrométrica Quezalapa	13.892200	-89.004800	A	
A-01-LSUCIO	Río Sucio, calle de Tenancingo a Suchitoto, Cuscatlan	13.900300	-88.999700	A	
B-01-RPAZ	Río Paz, cantón y crio. El Portillo, Ahuachapan	14.034000	-89.775700	B	
B-02-RPAZ	Río Paz, aguas abajo de estación hidrométrica, el Jobo, Ahuachapan	14.018844	-89.906149	B	
B-03-RPAZ	Río Paz, Hacienda Los Mangos, La Hachadura, Ahuachapan	13.879836	-90.038133	B	
B-04-RPAZ	Río Paz, 200 mts aguas abajo del Puente la Hachadura, Ahuachapan	13.860400	-90.088400	B	
C-01-ROSAR	Río El Rosario, aguas arriba de caserío California, Ahuachapan	13.713500	-89.896100	C	
C-02-ROSAR	Río El Rosario, aguas debajo de puente carretera litoral, Ahuachapan	13.685500	-89.937500	C	
C-01-GUAYA	Río Guayapa, cantón Loma de Guayapa, Ahuachapan	13.776200	-89.960000	C	
C-02-GUAYA	Río Guayapa, Hacienda Santa Catarina, Ahuachapan	13.727359	-89.985387	C	
C-01-NARAN	Río El Naranjo, caserío El Tigre, aguas arriba de San José Naranjos, Ahuachapan	13.771830	-89.932073	C	
C-02-NARAN	Río El Naranjo, cantón Capulin, calle a San JoséNaranjos, Ahuachapan	13.745713	-89.934340	C	
C-01-SUCIA	Río Cara Sucia, Los Encuentros, Ahuachapan	13.808800	-89.985700	C	
C-02-SUCIA	Río Cara Sucia, cantón El Corozal, Ahuachapan	13.794800	-90.011500	C	
C-03-SUCIA	Río Cara Sucia, aguas debajo de puente litoral, Garita Palmera, Ahuachapan	13.772000	-90.044400	C	
D-01-CENIZ	Río Ceniza, 50 mts aguas abajo del puente calle a CEGA Izalco	13.751667	-89.704440	D	
D-02-CENIZ	Río Ceniza, 50mts aguas arriba de puente de carretera de San Salvador a Acajutla	13.742500	-89.706110	D	
D-03-CENIZ	Río Ceniza, Hacienda la Ilusión, Sonsonate	13.653611	-89.736111	D	
D-04-CENIZ	Río Ceniza, 200 mts aguas debajo de estación hidrométrica, cantón Santa Beatriz, Sons	13.584585	-89.734365	D	
D-01-GRAND	Río Grande de Sonsonate, costado oriente de Beneficio Tres Ríos	13.776200	-89.728000	D	
D-02-GRAND	Río Grande de Sonsonate, aguas arriba del puente calle a Nahuizalco, Sonzacate	13.699700	-89.738200	D	
D-03-GRAND	Río Grande de Sonsonate, carretera a Acajutla a altura de Hda Santa Clara	13.672000	-89.756300	D	X
D-04-GRAND	Río Grande de Sonsonate, 200mts aguas abajo de estación de ferrocarril antigua	13.606700	-89.829000	D	
E-01-COMAL	Río Comalapa, cantón los planes, La Paz	13.579319	-89.109632	E	
E-02-COMAL	Río Comalapa, sobre puente, calle hacia canton El Rosario, La Paz	13.500900	-89.073500	E	
E-03-COMAL	Río Comalapa, cantón San Bonbera, La Paz	13.457557	-89.130249	E	
E-01-ANTON	Río San Antonio, calle a San José Villa Nueva, Colonia Santa María, La Libertad	13.589600	-89.283000	E	
E-02-ANTON	Río San Antonio, sobre puente litoral, La Libertad	13.486200	-89.292100	E	
E-01-RJUTE	Río El Jute, caserío El Jute, Cantón Cimarrón, La Libertad	13.532300	-89.298800	E	
E-01-CHILAM	Río Chilama, cantón Tres Palmas, Zaragoza, La Libertad	13.539700	-89.314200	E	
E-02-CHILAM	Río Chilama, puente Chilama, La Libertad	13.486900	-89.325500	E	
E-01-COMAS	Río Comasagua, puente comasagua, calle litoral, La Libertad	13.491400	-89.351200	E	
E-01-ZUNZA	Río Zunzal, puente autopista litoral, La Libertad	13.495800	-89.393900	E	
E-01-MIZAT	Río Mizata, caserío el Rión, 5 km aguas arriba de puente litoral, La Libertad	13.553500	-89.566200	E	
E-02-MIZAT	Río Mizata, puente carretera litoral, La Libertad	13.521400	-89.591100	E	
E-01-APANC	Río Apancoyo, 5km aguas arriba de carretera litoral, Sonsonate	13.581800	-89.629500	E	
E-02-APANC	Río Apancoyo, carretera litoral, Sonsonate	13.551400	-89.629500	E	
F-01-JIBOA	Río Jiboa, cantón y crio. Los Rodríguez, San Vicente	13.690690	-88.866591	F	
F-02-JIBOA	Río Jiboa, cantón y crio. San Antonio, Cuscatlan	13.678100	-88.868900	F	
F-03-JIBOA	Río Jiboa, cantón y crio. Los zacatales, La Paz	13.638700	-88.944200	F	
F-04-JIBOA	Río Jiboa, cantón y crio. Santa Rita, La Paz	13.573200	-88.982200	F	
F-05-JIBOA	Río Jiboa, cantón y crio. Tilapa, municipio El Rosario, La Paz	13.470900	-89.020400	F	
F-01-JALPO	Río Jalponga, aguas arriba de Santiago Nonualco, caserío San Sebastian, La Paz	13.516300	-88.948600	F	
F-02-JALPO	Río Jalponga, cantón Concepción Jalponga, La Paz	13.496400	-88.949200	F	
F-03-JALPO	Río Jalponga, sobre puente carretera litoral, La Paz	13.437732	-88.967183	F	
F-01-ANTON	Río San Antonio, puente carretera a Usulután, límite entre San Vicente y La Paz	13.453500	-88.819600	F	
F-01-GUAYA	Río El Guayabo, caserío Barrio Nuevo, La Paz	13.423600	-88.798300	F	
G-01-ROQUI	Río Roquinte, caserío El Roquinte, municipio de Jiquilisco, Usulután	13.309400	-88.580500	G	
G-01-DIENT	Río Diente de Oro, Cooperativa Normandia, Usulután	13.334800	-88.578600	G	
G-01-JUANA	Río Juana, cantón Santa Barbara, antes de confluencia con Río El Molino, Usulután	13.322900	-88.440700	G	
G-01-MOLIN	Río El Molino, Zona Verde, Usulután	13.336500	-88.433900	G	
G-02-MOLIN	Río El Molino, cantón Santa Barbara, Usulután	13.319600	-88.441700	G	
G-03-MOLIN	Río El Molino, cantón Iglesia Vieja, carretera a Puerto Parada, Usulután	13.289700	-88.443800	G	
H-01-CAÑAS	Río Las Cañas, cantón y Cooperativa San Jacinto, San Miguel	13.574866	-88.201739	H	
H-02-VILLE	Río Villeras, cantón Mayucaquín, San Miguel	13.562134	-88.201739	H	
H-01-GRAND	Río Grande de San Miguel, aguas arriba de estación hidrométrica Villeras, San Miguel	13.517300	-88.174200	H	
H-02-GRAND	Río Grande de San Miguel, 250 mts aguas debajo de puente Moscoso, San Miguel	13.433300	-88.150000	H	X
H-03-GRAND	Río Grande de San Miguel, cantón y crio. La Canoa, San Miguel	13.329743	-88.203172	H	
H-04-GRAND	Río Grande de San Miguel, cantón Vado Marín	13.292115	-88.403215	H	
I-01-SIRAM	Río Sirama, 250 mts aguas arriba de puente de cantón El Sombrerito	13.520444	-87.887833	I	
I-02-SIRAM	Río Sirama, debajo de puente calle a la Unión	13.478600	-87.855893	I	
J-01-AGUAC	Río Agua Caliente, cantón Algodón, caserío Los Ventura	13.628055	-87.862527	J	
J-01-PASAQ	Río Pasaquina, aguas abajo de Pasaquina, La Unión.	13.589863	-87.838776	J	
J-02-PASAQ	Río Pasaquina, sitio Los Rodríguez, La Unión	13.562846	-87.795646	J	
J-01-SAUCE	Río El Sauce, estación hidrométrica el sauce, La Unión	13.673126	-87.796705	J	
J-01-GOASC	Río Goascoran, cantón Molina, 5 km despues de pueblo El Sauce, La Unión	13.636905	-87.755276	J	
J-02-GOASC	Río Goascorán, cantón y crio. Los Orcones, La Unión	13.562648	-87.795542	J	
J-03-GOASC	Río Goascoran, estación hidrométrica La Ceiba, La Unión	13.520111	-87.782444	J	

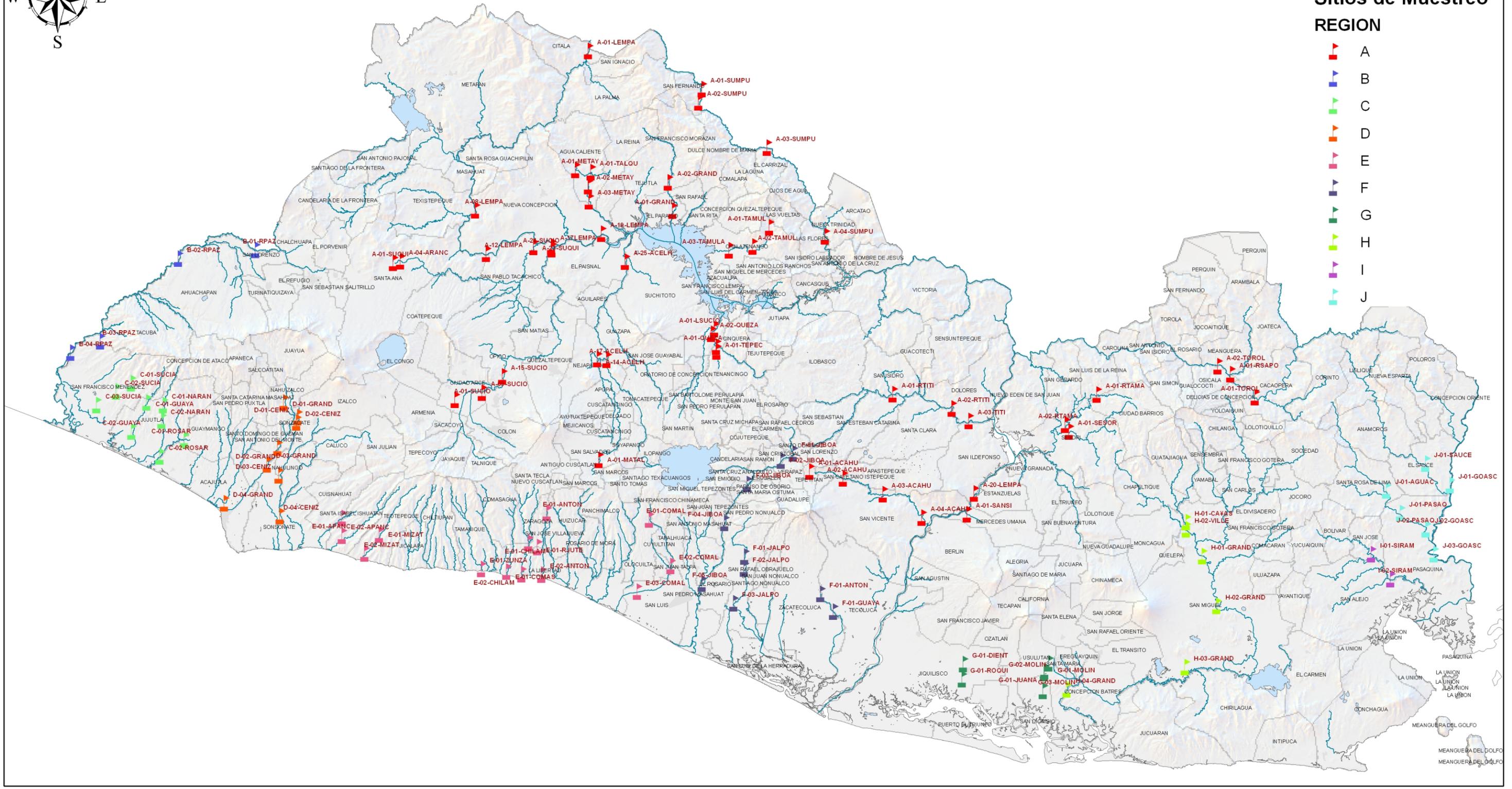


### SIMBOLOGÍA

#### Sitios de Muestreo

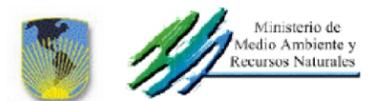
#### REGION

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H
- I
- J

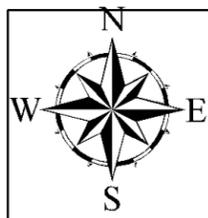


### DIAGNÓSTICO NACIONAL DE LA CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE EL SALVADOR CONTRATO DE PRESTAMO BID-MARN No 1209/OC-ES.

FIG. NO 2.1 MAPA DE UBICACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO AGUAS SUPERFICIALES



Realiza:  
Ing. M.G.A. Olga Esquivel

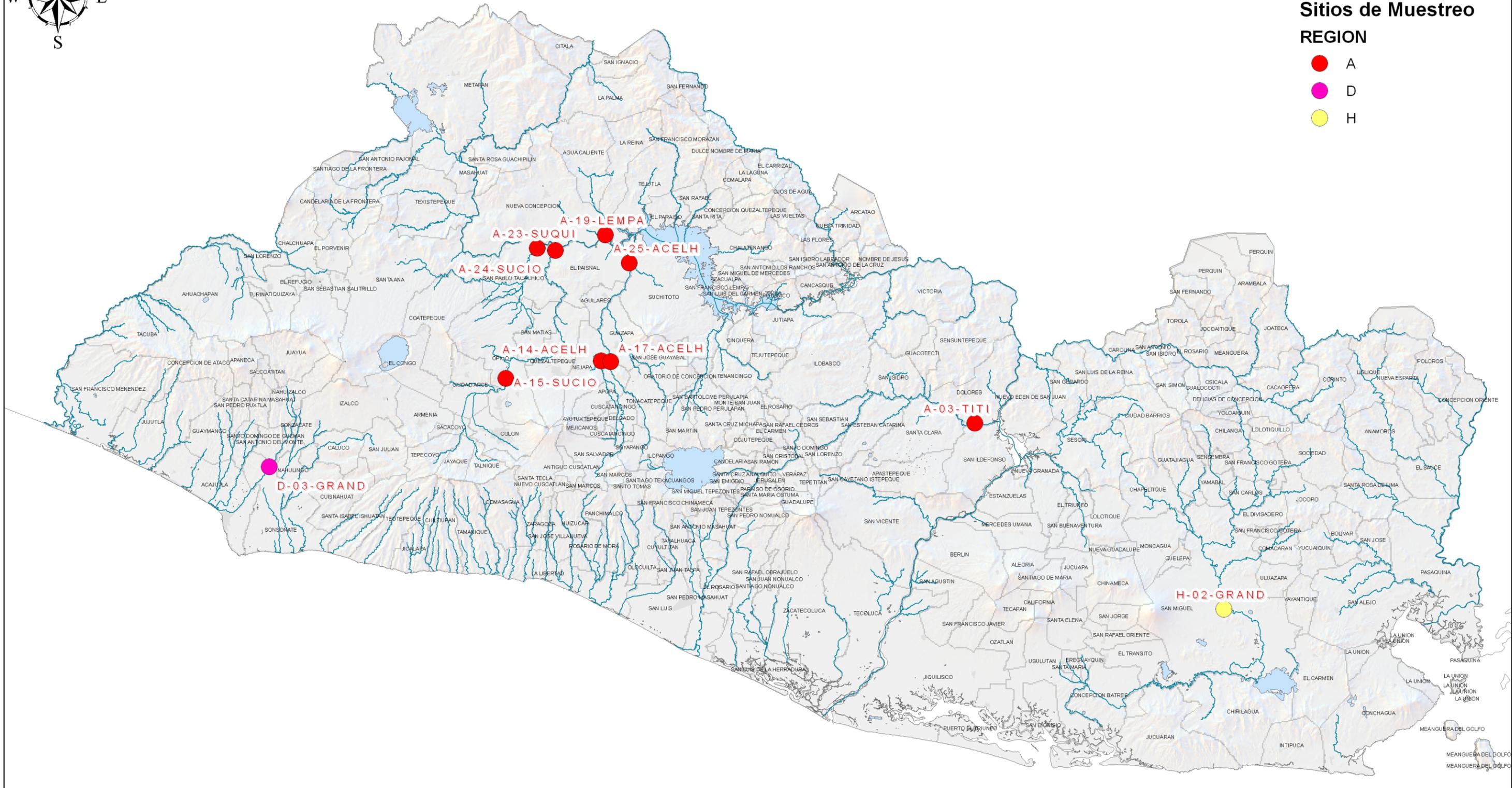


**SIMBOLOGÍA**

**Sitios de Muestreo**

**REGION**

- A
- D
- H



0 5 10 20 30 40



Kilometers

**DIAGNÓSTICO NACIONAL DE LA CALIDAD  
SANITARIA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE EL SALVADOR  
CONTRATO DE PRESTAMO BID-MARN No 1209/OC-ES.**

**FIG. NO 2.2 MAPA DE UBICACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO DE SEDIMENTOS EN RIOS**



Realiza:  
Ing. M.G.A. Olga Esquivel

## 2.2 Parámetros a determinarse para el Diagnóstico de Calidad Sanitaria de las aguas superficiales

Un resumen de las determinaciones en campo y análisis en laboratorio ha realizarse se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla No. 2.3** Parámetros a determinarse para diagnóstico de ICAs

<i>Medio</i>	<i>Determinaciones de campo</i>	<i>Análisis de laboratorio</i>
Agua superficial	Temperatura ambiente, Temperatura del agua pH Conductividad Sólidos disueltos totales Turbidez Oxígeno disuelto	Arsénico Cromo total Mercurio Plomo Oxígeno disuelto Amoniaco Fenoles Demanda bioquímica de oxígeno Coliformes fecales
Suelo (sedimentos)		Arsénico Cromo total Mercurio Plomo

## 2.3 Duración de la investigación

La investigación de la calidad del agua en lo referente al trabajo de campo y análisis de laboratorio se ha realizado del 17 de abril al 12 de junio de 2007, ambas fechas inclusive, que comprende el periodo seco y transición de época seca a lluviosa.

### III. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Se ha utilizado la Metodología y Procedimientos establecidos por el SNET para monitoreo de aguas superficiales y para el muestreo de sedimentos se utiliza la establecida por la NOAA.

En esta sección se incluye la metodología para la determinación de cantidad de agua, que también es establecida por el SNET.

#### 3.1 Metodología para el muestreo de calidad de agua superficial

##### 3.1.1 Programación de Campo y Preparación de Equipos y Materiales

- a) En primer lugar se elabora la programación de la campaña y se notifica a los laboratorios la fecha de inicio y la programación de sitios de muestreo, esta programación es sujeta a actualizaciones, si fuese necesario, debido a asuetos y eventos no previstos que alteren la programación original. El muestreo de agua y sedimentos se ha realizado del 17 de abril al 12 de junio de 2007.
- b) Se entrega a SNET la lista con los materiales necesarios para la realización de la campaña de muestreo de calidad y aforo.
- c) El Laboratorio realiza la descontaminación de los materiales para tenerlos listos cuando la cuadrilla los recoja.
- d) Se recogen los materiales y equipos en el SNET.
- e) También se recolectan envases para muestras en el Laboratorio privado.

##### Materiales para el muestreo

Los materiales para el muestreo son:

- contenedores de polietileno de 1 L para la muestra de agua
- bote de vidrio wheaton de 300 ml
- bolsa plástica tipo *ziploc*
- nevera portátil (hielera)
- hielo
- guantes largos de hule
- Traje de vadeo
- Reactivos: ácido sulfúrico, azida de sodio, sulfato de manganeso.
- Pipeta volumétrica y pera de succión manual

- Formularios para el registro de datos de campo, formularios para registro de ingreso de muestras en laboratorio.

### Equipos

- El SNET ha proporcionado el equipo para medir *in situ*: Temperatura, Sólidos disueltos totales, Conductividad eléctrica y Potencial de Hidrógeno.
- Una draga de acero inoxidable con cadena también ha sido proporcionada por el SNET para la toma de muestra de sedimentos de fondo.
- El SNET también ha proporcionado el equipo de medición de cantidad de agua, y la ecuación para cálculo de velocidad.
- Cámara
- Equipo de navegación de georeferencia.

En el Anexo 2 se presenta las especificaciones del equipo utilizado.

### 3.1.2 Medición de Parámetros en Campo

En campo se miden los parámetros de calidad de agua siguientes: temperatura de la muestra, temperatura ambiente, pH, salinidad, conductividad y oxígeno disuelto, con el equipo proporcionado por el SNET.

Indiferentemente de los parámetros específicos de interés, se sigue un procedimiento en cada sitio de muestreo, que es el siguiente:

- a) Calibrar los medidores;
- a) Medir sobre el terreno o *in situ* el pH, la conductividad, el oxígeno disuelto, la temperatura y la turbidez;
- b) Enjuagar todas las botellas con agua muestreada salvo las que contienen conservantes o las usadas para el análisis de oxígeno disuelto y bacterial.

### 3.1.3 Toma de muestras

Se recolectan un total de seis muestras de tipo fisicoquímicas, bacteriológicas y DBO<sub>5</sub>, por sitio de muestreo.

- a) La toma de muestras para cada uno de los sitios seleccionados varía según las características de la sección transversal: longitud de la transversal, profundidad, homogeneidad de corrientes, etc.; de tal forma que se pueden recolectar de

uno a dos juegos de muestras por sitio de trabajo. Antes de tomar una muestra de agua en un río, deben verificarse las condiciones de homogeneidad (tanto en lo ancho como en la profundidad), las condiciones de representatividad y del tipo de muestra que se desea extraer.

- b) La recolección de las muestras simples se realizará en la columna de agua de la sección transversal de forma manual y el número de muestras en superficie será de dos por sección transversal a manera de segmentar el río en dos partes, como se detalla en la Figura

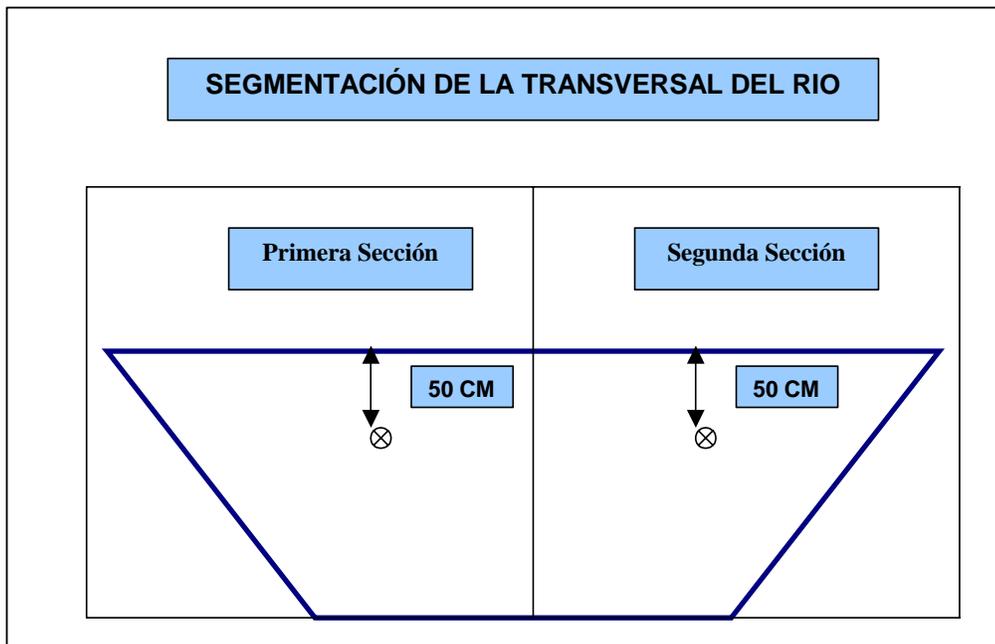


Figura No. 3.1 Segmentación de la Transversal del Río

- c) Las muestras se recolectan a aproximadamente a 50 cm de profundidad de la sección transversal del río.
- d) Las muestras de agua tomadas para realizar análisis microbiológicos deben recolectarse tan asépticamente como sea posible. Las muestras microbiológicas son recolectadas en botellas plásticas no tóxicas con tapa de rosca, de capacidad 1L. Si las muestras no se pueden procesar de inmediato, deben almacenarse en la oscuridad, en hielo derretido.

#### **3.1.4 Control de Calidad del muestreo en campo**

A los efectos de mantener un control de calidad en todo el programa de muestreo, se requiere presentar blancos de muestreo para constatar posible contaminación durante el proceso. De esta manera se podrán detectar errores sistemáticos o casuales que se produzcan desde el momento en que se toma la muestra hasta el análisis.

El control de calidad de las operaciones de muestreo consta de los siguientes elementos.

- a) Blancos de frasco: recipiente que antes de realizar el muestreo, será llenado con agua destilada, preservado de igual forma que las muestras de campo y enviado para su análisis como "blanco de frasco". Se detecta así cualquier contaminación del envase.
- b) Blanco de transporte y acarreo: Los frascos son llenados en laboratorio con agua destilada y son enviados al lugar de muestreo y retornados al laboratorio para su análisis. Estos frascos no son abiertos en ningún momento. Estos blancos sirven para comprobar contaminación atribuible al transporte y procedimientos de almacenamiento en campo. Sólo se harán blancos de transporte y acarreo para frascos de compuestos orgánicos.

#### **3.1.5 Preservación, etiquetado y almacenamiento de muestras**

- a) La preservación y el almacenamiento de las muestras se realizará inmediatamente realizada la colecta y según el detalle de los métodos estándar para el análisis de aguas y aguas residuales que se describe en la Tabla No.3.1

**Tabla No.3.1** Especificación de las muestras para análisis de agua superficial.

<i>Determinación analítica</i>	<i>Recipiente y volumen</i>	<i>Preservación de la muestra</i>	<i>Laboratorio donde se realizo</i>
Químicos: As, Hg, Cr, Pb	Plástico 1 L	Temperatura 4 °C ó menor	Calidad integral FUSADES
Coliformes fecales	Plástico 1L	Temperatura 4 °C ó menor	Calidad integral FUSADES
Fenoles	Plástico 1L	2ml de acido sulfúrico Temperatura 4 °C ó menor	Calidad de agua SNET
Nitrógeno amoniacal	Plástico 1L	2ml de acido sulfúrico Temperatura 4 °C ó menor	Calidad de agua SNET
Demanda bioquímica de oxígeno	Plástico 1L	Temperatura 4 °C ó menor	Calidad de agua SNET
Oxígeno disuelto	Vidrio 300 ml	1ml de azida de sodio y 1ml sulfato de manganeso Temperatura 4 °C ó menor	Calidad de agua SNET

Fuente: Metodología Anexo 2, Tabla No.4 de la Norma CONACYT 13.49.01:06

- b) Cada muestra es identificada con un código proporcionado por el SNET que identifica el sitio de muestreo. Se escribe el parámetro a analizarse y se coloca en una hielera.
- c) El responsable de muestreo debe completar la Planilla de la Cadena de Custodia, la cual contiene la siguiente información:
- Firma del responsable de muestreo.
  - Código de estación, ubicación, fecha y hora de muestreo, y análisis solicitado, número de precinto, y toda otra información que se considere importante.
- d) La Planilla de Cadena de Custodia es transportada con la muestra al laboratorio.

### 3.1.6 Cadena de Custodia en Campo

La Cadena de Custodia de las Muestras en Campo, asegurará la trazabilidad en el acarreo y posesión de todas las muestras, desde la recepción de los envases, hasta la entrega de las muestras al laboratorio.

- a) Los envases “libres de contaminación” preparados por el Laboratorio, son entregados al encargado del muestreo.
- b) Los envases y las conservadoras se almacenan en un lugar seguro, libre de contaminación.

- c) Los envases se colocan en hieleras, el encargado del muestreo revisará las hieleras juntamente con las planillas de Cadena de Custodia de Muestreo, si todo está en orden, se precintan las hieleras y se da comienzo a la operativa de muestreo.
- d) La Custodia de las Muestras es transferida firmando la Planilla de Cadena de Custodia de la Muestra en la sección transferencias, como sigue:
- Entrega: si la muestra es transferida a otra persona.
  - Recepción: si la muestra es recibida de otra persona.
- e) La planilla de Cadena de Custodia de la Muestra es transportada con las muestras, hasta que estas sean recibidas por el laboratorio de Calidad de Agua de SNET.
- f) Para la recepción de Muestras en el Laboratorio privado, se siguió los protocolos de calidad de esa institución, llenando al momento de ingreso datos de identificación de muestra, parámetros que se solicitan, nombre del responsable del muestreo, fecha de muestreo, tipo de agua, firma del responsable de entrega y firma del que recibe, muestra.
- g) Tanto los datos de parámetros medidos en campo, como los datos del análisis del laboratorio, son trasladados por el Laboratorio al Área de Investigación en el reporte de resultados, en formato impreso, vía correspondencia personal.

### 3.2 Método de muestreo de sedimentos

Se recogen muestras de sedimento superficial (definido así el sedimento superficial que se encuentra a una profundidad entre 0-10 cm).

Cantidad de muestra: 1 libra

Equipo de protección: guantes de látex limpios.

No se permite fumar mientras se toman las muestras.

#### Procedimiento de muestreo de sedimentos

1. Antes de recoger la muestra se anota las coordenadas del sistema de posicionamiento global GPS, la temperatura ambiente, fecha y hora del muestreo. Se observa la calidad y la condición del sedimento, la vegetación, la presencia de biota y cualquier detalle inusual.

2. Algunas estaciones muestreadas para agua superficial también lo serán para sedimento, en el banco del río. Las muestras de sedimentos se recogen con una draga de acero inoxidable, cuidando de no tomar piedrecitas, hojarascas, basura, etc. Si bien la muestra es simple, se toma sedimento de puntos separados hasta 5 m entre ellos, según las condiciones del sitio.

3. La bolsa se rotula con marcador permanente antes de colocar la muestra en su interior.

4. El sedimento se coloca dentro de la bolsa *Ziploc* y se deja drenar el agua, hasta tener aproximadamente 1 libra, enseguida se cierra y se coloca dentro de otra bolsa plástica.

5. Se colocan las muestras en la nevera portátil sólo para sedimentos.

**Tabla No.3.2** Especificación para la toma de muestra de sedimentos

<i>Determinación analítica</i>	<i>Recipiente y cantidad</i>	<i>Preservación de la muestra</i>	<i>Laboratorio</i>
Químicos: As, Hg, Cr, Pb	Bolsa Plástica <i>ziploc</i> , cantidad 1 Lb	No requiere	Calidad integral FUSADES

### 3.3 Valoración de la Calidad Sanitaria de Agua ICAs

Para calificar la calidad de agua de los ríos estudiados se utilizará el Índice de Calidad Sanitaria de Agua, ICAs, establecido por el SNET. (ICA, Suquiapa, Sucio, Acelhuate 2002) Los parámetros relevantes de contaminación orgánica (biodegradable) y tóxica elegidos son los siguientes: Arsénico (As), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Oxígeno Disuelto (OD), Amoníaco (NH<sub>3</sub>), Coliformes fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y compuestos fenólicos.

Para calcular el ICAs derivado de los contaminantes enunciados, a los que se atribuye igual relevancia, se aplica la siguiente fórmula que posee iguales factores de ponderación :

W<sub>i</sub>, siendo multiplicativa:

$$ICAs = \left[ \prod_{i=1}^9 \text{de (Sub}_i\text{)} \right]^{1/9}$$

El resultado de este índice varía entre 100 y 1 (óptimo/ pésimo) y los Subíndices (Sub<sub>i</sub>) respecto a un contaminante específico son función de la concentración del mismo, calculándose también mediante ecuaciones simples, tampoco acepta valores negativos ni mayores de 100.

El criterio básico empleado es asignar:

- Un nivel de aptitud del 50% cuando la concentración del contaminante es igual a la del "Nivel Guía" para el uso que se desea preservar (o volver a restituir) para el río o tramo del mismo en cuestión. Para el caso de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno no se empleó el mismo criterio por las características propias de estos parámetros.
- La aptitud es nula cuando las mediciones duplican dicho valor, este criterio ha sido ya adoptado en varios documentos internacionales referidos a esta temática.
- Si el cálculo de los "Sub<sub>i</sub>" resulta en valores negativos o cero se asigna valor de aptitud : 1.

#### Sub<sub>1</sub> [Arsénico]

El Nivel Guía adoptado es de 0,05 mg/l (apto para fuente de agua potable y protección de vida acuática).

$$Sub_1 = [0,1\text{mg/l} - (\text{As}) ] * 1.000$$

- Si la concentración de As es mayor a 0,1 (Sub<sub>1</sub> real negativo) se adopta Sub<sub>1</sub> = 1

### Sub<sub>2</sub> [Cromo Total]

El Nivel Guía adoptado es de 0,05 mg/l para fuente de agua potable (para protección de vida acuática se exige 0,002 mg/l)

$$\text{Sub}_2 = [ 0,1 \text{ mg/l} - ( C_r ) ] * 1.000$$

- Si la concentración de Cr es mayor a 0,1 ( Sub<sub>2</sub> real negativo ) se adopta Sub<sub>2</sub> = 1.

### Sub<sub>3</sub> [Mercurio]

El Nivel Guía adoptado es de 0,001 mg/l (apto para fuente de agua potable y protección de vida acuática)

$$\text{Sub}_3 = [ 0,002 - ( \text{Hg} ) ] * 50.000$$

- Si la concentración de Hg es mayor a 0,002 (Sub<sub>3</sub> real negativo) se adopta Sub<sub>3</sub> = 1.

### Sub<sub>4</sub> [Plomo]

El Nivel Guía adoptado es de 0,05 mg/l ( apto para fuente de agua potable protección de vida acuática exige 0,01 mg/l)

$$\text{Sub}_4 = [ 0,1 - ( \text{Pb} ) ] * 1.000$$

- Si la concentración de Pb es mayor a 0,1 (Sub<sub>4</sub> real negativo) se adopta Sub<sub>4</sub> = 1.

### Sub<sub>5</sub> [Oxígeno Disuelto]

Este parámetro será expresado en % de Saturación de Oxígeno, para atender la incidencia de los cambios de temperatura respecto al poder de disolución de dicho elemento en la fase líquida, la incidencia de la Presión atmosférica y su variación con la elevación del terreno.

El calculo del OD en % de saturación se efectúa adoptando primero un valor medio de temperatura para la Estación y campaña analizada.

- Si % Sat. de OD es  $\leq 100$  %  $\Rightarrow$  **Sub<sub>5</sub>** = % Sat. OD
- Si % Sat. de OD es  $> 100$  %  $\Rightarrow$  **Sub<sub>5</sub>** =  $100 - [ (\% \text{ Sat. OD} - 100) * 0,6667 ]$

#### **Sub<sub>6</sub> [Nitrógeno Amoniacal]**

Los Niveles Guía recomendado acorde a uso son de 0,5 mg/l, apto para fuente de agua potable y para protección de vida acuática se exige 0,02 mg/l - (Ref. : Guías de C.A. Región del Plata)

$$\text{Sub}_6 = [ 1 \text{ mg/l} - (\text{NH}_3) ] * 100$$

- Si la concentración de NH<sub>3</sub> es mayor a 1 (Sub<sub>6</sub> real negativo) se adopta Sub<sub>6</sub> = 1.

#### **Sub<sub>7</sub> [Bacterias Coliformes Fecales]**

En nivel guía utilizado ha sido el 50% la propuesta de vertidos de efluentes de CONACYT, 1000 Coliformes Fecales NMP/100ml.

$$\text{Sub}_7 = 100 - (\text{N}^\circ \text{ Colifo. Fecales} * 0,05)$$

- Si la concentración de Coliformes Fecales es mayor o igual a 2000 (Sub<sub>7</sub> real negativo) se adopta Sub<sub>7</sub> = 1.

#### **Sub<sub>8</sub> [Demanda Biológica de Oxígeno – DBO<sub>5</sub>]**

La fórmula de cálculo que genera Sub<sub>8</sub> se basa en el valor de 30 mg/l según la propuesta de vertidos de efluentes de CONACYT.

$$\text{Sub}_8 = (30 - \text{DBO}_5) * 3,3333$$

- Si la concentración de DBO es mayor o igual a 30 (Sub<sub>8</sub> real negativo) se adopta Sub<sub>8</sub> = 1.

#### **Sub<sub>9</sub> [Fenoles]**

La fórmula de cálculo de Sub<sub>9</sub> se basa en el Valor Guía adoptado que es de 5 µg/l, que representa el 25% de la norma de vertidos de efluentes de CONACYT.

$$\text{Sub}_9 = ( 10 \text{ µg/l} - \text{fenol} ) * 10$$

Si la concentración de fenoles es mayor a 10 µg/l (Sub<sub>9</sub> real negativo) se adopta Sub<sub>9</sub>= 1

*Referencia: Índice de Calidad Sanitaria de las aguas SNET. MARN*

### **3.3.1 Interpretación del ICAs**

Si el índice ICAs es menor o igual a 25 la calidad del agua es pésima, si el ICAs es mayor de 71 es de buena calidad.

En la siguiente tabla se presenta la calificación del cuerpo superficial según ICAs

**Tabla No.3.3.** Calificación de ICAs

<i>Calidad del agua</i>	<i>Valor ICAs</i>
Excelente	91 a 100
Buena	71 a 90
Regular	51 a 70
Mala	26 a 50
Pésima	0 a 25

### 3.4 Metodología para interpretar la calidad de los sedimentos.

En la presente investigación, la calidad de los sedimentos se determina comparando con valores guías americanas y alemanes. En el país, las normas de calidad de ambiental no contemplan niveles guías de metales pesados en sedimentos.

Long, et al. 1995 establece un valor ERL rango de bajo efecto y ERM rango de efecto medio para cada metal pesado en sedimentos.

En el Anexo 5 se presenta la Guía de los valores ERL y ERM de Long.

Si la concentración está entre el valor ERL y el ERM se considera que es posible un efecto negativo en la cadena trófica.

Si la concentración es mayor que ERM el efecto es probable

En la siguiente tabla se presentan los valores guías para cada metal pesado:

**Tabla No.3.4** Valores guías de concentración de metales pesados en sedimentos

<i>Guía</i>	<i>As,mg/kg</i>	<i>Hg, mg/kg</i>	<i>Cr,mg/kg</i>	<i>Pb,mg/kg</i>
<i>ERL</i>	8.2	0.15	81	46.7
<i>ERM</i>	70	0.71	370	218

Fuente: Long, et al 1995

La normativa de Holanda de 2000 establece concentraciones estándares limites para cada uno de los metales y valores donde se requiere la intervención de remediación de suelo.

En la siguiente tabla se presentan los estándares de As, Cr, Hg y Pb.

**Tabla No.3.5** Estándares de componentes químicos de la normativa de Holanda 2000 en sedimentos

	<i>As,mg/kg</i>	<i>Hg, mg/kg</i>	<i>Cr,mg/kg</i>	<i>Pb,mg/kg</i>
<i>Limite</i>	29	0.3	100	85
<i>Valor para intervención</i>	55	10	380	530

Fuente: Standard chemical compound values based on Dutch Standards 2000

Estos dos criterios se han utilizado en esta investigación para analizar los resultados de metales pesados en sedimentos de los sistemas fluviales

### 3.5 Metodología para mediciones de cantidad

Las mediciones de caudal en ríos, se realiza a través del método de vadeo utilizando el molinete o el micromolinete, seleccionado las secciones transversales uniformes con flujo laminar.

En cada uno de los sitios de la red de monitoreo, se realizó la medición de cantidad de agua.

El caudal de un curso en una sección, es el volumen de agua que pasa por la misma en una unidad de tiempo. Por tal motivo sus unidades están dadas como:

[Volumen] /[Tiempo] y sus unidades son normalmente (m<sup>3</sup>/seg) o (litros/seg).

El aforo es la operación de medición del caudal en una sección de un curso de agua, en los ríos se mide en forma indirecta, teniendo en cuenta que:

Caudal Q = Velocidad V x Área A

$$Q \text{ [m}^3\text{/seg]} = V \text{ [m/seg]} \times A \text{ [m}^2\text{]}$$

El procedimiento de medición de flujo es el siguiente:

1. Se mide la sección del cauce y la profundidad de la sección parcial.
2. Se mide con el molinete, la velocidad de la sección parcial por unidad de tiempo
3. Se anotan los datos de profundidad y velocidad parcial de la sección transversal donde se realiza el aforo, para luego
4. Se aplica calcular los caudales parciales y su sumatoria representa el caudal total.

#### 3.5.1 Equipo utilizado

- Micromolinete y contador
- Molinete AOTT
- Cinta métrica

## **IV. RESULTADOS DE ANÁLISIS Y DETERMINACIONES**

### **4.1 Resultados de mediciones in situ y determinaciones analíticas en agua superficial y sedimentos**

En la Tabla No.4.1 se presentan los resultados de agua superficial y en la Tabla No.4.2 los resultados de contenido de metales en sedimentos de fondo.

En la misma tabla se identifica el Índice de Calidad Sanitaria del Agua, valorado por la ponderación de los 9 parámetros que son: Arsénico (As), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Oxígeno Disuelto (OD), Amoníaco (NH<sub>3</sub>), Coliformes fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y compuestos fenólicos.

En el Anexo 3 se presentan los reportes de laboratorios.

Tabla No.4.1 Resultados de mediciones in situ y determinaciones analíticas en aguas superficiales.

Sitio de Muestreo	pH	Solidos Totales Disueltos mg/L	Conductividad $\mu$ Siemens/cm	%Salinidad	Temp Agua C°	Temp Aire C°	Nitrogeno Amoniacal ppm	DBO5 ppm	O2 disuelto mg/l	Fenoles $\mu$ g/L	Arsénico ppm	Mercurio ppm	Cromo ppm	Plomo ppm	Coliformes Fecales NMP*/100	ICAs
A-01-ACAHU	7.27	239	450	0.2	30.7	30.6	0.205	1	6.4	2500	0.0000	0.0000	0.0018	0.0000	300	55.27
A-02-ACAHU	8.37	239	450	0.2	29.9	34.9	0.26	4	7	1800	0.0000	0.0009	0.0017	0.0000	9,000	31.69
A-03-ACAHU	8.32	182	342	0.2	27.2	30.7	0.235	2	7.8	1500	0.0029	0.0014	0.0009	0.0000	5,000	29.91
A-04-ACAHU	8.56	173	325	0.2	33.8	35.8	0.2	2	8.9	600	0.0011	0.0000	0.0011	0.6670	700	32.78
A-14-ACELH	7.68	285	628	0.3	28.2	34.4	17.35	57	2.7	150	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	16,000,000	11.29
A-17-ACELH	2.58	419	786	0.4	31.2	35.1	18.75	181	0	500	0.0216	0.0000	0.0000	0.0000	90,000,000	0.00
A-25-ACELH	7.98	656	670	0.3	35.7	34	15.05	14	0	3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	800,000	0.00
A-04-ARANC	7.74	269	505	0.2	24.1	23.7	5.28	10	3.7	2600	0.0024	0.0000	0.0353	0.0000	160,000	17.57
A-01-GRAND	7.08	48.2	92.1	0.1	26	26.5	0.255	2	4.97	1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0200	2,400	31.57
A-02-GRAND	7.38	52.3	99.8	0.1	24.6	25.1	0.26	3	5.96	900	0.0000	0.0013	0.0078	0.0100	30,000	28.64
A-01-LEMPA	7.8	60	112	0.1	27.7	33.9	0.435	3	6.15	2200	0.0000	0.0014	0.0031	0.0352	7,000	26.57
A-08-LEMPA	7.7	113	213	0.1	18.2	25.4	0.255	1	5.58	2300	0.0000	0.0016	0.0010	0.0385	3,000	25.61
A-12-LEMPA	7.69	117	221	0.1	28.2	27.5	0.15	1	5.08	2500	0.0000	0.0015	0.0037	0.1672	30,000	17.03
A-17-LEMPA	7.76	148	278	0.2	29.9	32	0.215	1	8	2900	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	300	56.82
A-19-LEMPA	7.54	159	295	0.1	28.3	24.4	0.15	1	6.4	1600	0.0000	0.0000	0.0060	0.0016	1,100	51.69
A-20-LEMPA	7.54	125	235	0.1	30.7	31.5	0.435	1	5.5	1500	0.0000	0.0016	0.0060	0.0000	80	44.88
A-01-LSUCIO	8	117	221	0.1	26.2	27.9	0.205	2	5.4	2600	0.0050	0.0021	0.0015	0.0026	13,000	19.60
A-01-MATAL	7.42	318	596	0.3	26.1	33.1	28.25	125	5	2600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24,000,000	12.11
A-01-METAY	7.62	195	365	0.2	27.8	28.5	0.49	1	4.64	2300	0.0028	0.0000	0.0006	0.0049	1,300	45.62
A-02-METAY	7.16	118	223	0.1	27.7	27.9	0.53	1	3.96	1800	0.0000	0.0000	0.0005	0.0056	5,000	30.06
A-03-METAY	7.4	213	401	0.2	32.3	33.5	0.53	2	3.73	2600	0.0014	0.0000	0.0009	0.0114	1,100	45.41
A-01-QUEZA	8	118	223	0.1	27.2	28.5	0.29	0.4	7.28	2300	0.0000	0.0000	0.0011	0.0329	800	51.09
A-02-QUEZA	7.98	127	240	0.1	25.6	27.1	0.26	1	5.18	2700	0.0019	0.0000	0.0015	0.0000	2,200	32.47
A-01-RSAPO	7.35	28	60	0.1	24.3	30.7	0.22	1	5.73	1800	0.0000	0.0022	0.0004	0.0000	30,000	19.86
A-01-RTAMA	7.79	117.5	140	0.1	27.5	25.2	0.155	1	6.95	300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	240,000	34.42
A-02-RTAMA	7.97	149.5	180	0.1	28	28	0.17	1	6.61	200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	5,000	34.30
A-01-RTITI	7.84	117	220	0.1	28.6	29.6	0.29	1	6.5	1000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	300	54.96
A-02-RTITI	8.35	117	220	0.1	30	30.5	0.345	0.2	10	2000	0.0000	0.0017	0.0006	0.0503	80	41.64
A-03-TITI	8.39	116	219	0.1	29.9	30.5	0.365	0.2	9.5	1900	0.0000	0.0030	0.0008	0.0000	110	33.34
A-01-SANSI	8.68	211	396	0.2	29.6	35.8	0.27	2	6.6	1300	0.0023	0.0000	0.0008	0.0000	1,100	51.45
A-01-SESOR	8.34	139.5	160	0.1	26.9	25.9	0.18	2	7.41	300	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	11,000	34.42
A-01-SUCIO	7.15	393	739	0.4	29.8	24.1	0.91	8	4.8	400	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	33,000	24.77
A-09-SUCIO	6.71	500	950	0.4	26.9	29.1	5.75	7.93	0.3	3600	0.0045	0.0000	0.0000	0.0000	1,600,000	13.41
A-15-SUCIO	7.66	452	980	0.4	26.6	26.9	1.9	31	3.4	3000	0.0315	0.0000	0.0000	0.0000	300,000	11.12
A-24-SUCIO	7.85	394	740	0.4	30.1	36.4	0.33	4	7.9	1000	0.0212	0.0000	0.0083	0.0000	240	53.48
A-01-SUMPU	10.61	39.3	78	0.1	21.6	24.6	0.26	0.1	5.68	700	0.0000	0.0019	0.0009	0.0016	170	39.11
A-02-SUMPU	7.85	45.8	88.7	0.1	23.5	27.1	0.255	0.2	5.44	1000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0033	3,000	32.42
A-03-SUMPU	8.03	47.3	84.7	0	25	29.5	0.13	1	8.2	1100	0.0000	0.0037	0.0011	0.0000	500	33.79
A-04-SUMPU	8.03	68	125	0.1	29.7	33.4	0.32	1	7.5	2000	0.0000	0.0005	0.0007	0.0000	1,300	47.51
A-01-SUQUI	7	280	525	0.3	24.9	23.7	8.94	14	3.2	2000	0.0023	0.0000	0.0199	0.0033	22,000	17.28
A-23-SUQUI	7.91	313	401	0.2	28.5	31.4	0.33	4	7.5	1900	0.0010	0.0000	0.0029	0.0000	1,300	49.42
A-01-TALQU	7.9	94	177	0.1	31.9	33.7	0.39	2	5.13	900	0.0000	0.0000	0.0004	0.0082	2,200	31.81
A-01-TAMUL	9.98	84	159	0.1	25.7	31.4	0.15	2	8.2	2300	0.0000	0.0000	0.0010	0.0393	500	52.98
A-02-TAMUL	6.8	123	232	0.1	28.6	28.5	0.32	3	6.47	2500	0.0000	0.0010	0.0012	0.0077	90,000	30.25
A-03-TAMULA	7.91	144	272	0.1	31.6	30.8	0.75	4	7.17	1900	0.0000	0.0008	0.0011	0.0038	14,000	28.09
A-01-TEPEC	8.05	163	307	0.2	26.5	30.2	0.205	0.3	5.29	2000	0.0041	0.0000	0.0009	0.0006	800	51.97
A-01-TOROL	7.13	24.5	60	0.1	24.7	28.6	0.22	1	6.45	2600	0.0000	0.0000	0.0020	0.0078	17,000	33.15
A-02-TOROL	7.27	29	70	0.1	24.7	28.7	0.18	1	6.62	2200	0.0000	0.0000	0.0005	0.0137	160,000	33.30
B-01-RPAZ	7.63	165	310	0.2	24.9	26	0.86	7	7	1900	0.0010	0.0000	0.0040	0.0000	22,000	27.05
B-02-RPAZ	8.37	232	435	0.2	29.4	29.7	0.2	3	8.4	2100	0.0303	0.0069	0.0032	0.0000	5,000	19.85
B-03-RPAZ	8.31	157	478	0.2	28.9	29	0.58	1	6.6	1600	0.0361	0.0000	0.0008	0.0000	1,300	44.76
B-04-RPAZ	8.36	269	503	0.2	29	30.1	0.605	2	7.3	2600	0.0363	0.0000	0.0015	0.0000	3,000	30.33
C-01-GUAYA	7.77	94	177	0.1	25.4	26.8	0.29	0.2	7.8	2300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	110	56.53
C-02-GUAYA	6.95	94	178	0.1	27.2	26.6	0.305	1	7.6	2600	0.0000	0.0000	0.0007	0.0103	17,000	33.59
C-01-NARAN	8.7	83	154	0.1	24.3	31	0.23	1	7.7	1400	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	24,000	34.14
C-02-NARAN	7.25	79	149	0.1	28.2	31	0.275	3	6	1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2,400	32.94
C-01-ROSAR	8.16	117	220	0.1	30.8	30.8	0.26	2	9.2	700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3,000	33.98
C-02-ROSAR	7.64	109	206	0.1	28.7	28.2	0.24	2	7.7	700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3,000	34.31
C-01-SUCIA	7.6	102	194	0.1	27.1	29.5	0.295	0.4	8.2	2400	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	700	54.59

Tabla No.4.1 Resultados de mediciones in situ y determinaciones analíticas en aguas superficiales.

Sitio de Muestreo	pH	Solidos Totales Disueltos mg/L	Conductividad µSiemens/cm	%Salinidad	Temp Muestra Cº	Temp Ambiental Cº	Nitrogeno Amoniacal ppm	DBO5 ppm	O2 disuelto mg/l	Fenoles µg/L	Arsénico ppm	Mercurio ppm	Cromo ppm	Plomo ppm	Coliformes Fecales NMP*/100	ICAs
C-02-SUCIA	7.49	104	196	0.1	28.8	30.9	0.29	0.2	7	1600	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	2,200	33.97
C-03-SUCIA	7.07	105	198	0.1	27.6	28.8	0.295	1	5.7	2100	0.0016	0.0000	0.0027	0.0818	5,000	27.26
D-01-CENIZ	6.91	152	286	0.1	23.2	29.5	0.275	1	7.7	3300	0.0020	0.0000	0.0003	0.0000	24,000	33.75
D-02-CENIZ	6.67	155	292	0.1	24.2	26.8	0.4	2	7.7	300	0.0020	0.0000	0.0005	0.0000	300,000	33.04
D-03-CENIZ	6.73	200	376	0.2	25.5	30.1	0.855	4	6.2	2600	0.0019	0.0000	0.0003	0.0000	130,000	27.49
D-04-CENIZ	7.6	352	658	0.3	28.8	31.6	0.29	1	7.6	2200	0.0023	0.0000	0.0006	0.0000	3,000	34.28
D-01-GRAND	7.64	159	297	0.1	22.5	28	0.29	1	7.9	500	0.0034	0.0000	0.0005	0.0000	24,000	33.66
D-02-GRAND	7.51	153	288	0.2	23.7	30.4	0.245	2	7.5	500	0.0030	0.0000	0.0011	0.0000	500	54.45
D-03-GRAND	6.95	175	325	0.2	25.9	30.4	6	8	6.5	3000	0.0025	0.0000	0.0007	0.0000	500,000	20.12
D-04-GRAND	7.57	167	314	0.2	23.3	29.8	2.035	9	6.4	2700	0.0030	0.0088	0.0011	0.0000	1,600,000	11.95
E-01-ANTON	8.7	132	248	0.1	23.6	25.5	0.215	2	8.2	400	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	240,000	34.17
E-02-ANTON	8.02	157	296	0.1	20	30.2	0.245	2	7.6	400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	13,000	33.01
E-01-APANC	7.81	109	204	0.1	29	30.7	0.4	2	7.6	2600	0.0008	0.0000	0.0009	0.0000	8,000	33.44
E-02-APANC	7.25	126	235	0.1	28.6	30.7	0.42	2	6.4	2900	0.0004	0.0000	0.0010	0.0000	8,000	32.87
E-01-COMAL	8.11	162	305	0.2	24.1	30.1	0.265	3	5.83	2800	0.0021	0.0000	0.0021	0.0000	8,000	32.45
E-02-COMAL	7.63	167	314	0.2	25.7	27.4	0.605	5	5.43	2500	0.0060	0.0000	0.0035	0.0000	28,000	29.90
E-03-COMAL	7.39	173	325	0.2	28.2	29.6	0.605	5	5.9	2700	0.0079	0.0000	0.0026	0.0000	90,000	30.26
E-01-COMAS	7.44	133	251	0.1	28.2	30.4	0.195	4	5.6	200	0.0000	0.0000	0.0046	0.0010	30,000	33.08
E-01-CHILAM	8.01	147	276	0.1	26	29.2	0.235	1	7.3	200	0.0000	0.0010	0.0009	0.0000	500	51.07
E-02-CHILAM	7.41	148	278	0.1	30.2	30.5	0.28	6	6.6	300	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	110,000	33.14
E-01-MIZAT	7.95	108	204	0.1	27.3	30.6	0.275	2	7.4	2000	0.0021	0.0000	0.0009	0.0047	1,300	49.86
E-02-MIZAT	7.78	105	197	0.1	26.9	28.5	0.42	3	7.2	2400	0.0009	0.0000	0.0013	0.0000	130	54.84
E-01-RJUTE	8.75	278	522	0.3	25.3	25.5	0.335	2	6.4	200	0.0000	0.0032	0.0024	0.0000	30,000	19.68
E-01-ZUNZA	7.85	116	218	0.1	27	25	0.17	2	7.4	1300	0.0006	0.0000	0.0011	0.0010	1,100	52.61
F-01-ANTON	7.57	178	310	0.1	26.6	24.3	0.24	1	7.2	2800	0.0008	0.0000	0.0021	0.0196	24,000	33.35
F-01-GUAYA	7.67	187	310	0.1	28.6	30.7	0.195	2	8.5	2500	0.0000	0.0000	0.0020	0.0341	24,000	32.99
F-01-JALPO	7.65	212	140	0.1	26	28	0.62	2	7.6	300	0.0028	0.0000	0.0024	0.0000	90,000	31.47
F-02-JALPO	7.45	175.5	140	0.1	26.3	26.3	0.44	2	7.75	300	0.0041	0.0000	0.0017	0.0440	160,000	30.86
F-03-JALPO	7.72	182	130	0.1	28	29	0.545	3	7.6	300	0.0045	0.0000	0.0012	0.0502	90,000	29.75
F-01-JIBOA	6.52	101	189	0.1	22.8	22.4	0.245	2	6.8	1400	0.0025	0.0000	0.0009	0.0000	1,300	49.58
F-02-JIBOA	7.81	105	197	0.1	23.2	24.5	0.11	2	7.5	3000	0.0023	0.0000	0.0006	0.0000	1,700	46.18
F-03-JIBOA	8.49	780	1470	0.7	28.4	29	0.22	3	7.5	2700	0.1130	0.0000	0.0013	0.0257	5,000	19.75
F-04-JIBOA	8.58	750	1400	0.7	30.6	35.5	0.175	2	6	3200	0.1230	0.0000	0.0016	0.0000	500	32.69
F-05-JIBOA	8.53	740	1400	0.7	32.6	35.5	0.15	3	6.7	3800	0.1122	0.0000	0.0020	0.0000	500	33.32
G-01-DIENT	7.15	181	300	0.1	29	30.6	0.21	2	6.3	2300	0.0000	0.0000	0.0032	0.0500	30,000	31.48
G-01-JUANA	7.41	294	470	0.1	27.8	29.5	5	13	2.6	1600	0.0000	0.0000	0.0015	0.0000	700,000	17.82
G-01-MOLIN	6.52	2.98	470	0.1	27.1	33	1.135	13	2.3	2500	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	800,000	17.82
G-02-MOLIN	7.84	301	480	0.1	27.3	29.5	0.295	2	7.1	2300	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	17,000	33.66
G-03-MOLIN	7.77	363	430	0.1	27.3	29.5	0.58	3	5.3	1800	0.0000	0.0000	0.0019	0.0000	30,000	31.03
G-01-ROQUI	7.24	192	320	0.1	29.9	32.5	0.19	2	5.9	1700	0.0000	0.0000	0.0023	0.0366	5,000	32.04
H-01-CAÑAS	8.76	87	164	0.1	25.6	29.7	0.29	5	5.69	1500	0.0021	0.0046	0.0082	0.0000	160,000	19.15
H-01-GRAND	7.51	118	222	0.1	27.7	25.3	0.365	2	4.32	1900	0.0023	0.0011	0.0038	0.0000	24,000	28.60
H-02-GRAND	7.29	116	219	0.1	26.4	24.2	1.6	1	3.08	2200	0.0059	0.0170	0.0073	0.0000	800,000	11.28
H-03-GRAND	7.48	156	294	0.1	28.4	32.6	0.485	5	5.03	800	0.0015	0.0219	0.0039	0.0000	14,000	18.48
H-04-GRAND	7.56	325	510	0.1	31.5	31	0.28	2	3.01	2000	0.0012	0.0000	0.0015	0.0000	220	50.55
H-02-VILLE	7.03	51.1	96.3	0.1	24.2	29.2	0.46	15	4.42	400	0.0032	0.0009	0.0139	0.0000	500,000	26.38
I-01-SIRAM																0.00
I-02-SIRAM	8.43	2.2	333	0.1	33.8	34.6	0.21	4	6.47	2900	0.0015	0.0096	0.0029	0.0460	14,000	18.88
J-01-AGUAC	8.37	152	222	0.1	34.7	35.4	0.205	6	6.49	1500	0.0044	0.0015	0.0000	0.0112	8,000	28.43
J-01-GOASC	7.6	64	140	0.1	32.2	33.6	0.17	2	5.18	3100	0.0013	0.0037	0.0045	0.0175	50,000.00	19.75
J-02-GOASC	7.37	84	170	0.1	36.3	34.3	0.24	5	6.64	2200	0.0025	0.0000	0.0010	0.0101	1,100	50.73
J-03-GOASC	7.67	850	170	0.1	33.3	33.9	0.245	6.7	5.35	2600	0.0022	0.0047	0.0011	0.0475	14,000	18.10
J-01-PASAQ	7.85	207	350	0.1	32.8	34.7	0.27	5	5.5	2700	0.0044	0.2030	0.0000	0.0186	7,000	19.13
J-02-PASAQ	7.38	209	360	0.1	31.3	32.2	0.32	4	3.62	1500	0.0044	0.0133	0.0000	0.0774	8,000	15.86
J-01-SAUCE	8.18	131	240	0.1	31	31.7	0.185	2	4.97	2300	0.0035	0.0093	0.0011	0.0738	17,000	17.05

En la tabla No.4.2 se presenta los resultados de metales pesados en sedimentos en las regiones hidrográficas del país

**Tabla No.4.2** Resultados de metales pesados en sedimentos de las regiones hidrográficas de El Salvador.

<i>No.</i>	<i>Sitio de muestreo</i>	<i>Rio</i>	<i>As, ppm</i>	<i>Hg, ppm</i>	<i>Cr, ppm</i>
1	A-14-ACELH	Acelhuate	0.11	0.42	9.57
2	A-17- ACELH	Acelhuate	0.38	0.38	8.32
3	A-25-ACELH	Acelhuate	0.18	0.26	12.50
4	A-19 -LEMPA	Lempa	0.07	0.39	6.66
5	A-15- SUCIO	Sucio	0.44	0.19	5.15
6	A-24- SUCIO	Sucio	0.49	0.0	13.16
7	A-23- SUQUI	Suquiapa	0.07	0.10	51.30
8	A-03-TITI	Titihuapa	0.01	0.81	11.03
9	D-03-GRAND	Grande de Sonsonate	0.40	0.33	19.49
10	H-02-GRAND	Grande de San Miguel	0.0	0.31	30.09

En el Anexo 3 se presentan los reportes de laboratorios.

## 4.2 Resultados de Caudal de aguas superficiales

El trabajo de campo se ha realizado del 17 de abril al 12 de junio de 2007, ambas fechas inclusive, que comprende el periodo seco y transición de época seca a lluviosa.

En la tabla No.4.3 se presenta los resultados de cantidad de agua en las regiones hidrográficas. En el Anexo 4 se presentan los reportes de aforos.

Un sitio de muestreo correspondiente a la región Sirama, (I-01-SIRAM) resulto seco, por lo que no se reporta valor alguno de flujo.

**Tabla No.4.3** Mediciones de caudal en ríos, m<sup>3</sup>/seg

No.	Sitio de muestreo	CAUDAL m <sup>3</sup> /s	No.	Sitio de muestreo	CAUDAL m <sup>3</sup> /s
1	A-01-ACAHU	0.214	28	A-02-RTITI	1.943
2	A-02-ACAHU	0.382	29	A-03-TITI	0.253
3	A-03-ACAHU	1.208	30	A-01-SANSI	0.620
4	A-04-ACAHU	2.067	31	A-01-SENSOR	0.428
5	A-14-ACELH	5.141	32	A-01-SUCIO	1.403
6	A-17-ACELH	1.240	33	A-09-SUCIO	2.714
7	A-25-ACELH	5.873	34	A-15-SUCIO	1.513
8	A-04-ARANC	1.230	35	A-24-SUCIO	0.668
9	A-01-GRAND	0.870	36	A-01-SUMPU	0.605
10	A-02-GRAND	0.692	37	A-02-SUMPU	1.226
11	A-01-LEMPA	2.521	38	A-03-SUMPU	0.000
12	A-08-LEMPA	No realizado, Río Crecido	39	A-04-SUMPU	0.391
13	A-12-LEMPA	No realizado, Río Crecido	40	A-01-SUQUI	2.906
14	A-17-LEMPA	5.987	41	A-23-SUQUI	0.090
15	A-19-LEMPA	No realizado, Río Crecido	42	A-01-TALQU	0.056
16	A-20-LEMPA	No realizado, Río Crecido	43	A-01-TAMUL	0.416
17	A-01-LSUCIO	0.794	44	A-02-TAMUL	0.334
18	A-01-MATAL	0.222	45	A-03-TAMULA	0.179
19	A-01-METAY	0.068	46	A-01-TEPEC	1.559
20	A-02-METAY	0.141	47	A-01-TOROL	No realizado, Río Crecido
21	A-03-METAY	0.226	48	A-02-TOROL	4.602
22	A-01-QUEZA	0.770	49	B-01-RPAZ	2.266
23	A-02-QUEZA	1.290	50	B-02-RPAZ	6.240
24	A-01-RSAPO	No realizado, Río Crecido	51	B-03-RPAZ	9.383
25	A-01-RTAMA	0.551	52	B-04-RPAZ	9.075
26	A-02-RTAMA	1.183	53	C-01-GUAYA	0.212
			54	C-02-GUAYA	0.069
			55	C-01-NARAN	0.070

No.	Sitio de muestreo	CAUDAL m <sup>3</sup> /s
57	C-01-ROSAR	0.293
58	C-02-ROSAR	0.203
59	C-01-SUCIA	0.062
60	C-02-SUCIA	0.000
61	C-03-SUCIA	0.089
62	D-01-CENIZ	0.483
63	D-02-CENIZ	0.741
64	D-03-CENIZ	0.384
65	D-04-CENIZ	1.779
66	D-01-GRAND	2.763
67	D-02-GRAND	No realizado, Río Crecido
68	D-03-GRAND	No realizado, Río Crecido
69	D-04-GRAND	No realizado, Río Crecido
70	E-01-ANTON	0.089
71	E-02-ANTON	0.096
72	E-01-APANC	2.252
73	E-02-APANC	0.358
74	E-01-COMAL	0.043
75	E-02-COMAL	0.301
76	E-03-COMAL	0.384
77	E-01-COMAS	0.031
78	E-01-CHILAM	0.160
79	E-02-CHILAM	0.126
80	E-01-MIZAT	0.223
81	E-02-MIZAT	0.221
82	E-01-RJUTE	0.059
83	E-01-ZUNZA	0.070
84	F-01-ANTON	0.428
85	F-01-GUAYA	0.794
86	F-01-JALPO	0.363

No.	Sitio de muestreo	CAUDAL m <sup>3</sup> /s
87	F-02-JALPO	0.299
88	F-03-JALPO	0.273
89	F-01-JIBOA	0.086
90	F-02-JIBOA	0.112
91	F-03-JIBOA	No realizado, Río Crecido
92	F-04-JIBOA	4.935
93	F-05-JIBOA	3.999
94	G-01-DIENT	0.037
95	G-01-JUANA	0.374
96	G-01-MOLIN	0.373
97	G-02-MOLIN	0.731
98	G-03-MOLIN	0.732
99	G-01-ROQUI	0.029
100	H-01-CAÑAS	5.302
101	H-01-GRAND	No realizado, Río Crecido
102	H-02-GRAND	No realizado, Río Crecido
103	H-03-GRAND	No realizado, Río Crecido
104	H-04-GRAND	0.782
105	H-02-VILLE	No realizado, Río Crecido
106	I-01-SIRAM	Río Seco
107	I-02-SIRAM	0.129
108	J-01-AGUAC	0.486
109	J-01-GOASC	No realizado, Río Crecido
110	J-02-GOASC	14.166
111	J-03-GOASC	2.270
112	J-01-PASAQ	0.745
113	J-02-PASAQ	1.194
114	J-01-SAUCE	0.367

## V. DIAGNÓSTICO NACIONAL DE LA CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS

### SUPERFICIALES.

En esta sección se presentan los resultados de ICAs por región hidrográfica y se analizan los parámetros de mayor incidencia en la calidad sanitaria del agua.

#### 5.1 Calidad Sanitaria de las aguas de Región Hidrográfica "A" Lempa

En la siguiente tabla se presenta el Índice de Calidad Sanitaria de las aguas de la Región Hidrográfica Lempa, que comprende 48 sitios de muestreo.

**Tabla No.5.1** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de Región Hidrográfica Lempa

<b>No.</b>	<b>Sitio de muestreo</b>	<b>Río</b>	<b>Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)</b>	<b>Calificación</b>
1	A-01-ACAHU	Acahuapa	55.27	Regular
2	A-02-ACAHU	Acahuapa	31.69	Mala
3	A-03-ACAHU	Acahuapa	29.91	Mala
4	A-04-ACAHU	Acahuapa	32.78	Mala
5	A-14-ACELH	Acelhuate	11.29	Pésima
6	A-17-ACELH	Acelhuate	0.00	Pésima
7	A-25-ACELH	Acelhuate	0.00	Pésima
8	A-04-ARANC	Aranchacal	17.57	Pésima
9	A-01-GRAND	Grande	31.57	Mala
10	A-02-GRAND	Grande	28.64	Mala
11	A-01-LEMPA	Lempa	26.57	Mala
12	A-08-LEMPA	Lempa	25.61	Mala
13	A-12-LEMPA	Lempa	17.03	Pésima
14	A-17-LEMPA	Lempa	56.82	Regular
15	A-19-LEMPA	Lempa	51.69	Regular
16	A-20-LEMPA	Lempa	44.88	Mala
17	A-01-LSUCIO	Sucio	19.60	Pésima
18	A-01-MATAL	Matalapa	12.11	Pésima
19	A-01-METAY	Metayate	45.62	Mala
20	A-02-METAY	Metayate	30.06	Mala
21	A-03-METAY	Metayate	45.41	Mala
22	A-01-QUEZA	Quezalapa	51.09	Regular
23	A-02-QUEZA	Quezalapa	32.47	Mala
24	A-01-RSAPO	Sapo	19.86	Pésima
25	A-01-RTAMA	Tamarindo	34.42	Mala
26	A-02-RTAMA	Lagartero	34.30	Mala
27	A-01-RTITI	Titihuapa	54.96	Regular
28	A-02-RTITI	Titihuapa	41.64	Mala
29	A-03-TITI	Titihuapa	33.34	Mala
30	A-01-SANSI	San Simón	51.45	Regular

<b>No.</b>	<b>Sitio de muestreo</b>	<b>Río</b>	<b>Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)</b>	<b>Calificación</b>
31	A-01-SESOR	Sesori	34.42	Mala
32	A-01-SUCIO	Sucio	24.77	Pésima
33	A-09-SUCIO	Sucio	13.41	Pésima
34	A-15-SUCIO	Sucio	11.12	Pésima
35	A-24-SUCIO	Sucio	53.48	Regular
36	A-01-SUMPU	Sumpul	39.11	Mala
37	A-02-SUMPU	Sumpul	32.42	Mala
38	A-03-SUMPU	Sumpul	33.79	Regular
39	A-04-SUMPU	Sumpul	47.51	Mala
40	A-01-SUQUI	Sucio	17.28	Pésima
41	A-23-SUQUI	Suquiapa	49.42	Mala
42	A-01-TALQU	Talquezalapa	31.81	Mala
43	A-01-TAMUL	Tamulasco	52.98	Regular
44	A-02-TAMUL	Tamulasco	30.25	Mala
45	A-03-TAMULA	Tamulasco	28.09	Mala
46	A-01-TEPEC	Tepechapa	51.97	Regular
47	A-01-TOROL	Torola	33.15	Mala
48	A-02-TOROL	Torola	33.30	Mala

El 19% de los sitios de muestreo en la Región Hidrográfica "A" resultan con Calidad Sanitaria "Regular", equivalente a 9 sitios de muestreo.

El estudio determina, que el Río Lempa en el sitio de muestreo A-17 LEMPA, tiene el mayor puntaje del Índice de Calidad Sanitaria ICAs, de 56.82, que lo califica de Calidad Sanitaria "Regular".

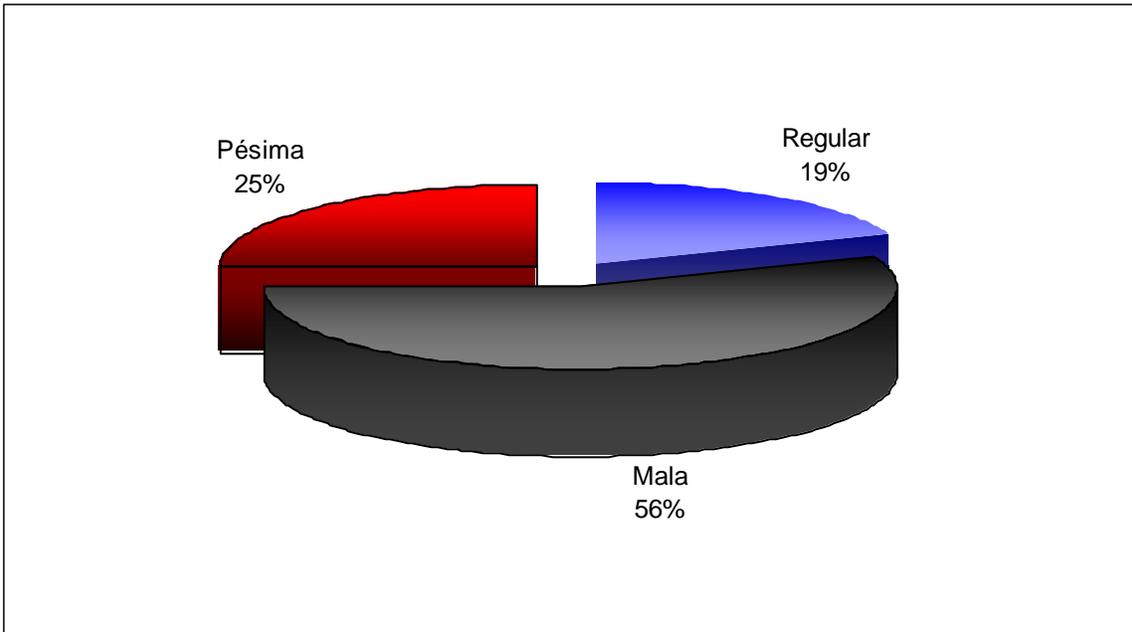
En la Región Hidrográfica "A" el 56% de los sitios de muestreo reportan Calidad Sanitaria "Mala" y el 25% de los sitios tienen Calidad Sanitaria "Pésima".

La calidad del agua del Río Lempa, a su ingreso al país, sitio de muestreo A-01-Lempa, estación hidrométrica Citalá, presenta una Calidad Sanitaria "Mala"; la que en su recorrido, por las aportaciones de contaminantes y de flujos de los diferentes tributarios, la afectan, siendo en algunos tramos agua "Regular", en otros "Mala" y otros "Pésima", ningún sitio de muestreo de la Región Hidrográfica "A" tiene Calidad Sanitaria "Buena", tampoco "Excelente", lo cual es muy preocupante, debido a las expectativas de ecoturismo que consideran los municipios de la Cuenca Alta del Lempa.

El Río Acelhuate, en todo los sitios de muestreo, resulta con la peor condición sanitaria de la Región Hidrográfica "A"; comparten también esa situación de "Pésima" Calidad, el Río Sucio y el Río Sapo.

En la siguiente Fig No.5.1 se presenta la distribución porcentual de la Calidad en la Región Lempa:

**Fig No.5.1** Resultados de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de la Región Hidrográfica "A"



Características fisicoquímicas y bacteriológicas de los aguas superficiales.

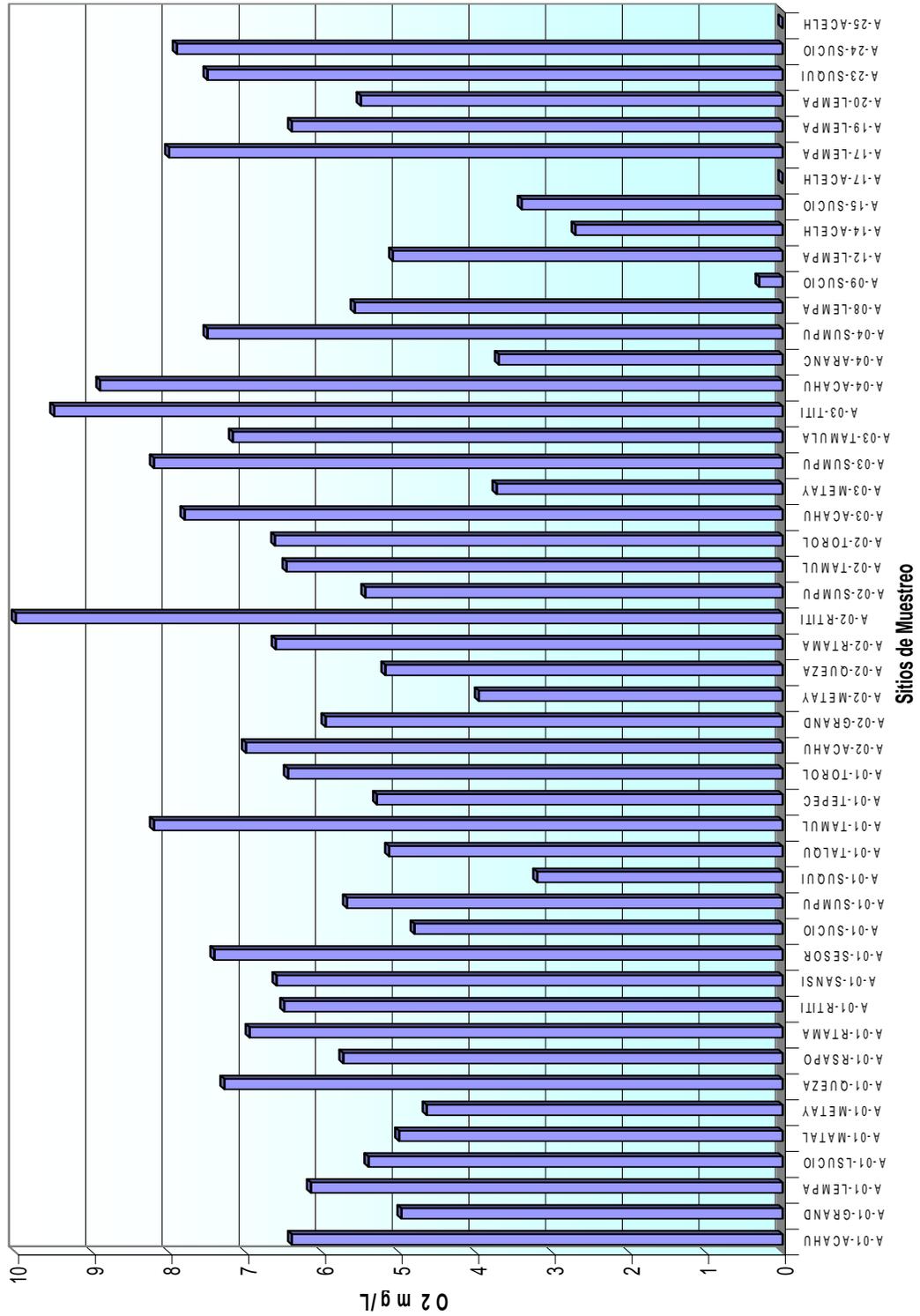
La calidad del agua es deteriorada por la presencia de contaminantes naturales y antropogénicos que limitan el uso del recurso. Se analiza los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para interpretar el efecto que estos tienen en el Índice de Calidad Sanitaria.

#### Oxígeno Disuelto

Se reportan concentraciones de Oxígeno Disuelto entre 0.0 mg/l y 10.0 mg/l. En la siguiente Figura No.5.2 se presenta los valores de concentración de Oxígeno Disuelto en la Región Hidrográfica "A".

El Río Titihuapa en los sitios de muestreo A-03-TITI y A-02-TITI, presenta la mayor concentración de Oxígeno 9.5 y 10.0 mg/l respectivamente, el oxígeno disuelto que le corresponde al agua a las condiciones de temperatura, presión y altitud es 7.559 mg/l, el exceso lo aportan las condiciones de alta productividad de organismos fotosintéticos y turbulencia del agua. El ICAs califica el Río Titihuapa de Calidad "Mala"

Fig. No. 5.2 Resultados de Oxígeno disuelto en la Región Hidrográfica "A"



En la Región Hidrográfica "A", el Río Acelhuate en los sitios de muestreo A-17- ACELH y A-25-ACELH, la concentración de Oxígeno Disuelto es 0.0 mg/l lo cual determina condiciones anaerobias que promueven reacciones químicas con productos causantes de olores desagradables.

En el Río Sucio, sitio de muestreo A-09-SUCIO se reporta 0.3 mg/l de Oxígeno disuelto, esta casi nula disponibilidad de Oxígeno implica una Calidad Sanitaria "Pésima".

El Decreto 40/2000 (Ver Anexo 5), establece límites para calidad del agua como medio receptor, en dicho Reglamento establece que el Oxígeno Disuelto debe ser igual o mayor de 5 mg/l, este valor se relaciona con niveles adecuados para sustentar la vida acuática. De los resultados, se determina que las condiciones para la vida acuática son muy limitadas, debido a que la contaminación orgánica compite por el oxígeno.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO<sub>5</sub>,

En la Región Hidrográfica "A" se reportan los valores mayores de contaminación orgánica biodegradable. La mayor DBO<sub>5</sub> es 181 mg/l y se encuentra en el sitio de muestreo A-17- ACELH, otro sitio de gran contaminación es el A-01-MATAL (nacimiento del Río Acelhuate) con 125 mg/l, ambos pertenecientes al Río Acelhuate.

Los ríos Lempa, Titihuapa, Metayate, Sumpul, Grande, Acahuapa, San Simeón, Torola, Tamulasco, Sapo, Quezalapa, Sesori, Tamarindo y Lagartero reportan concentraciones de DBO<sub>5</sub> menores de 5 mg/l.

En la fórmula de cálculo de ICAs la aptitud límite de DBO<sub>5</sub> es 30 mg/l, ya que toma el valor de la propuesta de vertidos de efluentes de CONACYT.

En la Región "A" cuatro sitios de muestreo presentan valores de DBO<sub>5</sub> mayores de 30 mg/l que dan como resultante Calidad Sanitaria "Pésima".

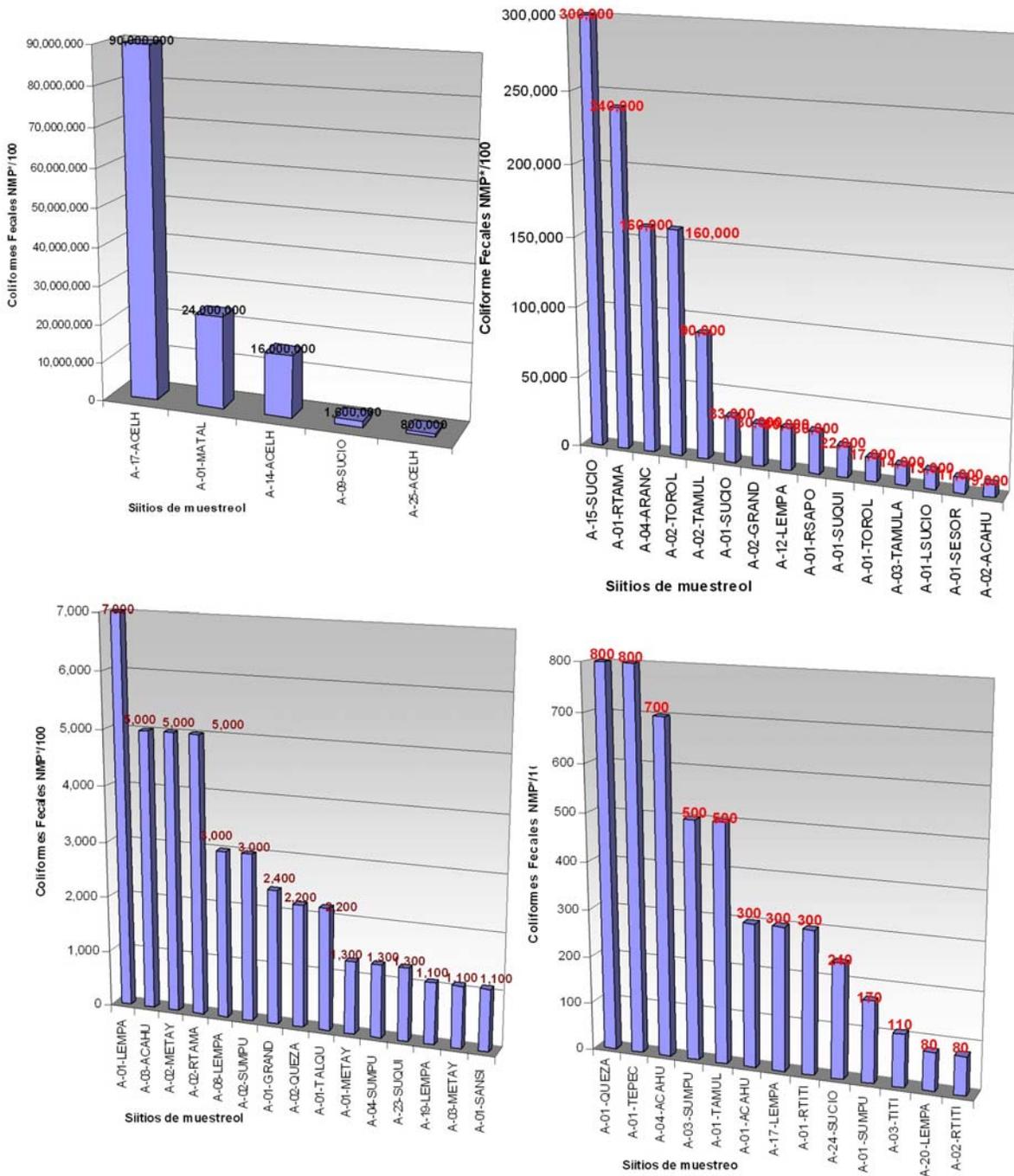
#### Coliformes fecales

El factor que más afecta la Calidad Sanitaria de las aguas superficiales es la alta concentración de Coliformes fecales, debido al deficiente sistema de manejo de aguas servidas que adolece el país.

En la siguiente figura No. 5.3, se presentan los resultados de Coliformes fecales en la Región Hidrográfica Lempa, agrupados por facilidad de escala y visualización.

La mayor cantidad de Coliformes fecales se encontró en la Región "A" en los sitio A- 17- ACELH con 90,000,000 NMP/100 ml , el A-01-MATAL con 24,000,000 NMP/100 ml, el A-14 ACELH con 16,000,000 de NMP/100 ml y el A-09-SUCIO con 1,600,000 NMP/100 ml

Fig. No. 5.3 Coliformes Fecales en aguas superficiales de la Región Hidrográfica "A"



La menor cantidad de Coliformes fecales se reporta en el Río Titihuapa en el sitio A-02-RTITI y en el Río Lempa en el sitio A-20-LEMPA, ambos con 80 NMP/100ml, importante de tomar en consideración es que ambos ríos poseen aún en época seca, caudales significativos, que diluyen la carga de contaminación fecal hasta valores de orden de decenas de bacterias, según lo encontrado. El Índice de Calidad Sanitaria del Agua considera no apta el agua que presenta concentración de Coliformes fecales arriba de 2,000 NMP/100 ml.

#### Fenoles

La Calidad Sanitaria del agua superficial es inaceptable si la concentración de Fenoles es mayor de 10 µg/l. Todas los sitios de muestreo presentan concentraciones que exceden significativamente ese valor guía. En la Región Hidrográfica "A", la concentración de Fenoles varía en el rango de 150 a 3,600 µg/l.

#### Nitrógeno Amoniacal

El Índice de Calidad Sanitaria ICAs utiliza los niveles guía recomendado de 0,5 mg/l aptitud para fuente de agua potable y 0,02 mg/l para protección de vida acuática. En la Región Hidrográfica Lempa, se reportan concentraciones de Nitrógeno amoniacal hasta 28.25 mg/l en el sitio A-01-MATAL, y la mas baja 0.13 mg/l en el Río Sumpul en el sitio de muestreo A-03-SUMPU. El Nitrógeno Amoniacal se origina por las descargas de aguas servidas crudas.

Las condiciones fisicoquímicas y biológicas comunes en los ríos investigados son: pobre disponibilidad de Oxígeno, alta contaminación fecal, excesiva contaminación por fenoles y alta carga orgánica biodegradable.

Los resultados de niveles de metales pesados son los siguientes:

#### Mercurio, Hg

En la Región Hidrográfica Lempa no hay presencia de Mercurio en el agua en los sitios siguientes:

En el Río Acahuapa en los sitios de muestreo A-01-ACAHU y A-04-ACAHU, en el Río Acelhuate en los sitios: A-14-ACELH, A-17-ACELH, A-25-ACELH y A-01-MATAL, en el Río Aranchacal en el sitio A-04-ARANC, en el Río Grande en el sitio A-01-GRAND, en el Río Lempa en los sitios: A-17-LEMPA, A-19-LEMPA, en el Río Metayate en los sitios A-01-METAY, A-02-METAY y A-03-METAY, en el Río Quezalapa en A-01-QUEZA, A-02-QUEZA, en el Río Tamarindo sitio A-01-RTAMA, en el Río Lagartero sitio A-02-RTAMA, en el Río Titihuapa sitio de muestreo A-01-RTITI, en el Río San Simón sitio A-01-SANSI, en el Río Sesori sitio A-01-SESOR, en el Río Sucio en los sitios de muestreo siguientes: A-01-SUCIO, A-09 SUCIO, A-15-SUCIO, A-24 -SUCIO, en el Río Sumpul sitio A-02-SUMPU, en el Río Suquiapa sitio de muestreo A-01-SUQUI y A-23-SUQUI, en el Río Talquezalapa sitio A-01-TALQ, en el Río Tamulasco sitio de muestreo A-01 TAMUL, en el Río Tepechapa A-01-TEPEC, en el Río Torola sitios A-01-TOROL y A-02-TOROL.

La mayor concentración de Hg que se reporta es 0.0037 mg/l, que se encuentra en el Río Sumpul en el sitio A-03-SUMPU, también el Río Titihuapa en el sitio de muestreo A-03TITI se reporta 0.003 mg/l.

La Calidad Sanitaria del agua es inaceptable, si la concentración de Hg es mayor a 0.002 mg/l.

#### Arsénico, As

El Arsénico se encuentra en los sitios de muestreo: A-17-ACELH ,A-01-LSUCIO, A-01SUCIO, A-15-SUCIO y A-24 SUCIO,

En la Región Hidrográfica "A", la concentración mayor de Arsénico es 0.0315 mg/l en el Río Sucio, sitio de muestreo A-15-SUCIO.

El Nivel Guía adoptado en el ICAs para Arsénico es 0.05 mg/l (apto para fuente de agua potable y protección de vida acuática).

Si la concentración de As es mayor a 0.1 no es aceptable la Calidad Sanitaria del agua.

Cromo total, Cr

En la Región Hidrográfica "A" el Cromo total no se reporta en 11 sitios de muestreo de los 48 investigados, el estudio determina ausencia de Cromo total en el agua de los Ríos Tamarindo, Lagartero, Sesori, Matalapa y Acelhuate.

La máxima concentración que se reporta es 0.0353 mg/l que corresponde al sitio de muestreo A-04-ARANC del Rio Aranchacal.

El ICAs adopta nivel guía de 0,05 mg/l para fuente de agua potable y para protección de vida acuática se exige 0,002 mg/l. Si la concentración de Cr es mayor a 0,1 la calidad sanitaria es inaceptable.

Plomo, Pb

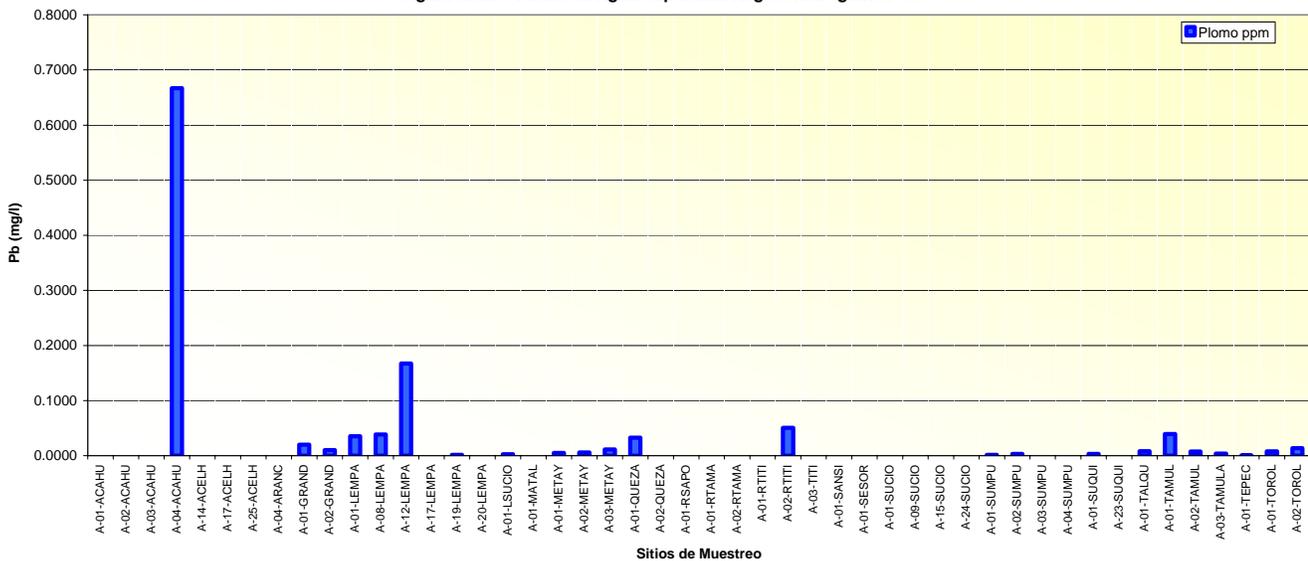
En la Región Hidrográfica "A", la mayor concentración de Plomo se reporta en el Rio Acahuapa en el sitio de muestreo A-04-ACAH, el valor es 0.6670 mg/l.

El 31.% de los sitios de muestreo equivalentes a 15 sitios reportan contenido de Plomo en agua los rangos de 0.01 a 0.76 mg/l.

El Nivel Guía adoptado en el ICAs es de 0,05 mg/l apto para fuente de agua potable y para protección de vida acuática toma 0,01 mg/l. No es aceptable concentración de Pb mayor a 0,1mg/l.

En la figura No.5.4 se presenta los resultados de Plomo en agua superficial de la Región "A"

Figura No.5.4 Plomo en Agua Superficial Región Hidrográfica "A"



### 5.1.1 Calidad de sedimentos de Región Hidrográfica Lempa.

En la Región "A" se seleccionaron 8 sitios para determinar concentración de metales pesados en el sedimento de fondo del lecho del ríos, los criterios de selección son: área de incidencia de actividades con vertidos especiales y ordinarias. Los resultados de metales pesados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla No.5.2** Resultados de metales pesados en sedimentos Región Lempa

No.	Sitio de muestreo	As, ppm	Hg, ppm	Cr, ppm	Pb, ppm
1	A-14-ACELH	0.11	0.42	9.57	103.04
2	A-17- ACELH	0.38	0.38	8.32	100.54
3	A-25-ACELH	0.18	0.26	12.50	9.63
4	A-19 -LEMPA	0.07	0.39	6.66	85.24
5	A-15- SUCIO	0.44	0.19	5.15	13.15
6	A-24- SUCIO	0.49	0.0	13.16	13.88
7	A-23- SUQUI	0.07	0.10	51.30	11.75
8	A-03-TITI	0.01	0.81	11.03	76.10

Los valores guías para evaluar la concentración encontrada de los metales son Long et. al. y el estándar holandés, respectivamente son:

Guía	As,mg/kg	Hg, mg/kg	Cr,mg/kg	Pb,mg/kg
ERL	8.2	0.15	81	46.7
ERM	70	0.71	370	218

Nota: ppm=mg/kg

	As,mg/kg	Hg, mg/kg	Cr,mg/kg	Pb,mg/kg
Limite	29	0.3	100	85
Valor para intervención	55	10	380	530

#### Mercurio, Hg

El contaminante Mercurio se reporta en todas los sedimentos, excepto en A-24-SUCIO; la concentración encontrada en el Río Titihuapa sitio A-03-TITI es mayor que el valor guía ERM por lo que, es probable la toxicidad en la cadena trófica. Según los estándares alemanes

hay 4 sitios de muestreo que exceden el límite de mercurio en suelo, lo cual es preocupante.

#### Plomo, Pb

Con respecto al contaminante Plomo se tiene: En los sitios de muestreo A-25 ACELH, A-15-SUCIO, A-24-SUCIO y A-23-SUQUI es probable que no hay efecto tóxico en la biota.

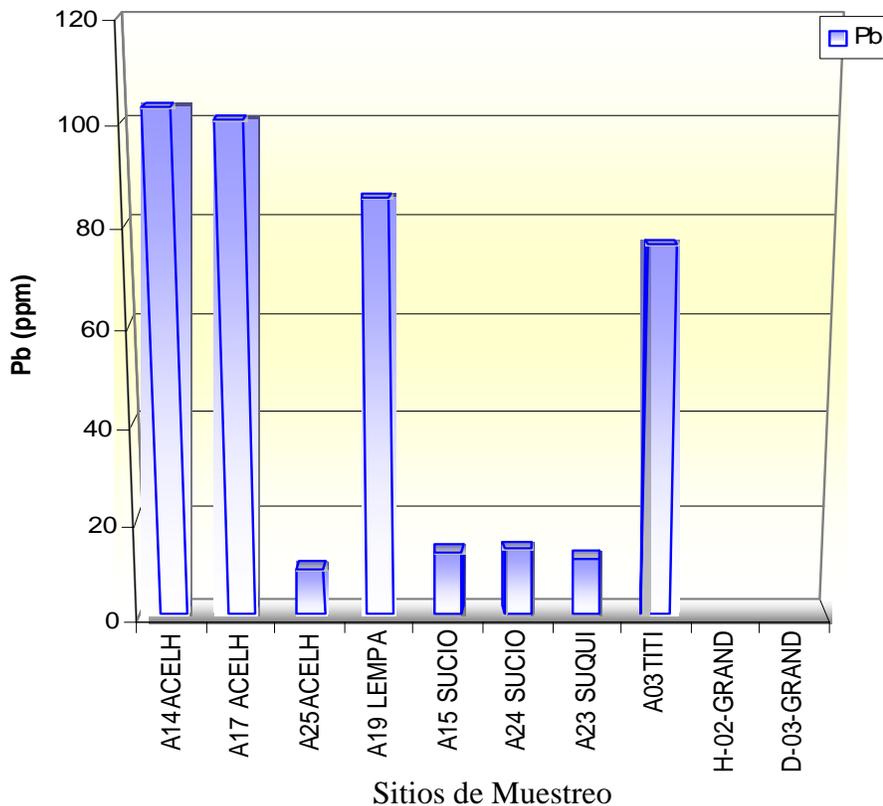
Si la concentración está entre el valor ERL y el ERM se considera que es posible un efecto negativo en la cadena trófica, al situación se presenta en los sitios de muestreo A-14 – ACELH, A-17-ACELH, A-19-LEMPA y A-03-TITI.

#### Arsénico, As

La concentración de Arsénico encontrada en los fondos de sedimentos es probable que no afecten a la biota.

En la figura No.5.5 se presenta la concentración de Plomo en sedimentos de las regiones seleccionadas.

**Figura 5.5 Niveles de Plomo en Sedimento**



## 5.2 Calidad sanitaria de Región Hidrográfica "B" Paz

En esta región se evaluaron cuatro sitios para determinaciones en agua; no se evaluó calidad de sedimentos en la Región "B".

### 5.2.1 Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas ICAs

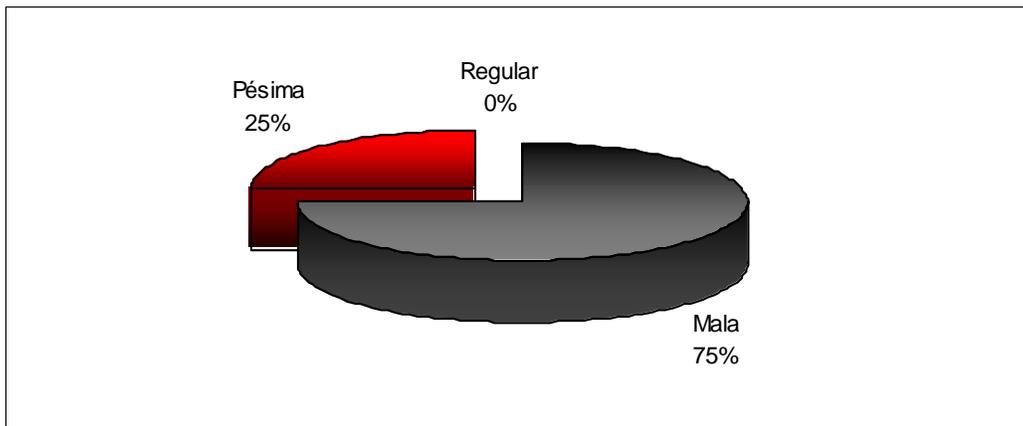
El Índice de Calidad Sanitaria determina que el agua es de Calidad "Mala". El 75% de los sitios de muestreo tiene Calidad "Mala" y el 25% es de Calidad "Pésima". Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla No.5.3** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de Región Hidrográfica Paz

No.	Sitio de muestreo	Río	Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)	Clasificación
1	B-01-RPAZ	Paz	27.05	Mala
2	B-02-RPAZ	Paz	19.85	Pésima
3	B-03-RPAZ	Paz	44.76	Mala
4	B-04-RPAZ	Paz	30.33	Mala

En la figura siguiente se presenta la distribución porcentual de la Calidad Sanitaria:

**Fig No.5.6** Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de la Región "B"



La caracterización fisicoquímica, bacteriológica y de metales pesados del agua de la Región "B" se analiza a continuación:

#### Oxígeno Disuelto

En esta Región la concentración de Oxígeno Disuelto está en el rango de 8.4 a 7.0 mg/l.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

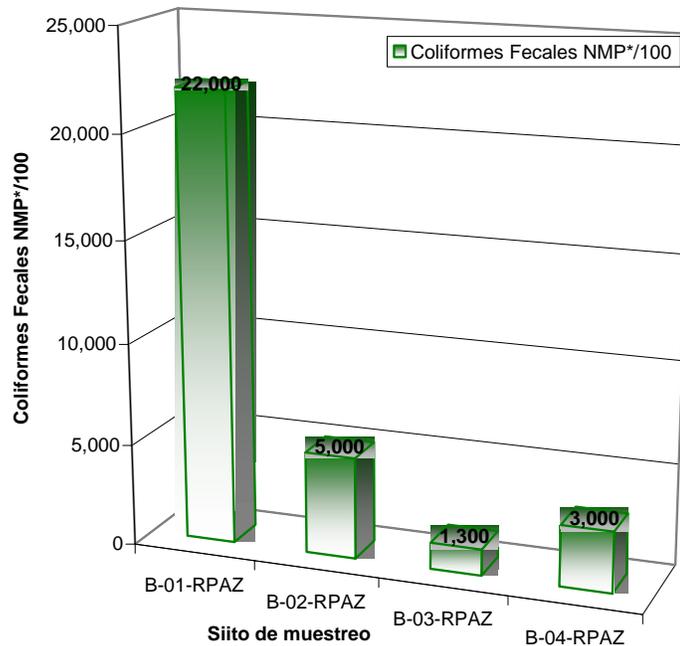
La mayor contaminación orgánica biodegradable se reporta en el sitio B-01-RPAZ con 7.0 mg/l.

#### Coliformes fecales

En la Región "B" los Coliformes están en el rango de 22,000 a 1,300 NMP/100 ml. El sitio de muestreo B-01-RPAZ presenta la mayor contaminación fecal.

En la Figura No.5. 7 se visualiza gráficamente los resultados de Coliformes fecales.

**Figura No. 5.7 Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "B"**



Nitrógeno amoniacal

La concentración de Nitrógeno en el Río Paz esta en el rango de 0.86 a 0.2 mg/l. El sitio de muestreo B-01-RPAZ presenta la mayor concentración de Nitrógeno amoniacal.

Fenoles

En la Región "B" la mayor concentración de Fenoles es 2,600 µg/l, correspondiendo al sitio B-04-RPAZ.

Mercurio, Hg

El Mercurio se reporta sólo en el sitio de muestreo B-02-RPAZ, la concentración es 0.069 ppm.

Arsénico, As

En todos los sitios de muestreo de la Región "B" se reporta Arsénico, la concentración mayor es 0.0363 mg/l en el sitio B- 04-RPAZ.

Cromo total, Cr

Todos los sitios de muestreo presentan Cromo total, la mayor cantidad se encuentra en el sitio B-01-RPAZ con una concentración de 0.0040 mg/l.

Plomo, Pb

En los sitios muestreados de la región "B", no hay presencia de Plomo en el agua superficial.

### 5.3 Calidad sanitaria de las aguas de Región Hidrográfica "C" Cara Sucia-San Pedro

En esta región se han evaluado nueve sitios; no se ha evaluado calidad de los sedimentos. En la siguiente tabla se presenta los resultados del Índice de Calidad Sanitaria del agua.

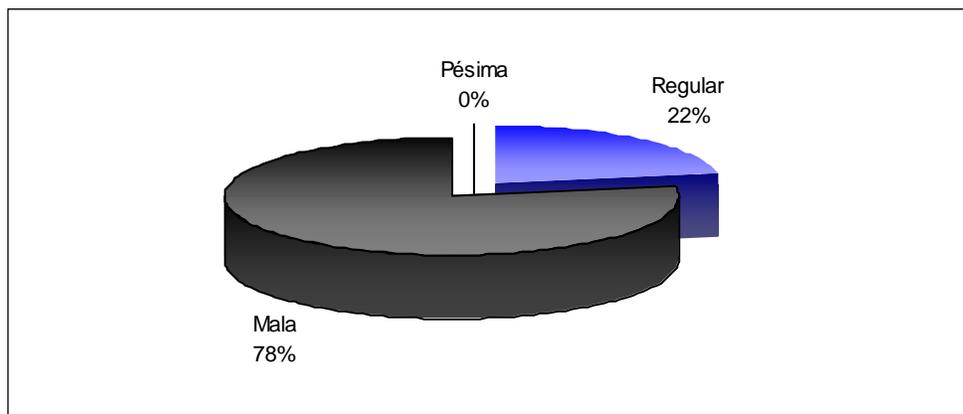
**Tabla No. 5.4** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de Región Cara Sucia -San Pedro

No.	Sitio de muestreo	Río	Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)	Clasificación
1	C-01-GUAYA	Guayapa	56.53	Regular
2	C-02-GUAYA	Guayapa	33.59	Mala
3	C-01-NARAN	El Naranjo	34.14	Mala
4	C-02-NARAN	El Naranjo	32.94	Mala
5	C-01-ROSAR	El Rosario	33.98	Mala
6	C-02-ROSAR	El Rosario	34.31	Mala
7	C-01-SUCIA	Cara Sucia	54.59	Regular
8	C-02-SUCIA	Cara Sucia	33.97	Mala
9	C-03-SUCIA	Cara Sucia	27.26	Mala

El 78% de los sitios de muestreo tienen Calidad " Mala".

Dos sitios el C-01-GUAYA y C-01-SUCIA presentan Calidad Sanitaria "Regular", en la siguiente figura se presenta la distribución porcentual de la Calidad:

**Fig No.5. 8** Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de la Región "C"



Las características del agua superficial de la Región "C" son las siguientes:

#### Oxígeno Disuelto

La menor concentración de Oxígeno Disuelto es 5.7 mg/l en el sitio de muestreo C-03-SUCIA.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

La contaminación biodegradable más alta de la Región "C", se presenta en el Río El Naranjo en el sitio C-02 -NARAN con 3 mg O<sub>2</sub>/l.

#### Coliformes fecales

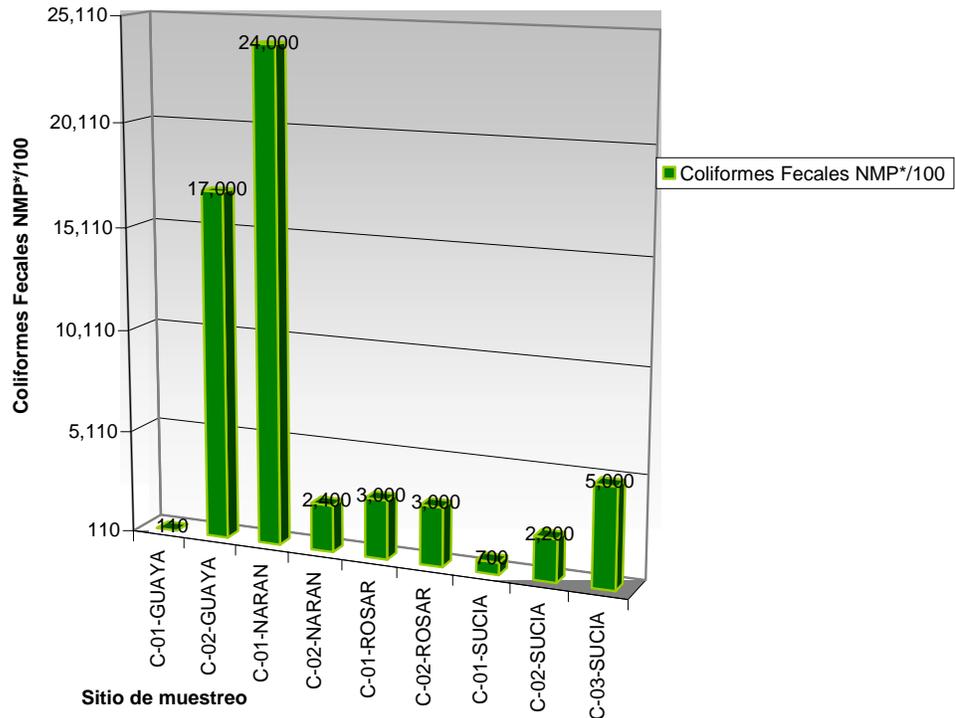
La contaminación fecal en los sitios investigados está en el rango de 110 a 24,000 NMP/100 ml, la mayor cantidad de Coliformes fecales se encuentra en el sitio C-01 -NARAN.

En la Figura No.5.9 se presenta los Coliformes fecales.

#### Fenoles

La contaminación por fenoles también se encuentra en la Región "C", donde la concentración es de 2,600 a 700 µg/l.

Figura No 5.9 Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "C"



#### Nitrógeno Amoniacal

En la Región "C" la concentración de Nitrógeno Amoniacal se reporta en el rango de 0.305 a 0.23 mg/l. La contaminación se asocia a descargas de aguas servidas domésticas y por actividades agropecuarias.

#### Mercurio, Hg

En la Región "C" , los sitios muestreados no reportan Mercurio en el agua.

#### Arsénico, As

Sólo en un sitio de muestreo, el C-03-SUCIA, se reporta Arsénico, la concentración es 0.0016 mg/l.

#### Cromo total, Cr

Los sitios de muestreo que reportan Cromo total son cinco: C-02-GUAYA, C-01-NARAN, C-01-SUCIA y C-02-SUCIA y C-03-SUCIA. En el resto de sitios, la concentración de Cromo es cero.

Plomo, Pb

Este contaminante se reporta en 3 sitios de muestreo: C-01-GUAYA, C-02-GUAYA y C-03-SUCIA, en este último se reporta 0.0818 mg/l, que resulta la mayor concentración de la Región "C".

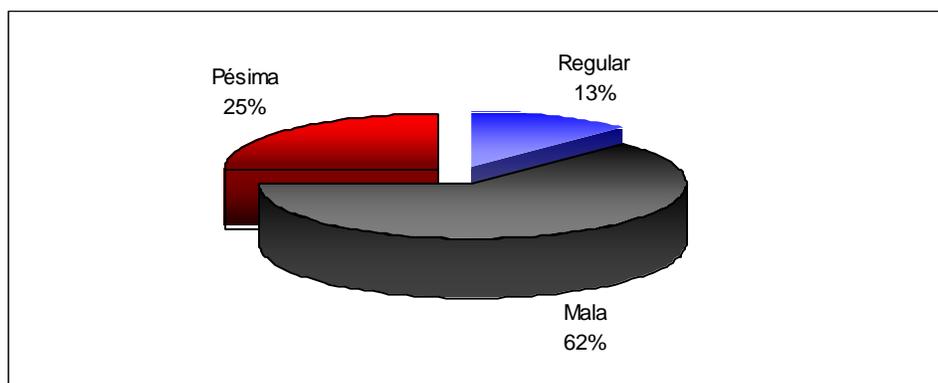
#### 5.4 Calidad sanitaria de las aguas de Región Hidrográfica "D" Grande de Sonsonate – Banderas

En la Región "D" se tiene 8 sitios de muestreo y se realizó determinaciones en sedimentos en un sitio. En la tabla siguiente se presenta los resultados de Índice de Calidad sanitaria de las aguas.

**Tabla No. 5.5** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la región Grande de Sonsonate-Banderas

No.	Sitio de muestreo	Rio	Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)	Clasificación
1	D-01-CENIZ	Ceniza	33.75	Mala
2	D-02-CENIZ	Ceniza	33.04	Mala
3	D-03-CENIZ	Ceniza	27.49	Mala
4	D-04-CENIZ	Ceniza	34.28	Mala
5	D-01-GRAND	Grande de Sonsonate	33.66	Mala
6	D-02-GRAND	Grande de Sonsonate	54.45	Regular
7	D-03-GRAND	Grande de Sonsonate	20.12	Pésima
8	D-04-GRAND	Grande de Sonsonate	11.95	Pésima

El 62% de los sitios presentan una Calidad "Mala", el 13% Calidad "Regular" y el 25% tienen Calidad "Pésima". En la Figura No. 5.10 se presenta la distribución porcentual de la calidad del agua.



**Fig No.5.10** Distribución porcentual de Índice de Calidad Sanitaria ICAs Región "D"

El Río Ceniza presenta una Calidad "Mala" en todos los sitios de muestreo del estudio. El Río Grande de Sonsonate debido a las múltiples descargas de aguas servidas y disposición de desechos sólidos en sus riberas, va de Calidad "Regular" a Calidad "Pésima".

#### Oxígeno Disuelto

La concentración de Oxígeno Disuelto en la Región "D" esta entre 7.7 y 6.4 mg/l. La menor concentración se reporta en el sitio D-04-GRAND.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO<sub>5</sub> de los sitios muestreados está entre 1 y 9 mg/l. La mayor concentración se reporta en el sitio D-04-GRAND.

#### Coliformes fecales

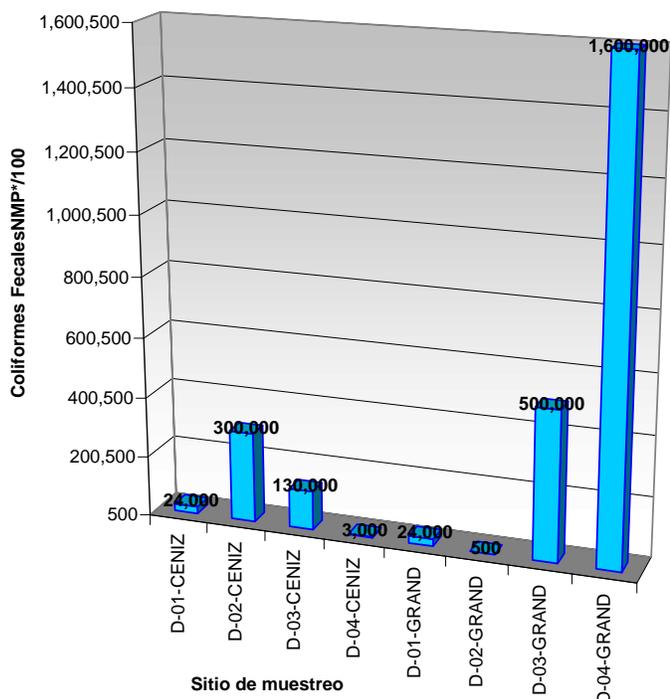
La mayor concentración de bacterias Coliformes fecales es 1.6 x10<sup>6</sup> NMP/100 ml en el sitio D-04-GRAND. La menor cantidad de Coliformes se reporta en el sitio D-02-GRAND con 500 NMP/100 ml.

En la Figura No.5.11 se presenta los resultados de Coliformes fecales en la Región "D"

#### Fenoles

En la Región "D", la cantidad mayor de Fenoles es 3,300 µg/l y la menor 300 µg/l.

Figura No 5.11 Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "D"



#### Nitrógeno Amoniaco

La concentración de Nitrógeno Amoniaco se encuentra en el rango de 0.245 a 6.0 mg/l, la concentración mayor es en el sitio de muestreo D-03-GRAND.

#### Mercurio, Hg

Sólo se encontró Mercurio en un sitio de muestreo el D-04-GRAND con una concentración de 0.0088 ppm.

#### Arsénico, As

En todos los sitios de muestreo se reporta As en el rango de valores de 0.0019 a 0.0034 ppm.

#### Cromo total, Cr

En la Región "D" en todos los sitios de muestreo se reporta Cr total, en concentración de 0.0003 a 0.0011 ppm.

Plomo, Pb

No hay presencia de Plomo en agua superficial.

**5.4.1 Resultados de metales pesados en sedimentos Región Grande de Sonsonate-Banderas**

Los sedimentos en la Región Grande sólo se investigaron en el punto D-03-GRAND

El Plomo no se reporta en los sedimentos de este punto.

Se determina presencia de Arsénico, Mercurio y Cromo en esta región; al comparar los valores versus los estándares que se han adoptado se encuentra que el Mercurio es el contaminante que excede el estándar de la norma alemana.

En la tabla se presenta los resultados

**Tabla No.5.6** Resultados de metales pesados en sedimentos Región Grande de Sonsonate-Banderas

<i>Sitio de muestreo</i>	<i>As, ppm</i>	<i>Hg, ppm</i>	<i>Cr, ppm</i>	<i>Pb, ppm</i>
D-03-GRAND	0.4	0.33	19.49	0.0

Los resultados son congruentes ya que no se detecta Plomo en agua superficial tampoco en sedimentos.

Los valores de Mercurio encontrados en Agua superficial y sedimentos de lecho del río, indica que hay deposición y acumulación en el suelo

## 5.5 Calidad sanitaria de las aguas de Región Hidrográfica "E" Mandinga-Comalapa

Después de la Región Lempa, esta región tiene el mayor numero de sitios de muestreo(14), los resultados del Índice de Calidad Sanitaria se presentan en la siguiente tabla:

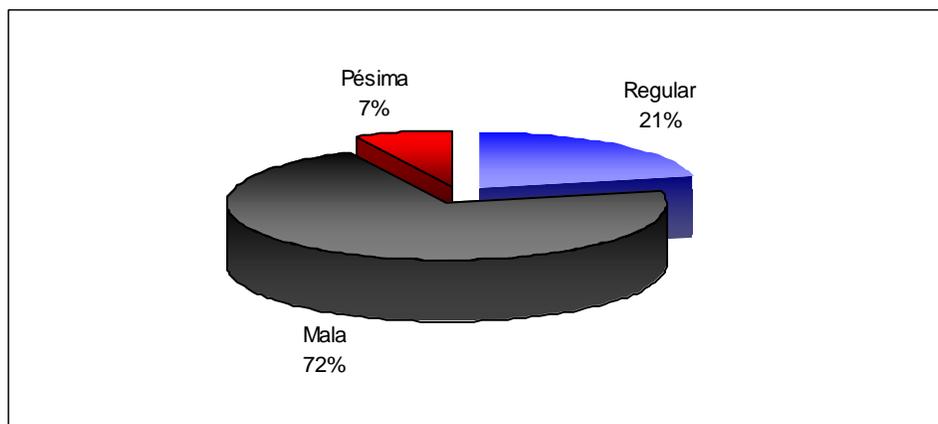
**Tabla No. 5.7** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la Región Mandinga - Comalapa

No.	Sitio de muestreo	Rio	Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)	Clasificación
1	E-01-ANTON	San Antonio	<b>34.17</b>	Mala
2	E-01-APANC	Apancoyo	<b>33.01</b>	Mala
3	E-01-CHILAM	Chilama	<b>33.44</b>	Mala
4	E-01-COMAL	Comalapa	<b>32.87</b>	Mala
5	E-01-COMAS	Comasagua	<b>32.45</b>	Mala
6	E-01-MIZAT	Mizata	<b>29.90</b>	Mala
7	E-01-RJUTE	Jute	<b>30.26</b>	Mala
8	E-01-ZUNZA	Zunzal	<b>33.08</b>	Mala
9	E-02-ANTON	San Antonio	<b>51.07</b>	Regular
10	E-02-APANC	Apancoyo	<b>33.14</b>	Mala
11	E-02-CHILAM	Chilama	<b>49.86</b>	Mala
12	E-02-COMAL	Comalapa	<b>54.84</b>	Regular
13	E-02-MIZAT	Mizata	<b>19.68</b>	Pésima
14	E-03-COMAL	Comalapa	<b>52.61</b>	Regular

El 72% de los sitios de muestreo poseen Calidad Sanitaria "Mala", el 21% presentan agua de Calidad "Regular" y el 7% equivalente a 1 sitio tiene Calidad Sanitaria "Pésima". El mayor puntaje ICAs corresponde a E-02-COMAL con 54.84, que lo califica de Calidad Sanitaria "Regular".

En la siguiente figura se presenta la distribución porcentual de Índice de Calidad Sanitaria.

**Fig. No.5.12** Distribución de Calidad Sanitaria de la Región Hidrográfica "E"



Las características fisicoquímicas, bacteriológicas y de metales pesados del agua superficial de la Región "E" son las siguientes:

#### Oxígeno Disuelto

La concentración de Oxígeno Disuelto de la Región "E" está entre 5.43 a 8.2 mg/l, la concentración menor se reporta en el sitio E-02-COMAL.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

Los sitios de muestreo presentan DBO<sub>5</sub> de 1 a 6 mg/l. La concentración mayor se tiene en el sitio E-02-CHILAM.

#### Coliformes fecales

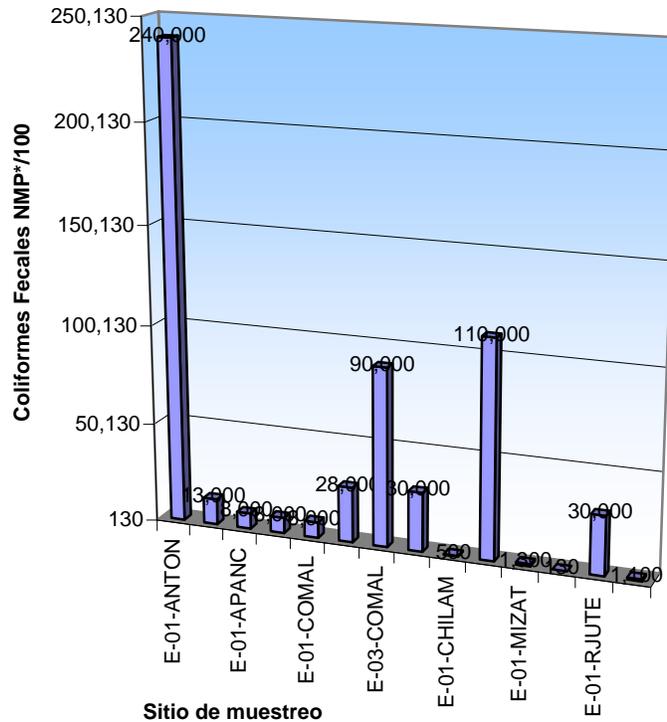
La contaminación fecal mayor en la Región "E" es 240,000 NMP/100ml en el sitio de muestreo E-01-ANTON. La concentración menor de Coliformes fecales es 130 NMP/100 ml en el sitio E-02-MIZAT.

En la Figura No.5.13 se presenta los niveles de Coliformes fecales en la Región Mandinga-Comalapa.

#### Fenoles

La contaminación por fenoles existe todos los sitios muestreados, la concentración se reporta entre 200 a 2,900 µg/l.

Figura No. 5.13 Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "E"



Nitrógeno Amoniacal

La concentración de Nitrógeno Amoniacal se reporta de 0.605 a 0.195 mg/l.

Mercurio, Hg

El contaminante Mercurio, sólo se reporta en dos sitios, los cuales son: E-01-CHILAM y E-01-RJUTE.

Arsénico, As

Ocho sitios de catorce muestreados reportan Arsénico, la concentración mayor es 0.0079 mg/l en el sitio E-03-COMAL.

Cromo total, Cr

En todos los sitios muestreados hay contaminación por Cromo total, excepto el sitio E-02-ANTON.

#### Plomo, Pb

Se reporta Plomo solamente en dos sitios, en el E-01-MIZAT y en el E-01-COMAS, la concentración mayor es 0.0047 ppm.

### **5.6 Calidad sanitaria de las aguas de Región Hidrográfica "F" Jiboa-Estero de Jaltepeque**

En la Región Jiboa-Jaltepeque se tiene 10 sitios de muestreo. Los resultados de Índice de Calidad Sanitaria ICAs son los siguientes:

**Tabla No. 5.8** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de I Región hidrográfica "F" Jiboa-Estero de Jaltepeque

<i>No.</i>	<i>Sitio de muestreo</i>	<i>Rio</i>	<i>Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)</i>	<i>Clasificación</i>
1	F-01-ANTON	San Antonio	<b>33.35</b>	Mala
2	F-01-GUAYA	El Guayabo	<b>32.99</b>	Mala
3	F-01-JALPO	Jalponga	<b>31.47</b>	Mala
4	F-01-JIBOA	Jiboa	<b>30.86</b>	Mala
5	F-02-JALPO	Jalponga	<b>29.75</b>	Mala
6	F-02-JIBOA	Jiboa	<b>49.58</b>	Mala
7	F-03-JALPO	Jalponga	<b>46.18</b>	Mala
8	F-03-JIBOA	Jiboa	<b>19.75</b>	Pésima
9	F-04-JIBOA	Jiboa	<b>32.69</b>	Mala
10	F-05-JIBOA	Jiboa	<b>33.32</b>	Mala

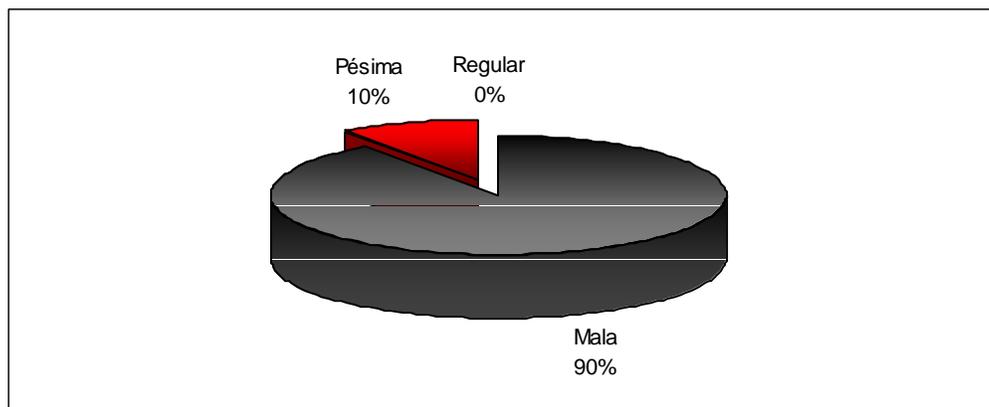
El 90% de los sitios muestreados reporta Calidad "Mala" y el 10% tiene Calidad "Pésima".

El mayor puntaje del ICAs de la Región "F" es 49.58.

Los resultados señalan que la Calidad del Rio Jalponga es "Mala".

En la figura siguiente se presenta la distribución del ICAs de la Región Hidrográfica Jiboa-Estero de Jaltepeque

**Fig No.5.14** Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de la Región "F"



A continuación se analiza las características fisicoquímicas, bacteriológicas de metales pesados de la Región "F".

#### Oxígeno Disuelto

La concentración de oxígeno 6 a 8.5 menor F-04-JIBOA

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda 1-3 mg/l., el 30% de los sitios presenta DBO de 3 mg/l.

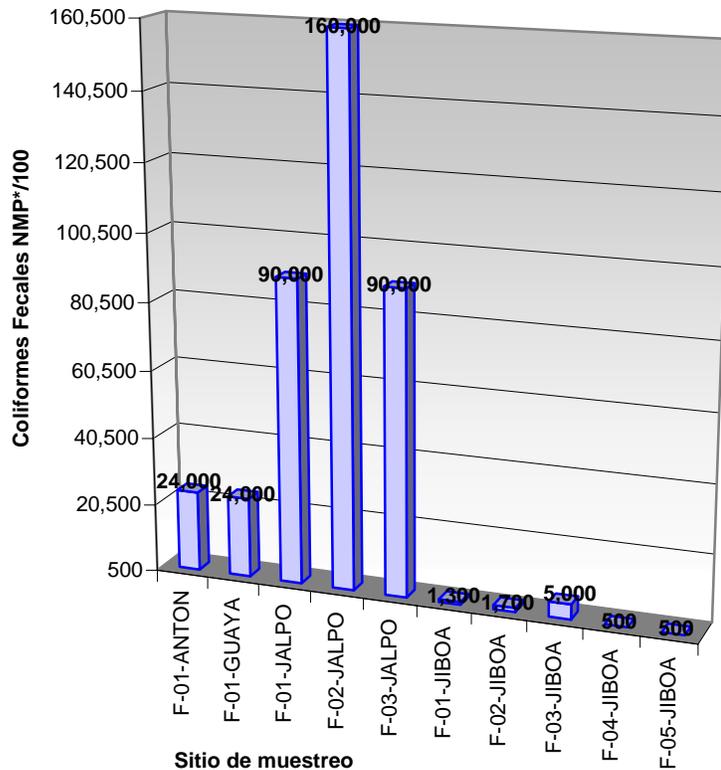
#### Coliformes fecales

Los valores de Coliformes fecales en la Región "F" están entre 160,000 y 500 NMP/100 ml.

En la Figura No.5.15 se presenta la cantidad reportada de contaminación fecal.

La falta de saneamiento básico de los municipios que recorren los ríos, es la causa principal del deterioro de la calidad del agua.

Figura No 5.15 Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "F"



#### Fenoles

La contaminación por fenoles en la Región "F" tiene concentración de 3,800 a 300 µg/l.

#### Nitrógeno Amoniaco

En la Región "F", la contaminación de nitrógeno amoniaco es de 0.62 a 0.11 mg/l. El valor mayor corresponde al sitio de muestreo F-01-JALPO.

#### Mercurio, Hg

En los sitios muestreados, la concentración de Mercurio es cero.

#### Arsénico, As

El 90% de los sitios muestreados presentan Arsénico, excepto el sitio F-01-GUAYA.

El Índice de calidad es deteriorado en el Rio Jiboa en los puntos F-03-JIBOA, F-04-JIBOA y F-05-JIBOA debido a la presencia de Arsénico, en el rango de 0.11 a 0.123 mg/l.

La concentración mayor de As del estudio, se encuentra en el sitio F-04-JIBOA del orden de 0.1230 mg/l.

#### Cromo total, Cr

El Cromo en el agua de esta Región se reporta entre 0.0024 a 0.0009 ppm.

#### Plomo, Pb

En el 50% de los sitios de muestreo se encontró Plomo, la mayor concentración es 0.05 ppm que corresponde al sitio de muestreo F-03 JALPO.

## 5.7 Calidad sanitaria de las aguas de Región Hidrográfica "G" Bahía de Jiquilisco

En la región se tiene 6 sitios de muestreo de calidad del agua. En la siguiente tabla se presentan los resultados del Índice de Calidad sanitaria del agua:

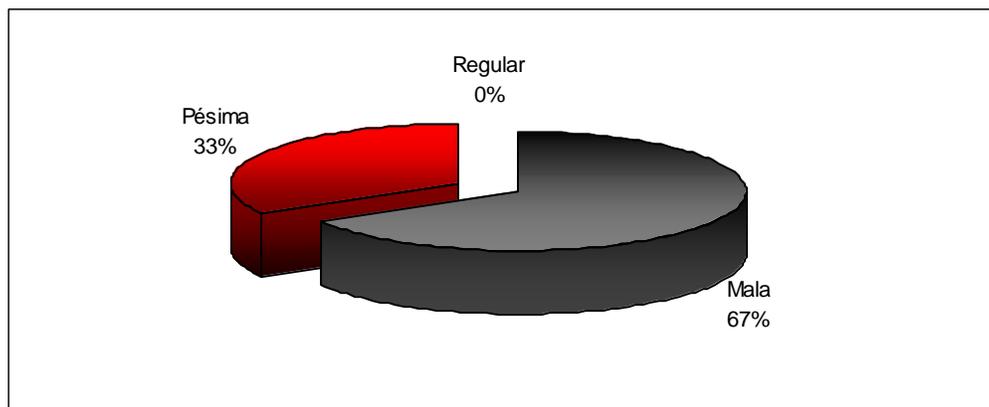
**Tabla No. 5.9** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la Región Hidrográfica "G" Bahía de Jiquilisco

<i>No.</i>	<i>Sitio de muestreo</i>	<i>Rio</i>	<i>Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)</i>	<i>Clasificación</i>
1	G-01-DIENT	Diente de Oro	<b>31.48</b>	Mala
2	G-01-JUANA	Juana	<b>17.82</b>	Pésima
3	G-01-MOLIN	El Molino	<b>17.82</b>	Pésima
4	G-01-ROQUI	Roquinte	<b>33.66</b>	Mala
5	G-02-MOLIN	El Molino	<b>31.03</b>	Mala
6	G-03-MOLIN	El Molino	<b>32.04</b>	Mala

El 67% de las sitios de muestreo tiene Calidad Sanitaria "Mala", el 33% del agua es de Calidad "Pésima". El puntaje mayor ICAs de la Región "G" es 33.66 que califica el agua Calidad "Mala".

En la figura No.5.16 se presenta la distribución porcentual de ICAs.

**Fig No.5.16** Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de la Región "G"



Los resultados de las características fisicoquímicas, bacteriológicas y de metales pesados de la Región "G" se analizan a continuación:

#### Oxígeno Disuelto

La concentración de Oxígeno disuelto se reporta entre 2.3 a 7.1 mg/l. el Río Molino en el sitio G-01-MOLIN presenta la menor cantidad de oxígeno disuelto.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO<sub>5</sub> de los sitios de la Región "G" presentan concentraciones en el rango de 13 a 2 mg/l. Los sitios de muestreo G-01-MOLIN y G-01-JUANA presentan los mayores DBO<sub>5</sub>.

#### Coliformes fecales

Los Coliformes fecales se reportan en el rango de 800,000 a 5,000 NMP/100 ml.

En la Figura No.5.17 se presenta la cantidad de contaminación fecal en los sitios de muestreo

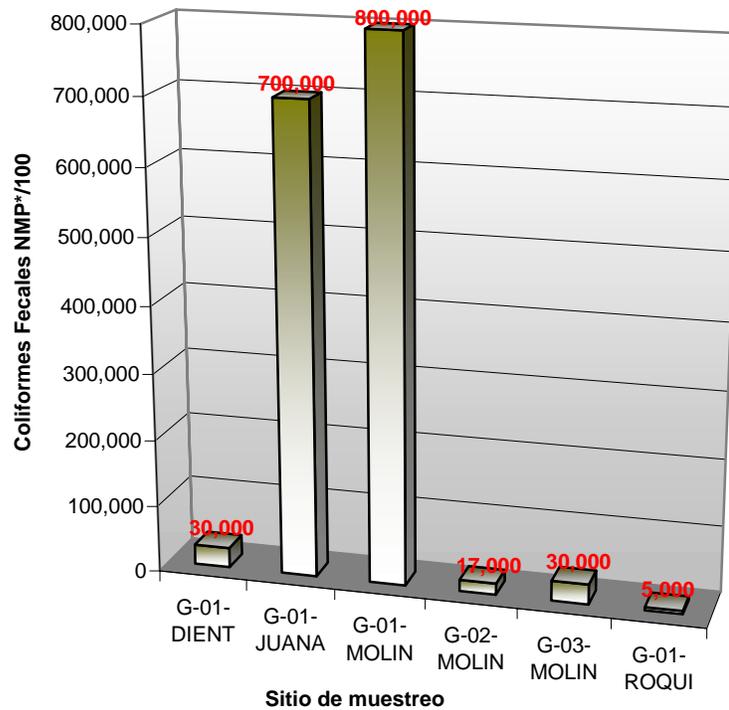
#### Fenoles

La contaminación por compuestos fenólicos esta en el rango de 2,500 a 1,600 µg/l

#### Nitrógeno Amoniacal

El Nitrógeno amoniacal se reporta en el rango de 0.19 a 5.0 mg/l. El mayor valor se reporta en el Río Juana en el sitio G-01-JUANA.

Figura No. 5.17 Coliformes Fecales En Agua Superficial Región Hidrográfica "G"



Mercurio, Hg

En la Región "G" los sitios muestreados determina que no hay Plomo en el agua superficial.

Arsénico, As

En la Región "G" no hay contaminación por Arsénico, los sitios muestreados reportan 0.000 mg/l de As.

Cromo total, Cr

Todos los sitios presentan contaminante Cromo total, la concentración esta en el rango de 0.0007 a 0.0032 mg/l.

Plomo, Pb

El Plomo se reporta en 2 sitios de muestreo con valores de 0.05 ppm y 0.036 ppm en G-01-DIENT y G-01-ROQUI respectivamente.

## 5.8 Calidad sanitaria de las aguas de Región Hidrográfica "H" Grande de San Miguel

En la Región del Río Grande de San Miguel se tiene 6 sitios de muestreo en agua y un sitio de muestreo para determinaciones de metales en sedimentos.

Los resultados de Índice de Calidad Sanitaria en agua superficial son los siguientes:

**Tabla No. 5.10** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la Región hidrográfica "H" Grande de San Miguel

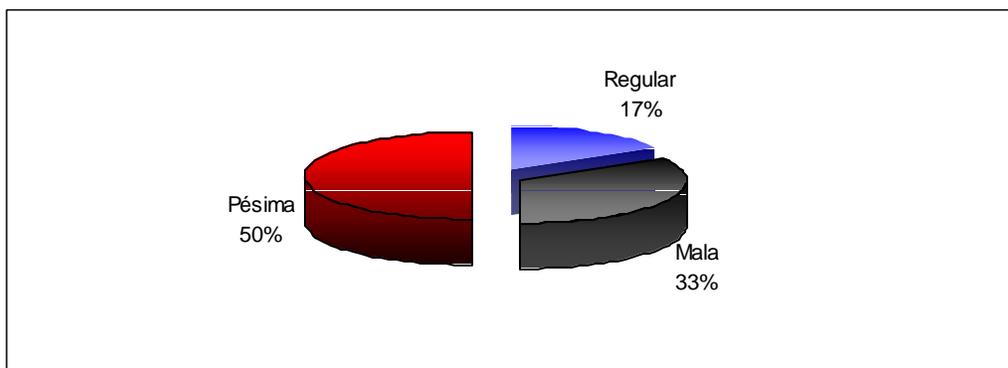
<i>No.</i>	<i>Sitio de muestreo</i>	<i>Río</i>	<i>Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)</i>	<i>Clasificación</i>
1	H-01-CAÑAS	Las Cañas	<b>19.15</b>	Pésima
2	H-01-GRAND	Grande de San Miguel	<b>28.60</b>	Mala
3	H-02-GRAND	Grande de San Miguel	<b>11.28</b>	Pésima
4	H-02-VILLE	Villeras	<b>18.48</b>	Pésima
5	H-03-GRAND	Grande de San Miguel	<b>50.55</b>	Regular
6	H-04-GRAND	Grande de San Miguel	<b>26.38</b>	Mala

Es una región de grave deterioro de la calidad del agua, el mayor puntaje de ICAs es 50.55 en el sitio de muestreo H-03-GRAND.

La calidad del agua es "Pésima" en los sitios de muestreo H-01-CAÑAS, H-02-GRAND y el H-02-VILLE.

En la Fig. 5.18 se presenta la distribución porcentual de la calidad, donde se aprecia que el 50% es de Calidad Mala, el 33 % de Calidad Pésima y el 17% de Calidad Regular.

**Fig No.5.18** Distribución porcentual de la Calidad Sanitaria en la Región "H"



Las características fisicoquímicas, biológicas y de metales pesados de la Región son las siguientes:

#### Oxígeno Disuelto

En la Región Grande de San Miguel los sitios muestreados reportan concentración de oxígeno de 3.01 a 5.69 mg/l. Los puntos mas deficientes son: H-02-GRAND y H-04-GRAND.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

El DBO<sub>5</sub> del sitio de muestreo H-02-VILLE es 15 mg/l. El Río Villerias tiene Calidad Sanitaria "Pésima".

El resto de los sitios de muestreo presentan DBO<sub>5</sub> entre 5 – 1 mg/l.

#### Coliformes fecales

La cantidad de Coliformes fecales está en el rango de 800,000 a 220 NMP/100 ml, el menor punto de contaminación fecal correspondió al H-04-GRAND.

En la Figura No.5.19 se tiene la cantidad de Coliformes en la región "H"

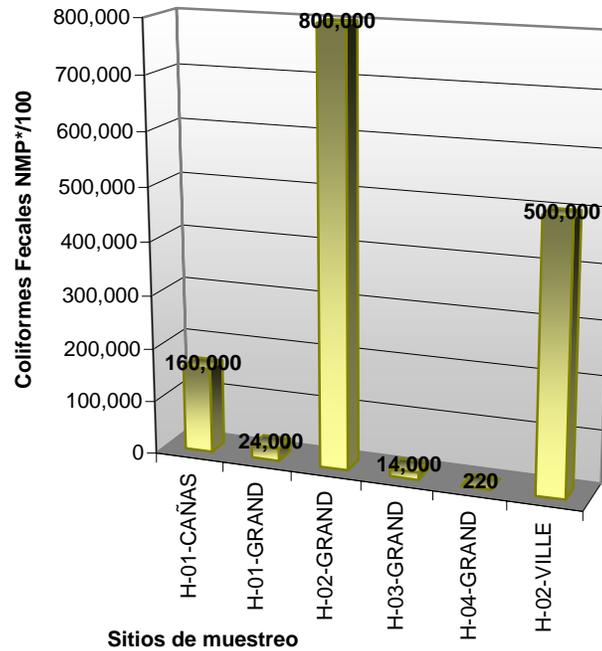
#### Fenoles

La contaminación por fenoles se reporta en el rango de 400 a 2,200 µg/l

#### Nitrógeno Amoniacal

La concentración de Nitrógeno esta en el rango de 0.28 a 0.485 mg/l

Figura No 5.19 Coliformes Fecales en Agua Superficial Región Hidrográfica "H"



Mercurio, Hg

El Mercurio se encontró en cinco sitios de muestreo, el sitio de muestreo H-03-GRAND, reporta la mayor concentración 0.019 ppm.

Arsénico, As

Todos los sitios de muestreo presentan contaminación por As , la mayor concentración es 0.0059 mg/l en el sitio de muestreo H-02-GRAND.

Como total, Cr

El 100% de los sitios muestreados presentan Cromo total en el agua, la mayor cantidad que se reporta es 0.0139 mg/l en el sitio de muestreo H-02-VILLE.

Plomo, Pb

En los sitios de muestreo de la Región "H" no se encontró Plomo en el agua.

### **5.8.1 Calidad de sedimentos en la Región "H"**

Se evaluó la calidad en el sitio de muestreo H-02-GRAND, cuyos resultados indican que no hay presencia de Plomo y Arsénico, lo que es congruente con los resultados en las muestras de agua de la región.

Los valores de Mercurio encontrados superan el estándar de la norma alemana.

Se reporto también Cromo en valores que probablemente no afectan a la biota.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de sedimentos

**Tabla No.5.11** Calidad de los sedimentos en Región "H"

<i>Sitio de muestreo</i>	<i>As, ppm</i>	<i>Hg, ppm</i>	<i>Cr, ppm</i>	<i>Pb, ppm</i>
H-02-GRAND	0.0	0.31	30.09	0.0

## 5.9 Calidad sanitaria de las aguas de Región Hidrográfica "I" Sirama

En esta región son dos sitios de muestreo, sin embargo el sitio de muestreo I-01-SIRAM estaba seco durante la campaña de muestreo; por lo que sólo se tiene resultados de un sitio de muestreo. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla No. 5.12** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la región Sirama

No.	Sitio de muestreo	Rio	Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)	Clasificación
1	I-01-SIRAM	Sirama	Seco	No determinada
2	I-02-SIRAM	Sirama	<b>18.88</b>	Pésima

Los resultados indican que el Río Sirama tiene Calidad Sanitaria " Pésima".

A continuación se presentan los resultados de los parámetros, para identificar en que medida han afectado negativamente la Calidad Sanitaria del Río Sirama.

### Oxígeno Disuelto

La concentración de Oxígeno Disuelto es 6.47 mg/l.

### Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO es 4.0 mg/l.

### Coliformes fecales

Las Coliformes fecales se encontraron en concentración de 14,000 NMP/100 ml

### Fenoles

La contaminación por fenoles es de 2,900 µg/l.

### Nitrógeno Amoniacal

La contaminación por Nitrógeno amoniacal es 0.21mg/l.

Mercurio, Hg

En esta región "I" se reporto Mercurio en concentración de 0.0096 mg/l. La Calidad Sanitaria del agua es inaceptable, si la concentración de Hg es mayor a 0.002 mg/l.

Arsénico, As

La contaminación por Arsénico es 0.0015 mg/l.

Cromo total, Cr

La cantidad de Cromo total se encuentra en 0.0029 mg/l.

Plomo, Pb

La concentración de Plomo es 0.0460 mg/l.

### 5.10 Calidad sanitaria de las aguas de Región Hidrográfica "J" Goascorán

Se tiene 7 sitios de muestreo en la Región Goascorán. Los resultados de Calidad Sanitaria de los ríos es la siguiente:

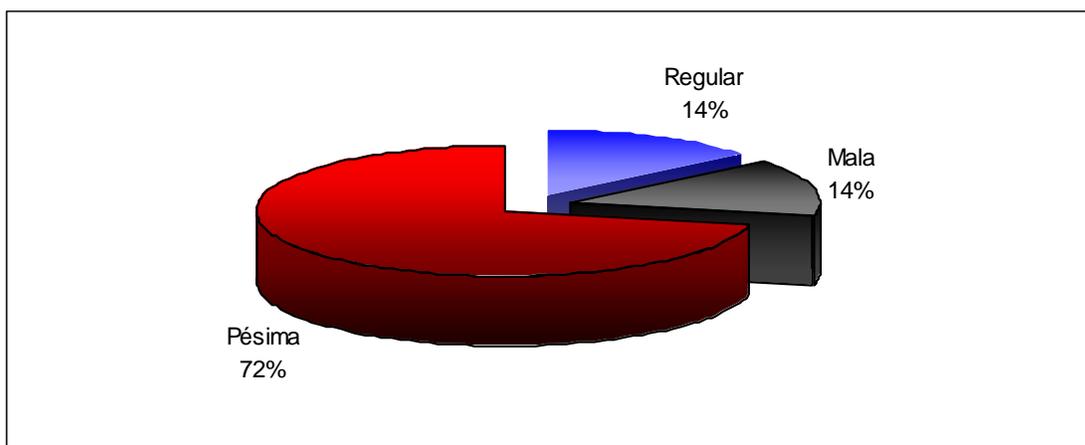
**Tabla No. 5.13** Calidad sanitaria de las aguas superficiales de la Región Río Goascorán

No.	Sitio de muestreo	Río	Índice de Calidad Sanitaria de las Aguas (ICAs)	Clasificación
1	J-01-AGUAC	Agua Caliente	<b>28.43</b>	Mala
2	J-01-GOASC	Goascorán	<b>19.75</b>	Pésima
3	J-01-PASAQ	Pasaquina	<b>50.73</b>	Regular
4	J-01-SAUCE	El Sauce	<b>18.10</b>	Pésima
5	J-02-GOASC	Goascorán	<b>19.13</b>	Pésima
6	J-02-PASAQ	Pasaquina	<b>15.86</b>	Pésima
7	J-03-GOASC	Goascorán	<b>17.05</b>	Pésima

De los siete sitios de muestreo, uno tiene Calidad Sanitaria " Mala", el 72% de los sitios de muestreo posee Calidad Sanitaria "Pésima" y 14% Calidad Sanitaria "Regular".

En la Figura siguiente se aprecia la distribución de calidad en porcentaje

**Fig No.5.20** Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de la Región "J"



Las características fisicoquímicas, bacteriológicas y metales pesados de la Región "J" se presenta a continuación

#### Oxígeno Disuelto

En la Región "J" se reporta el Oxígeno disuelto en concentración de 3.62 hasta 6.64 mg/l. El valor mas bajo corresponde al Río Pasaquina en el sitio de muestreo J-02-PASAO.

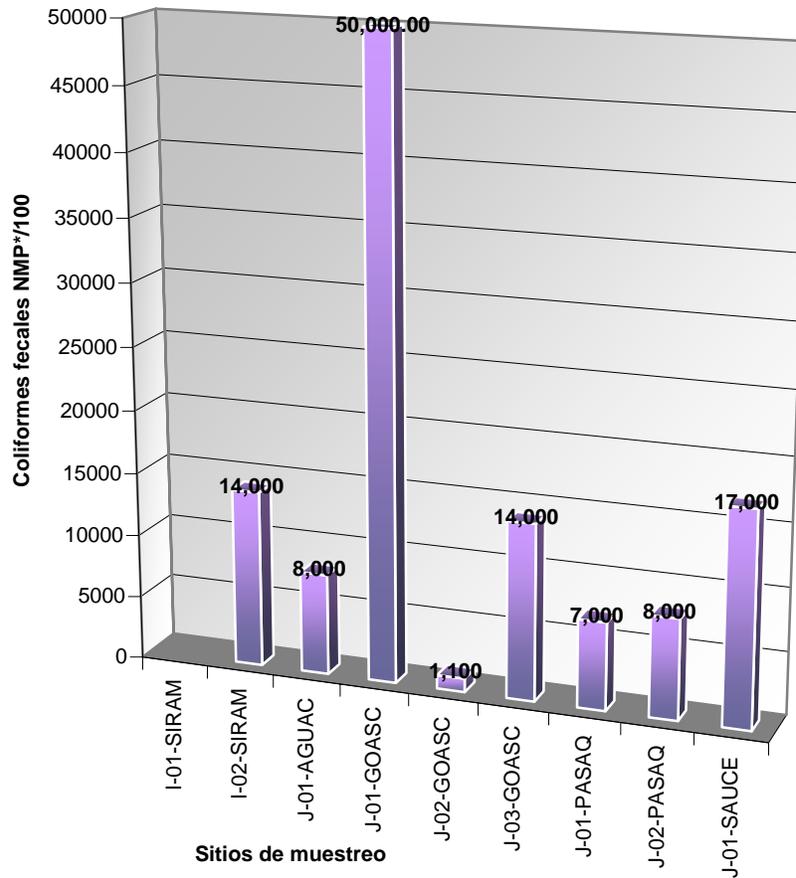
#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO<sub>5</sub> de la Región "J" en los sitios muestreados está en el rango de 2 a 6.7 mg/l, el sitio J-03-GOASC presenta el valor mayor de DBO<sub>5</sub>, por lo que califica al Río Goascorán de Calidad Sanitaria "Pésima".

#### Coliformes fecales

La contaminación fecal se reporta en rangos de 50,000 a 1,100 NMP/100 ml, en la Región "J", en la Figura siguiente se presenta la concentración de Coliforme para la Región "I" y "J"

Figura No. 5.21 Coliformes Fecales en Agua Superficial Regiones Hidrográficas "I" y "J"



#### Fenoles

La contaminación por compuestos fenólicos se presenta en valores de 1,500 a 3,100 µg/l

#### Nitrógeno Amoniacal

La concentración de Nitrógeno Amoniacal reporta valores de 0.17 a 0.27 mg/l.

#### Mercurio, Hg

Todos los sitios de muestreo presenta el contaminante Mercurio, excepto el sitio J-02-GOASC.

El Río Pasaquina en el sitio de muestreo J-01-PASAQ presenta 0.2030 mg/l de Mercurio en el agua, que resulto la mayor cantidad de Hg en todo el país.

Es necesario y urgente identificar las fuentes de contaminación que están afectando la Calidad Sanitaria del agua y limitando su uso.

Arsénico, As

En todos los sitios de la Región "J" se presenta la contaminación por As, los niveles reportados son de 0.0013 a 0.0044 mg/l

Cromo total, Cr

En el 100% de los sitios de muestreo se presenta el Cromo total, la concentración más alta es 0.0045 mg/l,

Plomo, Pb

En la Región "J" todos los sitios presentan contaminación por Plomo, la concentración es en el rango de 0.0101 hasta 0.0774 mg/l, el mayor nivel de Pb se reporta en el Río Pasaquina sitio J-02-PASAQ, que tiene Calidad Sanitaria "Pésima".

## VI. CONCLUSIONES

### 6.1 Calidad Sanitaria de las Aguas superficiales de El Salvador

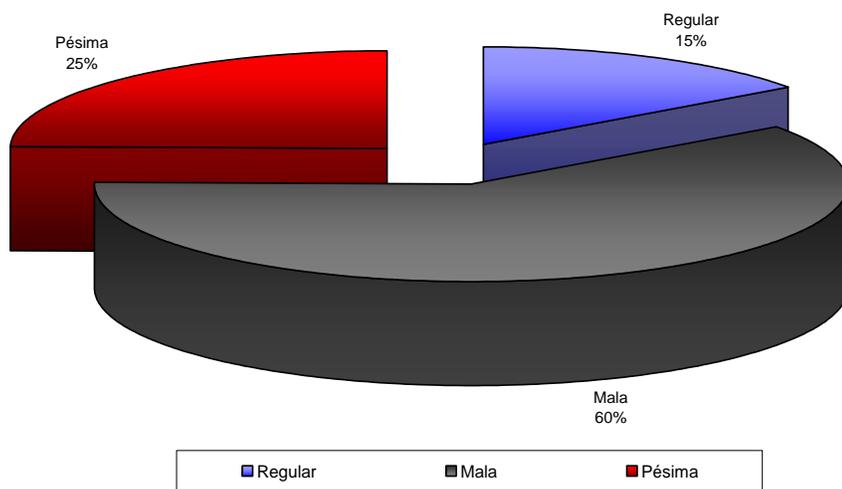
La evaluación de la Calidad Sanitaria del agua superficial por medio de las características fisicoquímicas, bacteriológicas y de metales pesados determina que el 60% de los sitios de muestreo, poseen agua de Calidad Sanitaria " Mala", este resultado equivale a 68 sitios de muestreo de las Regiones Hidrográficas del país.

El 15% de los sitios de muestreo, equivalentes a 17 sitios poseen Calidad Sanitaria "Regular" y el 25% de los sitios presenta Calidad Sanitaria " Pésima".

Ningún sitio de muestreo de los ríos de El Salvador reporta Calidad "Excelente", tampoco se identifica que sean de Calidad "Buena".

En la Figura No. 6. 1 se presenta la distribución porcentual de la Calidad Sanitaria.

Fig No.6.1 Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador.



El Índice de Calidad Sanitaria ICAs, resulta entre valores de 0 hasta 56.82.

El río Lempa en el sitio de muestreo A-17 LEMPA reporta el Índice de Calidad Sanitaria ICAs de 56.82 el mayor puntaje del estudio.

En segundo lugar con mayor puntaje corresponde al Río Guayapa en el sitio de muestreo C-01-GUAYA con 56.53, en tercer lugar se identifica el Río Acahuapa en el sitio A-01-ACAHU, con un puntaje de 55.27.

El menor puntaje de ICAs es cero y se encontró en la Región Lempa en dos sitios de muestreo del Río Acelhuate.

En la pagina siguiente se presenta el Índice de Calidad Sanitaria por Región Hidrográfica, donde se visualiza que la Región "B", "G" y "J" presenta mayor deterioro de los ríos.

El estudio más reciente de SNET (publicado en marzo 2007) "Diagnóstico de la Calidad General de Agua Superficial", determinado mediante el ICA, concluye que:

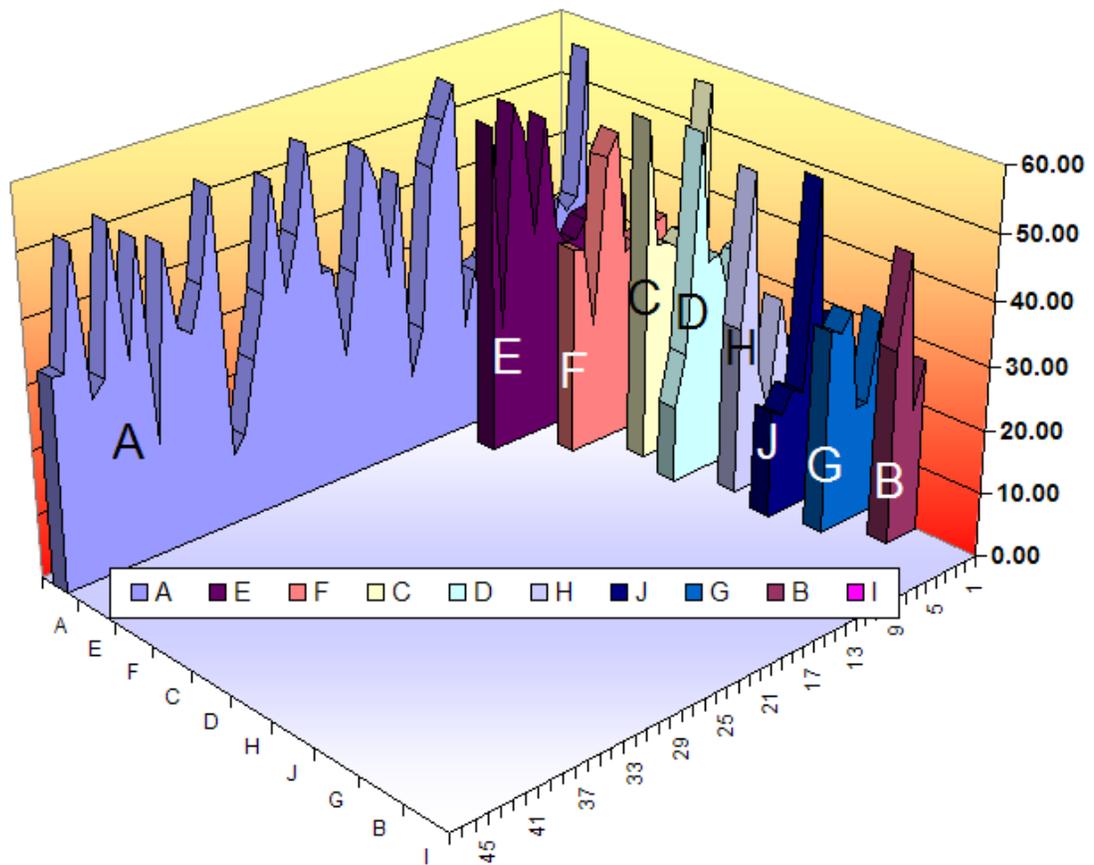
- Solamente el 17% de las aguas superficiales de los ríos de El Salvador presenta una valoración "Buena", lo cual indica que permite el desarrollo de vida acuática.
- El 50% de los ríos de El Salvador presenta un Índice de Calidad de Agua "Regular", lo cual indica que existe limitación para el desarrollo de la vida acuática.
- El 20% de los ríos de El Salvador tiene calidad de agua "Mala"
- El 13% de los ríos de El Salvador tienen calidad de agua "Pésima".

Los resultados del Índice de Calidad Sanitaria ICAs, al considerar en su evaluación la contaminación de metales pesados, determina que el 60% de las aguas del país poseen Calidad Sanitaria "Mala", el 15% de los ríos de El Salvador poseen Calidad Sanitaria "Regular" y el 25% de los sitios presenta Calidad Sanitaria "Pésima". Ningún río de El Salvador posee Calidad Sanitaria "Excelente" o "Buena".

La Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales del país presenta un franco deterioro debido a la contaminación fisicoquímica, bacteriológica y de metales pesados.

Estos resultados indican que la aptitud de uso del agua de los ríos es limitada por el riesgo de la contaminación.

Figura No. 6.2 Índice de Calidad Sanitaria del Agua por Región Hidrográfica (Puntaje ICAs)



Los resultados generales más relevantes sobre las características de Calidad Sanitaria de los ríos del país se presentan a continuación.

#### Potencial de Hidrógeno, pH

El pH promedio del agua superficial del país es 7.75, encontrándose los valores promedio mayores de 8.43 en la Región Hidrográfica Sirama y 8.17 en la Región Paz, el promedio más bajo de pH es 7.20 correspondiendo a la Región "D" Sonsonate-Banderas.

#### Oxígeno Disuelto

Los ríos del país presentan concentración promedio de Oxígeno Disuelto de 6.18 mg/l, la Región Hidrográfica Lempa está ligeramente por debajo del promedio, el valor promedio es 5.78 mg/l.

La solubilidad del Oxígeno esta relacionada con los parámetros: la temperatura ambiente, presión atmosférica, salinidad y altitud del sitio. Es afectado por la turbulencia del cauce, topografía del río y por las reacciones químicas que ocurren en el agua debido a la carga orgánica del agua y por los organismos fotosintéticos, como son las algas que son productoras de Oxígeno.

En el Río Acelhuate se reportan niveles de Oxígeno cero que implica condiciones anóxicas causantes de olores desagradables.

#### Coliformes fecales

La calidad del agua está muy deteriorada por la contaminación fecal. La investigación determina valores hasta de 90 millones de NMP/100 ml, en la Región "A" en el Río Acelhuate.

Sólo 21 de los sitios de muestreo reportan concentración de Coliformes fecales menor a 1,000 NMP/100 ml.

En los ríos del país, la menor cantidad de Coliformes fecales es 80 NMP/100 ml, que se reporta en los sitios siguientes: A-20-LEMPA y A-02-RTITI.

El Río Titihuapa resultado de mejor calidad bacteriológica ya que las Coliformes fecales en el sitio A-01-RTITI tiene 300 NMP/100 ml, en el A-02-RTITI es 80 NMP/100 ml y en el A-03-TITI es 110 NMP/100 ml. De aceptable calidad bacteriológica es también el Río Guayapa en el sitio de muestreo C-01-GUAYA con niveles de bacterias de 110 NMP/100 ml.

Todos los ríos son canales de evacuación de aguas residuales domésticas crudas, por lo que el aprovechamiento de los ríos está muy limitado.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

Los sitios de muestreo de mayor demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub> son: A-17-ACELH con 181 mg/l, seguido del A-01-MATAL con 125 mg/l y el A-14-ACELH con 57 mg/l, todos pertenecientes a la Región Lempa.

La mas baja DBO<sub>5</sub> del estudio se reporta en el Río Sumpul con 0.1 mg/l, en el sitio A-01-SUMPU; con 0.2 mg/l se reportan cinco sitios que son: C-02-SUCIA, C-01-GUAYA, A-02-RTITI, A-03-TITI y A-02-SUMPU.

#### Fenoles

Todas las regiones hidrográficas reportan contaminación por compuestos fenólicos que deterioran significativamente la calidad del agua, el valor promedio en el agua de los ríos del país es 1,800 µg/l; en la Región Lempa la concentración promedio de Fenol es 1,760 µg/l,

La valoración del Subíndice del Fenol en la fórmula del ICAs establece que si la concentración de Fenol es mayor de 10 µg/l la calidad sanitaria es inaceptable  
En el país, el Fenol en agua superficial excede 10 µg/l.

#### Nitrógeno Amoniacal

La mayor concentración de Nitrógeno Amoniacal se presenta en el Río Matalapa sitio A-01-MATAL con valor de 28.25 mg/l y el Río Acelhuate en todos los sitios de muestreo.

La Región "F" resulta con los valores mas bajos de Nitrógeno Amoniacal , el Río Jiboa tiene 0.1mg/l en el sitio F-02-JIBOA, otro sitios de baja contaminación relativa es el A-03-SUMPU con 0.13 mg/l.

Debido a la incursión de aguas residuales ordinarias en los ríos, la concentración de Nitrógeno amoniacal es relevante en todos los puntos evaluados.

#### Salinidad

Las regiones hidrográficas del país presentan salinidad en el rango de 0.1 a 0.4 ppm

#### Sólidos Disueltos Totales

La región Jiboa presento la mayor concentración de sólidos totales disueltos con valores entre 101 a 780 mg/l. Tres sitios de la región "F" presentan valores de 780 mg/l, 750 mg/l y 740 mg/l.

La Región "J" en el sitio J-03-GOASC presenta 850 mg/l, que resulta en la mayor cantidad de sólidos disueltos totales del estudio.

#### Metales pesados en agua

Con respecto a la presencia de metales pesados en las aguas superficiales del país se concluye:

#### Arsénico, As

El contaminante Arsénico se reporta en 62 sitios de muestreo equivalentes a 55% de las muestras recolectadas.

No se reporta As en las Regiones Hidrográficas "G" y "C" excepto en el sitio de muestreo C-03-SUCIA.

Los sitios de muestreo F-03-JIBOA, F-04-JIBOA y F-05-JIBOA presentan las concentraciones más altas de Arsénico del estudio, en el rango de 0.1122 a 0.1230 mg/l.

La concentración mayor de As que se reporta es 0.1230 mg/l en la Región Hidrográfica Jiboa, sitio F-04-JIBOA.

El criterio de calificación del ICAs para el contaminante Arsénico, establece que si la concentración de As es mayor a 0.1 mg/l, no es aceptable la Calidad Sanitaria del agua, así el sitio de muestreo F-04-JIBOA resulta de Calidad "Mala", por la contaminación por As contaminación fecal y por materia orgánica.

#### Mercurio, Hg

En la región Hidrográfica "F" y "G" no se reporta Mercurio en el agua superficial.

El estudio determina que el Mercurio se encuentra en el agua de 32 sitios de muestreo, equivalentes a 28.3% de las muestras.

La concentración mayor que se reporta es 0.2030 mg/l en el Río Pasquina en el sitio de muestreo J-01-PASAQ. Es importante señalar que 6 de los 7 sitios muestreados en la Región "J" Goascorán presentan contaminación por Mercurio. La Región "I" Sirama también presenta contaminación por Mercurio.

La Calidad Sanitaria del agua es inaceptable, si la concentración de Hg es mayor a 0.002 mg/l, por lo que se determina que en las Regiones "I" y "J" el agua superficial representa un riesgo y la aptitud de uso es muy limitada.

Cromo total, Cr

El otro metal pesado que se investigo es el Cromo total, habiéndose encontrado en 94 sitios que equivalen a 83.2% de los sitios de muestreo. La máxima concentración que se reporta es 0.0353 mg/l que corresponde al sitio de muestreo A-04-ARANC del Rio Aranchacal, de la Región Lempa.

Plomo, Pb

El Plomo se reporta en el 28.3% de los sitios de muestreo equivalente a 44 sitios.

No hay presencia de Plomo en el agua superficial, de la Región Grande de Sonsonate-Banderas y en la Región Hidrográfica Grande de San Miguel.

En los sitios muestreados de la región "B", no hay presencia de Plomo en el agua superficial.

La mayor concentración de Plomo que se reporta es 0.667 mg/l, en el Rio Acahuapa en el sitio de muestreo A-04-ACAHU.

La presencia de metales pesados deteriora sensiblemente la calidad sanitaria del agua, debido a la toxicidad de los mismos y a lo inaccesible que resulta el tratamiento del agua para los usos que demanda la población.

## **6.2 Calidad de los sedimentos**

En la sección 1.4 se abordó la diferencia entre la contaminación convencional y la ocasionada por metales pesados o tóxicas. El comportamiento y efecto de los tóxicos está ligado a como se particionen los sólidos entre la fase líquida y el sedimento, por lo que el estudio de línea base ha investigado los niveles de concentración de los metales pesados en la forma disuelta y particulada.

Se evaluaron 10 sitios para determinar concentración de metales pesados en sedimentos de fondo de ríos, las muestras están distribuidas así: 8 muestras en la Región Lempa (Región "A"), 1 muestra en la Región del Grande de Sonsonate (Región "D"), y 1 muestra en la Región del Grande de San Miguel (Región "H").

A continuación, se presenta los resultados de contaminación por As, Hg, Cr y Pb en sedimentos de los canales principales de los ríos del país.

### **6.2.1 Arsénico, As**

El 90% de las muestras de sedimentos presentan Arsénico, a excepción de la muestra del Río Grande de San Miguel.

La concentración mayor encontrada es 0.49 ppm, correspondiendo al Río Sucio en sitio de muestreo A-24-SUCIO, en la fase líquida se reporta una concentración de 0.0212 mg/l.

La concentración de Arsénico encontrada en los fondos de sedimentos es probable que no afecten a la biota, según la guía Long y los estándares holandeses de calidad de suelo.

### **6.2.2 Mercurio, Hg**

El contaminante Mercurio se encontró en todas los sedimentos, excepto en el sedimento del sitio A-24-SUCIO ( Río Sucio, altura de la Hacienda San Francisco).

La concentración mas alta que se encontró es 0.81 mg/l y corresponde al sedimento en el Río Titihuapa en el sitio de muestreo A-03-TITI, la concentración es mayor que el valor guía ERM por lo que es probable la toxicidad en la cadena trófica.

Al evaluar los niveles de Hg en el agua del sitio A-03-TITI ( 0.003 mg/l ), se determina que hay acumulación de Hg en el sedimento.

En el sedimento del sitio D-03-GRAND la concentración de Hg es 0.33 ppm, sin embargo en la fase líquida (agua) no se encontró el Hg.

En el sitio H-02-GRAND el Hg en sedimentos es 0.31 ppm y en la fase líquida se reporta la concentración de 0.0170 mg/l.

En la Región "A", el Río Acelhuate, el sedimento del sitio A-14-ACELH reporta Hg en 0.42 mg /l, en la fase líquida no se reporta este contaminante.

### **6.2.3 Cromo total, Cr**

El 100% de las muestras reporta presencia de Cromo total. La menor concentración encontrada es 5.15 ppm y la mayor 51.30 ppm, esta última corresponde al Río Suquiapa en el sitio de muestreo A-23-SUQUI. Es importante señalar que ese sitio, en la fase líquida, se reporta el Cr en 0.0029 mg/l, por lo que se determina hay acumulación de Cr en el fondo del Río Suquiapa.

El sedimento del sitio H-02-GRAND presenta 30.09 ppm y el agua de ese sitio de muestreo tiene Cr total de 0.0073 mg/l.

Las concentraciones encontradas de Cromo total no exceden las normativas que se tomaron de guía.

### **6.2.4 Plomo, Pb**

Las concentraciones de Plomo encontradas en sedimentos presentan a nivel nacional, un valor máximo de 103.04 ppm en la Región "A", en el Río Acelhuate, antes de la desembocadura en el Río San Antonio, sitio de muestreo A-14 -ACELH.

En la fase líquida, el sitio de muestreo A-14 -ACELH presenta una concentración de Pb de 0.0 mg/l.

En los sedimentos del sitio A-17 ACELH, (Río Acelhuate luego de la desembocadura del Río Las Cañas, Cantón Joya Grande), la concentración de Pb es 100.54 ppm y en la fase líquida de ese sitio, el Pb tiene una concentración 0.0 mg/l.

En la Región "A", sitio A-19-LEMPA, en los sedimentos la concentración de Pb es 85.24 ppm y en el agua superficial de ese sitio, hay una concentración de 0.0016 mg/l.

El sitio A-03-TITI los sedimentos resultan con niveles de Pb de 76.10 ppm y en la fase líquida se encontró 0.0 mg/l.

En el sitio de muestreo A-24-SUCIO, el Pb en sedimentos tiene concentración de 13.88 ppm y en la fase líquida no se reporta presencia de Pb.

En el Río Sucio, Colonia Joya de Cerén en Opico que corresponde al sitio de muestreo A-15-SUCIO, la concentración de Pb en sedimentos es 13.15 ppm y en la fase líquida es 0.0 mg/l.

El Rio Suquiapa en el sitio de muestreo A-23-SUQUI tiene concentración de Pb de 11.75 ppm y en la fase liquida no se reporta presencia de Pb.

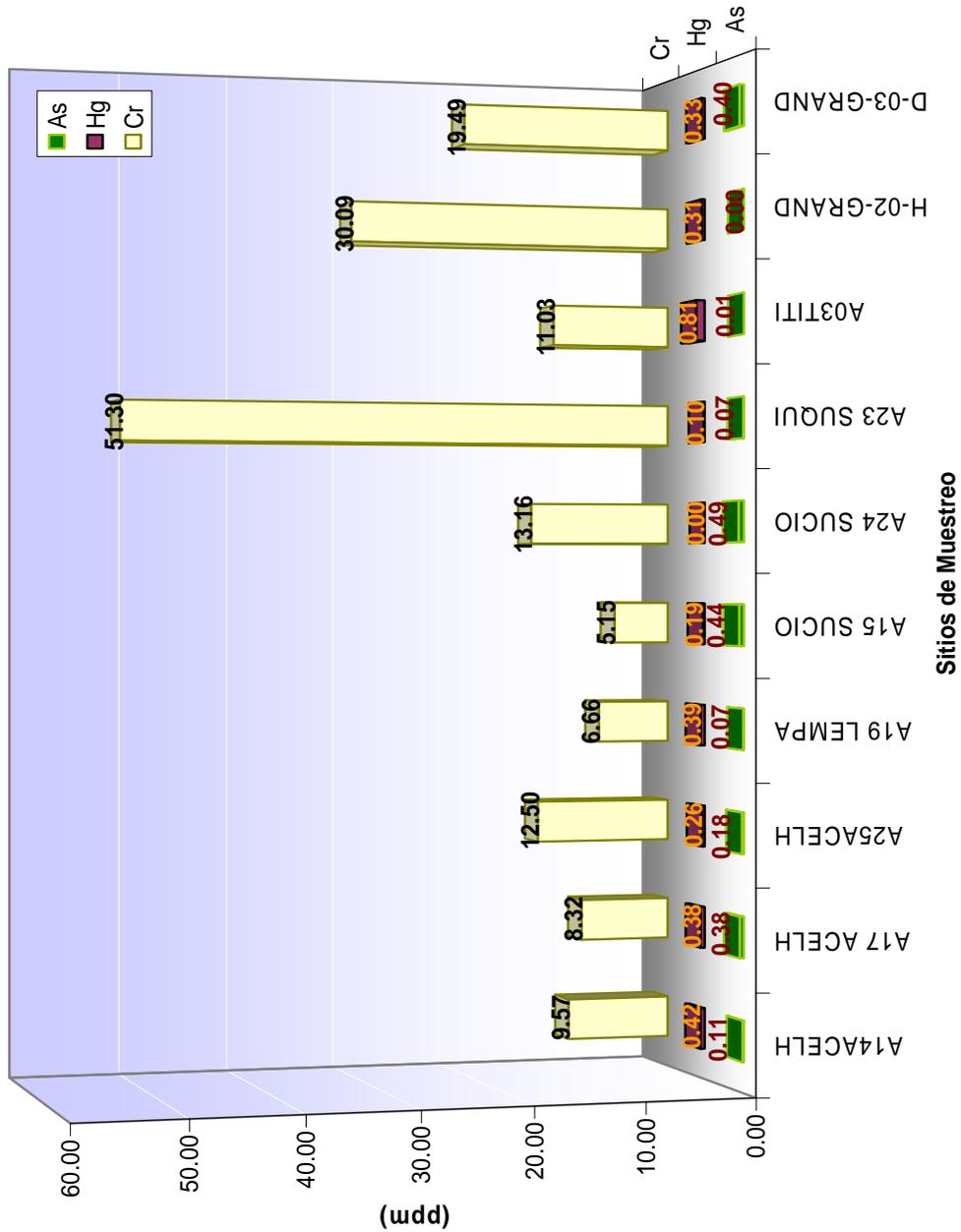
En los sedimentos del sitio A-25 ACELH, (Rio Acelhuate Puente El Tule, antes de la desembocadura en el Rio Lempa), la concentración de Pb es 9.63 ppm y en el agua superficial de ese sitio, el Pb tiene una concentración 0.0 mg/l.

En la figura No.6.3 se presenta los niveles de contaminantes Arsénico, Mercurio y Cromo en los sedimentos

La presencia de metales pesados en sedimentos de los cuerpos fluviales es preocupante, principalmente por la toxicidad acumulada, en concentraciones que exceden estándares internacionales como es el caso de la presencia del Mercurio en el punto A-03-TITI.

En la investigación, se ha determinado congruencia en la presencia de metales pesados en aguas superficial y en sedimentos, tal como se demuestra en la Región "D", sin embargo, para conocer sobre el comportamiento de los metales, es necesario establecer la cinética química de los metales pesados, las características físicas del suelo y de la fase liquida.

Fig. No.6.3 Arsénico, Mercurio y Cromo en sedimento en regiones hidrograficas de El Salvador



### **6.3 Cantidad de agua**

Los caudales de los ríos se ven drásticamente reducidos en la época seca, situación que se agrava debido a la deforestación de las zonas de recarga de las regiones hidrográficas y a la pérdida de zonas de vida, esta reducción de caudal limita la capacidad de los mismos para depurar los vertidos, la velocidad de reoxigenación de los cauces es lenta y no se logra oxidar los contaminantes.

Como tal, la investigación reporta algunos ríos con crecidas que no fue posible medir con el equipo de campo proporcionado por el SNET y un río seco, sin flujo de agua.

## **VII RECOMENDACIONES**

Diferentes estudios han abordado y alertado del grave deterioro de calidad que sufren los recursos hídricos superficiales, hace casi una década se investigó la calidad del Río Acelhuate, Río Sucio y Río Suquiapa, y se determinó que eran ríos de calidad Regular y Pobre, otras investigaciones recientes en la Región del Golfo de Fonseca también identifican la mala calidad del agua superficial. Esta investigación determina que el escenario de deterioro de los ríos de El Salvador se mantiene y se agrava, sin que se realicen acciones para el control de la contaminación.

La investigación realizada completa el tema de calidad de agua de los ríos de El Salvador para diferentes aptitudes de uso y constituye punto de partida para focalizar acciones en sitios y regiones específicos.

Como aportación a la discusión sobre la calidad del agua superficial, se enuncian algunas recomendaciones:

1. El agua es un recurso de todos, corresponde al MARN velar por la protección del recurso hídrico, la medida más urgente que se recomienda es la identificación y control de las fuentes de contaminación en todas las regiones hidrográficas.
2. Evaluar el comportamiento de los sistemas hídricos en época de lluvias para determinar la capacidad de dilución y auto depuración.
3. Realizar investigaciones de calidad de agua superficial en las regiones más impactadas como son: Lempa, Goascorán, Bahía de Jiquilisco, Grande de San Miguel y Sirama, para identificar la contaminación de tipo común y la tóxica y las fuentes que lo generan.
4. Realizar investigaciones para la caracterización completa de los compuestos químicos y parámetros físicos en agua superficial y sedimentos para identificar oportunidades y factibilidad de descontaminación de los ríos.
5. Los datos de metales pesados en fase líquida y sedimentos de los ríos del país, constituye una línea base que debe tener seguimiento en tiempo y espacio, para evaluar las oportunidades de descontaminación de los ríos y para orientar las propuestas de normativas de vertidos en cuanto a niveles permisibles.

6. Buscar apoyo internacional para realizar obras de descontaminación de los sistemas fluviales.

7. Elaborar perfiles de proyectos pilotos en las regiones hidrográficas críticas enfocados a la descontaminación de los ríos.

8. Las leyes y normativas, referentes a la protección de los recursos hídricos deben aplicarse y acatar la regla de oro "el que contamina paga y restaura"

9. Establecer estándares de límite de contaminantes en los vertidos acordes a la problemática nacional.

10. Un inventario de las fuentes de contaminación de ríos por compuestos fenólicos es muy urgente, debido a la toxicidad del mismo y al impacto directo que tiene en la Calidad Sanitaria del agua, ICAs.

11. La depuración de las aguas servidas domésticas debe ser un proyecto prioritario e impostergable para el país. La contaminación fecal es uno de los principales causantes del deterioro de la calidad del agua.

12. La práctica de pesca con uso de químicos es generalizada en los pocos ríos con presencia de vida acuática, es necesario controlar esa práctica, se recomienda establecer ordenanzas que penalicen esa actividad.

13 Acciones para controlar y reducir la contaminación se deben de apoyar en las comunidades que usan los ríos, por ejemplo con obras como la construcción de lavaderos con sistema de depuración de las aguas jabonosas, utilizando sistemas que emulan procesos naturales, como son los reed bed o camas de piedra y vegetación, se puede mitigar la contaminación y mejorar la calidad sanitaria de las aguas

## **VIII. REFERENCIAS**

En el Anexo 1 se presenta la revisión de archivos documentales que han servido de base para la consultoría

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Fichas de la revisión de archivos documentos

**Anexo 2.** Listado de equipos

**Anexo 3.** Reportes de laboratorio con resultados de análisis en agua y sedimentos

**Anexo 4.** Reportes de aforos

**Anexo 5.** Normas y guías de calidad de ríos

**Anexo 6.** Archivo de fotografías de la consultoría

**Anexo 7.** Presentación de Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador (diapositivas)

**Anexo 8.** Producto Uno Informe Inicial. Diagnóstico Nacional de la Calidad de Las Aguas Superficiales de El Salvador.

**Anexo 1.** Fichas de la revisión de archivos documentales

<b>Titulo</b>	<b>Diagnóstico de la Calidad de Agua de Las Regiones Hidrográficas Sirama y Goascorán</b>			<b>Encontrado en:</b>	
				SNET	
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>	
2006	SNET	Digital	Diagnóstico		
<b>Palabra clave:</b>	<b>SIRAMA Y GOASCORÁN, ICA</b>				
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>	
Región Hidrográfica I y J	La Unión, El Salvador				
				I	J
<b>Contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Características generales y físicas de los principales Ríos de las Regiones Hidrográficas I y J (Longitud, área, no. de orden, tipo de drenaje).</li> <li>Metodología de Trabajo: Sitios de muestreo, mapa de ubicación de los sitios de muestreo, Metodología para la medición de cantidad de agua y medición de calidad del agua, Toma de muestras para análisis de parámetros en laboratorio, Control de calidad del muestreo, Índice de Calidad de Agua General (ICA),</li> <li>Resultados Obtenidos: Se presenta una tabla con los sitios de muestreo, el valor de ICA determinado, la valoración de éste y la interpretación del valor.</li> </ul> <p>En general se observó una calidad ambiental "Regular", según el ICA. Y estos sitios de muestreo presentaron en general contaminantes como: Coliformes fecales, nitratos y fosfatos.</p>				

<b>Titulo</b>	<b>Evaluación de la Calidad del Agua del Río Lempa</b>			<b>Encontrado en:</b>	
				SNET	
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>	
Marzo 2005	Servicio Hidrológico Nacional, SNET	Digital	Diagnóstico		
<b>Palabra clave:</b>	<b>RÍO LEMPA, ICA</b>				
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>	
Región Hidrográfica A	El Salvador			A	
<b>Contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introducción: Se presenta una introducción sobre aspectos generales, y una breve explicación sobre el ICA (índice de calidad del agua)</li> <li>▪ Red de puntos de control de contaminación: Se explica el proceso para la determinación de los puntos de control de la contaminación</li> <li>▪ Resultados: Se presenta una gráfica con los valores de ICA muestreados durante los meses de noviembre y marzo para los años 2003, 2004 y 2005 según los puntos de muestreo. Además se presenta la interpretación de estos resultados.</li> </ul>				

<b>Titulo</b>	<b>Índice de Calidad del Agua General "ICA"</b>			<b>Encontrado en:</b>
				SNET
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>
	Servicio Nacional de Estudios Territoriales	Digital	Boletín informativo	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
<b>Palabra clave:</b>	<b>INDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL, ICA</b>			
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>		<b>Región Hidrográfica</b>	
<b>Contenido</b>	Se explican detalladamente la metodología y parámetros involucrados para el cálculo del Índice de Calidad de Agua General ICA, y todos los aspectos relacionados con éste índice. Se consideran los parámetros siguientes: Coliformes Fecales (en NMP/100 mL) • pH (en unidades de pH) • Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L) • Nitratos (NO3 en mg/L) • Fosfatos (PO4 en mg/L) • Cambio de la Temperatura (en °C) • Turbidez (en FAU) • Sólidos disueltos totales (en mg/ L) • Oxígeno disuelto (OD en % saturación)			

<b>Título</b>	<b>Evaluación de la Calidad de Agua para el Canal Principal del Río Acelhuate Período 2002 al 2005</b>			<b>Encontrado en:</b> SNET	
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>	
Marzo 2005	Servicio Hidrológico Nacional, SNET	Digital	Estudio		
<b>Palabra clave:</b>	<b>RÍO ACELHUATE</b>				
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>	
Río Acelhuate, Río Matalapa	Río Acelhuate, Río Matalapa			A	
<b>Contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antecedentes de problemática de contaminación del río Acelhuate</li> <li>▪ Herramienta de Evaluación de la Calidad de Agua, el cual es el ICA.</li> <li>▪ Situación Actual del Río Acelhuate, en donde se determinan los puntos de control</li> <li>▪ Resultados, en donde se presentan los resultados del ICA, para época seca y después de la época lluviosa del 2002 al 2005. Los valores se presentan en tablas y gráficos.</li> <li>▪ Conclusiones, entre las cuales está: La calidad de agua del Río Acelhuate ha aumentado su carga de origen fecal causando un impacto mayor en la calidad sanitaria de los productos alimenticios generados con sus aguas o aguas del embalse del Cerrón Grande.</li> </ul>				

<b>Titulo</b>	<b>Evaluación de la Calidad de Agua del Río Lempa en la Cuenca Alta Época Seca 2003-2004</b>			<b>Encontrado en:</b>	
				SNET	
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>	
Mayo 2004	MARN, SNET, SHN	Digital	Estudio	SNET	
<b>Palabra clave:</b>	<b>RÍO LEMPA, CUENCA ALTA, ICA</b>				
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>	
Río Lempa Cuenca Alta	El Salvador			A	
<b>Contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introducción, explicación breve del ICA</li> <li>▪ Red de puntos de control de contaminación, en donde se determinan los puntos de muestreo</li> <li>▪ Resultados, se presentan los resultados obtenidos de los muestreos realizados pasada la época lluviosa del año 2003 y marzo 2004. Estos resultados se dan en base con el ICA</li> </ul> <p>Para el mes de noviembre el ICA clasifica tres de cinco sitios estudiados como de calidad "Buena", lo que indica en estos lugares que el agua no representa una amenaza para el contacto humano y existen condiciones para el desarrollo de vida acuática. Dentro de los resultados observamos niveles muy buenos de oxígeno disuelto, niveles alcalinos de pH y niveles menores de 1000 bact/100ml de coliformes fecales.</p> <p>Por otro lado los sitios ubicados aguas debajo de los ríos Ipayo, Las Pavas y Suquiapa el ICA los clasifica como de calidad "Regular", lo que indica una amenaza para el contacto humano y limita el desarrollo de vida acuática. Dentro de los resultados se observa niveles alcalinos de pH, buenos niveles de oxígeno disuelto y niveles mayores de 1000 bact/100ml de coliformes fecales.</p> <p>Para el mes de marzo se produce un deterioro de la calidad de las aguas del río, desde su ingreso al país en la frontera con Honduras en Citalá el ICA clasifica el agua de calidad "Mala", con niveles de pH de casi 10 unidades y niveles de oxígeno disuelto menores de 1 mg/L.</p> <p>En general los otros cuatro sitios el ICA los clasifica como de calidad "Regular" con niveles de oxígeno disuelto arriba de los 6 mg/L, niveles de pH alcalinos y niveles menores de 300 bact/100ml de coliformes fecales.</p> <p>En vista de que la calidad de agua del Río Lempa para marzo del presente año ingreso con niveles alarmantes de contaminación se realizará un muestreo de control transfronterizo en este sitio.</p>				

<b>Titulo</b>	<b>Evaluación de la Calidad de Agua del Río Grande de San Miguel Año 2003</b>			<b>Encontrado en:</b>	
				SNET	
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>	
2004	MARN, SNET, SHN	Digital	Estudio		
<b>Palabra clave:</b>	<b>RÍO GRANDE</b>				
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>	
Río Grande	Río Grande, San Miguel.				
				H	
<b>Contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introducción, se explica brevemente el ICA,</li> <li>▪ Red de Puntos de Control, se determinan los puntos de muestreo del Río Grande.</li> <li>▪ Resultados, se presentan los resultados obtenidos en el muestreo entre noviembre de 2003 y marzo de 2004 antes del inicio de la época lluviosa. El parámetro analizado es el ICA.</li> </ul> <p>Para el mes de noviembre el ICA clasifica los cuatro sitios estudiados como de calidad "Regular", lo que indica en estos lugares representan una amenaza para el contacto humano y no existen condiciones para el desarrollo de vida acuática. Dentro de los resultados observamos niveles bajos de oxígeno disuelto y valores arriba de las 1000 bact/100ml de coliformes fecales.</p> <p>Es importante evaluar que antes de entrar a la Ciudad de San Miguel la calidad de agua del río presenta niveles elevados de Coliformes fecales por encima de los 2000 Bact/100 ml y una contaminación orgánica biodegradable de siete unidades cuantificada a través de la DBO5; por lo anterior se ha decidido ampliar la red de trabajo a los afluentes que dan nacimiento al Río Grande de San Miguel.</p> <p>Para el mes de marzo del 2004 se presenta un deterioro mayor de la calidad de las aguas del río, debido a que el ICA la clasifica como "Regular" para los sitios Villerías y El Delirio; para los sitios Puente Moscoso y Vado Marín la calidad de agua es "Mala".</p> <p>El agua del río aguas abajo de la Ciudad de San Miguel presenta niveles de oxígeno disuelto menores a 1 mg/L y valores de Coliformes fecales de hasta 2,2 millones de bacterias por 100/ml.</p> <p>En el sitio de muestreo El Delirio la calidad del agua mejora de una forma leve debido a un efecto de dilución ocasionado por la Laguna de Olomega, pero debido a las descargas no puntuales en el sitio Vado Marín la calidad del agua se deteriora presentando valores de oxígeno disuelto menores de 2.5 mg/L</p>				

<b>Titulo</b>	<b>Evaluación del Grado de Contaminación de Los Río Sucio, Suquiapa y Acelhuate, a través del ICA.</b>			<b>Encontrado en:</b> SNET	
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>	
2003	MARN, SNET, SHN	Digital	Diagnóstico		
<b>Palabra clave:</b>	<b>RÍOS SUCIO, SUQUIAPA Y ACELHUATE</b>				
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>		<b>Región Hidrográfica</b>		
Ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate	Ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate		A		
<b>Contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introducción, se explica brevemente el ICA,</li> <li>▪ Resultados y Análisis de Resultados de Ríos: Sucio, Suquiapa y Acelhuate, con sus respectivos puntos de muestreo, valoración del ICA, y análisis e interpretación de los resultados.</li> <li>▪ Conclusiones, se presenta una conclusión para cada uno de los ríos evaluados. Para el año 2003 el Río Sucio presenta una mejora en la calidad de sus aguas de .mala. a .regular. para los puntos de toma de muestra ubicados en el nacimiento del río y antes de su desembocadura al Río Lempa. Siempre representa una amenaza a los pobladores que tienen contacto con sus aguas y limita el desarrollo de vida acuática. Por otro lado la calidad del agua de los puntos intermedios se mantiene en calidad .mala.. Para el año 2003 en época seca el Río Suquiapa presenta un deterioro de sus aguas respecto a los valores presentados en años pasados pero la calidad se mantiene en .pésima.; por otro lado para época lluviosa se presenta una mejora en la calidad de sus aguas subiendo en el rango de clasificación para todos los puntos, mejorando de .pésima. a .mala. y de .mala. a .regular. Para el año 2003 el Río Acelhuate mostró una mejora en su calidad de agua, tanto para época seca como lluviosa, y en el mejor de los casos, subió hasta 36 unidades subiendo de calidad.pésima. a .mala.. Si bien siempre representa una amenaza a los pobladores que tienen contacto con sus aguas y limita el desarrollo de vida acuática, ha mostrado una mejora notable.</li> </ul>				

<b>Titulo</b>	<b>Propuesta de Descontaminación del Canal Principal de Los Ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa</b>			<b>Encontrado en:</b> SNET	
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>	
Octubre 2002	MARN, SNET, SHN	Digital	Diagnóstico		
<b>Palabra clave:</b>	<b>DESCONTAMINACIÓN RÍOS, ACELHUATE, SUCIO Y SUQUIAPA</b>				
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>	
				A	
<b>Contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introducción: Antecedentes del Estudio, Objetivos, etc.</li> <li>▪ Metodología de Trabajo: levantamiento de fuentes contaminantes, localización de puntos de muestreo, análisis de parámetros en campo (temperatura de muestra, temperatura ambiente, pH, conductividad, oxígeno disuelto, salinidad), Toma de muestras para análisis de parámetros en laboratorio.</li> <li>▪ Aplicación del modelo matemático de calidad de aguas. Aspectos metodológicos particulares.: Principios de modelación, características principales del modelo RIOS 4, Análisis de las simulaciones realizadas, segmentación de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa.</li> <li>▪ Evaluación de la calidad de agua de los Ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate a través de la Aplicación de un Índice de Calidad General: Resultados obtenidos por cada río.</li> <li>▪ Uso de los cursos de agua en las subcuencas: Usos propuestos.</li> <li>▪ Diseño de Escenarios con proyecciones hacia el futuro del problema de contaminación de los Ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. Propuesta de descontaminación.: Estimación de diversos parámetros hidráulicos relativos al caudal del río en el año 2012, Proyecciones de calidad propuestas para los ríos en la actualidad y el año 2012,</li> <li>▪ Luego se muestran las propuestas para la descontaminación de cada uno de estos ríos.</li> <li>▪ Recomendaciones</li> </ul>				

<b>Titulo</b>	<b>Investigación Aplicada Sobre el Impacto Ambiental de La Contaminación del Agua en las Cuencas del Río Sucio, Acelhuate y Cuaya</b>			<b>Encontrado en:</b> Universidad Centroamericana José Simeón Cañas	
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>	
1996	Olga Esquivel	Digital	Estudio	UCA - FIAES	
<b>Palabra clave:</b>	<b>RÍO ACELHUATE, SUCIO, CUAYA</b>				
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>	
				A	
<b>Contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capítulo II.: Características hidrológicas y la importancia de la Cuenca del Río Lempa y las subcuencas de interés en el presente trabajo: la cuenca del Río Sucio y la cuenca del Río Acelhuate.</li> <li>• Capítulo III: Cuenca hidrológica del Río Cuaya, pertenece a la cuenca del Río Jiboa y presenta recursos hídricos importantes para el abastecimiento de agua potable.</li> <li>• Capítulo IV.: Aproximación al Balance Hidrológico correspondiente a cada cuenca, cuantifica la disponibilidad del recurso y su oferta potencial que sirve de base para planificar la distribución del recurso. El balance de masa es valioso para determinar la sobreexplotación de los acuíferos.</li> <li>• Capítulo V.: Resultados de calidad de aguas subterráneas y superficiales en las cuencas hidrográficas. La determinación se realizó a través de mediciones y análisis físicos, químicos y biológicos a los cuerpos de agua. Se investigó los contaminantes antropogénicos denominados metales tóxicos. Incluye análisis de vulnerabilidad a la contaminación y sobreexplotación de los acuíferos del Proyecto Zona Norte, Nejapa y de Guluchapa.</li> <li>• Capítulo VI.: Resume la evaluación de impacto ambiental sobre la contaminación del agua. Se realizaron encuestas y entrevistas en las comunidades, alcaldías, etc. en las poblaciones más próximas a quebradas y ríos. Comprende estimación monetaria de costos ambientales.</li> <li>• Capítulo VII : Conclusiones y recomendaciones de la investigación.</li> </ul>				

<b>Título</b>	Monitoreo de la contaminación hídrica de los afluentes del embalse de Cerrón grande. PAES 2000/09/04/07-MRH Informe Final Fase II			<b>Encontrado en:</b> SNET.
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>
31 marzo 2002	José Eliseo Lobos	Impreso	Estudio	MAG/DGRNR/ PAES
<b>Palabra clave:</b>	<b>MODELO DE OXIGENO DISUELTO-BOD, SIMULACION CONTAMINACION</b>			
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>		<b>Región Hidrográfica</b>	
<b>ACELHUATE, SUCIO, SUQUIAPA</b>	Cuenca Hidrográfica Lempa		A	
<b>Contenido</b>	<p>Evalúa modelos de simulación del comportamiento de oxígeno disuelto y BOD, materia carbonácea, y BOD último, basado en datos históricos de la red de monitoreo de PAES en los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. Estos resultados son la base de propuesta de descontaminación considerando las capacidades de remoción de carga orgánica de procesos fisicoquímicos y biológicos por medio de plantas de tratamiento. Propone valores de BOD y Oxígeno disuelto en los ríos estudiados que obedecen a la especificidad de las condiciones de carga contaminante que reciben.</p> <p>Este estudio propone la metodología para monitoreo de agua, métodos para evaluar trazabilidad, varianza de datos de campo.</p> <p>Presenta una completa revisión de los fenómenos de transporte de contaminantes en fase líquida y sólida.</p> <p>Propone el Índice de Calidad Sanitaria para evaluar la contaminación orgánica común y la tóxica</p> <p>Recomienda diseñar y operar una red mínima de monitoreo para el río Lempa. Con referencia a contaminantes tóxicos se sugiere comenzar a generar información sobre metales pesados en las cuencas estudiadas con vistas a la aplicación de modelos de comportamiento de tóxicos</p>			

<b>Titulo</b>	<b>Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador Componente Evaluación de Recursos Hídricos</b>			<b>Encontrado en:</b> SNET					
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>					
Diciembre 2005	Servicio Hidrológico Nacional (SHN), SNET.	Digital	Estudio						
<b>Palabra clave:</b>	<b>BALANCE HÍDRICO, CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES EL SALVADOR.</b>								
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>		<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>				
Regiones hidrográficas de El Salvador		El Salvador			A	B	C	D	E
					F	G	H	I	J
<b>Contenido</b>	I. Generalidades 1.1 Introducción 1.2 Objetivos 1.3 Justificación II. Marco Conceptual 2.1 Ciclo Hidrológico 2.2 Modelo de Balance Hídrico 2.3 Parámetros del Balance Hídrico 2.4 Calidad del Recurso Hídrico Superficial: 2.4.1 Impacto de los contaminantes en la calidad de las aguas superficiales, 2.4.2 Impacto de la contaminación en la salud humana, 2.4.3 Índice de Calidad del Agua III. El Salvador, Descripción General 3.1 Características Geográficas 3.2 El relieve 3.3 El Clima 3.4 El Suelo 3.5 El Agua IV. Metodología 4.1 Análisis de la Precipitación 4.2 Análisis de la Evaporación y la Evapotranspiración 4.3 Escorrentía Superficial 4.4 Cambio de almacenamiento 4.5 Calidad de Agua V. Resultados Balance Hídrico 5.1 Resultados VI. <u>Resultados de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales</u> VII. Conclusiones y Recomendaciones								

<b>Referencia a otros documentos</b>	<p>aptitud de uso para potabilizar por métodos convencionales por los altos niveles de Fenoles, según la normativa establecida en el Decreto 51. Aunque las aguas pueden ser potabilizada a través de métodos no convencionales para su eliminación, incrementando el costo de tratamiento.</p> <p>De 51 sitios de muestreo evaluados, solamente el 33% de las aguas cumplen con la calidad sanitaria necesaria para potabilizar. Es decir, el 77% se puede considerar no apto para este uso.</p> <p>De 51 sitios de muestreo evaluados, solamente el 55% de las aguas cumple con la carga orgánica biodegradable cuantificada por la DBO5 para potabilizar.</p> <p>En general las aguas superficiales del país tienen una calidad de agua físico-química buena para riego, exceptuando pocos casos donde los niveles de contaminación son muy altos y afectan la conductividad de sus aguas como en los ríos Acelhuate, Sucio y Grande de San Miguel.</p> <p>De 51 sitios de muestreo evaluados para riego, solamente el 33% de las aguas cumplen con la calidad sanitaria necesaria; el otro 77% no lo cumple por los altos niveles de Coliformes fecales.</p> <p>De las seis regiones hidrográficas evaluadas con el Índice de Calidad de Aguas el 11.70% son aguas con una calidad ambiental que permite el desarrollo de vida acuática.</p> <p>De las seis regiones hidrográficas evaluadas con el Índice de Calidad de Aguas el 41.70% son aguas con una calidad ambiental que limita el desarrollo de vida acuática.</p> <p>De las seis regiones hidrográficas evaluadas con el Índice de Calidad de Aguas el 41.20% son aguas con una calidad ambiental que dificulta o no permite el desarrollo de vida acuática.</p> <p>De las seis regiones hidrográficas evaluadas para la normativa de contacto humano el 37.25% cumplen con la aptitud de uso.</p> <p>De lo anterior, se puede concluir que de las regiones hidrográficas analizadas, el 77% de las aguas superficiales se encuentran con algún grado de contaminación tomando el caso el uso más restrictivo, para los otros usos el porcentaje de aguas contaminadas puede disminuir.</p> <p>Los parámetros de calidad de agua que afectan principalmente la aptitud de uso del agua para potabilización fueron los Fenoles, Coliformes Fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO5). En el caso del riego, fueron los Coliformes Fecales.</p>
--------------------------------------	---

<b>Título</b>	<b>Diagnóstico Nacional de Calidad de Agua Superficial</b>			<b>Encontrado en:</b>				
				SNET				
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>				
Marzo 2007	Zulma Mena /Servicio Hidrológico Nacional (SHN), SNET.	Digital	Estudio	MARN/SNET				
<b>Palabra clave:</b>	<b>CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES EL SALVADOR.</b>							
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>				
Regiones hidrográficas de El Salvador	El Salvador			A	B	C	D	E
				F	G	H	I	J
<b>Contenido</b>	<p>El estudio presenta las características geomorfológicas de las cuencas y regiones del país. Evalúa la calidad de agua por medio de comparación de parámetros fisicoquímicos y biológicos y algunos metales con normas nacionales e internacionales para diferentes aptitudes de uso. Los resultados de la investigación son:</p> <p><u>Agua apta para potabilizar</u>–El 20% de las aguas superficiales es apto para potabilizar por medios convencionales</p> <p>Agua Apta para Riego-</p> <p>El agua del río Lempa y del Río Acahuapa que abastecen el Distrito de Riego Lempa-Acahuapa es adecuada para Riego.</p> <p>El agua del río Sucio que abastece el Distrito de Riego Atiocoyo Sur tiene limitantes para productos sensibles a contaminación por Coliformes Fecales.</p> <p>Agua Apta para Usos recreativos con contacto humano (baño) –Río Sumpul, Río Grande, Río Torola, Río Titihuapa, Río Sesori, y Río Lempa en la parte alta, Río Paz desde La Hachadura hasta su desembocadura al mar, la cuenca alta del Río El Rosario cuenca alta, la cuenca alta del Río Guayapa, la Cuenca alta del río Jiboa y el Río Goascorán, esto constituye el 14% de las aguas superficiales evaluadas.</p> <p><b>Agua Apta para Vida Acuática – Calidad Ambiental</b> –Solamente el 17% de las aguas superficiales de los ríos de El Salvador presenta una valoración “Buena”, lo cual indica que permite el desarrollo de vida acuática.</p> <p>El 50% de los ríos de El Salvador presenta un Índice de Calidad de Agua “Regular”, lo cual indica que existe limitación para el desarrollo de la vida acuática.</p> <p>El 20% de los ríos de El Salvador tiene calidad de agua “Mala”</p> <p>El 13% de los ríos de El Salvador tienen calidad de agua “Pésima”.</p>							

<b>Titulo</b>	<b>Uso de Valoración Contingente Para Calidad de Aguas en El Salvador</b>			<b>Encontrado en:</b> internet			
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>			
	Cristóbal Mejía Artiga	digital					
<b>Palabra clave:</b>	<b>MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE (MVC), VOLUNTAD DE PAGO (VDP), DICOTÓMICO DOBLE (DOUBLE BOUNDED), PLANTAS DE TRATAMIENTO, AGUAS SERVIDAS, RECURSOS HÍDRICOS, RÍO ACELHUATE, DISEÑO DE POLÍTICAS.</b>						
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>			
Guazapa, San Salvador	Guazapa, San Salvador.			A			
<b>Contenido</b>	<p>El presente estudio busca contribuir a la toma de decisiones y al diseño de políticas para el manejo eficiente de los recursos hídricos en El Salvador, mediante la estimación del valor económico de la calidad del agua a través de la voluntad a pagar por sistemas de tratamientos para aguas servidas en la cuenca del Río Acelhuate.</p> <p>Se utilizó el Método de Valoración Contingente (MVC) mediante la aplicación de una encuesta personal, para determinar la voluntad de pago (VDP) de la población del Municipio de Guazapa, para el establecimiento de plantas de tratamiento de aguas servidas.</p> <p>En la metodología se aplicó el método dicotómico simple ( Single Bounded), para la primer ronda de respuestas y un dicotómico doble (Double Bounded), para la primera y segunda ronda. Una prueba de rango (scope), para conocer el valor que otorgan las personas a los cambios en su bienestar al mejorar la calidad ambiental. También se determinó la media de voluntad de pago (MVDP) por familia, adicional en su tarifa de agua mensualmente, de igual forma fue posible determinar las variables socioeconómicas (Bid, Jefe de hogar e ingreso) que influyeron significativamente en la MVDP. La eficiencia estadística del método convencional dicotómico doble de valoración contingente puede ser mejorada preguntando a cada entrevistado una segunda pregunta dicotómica la cual depende de la respuesta dada a la primera pregunta.</p>						

<b>Titulo</b>	<b>Fortalecimiento de Instrumentos Decisionales para la Provisión de Agua para Consumo Humano en El Salvador</b>				<b>Encontrado en:</b>
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>	
2005	Raffaele Vignola	Digital			
<b>Palabra clave:</b>	<b>RÍO ACELHUATE, MÉTODO DRASTIC, VALORACIÓN ECONÓMICA, SIG.</b>				
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>	<b>Ubicación del proyecto</b>			<b>Región Hidrográfica</b>	
5 cantones aledaños al río Acelhuate pertenecientes a los municipios de Guazapa y Nejapa	Guazapa y Nejapa, San Salvador			A	
<b>Contenido</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción                     <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Objetivos del estudio</li> <li>1.2 Hipótesis</li> </ol> </li> <li>2. Revisión de Literatura                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Acceso al agua potable</li> <li>2.2 Capital Social</li> <li>2.3 Contaminación del recurso agua para consumo humano</li> <li>2.4 La morbilidad por enfermedades de origen hídrico: detección médica</li> <li>2.5 Agua para consumo humano y contaminación en el área rural de El Salvador</li> <li>2.6 Impacto de la contaminación sobre el bienestar del hogar</li> </ol> </li> <li>3. Materiales y Métodos                     <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Descripción del área de estudio</li> <li>3.2 La Contaminación del agua en el área</li> <li>3.3 Acuífero, aprovechamiento e incidencia de enfermedades hídricas (contiene un apartado sobre la contaminación del agua en el área)</li> <li>3.4 Metodología.</li> </ol> </li> <li>4. Resultados y Discusión                     <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 Análisis de la pobreza de ingreso</li> <li>4.2 Análisis de viviendas</li> <li>4.3 Análisis factorial con variables subjetivas y objetivas</li> <li>4.4 Análisis factorial con variables objetivas</li> <li>4.5 Resultados del análisis de capital social</li> <li>4.6 Resultados del análisis SIG</li> <li>4.7 Resultados del Análisis de valoración económica</li> </ol> </li> <li>5. Conclusiones</li> <li>6. Bibliografía</li> <li>7. Anexos.</li> </ol>				

<b>Título</b>	Estudio para el Establecimiento del Sistema de Monitoreo de la Calidad de las Aguas en el Golfo de Fonseca			<b>Encontrado en:</b> Biotec S.A. de C.V.
<b>Fecha de publicación</b>	<b>Autor</b>	<b>Formato</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Propietario</b>
31 marzo 2006	Biotec S.A. de C.V.	<a href="#">Digital</a>	Estudio	Agencia Internacional de Cooperación de Japón JICA
<b>Palabra clave:</b>	VIII. <u>SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA, POZOS Y VERTIDOS</u>			
<b>Área de Influencia del Proyecto</b>		<b>Ubicación del proyecto</b>		<b>Ubicación geográfica</b>
Región Hidrográfica I J Golfo de Fonseca		Golfo de Fonseca		I J
<b>Contenido</b>	<p>El objetivo del Estudio es <u>Establecer el Sistema de Monitoreo de la Calidad del agua en ecosistemas de la región costero marina y cuencas que drenan el Golfo de Fonseca. Para tal fin, se ha realizado la Identificación y Monitoreo de las causas de contaminación y contaminantes de los ecosistemas fluviales del Golfo de Fonseca, a fin de proponer un plan de mitigación de esa contaminación.</u></p> <p>El alcance del estudio que se presenta es diseñar el plan de monitoreo, identificar las fuentes de contaminación y georeferenciarlas en un mapa, manejo de muestras e interpretación de resultados. <u>El plan de monitoreo estableció la toma de 129 muestras entre agua de pozo, aguas superficiales, vertidos y sedimentos, de los cuales se realizaron 120. El muestreo se ejecutó del 28 de febrero al 22 de marzo de 2006. Las determinaciones analíticas fueron realizadas en laboratorios nacionales acreditados. Los contaminantes a investigar son: Demanda química de oxígeno, Demanda bioquímica de oxígeno, Detergentes, Sólidos sedimentables, pH Metales pesados: Mercurio, Arsénico, Plomo, Cobre y Níquel. Hidrocarburos y Aceites y grasas. Coliformes fecales Residuales de pesticidas organoclorados y organofosforados.</u> La calidad del agua subterránea se determina al comparar los resultados con los límites que establece la Norma Salvadoreña obligatoria para calidad del agua potable, también se compara con los límites que establece la Guía para agua potable de la Organización Mundial para la Salud OMS, además de cotejar con la guía de agua potable de Estados Unidos y en algunos casos se emplea la guía de la Comunidad Económica Europea CEE. Los pozos que se evaluaron son trece: Playa El Icacal, Playas Negras, El Chiquirín, La Chacra, Cerco de Piedra, Los Jotes, El Chapernal, Punta Jocote, El Huisquil, Isla Meanguera, isla Conchagüita, Isla Zacatillo, Isla Perico. Se evaluó la calidad de los ecosistemas fluviales del Golfo de Fonseca, incluye los Ríos Goascorán, Sirama, Santa Cruz y Conchagua, donde los resultados se interpretan según el Reglamento Normas técnica de calidad ambiental. El estudio abarco las fuentes de contaminación directa constituida por los vertidos ordinarias y los provenientes de tres establecimientos industriales. Los resultados se comparan con la Norma CONACYT NSO 13.49.01:05</p>			

## **Anexo 2** Listado de equipos

	Salida de Equipo	
	Unidad Responsable: Activo Fijo	

Unidad Administrativa  
Activo Fijo  
Salida de Mobiliario Equipo

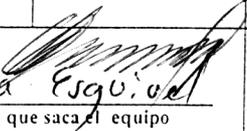
Señor Seguridad Porteria: Sírvase permitir la salida de los bienes que se detallan a continuación, los cuales se envían a: <i>Del 16 de Abril al 16 de Junio del 2007 Para el desarrollo de Consultoría en aguas Subterráneas (DAC)</i>	Fecha: <i>16 / Abril / 2007</i> Motivo de Salida: <input checked="" type="checkbox"/> Préstamo <input type="checkbox"/> Devolución <input type="checkbox"/> Instalación <input type="checkbox"/> Reparación
---	--

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	SERIE	No. INVENTARIO	FECHA DE ADQUISICION
<i>1- Molinete</i>	<i>A.OTT</i>	<i>S/M</i>	<i>121480</i>	<i>S/N</i>	
<i>1- Micromolinetes y sus Accesorios</i>	<i>A.OTT</i>	<i>S/M</i>	<i>C2 121247</i>	<i>750-04-331-07-003</i>	
<i>1- DRAGA</i>	<i>fieldmaster</i>	<i>7310-B</i>		<i>4200-07-0430116-051</i>	
<i>1- Equipo Multiparametro Eijelkamp</i>		<i>S/M</i>	<i>79265</i>	<i>S/N</i>	
Responsable: <i>[Signature]</i> <i>Ing. Olga Esquivel</i> Persona que saca el equipo	Entrega: <i>[Signature]</i> Encargado de Activo Fijo		Autorizado: <i>[Signature]</i> <i>Ing. Celina Mena</i> Jefe de Unidad		<i>[Signature]</i> Por: <i>Ing. Yannis Martinez</i>
Condiciones del Equipo al ser devuelto:				Fecha en que devuelve el Equipo: Instalación	

	Salida de Equipo	
	Unidad Responsable: Activo Fijo	

Unidad Administrativa  
Activo Fijo  
Salida de Mobiliario Equipo

Señor Seguridad Portería: Sirvase permitir la salida de los bienes que se detallan a continuación, los cuales se envían a: <i>Del 16 de Abril al 16 de Junio del 2007, Para el desarrollo de Consultoría en Aguas Subterráneas (DAC)</i>	Fecha: <i>16 de Abril 2007</i> Motivo de Salida: <input checked="" type="checkbox"/> Préstamo <input type="checkbox"/> Devolución <input type="checkbox"/> Instalación <input type="checkbox"/> Reparación
--	---

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	SERIE	No. INVENTARIO	FECHA DE ADQUISICION
1- Caja de Contacto	A.OTT	Z 21	S/N		
2- Varillas Para aforo de Va deo	S/M	S/M			
Responsable: <i>Ing. Olga Esquivel</i> Persona que saca el equipo	Entrega  Encargado de Activo Fijo		Autorizado: <i>Eng. Celina Mena</i> Jefe de Unidad		<i>Por [Signature] Ing. Y. Conchito Martinez</i>
Condiciones del Equipo al ser devuelto:				Fecha en que devuelve el Equipo: Instalación	

**Anexo 3** Reportes de laboratorio con resultados de análisis en agua y sedimento

## **Anexo 4** Reportes de aforos

## **Anexo 5.** Normas y guías de calidad de ríos

- 5.1 Resumen de Normas y regulaciones de calidad para uso de agua.(valores EPA vida acuática, FAO agua de riego, EEC,CONACYT Agua potable, uso recreación, Norma CONACYT vertido)
- 5.2 Norma CONACYT NSO 13.49.01:06 Anexo 2 Tabla 4,Requerimiento para toma de muestras. Recipientes para Muestreo y Preservantes de Componentes en Agua.
- 5.3 Long. et al, 1995 Limites ERL y ERM contaminantes en sedimentos. Publicado Long, E.R,D.D MacDonalds, S.L Smith and F.D.Calder. 1995.Incidents of adverse biological effects within range of chemical concentration in marine and estuarine sediments. Environmental Management 19
- 5.4 Valores estándar de compuestos químicos en sedimentos y aguas subterránea, según estándares holandeses, 2000.
- 5.5 Límites de los parámetros de calidad para cuerpos de agua superficial, del Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.

## 5.1

### Anexo 5 Resumen de Normas y regulaciones de calidad para uso de agua

Parámetros	Unidades	Concentraciones Máximas Admisibles					
		Vida Acuática	Agua Potable		Agua de Riego	Recreación	Agua de Vertido
		CMC (EPA)	EEC	CONACYT	FAO		CONACYT
Temperatura del ambiente	oC						
Temperatura del agua	oC			18.00 a 30.00			< de 5°C de diferencia con cuerpo receptor
pH	Unidad	6.5 a 9.00	6.2 a 8.5	6.0 a 8.5	6.5 a 8.4		5.5 a 9.00
Salinidad	ppm				700		
Conductividad electrica de Campo	µS/cm	No definido		1600			
Turbidez	NTU	No definido	4 JTU (no microbiologico)	1000	No definido	50	100 NTU
Oxigeno Disuelto (OD)	mg/L	3.00 a mas					
Olor				3			
Color	Pt.Co/L	20		15			
Sólidos Totales Disueltos (TDS)	mg/L	No definido		1000			
Sólidos Suspendidos(SS)	mg/L					25	
Carbonatos y Bicarbonatos	mg/L				8.5		
Alcalinidad	mg/L			250			
Dureza	mg/L		50.00				
Demanda Biologica de Oxigeno (DBO5)	mg/L						30 (aguas residuales)
Demanda Quimica de Oxigeno (DQO)	mg/L						60 (aguas domésticas)
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	No definido		1			
Nitrato	mg/L	10.00	50.00	10		<10	10
Nitrito	mg/L	10.00	0.10	1		<250	
Fosforo Total	mg/L	No definido	5.00	0.1			
Calcio	mg/L			75			
Magnesio	mg/L			50			
Sodio	mg/L		75 a 150	150			
Potasio	mg/L		12.00	10			
Cloro Residual Libre	mg/L			1.00**			
Cloruros	mg/L						
Sulfato	mg/L			250			400
Hierro	mg/L	1.00	0.20	0.3	5		5
Manganeso	mg/L	0.10	0.20	0.05	0.2		2
Boro	mg/L	0.01	1.00	0.3	0.75		1.5
Arsenico	mg/L	0.34	0.05	0.01	0.1		
Mercurio	mg/L	0.0014	0.001	0			
Selenio	mg/L	0.0000	0.01	0.01	0.02		
Cobre	mg/L	0.0130		1	0.2		

*Informe Final Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador*

*Contrato MARN-BID-1209/OC-ES.No.60/2006*

*Anexos*

Cromo	mg/L	0.16	0.05	0.05	100		
Plomo	mg/L	0.065	0.05	0.01	5		
Cadmio	mg/L			0.003			
Bario							
Aluminio	mg/L			0.01			
Zinc	mg/L			5			
Silice					125		
<b>Analisis Bacteriológicos</b>							
Coliformes Totales	NMP/100 ml		0 a <1 NMP	No detectable	5000 en 100 ml	<200	1000
Coliformes Fecales	NMP/100 ml		0.0000	0	0		1000
Escherichia Coli	NMP/100 ml						
Conteo Total de Bacterias	UFC/ml						

CMC (EPA): Criteria Maximum Concentration, United States Environmental Protection Agency

EEC: European Economic Community

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Norma Salvadoreña

FAO: Food American Organization

**5.2**

**Tabla 4. Requerimiento para toma de muestras  
Recipientes para Muestreo y Preservantes de Componentes en Agua**

<b>Parámetros</b>	<b>Recipientes</b>	<b>Preservante</b>	<b>Tiempo máximo de almacenamiento</b>	<b>Vol. mínimo de muestra mL</b>
Aceites y grasas	Vidrio	5 mL (1+1) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L muestra. Enfriar a 4 °C	24 horas	1 000
Acido fenoxiacético, herbicida	Vidrio	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH < 2, inferior a 4 °C	Preferible extraer inmediatamente	1 000
Aluminio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Arsénico	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Bario	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Berilio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Boro	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Cadmio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Carbamato (plaguicida)	Vidrio	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH < 4 y 10 g Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L muestra	Preferible extraer inmediatamente	2 500
Cianuro	Polietileno	1 mL NaOH al 10 % / 100 mL muestra	24 horas	500
Cinc	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Color	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	500
Cromo	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	24 horas	1 000
DBO	Polietileno	Enfriar 4 °C	4 horas	1 000
DQO	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Fenoles	Vidrio	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> a pH < 4 y 1,0 g CuSO <sub>4</sub> /L, enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Fluoruro	Polietileno	Enfriar 4 °C	7 días	300

Parameter	unit (dry wt)	ERL <sup>1</sup>	ERM <sup>1</sup>	ASC <sup>2</sup> -sandy <40% fines	ASC <sup>2</sup> -muddy >40% fines	Amphipod AET <sup>3</sup>	Bivalve AET <sup>3</sup>	Background Concentrations (Baywide ranges) <sup>4,5</sup>	
Anexo	5.3							Total	Near Total
Arsenic	mg/kg	8.2	70	13.5	15.3	.	.	.	.
Cadmium	mg/kg	1.2	9.6	0.25	0.33	6.7	9.6	.	.
Chromium	mg/kg	81	370	91.4	112	270	.	110 - 170	70 - 120
Copper	mg/kg	34	270	31.7	68.1	1300	390	20 - 55	20 - 41
Mercury	mg/kg	0.15	0.71	0.25	0.43	2.1	0.59	.	0.05 - 0.05
Nickel	mg/kg	20.9	51.6	92.9	112	.	.	70 - 100	50 - 100
Lead	mg/kg	46.7	218	20.3	43.2	660	660	20 - 40	10 - 20
Selenium	mg/kg	.	.	0.59	0.64	.	.	.	.
Silver	mg/kg	1	3.7	0.31	0.58	5.9	0.56	0.1 - 0.1	0.1 - 0.1
Zinc	mg/kg	150	410	97.8	158	960	1600	60 - 70	50 - 100
Total HPAHs	µg/kg	1700	9600	256	3060	69000	17000	.	.
Fluoranthene	µg/kg	600	5100	78.7	514	30000	2500	.	.
Perylene	µg/kg	.	.	24	145	.	.	.	.
Pyrene	µg/kg	665	2600	64.6	665	18000	3300	.	.
Benzo(a)anthracene	µg/kg	261	1600	15.9	244	5100	1600	.	.
Chrysene	µg/kg	384	2800	19.4	289	9200	2800	.	.
Benzo(b)fluoranthene	µg/kg	.	.	32.1	371	.	.	.	.
Benzo(k)fluoranthene	µg/kg	.	.	29.2	258	.	.	.	.
Benzo(b,k)fluoranthene	µg/kg	.	.	.	.	7800	3600	.	.
Benzo(a)pyrene	µg/kg	430	1600	18.1	412	3000	1600	.	.
Benzo(e)pyrene	µg/kg	.	.	17.3	294	.	.	.	.
Dibenz(a,h)anthracene	µg/kg	63.4	260	3	32.7	540	230	.	.
Benzo(g,h,i)perylene	µg/kg	.	.	22.9	310	1400	720	.	.
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	µg/kg	.	.	19	382	1800	690	.	.
Total LPAHs	µg/kg	552	3160	37.9	434	24000	5200	.	.
1-Methylnaphthalene	µg/kg	.	.	6.8	12.1	.	.	.	.
1-Methylphenanthrene	µg/kg	.	.	4.5	31.7	.	.	.	.
2,3,5-Trimethylnaphthalene	µg/kg	.	.	3.3	9.8	.	.	.	.
2,6,-Dimethylnaphthalene	µg/kg	.	.	5	12.1	.	.	.	.
2-Methylnaphthalene	µg/kg	70	670	9.4	19.4	.	.	.	.
Naphthalene	µg/kg	160	2100	8.8	55.8	2400	2100	.	.
Acenaphthylene	µg/kg	44	640	2.2	31.7	1300	.	.	.
Acenaphthene	µg/kg	16	500	11.3	26.6	2000	500	.	.
Fluorene	µg/kg	19	540	4	25.3	3600	540	.	.
Phenanthrene	µg/kg	240	1500	17.8	237	6900	1500	.	.
Anthracene	µg/kg	85.3	1100	9.3	88	13000	960	.	.
Total PAHs	µg/kg	4022	44792	211	3390	.	.	36 - 931	.
p,p'-DDE	µg/kg	2.2	27	.	.	15	.	.	.
DDD	µg/kg	.	.	.	.	43	.	.	.
DDT	µg/kg	.	.	.	.	.	.	.	.
Total DDTs	µg/kg	1.58	46.1	2.8	7	.	.	.	.
Total Chlordanes	µg/kg	0.5	6	0.42	1.1	.	.	.	.
Dieldrin	µg/kg	0.02	8	0.18	0.44	.	.	.	.
Endrin	µg/kg	.	.	.	.	.	.	.	.
TOTAL PCBs (NIST 18)	µg/kg	.	.	5.9	14.8	3000	1100	.	.
Total PCBs	µg/kg	22.7	180	8.6	21.6	3000	1100	.	.

TABLE A.6. STANDARD CHEMICAL COMPOUND VALUES BASED ON DUTCH STANDARDS 2000

	Soil/Sediment (mg/kg dry weight)		Ground Water (µg/l)	
	Target Value Standard Soil	Intervention Value Standard Soil	Target Value	Intervention Value
<b>Metals</b>				
As	29	55	10	60
Sb	3	15	/	20
Ba	160	625	50	625
Cd	0.8	12	0.4	6
Cr	100	380	1	30
Co	9	240	20	100
Cu	36	190	15	75
Hg	0.3	10	0.05	0.3
Pb	85	530	15	75
Mo	3	200	5	300
Ni	35	210	15	75
Zn	140	720	65	800
<b>Inorganic Compounds</b>				
free cyanide	1	20	5	1,500
cyanide-complex (pH<5) <sup>1</sup>	5	650	10	1,500
cyanide-complex (pH>=5)	5	50	10	1,500
thiocyanate (sum)	1	20	/	1,500
<b>Aromatic Compounds</b>				
benzene	0.01	1	0.2	30
ethylbenzene	0.03	50	4	150
toluene	0.01	130	7	1,000
xylene (sum)	0.1	25	0.2	70
styrene (=vinylbenzene)	0.3	100	0.6	300
phenol	0.05	40	0.2	2,000
cresol (sum)	0.05	5	0.2	200
catechol (o-dihydroxybenzene)	0.05	20	0.2	1,250
resorcinol (m-dihydroxybenzene)	0.05	10	0.2	600
hydroquinone (p-dihydroxybenzene)	0.05	10	0.2	800
<b>Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)</b>				
naphthalene	/	/	0.01	70
anthracene	/	/	0.0007	5
phenantrene	/	/	0.003	5
fluoranthene	/	/	0.003	1
benzo(a)anthracene	/	/	0.0001	0.5
chrysene	/	/	0.003	0.2

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

En cumplimiento del Art. 43 de la Ley del Medio Ambiente, el Ministerio, en coordinación con las instituciones competentes, vigilará la calidad del recurso agua como medio receptor mediante un programa sistemático de monitoreo bajo los lineamientos técnicos que establezca con la participación del Consejo.

### **Aguas Residuales**

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

### **Determinación de parámetros**

**Anexo 6.** Archivo de fotografías de la consultoría

### Archivo Fotográfico



Sitio de muestreo A-01-GRAND



Sitio de muestreo A-01-GRAND Toma de muestra de agua superficial



Turbidez del agua en el sitio de muestreo A-02-TAMUL



Medición de caudal en sitio de muestreo A-01-TEPEC



Toma de muestra de agua en el sitio de muestreo A-01-TEPEC



Medición de Oxígeno Disuelto en el sitio de muestreo A-01-SUCIO



Toma de muestra de agua en el sitio de muestreo A-01-SUCIO



Medición de Oxígeno Disuelto en A-01-QUEZA



Especies encontradas Cangrejos en el río Quezalapa en sitio de muestreo A-01-QUEZA

**Anexo 7.** Presentación de Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador (diapositivas)

**Anexo 8.** Producto Uno Informe Inicial. Diagnóstico Nacional de la Calidad de Las Aguas Superficiales de El Salvador.

