

Análisis de la calidad del agua de los afluentes de la cuenca alta del río Lempa y residuos de plaguicidas en la producción hortícola.



Región Trifinio: 2010 - 2012





***Análisis de la calidad del agua
de los afluentes de la cuenca alta del Río Lempa y
residuos de plaguicidas en la producción hortícola.
Región Trifinio 2010-2012
2010-2012.***

**MANCOMUNIDAD TRINACIONAL FRONTERIZA RÍO LEMPA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE CUNORI, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, GUATEMALA.
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA-CATIE.**



**OCOTEPEQUE, HONDURAS,
OCTUBRE 2013**





Este documento ha sido preparado en el marco de la Política Pública Local Transfronteriza “Aguas Compartidas”, ejecutada por la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa y financiada por la Unión Europea, el Área Metropolitana de Barcelona, el Programa Regional en Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica PRESANCA II, de la Secretaría General del Sistema de Integración Centroamericana, SG-SICA y el Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

Supervisión y Edición:

Héctor Alonso Aguirre

Gerente General

Elaboración Técnica:

José Ramiro García Álvarez

Centro Universitario de Nororiente – CUNORI

Hector Enrique Hernández - MTFRL

José Gabriel Suchini – CATIE

Revisión Técnica:

Víctor Manuel Rodríguez – MTFRL

Danilo Padilla - CATIE

Diseño y diagramación:

Buenaventura Hernández – IDD

©Derechos Reservados

Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa

Municipio de Sinuapa, Ocotepeque, Honduras.

Carretera Internacional hacia Aduana Agua Caliente, costado norte de CENOC

Correo electrónico: mancomunidad_rio_lempa@hotmail.com

Página web: www.trinacionalriolempa.org

Sistema de Información Territorial Trinacional: www.sintet.net

Tels. (504) 2653-1262 y 2653-1285

Se permite la reproducción total o parcial de este documento, siempre y cuando se cite la fuente. No se permite la reproducción para fines comerciales.



Contenido

PRESENTACIÓN.....	5
I. INTRODUCCIÓN	6
II. ÁREA DE ESTUDIO	6
III. OBJETIVOS.....	8
IV. METODOLOGIA.....	8
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Resultados de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo.....	12
1. Potencial de Hidrógeno (pH).....	12
2. Conductibilidad Eléctrica del Agua	15
3. Temperatura del Agua	18
4. Oxígeno Disuelto (OD).....	21
5. Turbidez	26
6. Sólidos disueltos totales y sólidos Totales	30
7. Fosfatos	36
8. Nitratos NO ₃	39
9. Nitritos (NO ₂).....	42
10. Sulfatos (SO ₄).....	46
11. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅) y Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	49
12. Dureza.....	55
13. Coliformes Totales y Coliformes Fecales.....	58
14. Índice de Calidad del Agua General –ICA-	64
VI. CONCLUSIONES	82
VII. RECOMENDACIONES.....	82
Bibliografía	83
RESIDUOS DE PLAGUICIDAS DETECTADOS EN LA PRODUCCION HORTICOLA DE LA REGION TRIFINIO	84
I. INTRODUCCIÓN.....	84
II. OBJETIVO	84
III. METODOLOGÍA	84
IV. RESULTADOS	86
V. CONCLUSIONES	89
VI. RECOMENDACIONES	89

PRESENTACIÓN

La cuenca del río Lempa tiene extensión territorial de 17,926 kilómetros cuadrados, de los cuales un 55.1% corresponden a El Salvador, el 30.6% a Honduras y 14.3% a Guatemala. De ese territorio, 4,343 kilómetros cuadrados corresponden a la Cuenca Alta del Río Lempa, la cual esta ubicada en la Region Trifinio, amparada en un Tratado Trinacional firmado por las 3 Republicas.

El rio con una extension de 422 kilometros, nace entre las montañas volcánicas de las mesetas centrales del municipio de Olopa, Guatemala, a una elevación aproximada de 1200-1500 msnm, recorriendo 30,4 km de territorio guatemalteco; ingresando a Honduras, donde recorre parte del departamento de Ocotepeque por 31,4 km, cruza la frontera con El Salvador al noreste del departamento de Chalatenango y sigue su recorrido por 360,2 km, desembocando en la planicie costera del océano Pacífico, entre los departamentos de San Vicente y Usulután.

La Cuenca Alta del Río Lempa es una de las principales regiones productoras del vital recurso para El Salvador, dado que abastece en 2,160 millones de metros cubicos de agua al rio Lempa, la cual es utilizada para los diferentes usos: Consumo domestico, produccion agricola bajo riego, produccion de energia por medio de 4 hidroelectricas, uso industrial, entre otros. Es de resaltar que mas del 37% de la poblacion del Area Metropolitana de San Salvador (Aproximadamente 800 mil personas), la cual se localiza aguas abajo, consumen agua de este rio.

La Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa y las Unidades Municipales de Ambiente de sus municipios miembros, en alianza estrategica con el Centro Universitario de Nororiente, CUNORI, de la Universidad San Carlos de Guatemala; y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE; en el marco de la Política Pública Local Transfronteriza “Aguas Compartidas”, desarrolla desde el año 2010 un Programa de Monitoreo de la calidad del agua de los afluentes del rio como una acción estratégica orientada a dar seguimiento a los niveles de contaminación que impactan dicho recurso estrategico trinacional.

Este documento presenta los principales resultados obtenidos en el monitoreo de la calidad del agua de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y el rio Jupilingo, de las campañas realizadas en los años 2010, 2011, 2012 y de los residuos de agroquímicos detectados en frutos maduros de hortalizas producidas en la región en el año 2008.

Los monitoreos de la calidad del agua se realizaron en 20 puntos de la red hidrica, en los cuales se analizaron 17 parámetros entre físico-químicos y bacteriológicos de los ríos en mención. De igual manera, se analizaron muestras de frutos de las hortalizas mayormente producidas en la región, en busca de residuos de pesticidas utilizados para el control de plagas, entre ellos compuestos organoclorados, piretroides y carbamatos.

Con los resultados de estos estudios, los autoridades nacionales y locales y la población en general contarán con información de calidad, con el fin de tomar acciones en el sentido de prevenir y reducir los niveles de contaminación en los rios existentes en la zona, sobre todo disminuyendo el uso de agroquímicos altamente tóxicos en la producción agricola en la Región, lo que permitira promover la gobernanza trinacional y la gestion integral y compartida de un recurso vital como es el agua.

RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS PRINCIPALES AFLUENTES DE LA CUENCA ALTA DEL RIO LEMPA Y RÍO JUPILINGO, REALIZADOS DURANTE 2010 - 2011 Y 2012.

I. INTRODUCCIÓN

EL Trifinio es una región considerada estratégica por la riqueza de los recursos naturales con que cuenta, principalmente por la cantidad de agua que en ella se genera. Se distingue por existir en ella uno de los sistemas hídricos más importantes compuesto por las partes altas de la cuenca trinacional del río Lempa, la cuenca binacional del río Motagua y la nacional del río Ulúa.

El agua se encuentra en diversas formas en la naturaleza e influenciada según el ambiente que le rodea, la cual de manera natural o por intervención humana puede contaminarse alterando sus propiedades naturales, provocando daños según los fines a los que se destina; en la mayoría de los casos, la contaminación tiene origen humano al verter aguas residuales, industriales y desechos sólidos en los cuerpos superficiales de agua.

La parte alta de la cuenca del río Lempa es de interés para los gobiernos locales, en virtud de la necesidad urgente de realizar una buena gestión integral del recurso hídrico en la región. Por lo tanto es importante conocer las condiciones actuales de los afluentes de la cuenca para la gestión e implementación de acciones que conlleven a la conservación de la calidad y cantidad del vital líquido, como recurso natural para uso y consumo dentro de la región, reduciendo los indicios de contaminación de los mismos.

Con este estudio, la Mancomunidad Trinacional en coordinación con el CUNORI y el CATIE, han dado seguimiento a la evaluación sobre la calidad del agua superficial de la parte alta de la cuenca del río Lempa, realizada por la Comisión Trinacional del Plan Trifinio en el año 2008.

II. ÁREA DE ESTUDIO

La parte alta de la cuenca del río Lempa tiene una extensión aproximada de 4,343 kilómetros cuadrados donde se ubican 33 municipios de las Repúblicas de Guatemala, Honduras y El Salvador. Según la red hídrica, la parte alta de la cuenca tiene 7 sub cuencas, dentro de las que se distinguen 84 microcuencas de ríos de tercer y cuarto orden.

La parte alta de la cuenca del río Lempa tiene dos grandes áreas de drenaje: una que nace en las regiones de Olopa-Esquipulas, en Guatemala; corre por los municipios de Santa Fe, Concepción, Sinuapa, Dolores Merendón y Ocotepeque, en territorio hondureño; entra a El Salvador, entre los municipios de Citalá y San Ignacio, sigue por La Palma, Santa Rosa, Masahuat y Metapán; ésta es comúnmente conocida como “Río Lempa Alto”. La otra, nace en varios municipios del Departamento de Jalapa, cruza varios municipios de Jutiapa en territorio guatemalteco, hasta desembocar en el lago binacional Güija. Esta área es comúnmente conocida como “Angue-Ostúa-Güija. Ambos cauces confluyen en el río El Desagüe.

Para efectos de los monitoreos de la calidad del agua, se establecieron en ambas áreas de drenaje, un total de 18 puntos de muestreo (puntos de control) en la campaña 2010-2011, y en la campaña del 2012 se incrementaron 2 nuevos puntos, en trece cauces afluentes del Río Lempa y uno en el río Jupilingo, de la cuenca del Río Grande. La ubicación de los puntos de muestreo se realizó con la participación de técnicos de la Mancomunidad Fronteriza Trinacional Río Lempa,

de las unidades ambientales de las municipalidades que integran la mancomunidad, del proyecto CATIE Innovaciones y del Centro Universitario de Oriente – CUNORI -.

Sobre el cauce de los ríos Atulapa, Cusmapa y Ostua se ubicaron dos puntos de muestreo en cada uno, considerando las fuentes de contaminación que afecta a los mismos y la importancia para los gobiernos locales y para a región del Trifinio. En el monitoreo 2012, se establecieron dos nuevos puntos de muestreo sobre el río Quilio. De los puntos de muestreo establecidos en el Cuenca Alta del río Lempa y río Jupilingo, cinco corresponden a puntos muestreados por el proyecto Promoción de la Administración del Agua como Bien Público Regional en la parte alta de la cuenca del río Lempa y uno corresponde al Proyecto CATIE-Innovaciones (Punto de monitoreo ubicado en el río Jupilingo).

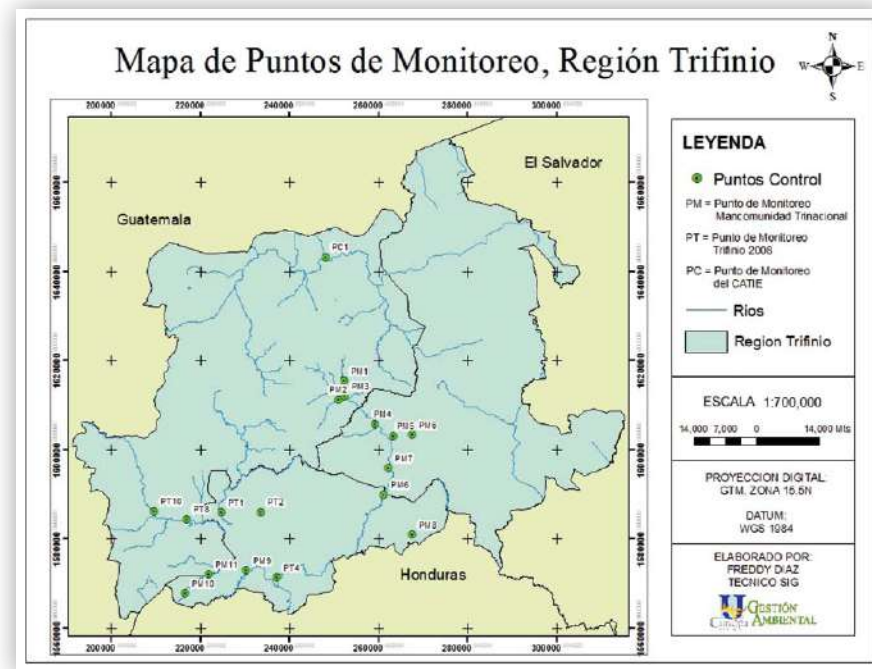
La ubicación de los puntos de muestreo o puntos de control en la parte alta de la cuenca del río Lempa y en el río Jupilingo se muestran en el cuadro 1 y el mapa de la figura 1.

Cuadro 1. Ubicación de los puntos de muestreo en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo.

No.	Código de Identificación	Río	Localización		Punto de Monitoreo	Coordenadas UTM WGS 84	
			Aldea/Municipio/Depart.	País		X	Y
1	PM1	Río Olopita	Aldea Olopita, Esquipulas	Guatemala	Puente Antiguo de Olopita	629468	1614819
2	PM2	Río Atulapa	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Punte Atulapa	628302	1610644
3	PM3	Río Atulapa	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	629770	1611349
4	PM4	Río Frío	Comunidad Santa Fé, Ocotepeque	Honduras	Punte Frío	636544	1605196
5	PM5	Río Quilio	Comunidad de Quilio	Honduras	Puente de Hamaca, comunidad Quilio	640792	1602581
6	PM13	Río Quilio	Las Toreras, Dolores Merendon	Honduras	Las Toreras, Dolores Merendón	648001	1609414
7	PM14	Río Quilio	Dolores Merendon	Honduras	Dolores Merendón	646985	1607023
8	PM6	Río Tulas	La Laborcita	Honduras	Puente que conduce a Dolores Merendón	645002	1602941
9	PM7	Río Pomola	Aldea de la Comunidad, Ocotepeque	Honduras	Puente de Hamaca	639732	1595404
10	PM8	Río Lempa	Citalá	El Salvador	Puente Citalá	638872	1589438
11	PM9	Río Nunuapa	Comunidad de Nunuapa	El Salvador	Puente Nunuapa	645357	1580552
12	PT1	Río Angue	Caserio Ostua, Cantón San Jerónimo, Metapan	El Salvador	Puente del Ferrocarril	602366	1584893
13	PT2	Río San José	El Trapichito, Canton Tecomapa, Metapan	El Salvador	Puente Trapichito	611404	1585151
14	PT4	Río Lempa	Masahuat, Santa Ana	El Salvador	Puente Masahuat	615098	1570532
15	PM10	Río Guajoyo	Hacienda San Francisco, Metapan	El Salvador	Puente San Francisco	608223	1572054
16	PM11	Río Cusmapa	Canton Santa Cruz	El Salvador	Puente Santa Cruz	594598	1566660
17	PM12	Río Cusmapa	Trapiche Los callejones, Canton el Angel, San Antonio Pajonal	El Salvador	Trapiche Los Callejones	599822	1570969
18	PT8	Río Ostúa	Las Cruces, Asunción Mita, Jutiapa	Guatemala	Estación del INSIVUHME	594625	1583257
19	PT10	Río Ostúa	El Tule Asunción Mita, Jutiapa	Guatemala	Puente El Tule	587271	1584969
20	PC1	Río Jupilingo	Camotán, Chiquimula	Guatemala	Puente Jupilingo	624938	1642517

PM = Punto de Monitoreo Mancomunidad Trinacional
PT = Punto de Monitoreo Trifinio 2008
PC = Punto de Monitoreo del CATIE
Nota: El río Jupilingo no forma parte de la cuenca del río Lempa, es parte de la cuenca del río Grande.

FIGURA 1. Mapa de la Región del Trifinio, donde se muestra la ubicación de los puntos de muestreo o puntos de control establecidos para el monitoreo de la calidad del agua.



III. OBJETIVOS

Dar continuidad al monitoreo de la calidad física, química y bacteriológica del agua de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo en la Región del Trifinio.

IV. METODOLOGIA

Se realizaron muestreos periódicos durante el lapso de dos años. En el presente informe se incluyen los resultados de cinco muestreos realizados 2010-2011, en 2010, febrero, mayo, agosto y diciembre 2011, los que constituyen el primer monitoreo realizado. Así como los resultados de muestreos realizados durante el 2012, en los meses de Abril, Septiembre y Diciembre del mismo año.

La calidad del agua de los ríos se determina comúnmente mediante análisis físicos, químicos, y bacteriológicos de las muestras de agua que se recolectan, las cuales deben representar la masa total de agua de un río. Para lo que deben de tomarse algunos lineamientos:

- Ubicación de puntos de muestreo y datos de campo
- Puntos de recolección
- Recipientes a utilizar para el muestreo
 - Procedimiento para medición de parámetros en campo.
 - Procedimiento para la toma de muestras para análisis físico-químico y bacteriológico.
 - Conservación de la muestra.

Los puntos de muestreo cumplieron los siguientes criterios:

- Identificación: El punto de muestreo fue debidamente identificado y reconocido claramente, de manera que permitiera su ubicación exacta en muestreos anteriores y futuros. Se georeferenciaron utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- Accesibilidad: permitieron un rápido y seguro acceso al lugar establecido para tomar la muestra.
- Representatividad: se eligieron puntos en donde el río estuviera lo más regular posible, evitando zonas de embalse o turbulencia no características del cuerpo de agua. Se seleccionaron tramos donde el agua estaba bien mezclada, evitando así tomarlas en aguas superficiales, rebosaderos de los embalses, confluencias de ríos poco importantes ya que solo tienen efectos muy localizados en la química del agua de del tramo y se evaluaría incorrectamente el estado del río y las características del agua en el área de estudio.

a. Puntos de recolección

En los ríos y cursos de agua se recolectaron las muestras de agua cerca de la orilla. El frasco se sostuvo para llenarlo en dirección contraria a la corriente. La recolección de cada muestra dura 3 minutos como máximo. La muestra fue acompañada de la ficha de muestreo, conteniendo la información pertinente.

b. Registros de los datos de campo

Al momento del muestreo se recabó la siguiente información:

- Nombre de la fuente
- Hora y fecha de muestreo
- Localización exacta
- Coordenadas de ubicación del punto de muestreo
- Datos personales de quien realizó la toma de muestra
- Condiciones climáticas

c. Recipientes a utilizar para el muestreo

Los recipientes que se utilizaron en el muestreo para el análisis físico-químico fueron de plástico con capacidad para contener un 1 litro de agua y para el análisis microbiológico, se usó un recipiente de 125 ml con envases nuevos y limpios.

d. Procedimiento para medición de parámetros en campo.

Los parámetros a medir en campo fueron:

- Temperatura del Agua
- Temperatura del Aire
- pH
- Conductividad eléctrica
- Oxígeno Disuelto

La temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto en el agua del río se midieron directamente en el río, utilizando sondas robustas de campo, las que se introdujeron en la parte media del río a mitad de la profundidad de la corriente de agua, en lugares donde no había demasiada turbulencia. Lo anterior se realizó para todos los puntos de muestreo. Los resultados de cada medición se anotaron en la ficha de muestreo correspondiente.

e. Procedimiento para la toma de muestra para análisis físico-químico y bacteriológico

Para tomar la muestra se consideraron los siguientes criterios:

- Evitar áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.

- Toma de muestras en el centro de la corriente a una profundidad de acuerdo al parámetro a determinar.
- Toma de la muestra en dirección opuesta al flujo del río.

El procedimiento:

- En cada sitio de muestreo antes de hacer la toma se rotularon los recipientes con la información específica del sitio, en algunos puntos se tomaron de 2 a 3 muestras para un mismo parámetro.
- En corrientes de 3 metros de ancho, se efectuó un muestreo simple, en corrientes más anchas se realizaron muestreos integrados, tomando muestras a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ del ancho de la corriente.
- Las muestras se tomaron a un tercio de la profundidad del río, medida desde la superficie del agua.
- Para evitar la formación de cámaras de aire y burbujas en la muestra, los recipientes se llenaron completamente hasta la parte superior y se taparon inmediatamente.
- Para recolectar la muestra para el análisis bacteriológico se sumergió el recipiente de la muestra hasta una profundidad de aproximadamente una pulgada con el extremo abierto frente a la corriente.

f. Conservación de la muestra

Una vez tomada la muestra de agua, se procedió a adicionarle el preservante requerido de acuerdo al parámetro que se desea medir. Las muestras recolectadas se depositaron en una hielera a una temperatura de 4 °C y fueron llevadas al laboratorio en el menor tiempo posible, no más de las 24 horas posteriores a la toma de la muestra.

Con una correcta técnica de conservación y transporte de las muestras al laboratorio se consigue retrasar los cambios químicos y biológicos que se producen inmediatamente después de la recolección.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad del agua es un término utilizado para describir las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua. Determinar la calidad del agua depende del uso para el cual se destinará, porque la calidad del agua requerida para consumo humano no es la misma que para riego u otros usos.

El agua superficial puede contaminarse fácilmente, las sustancias que podrían provocar dicha contaminación pueden clasificarse de diferentes formas:

Microorganismos patógenos: Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. Un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya cero colonias de coliformes por 100 ml. de agua, (OMS 1988).

Desechos orgánicos: son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentra en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. los índice que permiten adecuadamente medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de oxígeno), (OMS 1988).

Sustancias químicas inorgánicas: en este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua, (OMS 1988).

Nutrientes vegetales inorgánicos: nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable, (OMS 1988).

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

Sedimentos y materiales suspendidos: muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos, (OMS 1988).

Sustancias radiactivas: isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua, (OMS 1988).

Contaminación térmica: el agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos biológicos

Parámetros de Calidad del Agua para Guatemala, Honduras y El Salvador

Los parámetros de calidad del agua para los tres países se presentan en el cuadro 2: de acuerdo a la norma COGUANOR NGO 29.001.98 para Guatemala; Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable para Honduras y Norma Salvadoreña para Agua Potable NSO 13.07.01:08

Cuadro 2. Parámetros de Calidad del Agua para Guatemala, Honduras y El Salvador.

Parametros	GUATEMALA		HONDURAS		EL SALVADOR	
	LMA	LMP	LMA	LMP	LMA	LMP
Físico- Químicos						
Color	5.0 u	35.0 u	1 mg/l	15 mg/l		15
Conductividad		< 1,500 us/cm	400 us/cm			
Dureza Total	100 mg/l	500 mg/l	400 mg/l			500 mg/l
pH	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5				8,5
Sólidos Disueltos Totales	500 mg/l	1000 mg/l		1000 mg/l		1000 mg/l
Temperatura	15- 25 °C	34 °C				No Rechazable
Turbidez	5.0 NTU	15.0 NTU	1 NTU	5 NTU		5 NTU
Aniones Mayores						
Cloruros (Cl)	100 mg/l	250 mg/l	25 mg/l	250 mg/l		
Sulfatos (SO4)	100 mg/l	250 mg/l	25 m/l	250 mg/l		400 mg/l
Nutrientes						
Nitratos (NO3)		10 mg/l	25 mg/l	50 mg/l		45 mg/l
Nitritos (NO2)		1 mg/l		1 mg/l		1 mg/l
Características Bacteriológicas						
Coliformes Totales		< 3 NMP/100 ml		0 NMP/100 ml		< 1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales		< 3 NMP/100 ml		0 NMP/100 ml		< 1.1 NMP/100 ml

Fuente: Norma COGUANOR Guatemala; Norma técnica de calidad de agua, Hondura; Norma Salvadoreña para agua potable, El Salvador.

Resultados de los parámetros físico-químico y bacteriológicos del agua de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo.

En el monitoreo de la calidad del agua de los principales ríos de la parte alta de la cuenca del río Lempa, se determinaron los siguientes parámetros: pH, temperatura del agua, conductividad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, turbidez, sólidos totales, sólidos disueltos totales, fosfatos, nitratos, nitritos, sulfatos, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO₅), dureza, coliformes totales, coliformes fecales. Los parámetros pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno; fueron medidos en el campo (punto de monitoreo). El resto de parámetros se analizaron en el laboratorio ambiental de la Carrera de Gestión Ambiental del Centro Universitario de Oriente –CUNORI-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1. Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH es un parámetro muy importante de analizar, porque muchos procesos químicos solo pueden llevarse a cabo en un pH determinado; por ejemplo los efectos tóxicos de sustancias como el hierro, aluminio, mercurio y la mayoría de los metales pesados están disponibles en aguas con pH ácidos.

1.1 Monitoreo 2010-2011

En el monitoreo 2010-2011 el promedio de los cinco muestreos realizados del potencial de hidrogeno (pH) en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa, variaron entre 7.39 y 8.74 unidades, mostrando el valor más bajo el río San José, ubicado en el municipio de Metapán, El Salvador, y el valor más alto el río Lempa, en Citalá, El Salvador. La sustancia responsable de pH alcalino en el agua superficial y especialmente en los ríos es el carbonato de calcio.

Es importante indicar que el agua del resto de los ríos monitoreados presenta un pH de ligeramente alcalino a alcalino el cual está dentro del límite máximo permisible (LMP) (6.5 a 8.5) establecidos en las normas de los tres países. Sin embargo únicamente el río Atulapa en el primer punto de monitoreo que presentó un pH 75 cercano el límite máximo aceptable (LMA).

La alcalinidad del agua en ríos de la región trífino se debe principalmente al origen de los suelos, la escasa precipitación pluvial que no permite el lixiviado de bases en los mismos y las altas temperaturas que favorecen la acumulación de sales en el suelo y el agua.

El cuadro 3 presenta los valores del potencial de hidrógeno (pH) de los cinco muestreos de los principales afluentes bajo estudio. En la gráfica 1, se presenta una comparación del pH de los 18 puntos de muestreo, en diferentes épocas de año.

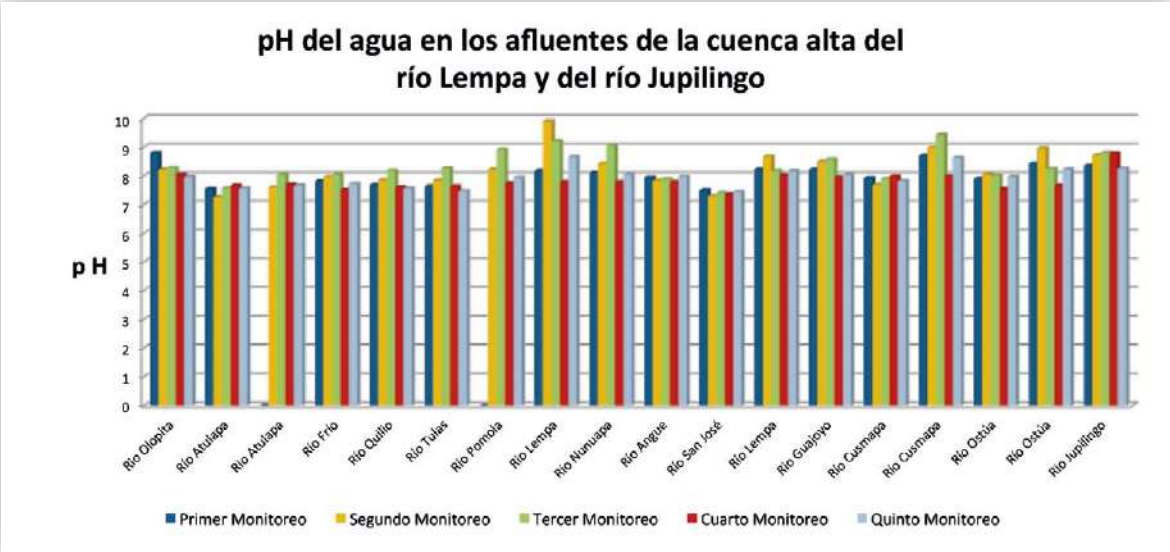


Cuadro 3. Resultados del potencial de hidrógeno (pH), en los afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, monitoreo 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	pH en Unidades					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Rio Olopita	Puente Antiguo de Olopita	8,79	8,21	8,28	8,04	7,96	8,26
2	Rio Atulapa	Punte Atulapa	7,55	7,26	7,57	7,66	7,56	7,52
3	Rio Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	7,59	8,05	7,7	7,66	7,75
4	Rio Frio	Punte Frio	7,81	7,95	8,05	7,51	7,72	7,81
5	Rio Quilio	Puente de Hamaca	7,69	7,85	8,18	7,61	7,56	7,78
6	Rio Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	7,63	7,84	8,26	7,63	7,47	7,77
7	Rio Pomola	Puente de Hamaca	ND	8,21	8,9	7,75	7,93	8,20
8	Rio Lempa	Puente Citalá	8,17	9,9	9,21	7,79	8,65	8,74
9	Rio Nunuapa	Puente Nunuapa	8,11	8,42	9,05	7,78	8,03	8,28
10	Rio Angue	Puente del Ferrocarril	7,94	7,83	7,89	7,78	7,97	7,88
11	Rio San José	Puente Trapichito	7,49	7,3	7,39	7,36	7,43	7,39
12	Rio Lempa	Puente Masahuat	8,22	8,66	8,17	8,02	8,16	8,25
13	Rio Guajoyo	Puente San Francisco	8,21	8,49	8,58	7,95	8,03	8,25
14	Rio Cusmapa	Puente Santa Cruz	7,92	7,68	7,89	7,98	7,82	7,86
15	Rio Cusmapa	Trapiche Los Callejones	8,7	8,98	9,42	7,98	8,63	8,74
16	Rio Ostúa	Estación del INSIVUHME	7,9	8,05	8,01	7,54	7,96	7,89
17	Rio Ostúa	Puente El Tule	8,43	8,96	8,24	7,66	8,21	8,30
18	Rio Jupilingo	Puente Jupilingo	8,35	8,71	8,79	8,78	8,25	8,58
			LMA		LMP			
Guatemala			7.0 - 7.5		6.5 - 8.5			
El Salvador			6		8,5			
Honduras			--		--			

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Grafica 1. Potencial de hidrógeno (pH) del Agua de los principales afluentes en la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo, monitoreo 2010-2011



1.2. Monitoreo 2012

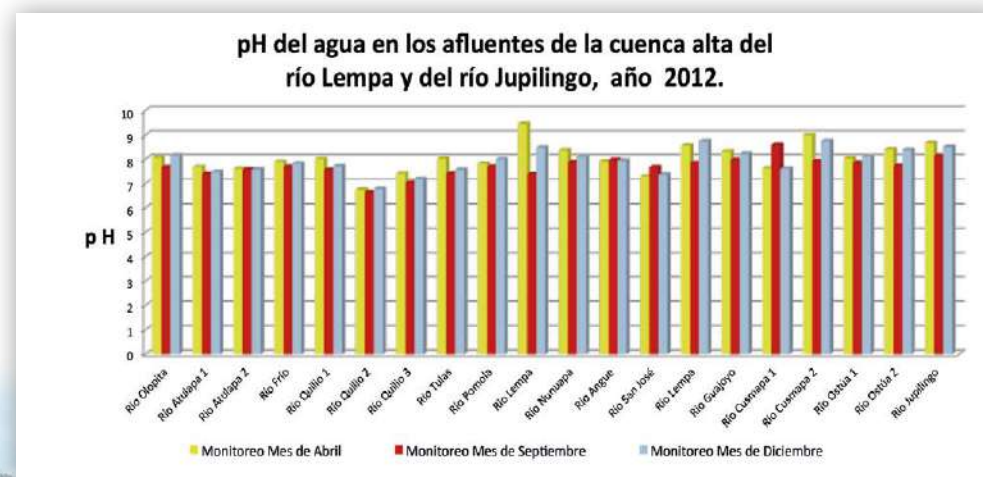
De acuerdo a los resultados, los valores de pH obtenidos en los tres muestreos realizados durante el 2012, están dentro del límite máximo permisible en la totalidad de puntos muestreados, de acuerdo a la normativa de los tres países. Este valor corresponde a 8.5

El cuadro 4, presenta los valores del potencial de hidrógeno (pH) de los tres muestreos de los principales afluentes bajo estudio. En la gráfica 2, se presenta una comparación del pH de cada uno de los puntos de muestreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar el comportamiento del mismo en diferentes épocas de año.

Cuadro 4. Resultados del potencial de hidrógeno (pH), en los afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	pH en Unidades			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	8,06	7,67	8,15	7,96
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	7,67	7,39	7,47	7,51
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	7,6	7,58	7,58	7,59
4	Río Frío	Punte Frío	7,89	7,68	7,82	7,80
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	8	7,57	7,71	7,76
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	6,74	6,64	6,78	6,72
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	7,4	7,03	7,18	7,20
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	8,02	7,4	7,56	7,66
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	7,81	7,69	7,99	7,83
10	Río Lempa	Puente Citalá	9,45	7,38	8,47	8,43
11	Río Nunupa	Puente Nunupa	8,36	7,87	8,1	8,11
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	7,91	7,96	7,94	7,94
13	Río San José	Puente Trapichito	7,28	7,67	7,36	7,44
14	Río Lempa	Puente Masahuat	8,55	7,83	8,74	8,37
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	8,31	7,97	8,21	8,16
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	7,62	8,59	7,61	7,94
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	8,99	7,92	8,74	8,55
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	8,03	7,84	8,11	7,99
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	8,39	7,73	8,38	8,17
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	8,66	8,14	8,5	8,43
Guatemala El Salvador Honduras			LMA		LMP	
			7.0 - 7.5		6.5 - 8.5	
			6		8,5	
LMA	Limite Máximo Aceptable					
LMP	Limite Máximo Permisible					
ND=	No Determinado					

Grafica 2. Potencial de hidrógeno (pH) del Agua de los principales afluentes en la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo, monitoreo 2012



2. Conductibilidad Eléctrica del Agua

La conductividad eléctrica es la capacidad que tiene el agua para conducir corriente eléctrica. El agua pura no conduce la electricidad, sin embargo el agua con sales disueltas si conduce la energía eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente y cuando mayor es la concentración de iones mayor es la conductividad. La conductividad eléctrica es un indicador que permite conocer la concentración de sólidos disueltos en el agua porque existe una relación directa entre la conductividad y la presencia de sólidos disueltos; la conductividad eléctrica se expresa en micro siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

2.1. Monitoreo 2010-2011

La conductividad eléctrica promedio de los 18 puntos objeto de monitoreo varió de 35.39 a 435.54 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El río Tulas presentó el menor promedio de conductividad y el valor promedio del río San José fue el más alto. El aumento de la concentración de sólidos disueltos en el agua se debe a que se vierten aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento por parte de la ciudad de Metapán, El Salvador. La conductividad eléctrica de todos los demás ríos es inferior al límite máximo aceptable (LMA) establecidos en la normativa de Guatemala, El Salvador y Honduras.

Es importante indicar que la conductividad eléctrica del agua de los 14 afluentes se incrementa en la época lluviosa debido a la mayor presencia de partículas sólidas, producto del aumento de la escorrentía. La conductividad eléctrica está directamente asociada al contenido de sales presentes en el agua, por lo tanto la mayoría de ríos objeto de monitoreo presenta baja conductividad lo cual es común en el agua superficial natural de los ríos de la región, la cual es alterada al descargar sobre los afluentes agua residuales sin ningún tipo de tratamiento.

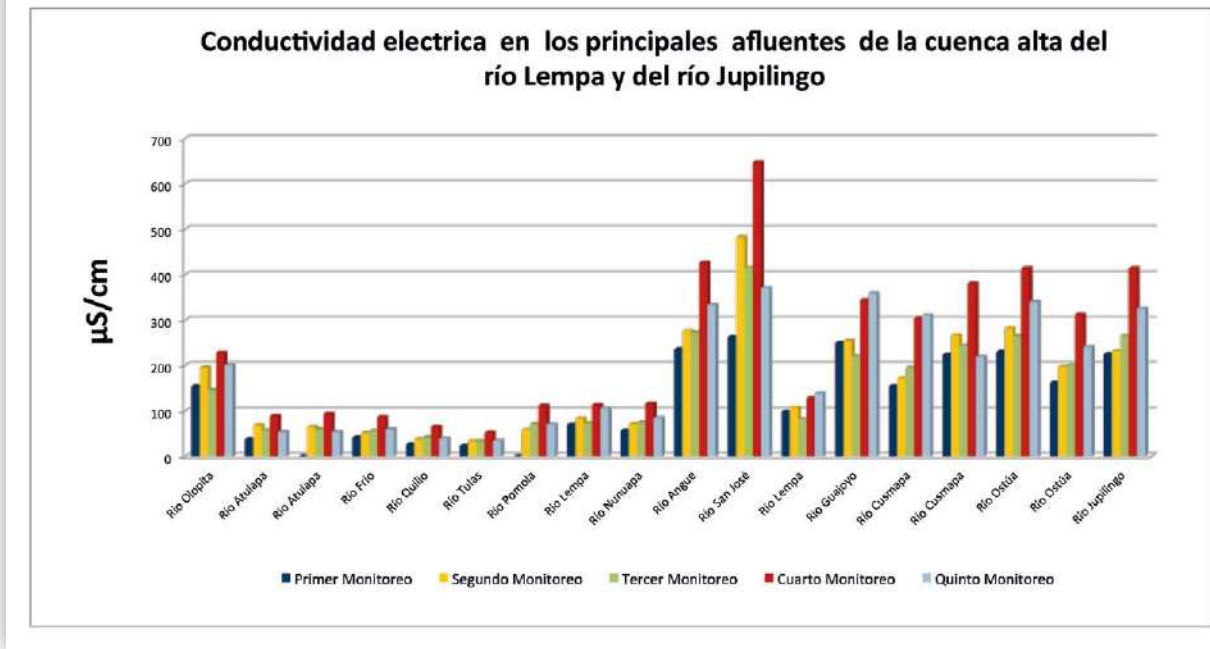
En el cuadro 5, se presentan los valores de la conductividad eléctrica correspondiente a cinco muestreos realizados en los principales afluentes bajo estudio durante la monitoreo 2010-2011; y en la gráfica 3, se presenta una comparación de la conductividad eléctrica entre los cinco muestreos.

Cuadro 5. Resultados de la conductividad eléctrica en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011

No.	Río	Punto de Monitoreo	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	154,3	194,8	146,06	228,22	200,57	184,79
2	Río Atulapa	Punte Atulapa	37,8	68,6	57,03	89,11	53,43	61,19
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	64,5	59,76	93,38	53,7	67,83
4	Río Frio	Punte Frio	41,45	50,9	55,5	86,72	59,1	58,73
5	Río Quilio	Puente de Hamaca	26,5	37,85	41,6	65,00	38,9	41,97
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	23,6	33,45	33,33	52,08	34,5	35,39
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	58,1	71,4	111,56	70,57	77,91
8	Río Lempa	Puente Citalá	69,9	83,6	72,66	113,53	106,03	89,14
9	Río Nunupa	Puente Nunupa	56,6	71,35	74,2	115,94	84,27	80,47
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	236	276	272,66	426,03	333	308,74
11	Río San José	Puente Trapichito	263	482,5	414,33	647,39	370,5	435,54
12	Río Lempa	Puente Masahuat	98,7	107,4	81,83	127,86	137,9	110,74
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	250	254	220	343,75	359	285,35
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	154,4	172,05	194,3	303,59	310,5	226,97
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	223,5	266,5	243,66	380,72	219,2	266,72
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	230	282	265	414,06	339,5	306,11
17	Río Ostúa	Puente El Tule	162	197,1	199,9	312,34	240,5	222,37
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	225	231,5	265	414,06	325	292,11
LMA			LMP					
Guatemala			--					1500
El Salvador			400					--
Honduras			--					500

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 3. Conductividad eléctrica del agua de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.



2.2. Monitoreo 2012.

De acuerdo a los resultados, los valores de la conductividad eléctrica en los tres muestreos realizados en todos los puntos de muestreo, están dentro del límite máximo permisible de acuerdo a las normativas de los 3 países, con excepción del río San José ubicado en el municipio de Metapán, El Salvador, el cual en el muestreo de abril mostró que la conductividad eléctrica es superior al límite máximo permisible de acuerdo a la normativa del El Salvador.

En el cuadro 6 se presentan los valores de la conductividad eléctrica de cada uno de los puntos de muestreo en los diferentes ríos, durante los tres monitoreos realizados durante el año 2012



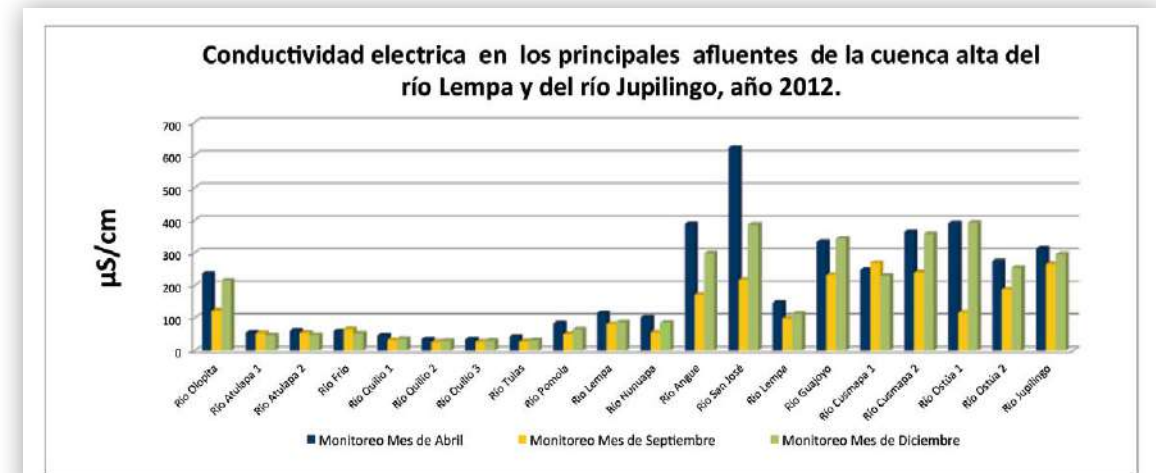
Cuadro 6. Resultados de la conductividad eléctrica en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$			Promedio
			Año 2012			
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	236	122,43	214,70	191,04
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	55,26	53,9	47,20	52,12
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	60,83	54,5	48,10	54,48
4	Río Frio	Punte Frio	59,83	65,58	53,10	59,50
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	47	33	36,30	38,77
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	35,1	26,8	30,10	30,67
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	34,8	27,53	30,50	30,94
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	42,07	28,3	31,80	34,06
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	83,63	50,7	65,30	66,54
10	Río Lempa	Puente Citalá	114,86	82,2	87,30	94,79
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	102,36	55,9	85,90	81,39
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	388	171,57	298,00	285,86
13	Río San José	Puente Trapichito	621,66	216,8	386,00	408,15
14	Río Lempa	Puente Masahuat	146,43	98,73	113,40	119,52
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	333	232	343,00	302,67
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	247,66	269	229,00	248,55
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	363,66	240	357,00	320,22
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	390,66	116,8	391,00	299,49
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	274	188,03	254,00	238,68
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	313	265,66	295,00	291,22
Guatemala			LMA			LMP
El Salvador			--			1500
Honduras			400			--
			--			500

LMA Limite Máximo Aceptable
LMP Limite Máximo Permisible
ND= No Determinado

De forma gráfica se presenta una comparación de la conductividad eléctrica de cada punto de muestreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar el comportamiento de la misma en diferentes épocas durante el año.

Gráfica 4. Conductividad eléctrica del agua de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, 2012



3. Temperatura del Agua

La temperatura del agua es importante conocerla porque influye de forma directa en los factores que determinan la calidad del agua tales como el oxígeno disuelto, la demanda biológica de oxígeno y la supervivencia de algunas especies importantes para los ecosistemas acuáticos. La temperatura del agua puede afectar directamente los índices de reproducción de algunas especies acuáticas; las cuales pueden dejar de reproducirse en aguas calientes; y las bacterias y otros organismos que causan enfermedades crecen con más rapidez en agua caliente.

3.1. Monitoreo 2011-2012

Los resultados de temperatura promedio del agua en los 14 afluentes bajo estudio variaron entre los 18.71 a 29.29 °C, y en ninguno de los muestreos ésta supera el límite máximo permisible (LMP) de 34 °C. Es importante indicar que la temperatura del agua superficial está influenciada por la hora en que se realiza la lectura en el campo, sin embargo las lecturas tomadas en las horas más cálidas del día no superan el límite máximo permisible.

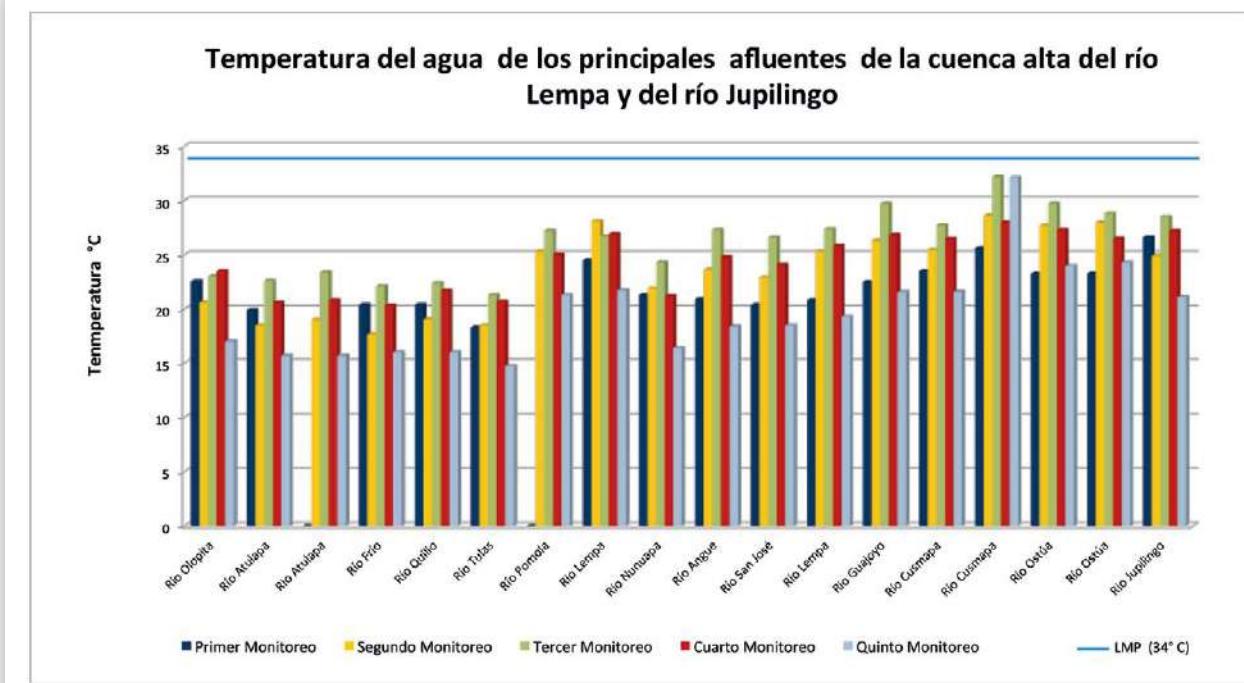
En el cuadro 7, se presentan los valores de temperatura obtenidos en los cinco muestreos realizados en la parte alta de la cuenca del río Lempa en la región del trinio y del río Jupilingo. En la gráfica 5, se presenta una comparación de la temperatura del agua en los 14 ríos bajo estudio.

Cuadro 7. Resultados de la temperatura del agua en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Temperatura del Agua °C					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	22,56	20,6	23	23,5	17,03	21,34
2	Río Atulapa	Punte Atulapa	19,9	18,5	22,6	20,6	15,7	19,46
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	19	23,4	20,8	15,7	19,73
4	Río Frio	Punte Frio	20,4	17,7	22,1	20,35	16	19,31
5	Río Quilio	Puente de Hamaca	20,4	19,05	22,4	21,7	16	19,91
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	18,3	18,5	21,3	20,7	14,73	18,71
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	25,3	27,2	25,03	21,3	24,71
8	Río Lempa	Puente Citlá	24,5	28,1	26,7	26,9	21,73	25,59
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	21,3	21,9	24,3	21,2	16,4	21,02
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	20,9	23,6	27,3	24,8	18,4	23,00
11	Río San José	Puente Trapichito	20,4	22,9	26,6	24,1	18,5	22,50
12	Río Lempa	Puente Masahuat	20,8	25,3	27,36	25,8	19,3	23,71
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	22,5	26,3	29,7	26,8	21,57	25,37
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	23,5	25,45	27,7	26,47	21,6	24,94
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	25,6	28,6	32,16	28	32,1	29,29
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	23,25	27,7	29,7	27,3	23,97	26,38
17	Río Ostúa	Puente El Tule	23,25	27,95	28,8	26,5	24,3	26,16
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	26,6	24,9	28,5	27,2	21,1	25,66
Guatemala			LMA			LMP		
El Salvador			15 - 25			34		
Honduras			---			---		

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 5. Temperatura del agua de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011



3.2. Monitoreo 2012

De acuerdo a los resultados, los valores de la temperatura del agua en los tres muestreos realizados están dentro del límite máximo permisible de acuerdo a la normativa de Guatemala, Honduras y El Salvador.

En el cuadro 8 se presentan los valores de la temperatura del agua para cada punto de muestreo en los diferentes ríos, en cada uno de los tres muestreos realizados durante el año 2012. De forma gráfica se presenta una comparación de la temperatura de cada punto de monitoreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar el comportamiento de la misma en diferentes épocas durante el año.

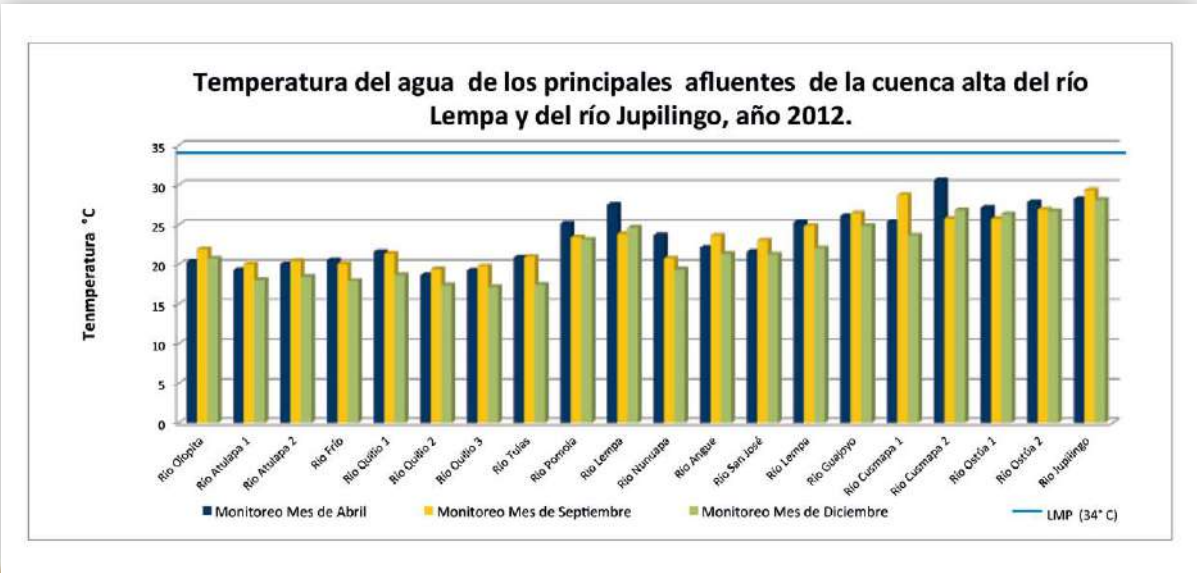


Cuadro 8. Resultados de la temperatura del agua en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Temperatura del Agua °C			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	20,3	21,9	20,7	20,97
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	19,23	20	18	19,08
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	20	20,43	18,4	19,61
4	Río Frío	Punte Frío	20,5	20,06	17,9	19,49
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	21,5	21,3	18,6	20,47
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	18,6	19,33	17,3	18,41
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	19,2	19,73	17,1	18,68
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	20,83	20,9	17,4	19,71
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	25,1	23,4	23,1	23,87
10	Río Lempa	Puente Citalá	27,47	23,8	24,6	25,29
11	Río Nunupa	Puente Nunupa	23,63	20,7	19,3	21,21
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	22,1	23,6	21,3	22,33
13	Río San José	Puente Trapichito	21,57	23	21,2	21,92
14	Río Lempa	Puente Masahuat	25,3	24,83	22	24,04
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	26,06	26,4	24,8	25,75
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	25,36	28,73	23,6	25,90
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	30,56	25,73	26,8	27,70
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	27,1	25,7	26,3	26,37
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	27,8	26,9	26,7	27,13
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	28,2	29,33	28,1	28,54
Guatemala			LMA 15 - 25			LMP 34
El Salvador			--			--
Honduras			--			--

LMA Limite Máximo Aceptable
LMP Limite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 6. Temperatura del agua de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, 2012.



4. Oxígeno Disuelto (OD)

Es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua, y es esencial para un río saludable. El oxígeno disuelto es un indicador del nivel de contaminación del agua y qué tanto el agua puede dar soporte a la vida vegetal y animal. Generalmente, los niveles altos indican agua de mejor calidad; ya que en agua con bajos niveles de OD, algunas especies de peces y otros organismos no pueden sobrevivir; la mayor parte del OD proviene del oxígeno del aire que se ha disuelto en el agua producto de la turbulencia de la corriente que atrapa el oxígeno. La tempera influye en la concentración de oxígeno disuelto, el agua fría puede contener más oxígeno que el agua cálida. Los niveles de oxígeno disuelto en el agua pueden expresarse en miligramos por litro (m/l) y en porcentaje de saturación (% Sat.) dependiendo del interés del estudio.

4.1 Monitoreo 2010-2011

De acuerdo a los resultados los niveles promedio de oxígeno disuelto (mg/l) en los 14 ríos objeto de monitoreo varía de 2.22 a 10.98 mg/l; el río San José presenta el nivel promedio más bajo principalmente en la época seca, debido a la disminución del caudal en el río y el aumento de la concentración de la contaminación debido a agua residuales. El nivel más alto de oxígeno disuelto se presenta en el agua del río Cusmapa, en el punto de monitoreo 2 (Trapiche-Los Callejones), lo cual se debe a condiciones naturales del río que tiene un alto contenido de oxígeno disuelto.

Del total de ríos objeto de monitoreo, siete presentan niveles promedio de concentración de oxígeno disuelto por debajo del límite recomendable para ecosistemas acuáticos (8 mg/l), sin embargo el río San José, en Metapan, El Salvador, presenta niveles promedio de oxígeno disuelto que se ubican bajo el límite mínimo de oxígeno que debe tener un río para soportar la vida acuática (5 mg/l OMS y OPS) (gráfica 7).

El nivel de oxígeno disuelto en porcentaje de saturación (% SAT) en los ríos bajo estudio, varía de 26.29 a 130.09 % SAT, el nivel más bajo lo presenta el río San José y el más alto el río Cusmapa, en El Salvador, (gráfica 8). Únicamente el río San José presente una concentración promedio de oxígeno disuelto que se ubica debajo del 80% SAT que corresponde al límite recomendable para ecosistemas acuáticos. La disminución de la concentración de oxígeno disuelto en los ríos objeto de estudio se debe principalmente a la contaminación por aguas residuales provenientes de los centros poblados y aguas mieles del beneficiado de café en el área de la cuenca que provocan un incremento de materia orgánica en el agua.



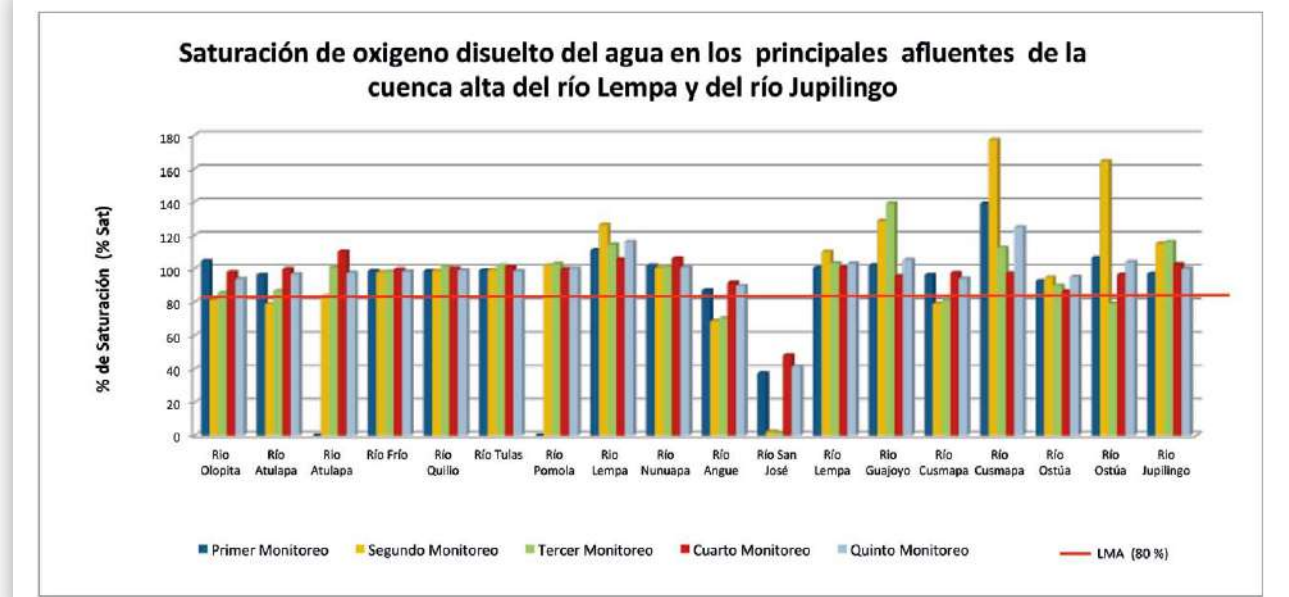
En el cuadro 9 y 10, se presentan los valores de la concentración de oxígeno disuelto en mg/l y % SAT respectivamente en los cinco muestreos de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo. En la gráfica 7 y 8, se presenta una comparación de la concentración de oxígeno disuelto del agua en los 14 ríos bajo estudio.

Cuadro 9. Resultados del oxígeno disuelto en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y de río Jupilingo, 2010-2011

No.	Río	Punto de Monitoreo	Oxígeno Disuelto mg/l					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	8,11	6,53	6,58	7,47	8,2	7,38
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	7,84	6,64	6,76	8,06	8,71	7,60
3	Río Atulapa	Agua Abajo Beneficio El Cascajal	ND	7	7,77	8,09	8,8	7,92
4	Río Frío	Puente Frío	8,2	8,45	7,79	8,18	8,88	8,30
5	Río Quillo	Puente de Hamaca	8,1	8,34	8	8,03	8,96	8,29
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	8,19	8,14	7,91	7,98	8,81	8,21
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	7,65	7,44	7,5	8,12	7,68
8	Río Lempa	Puente Citalá	8,53	9,05	8,44	7,72	9,38	8,62
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	7,98	7,69	7,5	8,37	8,74	8,06
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	7,4	5,55	5,27	7,22	8,04	6,70
11	Río San José	Puente Trapichito	3,25	0,19	0,143	3,83	3,7	2,22
12	Río Lempa	Puente Masahuat	8,65	8,64	7,81	7,86	9,13	8,42
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	8,56	9,89	10,03	7,27	8,86	8,92
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	7,6	5,95	5,87	7,4	7,74	6,91
15	Río Cusmapa	Trapiche, Los Callejones	10,76	12,71	14,12	7,2	10,11	10,98
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	7,13	7,04	6,41	6,47	7,6	6,93
17	Río Ostúa	Puente El Tule	8,08	12,12	5,75	7,32	8,22	8,30
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	7,29	9,12	8,44	8,43	8,42	8,34
Guatemala			LMA		LMP			
El Salvador			---		---			
Honduras			---		---			
OMS y OPS			---		5			

LMA: Límite Máximo Aceptable
LMP: Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 7. Oxígeno disuelto del agua en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011

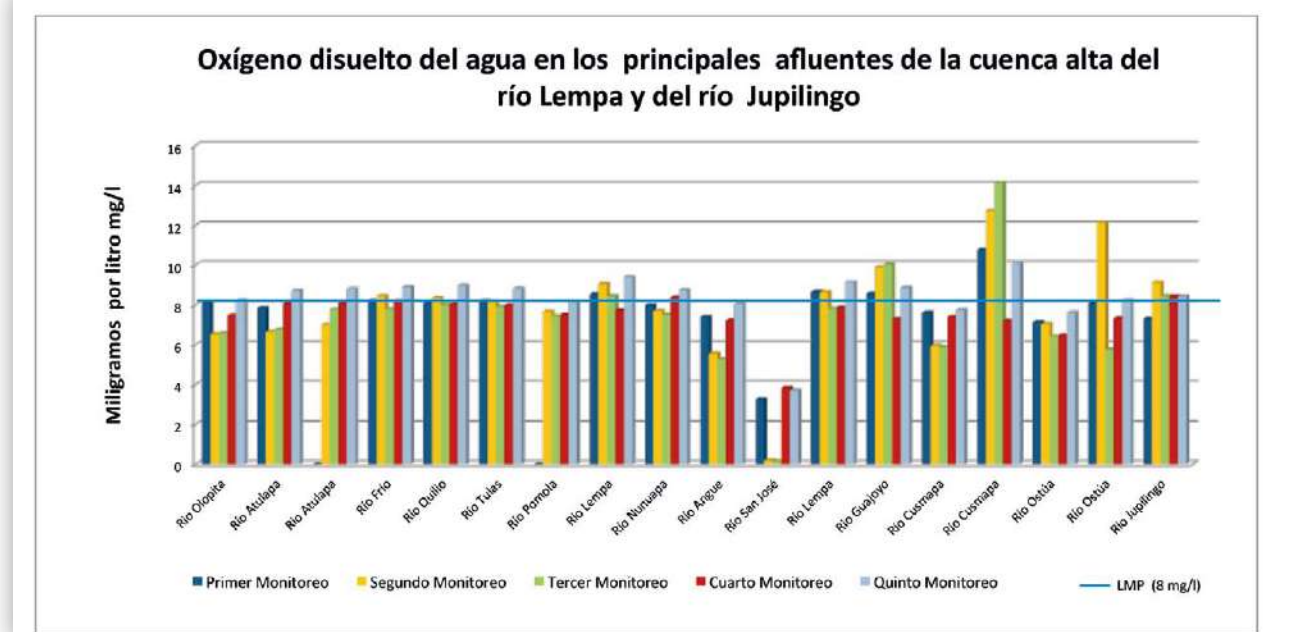


Cuadro 10. Resultados del oxígeno disuelto en % SAT, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Oxígeno Disuelto % SAT					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	104,4	81,15	85,46	97,93	93,77	92,54
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	96,3	78,75	86,6	95,7	96,8	91,63
3	Río Atulapa	Agua Abajo Beneficio El Cascajal	ND	83,5	100,86	110,2	97,4	97,99
4	Río Frío	Puente Frío	98,6	97,85	98,1	99,5	98,3	98,47
5	Río Quillo	Puente de Hamaca	98,6	98,7	101,13	100,1	99	99,51
6	Río Tulas	ado	98,99	99,15	101,86	101,12	98,63	99,95
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	101,8	102,8	99,6	100	101,05
8	Río Lempa	Puente Citalá	111,05	126,4	114,5	105,7	115,97	114,72
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	101,9	100,35	101,2	106,2	100,7	102,07
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	87,05	68,6	70,13	91,6	89,7	81,42
11	Río San José	Puente Trapichito	37,45	2,3	1,9	48,23	41,57	26,29
12	Río Lempa	Puente Masahuat	100,4	109,95	103,13	100,7	103	103,44
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	102	128,6	138,9	95,45	105,13	114,02
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	96,2	79	80,99	97,4	94	89,52
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	138,95	177	112,46	97,33	124,7	130,09
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	92,5	94,6	89,83	86,4	95,1	91,69
17	Río Ostúa	Puente El Tule	106,5	164,4	79,1	96,4	103,97	110,07
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	97,01	114,95	115,93	102,6	99,8	106,06
Guatemala			LMA		LMP			
El Salvador			---		---			
Honduras			---		---			
OMS y OPS			---		70			

LMA: Límite Máximo Aceptable
LMP: Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 8. Saturación de oxígeno disuelto del agua de los ríos en la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011



4.2. Monitoreo 2012

Se presentan los valores de oxígeno disuelto en ml/l y oxígeno disuelto en porcentaje de saturación (SAT) de cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, en cada uno de los tres muestreos realizados durante el año 2012.

De acuerdo a los resultados, los valores de oxígeno disuelto en la mayoría de los ríos bajo estudio están dentro de los límites normales para las condiciones de la región que oscila entre 4 y 12 ml/l, con un porcentaje de saturación entre 70 y 120 %. Con excepción del río San José ubicado en Metapán, El Salvador, el cual presenta valores muy bajos de oxígeno disuelto debido a la contaminación del agua provocada por la descarga en el cauce del río de aguas residuales de la ciudad de Metapán.

Cuadro 11. Resultados del oxígeno disuelto en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y de río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Oxígeno Disuelto mg/l			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	7,53	7,71	7,63	7,62
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	8,33	8,14	8,37	8,28
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	7,65	8,1	8,43	8,06
4	Río Frío	Punte Frío	8,16	8,2	8,64	8,33
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	8,27	8,19	8,56	8,34
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	6,64	7,07	7,69	7,13
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	7,63	7,67	8,07	7,79
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	7,99	7,89	8,47	8,12
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	7,01	7,77	7,88	7,55
10	Río Lempa	Puente Citalá	8,24	7,5	8,26	8,00
11	Río Nunupa	Puente Nunupa	7,39	8,53	8,34	8,09
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	6,6	7,51	7,51	7,21
13	Río San José	Puente Trapichito	0,17	6,48	2,66	3,10
14	Río Lempa	Puente Masahuat	8,63	8,07	10,03	8,91
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	9,32	7,35	8,77	8,48
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	5,81	8,85	7,03	7,23
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	11,6	7,43	10,9	9,98
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	7,46	7,58	9,12	8,05
19	Río Ostúa 2	Puente El Ttule	9,21	7,05	9,32	8,53
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	7,89	6,79	7,1	7,26
			LMA		LMP	
Guatemala			---		---	
El Salvador			---		---	
Honduras			---		---	
OMS y OPS			---		5	

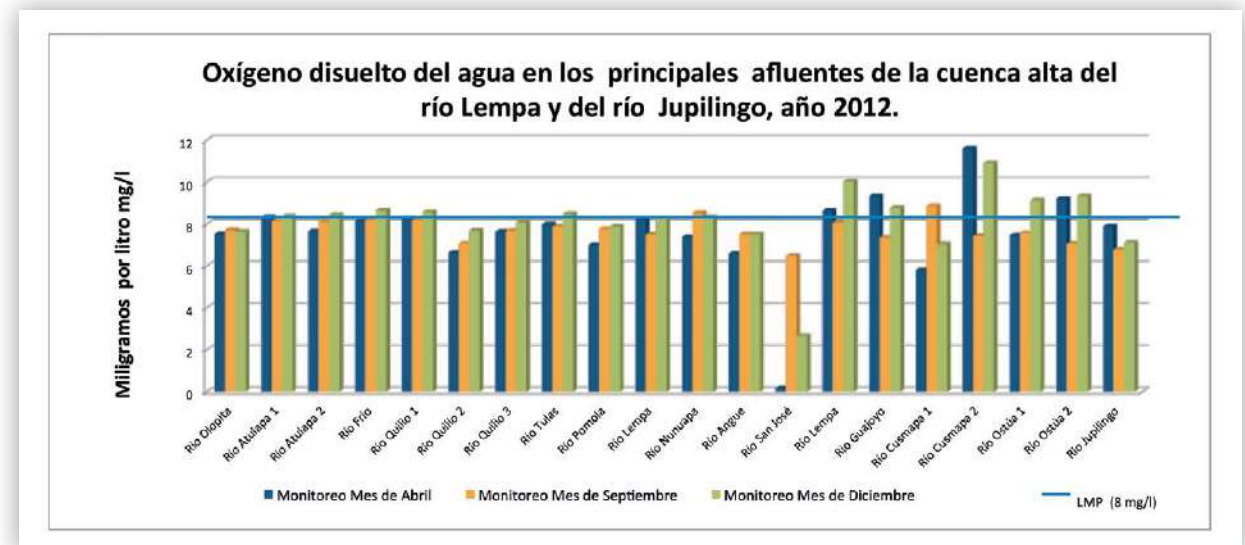
LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Cuadro 12. Resultados del oxígeno disuelto en % SAT, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

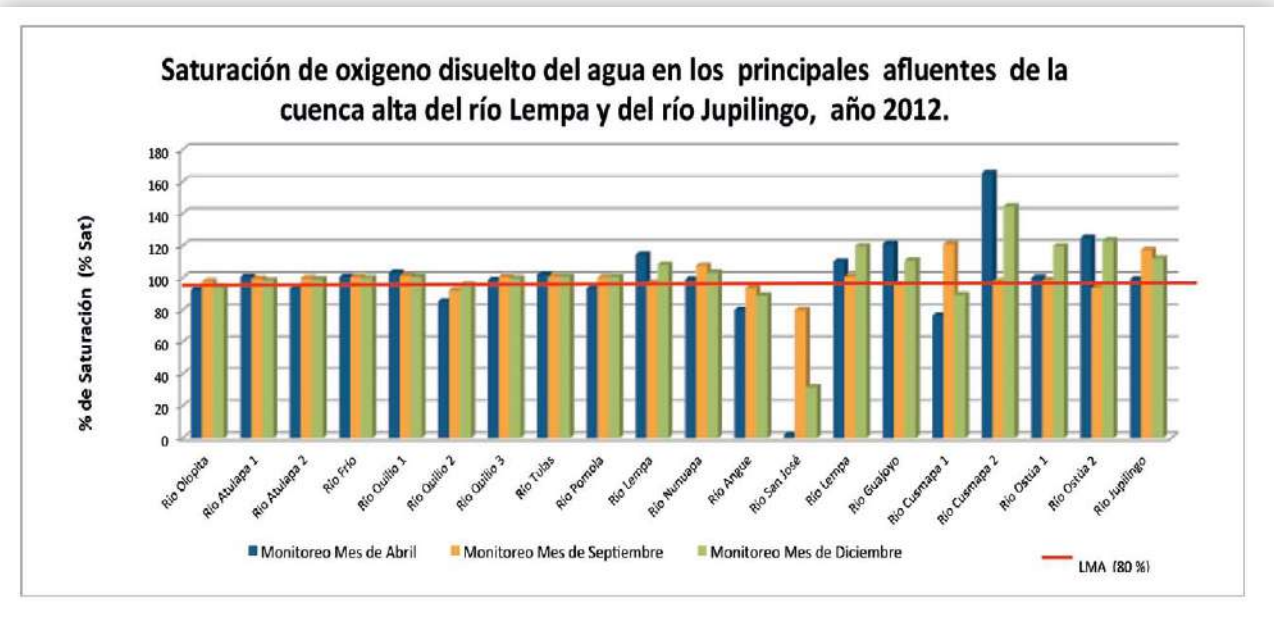
No.	Río	Punto de Monitoreo	Oxígeno Disuelto % SAT			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	92,63	97,7	94	94,78
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	100,43	99,4	98,1	99,31
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	93,4	99,6	98,9	97,30
4	Río Frío	Punte Frío	100,33	100,4	99,8	100,18
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	103	101,2	100,2	101,47
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	85,06	92	95,6	90,89
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	98,53	100,3	99,6	99,48
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	102,03	100,7	100,6	101,11
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	93,36	100	100,5	97,95
10	Río Lempa	Puente Citalá	114,26	96,7	108	106,32
11	Río Nunupa	Puente Nunupa	98,86	107,4	103	103,09
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	79,95	93,43	88,8	87,39
13	Río San José	Puente Trapichito	2,03	79,73	31,6	37,79
14	Río Lempa	Puente Masahuat	110,1	100,6	119,7	110,13
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	121,23	95,7	110,67	109,20
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	76,2	121	89,2	95,47
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	165,2	97,7	144,5	135,80
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	99,87	98,3	119,7	105,96
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	124,8	93,66	123,2	113,89
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	99,03	117,13	112	109,39
			LMA		LMP	
Guatemala			---		---	
El Salvador			---		---	
Honduras			---		---	
OMS y OPS			---		70	

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 9. Oxígeno disuelto del agua en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.



Gráfica 10. Saturación de oxígeno disuelto del agua de los ríos en la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.



5. Turbidez

La turbidez es un parámetro que mide la pérdida de la transparencia del agua, debido a la presencia de partículas en suspensión, cuanto más sólidos en suspensión hay en el agua, más sucia parecerá y más alta será la turbidez. La turbidez se mide en unidades nefelométricas de turbidez (UTN), la unidad nefelométrica de turbidez se define como la obstrucción óptica de la luz, causada por una parte por millón de sílice en agua destilada.

La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas; de gases, líquidos y sólidos orgánicos como inorgánicos, con tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. La turbidez es importante en el agua de ríos que se utilizan para abastecimiento humano por varias razones:

Estética: valores altos de turbiedad en el agua para consumo humano, produce en el consumidor un rechazo inmediato y pocos deseos de ingerirla y utilizarla.

Filtración: filtrar el agua se vuelve más difícil y tiene un costo más alto al aumentar la turbidez.

Desinfección: los valores altos de turbidez, indican de la presencia de materia orgánica y microorganismos, lo cual implica el uso de una mayor cantidad de cloro u ozono para tratar el agua para consumo humano.

Según la normativa de Guatemala, la turbidez del agua para consumo humano debe estar entre 5 UTN (Unidades de Turbidez Nefelométricas) como límite máximo aceptable y 15 UTN como límite máximo permisible; la normativa de Honduras establece el límite aceptable de 1 UTN y un límite permisible de 5 UTN; y la normativa de El Salvador solo establece un límite permisible de 5 UTN.

5.1 Monitoreo 2010-2011

La valores promedio de turbidez del agua en los 14 ríos objeto de monitoreo variaron entre 5.84 y 72.68 UNT, siendo mayores en el río Lempa, Guajoyo, Ostua y Jupilingo, especialmente en el tercer muestreo realizado en el mes de septiembre por la época lluviosa que contribuye al aumento de la turbidez de los ríos debido a suspensión de partículas de suelo. Los ríos que presentaron menor promedio de turbidez son el río Atulapa en Guatemala y el río Frio en Honduras (5.84 y 5.87 respectivamente), debido a que las cuencas de estos poseen mayor cobertura forestal y menor riegos de contaminación por centros poblados.

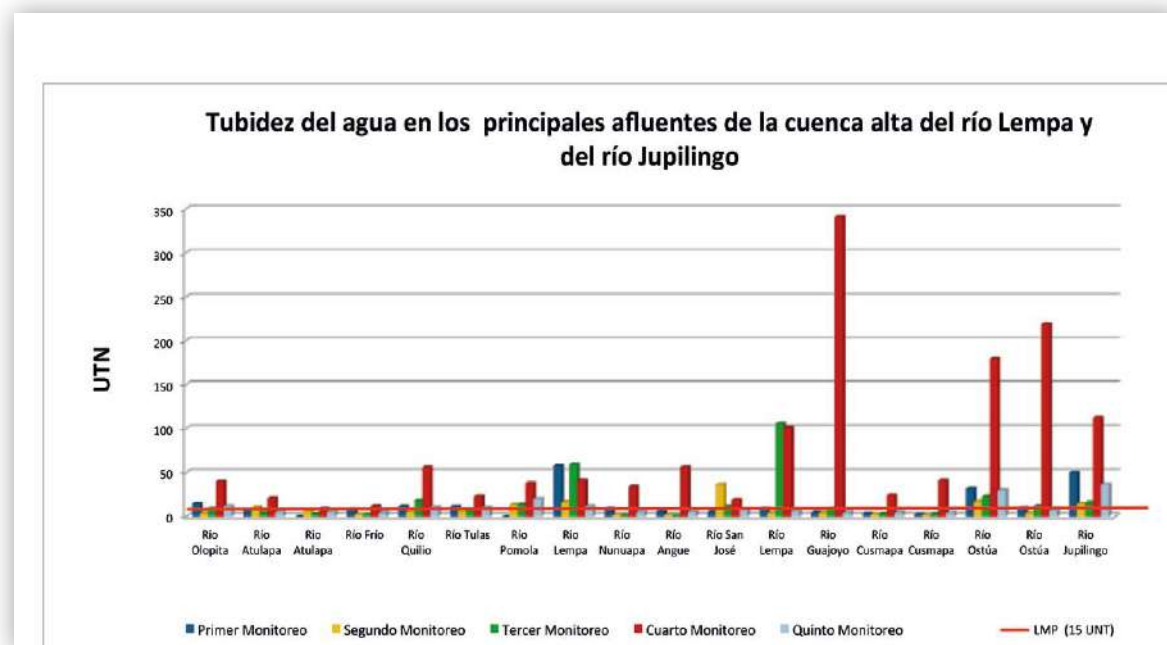
En el cuadro 13 y gráfica 11, se puede observar que 10 de los 18 puntos de muestreo presentaron promedios de turbidez del agua superiores a los 5 y 15 UTN establecidos en la normativa de los tres países para el agua de consumo humano, producto de la contaminación provocada por las partículas de suelos y materia orgánica, especialmente en la época lluviosa.

Cuadro 13. Resultados de la turbidez, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011

No.	Río	Punto de Monitoreo	Turbidez UTN					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	14,7	4,08	9,09	40	11,5	15,87
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	6,65	10,3	4,18	21	5,2	9,47
3	Río Atulapa	Agua Abajo Beneficio El Cascajal	ND	6	2,87	9	5,5	5,84
4	Río Frio	Puente Frio	7,85	2,6	2,4	12	4,5	5,87
5	Río Quillio	Puente de Hamaca	11,5	5,8	18,1	56	10,7	20,42
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	11,25	6,11	7,6	23	10	11,59
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	13,4	14,1	38	20,1	21,40
8	Río Lempa	Puente Citalá	57,71	16,4	59,3	41	11,5	37,18
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	8,82	2	1,5	34	5,2	10,30
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	5,47	1,7	1	56	5,4	13,91
11	Río San José	Puente Trapichito	5,47	36,3	11,6	19	7,7	16,01
12	Río Lempa	Puente Masahuat	8,9	4,1	106	101	6,3	45,26
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	4,48	4,5	9	341	4,4	72,68
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	3,4	2,5	3	24	4,4	7,46
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	2,76	1,5	3	41	4,3	10,51
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	31,8	17	23	179	30,1	56,18
17	Río Ostúa	Puente El Tule	9,58	3,9	12	219	6,8	50,26
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	50,08	14,7	16	112,3	36,5	45,92
Guatemala			LMA			LMP		
El Salvador			5			15		
Honduras			1			5		
OMS y OPS			---			5		
			1			5		

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 11. Turbidez del agua de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011



5.2 Monitoreo 2012

De acuerdo a los resultados, los valores promedio de turbidez están sobre el límite máximo aceptable en todos los puntos de muestreo de los ríos bajo estudio de acuerdo a la normativa de los tres países. Los valores altos de turbidez se deben principalmente a la presencia de partículas suelo producto de la erosión provocada por las lluvias, así como por la presencia de material orgánico debido a la descarga de aguas residuales sobre los cuerpos de agua en la región.

En el cuadro 14 se presentan los valores para la turbidez de cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, en cada uno de los tres muestreos realizados durante el año 2012.

De forma gráfica se presenta una comparación de la turbidez de cada punto de monitoreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar el comportamiento del mismo en diferentes épocas durante el año.

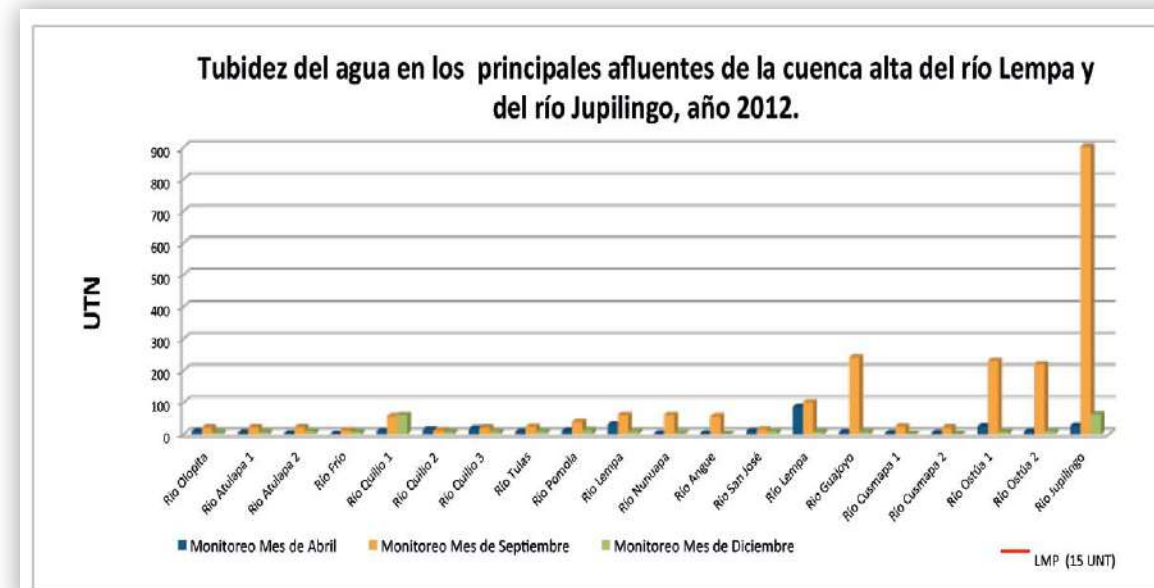


Cuadro 14. Resultados de la turbidez, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Turbidez UTN			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	10	20	4,4	11,47
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	4,5	21	6,1	10,53
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	3	21	10	11,33
4	Río Frio	Punte Frio	1,5	12	6,2	6,57
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	10,1	56	60	42,03
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	15	12	6,5	11,17
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	18	20	9	15,67
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	8	23	9	13,33
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	10,55	38	13	20,52
10	Río Lempa	Puente Citalá	30,3	60	9,3	33,20
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	2	60	4,1	22,03
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	3	56	1,61	20,20
13	Río San José	Puente Trapichito	10	15	10	11,67
14	Río Lempa	Puente Masahuat	85	100	7,3	64,10
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	6,4	240	7,5	84,63
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	4	24	1,6	9,87
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	4	20	1,2	8,40
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	25,1	230	6,3	87,13
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	9	219	10	79,33
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	26,5	900	62	329,50
			LMA		LMP	
Guatemala			5		15	
El Salvador			1		5	
Honduras			---		5	
OMS y OPS			1		5	

LMA: Límite Máximo Aceptable
LMP: Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 12. Turbidez del agua de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.



6. Sólidos disueltos totales y sólidos Totales

Los sólidos son el material suspendido o disuelto en el agua. Los sólidos totales son la suma de los sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos disueltos de acuerdo a la capacidad que tienen para atravesar un filtro. Los sólidos sedimentables son más pesados que el agua, se encuentran suspendidos debido a la turbulencia; pero, una vez ésta cesa, se depositan en el fondo. Los sólidos en suspensión se mantienen en el agua por su naturaleza coloidal que es provocada por las pequeñas cargas eléctricas de las partículas que las hacen tener afinidad por el agua, estos pueden aumentar la turbidez del agua. Los sólidos disueltos son sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso, están directamente relacionados con la conductividad porque al aumentar los sólidos disueltos aumenta la conductividad.

En la normativa para Guatemala los límites de Sólidos Disueltos Totales son de 500 mg/l para el límite máximo aceptable (LMA) y 1000 mg/l para el límite máximo permisible (LMP); para Honduras y El Salvador el LMP es de 1000 mg/l. Generalmente el agua natural de los ríos tiene baja concentración de sólidos disueltos, pero las prácticas humanas han provocado que el agua de los ríos en la época lluviosa, tenga elevadas concentraciones de sólidos disueltos.

6.1 Monitoreo 2010-2011

Los valores promedio de la concentración de sólidos disueltos totales en el agua de los 14 ríos según las cinco muestreos del 2010 al 2011, variaron entre 69.79 y 225.89 mg/l, siendo el río Atulapa, el que presentó menor concentración de sólidos disueltos totales y el río Ostúa, el que presento mayor concentración de SDT, debido a la presencia de partículas de suelo en suspensión. Sin embargo la concentración de sólidos disueltos totales en el agua de todos los ríos bajo estudio está bajo el LMA (500 mg/l) y el LMP (1000 mg/l) (Gráfica 13). Esto indica que el agua de estos ríos por su naturaleza presenta bajas concentraciones de sólidos disueltos totales.

En el cuadro 15, se presentan los valores de la concentración de sólidos disueltos totales en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo. Y en la gráfica 13, se presenta una comparación de la concentración de sólidos disueltos totales en los 18 puntos de muestreo en diferentes periodos del año.

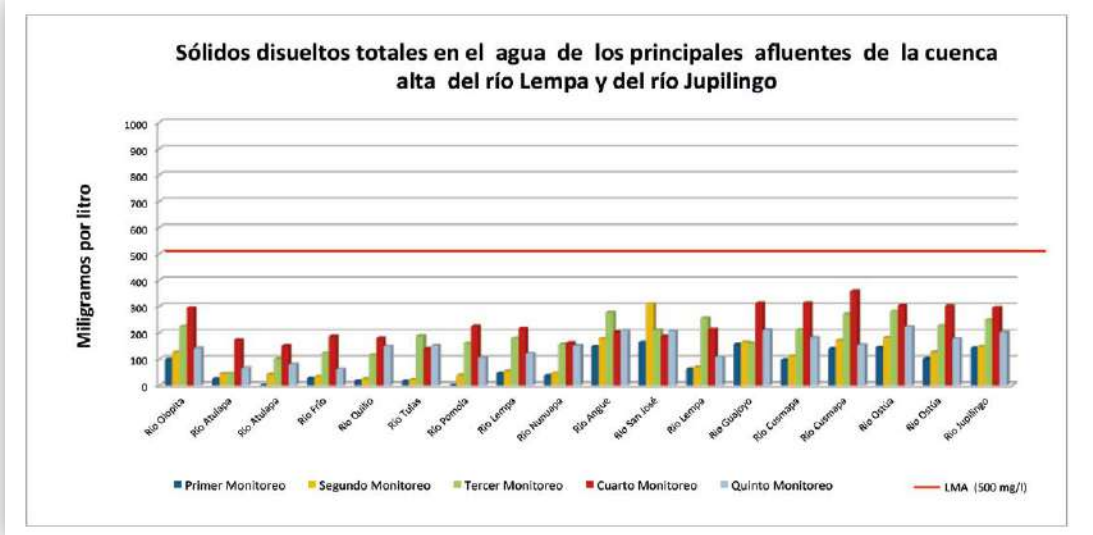


Cuadro 15. Resultados de los sólidos disueltos totales en principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y de río Jupilingo, 2010-2011

No.	Río	Punto de Monitoreo	Sólidos Disueltos Totales mg/l					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	98,37	124,67	224,67	294,4	140,8	176,58
2	Río Atulapa	Punte Atulapa	24,19	43,9	43,9	171,52	65,44	69,79
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	41,28	100,5	151,04	79,36	93,05
4	Río Frío	Punte Frío	26,88	32,58	123	186,88	61,44	86,16
5	Río Quillo	Puente de Hamaca	17,21	24,22	115	179,2	148,48	96,82
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	15,49	21,41	188	138,24	151,04	102,84
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	37,18	160	225,28	104,96	131,86
8	Río Lempa	Puente Citalá	45,44	53,5	178	215,04	120,32	122,46
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	35,84	45,66	155	161,28	151,04	109,76
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	147,2	176,64	276,64	202,24	207,36	202,02
11	Río San José	Puente Trapichito	163,2	308,8	208,8	186,88	204,8	214,50
12	Río Lempa	Puente Masahuat	62,34	68,74	255	212,48	107,52	141,22
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	155,52	162,56	160	312,32	209,92	200,06
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	96,71	110,11	210,11	312,32	181,76	182,20
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	138,37	170,56	270,56	358,4	153,6	218,30
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	143,36	180,48	280,48	302,4	222,72	225,89
17	Río Ostúa	Puente El Tule	101,5	126,14	226,14	301,2	176,64	186,32
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	140,8	148,16	248,16	296,4	202,24	207,15
Guatemala			LMA		LMP			
El Salvador			500		1000			
Honduras			---		1000			
			---		1000			

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 13. Solidos disueltos totales del agua de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, 2010-2011



Los valores promedios de la concentración de sólidos totales en los 18 puntos de muestreo variaron de 147 a 604 mg/l, presentando menor concentración el río Atulapa y mayor concentración el río Ostúa, sin embargo es importante indicar que la mayor concentración de sólidos totales se presentó en el tercer y cuarto monitoreo en los meses de mayo y septiembre, producto de la época lluviosa que aumenta la concentración de partículas de suelo (Cuadro 16 y Gráfica 14).

Cuadro 16. Resultados de sólidos totales en los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011

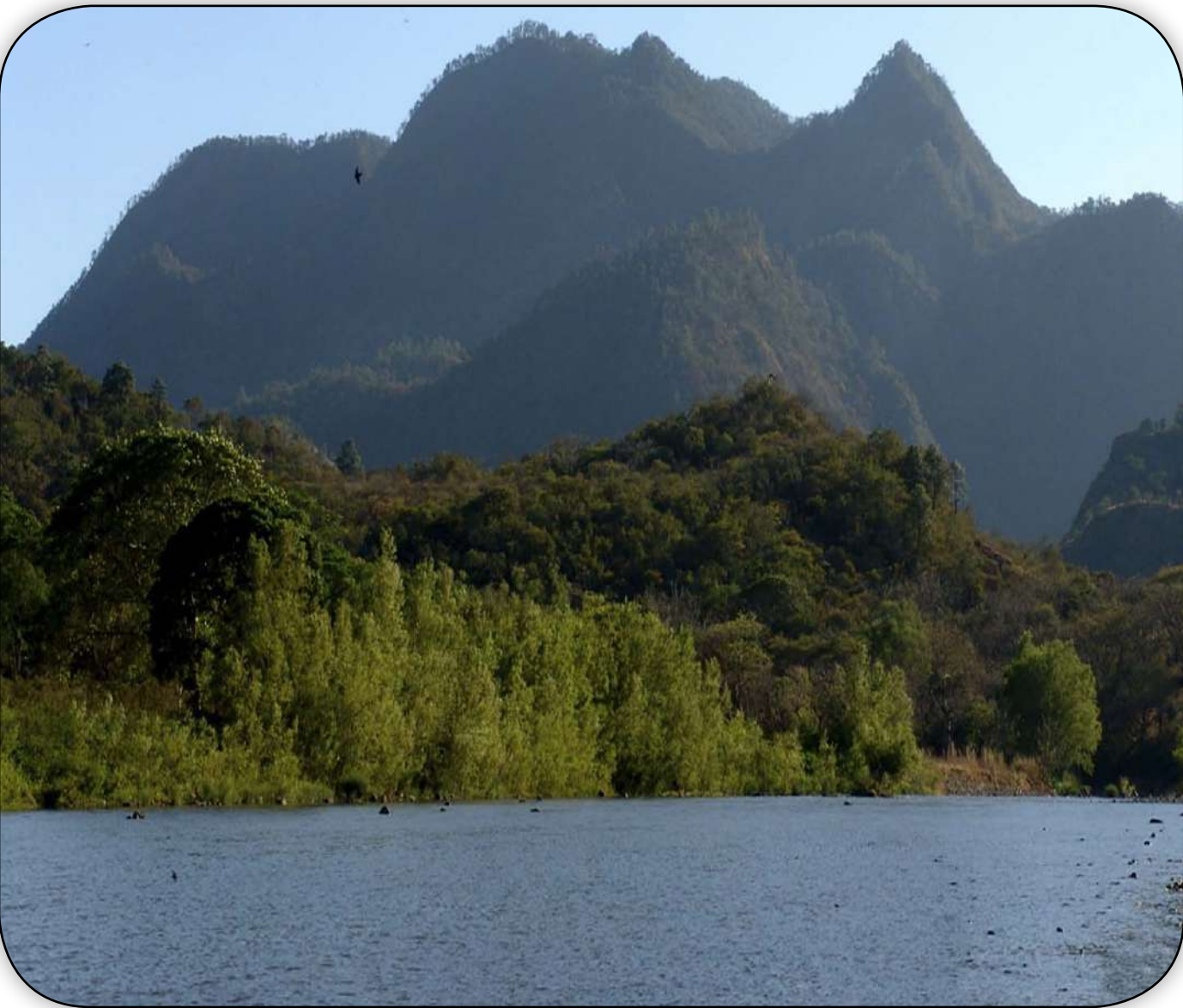
No.	Río	Punto de Monitoreo	Sólidos Totales mg/l					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	252	252	352	460	220	307
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	108	132	132	268	96	147
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	132	332	236	124	206
4	Río Frio	Puente Frio	116	136	236	292	96	175
5	Río Quillo	Puente de Hamaca	132	68	268	280	232	196
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	128	132	320	216	236	206
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	140	240	352	164	224
8	Río Lempa	Puente Citalá	204	204	304	336	188	247
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	144	180	280	252	196	210
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	244	360	460	316	324	341
11	Río San José	Puente Trapichito	296	540	440	292	320	378
12	Río Lempa	Puente Masahuat	152	188	388	332	168	246
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	280	353	252	448	328	332
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	216	196	296	488	284	296
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	296	288	388	560	240	354
16	Río Ostúa	Estación del INSIUVHME	456	304	404	1508	348	604
17	Río Ostúa	Puente El Tule	380	248	348	1080	276	466
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	300	252	352	340	316	312
Guatemala			LMA					LMP
El Salvador			---					---
Honduras			---					---

LMA: Límite Máximo Aceptable
LMP: Límite Máximo Permisible
ND: No Determinado

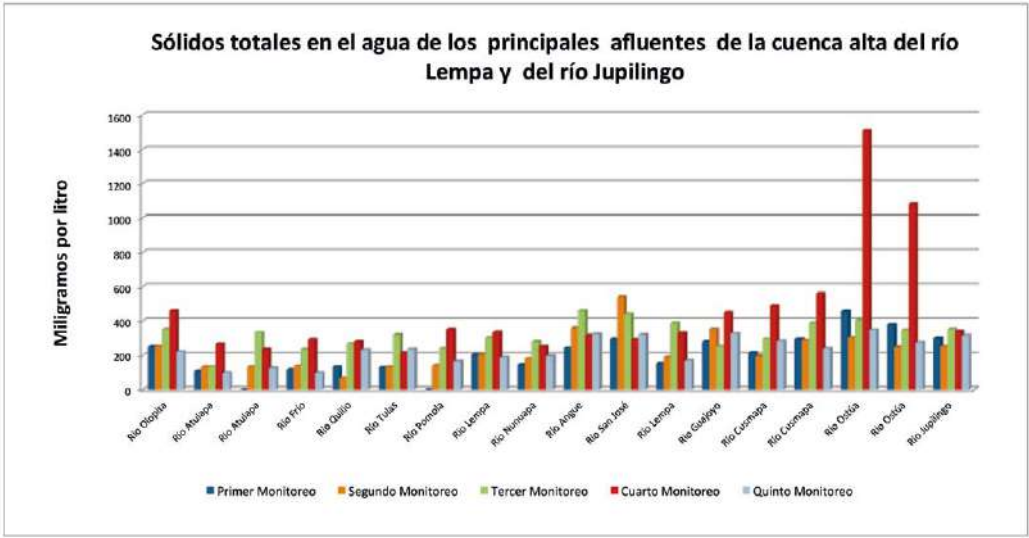
6.2 Monitoreo 2012

De acuerdo a los resultados, los valores para los sólidos disueltos totales y sólidos totales se incrementan debido a diversos factores entre los cuales están la presencia de partículas de suelo en la época de lluvias y la disminución del caudal en la época seca, lo cual puede incrementar la concentración de sólidos en los cuerpos de agua, especialmente en los que se vierten aguas residuales.

Se presenta los valores para los sólidos disueltos totales y los sólidos totales de cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, durante el monitoreo realizado en el año 2012.



Gráfica 14. Sólidos totales del agua de los principales afluentes de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, 2010-2011



Cuadro 17. Resultados de sólidos disueltos totales en los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Sólidos Disueltos Totales mg/l			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	151,4	78,36	137,4	122,39
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	35,36	34,5	30,2	33,35
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	38,4	34,88	30,78	34,69
4	Río Frío	Punte Frío	38,29	41,96	33,98	38,08
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	30,08	21,12	23,23	24,81
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	22,46	17,15	19,26	19,62
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	22,27	17,64	19,52	
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	26,92	18,11	20,35	21,79
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	53,52	32,45	41,79	42,59
10	Río Lempa	Puente Citalá	73,51	52,61	55,87	60,66
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	65,51	35,78	54,98	52,09
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	248,32	109,8	190,72	182,95
13	Río San José	Puente Trapichito	397,99	138,75	247,04	261,26
14	Río Lempa	Puente Masahuat	93,71	63,19	72,58	76,49
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	213,12	148,48	219,52	193,71
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	158,5	172,35	146,56	159,14
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	232,74	153,6	228,48	204,94
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	250,02	74,75	156,56	160,44
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	175,36	120,34	162,56	152,75
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	200,32	170,02	188	186,11
			LMA		LMP	
Guatemala			500		1000	
El Salvador			---		1000	
Honduras			---		1000	

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

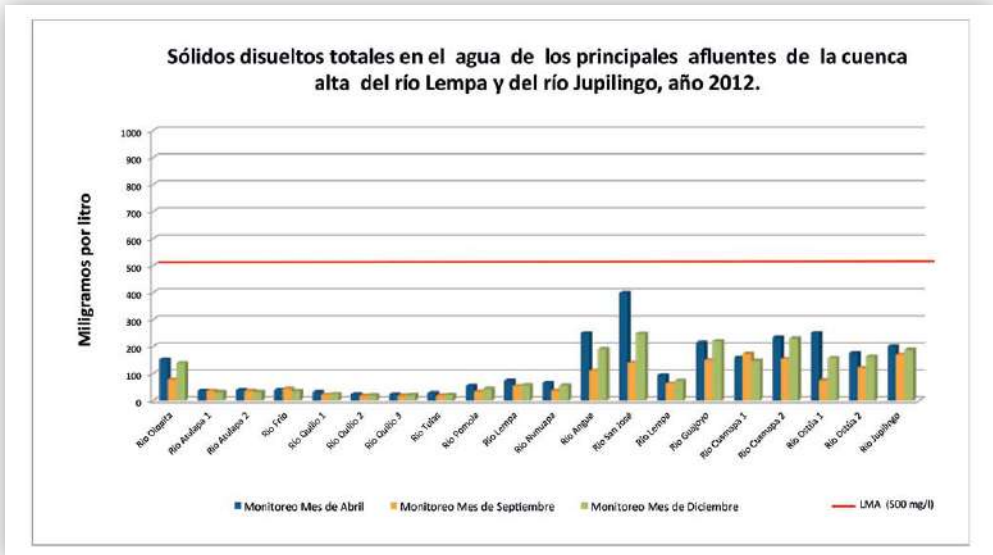
Cuadro 18. Resultados de sólidos totales en los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Sólidos Totales mg/l			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	280	172	204	218,67
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	120	60	68	82,67
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	260	76	84	140,00
4	Río Frío	Punte Frío	100	80	60	80,00
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	240	84	68	130,67
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	200	44	64	102,67
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	232	172	60	154,67
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	230	168	76	158,00
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	159	140	124	141,00
10	Río Lempa	Puente Citalá	200	708	92	333,33
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	200	334	108	214,00
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	380	208	256	281,33
13	Río San José	Puente Trapichito	420	168	284	290,67
14	Río Lempa	Puente Masahuat	200	304	192	232,00
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	280	336	304	306,67
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	250	284	252	262,00
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	220	324	312	285,33
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	365	356	224	315,00
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	300	464	324	362,67
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	330	892	298	506,67
Guatemala			LMA		LMP	
El Salvador			---		---	
Honduras			---		---	

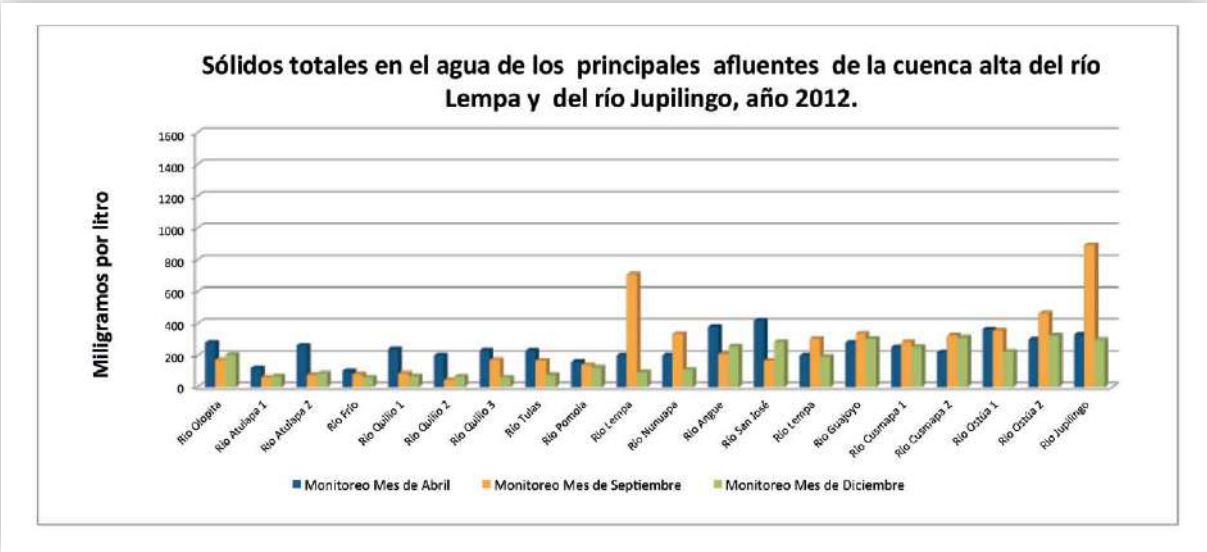
LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible

De forma gráfica se presenta una comparación de los sólidos disueltos totales y sólidos totales para cada punto de monitoreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar el comportamiento del misma en diferentes épocas durante el año.

Gráfica 15. Sólidos disueltos totales del agua de los principales afluentes de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, año 2012.



Gráfica 16. Sólidos totales del agua de los principales afluentes de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, año 2012.



7. Fosfatos

El fosforo está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos; los fosfatos son nutrientes para las plantas y cuando hay abundancia en el agua favorece un rápido crecimiento de plantas y algas, que limitan el desarrollo de otros microorganismos. Las grandes poblaciones de plantas y algas liberan oxígeno en las corrientes de agua durante el día, pero durante la noche, ocurre la reacción inversa, al respirar consumen oxígeno liberando bióxido de carbono, debido a esta dinámica, el agua experimenta grandes fluctuaciones de pH, y además, cuando mueren son descompuestas por las bacterias que utilizan gran parte del oxígeno disuelto. El agua de los ríos con altos niveles de fosfatos tiene niveles altos de Demanda Biológica de Oxígeno DBO. Los fosfatos generalmente provienen de los fertilizantes químicos que llegan producto de erosión y de la descarga de agua residuales a los ríos.

7.1 Monitoreo 2010-2011

Los resultados promedio de la concentración de fosfatos en el agua, variaron de 0.453 a 9.962 mg/l, el río Angue y el río San José respectivamente, presentan la mayor concentración de fosfatos, el río San José (19.186 mg/l) en el segundo muestreo en el mes de febrero, debido a la descarga de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento. El aumento en la concentración de fosfatos en el agua del río San José en la época seca se debe principalmente a la disminución del caudal del río.

Los ríos Atulapa, Pomola, Lempa, San José, Guajoyo y Cusmapa presentaron valores promedio de concentración de fosfatos superiores al límite recomendable (1 mg/l OMS), producto de la contaminación antrópica de estas fuentes de agua.

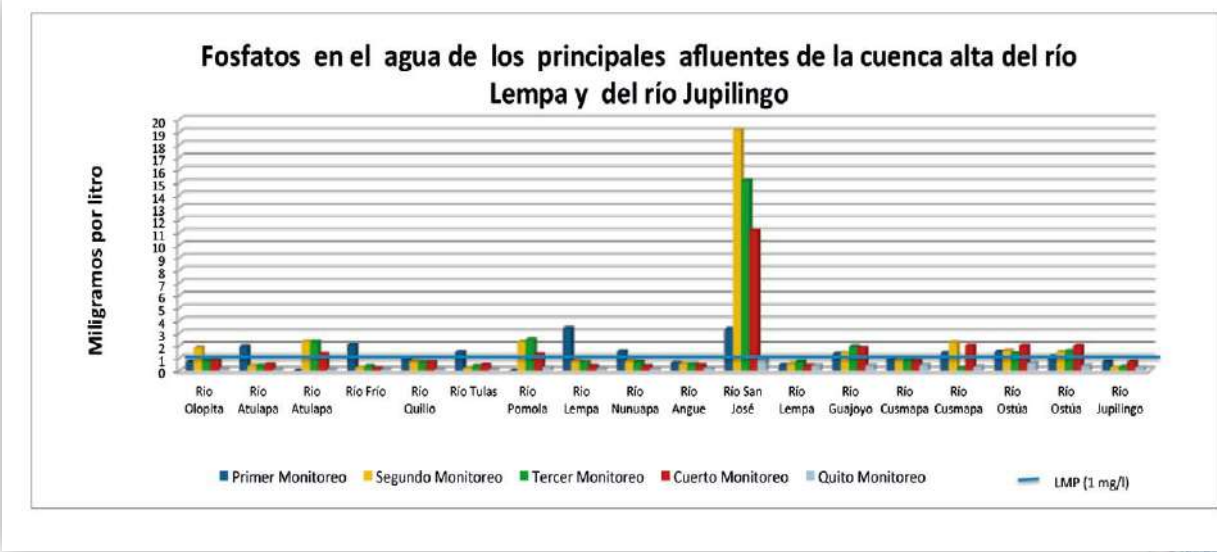
En el cuadro 19, se presentan los valores de la concentración de fosfato en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo. En la gráfica 17, se presenta una comparación de la concentración de fosfatos en el agua en los 18 puntos de muestreo.

Cuadro 19. Resultados que muestran los niveles de fosfatos en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Fosfatos mg/l					
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	Promedio
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	0,589	1,831	0,831	0,83	0,111	0,858
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	1,936	0,411	0,411	0,511	0,072	0,668
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	2,325	2,325	1,325	0,072	1,512
4	Río Frio	Puente Frio	2,075	0,272	0,372	0,2	0,094	0,603
5	Río Quillo	Puente de Hamaca	0,961	0,758	0,658	0,658	0,078	0,623
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	1,486	0,197	0,397	0,47	0,078	0,526
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	2,294	2,5	1,294	0,272	1,590
8	Río Lempa	Puente Citalá	3,4	0,775	0,675	0,375	0,139	1,073
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	1,522	0,792	0,692	0,392	0,15	0,710
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	0,606	0,531	0,531	0,431	0,192	0,458
11	Río San José	Puente Trapichito	3,322	19,186	15,186	11,186	0,928	9,962
12	Río Lempa	Puente Masahuat	0,45	0,519	0,719	0,419	0,415	0,504
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	1,344	1,422	1,922	1,822	0,414	1,385
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	0,919	0,872	0,872	0,772	0,447	0,776
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	1,425	2,253	0,253	2	0,317	1,250
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	1,489	1,589	1,389	1,989	0,625	1,416
17	Río Ostúa	Puente El Tule	1,117	1,469	1,569	1,969	0,408	1,306
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	0,717	0,278	0,328	0,706	0,283	0,462
Guatemala			LMA			LMP		
El Salvador			---			---		
Honduras			---			---		
OMS			---			1		

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 17. Niveles de fosfatos en el agua de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.



7.2 Monitoreo 2012.

De acuerdo a los resultados, existe presencia de fosfatos en el agua de los ríos bajo estudio. Algunos ríos presentan niveles por encima de 1 mg/l que es límite máximo permisible de acuerdo a la OMS, como es el caso del río San José, Ostua, Pomola y Guajoyo que presentan valores promedio de fosfatos superiores 1 mg/l.

En el cuadro 20 se presenta la concentración de fosfatos para cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, en cada uno de los tres muestreos realizados durante el año 2012.

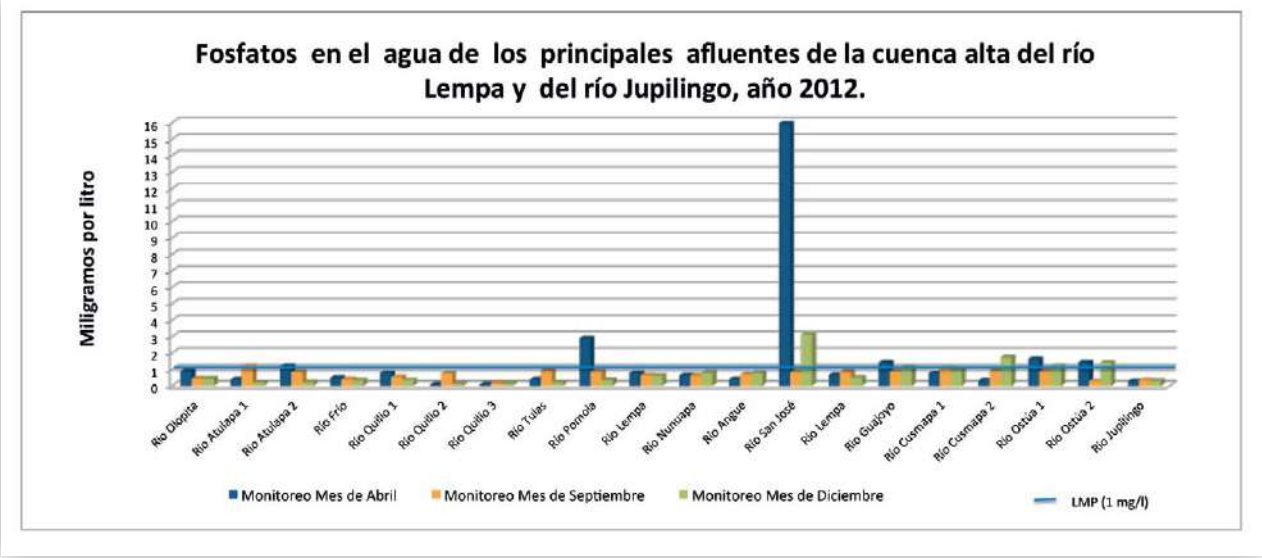
Cuadro 20. Resultados que muestran los niveles de fosfatos, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Fosfatos mg/l			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	0,893	0,44	0,44	0,591
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	0,386	1,19	0,19	0,589
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	1,2	0,84	0,22	0,753
4	Río Frio	Punte Frio	0,475	0,39	0,32	0,395
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	0,778	0,53	0,33	0,546
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	0,074	0,74	0,09	0,301
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	0,077	0,15	0,11	0,112
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	0,378	0,94	0,21	0,509
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	2,872	0,87	0,34	1,361
10	Río Lempa	Puente Citalá	0,775	0,63	0,61	0,672
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	0,63	0,62	0,78	0,677
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	0,392	0,67	0,77	0,611
13	Río San José	Puente Trapichito	15,928	0,82	3,11	6,619
14	Río Lempa	Puente Masahuat	0,65	0,82	0,49	0,653
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	1,414	0,87	1,11	1,131
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	0,747	1,08	0,99	0,939
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	0,316	0,93	1,72	0,989
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	1,625	0,89	1,2	1,238
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	1,408	0,29	1,4	1,033
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	0,28	0,33	0,3	0,303
			LMA		LMP	
Guatemala			---		---	
El Salvador			---		---	
Honduras			---		---	
OMS			---		1	

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

De forma gráfica se presenta una comparación de los fosfatos para cada punto de monitoreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar el comportamiento del misma en diferentes épocas durante el año.

Gráfica 18. Niveles de fosfatos en el agua de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.



8. Nitratos NO₃

Los nitratos son una de las formas de nitrógeno presente en el agua, estos son nutrientes que favorecen el crecimiento de plantas y algas en las fuentes de agua. Asociados con los fosfatos provocan la eutrofización de los ríos. El agua con altas concentraciones de nitratos es un riesgo para la salud especialmente para los niños, porque al consumir agua con altas concentraciones de nitratos ocasiona el síndrome del bebe azul y constituyen compuestos cancerígenos.

La concentración de nitratos en el agua de consumo humano en la norma para Guatemala es de 10 mg/l el límite máximo permisible, para El Salvador es de 25 mg/l el límite máximo aceptable y de 50 mg/l el límite máximo permisible, y para Honduras es de 45 mg/l el límite máximo permisible.

8.1. Monitoreo 2010-2011

La concentración promedio de nitratos en el agua de los 14 ríos bajo estudio, varió de 0.241 a 1.592 mg/l. El río Quilio presentó el nivel promedio más bajo y el río Jupilingo nivel promedio más alto. Sin embargo la concentración de nitratos en el agua de los ríos se ubicó por debajo límite máximo permisible, para la normativa de Guatemala, El Salvador y Honduras (Gráfica 19). El origen de los nitratos presentes en el agua de los ríos se debe principalmente a uso de fertilizantes nitrogenados en la producción agrícola de la región y a la descarga de aguas residuales con alta concentración de materia orgánica directamente en el cauce de los ríos.

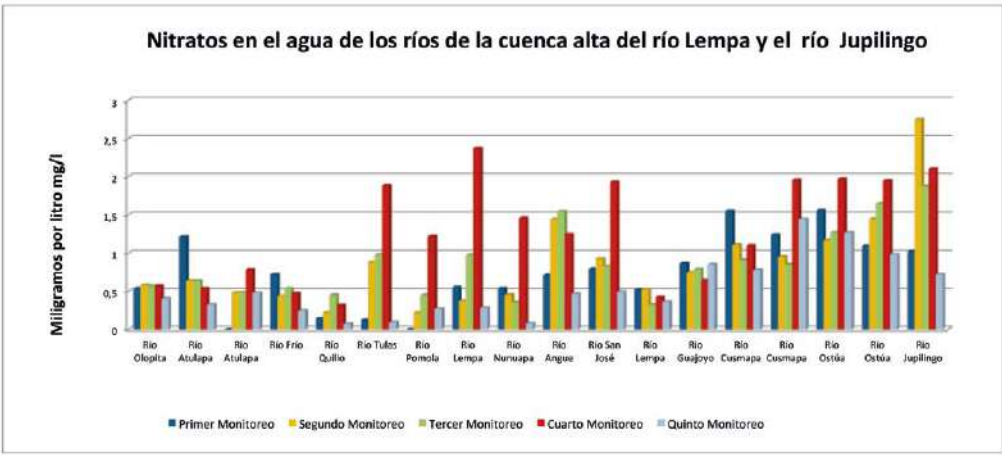
En el cuadro 21, se presentan los valores de la concentración de nitratos en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo. En la gráfica 19, se presenta una comparación de la concentración de nitratos en el agua en los 18 puntos de muestreo.

Cuadro 21. Resultados de los niveles nitratos, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Nitratos mg/l					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	0,541	0,579	0,57	0,57	0,408	0,534
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	1,215	0,639	0,639	0,539	0,329	0,672
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	0,484	0,484	0,784	0,481	0,558
4	Río Frio	Puente Frio	0,72	0,435	0,535	0,475	0,247	0,482
5	Río Quilio	Puente de Hamaca	0,144	0,22	0,45	0,32	0,073	0,241
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	0,122	0,883	0,983	1,883	0,092	0,793
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	0,22	0,45	1,22	0,275	0,541
8	Río Lempa	Puente Citalá	0,552	0,375	0,975	2,375	0,285	0,912
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	0,541	0,457	0,357	1,457	0,079	0,578
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	0,712	1,443	1,543	1,243	0,467	1,082
11	Río San José	Puente Trapichito	0,791	0,927	0,827	1,927	0,495	0,993
12	Río Lempa	Puente Masahuat	0,524	0,527	0,327	0,427	0,364	0,434
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	0,867	0,747	0,787	0,647	0,853	0,780
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	1,552	1,109	0,91	1,1	0,780	1,090
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	1,239	0,951	0,851	1,951	1,443	1,287
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	1,557	1,166	1,266	1,966	1,266	1,444
17	Río Ostúa	Puente El Tule	1,098	1,446	1,646	1,946	0,984	1,424
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	1,027	2,745	1,8745	2,1	0,720	1,693
Guatemala			LMA		LMP			
El Salvador			---		10			
Honduras			---		50			
OMS			---		45			
			---		10			

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 19. Niveles de nitratos en los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.



8.2 Monitoreo 2012.

De acuerdo a los resultados, existe presencia de nitratos en el agua de los ríos bajo estudio, aunque los valores no superan el límite máximo permisible por la normativa de los tres países

En el cuadro 22 se presenta la concentración de nitratos para cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, en cada uno de los tres monitoreos realizados durante el año 2012.

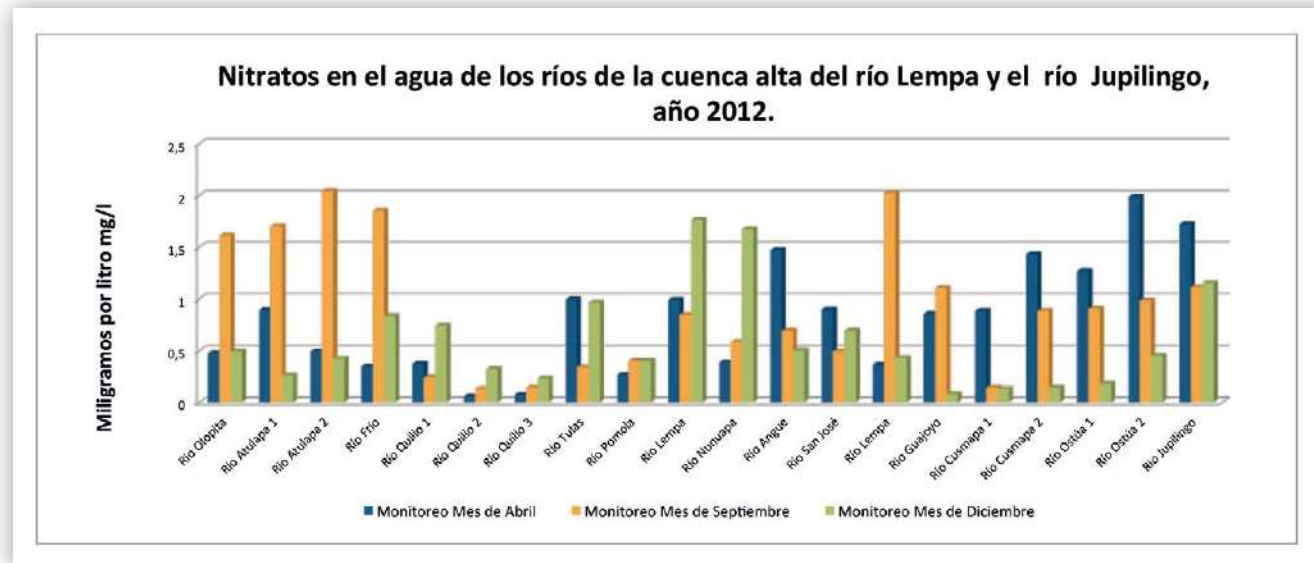
Cuadro 22. Resultados de los niveles nitratos en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Nitratos mg/l			Promedio
			Año 2012			
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	0,476	1,61	0,49	0,859
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	0,89	1,7	0,26	0,950
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	0,492	2,04	0,42	0,984
4	Río Frio	Puente Frio	0,3473	1,85	0,83	1,009
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	0,3734	0,24	0,74	0,451
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	0,055	0,13	0,32	0,168
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	0,073	0,14	0,23	0,148
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	0,9924	0,34	0,96	0,764
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	0,2645	0,4	0,4	0,355
10	Río Lempa	Puente Citalá	0,9853	0,84	1,76	1,195
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	0,387	0,58	1,67	0,879
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	1,4674	0,69	0,5	0,886
13	Río San José	Puente Trapichito	0,8946	0,49	0,69	0,692
14	Río Lempa	Puente Masahuat	0,3641	2,02	0,43	0,938
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	0,8533	1,1	0,08	0,678
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	0,8799	0,142	0,13	0,384
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	1,429	0,88	0,14	0,816
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	1,2673	0,9	0,18	0,782
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	1,9837	0,98	0,45	1,138
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	1,7201	1,11	1,15	1,327
			LMA			LMP
Guatemala			---			10
El Salvador			25			50
Honduras			---			45
OMS			---			10

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

De forma gráfica se presenta una comparación de los nitratos presentes en el agua para cada punto de muestreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar el comportamiento de los mismos en diferentes épocas durante el año.

Gráfica 20. Niveles de nitratos en los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.



9. Nitritos (NO₂)

Los nitritos así como lo nitratos son compuestos nitrogenados producto de la degradación de la materia orgánica en el agua. En el agua superficial bien oxigenada los niveles de nitritos no superan 0.1 mg/l y la presencia es indicador de la contaminación fecal reciente en un cuerpo de agua. Es importante indicar que los nitritos se encuentran en un estado intermedio de oxidación entre el amoniaco y nitrato. Los niveles altos de nitritos en el agua, puede ser provocada con la contaminación industrial y aguas residuales.

La normativa de Guatemala, El Salvador y Honduras establece el límite máximo permisible de nitritos en 1 mg/l, en agua para consumo humano.

9.1. Monitoreo 2010-2011

Los valores promedio de la concentración de nitritos muestran que estos se ubican bajo el límite máximo permisible (1 mg/l); dichos valores variaron de 0.0030 a 0.0391 mg/l, siendo el río Frío y Cusmapa el que presenta menor concentración; los ríos San José y Ostúa los que presentaron mayor concentración de nitritos.

El origen de los nitritos en el agua de los ríos se debe principalmente a uso de fertilizantes nitrogenados en la producción agrícola y a la descarga de aguas residuales con alta concentración de materia orgánica.

Cuadro 23. Resultados de los niveles de nitritos en el agua, de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

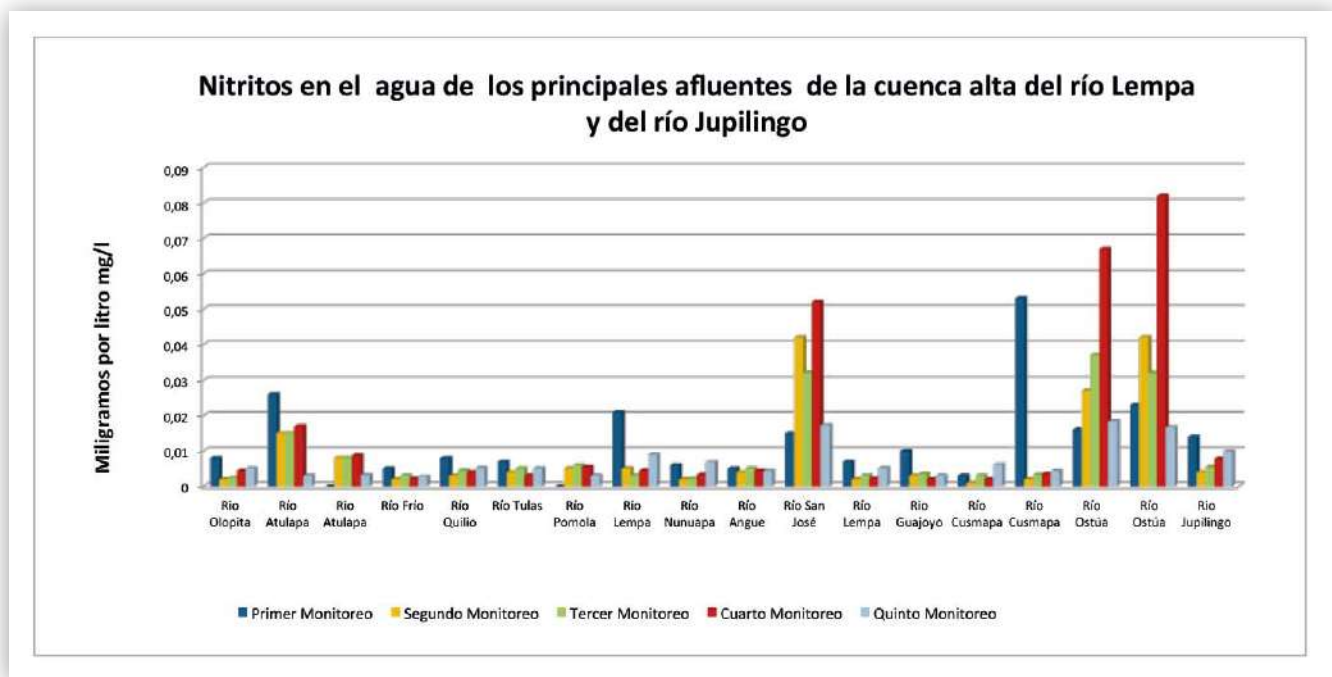
No.	Río	Punto de Monitoreo	Nitritos mg/l					
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	Promedio
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	0,008	0,002	0,0025	0,0044	0,005	0,0044
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	0,026	0,015	0,015	0,017	0,003	0,0152
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	0,008	0,008	0,0088	0,0032	0,0070
4	Río Frio	Puente Frio	0,005	0,002	0,003	0,0022	0,0027	0,0030
5	Río Quillo	Puente de Hamaca	0,008	0,003	0,0045	0,004	0,0051	0,0049
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	0,007	0,004	0,005	0,003	0,005	0,0048
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	0,005	0,006	0,0055	0,003	0,0049
8	Río Lempa	Puente Citalá	0,021	0,005	0,003	0,0045	0,009	0,0085
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	0,006	0,002	0,0022	0,0033	0,0069	0,0041
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	0,005	0,004	0,005	0,0044	0,0044	0,0046
11	Río San José	Puente Trapichito	0,015	0,042	0,032	0,052	0,0173	0,0317
12	Río Lempa	Puente Masahuat	0,007	0,002	0,003	0,0022	0,0051	0,0039
13	Río Guajojo	Puente San Francisco	0,01	0,003	0,0035	0,002	0,003	0,0043
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	0,003	0,001	0,003	0,002	0,0061	0,0030
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	0,053	0,002	0,0033	0,0035	0,0043	0,0132
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	0,016	0,027	0,037	0,067	0,0184	0,0331
17	Río Ostúa	Puente El Tule	0,023	0,042	0,032	0,082	0,0167	0,0391
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	0,014	0,004	0,0055	0,0078	0,0098	0,0082
			LMA			LMP		
Guatemala			---			1		
El Salvador			---			1		
Honduras			---			1		
OMS			---			1		

LMA Límite Máximo Aceptable

LMP Límite Máximo Permisible

ND= No Determinado

Gráfica 21. Niveles de nitritos en el agua de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, 2010-2011.



9.2 Monitoreo 2012

De acuerdo a los resultados, existe presencia de nitritos en el agua de los ríos bajo estudio, aunque los valores no superan el límite máximo permisible de acuerdo a la normativa de los tres países.

En el cuadro 24 se presenta la concentración de nitritos para cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, del monitoreo realizado durante el año 2012.



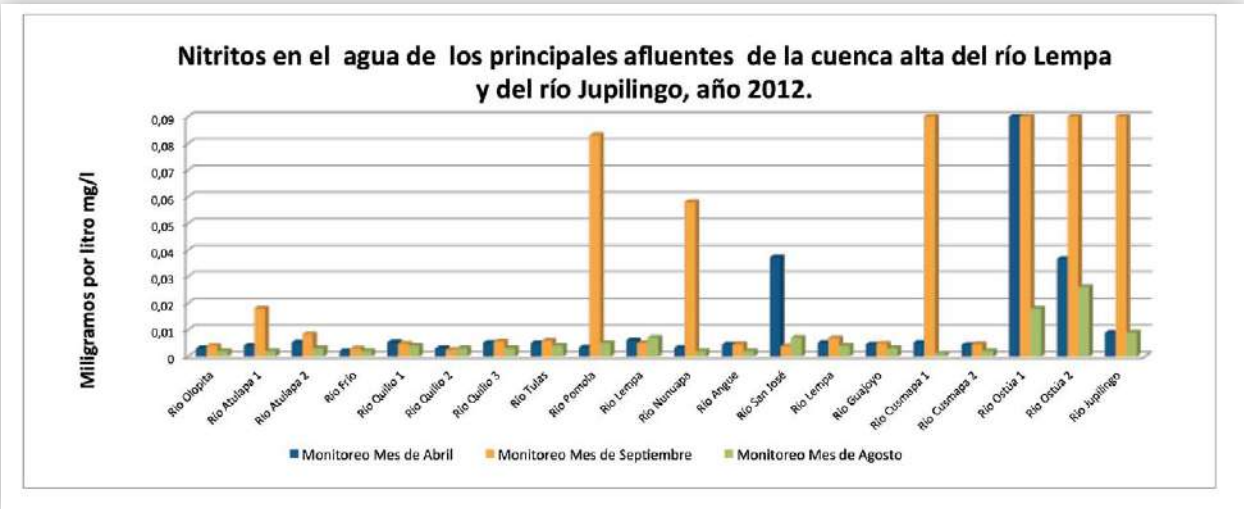
Cuadro 24. Resultados de los niveles de nitritos en el agua, de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Nitritos mg/l			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	0,003	0,0039	0,002	0,0030
2	Río Atulapa 1	Puente Atulapa	0,004	0,018	0,002	0,0080
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	0,0052	0,0083	0,003	0,0055
4	Río Frio	Puente Frio	0,002	0,0029	0,002	0,0023
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	0,0053	0,0048	0,004	0,0047
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	0,003	0,0025	0,003	0,0028
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	0,0051	0,0055	0,003	0,0045
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	0,005	0,0058	0,004	0,0049
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	0,0033	0,083	0,005	0,0304
10	Río Lempa	Puente Citalá	0,006	0,005	0,007	0,0060
11	Río Nunupa	Puente Nunupa	0,0032	0,058	0,002	0,0211
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	0,0044	0,0045	0,002	0,0036
13	Río San José	Puente Trapichito	0,0373	0,0038	0,007	0,0160
14	Río Lempa	Puente Masahuat	0,0051	0,0068	0,004	0,0053
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	0,0044	0,0048	0,003	0,0041
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	0,0051	0,98	0,001	0,3287
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	0,0043	0,0045	0,002	0,0036
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	1,0184	0,89	0,018	0,6421
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	0,0367	0,093	0,026	0,0519
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	0,0088	0,094	0,009	0,0373
			LMA			LMP
Guatemala			---			1
El Salvador			---			1
Honduras			---			1
OMS			---			1

LMA: Límite Máximo Aceptable
LMP: Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

De forma gráfica se presenta una comparación de los nitritos presentes en el agua para cada punto de monitoreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar el comportamiento de estos en diferentes épocas durante el año.

Gráfica 22. Niveles de nitritos en el agua de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, año 2012.



10. Sulfatos (SO₄)

El sulfato se encuentra en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones, el agua con altas concentraciones de sulfatos tienen un sabor amargo, también tiene un efecto laxante cuando este se combina con calcio y magnesio. Las bacterias que descomponen los sulfatos forman sulfuro de hidrógeno, y la mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, a partir de esquistos y la existencia de residuos industriales.

En la normativa de Guatemala se establece que el límite máximo aceptable es de 100 mg/l y el límite máximo permisible es de 250 mg/l. En El Salvador la norma establece únicamente un límite máximo permisible de 400 mg/l y para Honduras un límite máximo aceptable de 25 y un límite máximo permisible de 250 mg/l.

10.1. Monitoreo 2010-2011

Los valores promedio de sulfatos en los 14 ríos bajo estudio variaron de 14.216 a 48.338 mg/l. El río Angue, en El Salvador, es el que presentó menor promedio de concentración de sulfatos y el río San José mayor promedio de concentración. Los 14 ríos se ubican bajo el límite máximo permisible de sulfatos con base en la normativa de los tres países.

El río San José y el río Jupilingo son los que presentan mayores niveles de concentración de sulfatos, en el río San José la causa probable de estas concentraciones son la aguas residuales que se vierten sin ningún tipo de tratamiento sobre el cauce del mismo. En el río Jupilingo la probable causa son los fertilizantes químicos sulfatados que se utilizan en las zonas de producción agrícola en las riveras del mismo.

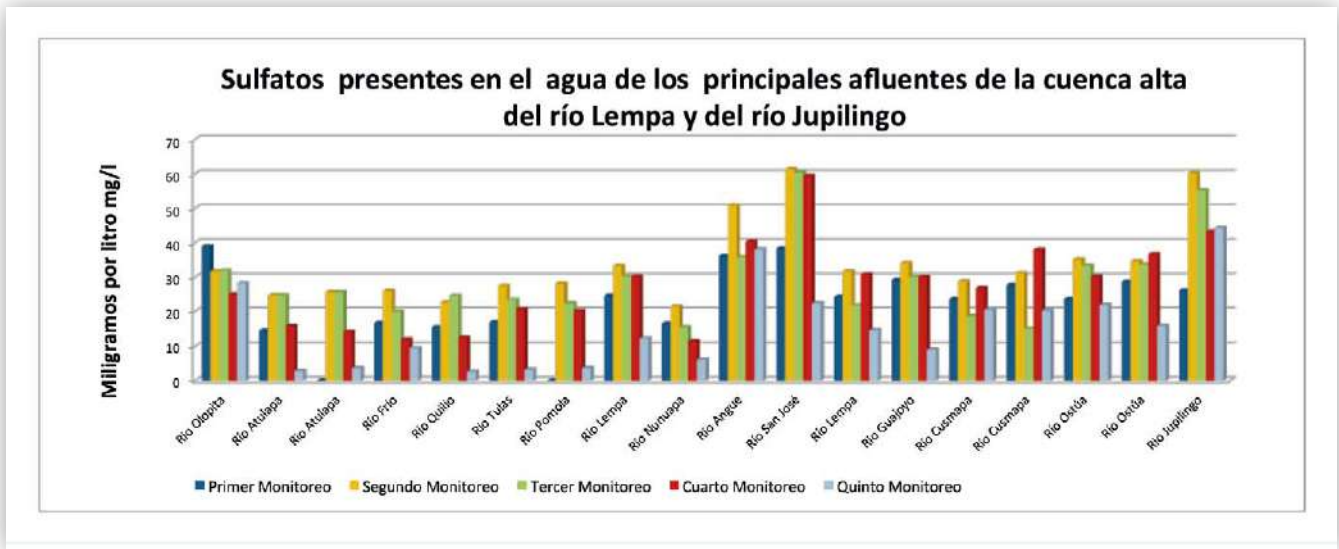
En el cuadro 25, se presentan los valores de la concentración de sulfatos en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo. En la grafica 23, se presenta una comparación de la concentración de sulfatos en el agua en los 18 puntos de muestreo.

Cuadro 25. Resultados de los niveles de sulfatos, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo. 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Sulfatos mg/l					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	38,9	31,7	31,9	25	28,2	31,14
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	14,58	24,7	24,7	15,89	2,83	16,54
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	25,6	25,6	14,25	3,67	17,28
4	Río Frio	Puente Frio	16,77	26	20	12	9,47	16,848
5	Río Quilio	Puente de Hamaca	15,57	22,63	24,63	12,56	2,67	15,612
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	16,93	27,4	23,4	20,7	3,13	18,312
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	28,13	22,33	20,13	3,67	18,565
8	Río Lempa	Puente Citalá	24,57	33,2	30,2	30,2	12,27	26,088
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	16,57	21,47	15,47	11,47	6,1	14,216
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	36,13	50,83	35,83	40,35	38,07	40,242
11	Río San José	Puente Trapichito	38,3	61,33	60,33	59,33	22,4	48,338
12	Río Lempa	Puente Masahuat	24,23	31,73	21,78	30,73	14,73	24,64
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	29,13	34,03	30,03	30,03	9	26,444
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	23,53	28,7	18,7	26,78	20,5	23,642
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	27,7	31,1	15,1	38	20,33	26,446
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	23,6	35,13	33,33	30,13	21,9	28,818
17	Río Ostúa	Puente El Tule	28,6	34,63	33,63	36,63	15,93	29,884
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	26,13	60,17	55,17	43,21	44,27	45,79
Guatemala			LMA			LMP		
El Salvador			100			250		
Honduras			25			400		
México			---			250		

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 23. Niveles de sulfatos en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo, 2010-2011.



10.2. Monitoreo 2012

De acuerdo a los resultados, existe presencia de sulfatos en el agua de los ríos bajo estudio, aunque los valores promedio y de cada monitoreo no superan el límite máximo permisible de acuerdo a la normativa de los tres países.

En el cuadro 26 se presenta la concentración de sulfatos para cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, en el monitoreo realizado durante el año 2012.



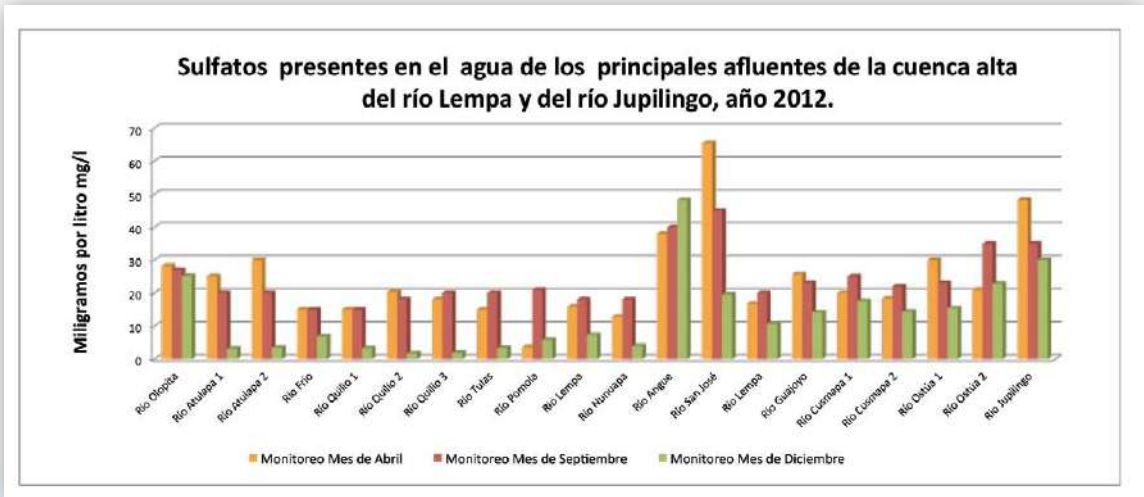
Cuadro 26. Resultados de los niveles de sulfatos en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Sulfatos mg/l			Promedio
			Año 2012			
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	28,2	27	25,13	26,78
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	25	20	3,2	16,07
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	30	20	3,47	17,82
4	Río Frío	Punte Frío	15	15	6,87	12,29
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	15	15	3,33	11,11
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	20,3	18	1,73	13,34
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	18	20	1,93	13,31
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	15	20	3,4	12,80
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	3,67	21	5,87	10,18
10	Río Lempa	Puente Citalá	15,8	18	7,27	13,69
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	12,8	18	3,93	11,58
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	38	40	48,2	42,07
13	Río San José	Puente Trapichito	65,4	45	19,56	43,32
14	Río Lempa	Puente Masahuat	16,73	20	10,67	15,80
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	25,67	23	14,2	20,96
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	20	25	17,53	20,84
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	18,33	22	14,33	18,22
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	29,9	23	15,4	22,77
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	20,93	35	22,8	26,24
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	48,27	35	30	37,76
			LMA		LMP	
Guatemala			100		250	
El Salvador			---		400	
Honduras			25		250	
México			---		---	

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

De forma gráfica se presenta una comparación de los sulfatos presentes en el agua para cada punto de monitoreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar el comportamiento de los mismos en diferentes épocas durante el año.

Gráfica 24. Niveles de sulfatos en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo, año 2012.



11. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda biológica de oxígeno (BDO₅) de un río determina los requerimientos de oxígeno para la degradación biológica de materia orgánica presente en el agua, realizada por bacterias. La demanda química de oxígeno (DQO) mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que están disueltas o en suspensión en el agua.

La demanda biológica de oxígeno a cinco días (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO), muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación del agua por la presencia de centros urbanos e industriales (que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable). Estos parámetros permiten reconocer niveles que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua que muestra indicios importantes de descargas de aguas residuales, municipales, no municipales e industriales.

De acuerdo a la normativa regional el agua superficial de calidad debe tener una Demanda Biológica de Oxígeno de 3 a 6 mg/l y una Demanda Química de Oxígeno de 10 a 20 mg/l, el cual en este estudio es utilizado como valor de referencia.

11.1. Monitoreo 2010-2011

Los resultados muestran que los niveles promedio de DBO variaron 5.64 a 181.39 mg/l en los 14 ríos bajo estudio. El río San José es el que presentó niveles DBO más altos en los cinco muestreos debido a la presencia de materia orgánica por la descarga de aguas residuales de la ciudad de Metapán.

El río Frío presentó un nivel promedio de DBO por debajo del valor de referencias (6 mg/l), los ríos restantes presentaron niveles de DBO superiores al valor de referencia; lo que indica la existencia de contaminación por la descomposición de materia orgánica debió principalmente a aguas residuales de origen doméstico y agua mieles.

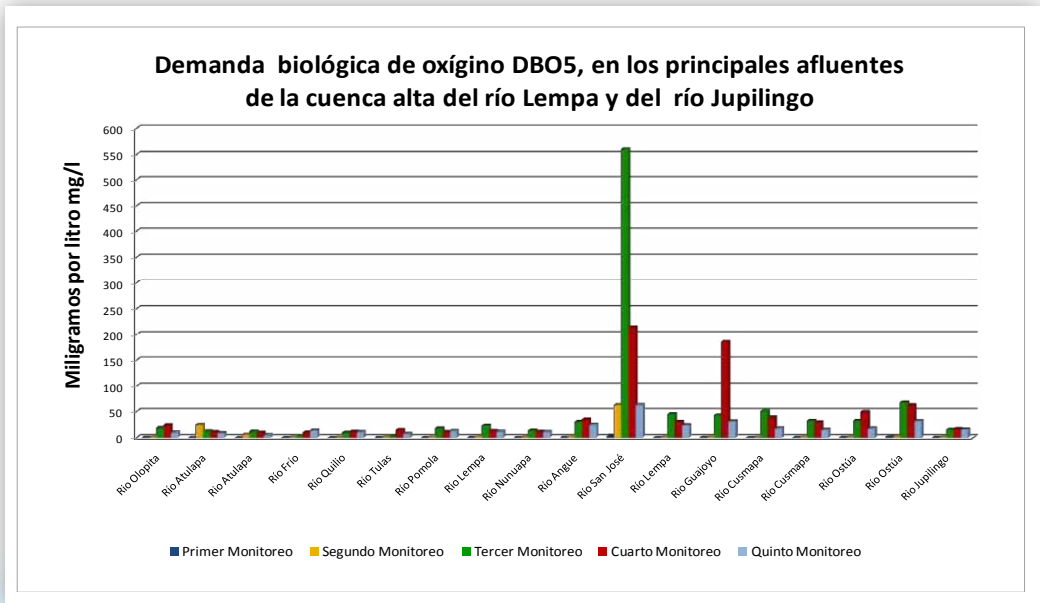


Cuadro 27. Resultados de los niveles demanda biológica de oxígeno DBO en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Demanda Biológica de Oxígeno DBO ₅ mg/l					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	0,75	1,62	18,6	23,4	10,2	10,91
2	Río Atulapa	Punte Atulapa	0,34	24,14	12,45	11,1	9	11,41
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	5,75	12	9,9	5,4	8,26
4	Río Frio	Punte Frio	0,12	0,96	3	10,2	13,8	5,62
5	Río Quilio	Puente de Hamaca	0,32	0,66	9,9	11,55	11,4	6,77
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	0,026	0,89	3,6	14,7	7,8	5,40
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	1,74	18	11,1	13,2	11,01
8	Río Lempa	Puente Citalá	0,51	2,91	22,5	13,2	12	10,22
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	0,38	1,16	13,8	11,7	11,4	7,69
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	0,57	2,97	31,35	35,85	24,6	19,07
11	Río San José	Puente Trapichito	4,07	63,96	560,1	214	64,8	181,39
12	Río Lempa	Puente Masahuat	0,23	0,98	45,45	31,35	23,4	20,28
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	0,59	1,76	43,35	185,85	32,4	52,79
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	0,35	0,5	51,3	39,9	18	22,01
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	0,5	2,4	33,15	30,6	15	16,33
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	0,81	1,19	33,45	50	18	20,69
17	Río Ostúa	Puente El Tule	2,48	2,69	68,85	64,2	33	34,24
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	0,6	1,3	15,3	16,5	15,6	9,86
			Valor de Referencia					
Guatemala			---					
El Salvador			---					
Honduras			---					
México			3 a 6					

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 25. Niveles de Demanda Biológica de Oxígeno en los principales de la cenca alta del río Lempa y el río Jupilingo, 2010-2011.



Los resultados de los cinco muestreos en los ríos bajo estudio, muestran promedios de DQO de entre 19.75 y 303.25 mg/l. El río con promedio mas alto es San José, debido a la presencia de aguas residuales de origen municipal que son vertidas sin ningún tratamiento sobre el cauce del mismo.

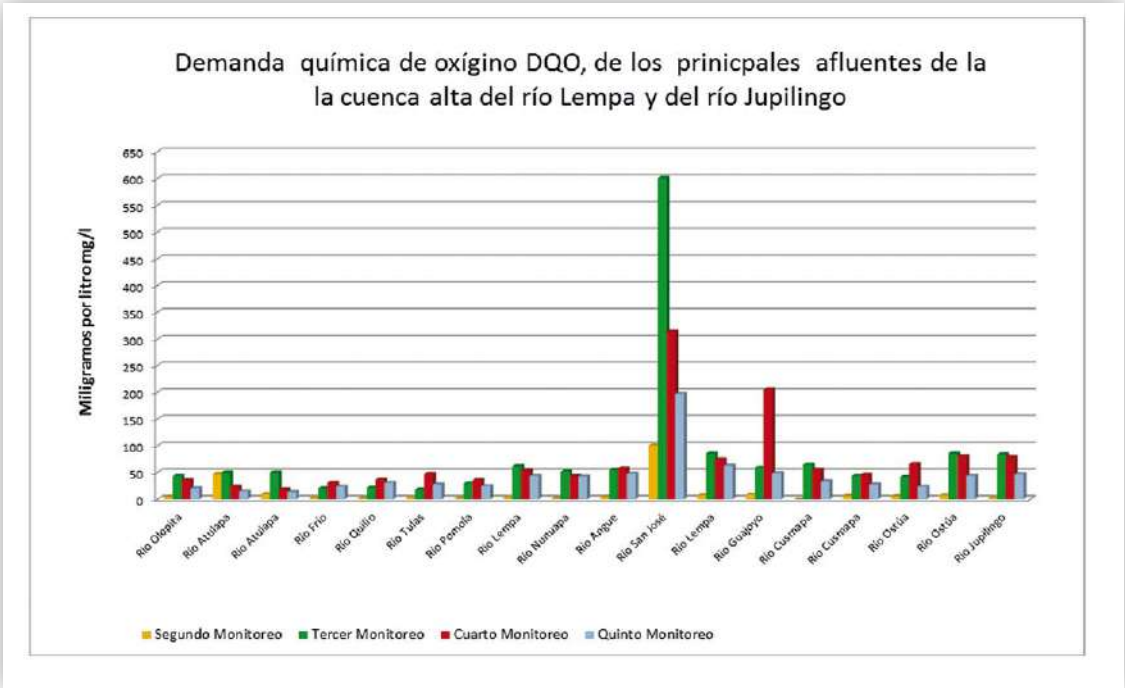
El nivel promedio de DQO más bajo es el del río Frio (19.75 mg/l), ya que este tiene menor riesgo de contaminación antropogénica. De los 14 ríos bajo estudio, 13 presentaron niveles de DQO superiores al valor de rerencia (20 mg/l) lo cual es indicador de la contaminación del agua de estos ríos.

Cuadro 28. Resultados de la demanda química de oxígeno en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Demanda Química de Oxígeno DQO mg/l					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	ND	5	44	36	21	26,5
2	Río Atulapa	Punte Atulapa	ND	47	50	24	15	34
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	10	50	19	14	23,25
4	Río Frio	Punte Frio	ND	3	21	31	24	19,75
5	Río Quilio	Puente de Hamaca	ND	2	22	37	31	23
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	ND	4	19	47	28	24,5
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	2	30	36	25	23,25
8	Río Lempa	Puente Citalá	ND	4	62	54	44	41
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	ND	2	52	44	43	35,25
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	ND	5	55	58	48	41,5
11	Río San José	Puente Trapichito	ND	101	601	314	197	303,25
12	Río Lempa	Puente Masahuat	ND	8	86	75	63	58
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	ND	9	59	205	49	80,5
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	ND	0	65	55	34	38,5
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	ND	7	44	46	28	31,25
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	ND	6	42	66	24	34,5
17	Río Ostúa	Puente El Tule	ND	8	86	81	44	54,75
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	ND	3	84	79	47	53,25
			Valor de Referencia					
Guatemala			---					
El Salvador			---					
Honduras			---					
México			10 a 20					

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 26. Nivel de Demanda Química de Oxígeno de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, 2010-2011.



11.2. Monitoreo 2012

Se presenta los niveles de Demanda Biológica de Oxígeno DBO₅ y Demanda Química de Oxígeno DQO para cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, durante cada uno de los tres muestreos realizados durante el año 2012.

Los valores promedios de DBO en los tres monitoreos muestran que son superiores a los niveles esperados en el agua de río (3 a 6 mg/l), aunque no se cuenta con límites para los países de Guatemala, Honduras y El Salvador.

De acuerdo a los resultados, los niveles promedio de DBO variaron 19.87 a 306.67 mg/l en los ríos bajo estudio. El río San José es el que presentó niveles DBO más altos en los tres monitoreos, debido a la presencia de materia orgánica y bacterias en el agua.



Cuadro 29. Resultados de los niveles demanda biológica de oxígeno DBO, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

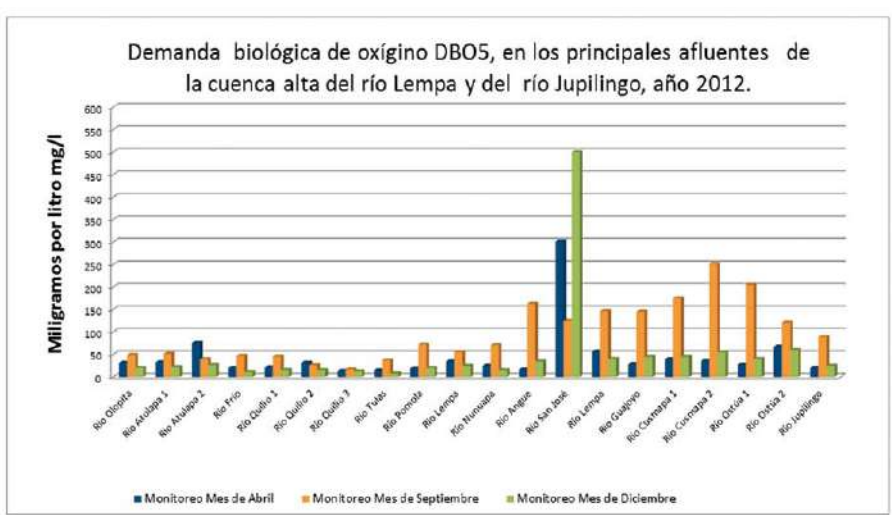
No.	Río	Punto de Monitoreo	Demanda Biológica de Oxígeno DBO ₅ mg/l			Promedio
			Año 2012			
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	31,2	49,2	20,2	33,53
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	32,4	51,6	22,25	35,42
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	75,6	39,6	27	47,40
4	Río Frio	Punte Frio	20,4	46,8	10,8	26,00
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	21,6	45,6	15,3	27,50
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	31,2	26,4	15	24,20
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	13,2	16,8	12,3	14,10
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	14,4	37,2	8	19,87
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	19,2	72	20	37,07
10	Río Lempa	Puente Citalá	34,8	55,2	25,3	38,43
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	25,2	70,8	15	37,00
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	16,4	162,6	35	71,33
13	Río San José	Puente Trapichito	301,2	124,8	500	308,67
14	Río Lempa	Puente Masahuat	56,6	146,4	40	81,00
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	28,8	145,2	45	73,00
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	39,6	175,2	45	86,60
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	36	250,8	55	113,93
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	27,2	205,2	40	90,80
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	67,2	121,2	60	82,80
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	20,6	88,8	25	44,80
			Valor de Referencia			
Guatemala			---			
El Salvador			---			
Honduras			---			
México			3 a 6			

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permissible
ND= No Determinado

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permissible
ND= No Determinado

De forma gráfica se presenta una comparación de niveles de demanda biológica de oxígeno DBO₅ presente en el agua para cada punto de monitoreo en los ríos bajo estudio, donde se puede apreciar su comportamiento en diferentes épocas durante el año.

Gráfica 27. Niveles de Demanda Biológica de Oxígeno en los principales de la cenca alta del río Lempa y el río Jupilingo, año 2012.



De acuerdo a los resultados de los tres muestreos, los niveles promedio de demanda química de oxígeno DQO son superiores a los niveles esperados en el agua de un río (10 a 20 mg/l), aunque no se cuenta con límite para los países de Guatemala, El Salvador y Honduras. Esto debido a la presencia de materia orgánica y bacterias en el agua.

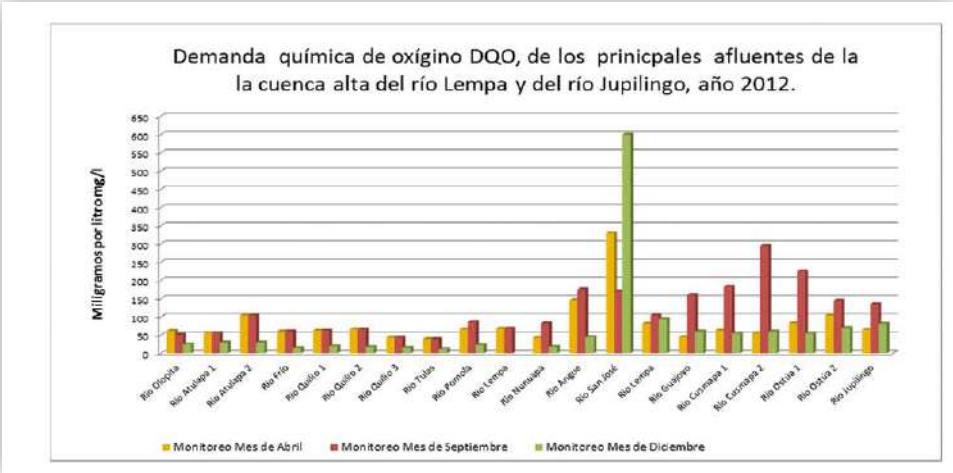
Cuadro 30. Resultados de la demanda química de oxígeno, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Demanda Química de Oxígeno DQO mg/l			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	62	52	25	46,33
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	56	56	30	47,33
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	105	105	30	80,00
4	Río Frío	Punte Frío	60	60	15	45,00
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	63	63	20,3	48,77
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	66	66	18,3	50,10
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	44	44	16	34,67
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	40	40	12,2	30,73
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	66	86	23,3	58,43
10	Río Lempa	Puente Citalá	68	68		68,00
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	43	83	18,5	48,17
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	146	176	45	122,33
13	Río San José	Puente Trapichito	330	170	600	366,67
14	Río Lempa	Puente Masahuat	82	105	94	93,67
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	45	160	60	88,33
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	63	183	55	100,33
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	56	295	60	137,00
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	83	225	55	121,00
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	105	145	70	106,67
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	65	135	82	94,00
			Valor de Referencia			
Guatemala			---			
El Salvador			---			
Honduras			---			
México			10 a 20			

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible

De forma gráfica se presenta una comparación de niveles de demanda química de oxígeno DQO presente en al agua para cada punto de monitoreo en los ríos bajo estudio.

Gráfica 28. Nivel de Demanda Química de Oxígeno de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, año 2012.



12. Dureza

La dureza es una característica del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. La dureza en el agua es indeseable para el lavado doméstico e industrial porque las sales insolubles requieren de más jabón para el desarrollo de las actividades domésticas e industriales, además provoca mal sabor en el agua y ocasiona la obstrucción de tuberías de agua potable y riego. La dureza se caracteriza por el contenido de calcio y magnesio, la cual se expresa en miligramos por litro (mg/l) de carbonato de calcio.

En la normativa Guatemalteca el límite máximo aceptable es de 100 mg/l y el límite máximo permisible de 500 mg/l de dureza total. Para El Salvador el límite máximo aceptable es de 400 mg/l y para Honduras el límite máximo permisible es de 500 mg/l de dureza.

Clasificación de la Dureza

Dureza como CaCO_3 Interpretación

0-75	Agua Suave
75-150	Agua poco Dura
150-300	Agua Dura
> 300	Agua muy dura

12.1. Monitoreo 2010-2011

De acuerdo a los resultados los valores promedio de dureza variaron entre 16.036 a 148.21 mg/l CaCO_3 . El río con el valor promedio más alto de dureza es el Jupilingo y el río con valor promedio más bajo fue el río Tulas.

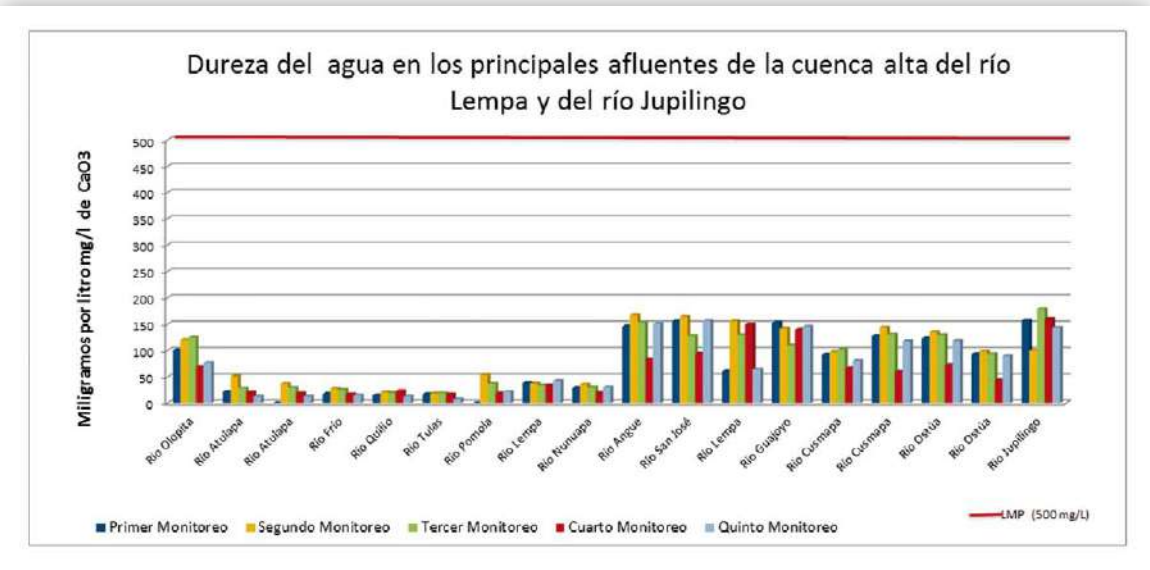
De acuerdo a la clasificación de la dureza, en 8 puntos de control en los 14 ríos bajo estudio presenta Agua suave 44% y los 10 restantes que corresponden al 66% presentan Agua Poco Dura o Semidura. Sin embargo en el cien por ciento de los ríos la dureza está por debajo del límite máximo permisible (500 mg/l CaCO_3) de acuerdo a la normativa de los tres países.

Cuadro 31. Resultados de Dureza, de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Dureza mg/l CaCO ₃					
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	Promedio
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	100,98	120,87	125	69	77	98,57
2	Río Atulapa	Punte Atulapa	21,93	51,51	28	21	13	27,088
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	36,72	29	19	13	24,43
4	Río Frío	Punte Frío	17,85	27,54	25	17	15	20,478
5	Río Quilio	Puente de Hamaca	15,3	21,42	20	23	13	18,544
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	17,31	18,87	19	17	8	16,036
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	54,57	37	19	22	33,1425
8	Río Lempa	Puente Citalá	38,76	37,74	34	34	43	37,5
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	29,07	35,7	30	20	30	28,954
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	146,37	167,7	154	84	151	140,614
11	Río San José	Puente Trapichito	156,57	164,73	128	95	157	140,26
12	Río Lempa	Puente Masahuat	61,2	156,57	130	150	65	112,554
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	153,51	142,29	110	140	146	138,36
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	92,82	97,92	102	67	81	88,148
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	128,01	144,33	131	60	118	116,268
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	123,93	135,66	130	73	119	116,318
17	Río Ostúa	Puente El Tule	93,84	98,94	94	44	90	84,156
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	157,59	99,96	179	160,5	144	148,21
			LMA			LMP		
Guatemala			100			500		
El Salvador			---			500		
Honduras			400			---		

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado

Gráfica 29. Dureza del agua en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo, 2010-2011.



12.2. Monitoreo 2012

De acuerdo a los resultados los niveles de dureza no superan el límite máximo permisible para la normativa de los tres países, en los tres monitoreos realizados. Sin embargo en algunos ríos la dureza es superior a 100 mg/l que es el límite máximo aceptable en la normativa Guatemalteca.

En el cuadro 32 se presenta la dureza para cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, como parte del monitoreo realizado durante el año 2012.

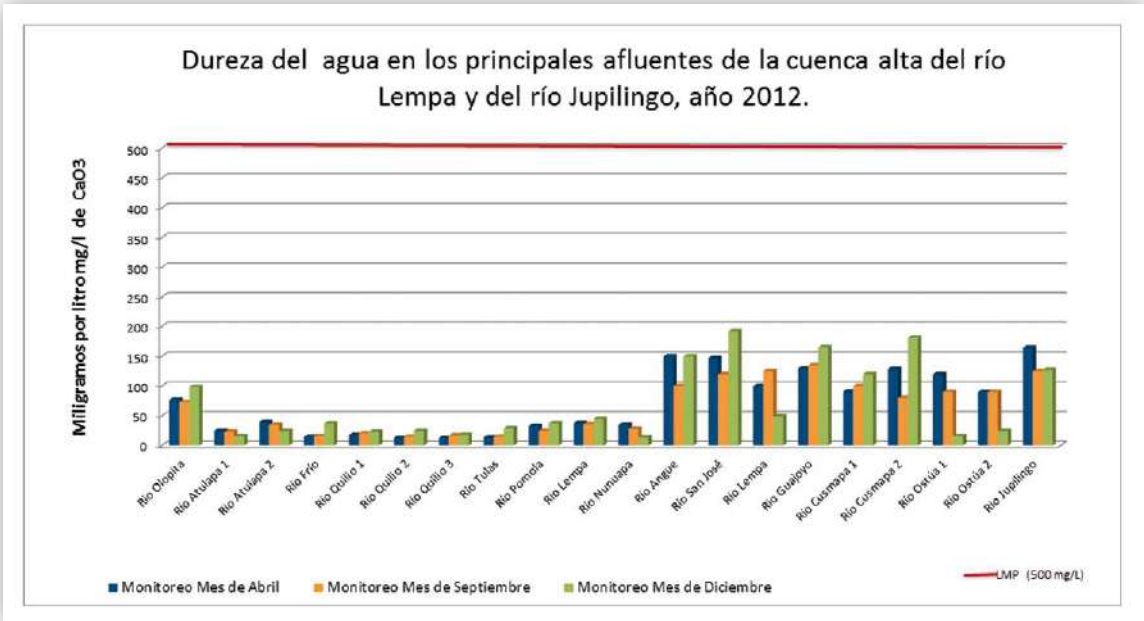
Cuadro 32. Resultados de Dureza, de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Dureza mg/l CaCO ₃			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	77	73	98,5	82,83
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	25	23	16	21,33
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	40	35	25	33,33
4	Río Frío	Punte Frío	15	16	37	22,67
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	18	21	23	20,67
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	13	15	25	17,67
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	13	17	18	16,00
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	14	15	29	19,33
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	33	25	37,5	31,83
10	Río Lempa	Puente Citalá	38	36	45	39,67
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	35	28	14	25,67
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	150	100	150	133,33
13	Río San José	Puente Trapichito	147	120	192	153,00
14	Río Lempa	Puente Masahuat	100	125	49	91,33
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	130	135	165	143,33
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	91	100	120	103,67
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	129	80	181	130,00
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	120	90	16	75,33
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	90	90	25	68,33
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	164	125	127	138,67
			LMA			LMP
Guatemala			100			500
El Salvador			---			500
Honduras			400			---

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible

De forma gráfica se presenta una comparación de la dureza presente en al agua para cada uno de los muestreos en los ríos bajo estudio.

Gráfica 30. Dureza del agua en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo, año 2012.



13. Coliformes Totales y Coliformes Fecales

Los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes en el agua es un indicador de la contaminación con heces, aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

Las bacterias coliformes, que se encuentran en los intestinos de los humanos y otros animales de sangre caliente, son conocidas como coliformes fecales; y es un indicador que las aguas negras han contaminado el agua de los ríos. Se hacen pruebas específicamente para coliformes fecales o para el total de bacterias coliformes (coliformes totales) que incluye todos los tipos de bacterias coliformes y que puede indicar contaminación fecal.

Para Guatemala la normativa establece que el agua para consumo humano debe tener < 3 NMP/100 ml (Número Más Probable por 100 mililitros de agua) tanto de Coliformes Totales como de Coliformes Fecales; para El Salvador el agua debe tener < 1.1 NMP/100 ml tanto de Coliformes Totales como de Coliformes Fecales; y para Honduras la normativa establece que el agua debe tener 0 NMP/100 ml.

13.1. Monitoreo 2010-2011

De acuerdo a los resultados el agua de los ríos muestreados está contaminada con coliformes totales y coliformes fecales porque presentan valores superiores a 3 NMP/100 ml; lo cual es un indicador que los ríos de cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo están contaminados con heces fecales humanas o de animales de sangre caliente, provocando que el agua no sea apta para consumo humano.

De acuerdo a los resultados el valor promedio de coliformes totales varió entre 1232 a mayor 2400 NMP/100 ml de agua, y las coliformes fecales entre 151 a mayor de 2400 NMP/100 ml de agua. La presencia de coliformes totales y fecales superiores al valor de referencia para los tres países, indica que el agua de los ríos bajo estudio está contaminada con heces fecales la cual no la hace apta para el consumo humano en condiciones naturales. Por lo cual se le debe brindar algún tipo de tratamiento para eliminar la presencia de bacterias coliformes antes de ser utilizado para uso y consumo humano. Este es uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad de agua porque si existe la presencia de coliformes fecales en el agua y si esta se consume provoca graves daños a la salud humana.

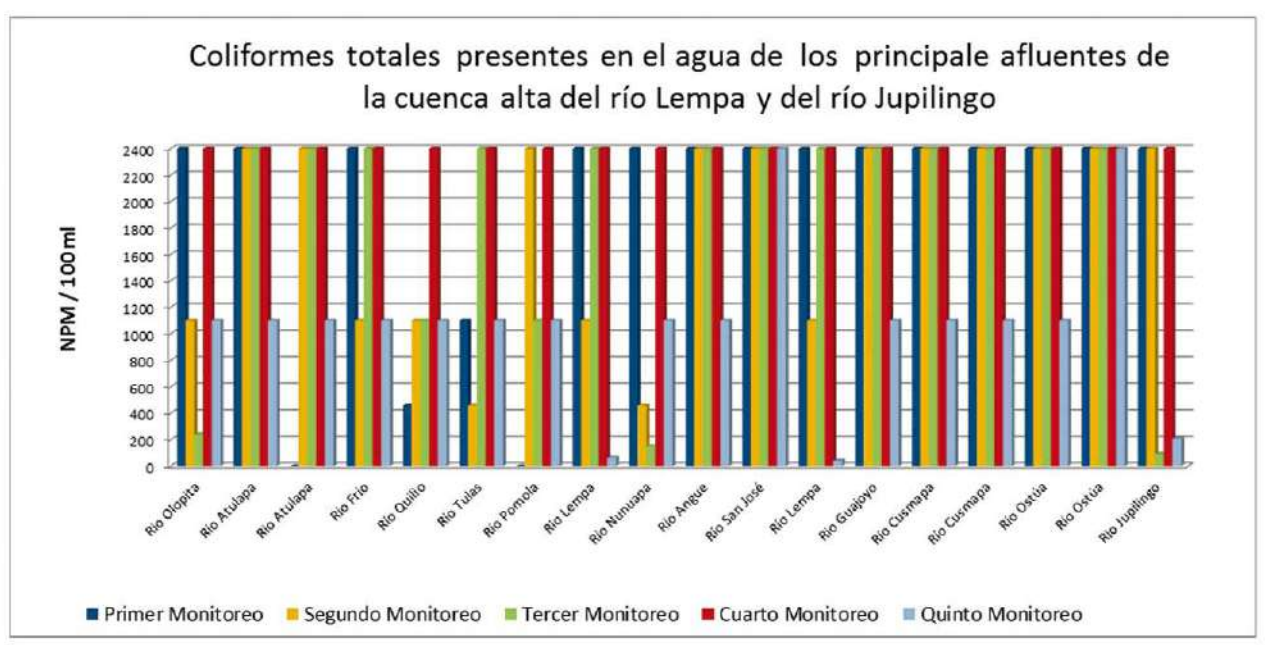
En el cuadro 18 y 19, se presentar los valores de coliformes totales y fecales obtenidos en los cinco monitoreos para los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo. En la grafica 16 y 17 se presenta la comparación de la concentración de coliformes totales y fecales en los 18 puntos de muestreo.

Cuadro 33. Resultados de coliformes totales, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

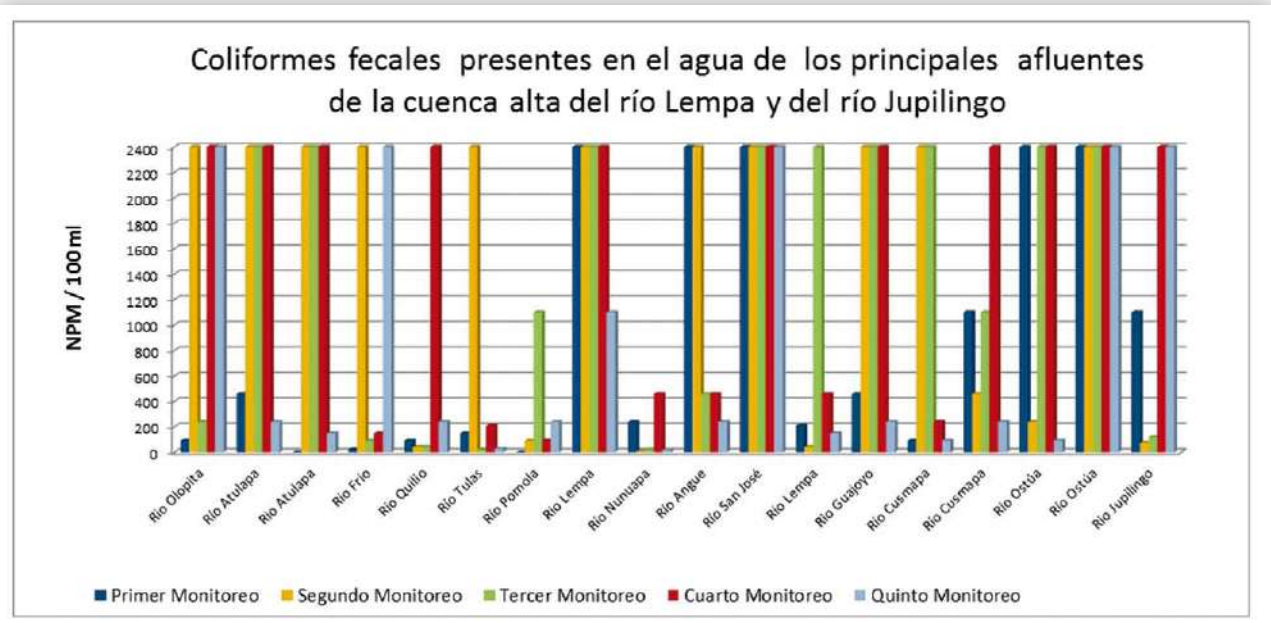
No.	Río	Punto de Monitoreo	Coliformes Totales NMP/100ml					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Rio Olopita	Puente Antiguo de Olopita	2400	1100	240	2400	1100	1448
2	Rio Atulapa	Punte Atulapa	2400	2400	2400	2400	1100	2140
3	Rio Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	2400	2400	2400	1100	2075
4	Rio Frio	Punte Frio	2400	1100	2400	2400	1100	1880
5	Rio Quilio	Puente de Hamaca	460	1100	1100	2400	1100	1232
6	Rio Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	1100	460	2400	2400	1100	1492
7	Rio Pomola	Puente de Hamaca	ND	2400	1100	2400	1100	1750
8	Rio Lempa	Puente Citalá	2400	1100	2400	2400	64	1673
9	Rio Nunuapa	Puente Nunuapa	2400	460	150	2400	1100	1302
10	Rio Angue	Puente del Ferrocarril	2400	2400	2400	2400	1100	2140
11	Rio San José	Puente Trapichito	2400	2400	2400	2400	2400	2400
12	Rio Lempa	Puente Masahuat	2400	1100	2400	2400	43	1669
13	Rio Guajoyo	Puente San Francisco	2400	2400	2400	2400	1100	2140
14	Rio Cusmapa	Puente Santa Cruz	2400	2400	2400	2400	1100	2140
15	Rio Cusmapa	Trapiche Los Callejones	2400	2400	2400	2400	1100	2140
16	Rio Ostúa	Estación del INSIVUHME	2400	2400	2400	2400	1100	2140
17	Rio Ostúa	Puente El Tule	2400	2400	2400	2400	2400	2400
18	Rio Jupilingo	Puente Jupilingo	2400	2400	93	2400	210	1501
Guatemala			LMA			LMP		
El Salvador			< 3			< 3		
Honduras			< 1.1			< 1.1		
			0			0		

LMA Limite Máximo Aceptable
LMP Limite Máximo Permisible
ND= No Determinado
Los valores de 2400 presentan mayor de 2400 NMP/100 ml de Agua.

Gráfica 31. Presencia de coliformes totales en los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.



Gráfica 32. Presencia de coliformes fecales en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, 2010-2011.



Cuadro 34. Resultados de coliformes fecales en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, 2010-2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Coliformes Fecales NPM/100ml					Promedio
			Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011	Quinto Monitoreo Diciembre 2011	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	93	2400	240	2400	2400	1507
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	460	2400	2400	2400	240	1580
3	Río Atulapa	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	2400	2400	2400	150	1838
4	Río Frio	Puente Frio	23	2400	93	150	2400	1013
5	Río Quillo	Puente de Hamaca	93	43	43	2400	240	564
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	150	2400	23	210	28	562
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	93	1100	93	240	382
8	Río Lempa	Puente Citalá	2400	2400	2400	2400	1100	2140
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	240	9	23	460	21	151
10	Río Angue	Puente del Ferrocarril	2400	2400	460	460	240	1192
11	Río San José	Puente Trapichito	2400	2400	2400	2400	2400	2400
12	Río Lempa	Puente Masahuat	210	43	2400	460	150	653
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	460	2400	2400	2400	240	1580
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	93	2400	2400	240	93	1045
15	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	1100	460	1100	2400	240	1060
16	Río Ostúa	Estación del INSIVUHME	2400	240	2400	2400	93	1507
17	Río Ostúa	Puente El Tule	2400	2400	2400	2400	2400	2400
18	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	1100	75	120	2400	2400	1219
Guatemala			LMA		LMP			
El Salvador			< 3		< 3			
Honduras			< 1.1		< 1.1			
			0		0			

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
ND= No Determinado
Los valores de 2400 presentan mayor de 2400 NPM/100ml de Agua.

13.2. Monitoreo 2012

Se presenta la concentración de bacterias coliformes totales y fecales expresada en número de colonias NMP/100 ml de agua, para cada uno de los ríos en los diferentes puntos de muestreo, en cada uno de los tres muestreos realizados durante el monitoreo del año 2012.

De acuerdo a los resultados, todos los ríos bajo estudio tienen presencia de coliformes totales y fecales lo cual indica la contaminación del agua con heces fecales de animales de sangre caliente y especialmente por excretas humanas, producto de la descarga de agua residuales sin ningún tipo de tratamiento sobre los cuerpos de agua.

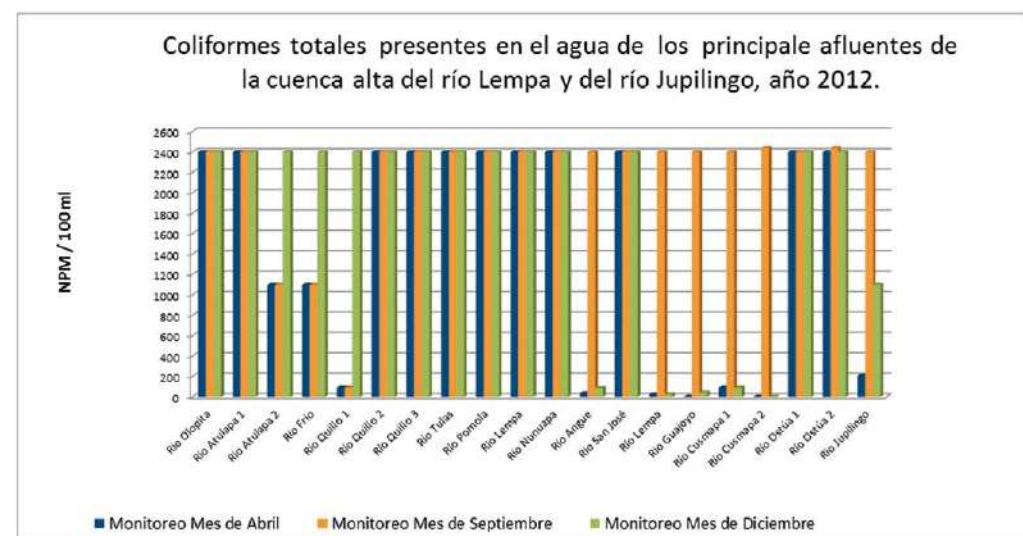
En el cuadro 35 y 36, se presentan los valores de coliformes totales y fecales respectivamente, obtenidos en los tres muestreos. En la gráfica 33 y 34, se presenta una comparación de concentración de bacterias coliformes totales y fecales presente en el agua para cada punto de monitoreo en los ríos bajo estudio.

Cuadro 35. Resultados de coliformes totales, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Coliformes Totales NMP/100ml			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	2400	2400	2400	2400
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	2400	2400	2400	2400
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	1100	1100	2400	1533
4	Río Frio	Punte Frio	1100	1100	2400	1533
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	93	93	2400	862
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	2400	2400	2400	2400
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	2400	2400	2400	2400
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	2400	2400	2400	2400
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	2400	2400	2400	2400
10	Río Lempa	Puente Citalá	2400	2400	2400	2400
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	2400	2400	2400	2400
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	39	2400	90	843
13	Río San José	Puente Trapichito	2400	2400	2400	2400
14	Río Lempa	Puente Masahuat	28	2400	28	819
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	3	2400	43	815
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	93	2400	93	862
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	4	2440	4	816
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	2400	2400	2400	2400
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	2400	2440	2400	2413
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	210	2400	1100	1237
Guatemala			LMA		LMP	
El Salvador			< 3		< 3	
Honduras			< 1.1		< 1.1	
Honduras			0		0	

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
Los valores de 2400 presentan mayor de 2400 NMP/100 de Agua.

Gráfica 33. Presencia de coliformes totales en los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

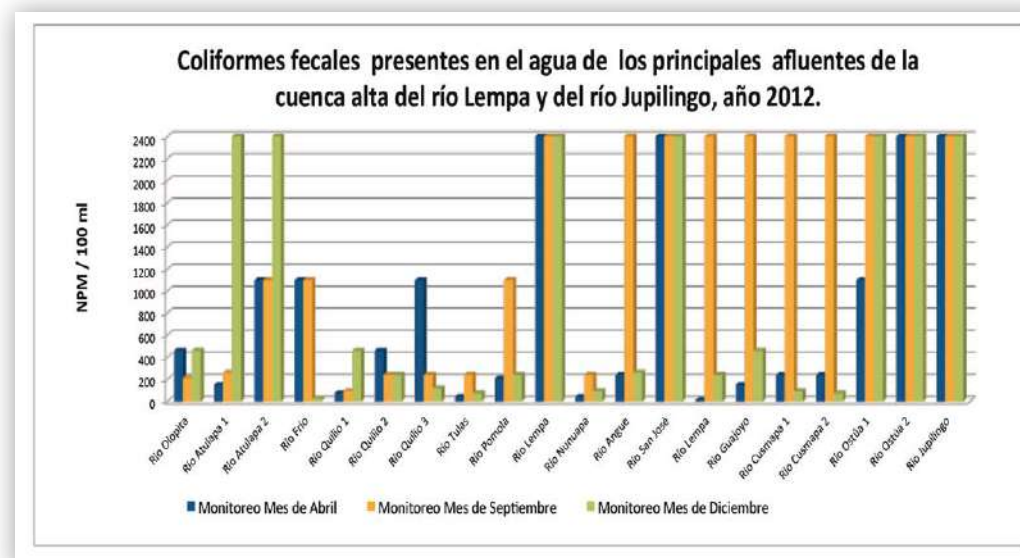


Cuadro 36. Resultados de coliformes fecales, en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y del río Jupilingo, año 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Coliformes Fecales NMP/100ml			
			Año 2012			Promedio
			Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	460	210	460	377
2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	150	260	2400	937
3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	1100	1100	2400	1533
4	Río Frio	Punte Frio	1100	1100	23	741
5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	75	93	460	209
6	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	460	240	240	313
7	Río Quilio 3	Dolores Merendón	1100	240	120	487
8	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	43	240	75	119
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	210	1100	240	517
10	Río Lempa	Puente Citalá	2400	2400	2400	2400
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	43	240	93	125
12	Río Angue	Puente del Ferrocarril	240	2400	260	967
13	Río San José	Puente Trapichito	2400	2400	2400	2400
14	Río Lempa	Puente Masahuat	15	2400	240	885
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	150	2400	460	1003
16	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	240	2400	93	911
17	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	240	2400	75	905
18	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	1100	2400	2400	1967
19	Río Ostúa 2	Puente El Tule	2400	2400	2400	2400
20	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	2400	2400	2400	2400
Guatemala			LMA		LMP	
El Salvador			< 3		< 3	
Honduras			< 1.1		< 1.1	
Honduras			0		0	

LMA Límite Máximo Aceptable
LMP Límite Máximo Permisible
Los valores de 2400 presentan mayor de 2400 NMP/100 de Agua.

Gráfica 34. Presencia de coliformes fecales en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, año 2012.



14. Índice de Calidad del Agua General –ICA–

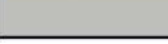
Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua, el Índice de Calidad de Agua –ICA- define la aptitud del cuerpo de agua con respecto a los usos que pueda tener. Estos índices son llamados de “Usos Específicos”.

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

Estimación del Índice de Calidad de Agua General –ICA–.

El Índice de Calidad de Agua - ICA - adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación de agua en estudio. Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base al siguiente cuadro:

Cuadro 37. Clasificación del ICA propuesta de Brown

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR
Exelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pesíma		0 a 25

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

Las aguas con un “ICA” de 50 a 70, de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y aumentan con frecuencia el crecimiento de las algas.

Las aguas con un “ICA” de 25 a 50, de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y experimentan probablemente problemas de la contaminación.

Las aguas con un “ICA” de 0 a 25, que caen en categoría “Pésima” pueden solamente 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 la natación.

En función de esta clasificación se establecieron los criterios que a continuación se presentan, dependiendo del uso al que se destina el agua indicándose las medidas o límites aconsejables. Es importante mencionar que dichos criterios no deben tomarse como dogma y deberán ser analizados para cada caso en particular.

Criterios generales según el Índice de Calidad de Agua, panel de expertos Dinius (1987)

Rango ICA	CRITERIOS GENERALES	
	USO: AGUA POTABLE	USO: RIEGO AGRICOLA
90	NO REQUIERE PURIFICACION PARA SU CONSUMO	NO REQUIERE DE TRATAMIENTO PARA RIEGO
80	REQUIERE PURIFICACION MENOR	TRATAMIENTO MENOR PARA CULTIVOS QUE REQUIEREN DE ALTA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO
70	DUDOSO SU CONSUMO SIN PURIFICACION	UTILIZABLE EN LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS
60	TRATAMIENTO DE POTABILIZACION INDISPENSABLE	TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS
50	DUDOSO PARA CONSUMO	SOLO PARA CULTIVOS MUY RESISTENTES (FORRAJES)
40	INACEPTABLE PARA CONSUMO	INACEPTABLE PARA RIEGO
30		
20		

Uso como Agua Potable

- 90-100 E - No requiere purificación para consumo.
- 80-90 A - Purificación menor requerida.
- 70-80 LC- Dudoso su consumo sin purificación.
- 50-70 C - Tratamiento potabilizador necesario.
- 40-50 FC- Dudosa para consumo.
- 0-40 EC- Inaceptable para consumo.

Uso en Agricultura

- 90-100 E - No requiere purificación para riego.
- 70-90 A - Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.
- 50-70 LC- Utilizable en mayoría de cultivos.
- 30-50 C - Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
- 20-30 FC- Uso solo en cultivos muy resistentes.
- 0-20 EC- Inaceptable para riego.

Uso en Pesca y Vida Acuática

- 70-100 E - Pesca y vida acuática abundante.
- 60-70 A - Límite para peces muy sensitivos.
- 50-60 LC- Dudosa la pesca sin riesgos de salud.
- 40-50 C - Vida acuática limitada a especies muy resistentes.
- 30-40 FC- Inaceptable para actividad pesquera.
- 0-30 EC- Inaceptable para vida acuática.



Uso Industrial

- 90-100 E - No se requiere purificación.
- 70-90 A - Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación.
- 50-70 LC- No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal.
- 30-50 C - Tratamiento para mayoría de usos.
- 20-30 FC- Uso restringido en actividades burdas.
- 0-20 EC- Inaceptable para cualquier industria.

Uso Recreativo

- 70-100 E - Cualquier tipo de deporte acuático.
- 50-70 A - Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.
- 40-50 LC- Dudosa para contacto con el agua.
- 30-40 C - Evitar contacto, sólo con lanchas.
- 20-30 FC- Contaminación visible, evitar cercanía
- 0-20 EC- Inaceptable para recreación.

Adicionalmente a los lineamientos presentados es conveniente analizar en forma individual cada una de las calificaciones de los parámetros con el objeto de establecer si el deterioro se debe a la alta presencia de nutrientes, a la falta de oxígeno, al exceso de presencia de bacterias riesgosas para la salud, entre otras posibilidades de alteración de la calidad del agua.

14.1. Monitoreo 2010-2011

Cuadro 38. Índice de Calidad del Agua General en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, en los cinco monitoreos y su promedio. 2010-2011.

No.	Código de Identificación	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad del Agua -ICA-			
				Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011
1	PM1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	69	66	54	55
2	PM2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	71	62	60	59
3	PM3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	68	57	58
4	PM4	Río Frío	Punte Frío	74	72	72	66
5	PM5	Río Quillo	Puente de Hamaca	77	75	64	53
6	PM6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	74	70	70	68
7	PM7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	68	49	60
8	PM8	Río Lempa Citlál	Puente Citlál	63	57	46	56
9	PM9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	72	74	61	60
10	PT1	Río Angue	Puente del Ferrocarril	75	71	53	53
11	PT2	Río San José	Puente Trapichito	53	39	34	40
12	PT4	Río Lempa Masahuat	Puente Masahuat	76	76	50	54
13	PM10	Río Guajoyo	Puente San Francisco	67	60	55	48
14	PM11	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	70	61	52	52
15	PM12	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	63	54	54	50
16	PT8	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	54	64	47	42
17	PT10	Río Ostúa 2	Puente El Tule	56	59	47	43
18	PC1	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	64	70	59	47

ND= No Determinado

Como se observa en el cuadro anterior el río Frío es el que presenta el ICA más alto con un valor promedio de 70 y el río San José en el punto del puente Trapichito presento el ICA más bajo con un valor promedio de 43; es decir el río más contaminado de acuerdo al índice de calidad de agua general –ICA- es el río San José ubicado en el municipio de Matapán en El Salvador, debido a la descarga de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento sobre el cauce del río. Así mismo en el cuadro 38 se puede observar el índice de calidad de agua –ICA-, obtenido en cada monitoreo y el promedio donde se observa que en la época seca los ríos donde no se descargan aguas residuales presentan el mayor valor del ICA y por lo tanto una mejor calidad del agua, no así para los ríos en los cuales se descargan agua residuales donde el –ICA- presente un menor valor debido a la reducción de caudal y un aumento en la concentración de la contaminación.

Para el caso de los ríos donde la descarga de aguas residuales es mínima y el caudal es significativo el índice de calidad –ICA- se reduce en la época lluviosa debido al arrastre de partículas de suelo principalmente lo cual influye en parámetros como la turbidez y la concentración de coliformes fecales y totales.

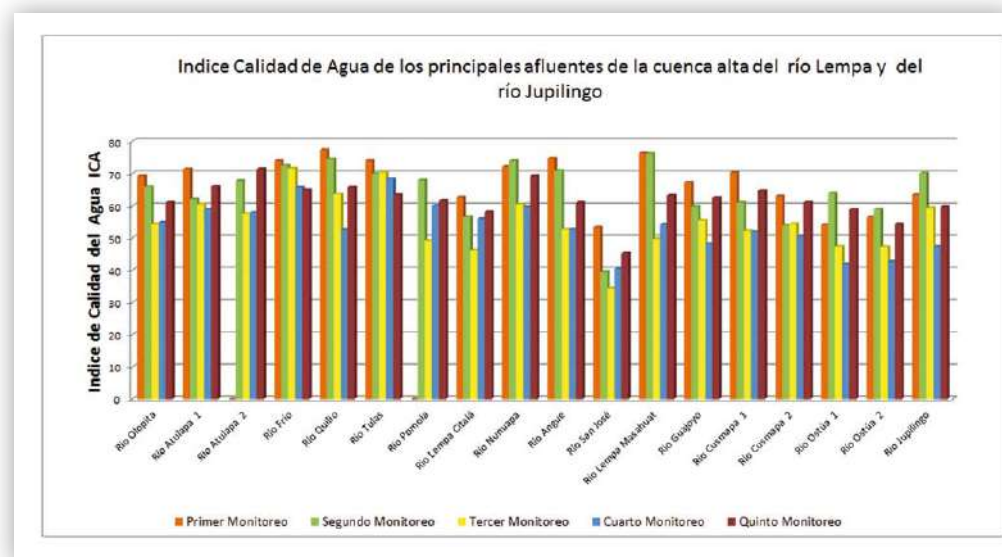
Cuadro 39. Calidad del Agua General en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, en los cinco monitoreos y su promedio realizados en 2010-2011, de acuerdo a la escala de Brown.

No.	Código de Identificación	Río	Punto de Monitoreo	Calidad del Agua General			
				Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	Cuarto Monitoreo Septiembre 2011
1	PM1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	Regular	Regular	Regular	Regular
2	PM2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	Buena	Regular	Regular	Regular
3	PM3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	ND	Regular	Regular	Regular
4	PM4	Río Frío	Punte Frío	Buena	Buena	Buena	Regular
5	PM5	Río Quillo	Puente de Hamaca	Buena	Buena	Regular	Regular
6	PM6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	Buena	Regular	Regular	Regular
7	PM7	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	Regular	Mala	Regular
8	PM8	Río Lempa Citlál	Puente Citlál	Regular	Regular	Mala	Regular
9	PM9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	Buena	Buena	Regular	Regular
10	PT1	Río Angue	Puente del Ferrocarril	Buena	Buena	Regular	Regular
11	PT2	Río San José	Puente Trapichito	Regular	Mala	Mala	Mala
12	PT4	Río Lempa Masahuat	Puente Masahuat	Buena	Buena	Mala	Regular
13	PM10	Río Guajoyo	Puente San Francisco	Regular	Regular	Regular	Mala
14	PM11	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	Regular	Regular	Regular	Regular
15	PM12	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	Regular	Regular	Regular	Mala
16	PT8	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	Regular	Regular	Mala	Mala
17	PT10	Río Ostúa 2	Puente El Tule	Regular	Regular	Mala	Mala
18	PC1	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	Regular	Regular	Regular	Mala

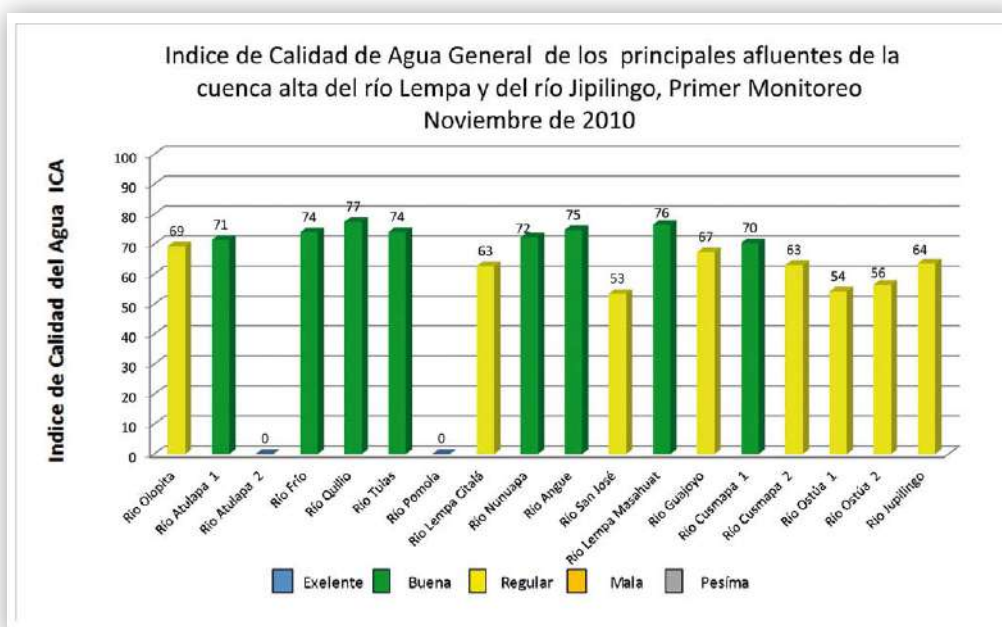
En el cuadro 39, se presenta la calidad general del agua con base al valor de –ICA- según la propuesta de Brown, donde se puede observar la calidad del agua de cada uno de los ríos de los principales afluentes del río Lempa y el río Jupilingo en los cinco muestreos y la calidad promedio. Se puede observar que en la mayoría de los ríos la calidad del agua es “Regular” y únicamente en río Frío presento una calidad el agua “Buena” y el río San José una calidad del agua “Mala”.

En las graficas de la 35 a la 41, se presenta el índice de calidad del agua –ICA-, la calidad del agua para los ríos bajo estudio en cada uno de los cinco monitoreos realizados y el promedio de los cinco muestreos en los cuales se puede observar la comparación de la calidad del agua de forma separada por muestreos.

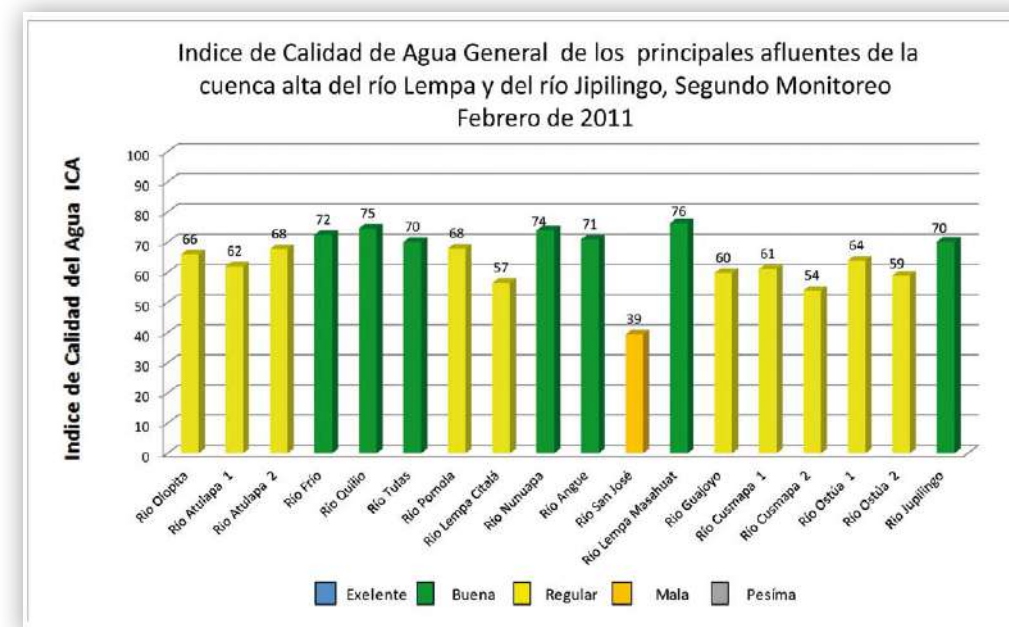
Gráfica 35. Índice Calidad del Agua –ICA- en los ríos bajo estudio en los cinco muestreos realizados en el 2010-2011.



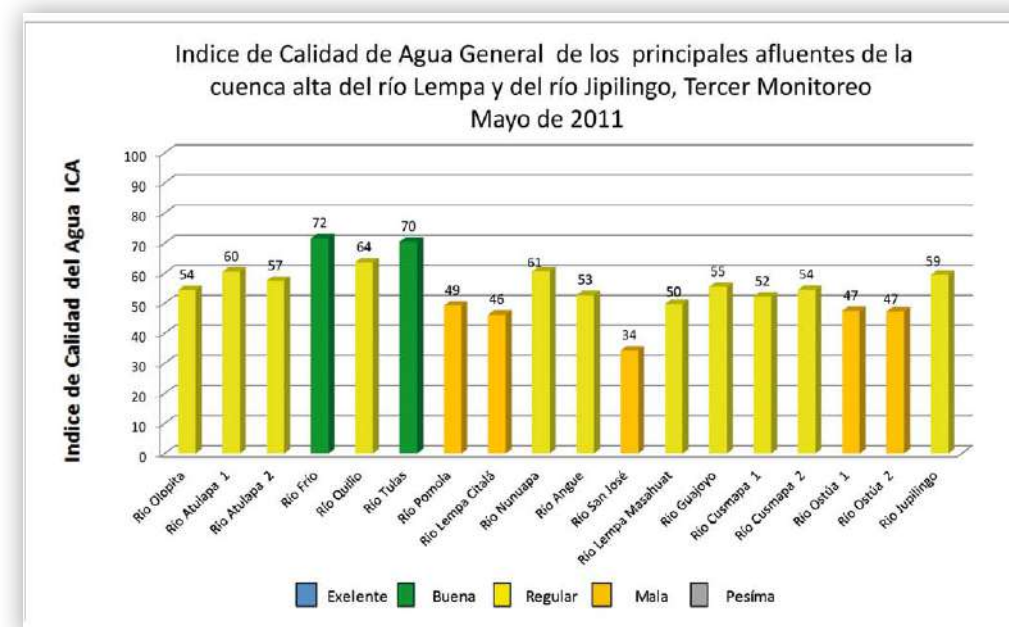
Gráfica 36. Índice de Calidad del agua –ICA- en los ríos bajo estudio en el primer muestreo, noviembre 2010



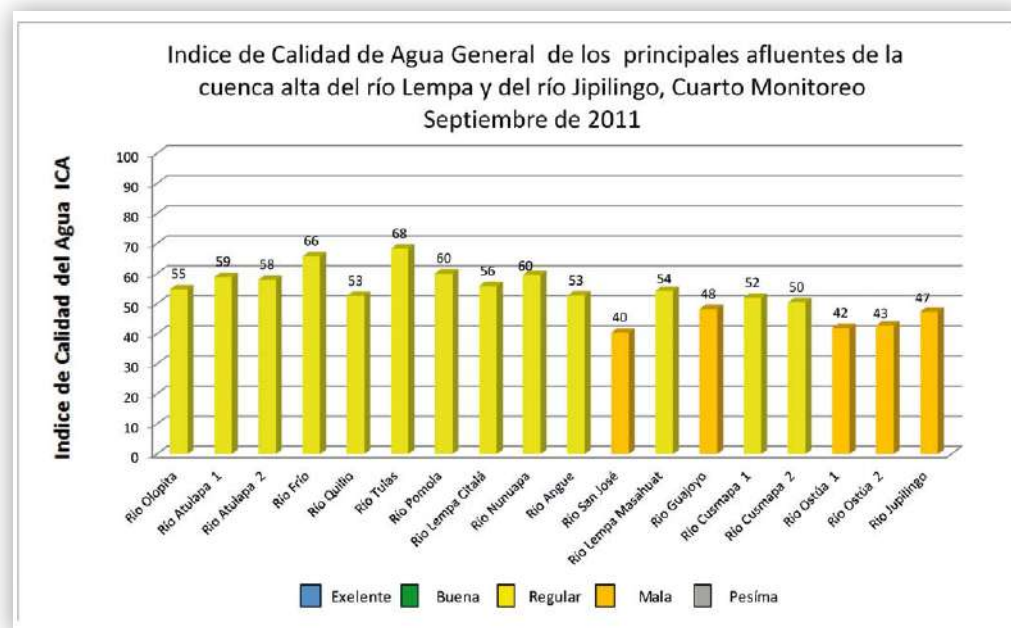
Gráfica 37. Índice de calidad del agua –ICA- en los ríos bajo estudio en el segundo muestreo, febrero 2011



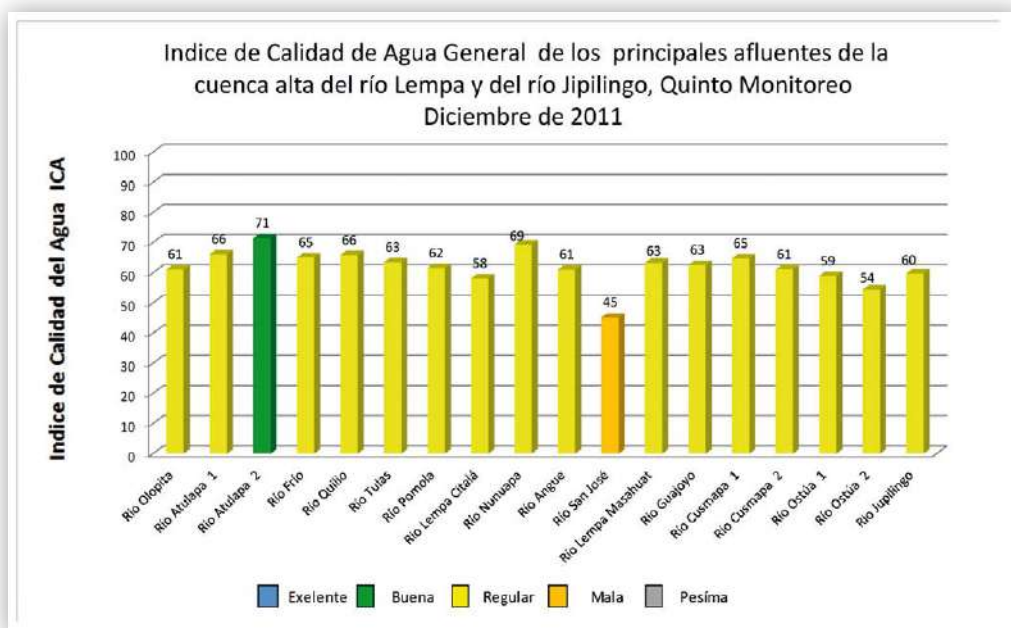
Gráfica 38. Índice de calidad de Agua –ICA- en ríos bajo estudio en el tercer muestreo, Mayo 2011.



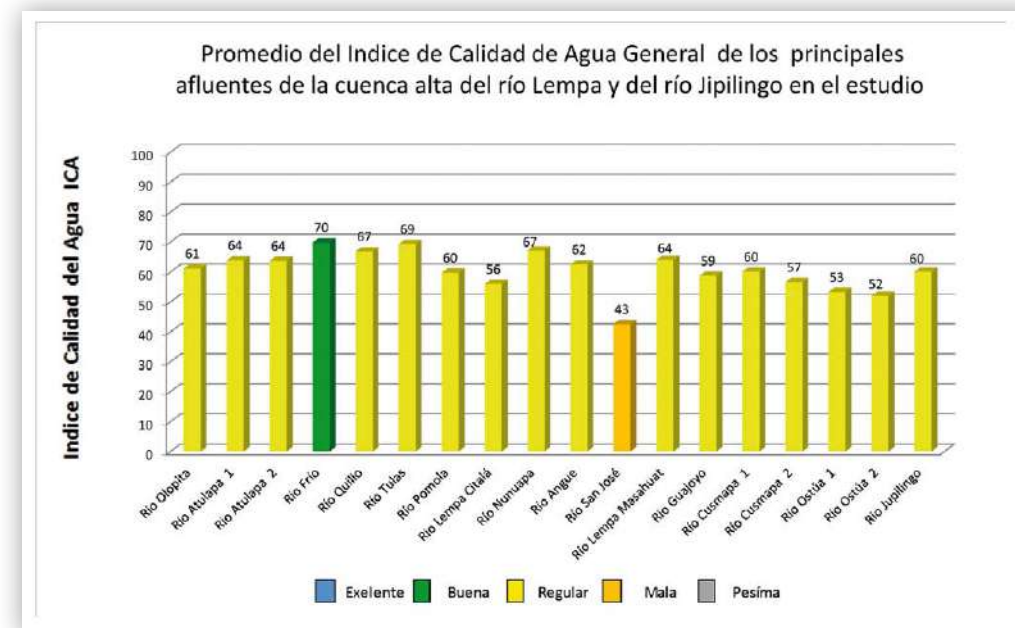
Gráfica 39. Índice de Calidad de Agua –ICA-en los ríos bajo estudio en el cuarto muestreo, septiembre 2011.



Gráfica 40. Índice de Calidad del agua –ICA- en los ríos bajo estudio en el quinto muestreo, diciembre 2011.



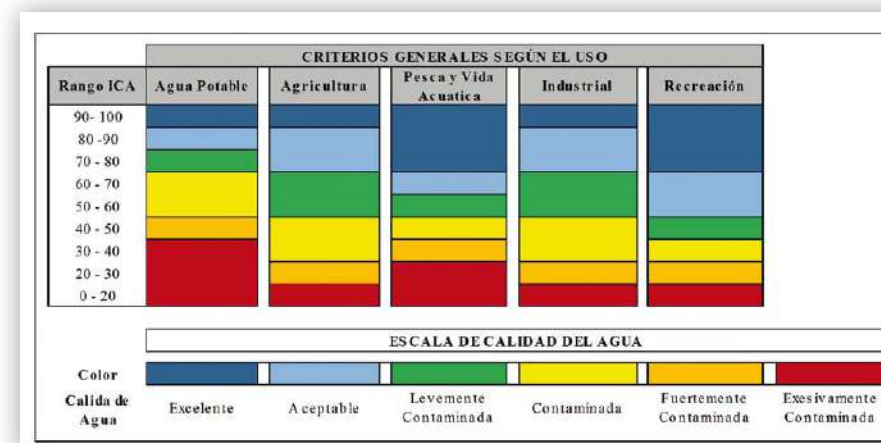
Gráfica 41. Índice de Calidad del agua-ICA- promedio en los ríos bajos estudio, 2010-2011



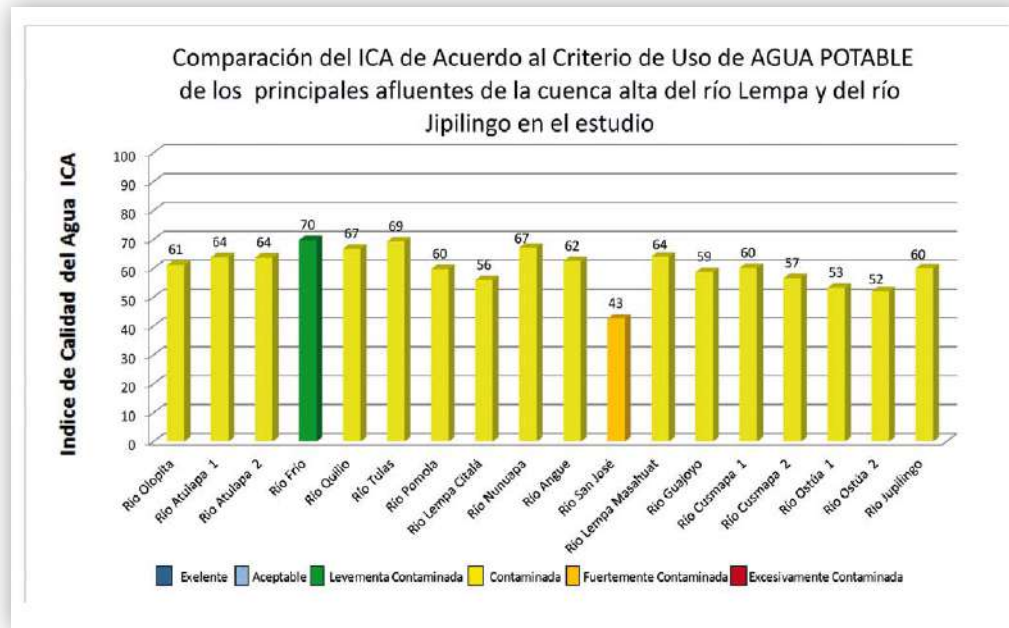
En las graficas de la 43 a la 47, se presente el índice de calidad del agua y la calidad el agua de acuerdo la escala según los criterios generales de uso: agua potable, agricultura, pesca y vida acuática, industria y recreación. De acuerdo a los criterios generales de uso, donde se puede hacer una comparación de la calidad el agua de acuerdo al uso para el cual se destine.

En la gráfica 42, se presenta la escala de clasificación de la calidad del agua de acuerdo a los criterios generales de usos, cual se utilizó para determinar la calidad del agua.

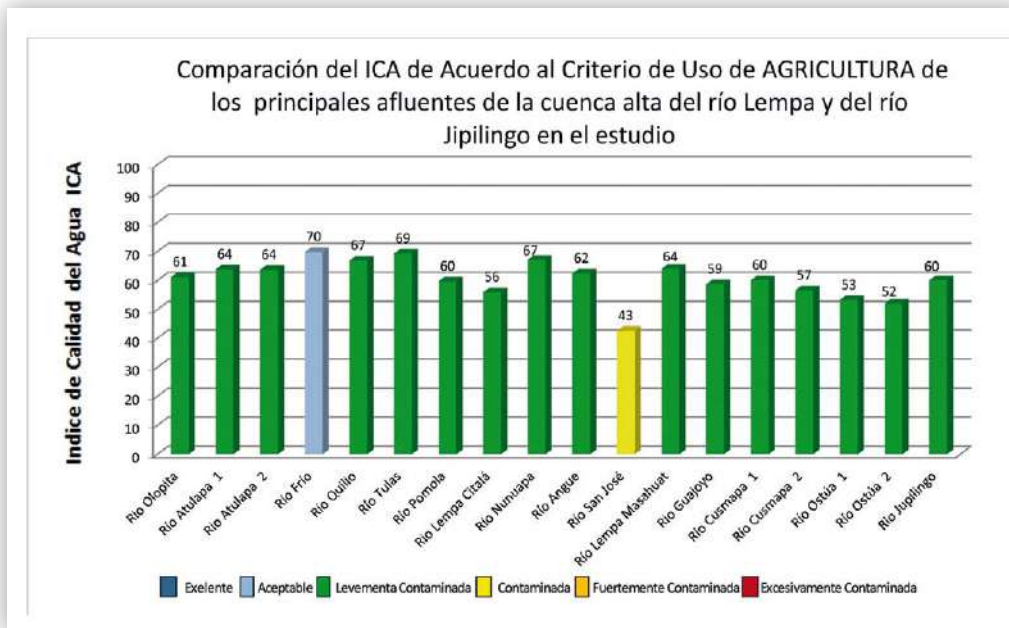
Gráfica 42. Calidad del agua de acuerdo a la escala de criterios generales de uso



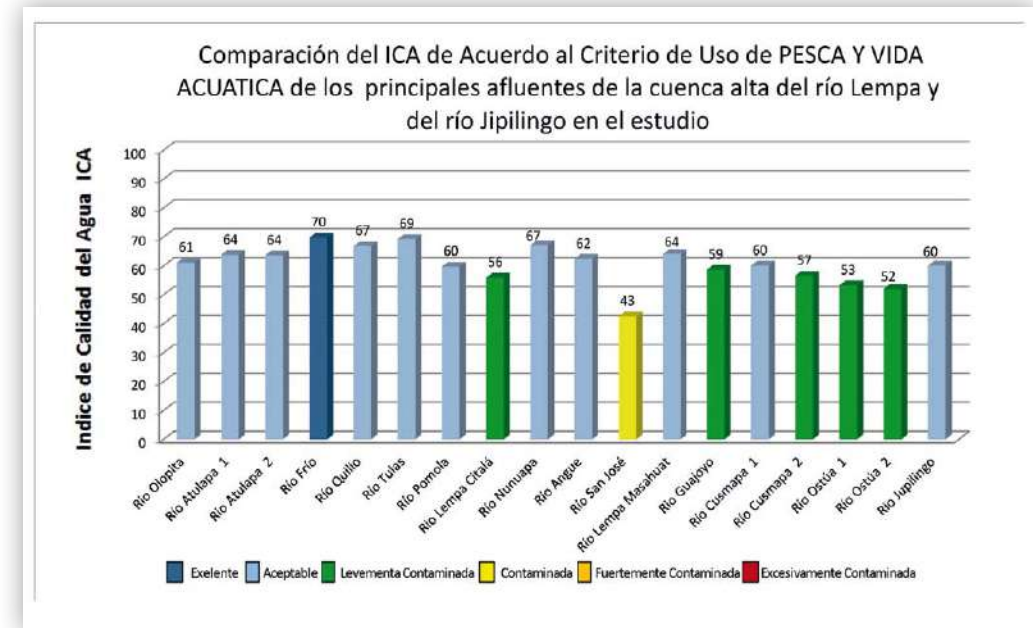
Gráfica 43. Índice de Calidad del agua, para uso Potable



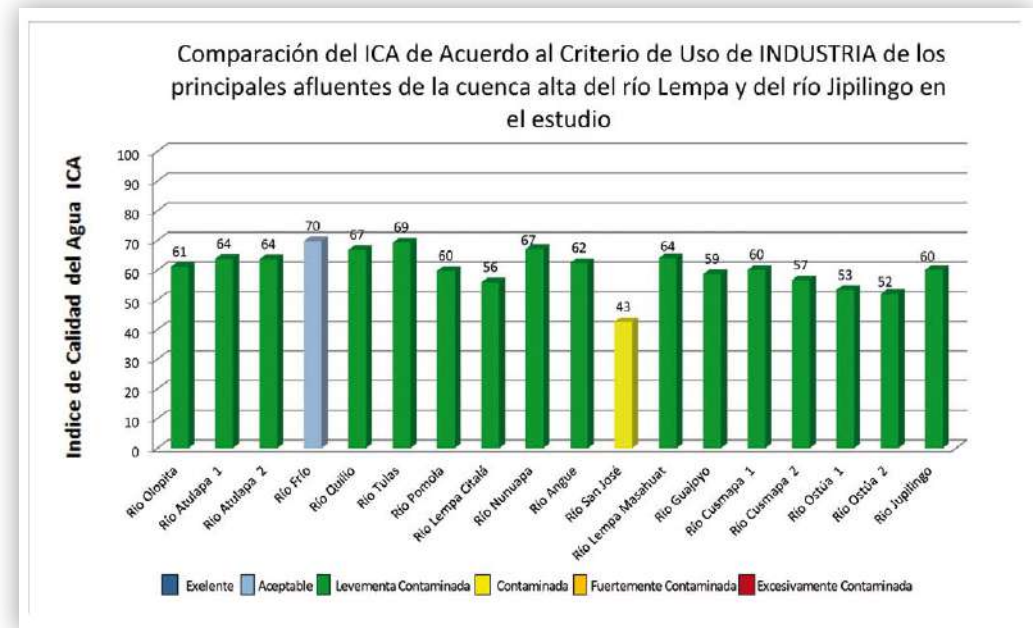
Gráfica 44. Índice de calidad del agua para uso de agricultura de acuerdo a los criterios generales de uso



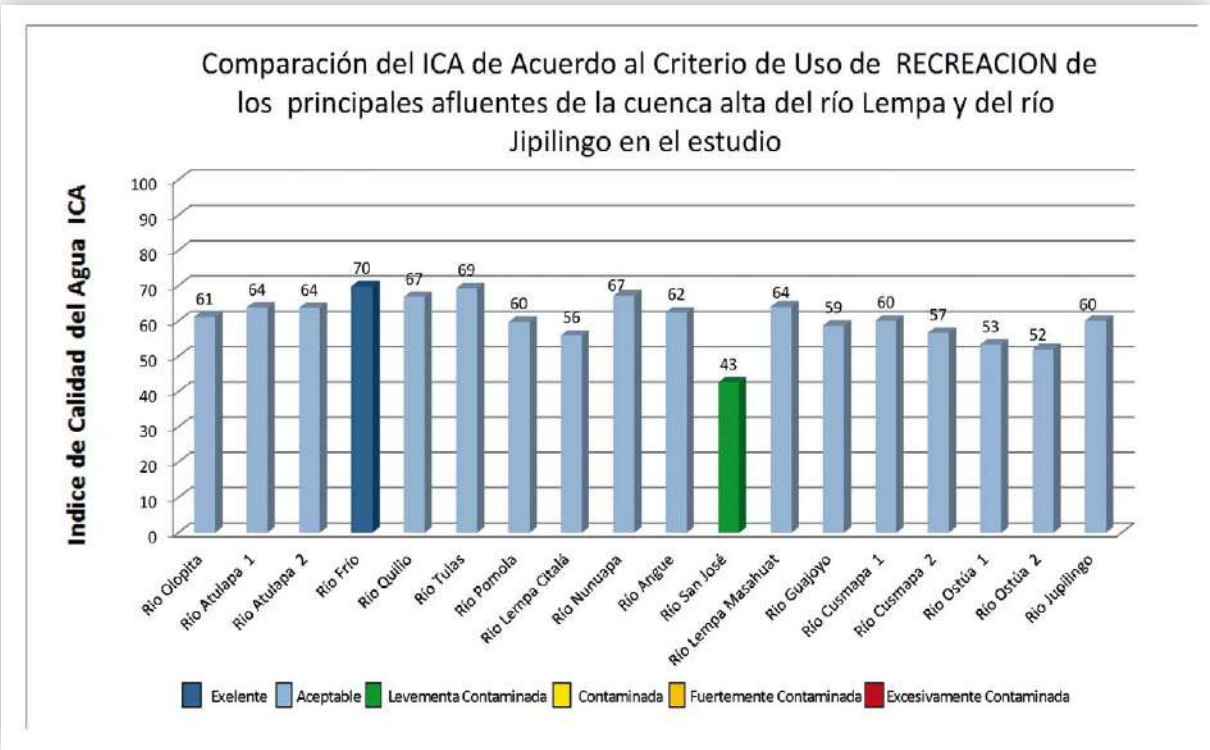
Gráfica 45. Índice de calidad del agua para uso de pesca y vida acuática de acuerdo a los criterios generales de uso.



Gráfica 46. Índice de calidad del agua para uso industrial de acuerdo a los criterios generales de usos



Gráfica 47. Índice de calidad del agua y calidad del agua para uso de recreación de acuerdo a los criterios generales de uso



14.2. Monitoreo 2012

A continuación se presentan resultados del Índice de Calidad del Agua General para principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo en la Región Trifinio, en tres muestreos desarrollados en los meses de abril, septiembre y diciembre, correspondientes al monitoreo del año 2012. Dichos análisis de la calidad del agua se llevaron a cabo en el laboratorio ambiental de la carrera de Gestión Ambiental del Centro Universitario de Oriente CUNORI, Chiquimula, Guatemala.

Como se observa en el cuadro 40, se presenta el Índice de Calidad del Agua General para los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa; es importante hacer notar que durante el monitoreo realizado en el año 2012 se incluyen dos nuevos puntos de muestreo sobre el río Quilio, específicamente el punto de muestreo de Las Toreras y Dolores de Merendón en el municipio de Dolores Merendón en Honduras, los cuales se identifican con el código PM13 (Río Quilio 2) y PM14 (Río Quilio 3), esto se hizo con el objetivo de conocer la calidad del agua en la parte alta de cuenca del río la cual es utilizado para consumo humano por este municipio.

Cuadro 40. Índice de Calidad del Agua General en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, año 2012.

No.	Código de Identificación	Río	Punto de Muestreo	Índice de Calidad del Agua -ICA-			Promedio -ICA-
				Año 2012			
				Monitoreo Mes de Abril	Monitoreo Mes de Septiembre	Monitoreo Mes de Diciembre	
1	PM1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	64	66	68	66
2	PM2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	69	60	66	65
3	PM3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	64	61	65	64
4	PM4	Río Frío	Punte Frío	69	64	77	70
5	PMS	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	70	63	66	67
6	PM13	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	69	65	71	68
7	PM 14	Río Quilio 3	Dolores Merendón	72	70	74	72
8	PM6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	74	64	77	72
9	PM7	Río Pomola	Puente de Hamaca	67	60	69	65
10	PM8	Río Lempa Citalá	Puente Citalá	57	58	61	59
11	PM9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	70	60	70	67
12	PT1	Río Angue	Puente del Ferrocarril	63	56	65	62
13	PT2	Río San José	Puente Trapichito	39	58	44	47
14	PT4	Río Lempa Masahuat	Puente Masahuat	61	54	64	60
15	PM10	Río Guajoyo	Puente San Francisco	63	52	66	60
16	PM11	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	62	55	65	60
17	PM12	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	54	58	56	56
18	PT8	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	61	53	54	56
19	PT10	Río Ostúa 2	Puente El Tule	56	50	55	54
20	PC1	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	59	53	58	57

Como se puede observar en el cuadro 41, se presente la clasificación del Índice de Calidad del Agua –ICA-, para los 20 puntos de muestreo, en 14 ríos de los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo, de acuerdo a los valores promedio del –ICA- obtenidos en cada uno de los tres muestreos realizados en el año 2012.

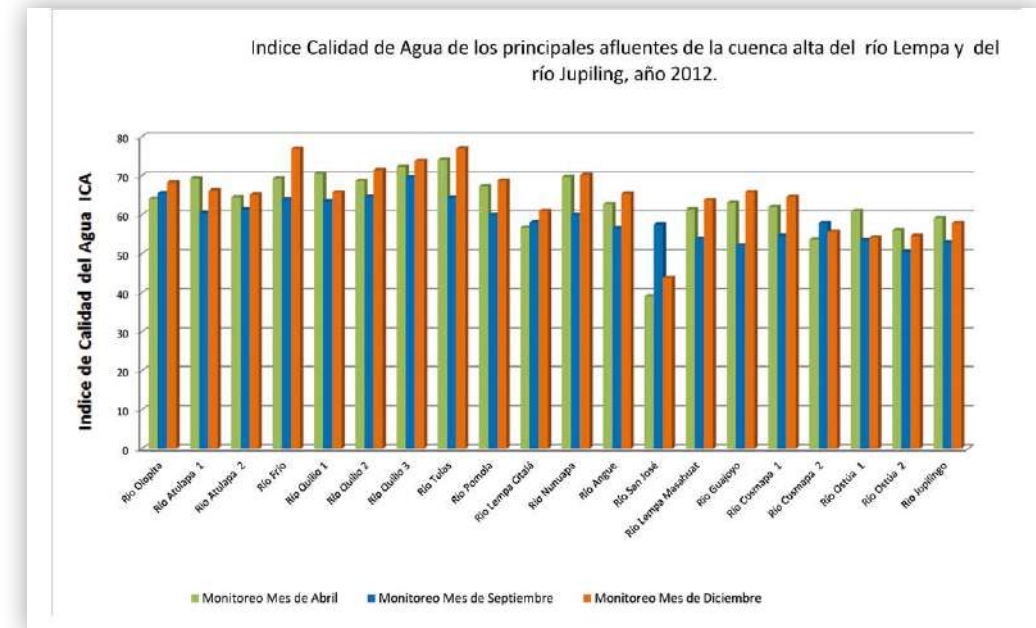
De acuerdo a los resultados 11 ríos presentan promedio de calidad del agua “Regular”, dos ríos presenta promedio de calidad del agua “Buena” y un río presenta promedio de calidad de agua “Mala”. Los ríos que presenta una calidad de agua “Buena” en promedio durante el año 2012 son el río Quilo en el punto de monitoreo en Dolores Merendon y el río Tulas en el punto de monitoreo del Puente que conduce al municipio de Dolores Merendon, el río San José en el municipio de Metapán, El Salvador en el que presentó un promedio de calidad de agua “Mala”.

Cuadro 41. Calidad del Agua General en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa y río Jupilingo, en los cinco monitoreos y su promedio, de acuerdo a la escala de Brown, monitoreos del año 2012.

No.	Código de Identificación	Río	Punto de Monitoreo	Calidad del Agua General			Promedio de Calidad del Agua
				Primer Monitoreo Noviembre 2010	Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Mayo 2011	
1	PM1	Río Olopita	Puente Antiguo de Olopita	Regular	Regular	Regular	Regular
2	PM2	Río Atulapa 1	Punte Atulapa	Regular	Regular	Regular	Regular
3	PM3	Río Atulapa 2	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	Regular	Regular	Regular	Regular
4	PM4	Río Frio	Punte Frio	Regular	Regular	Buena	Regular
5	PM5	Río Quilio 1	Puente de Hamaca, Comunidad Quilio	Regular	Regular	Regular	Regular
6	PM13	Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	Regular	Regular	Buena	Regular
7	PM 14	Río Quilio 3	Dolores Merendón	Buena	Regular	Buena	Buena
8	PM6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	Buena	Regular	Buena	Buena
9	PM7	Río Pomola	Puente de Hamaca	Regular	Regular	Regular	Regular
10	PM8	Río Lempa Citalá	Puente Citalá	Regular	Regular	Regular	Regular
11	PM9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	Regular	Regular	Regular	Regular
12	PT1	Río Angue	Puente del Ferrocarril	Regular	Regular	Regular	Regular
13	PT2	Río San José	Puente Trapichito	Mala	Regular	Mala	Mala
14	PT4	Río Lempa Masahuat	Puente Masahuat	Regular	Regular	Regular	Regular
15	PM10	Río Guajoyo	Puente San Francisco	Regular	Regular	Regular	Regular
16	PM11	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	Regular	Regular	Regular	Regular
17	PM12	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	Regular	Regular	Regular	Regular
18	PT8	Río Ostúa 1	Estación del INSIVUHME	Regular	Regular	Regular	Regular
19	PT10	Río Ostúa 2	Puente El Tule	Regular	Mala	Regular	Regular
20	PC1	Río Jupilingo	Puente Jupilingo	Regular	Regular	Regular	Regular

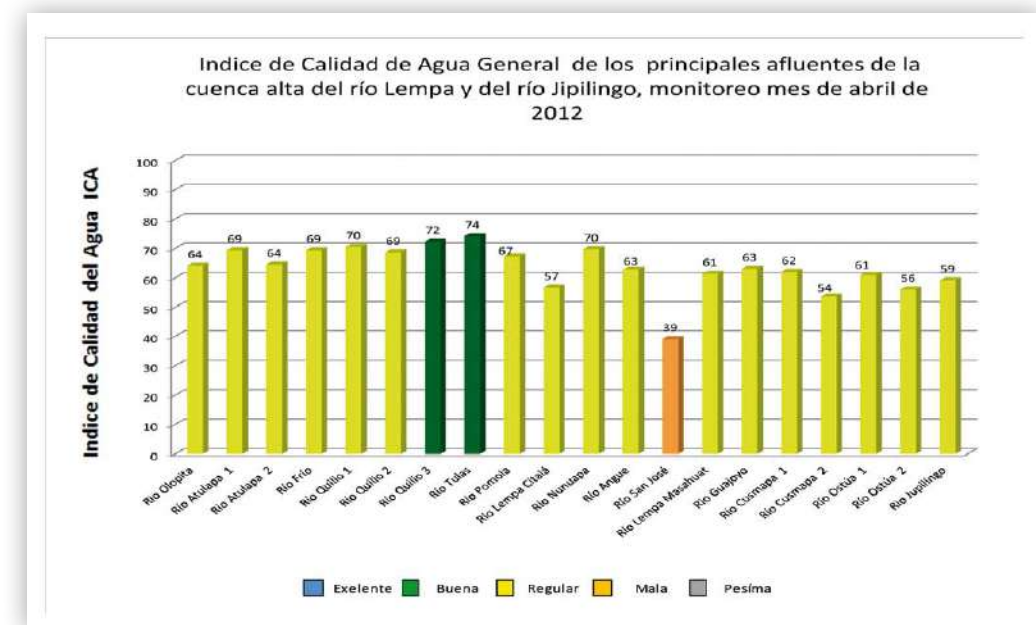
En la gráfica 48, se observa el índice de calidad de agua –ICA- para los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa, en cada uno de los tres muestreos llevados a cabo en el año 2012. Donde el índice de calidad de agua –ICA- se incrementó en el muestreo del mes de diciembre lo cual indica una mejor calidad del agua después de la época lluviosa y un menor índice de calidad del agua en el monitoreo del mes de septiembre donde existe una menor calidad del agua debido a efectos provocados por las lluvias que aumentan el contenido de partículas de suelo en el agua producto de la erosión, afectando su calidad.

Gráfica 48. Índice Calidad del Agua –ICA- en los ríos bajo estudio en los tres muestreos realizados en el año 2012.

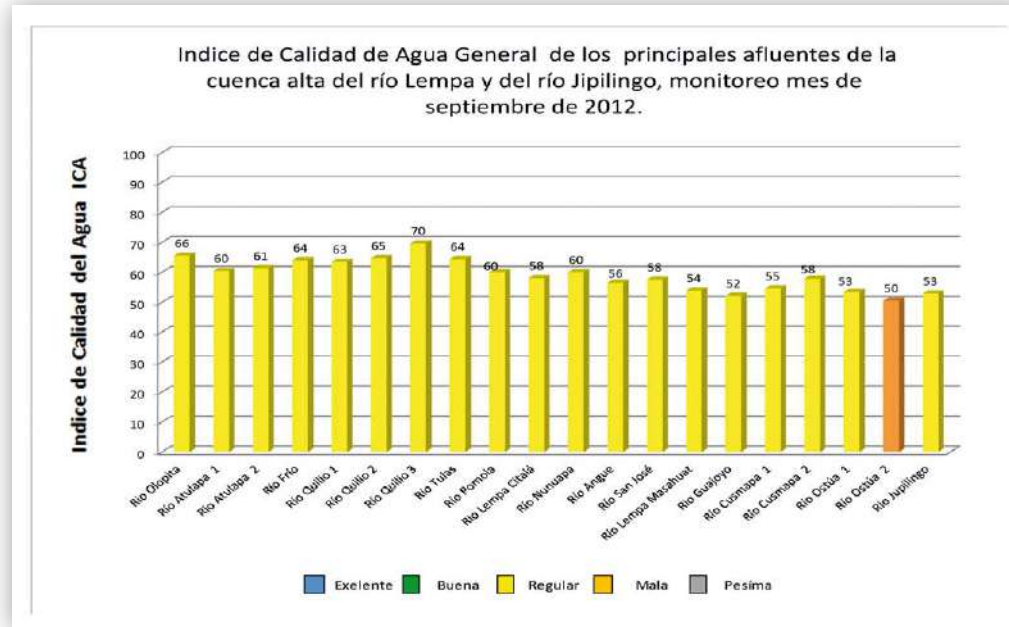


En las gráficas de la 49 a la 51, se presenta el índice de calidad de agua –ICA- , la clasificación de la calidad del agua de los ríos bajo estudio en los 20 puntos de muestreo y los muestreos de los meses de abril, septiembre y diciembre de 2012, donde se puede comparar la calidad del agua por río, por punto de muestreo y por época.

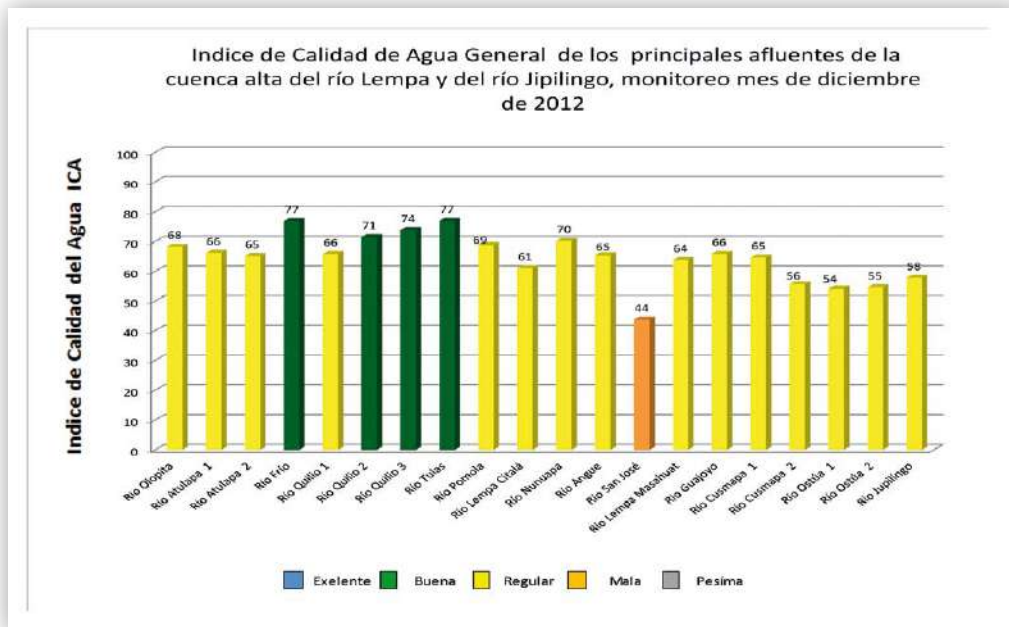
Gráfica 49. Índice de Calidad del agua –ICA- en los ríos bajo estudio, muestreo del mes abril de 2012.



Gráfica 50. Índice de Calidad del agua –ICA- en los ríos bajo estudio, muestreo del mes de septiembre de 2012.

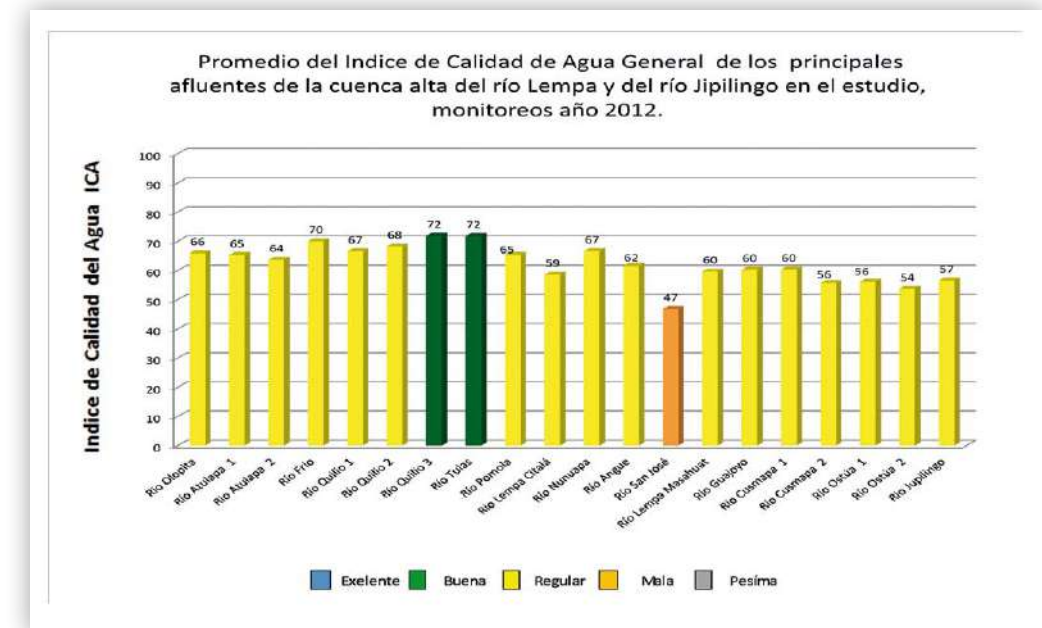


Gráfica 51. Índice de Calidad del agua –ICA- en los ríos bajo estudio, muestreo del mes de diciembre de 2012.

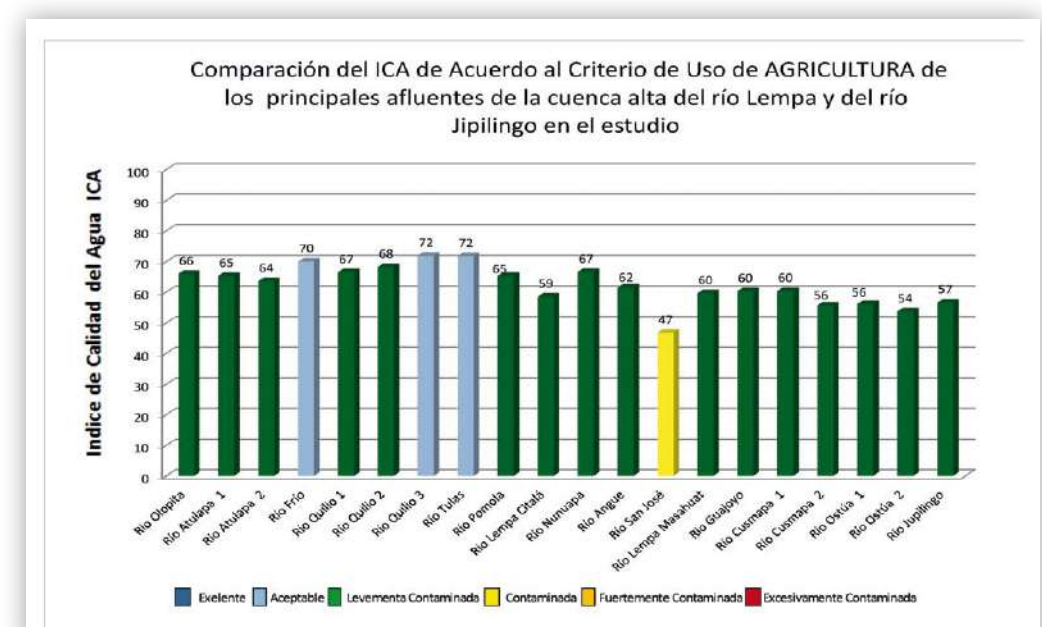


En las gráficas de la 53 a la 57, se presenta el índice de calidad del agua de acuerdo a la escala según los criterios generales de uso: agua potable, agricultura, pesca y vida acuática, industria y recreación. De acuerdo a los criterios generales de uso, donde se puede hacer una comparación de la calidad el agua de acuerdo al uso para el cual se destine. Es importante indicar que el uso para el cual se destine el agua de los ríos bajo estudio se determina de acuerdo a este criterio. El agua potable para consumo humano es el criterio más estricto debido a las implicaciones para la salud que puede tener consumir agua de mala calidad.

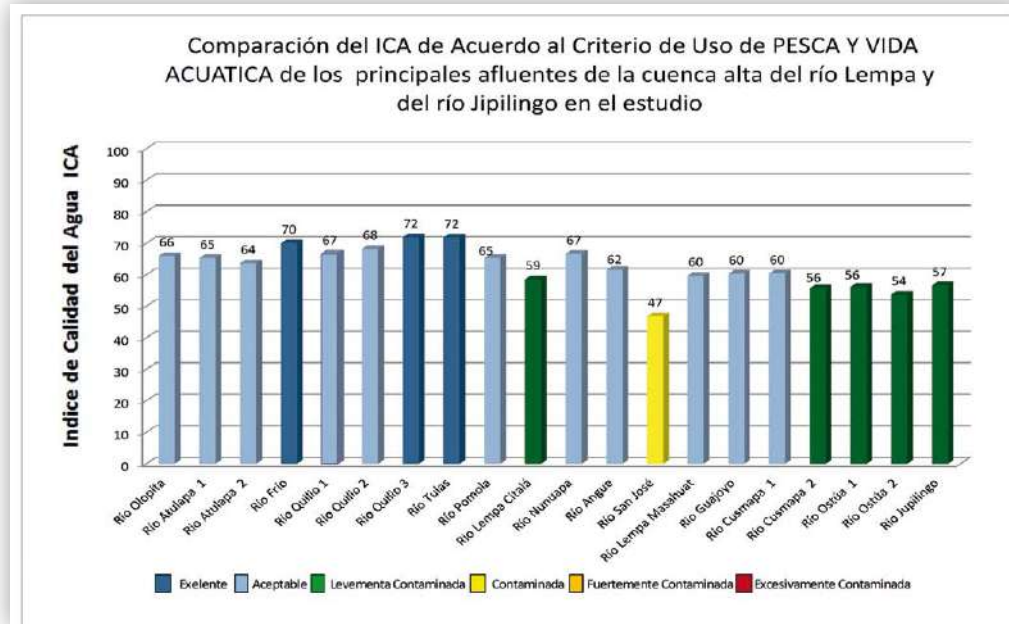
Gráfica 53. Índice de Calidad del agua, para uso Potable, monitoreo año 2012.



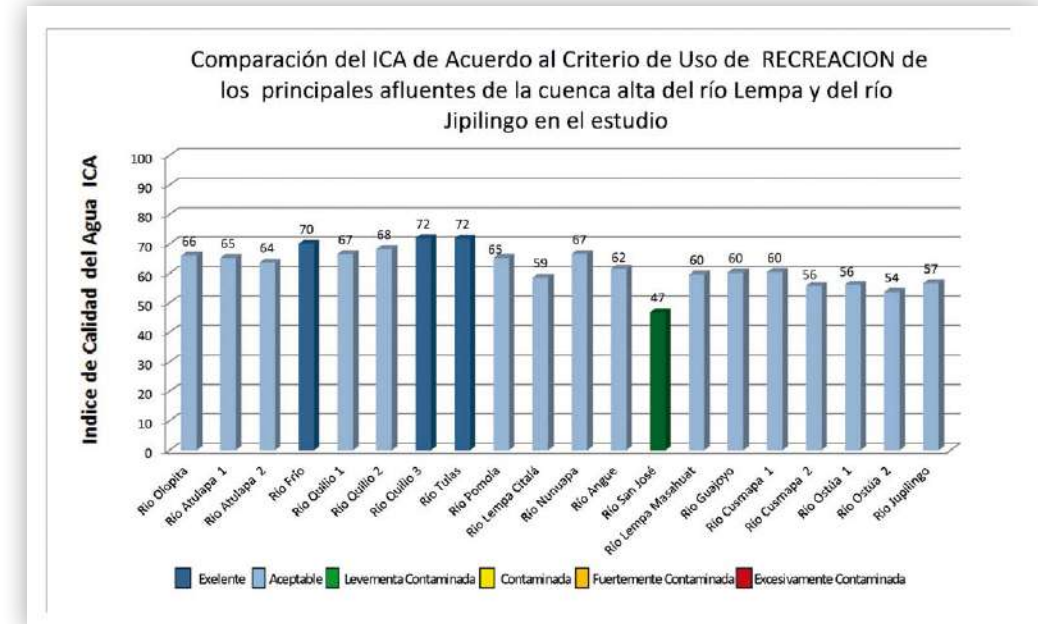
Gráfica 54. Índice de calidad del agua para uso de agricultura de acuerdo a los criterios generales de uso, monitoreo año 2012.



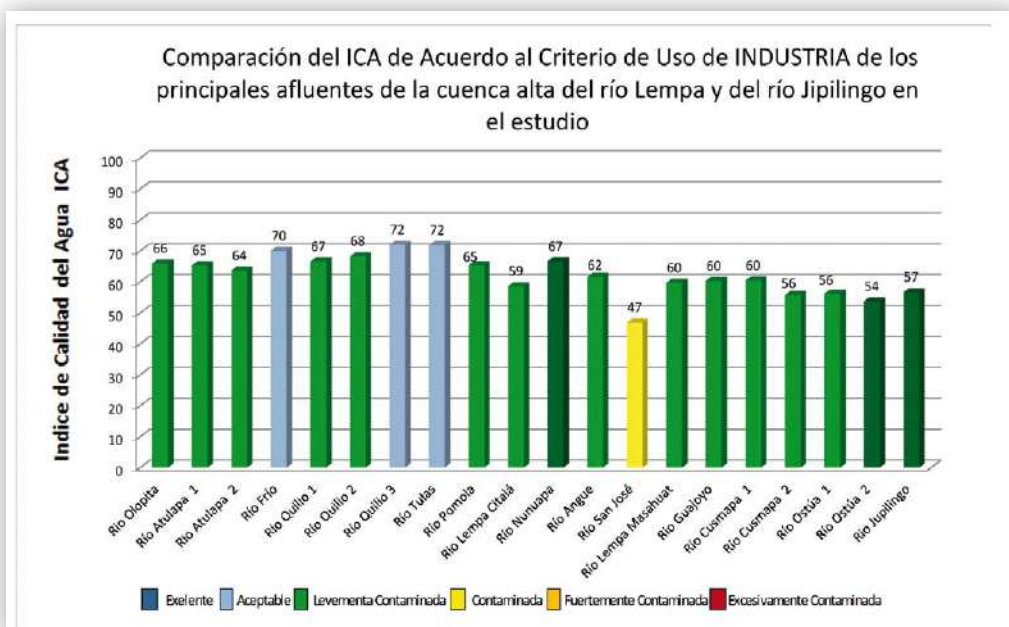
Gráfica 55. Índice de calidad del agua para uso de pesca y vida acuática de acuerdo a los criterios generales de uso, monitoreo año 2012.



Gráfica 57. Índice de calidad del agua y calidad del agua para uso de recreación de acuerdo a los criterios generales de uso, monitoreos año 2012.



Gráfica 56. Índice de calidad del agua para uso industrial de acuerdo a los criterios generales de usos, monitoreo año 2012.



I. CONCLUSIONES

- La calidad físico-química del agua de la mayoría de los ríos bajo estudio es aceptable, únicamente el río San José presenta alta contaminación físico-química y bacteriológicas, principalmente en la época seca, debido a la disminución del caudal y a la descarga de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento sobre el cauce del río provenientes de los centros poblados más cercanos.
- El agua de los ríos de la parte alta de la cuenca del río Lempa y el río Jupilingo está contaminada con Coliformes Totales y Coliformes Fecales, en todos los ríos monitoreados el número más probable de colonias es superior a los valores de referencia establecidas en la normativa de los tres países para agua de consumo humano.
- De acuerdo al índice de calidad del agua -ICA-, el río Frío de Honduras es el que mayor valor del -ICA- presente con una calidad del agua “Buena” y el río San José de EL Salvador, es el que menor valor del -ICA- correspondiéndole la categoría de calidad del agua “Mala” de acuerdo a la escala de calidad general del agua propuesta por Brown.

II. RECOMENDACIONES

- Definir estrategias a nivel local con los gobiernos municipales y mancomunidades para el manejo de las aguas residuales de los principales centros poblados de la parte alta de la cuenca del río Lempa, que permita reducir el nivel de contaminación en la red hidrológica superficial del río.
- Formular un plan de gestión integrada del recurso hídrico para la parte alta de la cuenca del río Lempa, con el objeto de evitar la contaminación y mejorar la calidad del agua superficial de la misma.
- Establecer proyecto pilotos con tecnología apropiada para el tratamiento aguas residuales municipales en los ríos con mayor grado de contaminación como es el caso del río San José ubicado en el municipio de Metapán, El Salvador.

BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Guatemalteca de Normas, GT. 2003. Norma guatemalteca obligatorio agua potable. Guatemala, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Departamento de Salud de los Programas de Salud y Ambiente. 20 p.
- CONACYT (Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología). 1999. Norma Salvadoreña obligatoria para la calidad del agua potable. El Salvador, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 30 p.
- DIGI (USAC, Dirección General de Investigación, GT). 1989. Caracterización preliminar de la cuenca del río Tacó. Chiquimula, Guatemala, USAC, Centro Universitario de Oriente. 181 p.
- León Viscaíno, LF. 1997. Índices de calidad del agua (ICA), forma de estimarlo y aplicación en el cuenca del río Lerma-Chapala. México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 7 p.
- OMS, US. 1988. Guías para la calidad del agua potable. Washington, DC, US. 132 p.
- Receptores y Alcantarillado Sanitario. (Tegucigalpa, M.D.C. Año 1995).
- Secretaría de Salud/OPS/Comité Técnico Nacional de Calidad del Aguas CTNCALAGUA-CAPRE. 1995. Honduras, Normas Técnicas de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos. 42 p.
- Solís Cuellar, H. 2005. Diagnóstico de las aguas servidas municipales sobre la calidad del agua del río San José, en la cabecera del departamento de Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, Guatemala, USAC, Centro Universitario de Oriente. 63 p.



RESIDUOS DE PLAGUICIDAS DETECTADOS EN LA PRODUCCION HORTICOLA DE LA REGION TRIFINIO

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto innovaciones en cadenas de valor de hortalizas especiales del CATIE realizó en 2008 una encuesta a 160 productores y productoras de la región Trifinio, mediante la cual se determinó una lista de 68 agroquímicos que son utilizados para la producción de hortalizas. Es de observar que de los 12 plaguicidas más usados, 7 de estos productos son considerados de moderada a alta toxicidad, lo cual constituye un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. De los 12 plaguicidas más usados, 5 cuentan con restricciones y prohibiciones internacionales, sin embargo, en Guatemala, Honduras y El Salvador, cuentan con restricciones muy leves y en ocasiones se autoriza un libre uso (Ver tablas 1 y 2). En promedio los productores y productoras usan 10 productos químicos diferentes y según el tipo de hortaliza a producir, pueden usar entre 25-44 kg por hectárea en un ciclo de cultivo.

II. OBJETIVO

- Actualizar la información sobre el grado de contaminación por uso de plaguicidas en la producción hortícola en la Región Trifinio.

III. METODOLOGÍA

Para poder obtener resultados sobre la presencia de residuos químicos en las hortalizas producidas en la región trifinio, se recolectaron muestras de frutos maduros de hortalizas como papa, tomate, chile pimiento, cebolla y repollo, que se recolectaron en las parcelas de productores o productoras que tenían establecido y cosechaban en ese momento las hortalizas antes mencionadas.

El número de muestras recolectada se determinó tomando el costo del análisis de cada muestra por el nivel de especialización que requiere, por lo que se decidió realizar, diez (10) muestras para los cultivos de tomate y chile pimiento, debido a que estos rubros son cultivados en toda le región trifinio. Para cultivos como papa, repollo y cebolla se llevaron cinco muestras (5) por cultivo, dado que estos productos solo se cosechan en la zona de Ocotepeque, Sinuapa en Honduras y en San Ignacio, Chalatenango, El Salvador.

Luego de recolectadas las muestras se trasladaron al laboratorio de residuos de sustancias químicas y biológicas MAG/OIRSA, ubicado en cantón Matazano, Soyapango, El Salvador, C.A., lugar donde se realizaron los respectivos análisis. Para cada muestra se extendió un certificado de análisis de residuos de plaguicidas en productos hortícolas de la región.



Los grupos químicos existentes y los análisis practicados a cada muestra se describen a continuación:

Tabla 1. Residuos de Compuestos Organofosforados

No.	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3*
1	Diazinon	Forato	DDVP
2	Metil Paration	Fention	Metil Paration
3	Malation	Coumafos	Forato
4	Etion	Coumafos	Diazinon
5	Etil Paration	Azinfos Metil	Clorpirifos
6		Terbufos	

*De este grupo se analizó el Grupo 3 para cada muestra entregada en el laboratorio.

Tabla 2. Residuos químicos muestreados en frutos de Hortalizas en la Región Trifinio.

Residuos de compuestos Organoclorados	Residuos Piretroides	Residuos de Carbamatos
Alfa HCH Beta HCH Gamma HCH Delta HCH Heptaclor Aldrin Heptaclor Epóxido Endosulfan Alfa P,P'DDE Dieldrin Endrin Endosulfan Beta Pp -DDD Endrin Aldehído Endosulfan Sulfato p,p -DDT Endrin Cetona Metoxiclor	Cipermetrina Deltametrina Permetrina Ciflutrin	Oxamil Carbofurano Metomil

Los métodos de análisis varían según el grupo químico analizados. Por ejemplo para los Organofosforados: Método Extracción para pesticidas en agua, Manual EPA-FDA, 1996

Organoclorinados, Piretroides: Método Pesticide Analytical Methods in Sweden, Part 1, Multiresidues Methods base on Ethyl Acetate Extraction, 1998.

Carbamatos: Método Pesticide Analytical Methods in Sweden, Part 1, Multiresidues Methods base on Ethyl Acetate Extraction, 1998, Método de Luke, Manual EPA-FDA, 1997 y Método AOAC Oficial method 985.23

Tabla 3. Muestras de frutos maduros de hortalizas analizadas por País, Trifinio durante los años 2008 y 2009

Cultivo	No. Muestras	Guatemala	El Salvador	Honduras
Tomate	10	3	4	3
Chile Pimiento	10	4	3	3
Papa	5			5
Cebolla	5			5
Repollo	5		5	

Fuente: CATIE MAP Innovaciones Hortalizas. Octubre 2012

IV. RESULTADOS

Luego de ver los resultados de los análisis realizados a las diferentes muestras de papa, tomate, chile pimiento, repollo y cebolla; se encontraron residuos de compuestos químicos, pertenecientes a los grupos químicos Organofosforados, Organoclorinados y Piretroides. Las sustancias químicas encontradas de dichos grupos son: clorpirifos, Endosulfan Alfa, Endosulfan Beta, deltametrina y cipermetrina, todos por arriba de los límites máximos permisibles (LMP) internacionalmente.

Los límites máximos permisibles-LMP- es la cantidad de plaguicidas por debajo del cual no se prevé riesgo para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas. Como se puede ver en la última columna de la tabla 4, las cantidades encontradas en el laboratorio sobrepasaron lo permitido.

Tabla 4. Resultados de análisis de Residuos de agroquímicos en hortalizas al momento de la cosecha. Resultados de Junio 2007 a Noviembre 2009, en Trifinio

No	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Clase	Toxicología	LMP (mg/kg) Permitido	Encontrado (mg/kg)
1	Vexter 48 EC	Clorpirifos	Insecticida	II Moderadamente Peligroso	0.0094– 0.0182	0.0305 0.0200 0.0240
2	Cipermetrina 25 EC	Cipermetrina	Insecticida	II Moderadamente Peligroso	0.003– 0.007	0.020 0.008
3	Decis 2.5 EC	Deltametrina	Insecticida	IV Precaucion	0.010– 0.021	0.028
4	Thiodan	Endosulfan Alfa	Insecticida	IB Altamente Toxico	0.0011-0.0021	*Trazas
5	Thiodan	Endosulfan Beta	Insecticida	IB Altamente Toxico	0.0008-0.0016	0.0031

Fuente: Laboratorio de Agroquímicos de OIRSA en DEGSVA, El Salvador.
*Trazas: Los elementos trazas son los que se encuentran en muy pequeñas cantidades.

Tabla 5. Color de bandas toxicológicas de los plaguicidas químicos

IA EXTREMADAMENTE TOXICO	IB ALTAMENTE TOXICO	II MODERAMENTE PELIGROSO	III LEVEMENTE PELIGROSO	IV PRECAUCION
--------------------------	---------------------	--------------------------	-------------------------	---------------

4.1. Análisis de resultados

De 35 muestras de los cultivos mencionados en la tabla 3, analizadas en los años (2008 y 2009), 8 muestras dieron positivo en la detección de sustancias químicas valoradas por arriba del límite máximo permisible dado por la Organización Mundial de Salud (OMS). Esto demuestra un porcentaje alto de muestras contaminadas, alrededor del 20% del total. Las muestras contaminadas pertenecen a papa y tomate para el caso donde se detecto clorpirifos, y para el caso de Cipermetrina, Deltametrina y Endosulfan fueron detectadas en tomate. Cabe indicar que el Endosulfan (Thiodan) es un producto altamente tóxico, con restricción de uso en algunos países. En 2 muestras se detectaron trazas de diferentes sustancias químicas pertenecientes a los compuestos analizados, sin sobrepasar los límites máximos permisibles.

A continuación se muestran los 12 plaguicidas entre insecticidas, fungicidas y herbicidas, más utilizados en la producción de hortalizas producidas en la Región Trifinio; los cuales cuentan con su respectiva descripción básica y los efectos que producen tanto en la salud humana como en el medio ambiente, directa e indirectamente.

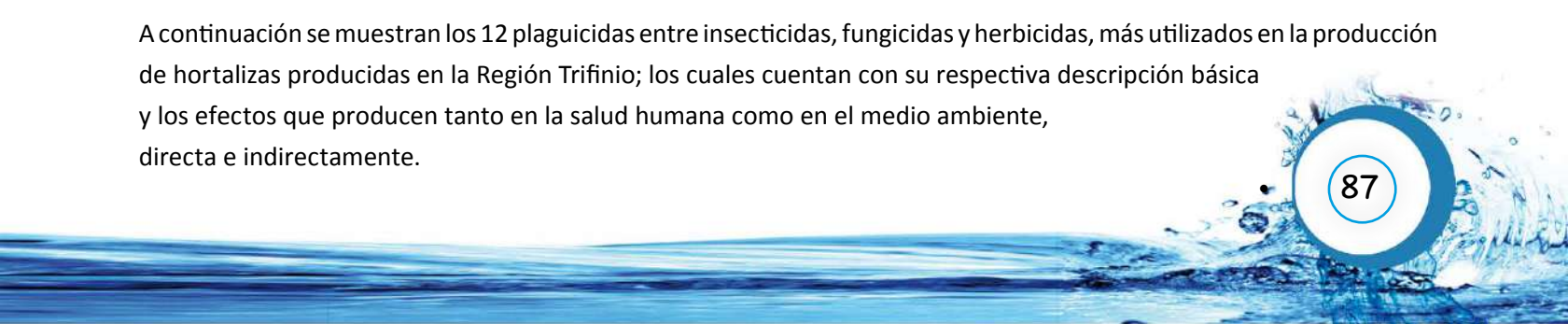


Tabla 6. Los 12 agroquímicos más utilizados en la Región Trifinio, para el cultivo de hortalizas. 2008

No.	Nombre comercial	Ingrediente activo	Modo de Acción/toxicología	% de uso ¹	Efectos en la salud humana ^{2,3,4,5}	Efectos en el ambiente ^{3,4,5}
1	Monarca	Betaciflutrina +Tiacloprid	Insecticida (II)	56	Sin datos	Sin datos
2	Manzate 80 WP	Mancozeb	Fungicida (IV)	32	Carcinogénico,	Tóxico para peces, y pájaros.
3	Antracol 70 WP	Propineb	Fungicida (IV)	49	Efectos por toxina	Sin datos.
4	Gramoxone Super 20 SL	Paraquat	Herbicida (II)	47	Daños a la piel, pulmones,higado y riñones	Tóxico para organismos acuáticos. Persistencia en el suelo.
5	Ridomil 68 WP	Metalaxil+Manc ozeb	Fungicida (IV)	38	No determinada	contaminador de agua.
6	Tamaron 60 SL	Metamidofos	insecticida (Ib)	35	Afecta Sistema nervioso.	Toxico para pece,s detectado en aguas subterráneas
7	Fusilade 12.5 EC	Fluazifop-P-Butil	Herbicida (IV)	35	Efectos en nacimientos/daños reproductivos.	Sin datos
8	Thiodan 35 EC	Endosulfan	insecticida (Ib)	34	Daña sistema reproductor,	toxico para la vida silvestre..
9	Karate Zeon 2.5 CS	Lambda Cihalotrina	insecticida (II)	33	Afecta sistema endocrino	toxico para peces y abejas.
10	Paraquat 20 SL	Paraquat	Herbicida (II)	30	Afecta, piel pulmones ,riñones,	Tóxico para organismos acuáticos.
11	Confidor 70 WG	Imidacloprid	Insecticida (III)	18	Afecta sistema nervioso y movimientos musculares.	Toxico para abejas.
12	Vydate 24 SL	Oxamil	insecticida (Ib)	14	Sin datos	tóxico para abejas.

1. Porcentaje de productores/as que usan los productos en Trifinio, muestra total n=160 productores/as. Línea Base 2008 Proyecto Innovaciones Hortalizas Especiales en Trifinio.

2. Los peligros de los pesticidas comunes: una guía de referencia práctica. www.pesticideinfo.org; www.calhalthyschools.org; y las fuentes de información contenidas dentro del documento.

3. Reporte de Evaluación y Plan de Acción para el uso más seguro de plaguicidas. (PERSUAP); www.pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADJ797.pdf y las fuentes expresas de información contenidas el documento.

4. Informe Plaguicidas Ia y Ib en Bolivia. Autor CEIISA & PLAGBOL, editorial grafica aplicada, publicación 2007-10-31.

5. Documento Informativo “La Lista de Listas”, Red de Acción en Plaguicidas del Reino Unido, 3ª edición, 2009. www.pan.uk.org y las fuentes de información citadas por el documento.

4.2. Análisis de Residuos de Plaguicidas en el agua

Al momento de realizar el monitoreo de la calidad de los ríos, se tomaron muestras para el análisis de residuos de plaguicidas en el agua, para ello las muestras se analizaron en la Laboratorio de Residuos de Sustancias Químicas y Biológicas MAG/OIRSA de El Salvador, donde se analizaron residuos de plaguicidas organofosforados (DDVP, Forato, Diazinón, Clorpiifos, Metil paratión, Malatión y Etión), organoclorinados (Alfa HCH, Beta HCH, Gemma, HCH, Delta HCH, Heptaclor, Aldrin, Heptaclor Epoxído, Endosulfan, Edrin aldehido, Endrín Cetona y metoxiclor), piretroides (Permetrina, Ciflutrin, Cipermetrina, Deltametrina) y Carbamatos (Oxamíl, Metomil, Carbofurano, Metiocar). Los resultados del laboratorio muestran que no se detectó residuos de plaguicidas en el agua en los ríos monitoreados.

V. CONCLUSIONES

- De las muestras de frutos maduros que se sometieron a análisis de plaguicidas, 8 muestras resultaron positivas donde los valores se situaron por arriba del límite máximo permisible de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud. Las muestras pertenecen al cultivo de papa donde se detecto clorpirifos y al cultivo de tomate donde se detecto Cipermetrina, Deltametrina y Endosulfan.

VI. RECOMENDACIONES

- Mantener un constante monitoreo de residuos de pesticidas en las zonas y cultivos donde se han detectado resultados que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la OMS, con la finalidad de socializar con los productores los resultados para concientizar y reducir el usos de agroquímicos altamente tóxico en la en la producción.
- Instar los órganos responsables de monitorear la distribución, comercialización y uso de los agroquímicos, para establecer estrategias de regulación para los productos altamente tóxicos y a la vez promover el uso de prácticas agroecológicas en la producción agrícola de hortalizas en la Región Trifinio.



Análisis de la calidad del agua de los afluentes de la cuenca alta del río Lempa y residuos de plaguicidas en la producción hortícola.



Región Trifinio: 2010 - 2012

