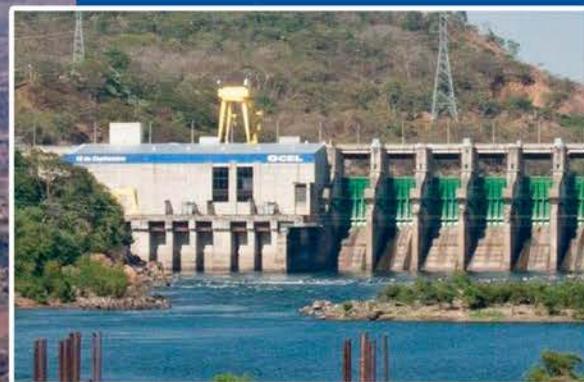


**VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL
DE LA CALIDAD DEL AGUA
DE LOS AFLUENTES DE LA CUENCA ALTA
DEL RIO LEMPA, EN LA REGIÓN TRIFINIO.
PERÍODO 2010 - 2018**



RESÚMEN EJECUTIVO



VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS AFLUENTES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO LEMPA, EN LA REGIÓN TRIFINIO. PERÍODO 2010 - 2018

MANCOMUNIDAD TRINACIONAL FRONTERIZA RÍO LEMPA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, GUATEMALA

OCOTEPEQUE, HODURAS,
NOVIEMBRE, 2019

Este documento ha sido preparado, por el Centro Universitario de Oriente – CUNORI/USAC, de la Universidad San Carlos de Guatemala, en el marco de la Política Pública Local Transfronteriza “Aguas Compartidas”, ejecutada por la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa y financiado por la Fundación Heinrich Böll Stiftung y el Fon’s Catalá de Cooperación al Desarrollo.

Supervisión y Edición:
Héctor Alonso Aguirre
Gerente General

Elaboración Técnica:
José Ramiro García Álvarez
Vivian Cecibel Cerón Elías
Centro Universitario de Oriente – CUNORI/USAC

Revisión Técnica:
Gabriel Mauricio Chavarría
Colegio de Michoacán, México

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 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	4
	RESUMEN.....	5
1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	ÁREA DE ESTUDIO	6
3.	METODOLOGÍA.....	9
4.	CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA	11
	4.1. Potencial de hidrógeno (pH)	12
	4.2. Conductividad eléctrica del agua.....	15
	4.3. Oxígeno disuelto en el agua.....	17
	4.4. Turbidez.....	19
	4.5. Sólidos disueltos totales y sólidos totales.....	21
	4.6. Fosfatos.....	25
	4.7. Nitratos	27
	4.8. Nitritos	30
	4.9. Sulfatos.....	31
	4.10. Dureza	34
	4.11. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅).....	36
	4.12. Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	38
	4.13. Coliformes totales, fecales y Escherichia Coli	41
	CONCLUSIONES	47
5.	VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS AFLUENTES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO LEMPA	48
	5.1. Índice de Calidad de Agua General –ICA-	48
	5.2. Variabilidad Espacial y Temporal de la Calidad del Agua	63
	CONCLUSIONES	75
6.	CONTAMINACIÓN DE LOS AFLUENTES DE LA CUENTA ALTA DEL RÍO LEMPA, POR DESCARGAS DE AGUAS MIELES DE LA AGROINDUSTRIA DEL CAFÉ	76
	6.1. Potencial de hidrógeno (pH)	81
	6.2. Oxígeno disuelto	86
	6.3. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅).....	91
	6.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	96
	6.5. Índice de biodegradabilidad.....	101
	CONCLUSIONES	108
7.	RECOMENDACIONES	109
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

PRESENTACIÓN

La Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa y las Unidades Municipales de Ambiente de los municipios que la integran, en alianza estratégica con el Centro Universitario de Oriente – CUNORI-USAC, de la Universidad de San Carlos de Guatemala; 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 de la cuenca alta del Río Lempa, como una acción estratégica orientada a dar seguimiento a los niveles de contaminación que impactan dicho recurso estratégico trinacional.

Así mismo, en el año 2016 se dio inicio al Programa de Monitoreo de la contaminación de los afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa, producto de las descargas de aguas mieles de la agroindustria del café, con el objetivo de identificar, la fuente de la mortandad de peces, que año con año resulta del impacto que estas descargas generan en la vida acuática de tan importante río compartido.

Como resultado de este proceso de monitoreo, en el año 2013, la Mancomunidad Trinacional publicó el estudio titulado: “Análisis de la calidad del agua de los afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa y residuos de plaguicidas en la producción hortícola, en la Región Trifinio 2010 - 2012”, como un avance de los monitoreos realizados en el período 2010 - 2012; documento que fue elaborado con el apoyo del CATIE y el CUNORI-USAC, en el cual se da a conocer los avances relacionados con el monitoreo de la calidad del agua del río Lempa y sus afluentes en esta región.

Luego de 9 largos años de monitoreo de la Cuenca Alta del río Lempa, hemos podido publicar el estudio titulado: “Variabilidad Espacial y Temporal de la calidad del agua de los afluentes de la Cuenca Alta del río Lempa, en la Región Trifinio, período 2010 - 2018”, esfuerzo que ha sido posible gracias al acompañamiento que el CUNORI - USAC ha dado durante todos estos años a la Mancomunidad Trinacional y gracias también al apoyo financiero que hemos obtenido de la Fundación HEINRICH BOLL y del FONS CATALAN de Cooperación al Desarrollo, para realizar la presente publicación.

El documento recoge los resultados de las campañas de monitoreo realizadas en los años 2010, 2011, 2012, 2013, 2016, 2017 y 2018; y las campañas realizadas para determinar la contaminación de los afluentes del río Lempa, generada por las descargas de aguas mieles en los años 2016, 2017 y 2018.

Con los resultados de estos estudios, las autoridades nacionales y locales, contarán con información de calidad, con el objetivo de tomar acciones en el sentido de prevenir y reducir los niveles de contaminación en los ríos existentes en la zona, sobre todo disminuyendo las descargas de aguas mieles, aguas residuales municipales o agroindustriales y otra fuentes de contaminación que afectan el río, lo que permitirá promover la gobernanza trinacional y la gestión integral y compartida del Río Lempa.

RESUMEN

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

El río cuenta con una extensión de 422 kilómetros, nace entre las montañas volcánicas de las mesetas centrales del municipio de Olopa, Guatemala, a una elevación sobre el nivel del mar de 1500 msnm, recorriendo 30.4 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, en la región Trifinio, es una de las principales regiones productoras del vital recurso para El Salvador, dado que produce 2,160 millones de metros cúbicos de agua que abastecen al Río Lempa, la cual es utilizada para diferentes actividades como: consumo doméstico, producción agrícola bajo riego, producción de energía por medio de cuatro hidroeléctricas (central hidroeléctrica Guajoyo, Cerrón Grande, 5 de noviembre y 15 de septiembre), uso industrial, entre otros. Cabe resaltar, que más del 37% de la población del área Metropolitana de San Salvador (aproximadamente 800 mil personas), localizadas aguas abajo consumen agua de este río, según datos de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el monitoreo de calidad de agua de los afluentes de la Cuenta Alta del Río Lempa, de las campañas realizadas en el período 2010 - 2018; se determinó que el 71% de los afluentes bajo estudio tienen, en la actualidad, una calidad "Regular", la cual debe ser tratada antes de ser utilizada para cualquier actividad; mientras que el 23% de los ríos presenta una calidad "Buena", la cual requiere tratamiento para usos específicos como por ejemplo para uso recreativo o agrícola; y únicamente el río San José ubicado en el municipio de Masahuat, El Salvador presenta constantemente una calidad "Mala" debido a la alta contaminación fisicoquímica y bacteriológica, la cual aumenta durante la época seca, debido a la disminución del caudal y la descarga continua de aguas residuales sin tratamiento sobre el cauce provenientes de los centros poblados

Asimismo, las campañas realizadas para determinar la contaminación de los afluentes provocadas por aguas mieles en los años 2016, 2017 y 2018, concluyen con base a los resultados del índice de biodegradabilidad que el 60% de los afluentes bajo estudio presentan contaminación por aguas mieles de la agroindustria del café, en la que sus características fisicoquímicas y microbiológicas naturales, se ven afectadas por el alto contenido de materia orgánica "Poco Biodegradable". El alto contenido de materia orgánica en los cauces disminuye drásticamente el oxígeno del agua, aumentando la demanda biológica y química de oxígeno para su descomposición, lo cual afecta directamente la vida acuática de los ríos debido a que esta condición induce un estrés hídrico que provoca la muerte biológica del afluente contaminado.

1. 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 subsistemas 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 conforme pasa el tiempo; en la mayoría de los casos, la contaminación es de 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 efluentes 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 estos.

Con este estudio, la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa (MTFRL) en coordinación con el CUNORI, 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.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La parte alta donde se ubican 33 municipios de los países Guatemala, Honduras y El Salvador. Según la red hídrica, la parte alta de la cuenca tiene 7 subcuencas, 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 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; por último, 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”. El otro drenaje corre por el municipio de Asunción Mita del departamento de Jutiapa en territorio guatemalteco, hasta desembocar en el lago binacional Güija. Dicha 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 los años 2010 – 2011, en donde sobre los cauces de los ríos Atulapa, Cusmapa y Ostúa 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 de la región Trifinio.

En el monitoreo de los años 2012-2013, se agregaron dos puntos de muestreo sobre el río Quilio; para el año 2016, se agregaron 2 nuevos puntos de monitoreo sobre el cauce del Atulapa, uno sobre el río Frío, uno sobre el

Olopita, y se agregó el río “Tulas” perteneciente a la comunidad “La Laborcita”; en el monitoreo del año 2017 se agregaron dos puntos más, uno en el Río Los Milagros y otro en el nacimiento Olopita; por último en el año 2018, se eliminaron dos puntos del río Olopita, uno del río Frío, uno del río Atulapa, y se agregó el río “Los Espinos”, siendo este último muestreo con 22 puntos de control. La ubicación de los puntos de muestreo o puntos de control en la parte alta de la cuenca del Río Lempa se muestran en el cuadro 1 y 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.

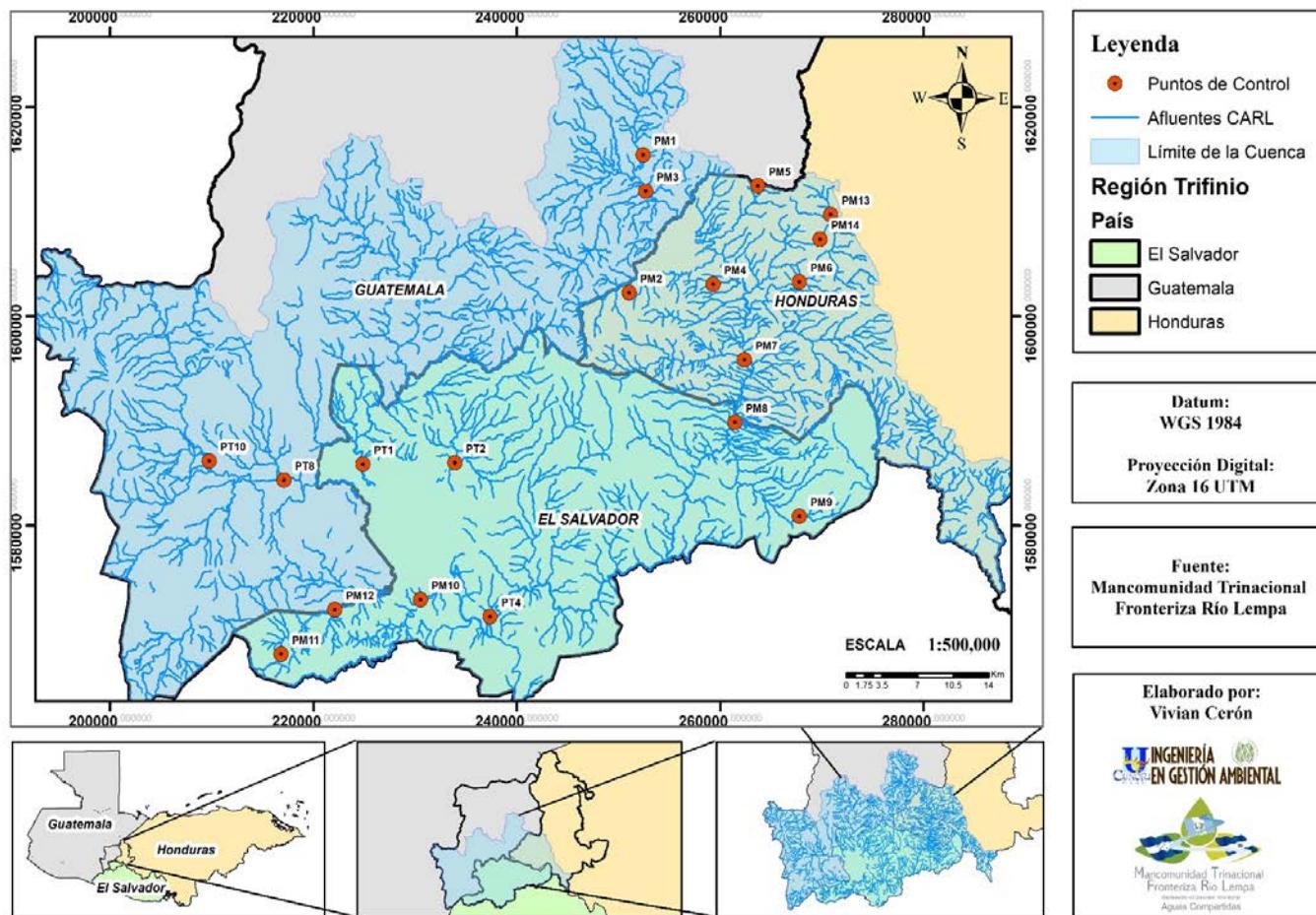
	Identificación		Aldea/Municipio/Departamento	País		X	Y
1	PM1	Río Olopita	Aldea Olopita, Esquipulas	Guatemala	Puente Olopita	629468	1614819
2	PM2	Río Atulapa	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Puente Atulapa	628302	1601644
3	PM3	Río Atulapa	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	629770	1611349
4	PM4	Río Frío	Comunidad Santa Fé, Ocotepeque	Honduras	Puente Frío	636544	1602581
5	PM5	Río Quilío	Comunidad de Quilío	Honduras	Comunidad de Quilío	640792	1612044
6	PM13	Río Quilío 2	Las Toreras, Dolores Merendón	Honduras	Hidroeléctrica	648001	1609414
7	PM14	Río Quilío 3	Dolores Merendón	Honduras	Puente de Dolores Merendón	646985	1607023
8	PM6	Río Tulas	La Laborcita	Honduras	Puente la Laborcita	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	Caserío Ostúa, Cantón San Jerónimo Metapán	El Salvador	Puente de Ferrocarril	602366	1584893
13	PT2	Río San José	El Trapichito, Canton Tecomapa, Metapán	El Salvador	Puente Trapichito	611404	1585151
14	PT4	Río Lempa	Masahuat, Santa Ana	El Salvador	Puente Masahuat	615098	1570532
15	PM10	Río Guajojo	Hacienda San Francisco, Metapán	El Salvador	Puente San Francisco	608223	1572054
16	PM11	Río Cusmapa	Cantón Santa Cruz	El Salvador	Puente Santa Cruz	594598	1566660
17	PM12	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones, Cantón el Ángel, San Antonio Pajonal	El Salvador	Trapiche Los Callejones	599822	1570969
18	PT8	Río Ostúa	Las Cruces, Asunción Mita, Jutiapa	Guatemala	Las Cruces	594625	1583257
19	PT10	Río Ostúa	El Tule, Asunción Mita, Jutiapa	Guatemala	Puente El Tule	587271	1584969

PM = Punto de Monitoreo Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa

PT = Punto de Monitoreo Trifinio 2008



Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa.



3. METODOLOGÍA¹

Se realizaron muestreos periódicos durante el lapso de 7 años, ya que en los años 2014 y 2015 no se realizaron monitoreos. En el presente estudio se incluyen los resultados de los siguientes monitoreos:

Cuadro 2. Resumen de monitoreos para la calidad del agua de los afluentes pertenecientes a la Cuenta Alta del Río Lempa, 2010-2018.

Año	Monitoreo	Puntos de control
2010	Monitoreo - Noviembre	15
2011	1er. Monitoreo - Febrero	17
	2do. Monitoreo - Septiembre	16
	3er. Monitoreo - Diciembre	17
2012	1er. Monitoreo - Marzo	19
	2do. Monitoreo - Septiembre	19
	3er. Monitoreo - Diciembre	18
2013	Monitoreo - Mayo	18
2016	1er. Monitoreo - Febrero	23
	2do. Monitoreo - Mayo/Junio	23
	3er. Monitoreo - Septiembre	25
	4to. Monitoreo - Diciembre	22
2017	Monitoreo - Julio	26
2018	1er. Monitoreo - Marzo	19
	2do. Monitoreo - Julio	21

La calidad del agua de los ríos se determina comúnmente mediante análisis físicos, químicos y bacteriológicos de las muestras recolectadas, las cuales deben representar la masa total de agua de un río. De acuerdo con este criterio, se deben tomar en cuenta los siguientes lineamientos:

- Ubicación de puntos de monitoreo y datos de campo
- Puntos de recolección
- Recipientes para recolección de muestras
- Procedimiento para la medición de parámetros en campo
- Procedimiento para la toma muestras para análisis fisicoquímico y bacteriológico
- Conservación de muestra

a. *Puntos de recolección*

En los ríos y cursos de agua se recolectaron muestras de agua cercanas a la orilla. Para tomar la muestra, se coloca el frasco en dirección contraria a la corriente, hasta que esté completamente lleno. La recolección de cada muestra dura 3 minutos como máximo. Cabe mencionar que la muestra fue acompañada de la ficha de muestreo que contiene la información pertinente a la fuente bajo estudio.

¹ Para mayor detalle de información: ver documento completo en línea (<http://www.trinacionalrioempa.org/mtf1/biblioteca-digital/publicaciones>).

b. *Recipientes utilizados para el muestreo*

Los recipientes que se utilizaron para la toma de muestras de análisis fisicoquímicos fueron de envases de plástico con capacidad de un litro de agua, mientras que, para las muestras destinadas a análisis bacteriológicos, se usó un recipiente plástico de 125 ml, estos se encuentran esterilizados de fábrica, para evitar cualquier tipo de alteración bacteriana al momento de tomar la muestra.

c. *Procedimiento para medición de parámetros en campo.*

Los parámetros que se miden en campo fueron los siguientes:

- Temperatura del agua
- Temperatura ambiente
- pH
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Oxígeno disuelto

d. *Conservación de la muestra*

Una vez tomada la muestra de agua, se procedió a adicionarse el preservante requerido de acuerdo con el 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. Dicho procedimiento tiene la finalidad de retrasar los cambios químicos y biológicos que se producen inmediatamente después de la recolección.



4. CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA²

El término calidad de agua se refiere a la composición del agua, específicamente el grado de afección por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

El agua superficial se ve influenciada por factores externos que facilitan su contaminación, ya sea aumentando la concentración de sus características fisicoquímicas naturales, o bien cargando de compuestos químicos y bacteriológicos provenientes de las actividades humanas cotidianas. En el cuadro 3 se puede observar la clasificación de las sustancias contaminantes del agua establecidas por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en 1988.

Cuadro 3. Clasificación de sustancias contaminantes del agua.

Clasificación OMS	Sustancias Contaminantes	Efecto
Microorganismos patógenos	Proliferación de bacterias, virus, protozoos, entre otros.	Enfermedades gastrointestinales, tifus, hepatitis, etc.
Desechos orgánicos	Heces de humanos y animales.	Muerte de peces por la disminución de oxígeno disuelto del agua, enfermedades gastrointestinales.
Compuestos químicos inorgánicos	Ácidos, sales y metales tóxicos (Mercurio, Plomo, etc.)	Daños graves a la salud humana, disminución de rendimiento agrícola.
Nutrientes vegetales inorgánicos	Nitratos y fosfatos	Altas concentraciones provocan crecimiento excesivo de algas, disminución de oxígeno, muerte de vida acuática, cálculos biliares, osteoporosis, síndrome del bebé azul.
Compuestos orgánicos	Petróleo, gasolina, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc.	Permanencia por largos períodos de tiempo.
Sedimentos y materiales suspendidos	Partículas de suelo, sólidos suspendidos y disueltos en el agua.	Aumentan la turbidez del agua, dificulta la vida acuática, aumenta los sedimentos en el fondo del cuerpo de agua, obstrucción de canales.
Sustancias radioactivas	Isótopos radioactivos solubles (uranio, torio, potasio)	Bioacumulación en la cadena trófica, aumentando su concentración gradualmente, diferentes tipos de cáncer.
Contaminación térmica	Agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales	Niveles altos de temperatura disminuye la concentración de oxígeno disuelto en agua, muerte de la vida acuática.

2 Mayor detalle: ver documento completo en línea (<http://www.trinacionalrioempa.org/mtftr/biblioteca-digital/publicaciones>).

De acuerdo con lo anterior, cada país posee normativas que regulan la calidad del agua en sus territorios, por lo que los parámetros tomados en cuenta en estas normas difieren una de otra en los valores de referencia. Guatemala se rige por la Norma COGUANOR 29.001.98, en Honduras existe la Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable y en el Salvador cuentan con la Norma para Agua Potable NSO 13.07.01:08. Los límites máximos aceptables (LMA) y límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros de calidad del agua para los tres países se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Parámetros de Calidad de agua para Guatemala, Honduras y El Salvador.

Parámetros	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 μ s/cm	400 μ s/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	1.0 NTU	5.0 NTU	—	5.0 NTU
Aniones Mayores						
Cloruros (Cl)	100 mg/l	250 mg/l	25 mg/l	250 mg/l	—	—
Sulfatos (SO ₄)	100 mg/l	250 mg/l	25 mg/l	250 mg/l	—	400 mg/l
Nutrientes						
Nitratos (NO ₃)	—	10 mg/l	25 mg/l	50 mg/l	—	45 mg/l
Nitritos (NO ₂)	—	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
E. Coli	—	< 3 NMP/100 ml	—	0 NMP/100 ml	—	< 1.1 NMP/100 ml

LMA: Límite Máximo Aceptables

LMP: Límite Máximo Permissible

u: unidades de color en la escala de platino-cobalto

μ s/cm: microsiemens por centímetro

mg/l: miligramos por litro

NTU: unidades nefelométricas de turbiedad

NMP: número más probable

A continuación, se presentan los resultados promedio de cada año por parámetro con su gráfica respectiva.

4.1. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una solución. Normalmente se mide en una escala de 1 a 14, siendo el 1 el valor más ácido, 7 el valor neutro y 14 el valor más alcalino. Su importancia radica en que muchos procesos químicos solo pueden desarrollarse en un determinado valor de pH. Por ejemplo, los efectos tóxicos de sustancias como el hierro, aluminio, mercurio, entre otros metales pesados, están disponibles en aguas con pH ácidos.

Período 2010 - 2018

Las sustancias responsables de pH alcalino en el agua superficial son el carbonato de calcio y el sodio; la presencia de estos se debe principalmente al origen de los suelos, escasas precipitaciones que no permite la dilución adecuada de los minerales en el agua y las altas temperaturas que aumenta la solubilidad de las sales del suelo

en el agua. Pero el aumento o disminución del pH es ocasionado por distintos factores como la contaminación por aguas residuales municipales o agroindustriales.

En el cuadro 5 y gráfica 1, se muestra un resumen de los valores promedio de pH obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

Cuadro 5. Resumen de resultados del potencial de hidrógeno (pH), en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	pH en Unidades							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	8.00	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	8.30	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	8.79	7.74	7.96	7.98	7.93	7.95	7.74	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	7.81	8.00	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8.17	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	7.67	7.50	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	7.55	7.49	7.51	7.32	7.38	7.44	8.24	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	7.65	7.59	7.77	7.49	7.60	7.54	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	7.23	7.34	8.04	
10	Río Frío 1	Puente Frío	7.81	7.73	7.80	7.73	7.70	7.80	7.62	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	7.64	7.66	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	7.62	8.26	ND	
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	7.69	7.67	7.76	6.75	6.49	6.40	7.76	
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	6.72	7.18	7.06	7.49	7.61	
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	7.20	7.93	7.85	7.31	7.47	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	7.63	7.65	7.66	8.42	7.95	7.03	7.69	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	7.96	7.83	8.16	7.95	7.60	7.70	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	8.17	8.78	8.43	9.33	8.18	8.00	7.75	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	8.11	8.08	8.11	8.38	7.62	7.45	7.67	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	7.94	7.89	7.94	7.39	7.52	7.47	7.68	
21	Río San José	Puente Trapichito	7.49	7.36	7.44	7.14	7.33	7.30	8.12	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	8.22	8.28	8.37	8.71	7.99	7.50	8.30	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	8.21	8.16	8.16	8.36	7.97	8.50	8.18	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	7.92	7.83	7.94	ND	7.78	8.50	8.41	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	8.70	8.53	8.55	8.48	8.53	7.50	8.43	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	7.90	7.85	7.99	8.06	7.63	7.30	8.28	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	8.43	8.28	8.17	7.84	7.84	8.00	8.13	
Guatemala			LMA				LMP			
			7.0 - 7.5				6.5 - 8.5			
El Salvador			6				8.5			
Honduras			---				---			

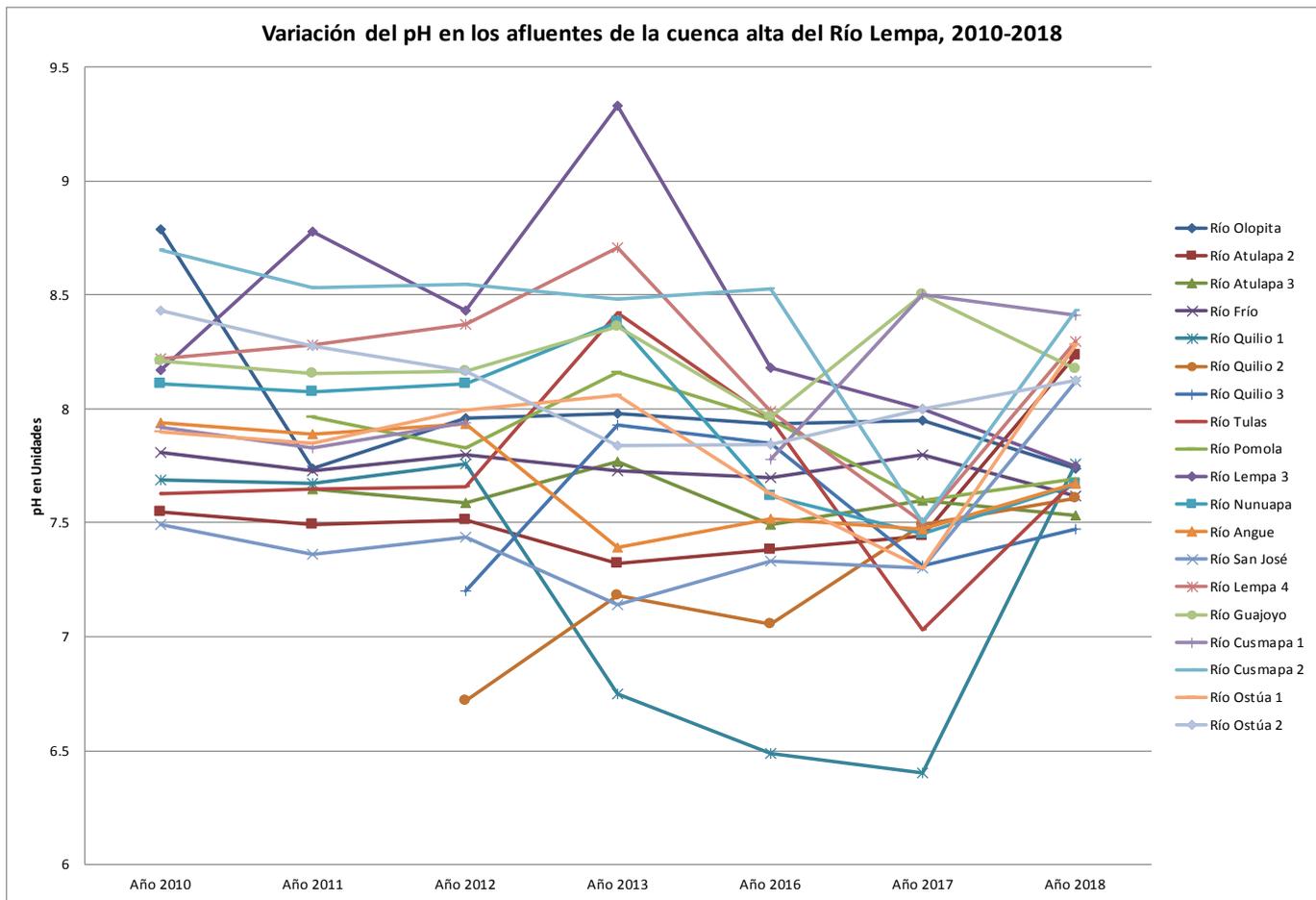
LMA = Límite Máximo Aceptable

LMP = Límite Máximo Permissible

ND = No Determinado



Gráfica 1. Resumen de resultados del potencial de hidrógeno (pH), en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, los valores de pH promedio de los ríos: Atulapa punto 3, Quilio punto1, Quilio punto 2 y Quilio punto3, Tulas, San José, Lempa punto 4, Cusmapa punto 1 y Ostúa punto 1, presentan un leve incremento; esto puede ser atribuido a diversas causas, como el aumento de la concentración de sólidos disueltos y carbonatos de calcio/magnesio por la contaminación de aguas residuales, sin embargo se mantienen dentro de los límites establecidos en la normativa de los tres países.

Únicamente el río Lempa punto 3, ubicado en el municipio de Esquipulas, Guatemala, durante el año 2013 presenta un valor de pH que se encuentra fuera del límite máximo permisible (8.5), de lo cual se deduce un pico de contaminación por aguas residuales.

El resto de los ríos bajo estudio presentaron una disminución del potencial de hidrógeno, aun así, se mantienen dentro de los límites. Sin embargo, se puede observar en el año 2017 que el río Quilio punto 1 presenta un valor de pH inferior de 6.5, lo cual indica una leve contaminación por aguas mieles.

4.2. Conductividad eléctrica del agua

La conductividad de una sustancia es una medida de la capacidad de la solución acuosa de transmitir una corriente eléctrica. Dicha capacidad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad y valencia, y de la temperatura ambiente. Este parámetro es muy utilizado para la determinación del contenido de sales en el agua, debido a que se está estrechamente relacionado al contenido de sólidos disueltos totales y dureza (carbonatos de calcio) del agua. La conductividad eléctrica se expresa en microsiemens por centímetros ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Período 2010 - 2018

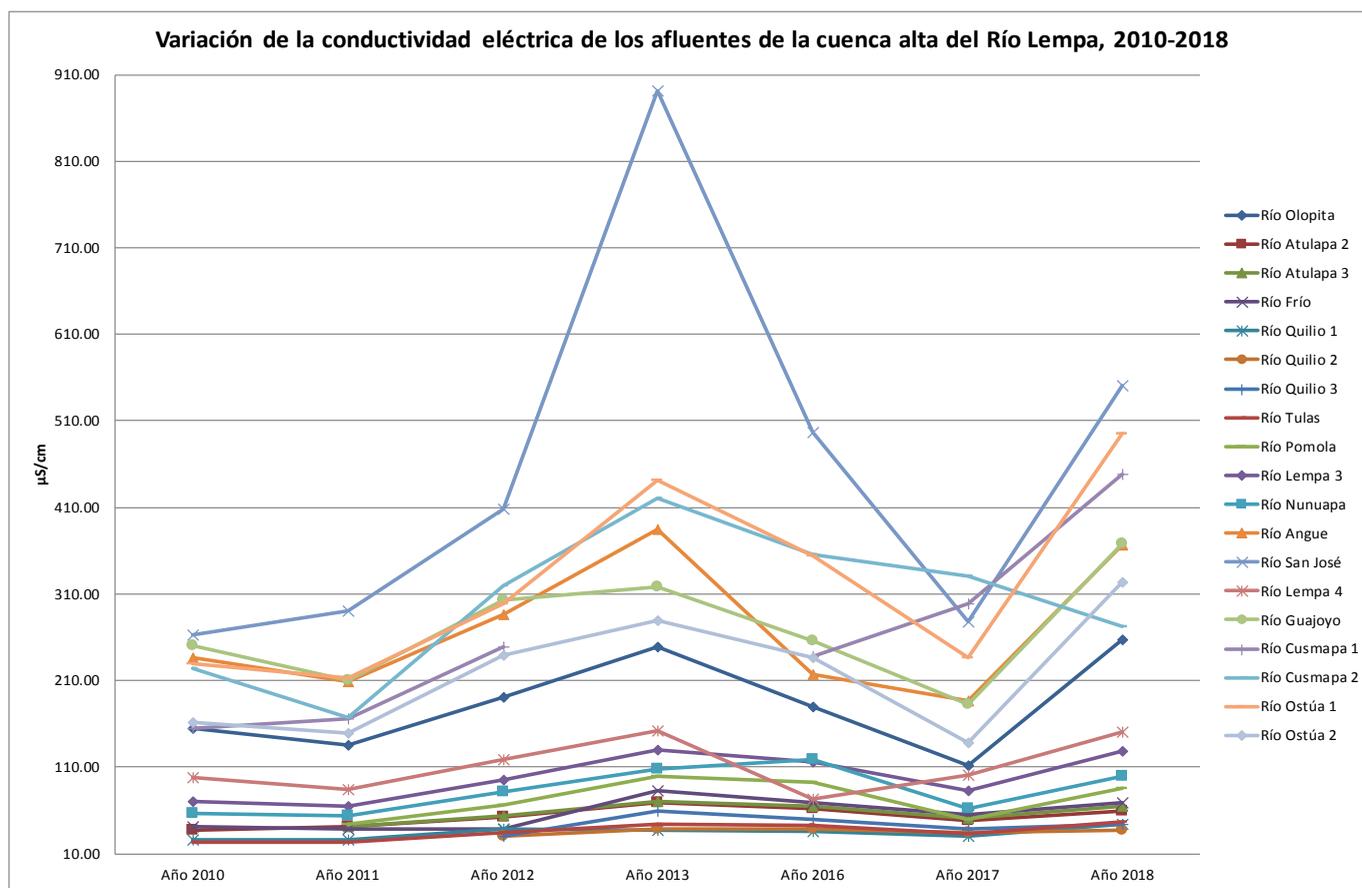
En el cuadro 6 y gráfica 2, se muestra un resumen de los valores promedio de la conductividad eléctrica obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

Cuadro 6. Resumen de resultados de la conductividad eléctrica en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	105.30	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	293.00	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	154.30	135.92	191.04	249.00	180.07	112.60	257.50	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	133.30	75.30	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	327.00	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	50.72	41.10	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	37.80	42.00	52.12	68.70	61.70	48.20	59.15	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	40.75	54.48	70.00	64.83	51.70	65.20	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	132.63	54.50	150.20	
10	Río Frío 1	Puente Frío	41.45	38.07	38.07	83.10	69.72	55.50	69.45	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	70.73	56.70	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	157.73	110.00	ND	
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	26.50	26.42	38.77	37.50	35.93	30.50	43.95	
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	30.67	39.00	38.23	34.20	37.10	
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	30.94	59.00	50.30	37.90	43.65	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	23.60	23.49	34.06	44.60	42.93	33.30	46.25	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	44.24	66.54	99.00	92.73	49.46	85.45	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	69.90	65.46	94.79	130.00	116.57	82.30	128.05	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	56.60	53.35	81.39	107.90	118.55	62.70	99.10	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	236.00	208.38	285.86	385.00	217.52	187.20	366.50	
21	Río San José	Puente Trapichito	263.00	291.09	408.15	891.00	497.27	278.00	550.85	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	98.70	84.43	119.52	152.40	73.72	100.30	151.25	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	250.00	210.16	302.67	318.00	255.77	182.40	368.17	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	154.40	165.77	248.55	ND	238.00	299.00	449.00	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	223.50	166.90	320.22	420.00	355.00	331.00	273.00	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	230.00	212.42	299.49	442.00	354.30	237.00	495.50	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	162.00	148.79	238.68	280.00	237.17	138.40	324.15	
			LMA				LMP			
Guatemala			---				1500			
El Salvador			400				---			
Honduras			---				500			

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

Gráfica 2. Resumen de resultados de la conductividad eléctrica, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, los valores promedio de conductividad eléctrica de 17 ríos presentan un incremento significativo; esto se atribuye a diferentes factores, como el aumento de sólidos disueltos y sales minerales como carbonatos de calcio/magnesio por la erosión del suelo y la escorrentía, que arrastran partículas de suelo hacia los cauces de los ríos, asimismo, la concentración de sólidos y minerales que afectan a la conductividad se ve alterada por descargas de aguas residuales sobre los afluentes, sin embargo, se mantienen dentro de los límites establecidos en la normativa de los tres países.

Únicamente el río San José, ubicado en el municipio de Metapán de El Salvador, durante el año 2013 presenta una conductividad que roza el límite máximo permisible (1500 µS/cm), lo cual indica un pico de contaminación por aguas residuales.

El resto de los ríos bajo estudio presentaron poca variación en la conductividad eléctrica, manteniéndose dentro de los límites máximo permisible (1500 µS/cm) establecido por las normas de los tres países.

4.3. Oxígeno disuelto en el agua

El Oxígeno Disuelto, es el oxígeno que se encuentra disuelto en el agua proveniente, en su mayoría de la turbulencia de la corriente, y es esencial para un río. Sin embargo, existen factores ambientales que condicionan el contenido de oxígeno (y de otros gases) en el agua, como son la temperatura del medio acuático (inversamente proporcional a la disolución de oxígeno), la altura sobre el nivel del mar, (siendo menor la cantidad de gases disueltos en agua a medida que ascendemos en altura), la cantidad de sales disueltas (cuanto mayor sea la salinidad menor será la capacidad del medio acuático para disolver gases) y las características del cauce (flujos turbulentos favorecen la mezcla y disolución de gases). Por ello el oxígeno disuelto se considera un indicador al momento de hablar sobre contaminación, porque generalmente los niveles altos de oxígeno revelan mejor calidad del agua, ya que en ella la vida acuática se ve beneficiada (peces, plantas y microorganismos). La concentración de oxígeno disuelto en el agua se expresa en miligramos por litro (mg/l) y en porcentaje de saturación (% Sat) dependiendo del interés del estudio.

Período 2010 - 2018

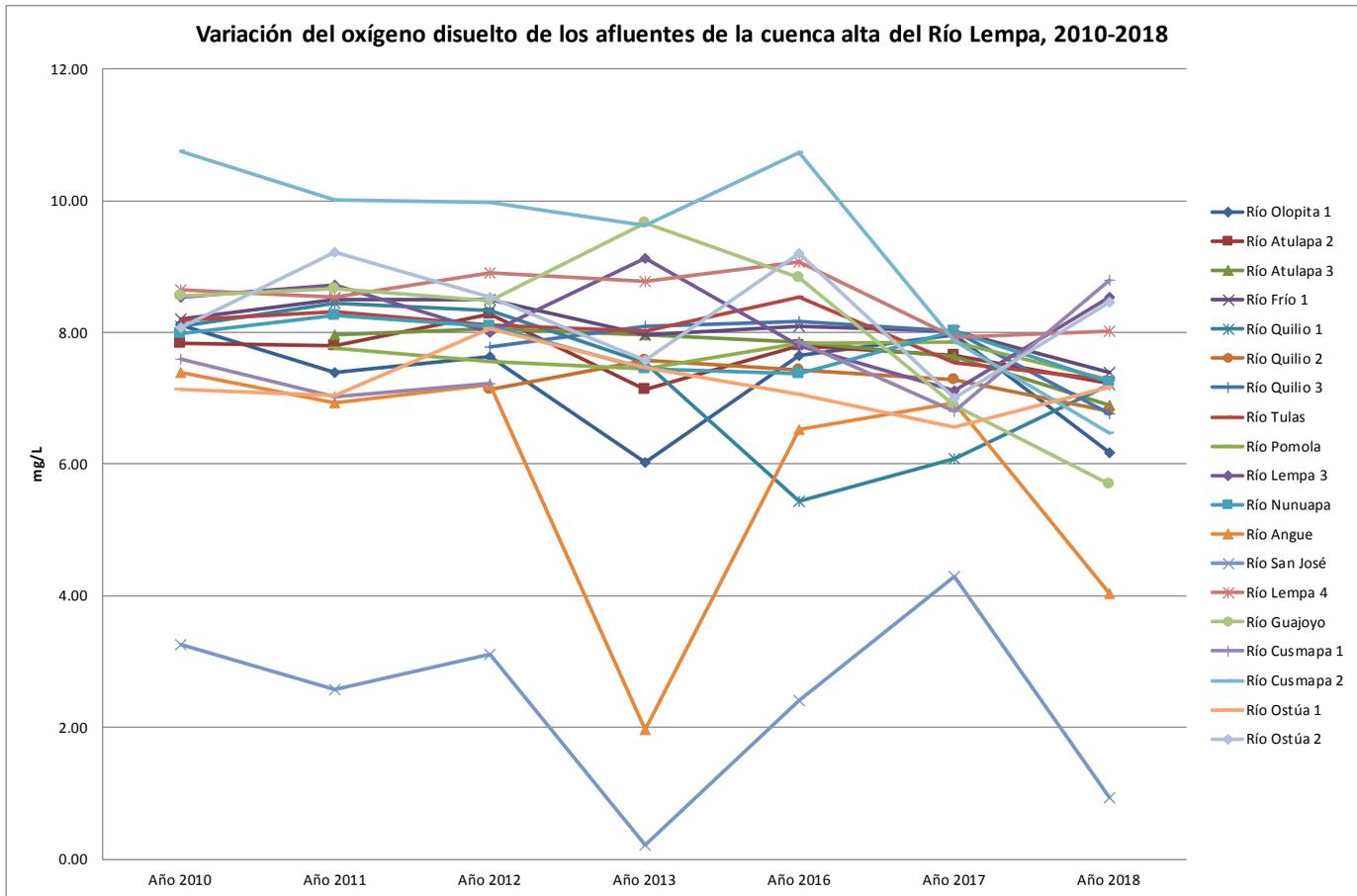
En el cuadro 7 y gráfica 3, se muestra un resumen de los valores promedio de oxígeno disuelto obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

Cuadro 7. Resumen de resultados de oxígeno disuelto en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Muestreo	Oxígeno Disuelto en mg/L							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	7.12	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	6.65	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	8.11	7.40	7.62	6.02	7.66	7.96	6.18	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	7.80	7.72	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.36	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	8.30	7.95	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	7.84	7.80	8.28	7.13	7.80	7.66	7.23	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	7.96	8.06	7.97	7.86	7.63	6.89	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	7.06	7.63	6.47	
10	Río Frío 1	Puente Frío	8.20	8.50	8.50	7.96	8.10	8.02	7.40	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	8.08	8.21	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	8.11	8.40	ND	
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	8.10	8.44	8.34	7.54	5.43	6.09	7.22	
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	7.13	7.58	7.44	7.29	6.80	
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	7.79	8.09	8.18	8.03	6.76	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	8.19	8.31	8.12	8.02	8.54	7.55	7.29	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	7.76	7.55	7.44	7.84	7.85	7.28	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	8.53	8.72	8.00	9.12	7.80	7.11	8.53	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	7.98	8.27	8.09	7.44	7.38	8.03	7.24	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	7.40	6.94	7.21	1.97	6.52	6.94	4.04	
21	Río San José	Puente Trapichito	3.25	2.57	3.10	0.22	2.41	4.30	0.94	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	8.65	8.54	8.91	8.77	9.07	7.92	8.03	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	8.56	8.67	8.48	9.67	8.84	6.90	5.69	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	7.60	7.03	7.23	ND	7.86	6.81	8.79	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	10.76	10.01	9.98	9.63	10.73	7.88	6.47	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	7.13	7.04	8.05	7.46	7.06	6.56	7.18	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	8.08	9.22	8.53	7.58	9.20	7.00	8.47	
			LMA				LMP			
Guatemala			8				4			
El Salvador			---				---			
Honduras			---				---			

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

Gráfica 3. Resumen de resultados oxígeno disuelto, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, los valores promedio de oxígeno disuelto de 13 ríos manifiestan una disminución significativa; esto se debe estrictamente a la contaminación por descargas de aguas residuales municipales y agroindustriales sobre los afluentes, cuyas bacterias al entrar en contacto con el agua de los cauces, consumen una cantidad elevada de oxígeno disuelto disminuyendo de esa forma el oxígeno natural del río, sin embargo, se mantienen dentro de los límites establecidos en la normativa de los tres países (4 a 8 mg/L).

Únicamente el río San José, ubicado en el municipio de Metapán de El Salvador, durante el período de estudio presenta una concentración de oxígeno disuelto debajo del límite máximo permisible (4 mg/L), que varía de 3.25 a 0.22 mg/L, siendo en los años 2013 y 2018 donde se presentan los valores más bajos de oxígeno. Estos resultados muestran la contaminación constante por aguas residuales municipales a la que se ve sometido el río.

Y tan solo los ríos Cusmapa punto 1, ubicado en El Salvador y Ostúa punto 2 en Guatemala, sufren un leve incremento de oxígeno disuelto que, junto con el resto de los ríos bajo estudio, se mantiene dentro de los límites establecidos por las normas de los tres países.

4.4. Turbidez

Es una medida no específica de la cantidad de partículas en el agua (arcilla, arena, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, microorganismos, etc.), y se mide detectando la cantidad de luz dispersada por las partículas de una muestra, relacionada con la cantidad dispersa por una solución o suspensión de referencia.

Este parámetro ha sido utilizado durante muchas décadas como indicador de calidad de agua, especialmente en ríos y lagos, ya que de él dependen, en gran manera, que los procesos biológicos naturales del agua se lleven a cabo. Por ejemplo, un agua con mucha turbidez indica la presencia de más sólidos en suspensión (agua de aspecto sucio), lo cual evita el paso de los rayos ultravioleta del sol para la descomposición adecuada de la materia orgánica en los cauces, reduce la presencia de oxígeno disuelto, y en casos extremos provoca la pérdida de vida acuática.

Se conoce por diversos estudios, que la turbidez representa un aspecto importante al momento de utilizar agua del cuerpo hídrico para abastecimiento humano debido a que niveles altos de turbidez, pueden reducir la eficiencia de la desinfección, dado que las partículas pueden proporcionar asientos de absorción de sustancias tóxicas en el agua, proteger agentes patógenos (coliformes), también pueden interferir con el análisis total de coliformes, dando un dato errado lo cual evitará proporcionar un tratamiento adecuado del agua.

La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) por sus siglas en inglés. Según la normativa de Guatemala, la turbidez para consumo humano debe estar entre 5 NTU como límite máximo aceptable y 15 NTU como límite máximo permisible; la normativa de Honduras establece un límite aceptable de 1 NTU y un límite permisible de 5 NTU; y la normativa de El Salvador establece un límite permisible de 5 NTU.



Período 2010 - 2018

En el cuadro 8 y gráfica 4, se muestra un resumen de los valores promedio de turbidez obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

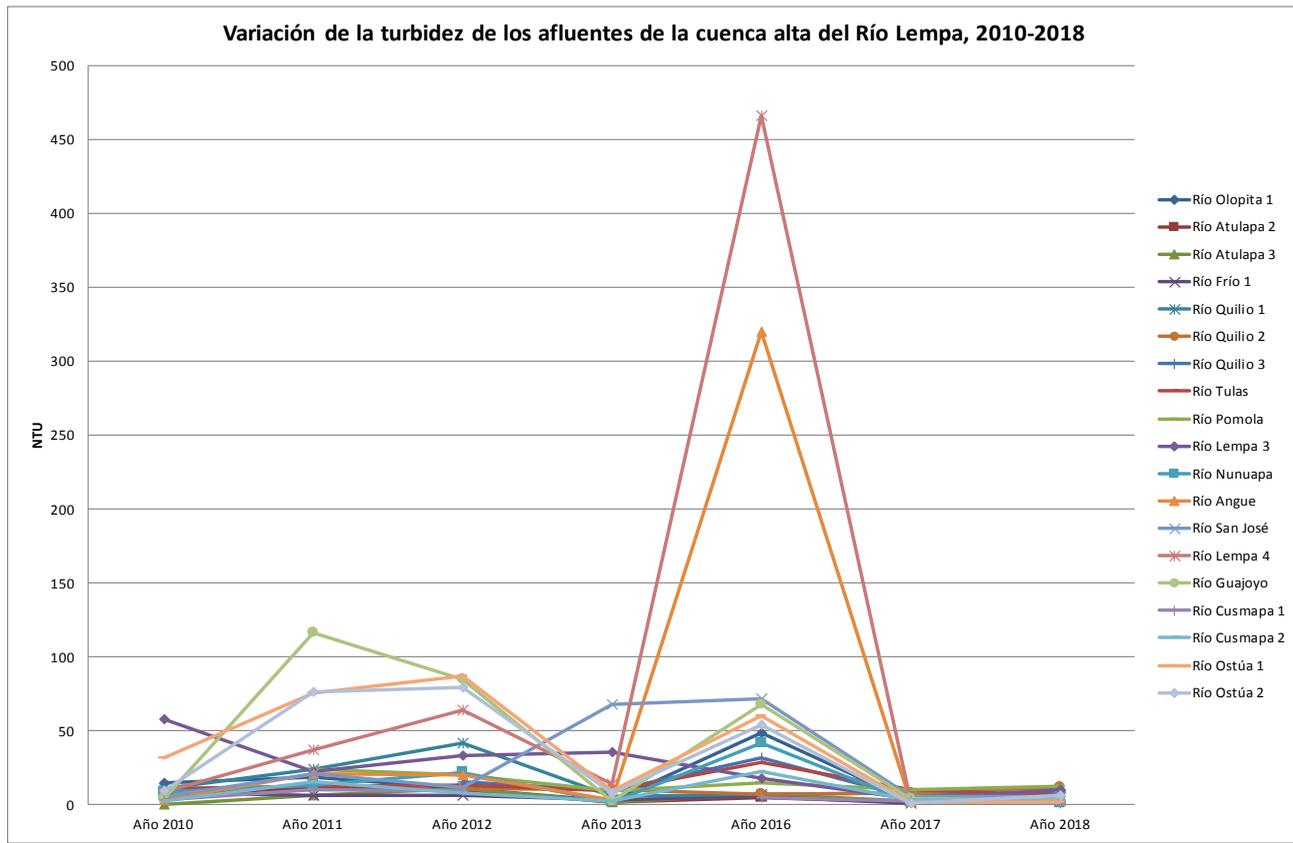
Cuadro 8. Resumen de resultados de turbidez en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Turbidez NTU							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	1.50	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	0.50	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	14.70	18.53	11.47	3.00	48.47	2.50	9.75	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	35.94	1.50	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.20	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	2.72	0.90	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	6.65	12.17	10.53	2.01	5.28	2.00	2.03	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	6.83	11.33	2.16	6.94	2.50	3.30	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	23.61	4.50	6.95	
10	Río Frío 1	Puente Frío	7.85	6.37	6.37	3.44	6.06	1.00	4.60	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	10.37	1.20	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	23.52	30.00	ND	
13	Río Quilío 1	Comunidad de Quilío	11.50	24.17	42.03	5.60	7.04	8.30	6.60	
14	Río Quilío 2	Hidroeléctrica	ND	ND	11.17	10.20	7.16	8.30	11.55	
15	Río Quilío 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	15.67	9.30	31.75	5.00	9.81	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	11.25	13.04	13.33	9.20	28.54	10.00	6.89	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	23.83	20.52	9.20	14.87	10.00	12.55	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	57.71	22.97	33.20	36.10	18.07	4.50	10.52	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	8.82	13.73	22.03	1.60	41.97	2.00	1.42	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	3.70	21.03	20.20	3.43	320.27	1.60	4.97	
21	Río San José	Puente Trapichito	5.47	21.00	11.67	68.20	72.13	5.60	5.41	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	8.90	37.13	64.10	14.50	466.40	3.00	2.35	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	4.48	116.63	84.63	2.70	68.27	4.50	3.72	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	3.40	10.30	9.87	ND	5.00	3.00	1.20	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	2.76	15.60	8.40	2.70	23.00	3.40	2.80	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	31.80	75.37	87.13	9.40	60.17	1.80	2.23	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	9.58	76.57	79.60	7.80	54.07	1.50	6.59	
			LMA				LMP			
Guatemala			1				15			
El Salvador			1				5			
Honduras			---				5			

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

De acuerdo con los resultados obtenidos entre los años 2010 y 2018, los valores promedio de turbidez de 16 ríos manifiestan una disminución significativa respecto al primer monitoreo realizado en diciembre del 2010, debido a que los cauces de estos poseen mayor cobertura forestal y menor riesgo a la erosión del suelo, factor causante del aumento de partículas suspendidas en el río y aumento de la turbidez.

Gráfica 4. Resumen de resultados turbidez, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



Por otro lado, se observa que en el año 2016 los ríos presentan un aumento de los valores de turbidez, especialmente el río Angue y Lempa punto 4 ubicados en El Salvador, que muestran una concentración de 320.27 y 466.40 NTU respectivamente, superando los límites establecidos por las normas de los tres países. Este aumento de la turbidez se debe a la contaminación provocada por las partículas de suelo y materia orgánica, especialmente en época lluviosa.

4.5. Sólidos disueltos totales y sólidos totales

Los sólidos son las partículas en suspensión o disolución en el agua. Los sólidos totales, en cambio, es la sumatoria de los sólidos en suspensión, sedimentables y disueltos presentes en el agua. Los sólidos sedimentables son más pesados que el agua, por lo que suelen encontrarse en el fondo en cauces con poca turbulencia; sin embargo, estos pueden encontrarse suspendidos momentáneamente a causa de la turbulencia de un río, una vez cesa o cambia de tramo el agua, estos vuelven a depositarse en el fondo.

Por otro lado, los sólidos en suspensión se mantienen en el agua por su naturaleza coloidal que es provocada por pequeñas cargas eléctricas de las partículas que las hacen tener afinidad por el agua, normalmente son los que aumentan la turbidez del medio acuoso.

Y los sólidos disueltos son sales minerales que se disuelven en el agua, y están directamente relacionados con la conductividad porque cuando la concentración de sólidos disueltos es alta, también existe alta conductividad del agua.

Período 2010 - 2018

En el cuadro 9 y gráfica 5, se muestra un resumen de los valores promedio de sólidos disueltos totales obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

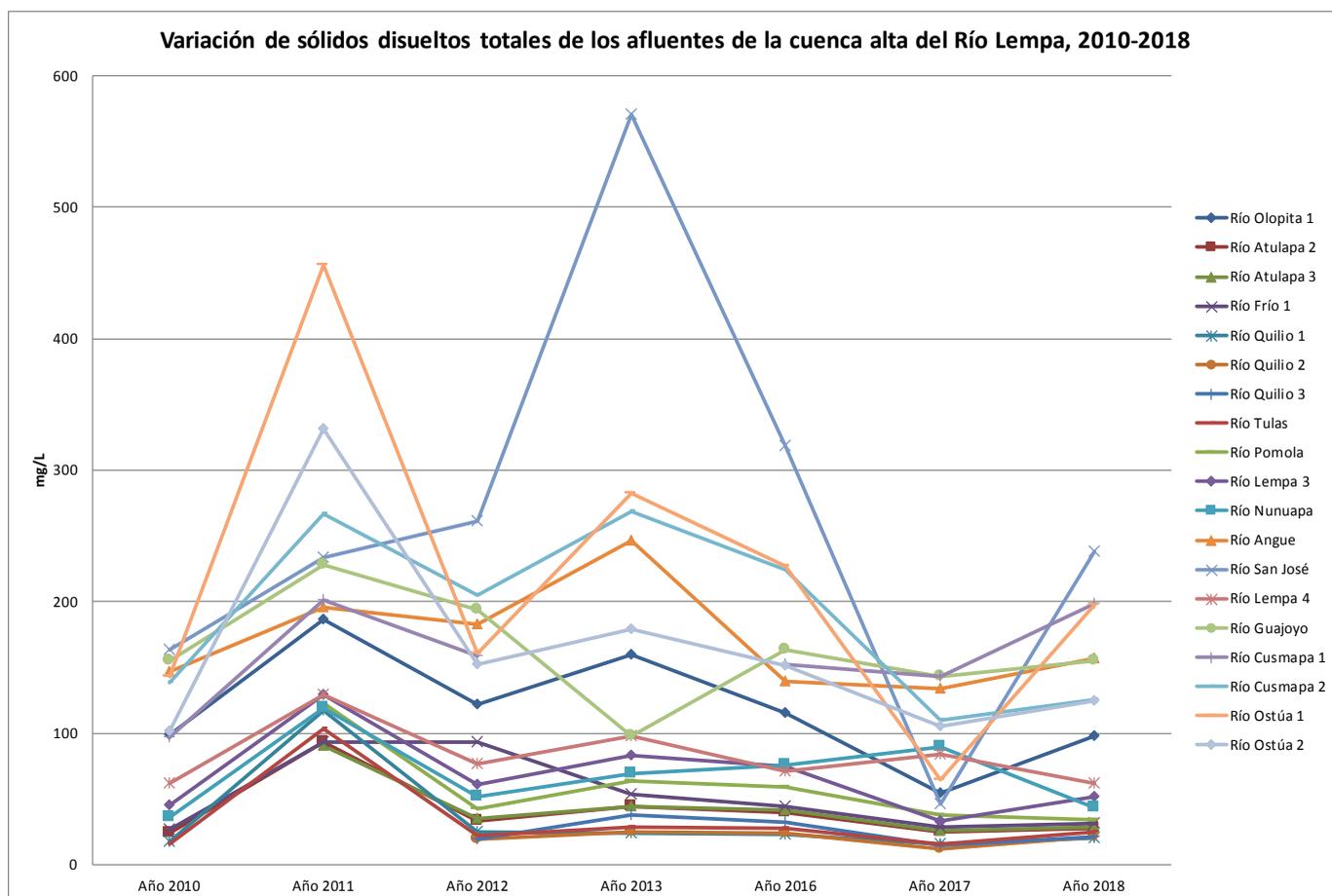
Cuadro 9. Resumen de resultados de sólidos disueltos totales en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Sólidos Disueltos Totales en mg/L						
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	53.60	ND
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	135.20	ND
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	98.37	186.62	122.27	159.36	115.01	54.20	97.60
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	85.31	36.30	ND
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	132.60
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	32.47	21.74	ND
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	24.19	93.62	33.36	43.97	39.49	24.70	27.80
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	90.56	34.69	44.80	41.49	26.30	29.00
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	84.83	27.90	27.80
10	Río Frío 1	Puente Frío	26.88	93.63	93.63	53.18	44.63	29.10	31.20
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	45.27	29.70	ND
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	89.88	59.00	ND
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	17.21	117.30	24.81	24.00	23.00	15.40	20.58
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	19.63	24.96	24.47	12.45	21.38
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	19.81	37.76	32.19	15.00	21.08
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	15.49	103.56	21.79	28.54	27.48	15.45	24.75
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	122.47	42.59	63.37	59.35	38.00	34.60
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	45.44	129.62	60.66	83.20	74.60	33.00	51.85
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	35.84	119.33	52.09	69.06	75.87	89.30	43.35
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	147.20	195.41	182.95	246.40	139.21	134.10	156.95
21	Río San José	Puente Trapichito	163.20	233.49	261.26	570.24	318.25	46.50	237.70
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	62.34	129.58	76.49	97.54	71.37	84.30	62.05
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	155.52	228.27	193.71	98.00	163.69	143.10	155.25
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	96.71	201.40	159.14	ND	152.32	143.10	198.40
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	138.37	266.67	204.94	268.80	223.87	110.20	125.90
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	143.36	456.11	160.44	282.88	226.75	64.30	197.65
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	101.50	331.33	152.75	179.20	151.79	105.00	124.80
			LMA			LMP			
Guatemala			---			500			
El Salvador			---			---			
Honduras			---			---			

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



Gráfica 5. Resumen de resultados sólidos disueltos totales, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, la concentración promedio de sólidos disueltos totales en 10 ríos presentan una disminución significativa respecto al primer monitoreo, debido a que los cauces de estos poseen mayor cobertura forestal y menor riesgo a la erosión del suelo, factor causante del aumento los sólidos disueltos y suspensión.

Por otro lado, se observa que en el año 2011 los ríos presentan un aumento de los valores de sólidos disueltos totales, especialmente el río Ostúa punto 1, ubicado en Guatemala, que muestran una concentración de 456.36 mg/L de sólidos disueltos totales llegando al límite máximo permisible (500 mg/L) establecidos por las normas de los tres países. Mientras en el año 2016 los ríos sufren un aumento en la concentración de sólidos disueltos totales, en donde el río San José ubicado en El Salvador muestra un valor de 570.24, superando el límite máximo permisible. Este aumento de los sólidos, al igual que la turbidez, se debe a la contaminación provocada por las partículas de suelo y materia orgánica, especialmente en época lluviosa.

El resto de los ríos bajo estudio se encuentran dentro de los límites máximos establecidos en las normas de los tres países y no presentan una variación significativa. Y en el cuadro 10 y gráfica 6, se muestra un resumen de los valores promedio de sólidos totales obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

Cuadro 10. Resumen de resultados de sólidos totales en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

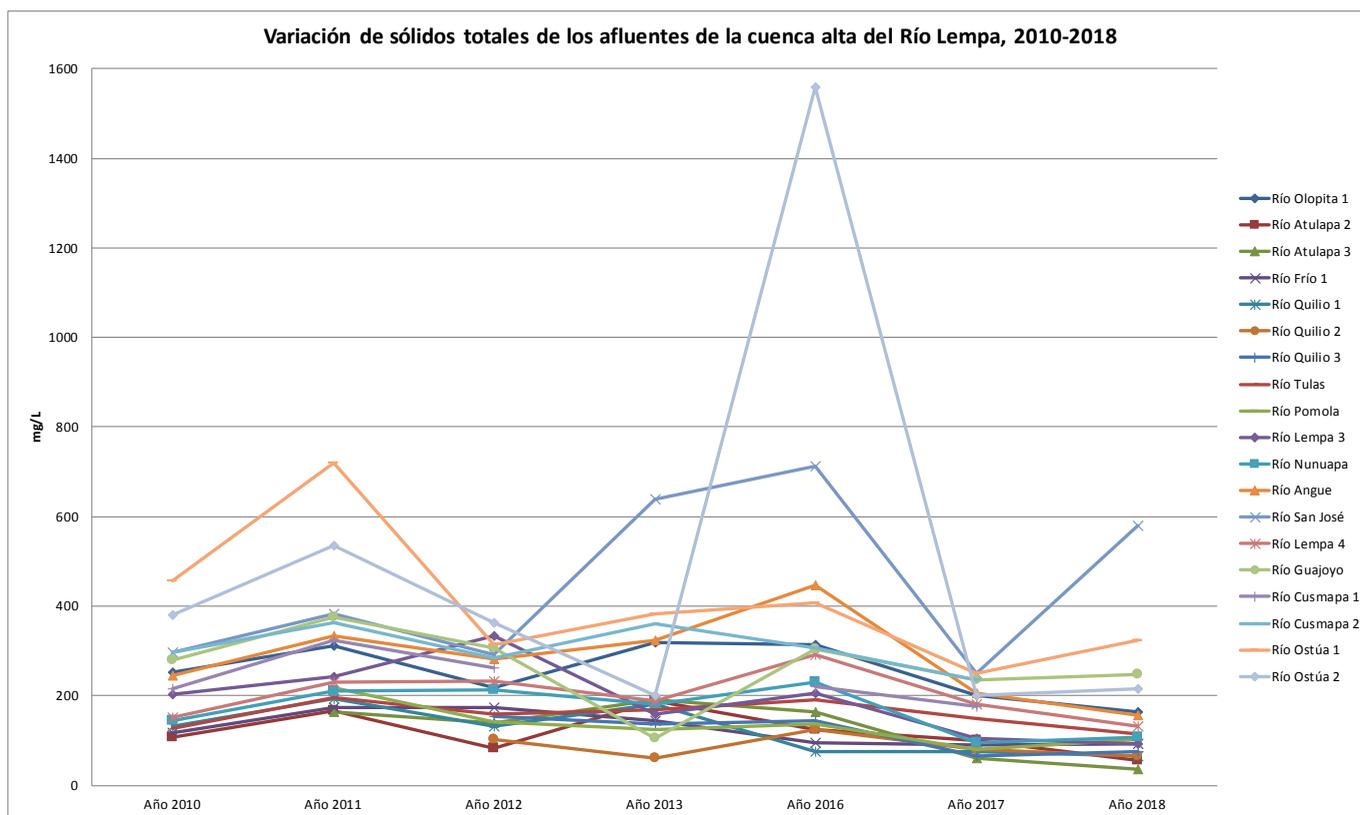
No.	Río	Punto de Monitoreo	Sólidos totales en mg/L						
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	180.00	ND
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	180.00	ND
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	252.00	310.67	218.67	320.00	314.67	200.00	163.00
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	270.00	150.00	ND
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	218.00
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	170.00	90.00	ND
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	108.00	165.33	82.67	188.00	125.33	100.00	54.50
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	164.00	140.00	192.00	164.67	60.00	36.00
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	306.67	120.00	142.50
10	Río Frío 1	Puente Frío	116.00	174.67	174.67	144.00	94.67	90.00	93.50
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	170.67	93.00	ND
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	186.67	225.00	ND
13	Río Quilío 1	Comunidad de Quilío	132.00	193.33	130.67	180.00	76.00	75.00	65.00
14	Río Quilío 2	Hidroeléctrica	ND	ND	102.67	60.00	125.33	80.00	66.50
15	Río Quilío 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	154.67	136.00	144.00	65.00	74.00
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	128.00	194.67	158.00	168.00	190.33	150.00	114.00
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	218.67	141.00	124.00	136.00	80.00	102.50
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	204.00	242.67	333.33	160.00	206.00	105.00	92.00
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	144.00	209.33	214.00	180.00	229.33	95.00	107.00
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	244.00	333.33	281.33	324.00	446.67	205.00	156.00
21	Río San José	Puente Trapichito	296.00	384.00	290.67	640.00	712.67	250.00	580.00
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	152.00	229.33	232.00	188.00	292.00	180.00	132.00
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	280.00	376.00	306.67	104.00	305.00	235.00	248.00
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	216.00	322.67	262.00	ND	220.00	175.00	ND
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	296.00	362.67	285.33	360.00	305.33	235.00	ND
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	456.00	720.00	315.00	384.00	406.33	250.00	324.00
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	380.00	534.67	362.67	200.00	1559.00	200.00	216.00
			LMA			LMP			
Guatemala			500			1000			
El Salvador			---			1000			
Honduras			---			1000			

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

De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, la concentración promedio de sólidos totales en 16 ríos presentan una disminución significativa respecto al primer monitoreo, debido a que los cauces de estos poseen mayor cobertura forestal y menor riesgo a la erosión del suelo, factor causante del aumento los sólidos totales.



Gráfica 6. Resumen de resultados sólidos totales en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



Por otro lado, se observa que en los años 2011 los ríos presentan un aumento de los valores de sólidos disueltos totales, especialmente el río Ostúa punto 1, ubicado en Guatemala, que muestran una concentración de 720 mg/L de sólidos totales, sin embargo, se encuentra dentro del límite máximo permisible (1000 mg/L). Y en el año 2016 los ríos sufren nuevamente un aumento en la concentración de sólidos totales, en donde el río Ostúa punto 2 ubicado en Guatemala muestra un valor de 1559, superando el límite máximo permisible. Este aumento de los sólidos, al igual que la turbidez, se debe a la contaminación provocada por las partículas de suelo y materia orgánica, especialmente en época lluviosa.

El resto de los ríos bajo estudio se encuentran dentro de los límites máximos establecidos en las normas de los tres países y no presentan una variación significativa.

4.6. Fosfatos

El Fósforo está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos (PO_4), estos pueden ser encontrados naturalmente en plantas y estiércol de animales, sin embargo, estos se encuentran en las heces humanas, por lo que altas concentraciones de este compuesto en los ríos se debe a la descarga de aguas residuales que se encuentran mezcladas con productos de limpieza como detergentes (ricos en fosfatos).

También, por la agroindustria, es común encontrar este compuesto en fertilizantes, los cuales al ser aplicados en el suelo por efecto de escorrentía o lixiviación se infiltran en el manto freático que alimenta a los ríos, provocando un aumento en la concentración natural de fósforo del agua. Dado que los fosfatos son nutrientes esenciales para las plantas, cuando hay abundancia en el agua favorece un rápido crecimiento de algas y microalgas, 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, respiran oxígeno y liberan bióxido de carbono, debido a esta dinámica el agua experimenta grandes fluctuaciones de pH. Además, cuando la flora acuática muere, son descompuestas por las bacterias que utilizan gran parte del oxígeno, aumentando la demanda biológica de oxígeno y causando la muerte progresiva de peces.

Período 2010 - 2018

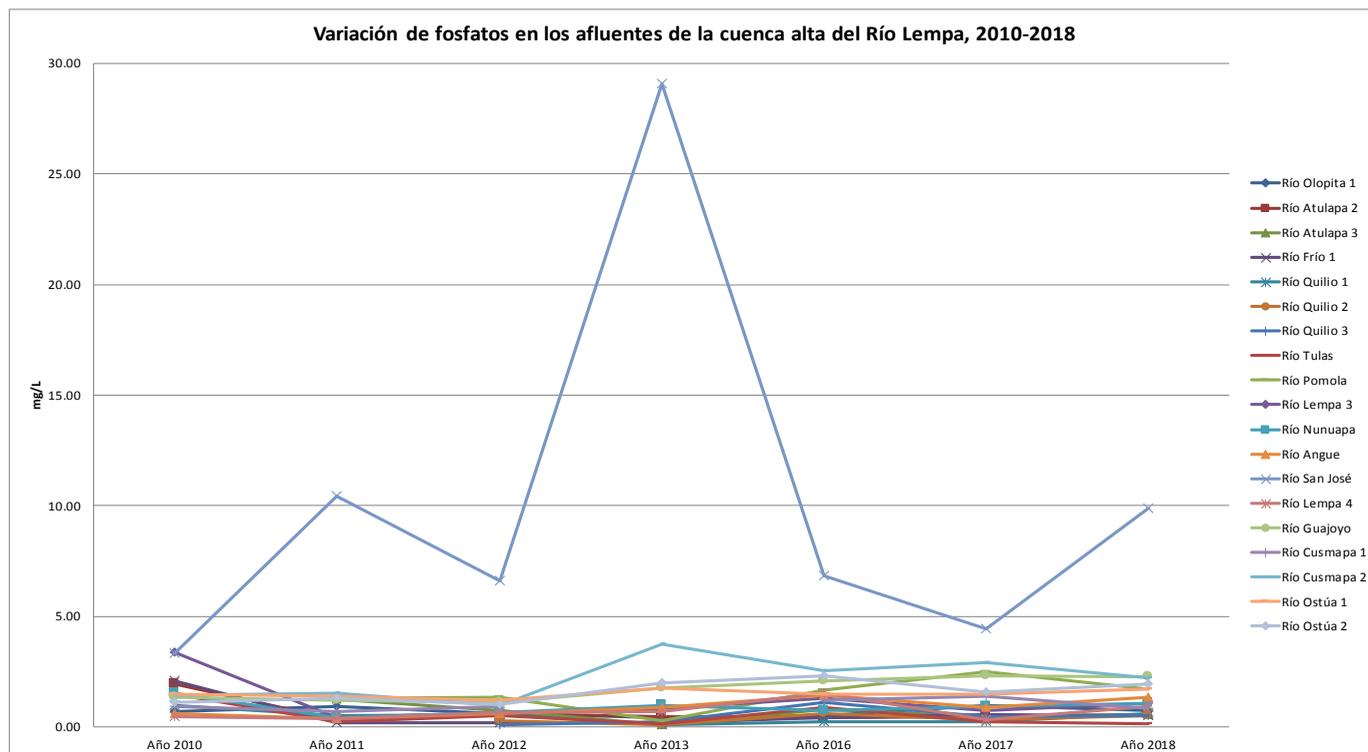
Los ríos con altas concentraciones de fosfatos son afectados directamente por la contaminación de aguas residuales municipales e industriales. En el cuadro 11 y gráfica 7, se muestra un resumen de los valores promedio de fosfatos obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

Cuadro 11. Resumen de resultados de fosfatos en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Fosfatos en mg/L							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	1.30	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	0.20	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	0.69	0.92	0.59	0.43	0.53	1.00	0.74	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	0.66	0.79	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.14	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	0.34	0.33	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	1.94	0.33	0.59	0.48	0.42	0.45	0.56	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	1.24	0.75	0.11	0.78	0.45	0.56	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	1.55	1.50	1.74	
10	Río Frío 1	Puente Frío	2.08	0.19	0.19	0.21	0.43	0.55	0.51	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	0.49	0.54	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	0.83	0.75	ND	
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	0.96	0.50	0.55	0.09	0.23	0.25	0.61	
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	0.30	0.10	0.59	0.35	0.52	
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	0.11	0.24	1.13	0.45	0.53	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	1.49	0.25	0.51	0.17	0.88	0.25	0.17	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	1.29	1.36	0.27	1.67	2.50	1.70	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	3.40	0.43	0.67	0.83	1.32	0.75	1.07	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	1.52	0.44	0.68	0.98	0.76	0.93	1.06	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	0.61	0.38	0.61	0.89	1.44	0.90	1.33	
21	Río San José	Puente Trapichito	3.32	10.43	6.62	29.06	6.83	4.45	9.89	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	0.45	0.36	0.65	0.69	1.54	0.35	0.93	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	1.34	1.22	1.13	1.78	2.09	2.30	2.27	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	0.92	0.70	0.94	ND	1.23	1.41	0.86	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	1.43	1.52	0.99	3.76	2.55	2.90	2.21	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	1.49	1.40	1.21	1.78	1.49	1.50	1.72	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	1.12	1.28	1.03	1.98	2.32	1.60	1.96	
			LMA				LMP			
Guatemala			0.5				1			
El Salvador			---				---			
Honduras			---				---			

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

Gráfica 7. Resumen de resultados fosfatos, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, los valores promedio de fosfatos de 10 de los ríos bajo estudio, presentan un leve incremento; esto puede ser atribuido a diversas causas, como el aumento de materia orgánica en el cauce por la contaminación de aguas residuales, superando el límite máximo permisible (1 mg/L) establecido en la normativa de los tres países.

Se puede observar que el río San José, ubicado en el municipio de Masahuat, El Salvador, presenta valores de fosfatos que se encuentra fuera del límite máximo permisible a lo largo del período de estudio, lo cual indica contaminación por aguas residuales municipales y agroindustriales.

El resto de los ríos bajo estudio presentaron una disminución en la concentración de fosfatos y se mantienen dentro de los límites establecidos por las normas de los tres países (0.5 y 1 mg/L).

4.7. Nitratos

Los nitratos son uno de los compuestos principales de las aguas naturales, pero sus concentraciones pueden ser elevadas gradualmente debido al lixiviado del nitrógeno proveniente de abonos agrícolas, desechos alimenticios o fosas sépticas. La concentración media de nitratos en agua se encuentra entre 0.2 mg/L y 2 mg/L. A su vez, son elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, que, en concentraciones elevadas, provocan un crecimiento excesivo de algas, microalgas y plantas.

Asociados con los fosfatos, son los compuestos responsables de la eutrofización de los ríos. Dentro de los daños a la salud humana se puede mencionar la formación potencial de cáncer o cálculos biliares.

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

Período 2010 - 2018

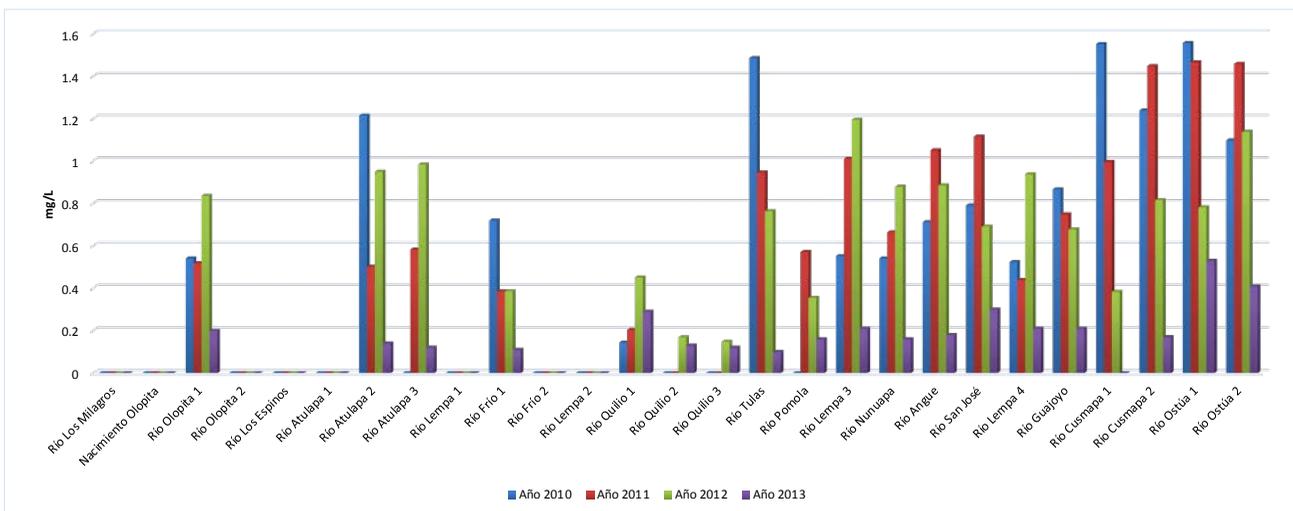
Es importante mencionar que el origen de los nitratos presentes en el agua de los ríos se debe al uso de fertilizantes nitrogenados en la producción agrícola de la región y descarga de aguas residuales municipales directamente en los cauces de los ríos. En el cuadro 12, gráfica 8 y 8a, se muestra un resumen de los valores promedio de nitratos obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

Cuadro 12. Resumen de resultados de nitratos en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

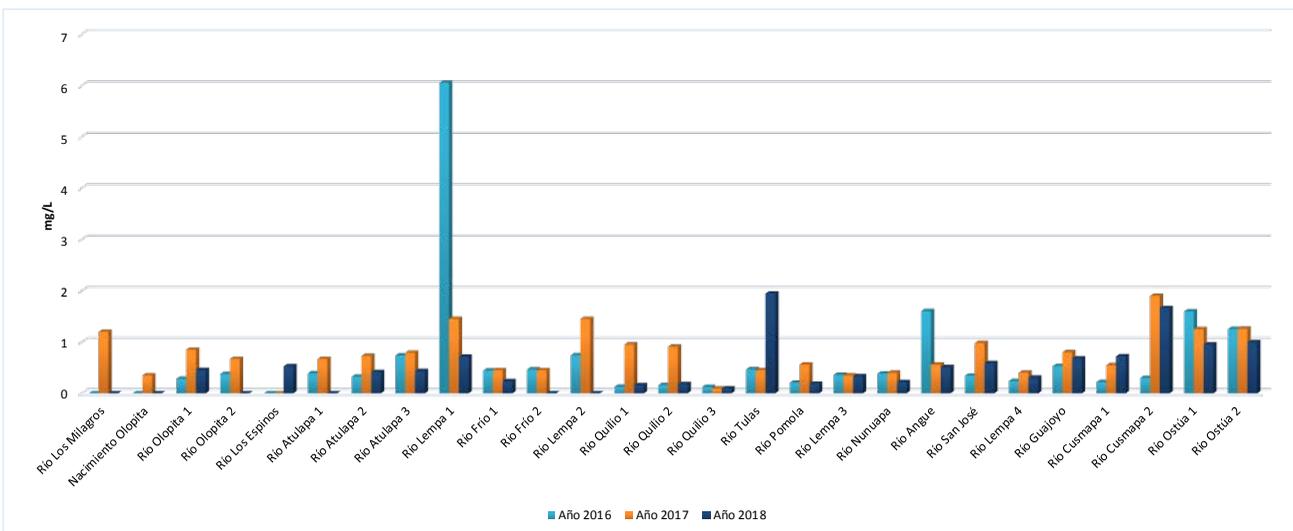
No.	Río	Punto de Monitoreo	Nitratos en mg/L							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	1.20	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	0.35	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	0.54	0.52	0.84	0.20	0.28	0.85	0.45	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	0.38	0.67	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.53	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	0.39	0.67	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	1.22	0.50	0.95	0.14	0.32	0.73	0.41	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	0.58	0.98	0.12	0.74	0.79	0.43	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	6.06	1.45	0.71	
10	Río Frío 1	Puente Frío	0.72	0.39	0.39	0.11	0.44	0.45	0.24	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	0.46	0.45	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	0.74	1.45	ND	
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	0.14	0.20	0.45	0.29	0.13	0.95	0.16	
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	0.17	0.13	0.16	0.91	0.18	
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	0.15	0.12	0.12	0.09	0.09	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	1.49	0.95	0.76	0.10	0.47	0.45	1.95	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	0.57	0.35	0.16	0.21	0.56	0.18	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	0.55	1.01	1.20	0.21	0.36	0.35	0.33	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	0.54	0.66	0.88	0.16	0.38	0.40	0.22	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	0.71	1.05	0.89	0.18	1.60	0.56	0.51	
21	Río San José	Puente Trapichito	0.79	1.12	0.69	0.30	0.34	0.98	0.59	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	0.52	0.44	0.94	0.21	0.24	0.40	0.30	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	0.87	0.75	0.68	0.21	0.53	0.80	0.68	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	1.55	1.00	0.38	ND	0.22	0.55	0.72	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	1.24	1.45	0.82	0.17	0.30	1.90	1.66	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	1.56	1.47	0.78	0.53	1.60	1.25	0.95	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	1.10	1.46	1.14	0.41	1.25	1.26	1.00	
			LMA				LMP			
Guatemala			---				10			
El Salvador			25				50			
Honduras			---				45			

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

Gráfica 8. Resumen de resultados nitratos, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2013.



Gráfica 8a. Resumen de resultados nitratos, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016 - 2018.



De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, las concentraciones promedio de nitratos de 13 ríos presentan una ligera disminución; mientras que los ríos: Olopita punto 1, Atulapa punto 3 en Guatemala, y Quilío punto 1 y 2 ubicados en Honduras, no presentan una variación significativa.

El origen de los nitratos presentes en el agua de los ríos se debe al uso de fertilizantes nitrogenados en la producción agrícola de la región siendo arrastrados por escorrentía o lixiviación del suelo y descarga de aguas residuales municipales directamente en los cauces de los ríos. Sin embargo, la totalidad de los ríos bajo estudio se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de los tres países (10 mg/L).

4.8. Nitritos

El Nitrito no se da típicamente en las aguas naturales a niveles significativos, excepto bajo condiciones reductoras (pH ácido). También puede darse cuando el río se ve contaminado con una descarga reciente con aguas residuales, ya que estas contienen altas concentraciones de amoníaco (compuesto principal de la orina) y al entrar en contacto con el agua, las bacterias descomponen el amoníaco utilizando el oxígeno disuelto para transformarlo en nitritos.

Los Nitritos producen dos reacciones químicas que pueden causar efectos nocivos para la salud, la inducción de “metahemoglobinemia” provocando una reducción acelerada de oxígeno en el cuerpo y sangre haciendo que la piel se torne de una coloración azul, fatiga, dificultades respiratorias, entre otras; especialmente en niños menores de un año, y formación de nitrosamidas/nitrosaminas carcinogénicas. Por ello, la concentración de nitritos en el agua de consumo humano en las normas de los tres países es de 1 mg/L como límite máximo permisible.

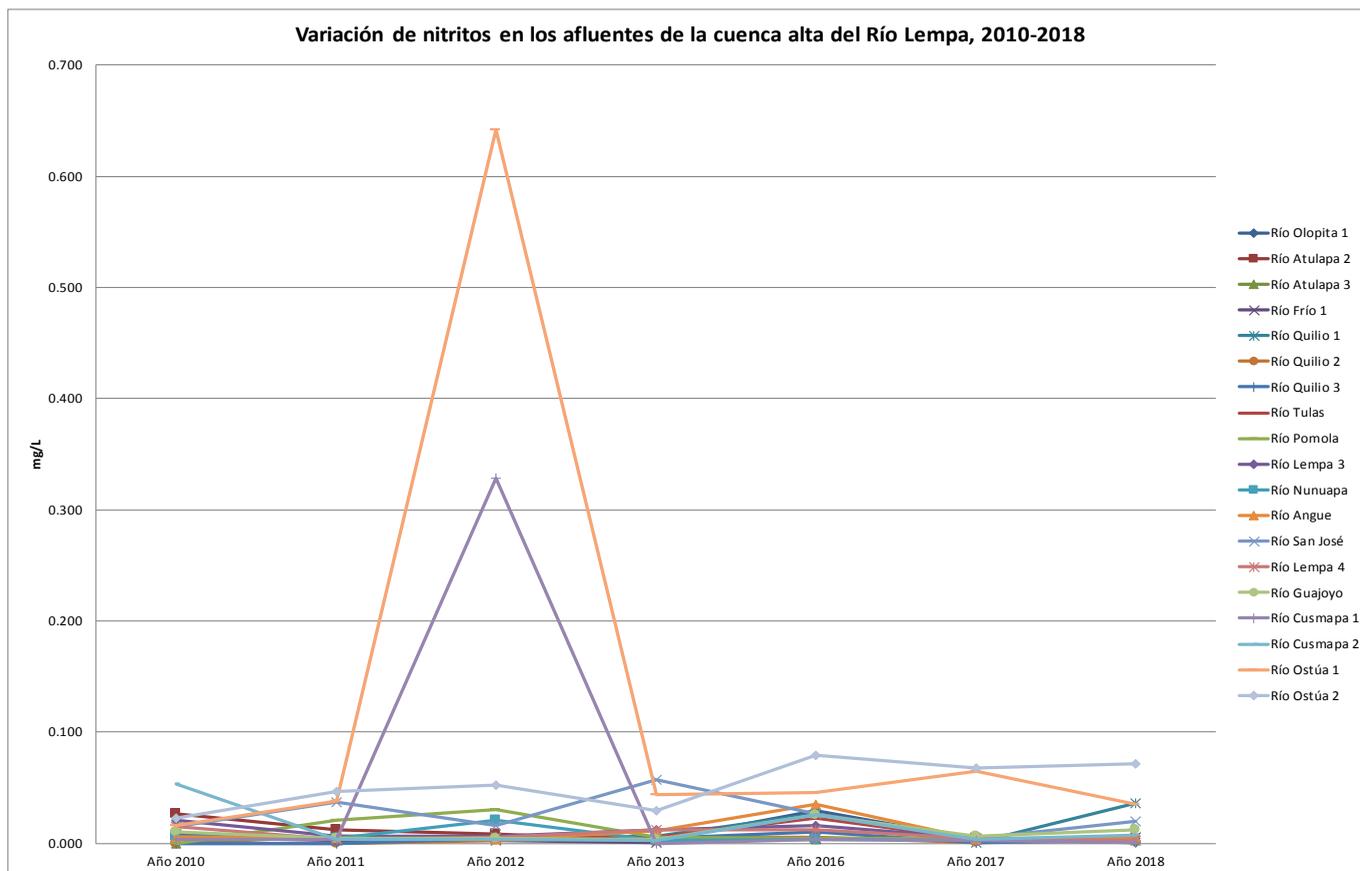
Período 2010 - 2018

El origen de los nitritos en el agua de los ríos se debe al uso de fertilizantes nitrogenados en la producción agrícola y descargas de aguas residuales recientes. En el cuadro 13 y gráfica 10, se muestra un resumen de los valores promedio de nitritos obtenidos entre los años 2010 y 2018.

Cuadro 13. Resumen de resultados de nitritos en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Nitritos en mg/L							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	0.008	0.004	0.003	0.002	0.029	0.003	0.001	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	0.009	0.003	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.057	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	0.003	0.004	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	0.026	0.012	0.008	0.002	0.004	0.004	0.004	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	0.007	0.006	0.002	0.003	0.003	0.002	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	0.015	0.053	0.059	
10	Río Frío 1	Puente Frío	0.005	0.002	0.002	0.001	0.005	0.003	0.005	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	0.004	0.003	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	0.008	0.025	ND	
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	0.008	0.004	0.005	0.006	0.026	0.001	0.036	
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	0.003	0.005	0.005	0.001	0.003	
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	0.005	0.004	0.010	0.001	0.002	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	0.007	0.004	0.005	0.005	0.023	0.003	0.003	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	0.021	0.030	0.005	0.005	0.004	0.004	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	0.021	0.006	0.006	0.012	0.016	0.004	0.004	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	0.006	0.004	0.021	0.002	0.003	0.002	0.002	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	0.005	0.004	0.004	0.011	0.035	0.003	0.005	
21	Río San José	Puente Trapichito	0.015	0.037	0.016	0.057	0.027	0.004	0.020	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	0.015	0.003	0.005	0.012	0.012	0.004	0.003	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	0.010	0.004	0.004	0.003	0.025	0.006	0.013	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	0.003	0.003	0.329	ND	0.003	0.002	0.001	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	0.053	0.003	0.004	0.002	0.026	0.003	0.007	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	0.016	0.037	0.642	0.044	0.046	0.065	0.036	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	0.023	0.047	0.052	0.029	0.079	0.068	0.072	
			LMA				LMP			
Guatemala			---				1			
El Salvador			---				1			
Honduras			---				1			
LMA = Límite Máximo Aceptable LMP = Límite Máximo Permisible ND = No Determinado										

Gráfica 10. Resumen de resultados nitritos, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



Los resultados del monitoreo realizado entre los años 2010 y 2018, muestran concentraciones de nitritos entre 0.005 y 0.642 mg/L, siendo el río Angue, El Salvador, el que posee menor valor de nitritos. Mientras que el valor más alto se obtuvo en el río Ostúa punto 2 en Guatemala, durante el año 2012. La totalidad de los puntos bajo estudio se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas de los tres países (1 mg/L).

El origen de los nitritos en el agua de los ríos se debe al uso de fertilizantes nitrogenados en la producción agrícola y descargas de aguas residuales municipales recientes.

4.9. Sulfatos

El Sulfato es un compuesto que surge de forma natural en el agua, mayormente cuando los cauces atraviesan formaciones geológicas compuestas de yeso, por lo cual, altas concentraciones de sulfatos están directamente relacionado a la dureza y sólidos disueltos del agua. También están presentes en las aguas residuales industriales.

Diversos estudios médicos realizados en personas adultas determinaron que la ingesta de agua con altas concentraciones de sulfatos produce un efecto laxante, mientras que en los niños desarrollan diarreas crónicas y deshidratación.

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 en honduras un límite máximo aceptable de 25 mg/L y un máximo permisible de 250 mg/L.

Período 2010 - 2018

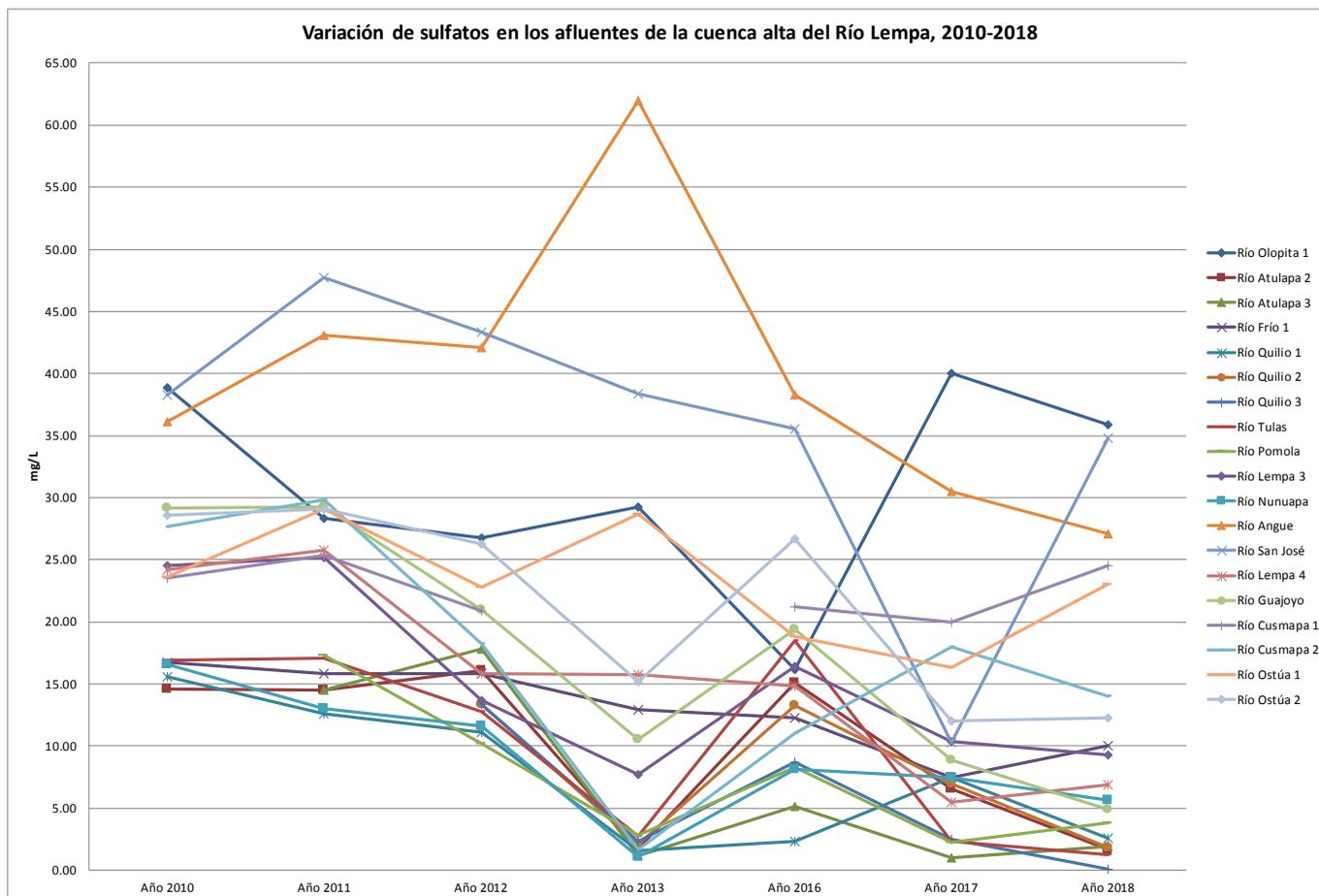
Los sulfatos que se encuentran en el agua de los ríos se deben a la descargas de aguas residuales. En el cuadro 14 y gráfica 10, se muestra un resumen de los valores promedio de sulfatos obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

Cuadro 14. Resumen de resultados de sulfatos en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Sulfatos en mg/L							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	8.40	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	30.00	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	38.90	28.30	26.78	29.27	16.16	40.00	35.87	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	10.07	35.00	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20.23	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	2.29	8.50	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	14.58	14.47	16.07	1.73	15.04	6.55	1.70	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	14.51	17.82	1.20	5.15	1.00	1.90	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	9.20	3.00	6.19	
10	Río Frío 1	Puente Frío	16.77	15.82	15.82	12.93	12.24	7.50	10.07	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	9.67	7.60	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	12.11	9.50	ND	
13	Río Quilío 1	Comunidad de Quilío	15.57	12.62	11.11	1.60	2.31	7.50	2.57	
14	Río Quilío 2	Hidroeléctrica	ND	ND	13.34	2.07	13.22	7.00	1.84	
15	Río Quilío 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	13.31	2.33	8.71	2.50	0.10	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	16.93	17.08	12.80	2.73	18.51	2.30	1.27	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	17.31	10.18	2.80	8.26	2.25	3.80	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	24.57	25.22	13.69	7.73	16.38	10.40	9.27	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	16.57	13.01	11.58	1.07	8.13	7.50	5.64	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	36.13	43.08	42.07	61.93	38.29	30.50	27.14	
21	Río San José	Puente Trapichito	38.30	47.69	43.32	38.33	35.53	10.30	34.80	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	24.23	25.73	15.80	15.75	14.80	5.50	6.90	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	29.13	29.24	20.96	10.53	19.35	8.90	4.91	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	23.53	25.33	20.84	ND	21.20	20.00	24.53	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	27.70	29.81	18.22	1.67	11.00	18.00	14.00	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	23.60	29.06	22.77	28.67	18.82	16.30	23.00	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	28.60	29.07	26.24	15.20	26.69	12.00	12.30	
			LMA				LMP			
Guatemala			100				250			
El Salvador			---				400			
Honduras			25				250			

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

Gráfica 10. Resumen de resultados sulfatos, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, las concentraciones promedio de nitratos de 14 ríos presentan una ligera disminución; mientras que los ríos: Olopita punto 1, Atulapa punto 3, Ostúa punto 1, ubicados en Guatemala; Quillio punto 1, Quillio punto 2, ubicados en Honduras; Angue, San José y Cusmapa punto 1, ubicados en El Salvador, no presentan una variación significativa.

Los sulfatos que se encuentran en el agua de los ríos se originan por las descargas de aguas residuales. Únicamente el río Angue ubicado en El Salvador, durante el año 2013 presenta un valor de sulfatos más alto que el resto (61.93 ng/L); sin embargo, la totalidad de los ríos bajo estudio se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de los tres países (100 a 250 mg/L).

4.10. Dureza del Agua

Se le denomina dureza del agua, a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, especialmente sales de magnesio y calcio, aunque los iones de otros metales como aluminio, hierro, manganeso, estroncio y cinc pueden contribuir si están presentes en altas concentraciones.

El agua catalogada como agua “dura” tiene una alta concentración de dichas sales, mientras que el agua “blanda” la contiene en poca cantidad. La presencia de sales de magnesio y calcio en el agua depende en gran parte de las formaciones geológicas atravesadas por el agua de forma previa a su captación. La dureza se expresa como una cantidad equivalente de carbonato de calcio (CaCO_3).

El calcio es importante como componente de la incrustación, ya que este puede adherirse en las tuberías de acero, fundición, juntas soldadas, y afecta directamente a la transferencia térmica del agua. Regularmente los ríos y lagos no son consideradas como aguas muy duras, ya que las concentraciones encontradas no superan los 300 mg/l de CaCO_3 . A continuación se muestran los rangos de clasificación de la dureza.

Cuadro 15. Rangos de dureza en el agua.

Dureza (CaCO_3)	
Clasificación	Rango
Agua blanda	0 - 75 mg/L CaCO_3
Agua semi-dura	75 - 150 mg/L CaCO_3
Agua dura	150 - 300 mg/L CaCO_3
Agua muy dura	> 300 mg/L CaCO_3

Los suelos de la Región Trifinio se caracterizan por su riqueza en sales minerales, entre los que destacan el sodio, calcio, magnesio y potasio, gracias a los procesos geológicos naturales que ha sufrido la corteza terrestre de la zona. Por esta razón, el agua de los afluentes de la Cuenta Alta del Río Lempa presenta concentraciones que clasifican el agua como “semi-dura” a “dura”.



Período 2010 - 2018

En el cuadro 16 y gráfica 11, se muestra un resumen de los valores promedio de dureza obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

Cuadro 16. Resumen de resultados de dureza en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Dureza en mg/L de CaCO ₃						
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	45.00	ND
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	110.00	ND
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	100.98	88.96	82.83	92.00	101.67	135.00	100.00
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	88.33	140.00	ND
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	115.00
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	26.67	25.00	ND
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	21.93	28.50	21.33	21.00	41.67	35.00	32.50
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	22.91	33.33	20.00	25.00	33.00	17.57
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	46.67	75.00	57.50
10	Río Frío 1	Puente Frío	17.85	19.85	19.85	24.00	26.67	35.00	30.00
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	31.67	35.00	ND
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	35.00	45.00	ND
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	15.30	19.14	20.67	10.00	31.67	15.00	15.00
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	17.67	10.00	30.00	15.00	17.50
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	16.00	11.00	13.33	12.00	15.00
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	17.31	14.62	19.33	10.00	23.33	20.00	20.00
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	31.86	31.83	23.00	38.33	20.00	22.50
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	38.76	38.25	39.67	32.00	53.33	35.00	40.00
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	29.07	28.57	25.67	30.00	43.33	40.00	35.00
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	146.37	134.23	133.33	161.00	133.33	160.00	157.50
21	Río San José	Puente Trapichito	156.57	138.91	153.00	150.00	158.33	135.00	137.50
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	61.20	123.86	91.33	52.00	75.00	80.00	52.48
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	153.51	142.76	143.33	108.00	158.33	140.00	145.00
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	92.82	81.97	103.67	ND	121.00	120.00	115.00
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	128.01	107.44	130.00	127.00	151.67	170.00	180.00
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	123.93	109.22	83.33	125.00	143.33	130.00	137.50
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	93.84	77.65	86.33	86.00	126.67	100.00	97.50
			LMA			LMP			
Guatemala			100			500			
El Salvador			---			500			
Honduras			400			---			

LMA = Límite Máximo Aceptable

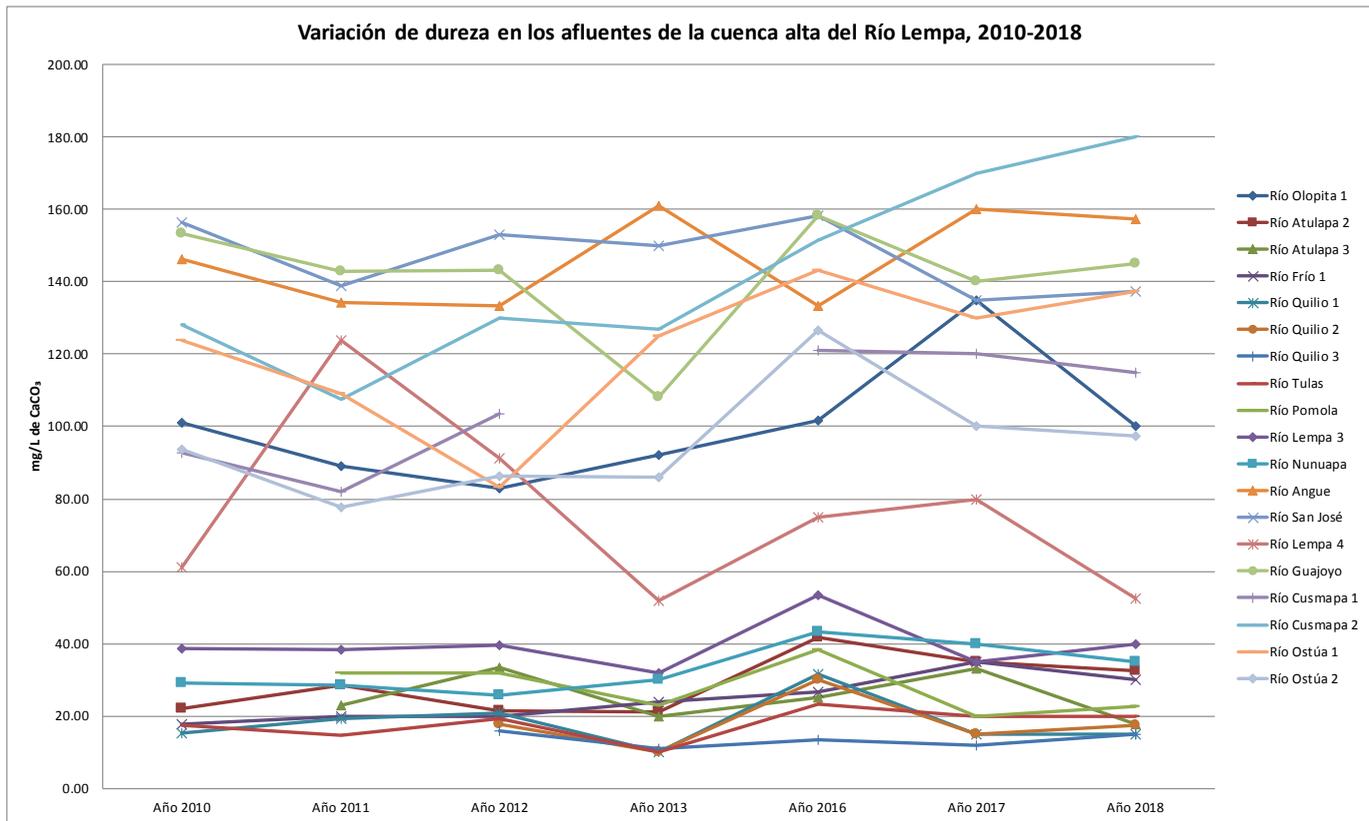
LMP = Límite Máximo Permissible

ND = No Determinado

De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, las concentraciones promedio de dureza de los ríos: Pomola y San José ubicados en El Salvador, presentan una ligera disminución; mientras que 11 ríos, no presentan una variación significativa.



Gráfica 11. Resumen de resultados dureza, en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



La presencia de sales de magnesio y calcio en el agua depende en gran parte de las formaciones geológicas atravesadas por el agua, así como también la contaminación por agua residual doméstica. Sin embargo, la totalidad de los puntos bajo estudio se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas de los tres países (100 a 500 mg/L de CaCO₃), y se encuentran entre las categorías de agua “blanda” a “dura”.

4.11. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (*Pseudomonas*, *E. Coli*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra.

En un río, determina los requerimientos de oxígeno para la degradación biológica, realizada por las bacterias, de materia orgánica presente en el agua. La demanda biológica de oxígeno (DBO₅) junto con la demanda química de oxígeno (DQO), muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de afectación del agua por la presencia de centros urbanos e industriales. 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 aguas residuales municipales e industriales.

La norma guatemalteca establece un límite máximo aceptable de 3 mg/L y un máximo permisible de 25 mg/L, mientras en para El Salvador y Honduras no se establece un valor de referencia específico para este indicador.

Período 2010 - 2018

En el cuadro 17, gráfica 12 y 12 a, se muestra un resumen de los valores promedio de DBO_5 obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

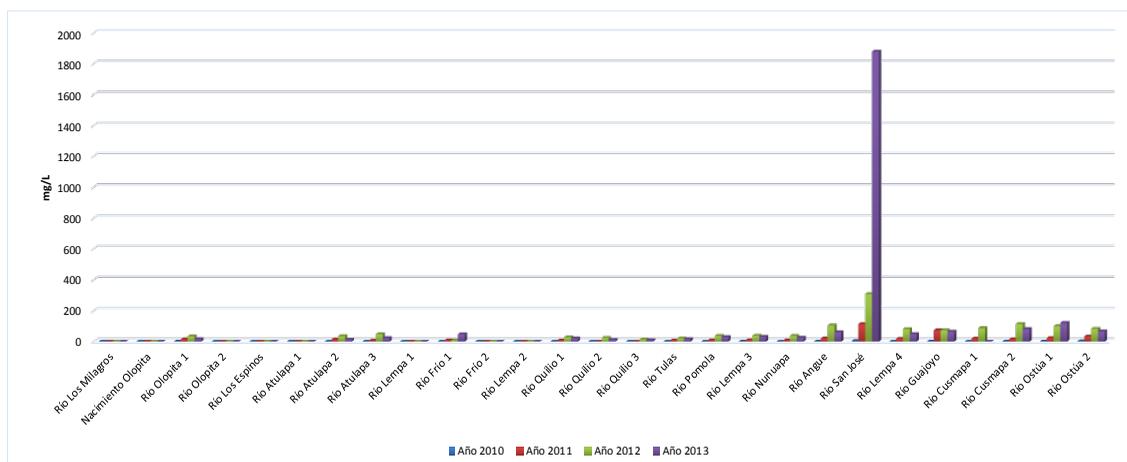
Cuadro 17. Resumen de resultados de DBO_5 en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Demanda Biológica de Oxígeno en mg/L							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	15.00	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	8.60	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	0.75	15.60	33.53	16.80	133.70	12.00	13.43	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	73.60	10.00	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27.30	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	56.00	6.80	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	0.34	14.75	35.42	13.20	82.40	8.10	9.68	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	7.02	47.40	22.80	111.60	9.30	7.73	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	273.80	18.50	14.40	
10	Río Frío 1	Puente Frío	0.12	8.32	8.32	48.00	75.60	15.00	11.70	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	113.20	15.00	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	72.40	30.00	ND	
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	0.32	7.87	27.50	21.60	101.20	10.00	10.13	
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	24.20	12.00	105.20	12.00	9.68	
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	14.10	9.60	64.80	8.30	7.88	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	0.26	7.80	19.87	16.80	102.80	10.00	8.18	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	8.68	37.07	30.00	110.40	12.00	7.35	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	0.51	9.37	38.43	31.20	106.10	9.30	3.60	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	0.38	8.09	37.00	25.30	94.40	9.60	6.23	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	0.57	21.14	104.67	61.20	119.20	23.00	17.75	
21	Río San José	Puente Trapichito	4.07	114.32	308.67	1881.00	377.00	35.00	30.68	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	0.23	18.58	81.33	49.20	108.00	9.40	7.43	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	0.59	73.34	73.00	64.80	114.40	9.30	11.63	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	0.35	19.47	86.60	ND	82.80	35.00	3.00	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	0.50	16.00	113.93	81.60	117.20	8.90	2.70	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	0.81	23.30	99.13	121.20	96.00	8.45	8.63	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	2.48	33.30	82.80	66.00	93.20	9.30	9.68	
			LMA				LMP			
Guatemala			3				25			
El Salvador			---				---			
Honduras			---				---			

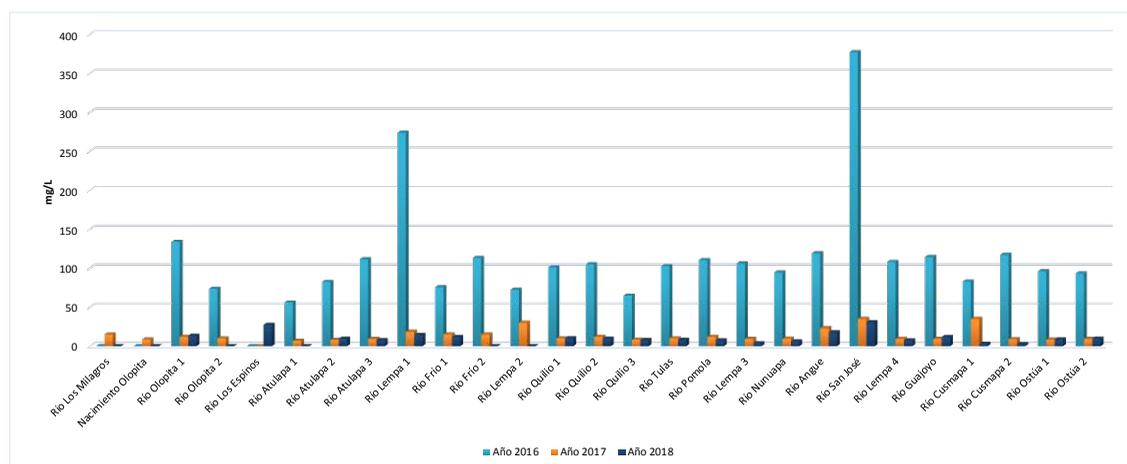
LMA = Límite Máximo Aceptable
LMP = Límite Máximo Permisible
ND = No Determinado

De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, los valores promedio de DBO_5 de 14 ríos presentan un aumento significativo; esto puede ser atribuido a diversas causas, como el aumento de la población microbiana y presencia de materia orgánica por la contaminación de aguas residuales; mientras que los ríos: Atulapa punto 2 en Guatemala y Pomola en Honduras, no presentan una variación significativa.

Gráfica 12. Resumen de resultados de DBO5 en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.



Gráfica 12a. Resumen de resultados de DBO5 en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016 - 2018.



Únicamente el río San José, a partir del año 2011 al 2016 presenta un valores de DBO₅ superiores al límite máximo permisible (25 mg/L), siendo el año 2016 en el que se determina la concentración más alta de 1,881 mg/L, lo cual se debe la constante descarga de aguas residuales y posiblemente aguas mieles. El resto de los ríos bajo estudio presentaron una disminución de la DBO₅, aun así, se mantienen dentro de los límites.

4.12. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno mide la cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas por medios químicos que se encuentran disueltos o suspendidos en el agua. Usualmente se utiliza para medir el grado de contaminación por aguas residuales ricas en materia orgánica.

Sin embargo, al momento del análisis, sustancias inorgánicas como los sulfuros, sulfitos y yoduros crean interferencias dando un error en la medida de este parámetro.

La DQO varía en función de diferentes condiciones como, por ejemplo, los materiales presentes, proporciones, posibilidades de oxidación, sustancias inorgánicas de interferencia, entre otras variables. Generalmente las altas concentraciones de DQO indican una alta contaminación por aguas residuales y aguas industriales (como la agroindustria del café). De acuerdo con la normativa de Guatemala se establece un límite máximo aceptable de 10 mg/L y un máximo permisible de 40 mg/L. Sin embargo, en El Salvador y Honduras no se cuenta con un valor de referencia para este parámetro.

Período 2010 - 2018

La alta concentración de DQO indica contaminación por aguas mieles y aguas residuales de origen doméstico por la gran cantidad de materia orgánica que requiere más oxígeno para su descomposición. En el cuadro 18 y gráfica 13, se muestra un resumen de los valores promedio de DQO obtenidos entre los años 2016 ,2012 ,2011 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados.

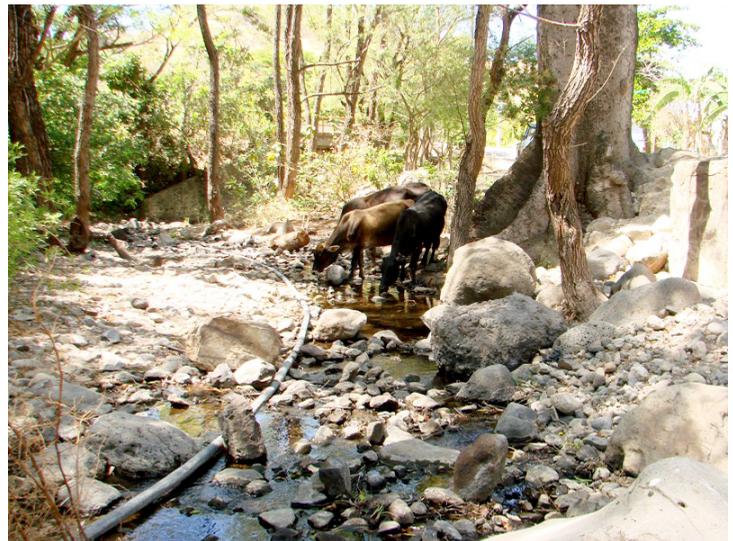
Cuadro 18. Resumen de resultados de DQO en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Año			
			2011	2012	2016	2018
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	5.00	46.33	160.00	50.85
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	132.67	ND
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	96.20
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	81.67	ND
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	18.67	47.33	110.33	62.25
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	6.00	80.00	151.80	68.85
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	429.33	44.00
10	Río Frío 1	Puente Frío	3.00	3.00	108.67	50.60
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	121.67	ND
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	117.77	ND
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	2.00	48.77	146.67	69.15
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	50.10	126.67	69.15
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	34.67	86.80	59.25
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	4.00	30.73	136.67	56.55
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	2.00	58.43	155.00	58.80
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	4.00	68.00	168.33	38.10
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	2.00	48.17	129.67	56.55
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	5.00	122.33	191.67	93.90
21	Río San José	Puente Trapichito	101.00	366.67	596.67	178.05
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	8.00	----	151.00	34.95
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	11.00	88.33	146.67	88.05
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	3.00	60.33	145.00	ND
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	7.00	137.00	153.33	ND
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	8.67	121.00	130.00	66.45
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	7.67	106.67	146.67	73.65
			LMA		LMP	
Guatemala			10		40	
El Salvador			---		---	
Honduras			---		---	
LMA = Límite Máximo Aceptable						
LMP = Límite Máximo Permisible						
ND = No Determinado						

4.13. Coliformes totales (CT), fecales (CF) y Escherichia Coli (E. Coli)

Las coliformes totales son un grupo de bacterias relacionadas entre sí (familia de las Enterobacterias), que han sido utilizadas como indicador idóneo para la determinación de calidad del agua potable. Se encuentran comúnmente en las plantas, suelos y animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes en el agua es un indicador de contaminación por aguas residuales y materia orgánica en descomposición. Generalmente se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o sedimentos en el fondo del cuerpo hídrico.

Las coliformes fecales son un subconjunto del grupo de coliformes totales, estos se encuentran en los intestinos humanos y animales de sangre caliente, es el indicador estrictamente relacionado a la contaminación de los ríos por descargas de aguas negras o residuales.



Escherichia Coli es el mayor subconjunto del grupo de coliformes totales, se distinguen por su habilidad o capacidad para crecer a elevadas temperaturas (44.5°C). Junto con las coliformes fecales, son el mejor indicador de contaminación por heces humanas y animales. El agua con altos niveles de coliformes, pueden provocar graves problemas gastrointestinales, infecciones, deshidratación, contaminación de cultivos con bacterias patógenas, entre otros. Para el estudio se cuentan con datos de CT y CF del año 2010 al 2018, y de E. Coli del año 2016 al 2018.

Para Guatemala, la normativa establece que el agua para consumo humano debe contener < 3 NMP/100 ml (Número Más Probable de unidades formadoras de colonias por 100 mililitros de agua) tanto en coliformes totales, fecales y E. Coli. Para El Salvador el límite máximo permisible es de < 1.1 NMP/100 ml en los 3 grupos; y para Honduras se establece que en el agua no debe contener ninguna colonia de bacteria (0 NMP/100 ml).

Monitoreo 2010 - 2018

De acuerdo con los resultados, el agua de los ríos muestreados está contaminada coliformes totales, fecales y E. Coli, ya que los valores son superiores a 3 NMP/100 ml, lo cual indica que los ríos e la Cuenta Alta del Río Lempa se ve afectada por heces fecales humanas o animales por lo que no es apta para consumo humano sin tratamiento previo.

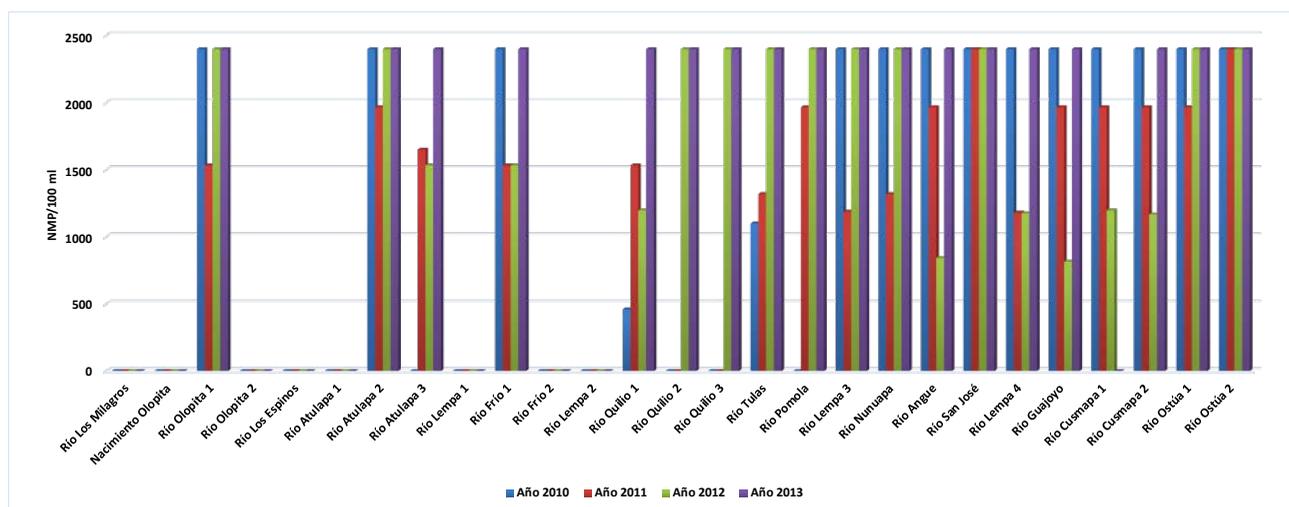
En los cuadros 19, 20 y 21 se muestra el resumen de los valores promedio de coliformes totales, fecales y E. Coli obtenidos entre los años 2010 y 2018, incluyendo todos los afluentes monitoreados. Y en las gráficas 14, 14a, 15, 15a, y 16, se muestra un resumen de los valores promedio los mismos.

Cuadro 19. Resumen de resultados de coliformes totales en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

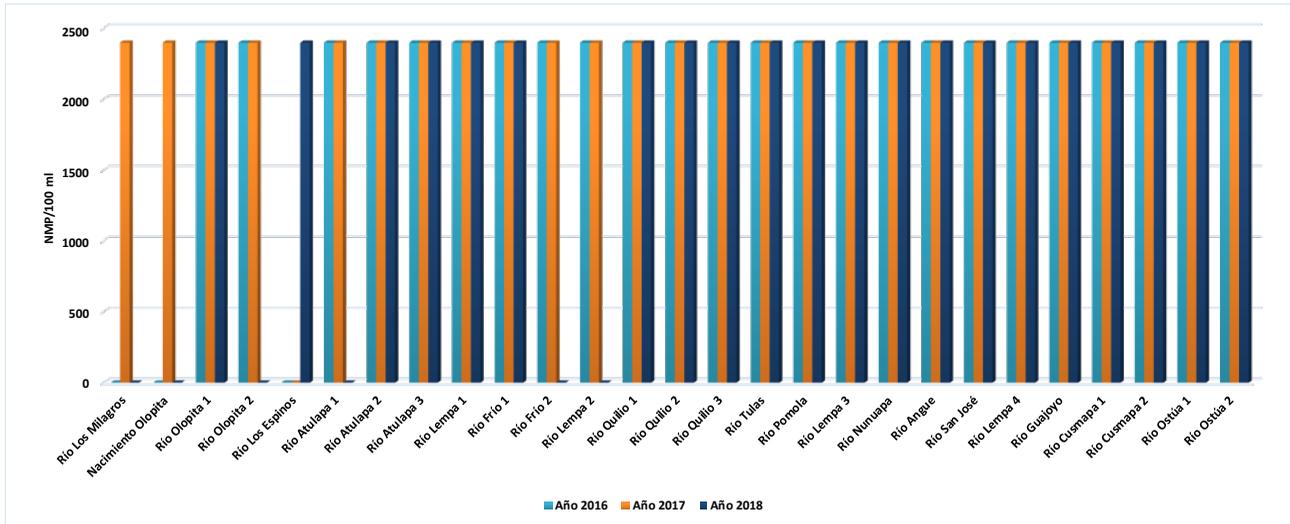
No.	Río	Punto de Monitoreo	Coliformes Totales en NMP/100 ml							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	2400	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	2400	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	2400	1533	2400	2400	2400	2400	2400	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2400	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	2400	1967	2400	2400	2400	2400	2400	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	1650	1533	2400	2400	2400	2400	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400	
10	Río Frío 1	Puente Frío	2400	1533	1533	2400	2400	2400	2400	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND	
13	Río Quilío 1	Comunidad de Quilío	460	1533	1198	2400	2400	2400	2400	
14	Río Quilío 2	Hidroeléctrica	ND	ND	2400	2400	2400	2400	2400	
15	Río Quilío 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	2400	2400	2400	2400	2400	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	1100	1320	2400	2400	2400	2400	2400	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	1967	2400	2400	2400	2400	2400	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	2400	1188	2400	2400	2400	2400	2400	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	2400	1320	2400	2400	2400	2400	2400	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	2400	1967	843	2400	2400	2400	2400	
21	Río San José	Puente Trapichito	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	2400	1181	1176	2400	2400	2400	2400	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	2400	1967	815	2400	2400	2400	2400	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	2400	1967	1198	ND	2400	2400	2400	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	2400	1967	1168	2400	2400	2400	2400	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	2400	1967	2400	2400	2400	2400	2400	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
			LMA				LMP			
Guatemala			< 3				< 3			
El Salvador			< 1.1				< 1.1			
Honduras			0				0			

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

Gráfica 14. Resumen de resultados de coliformes totales en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2013.



Gráfica 14a. Resumen de resultados de coliformes totales en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016 - 2018.



De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, los valores promedio de coliformes totales de los ríos: Quilio punto 1, Tulas ubicados en Honduras, presentan un incremento significativo en la carga bacteriana; esto se relaciona directamente a la contaminación de los afluentes por descargas de aguas residuales.

Se puede observar que, durante el año 2010, el río Quilio punto 1 presentaba una concentración de bacterias de 460, la cual asciende en el año 2012 llegando a contener 2400 NMP de bacterias formadoras de colonias. Asimismo, los ríos Angue y Guajoyo ubicados en El Salvador, presentan una disminución momentánea en la contaminación por bacterias durante el año 2012, y vuelve a subir a 2400 NMP.

El 100% de los ríos bajo estudio se encuentran contaminados por bacterias de coliformes, y superan los límites máximos permisibles (< 3 NMP/100 ml) establecidos por las normas de los tres países, situación que se mantiene constante a lo largo del período de estudio.

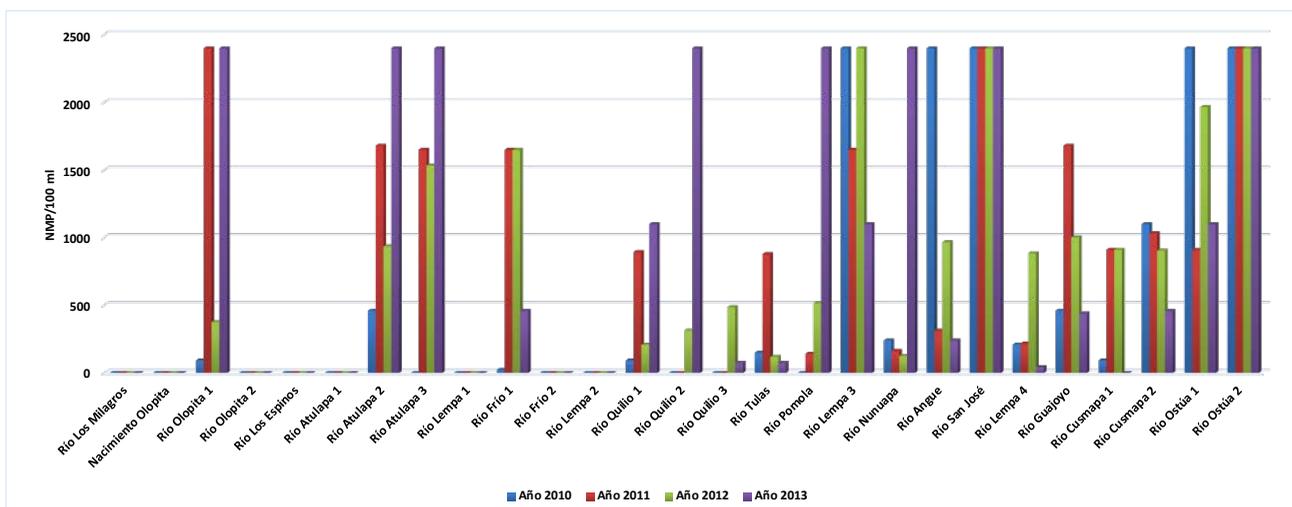


Cuadro 20. Resumen de resultados de coliformes fecales en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

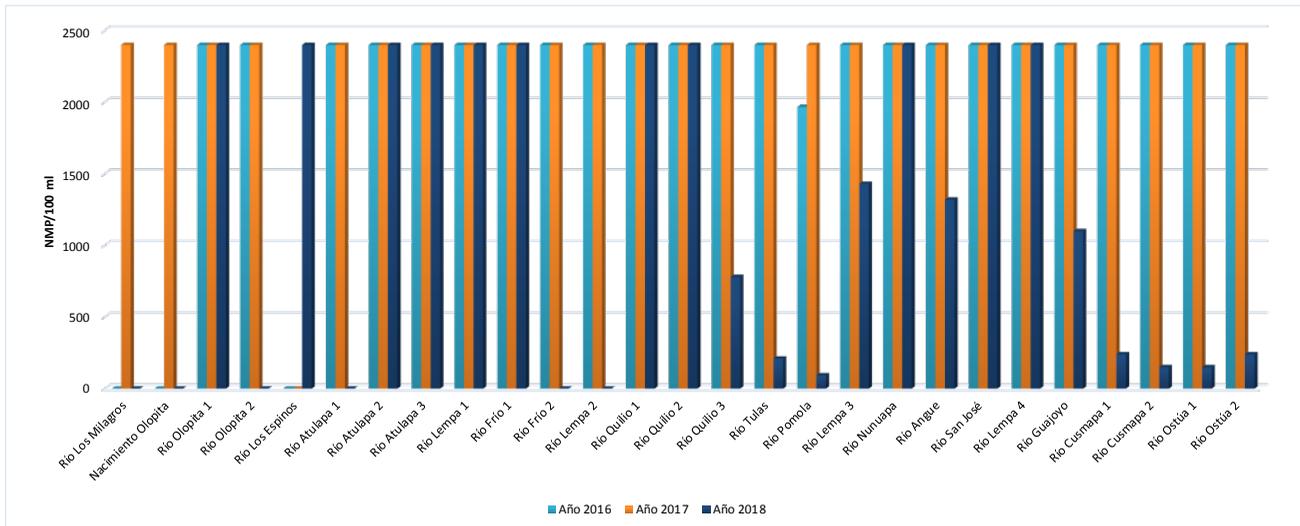
No.	Río	Punto de Monitoreo	Coliformes Fecales en NMP/100 ml							
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018	
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	2400	ND	
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	2400	ND	
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	93	2400	377	2400	2400	2400	2400	
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND	
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2400	
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND	
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	460	1680	937	2400	2400	2400	2400	
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	1650	1533	2400	2400	2400	2400	
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400	
10	Río Frío 1	Puente Frío	23	1650	1650	460	2400	2400	2400	
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND	
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND	
13	Río Quilio 1	Comunidad de Quilio	93	894	209	1100	2400	2400	2400	
14	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	ND	ND	313	2400	2400	2400	2400	
15	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	487	75	2400	2400	780	
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	150	879	119	75	2400	2400	210	
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	142	517	2400	1967	2400	93	
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	2400	1650	2400	1100	2400	2400	1430	
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	240	163	125	2400	2400	2400	2400	
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	2400	313	967	240	2400	2400	1320	
21	Río San José	Puente Trapichito	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	210	218	885	43	2400	2400	2400	
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	460	1680	1003	440	2400	2400	1100	
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	93	911	911	ND	2400	2400	240	
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	1100	1033	905	460	2400	2400	150	
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	2400	911	1967	1100	2400	2400	150	
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	2400	2400	2400	2400	2400	2400	240	
			LMA				LMP			
Guatemala			< 3				< 3			
El Salvador			< 1.1				< 1.1			
Honduras			0				0			

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

Gráfica 15. Resumen de resultados de coliformes fecales en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2013.

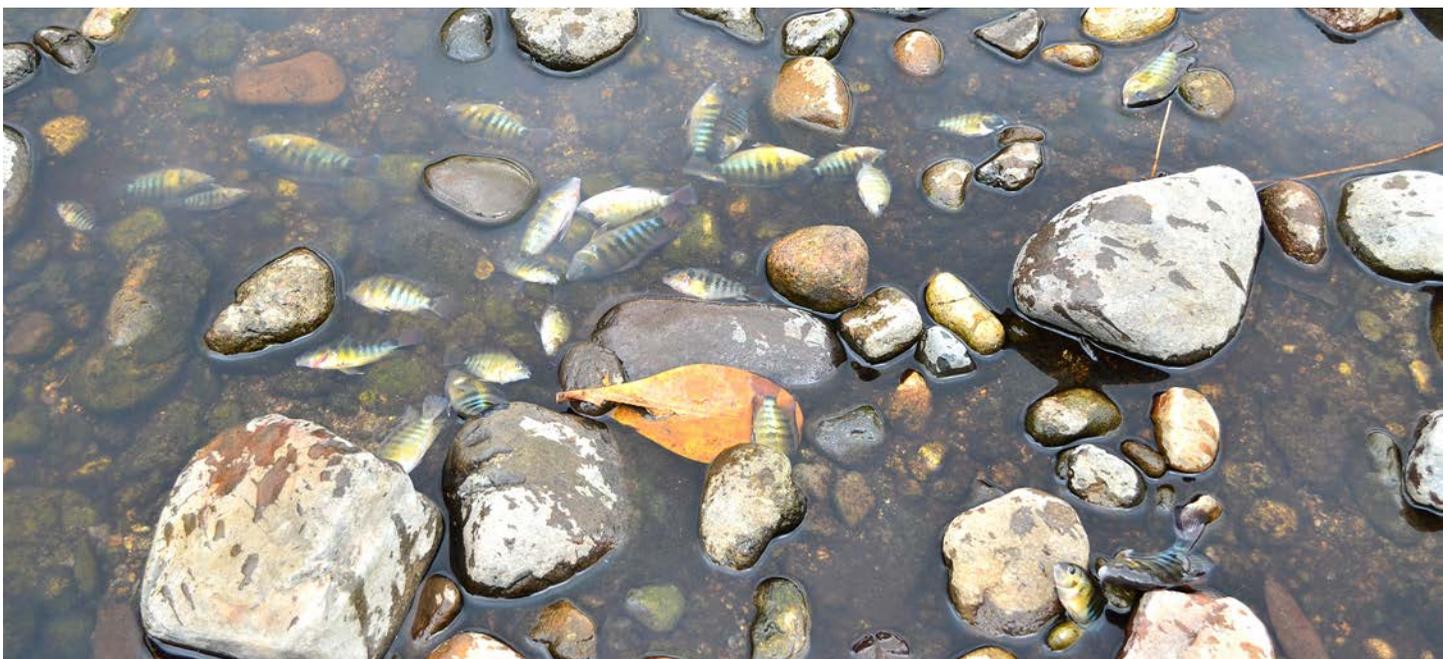


Gráfica 15a. Resumen de resultados de coliformes fecales en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016 - 2018.



De acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados entre los años 2010 y 2018, los valores promedio de coliformes fecales de los ríos: Pomol, Lempa punto 3, Cusmapa punto 2 ubicados en El Salvador, Ostúa punto 1 y 2 ubicados en Guatemala, presentan una leve disminución de la carga bacteriana; lo cual puede estar relacionado al aumento del caudal de los ríos en época lluviosa; mientras que el resto de los ríos presenta un aumento de coliformes fecales.

El 100% de los ríos bajo estudio se encuentran contaminados por bacterias de coliformes, y superan los límites máximos permisibles (< 3 NMP/100 ml) establecidos por las normas de los tres países, situación que se mantiene constante a lo largo del período de estudio.

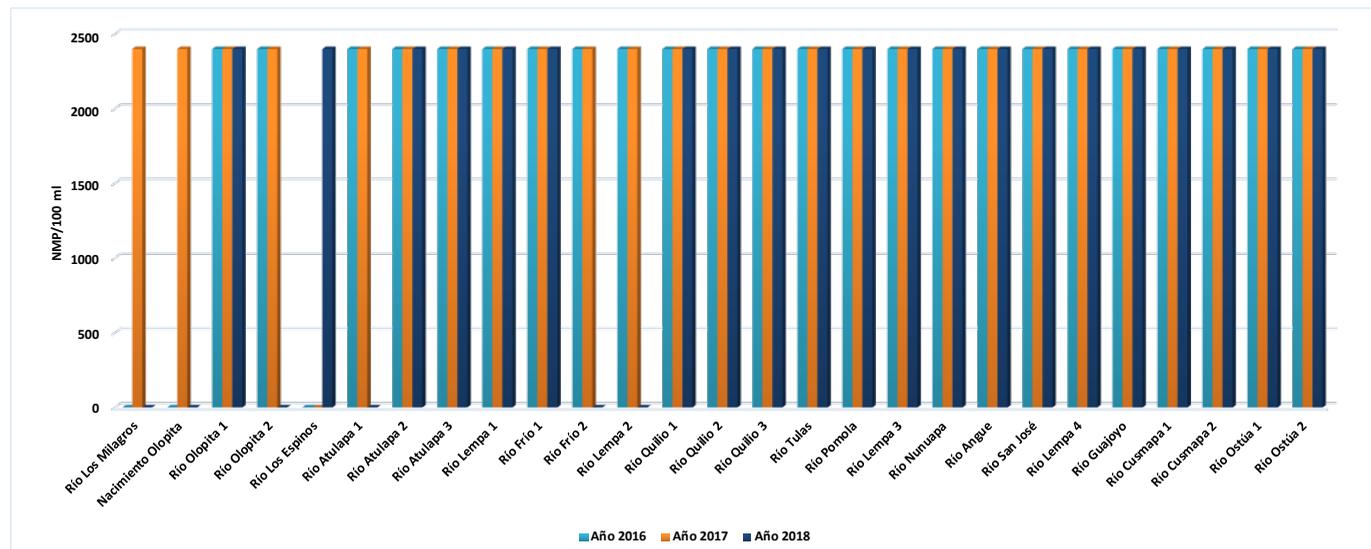


Cuadro 21. Resumen de resultados de E. Coli en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010 - 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Escherichia Coli en NMP/100 ml						
			Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2016	Año 2017	Año 2018
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	2400	ND
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	ND	2400	ND
3	Río Olopita 1	Puente Olopita	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND
5	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2400
6	Río Atulapa 1	Presa, Aldea El Limón	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND
7	Río Atulapa 2	Puente Atulapa	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
8	Río Atulapa 3	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
9	Río Lempa 1	Aldea Atulapa	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
10	Río Frío 1	Puente Frío	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
11	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND
12	Río Lempa 2	Comunidad Santa Fé	ND	ND	ND	ND	2400	2400	ND
13	Río Quilío 1	Comunidad de Quilío	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
14	Río Quilío 2	Hidroeléctrica	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
15	Río Quilío 3	Puente de Dolores Merendón	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
16	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
17	Río Pomola	Puente de Hamaca	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
18	Río Lempa 3	Puente Citalá	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
19	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
20	Río Angue	Puente de Ferrocarril	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
21	Río San José	Puente Trapichito	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
22	Río Lempa 4	Puente Masahuat	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
23	Río Guajoyo	Puente San Francisco	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
24	Río Cusmapa 1	Puente Santa Cruz	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
25	Río Cusmapa 2	Trapiche Los Callejones	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
26	Río Ostúa 1	Las Cruces	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
27	Río Ostúa 2	Puente El Tule	ND	ND	ND	ND	2400	2400	2400
Guatemala			LMA			LMP			
			< 3			< 3			
El Salvador			< 1.1			< 1.1			
Honduras			0			0			

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

Gráfica 16. Resumen de resultados de E. Coli en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016 - 2018.



Los resultados de E. Coli corresponden al período 2016 - 2018, y de acuerdo con estos, *el 100% de los ríos bajo estudio se encuentran contaminados por esta bacteria, superando los límites máximos permisibles (< 3 NMP/100 ml) establecidos por las normas de los tres países, situación que se mantiene constante a lo largo del período de estudio. Esto se debe a la contaminación por descarga de aguas residuales municipales sobre los afluentes de la cuenca del Río Lempa.*

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados, se pudo determinar que el 43% de los ríos bajo estudio experimenta un ligero incremento en el potencial de hidrógeno (pH) al comparar los resultados del período 2010-2018; este leve incremento en el pH se puede atribuir a varios factores, entre ellos el aumento de los sólidos disueltos y la presencia de una mayor concentración de carbonatos de calcio y magnesio producto de la descarga de aguas residuales sin tratamiento sobre los cuerpos de agua.
- De acuerdo con los resultados comparativos del período 2010-2018, se determinó que el 89% de los ríos bajo estudio experimenta un incremento en la conductividad eléctrica, el cual se debe al aumento de los sólidos disueltos y sales minerales como los carbonatos de calcio y magnesio, por efecto de la escorrentía y descarga de aguas residuales sin tratamiento sobre los cauces, sin embargo, se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa de los tres países.
- Con base a los resultados obtenidos durante los monitoreos realizados en el período 2010-2018, se determinó que el 11% de los ríos bajo estudio muestran un leve aumento de oxígeno disuelto, mientras que el 68% de los ríos presentan una disminución de oxígeno, y un 16% no muestra una variación significativa en los valores de oxígeno disuelto; sin embargo, estos se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas de los tres países. Únicamente el 5% de los ríos, presentan valores inferiores a los límites a lo largo del período de estudio, disminución provocada por descarga de aguas residuales municipales y agroindustriales sin tratamiento sobre los cauces.
- De acuerdo con los resultados, se determinó que el 84% de los ríos bajo estudio experimenta una disminución de los valores de turbidez al comparar los resultados del período 2010-2018, sin embargo, durante el año 2016 se presentan los valores más altos de turbidez, especialmente en los ríos Angue y Lempa 4, ambos ubicados en El Salvador, dicho aumento se debe al incremento de los sólidos en suspensión a causa de la erosión del suelo y escorrentía en época lluviosa.
- La concentración de fosfatos en el 53% de los ríos bajo estudio presenta un aumento significativo superando el límite máximo permisible (1 mg/L) establecido por la norma de los tres países, lo cual se debe a la contaminación por descargas de aguas residuales y agroindustriales; mientras que el 47% sufren una leve disminución y se encuentran dentro de los límites establecidos (0.5 y 1 mg/L).
- El 100% de los ríos de la parte alta de la cuenca del Río Lempa se encuentra fuertemente contaminada por coliformes totales, fecales y *E. Coli*, *en todos los afluentes monitoreados el número más probable de colonias es superior a los valores de referencia establecidos por la normativa de los tres países.*

5. VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS AFLUENTES DE LA CUENTA ALTA DEL RÍO LEMPA

5.1. Índice de Calidad de Agua General –ICA-

Indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano al cien por ciento.

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes y puede ser aplicado 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 de dicho río es saludable o no.

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

Cuadro 22. Clasificación del ICA propuesta de Brown

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR
Excelente	Blue	91-100
Buena	Green	71-90
Regular	Yellow	51-70
Mala	Red	26-50
Pésima	Grey	0-25

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

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

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

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

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.

Cuadro 23. Criterios generales según el Índice de Calidad de Agua según el panel de expertos Dinius (1987).

CRITERIOS GENERALES SEGÚN EL USO					
Rango ICA	Agua Potable	Agricultura	Pesca y Vida acuática	Industrial	Recreación
90 - 100	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
80 - 90	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
70 - 80	Levemente Contaminada	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
60 - 70	Contaminada	Levemente Contaminada	Aceptable	Levemente Contaminada	Aceptable
50 - 60	Contaminada	Levemente Contaminada	Levemente Contaminada	Levemente Contaminada	Aceptable
40 - 50	Fuertemente Contaminada	Contaminada	Contaminada	Contaminada	Levemente Contaminada
30 - 40	Fuertemente Contaminada	Contaminada	Fuertemente Contaminada	Contaminada	Contaminada
20 - 30	Excesivamente Contaminada	Contaminada	Fuertemente Contaminada	Fuertemente Contaminada	Contaminada
0 - 20	Excesivamente Contaminada				

ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA					
Excelente	Aceptable	Levemente Contaminada	Contaminada	Fuertemente Contaminada	Excesivamente Contaminada

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, falta de oxígeno, exceso de presencia de bacterias peligrosas para la salud, entre otras posibilidades. Sin embargo, cabe recalcar que, para efectos del presente estudio, se analizarán solamente el índice de calidad de agua general propuesto por Brown, ya que la base de datos abarca resultados del año 2010 al 2018.

a. Monitoreo 2010

Como se puede observar en el cuadro 25, los valores de ICA se encuentran entre 56 y 80, siendo el río Frío, Honduras, el que presenta un mayor valor de ICA y el río San José ubicado en El Salvador, obtuvo el valor más bajo del ICA. De acuerdo con estos índices, se puede concluir que el río San José es el que mayor contaminación presenta en el año 2010, debido a la descarga directa de aguas residuales sobre el cauce.

En los cuadros 25 y 26, se presenta la clasificación de calidad del agua general propuesta por Brown, en donde se puede observar que la once de los ríos monitoreados presentan una calidad de agua “Buena”, mientras que el resto de los afluentes están clasificados con una calidad de agua “Regular”. Así mismo, en la gráfica 17 se muestran una comparación de los índices de calidad de agua y clasificación por punto de monitoreo.

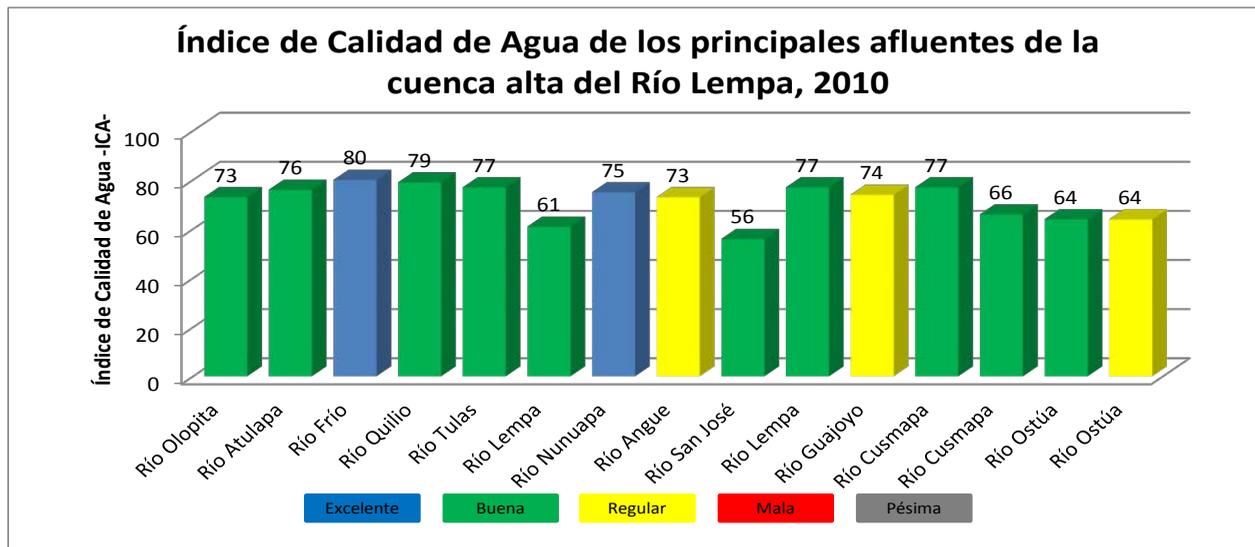
Cuadro 25. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-
			Monitoreo Noviembre - 2010
1	Río Olopita	Puente Olopita	73
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	76
3	Río Frío	Puente Frío	80
4	Río Quilio	Comunidad de Quilio	79
5	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	77
6	Río Lempa	Puente Citalá	61
7	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	75
8	Río Angue	Puente de Ferrocarril	73
9	Río San José	Puente Trapichito	56
10	Río Lempa	Puente Masahuat	77
11	Río Guajoyo	Puente San Francisco	74
12	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	77
13	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	66
14	Río Ostúa	Las Cruces	64
15	Río Ostúa	Puente El Tule	64

Cuadro 26. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-
			Monitoreo Noviembre 2010
1	Río Olopita	Puente Olopita	Buena
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	Buena
3	Río Frío	Puente Frío	Buena
4	Río Quilio	Comunidad de Quilio	Buena
5	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	Buena
6	Río Lempa	Puente Citalá	Regular
7	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	Buena
8	Río Angue	Puente de Ferrocarril	Buena
9	Río San José	Puente Trapichito	Regular
10	Río Lempa	Puente Masahuat	Buena
11	Río Guajoyo	Puente San Francisco	Buena
12	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	Buena
13	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	Regular
14	Río Ostúa	Las Cruces	Regular
15	Río Ostúa	Puente El Tule	Regular

Gráfica 17. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2010.



b. Monitoreo 2011

Como se puede observar en el cuadro 27, los valores promedio de ICA se encuentran entre 54 y 72, siendo los ríos Frío, Tulas ubicados en Honduras y el río Nunuapa ubicado en El Salvador, el que presenta un mayor valor de ICA y el río Ostúa ubicado en Guatemala, obtuvo el valor más bajo del ICA. De acuerdo con estos índices, se puede concluir que el río Ostúa es el que mayor contaminación presenta en el año 2011, debido a la descarga directa de aguas residuales sobre el cauce.

En los cuadros 27 y 28, se presenta la clasificación de calidad del agua general propuesta por Brown, en donde se puede observar que la cuatro de los ríos monitoreados presentan una calidad de agua "Buena", mientras que el resto de los afluentes están clasificados con una calidad de agua "Regular".



Así mismo, en la gráfica 18 se muestran una comparación de los índices de calidad de agua y clasificación por punto de monitoreo.

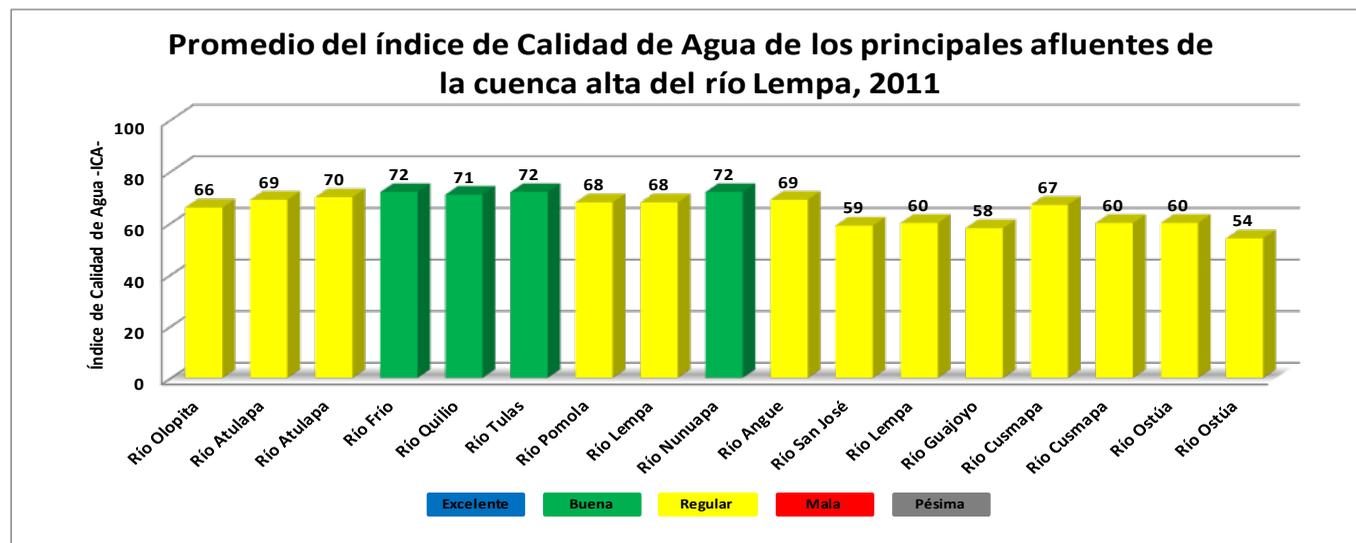
Cuadro 27. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad del Agua -ICA-			
			Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Septiembre 2011	Cuarto Monitoreo Diciembre 2011	Promedio
1	Río Olopita	Puente Olopita	69	59	68	66
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	65	66	76	69
3	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	67	65	78	70
4	Río Frío	Puente Frío	76	72	68	72
5	Río Quilio	Comunidad de Quilio	81	61	71	71
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	73	67	75	72
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	72	65	68	68
8	Río Lempa	Puente Citalá	74	59	69	68
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	77	64	75	72
10	Río Angue	Puente de Ferrocarril	73	64	69	69
11	Río San José	Puente Trapichito	54	46	49	59
12	Río Lempa	Puente Masahuat	60	58	63	60
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	63	52	59	58
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	69	62	69	67
15	Río Cusmapa	TrapicheLos Callejones	57	54	67	60
16	Río Ostúa	Las Cruces	71	49	61	60
17	Río Ostúa	Puente El Tule	57	49	56	54

Cuadro 28. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2011.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad del Agua -ICA-			
			Segundo Monitoreo Febrero 2011	Tercer Monitoreo Septiembre 2011	Cuarto Monitoreo Diciembre 2011	Promedio
1	Río Olopita	Puente Olopita	Regular	Regular	Regular	Regular
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	Regular	Regular	Buena	Regular
3	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	Regular	Regular	Buena	Regular
4	Río Frío	Puente Frío	Buena	Buena	Regular	Buena
5	Río Quilio	Comunidad de Quilio	Buena	Regular	Buena	Buena
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón	Buena	Regular	Buena	Buena
7	Río Pomola	Puente de Hamaca	Buena	Regular	Regular	Regular
8	Río Lempa	Puente Citalá	Buena	Regular	Regular	Regular
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	Buena	Regular	Buena	Buena
10	Río Angue	Puente de Ferrocarril	Buena	Regular	Regular	Regular
11	Río San José	Puente Trapichito	Regular	Mala	Mala	Regular
12	Río Lempa	Puente Masahuat	Regular	Regular	Regular	Regular
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco	Regular	Regular	Regular	Regular
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	Regular	Regular	Regular	Regular
15	Río Cusmapa	TrapicheLos Callejones	Regular	Regular	Regular	Regular
16	Río Ostúa	Las Cruces	Buena	Mala	Regular	Regular
17	Río Ostúa	Puente El Tule	Regular	Mala	Regular	Regular

Gráfica 18. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2011.



c. Monitoreo 2012

Como se puede observar en el cuadro 29, los valores promedio de ICA se encuentran entre 49 y 73, siendo el río Quilio 3, Honduras, los que presentan un mayor valor de ICA y el río San José ubicado en El Salvador, obtuvo el valor más bajo del ICA. De acuerdo con estos índices, se puede concluir que el río San José es el que mayor contaminación presenta en el año 2012.

En los cuadros 29 y 30, se presenta la clasificación de calidad del agua general propuesta por Brown, en donde se puede observar que la dos de los ríos monitoreados obtienen una calidad de agua “Buena”, un río muestra una calidad de agua “Mala”, mientras que el resto de los afluentes están clasificados con una calidad de agua “Regular”.

Así mismo, en la gráfica 19 se muestran una comparación de los índices de calidad de agua y clasificación por punto de monitoreo.



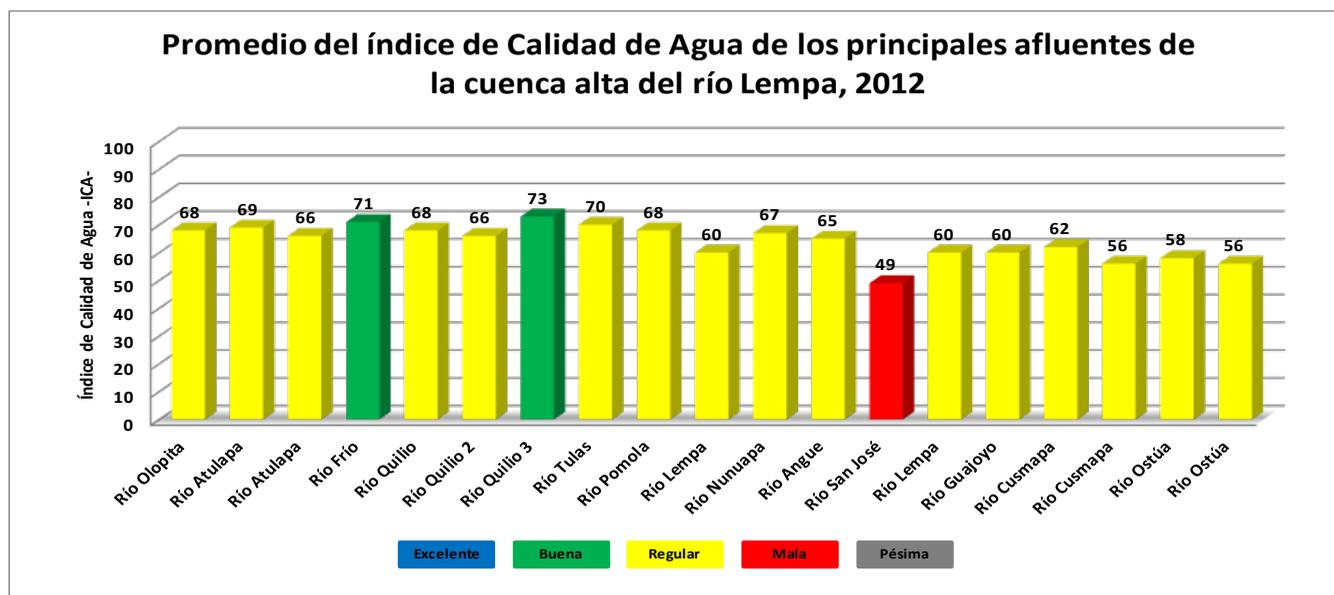
Cuadro 29. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-			
			Primer Monitoreo Marzo 2012	Segundo Monitoreo Septiembre 2012	Tercer Monitoreo Diciembre 2012	Promedio
1	Río Olopita	Puente Olopita	66	68	70	68
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	70	67	70	69
3	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	66	62	69	66
4	Río Frio	Puente Frio	69	66	78	71
5	Río Quilio	Comunidad de Quilio	69	67	68	68
6	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	66	61	73	66
7	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	71	71	77	73
8	Río Tulas	Puente la Laborcita	71	64	75	70
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	68	65	70	68
10	Río Lempa	Puente Citalá	59	60	61	60
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	69	65	68	67
12	Río Angue	Puente de Ferrocarril	66	61	68	65
13	Río San José	Puente Trapichito	38	61	47	49
14	Río Lempa	Puente Masahuat	63	55	62	60
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	63	56	63	60
16	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	63	53	68	62
17	Río Cusmapa	TrapicheLos Callejones	57	56	56	56
18	Río Ostúa	Las Cruces	58	55	59	58
19	Río Ostúa	Puente El Tule	55	58	56	56

Cuadro 30. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2012.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-			
			Primer Monitoreo Marzo 2012	Segundo Monitoreo Septiembre 2012	Tercer Monitoreo Diciembre 2012	Promedio
1	Río Olopita	Puente Olopita	Regular	Regular	Regular	Regular
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	Regular	Regular	Regular	Regular
3	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	Regular	Regular	Regular	Regular
4	Río Frio	Puente Frio	Regular	Regular	Buena	Buena
5	Río Quilio	Comunidad de Quilio	Regular	Regular	Regular	Regular
6	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	Regular	Regular	Buena	Regular
7	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	Buena	Buena	Buena	Buena
8	Río Tulas	Puente la Laborcita	Buena	Regular	Buena	Regular
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	Regular	Regular	Regular	Regular
10	Río Lempa	Puente Citalá	Regular	Regular	Regular	Regular
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	Regular	Regular	Regular	Regular
12	Río Angue	Puente de Ferrocarril	Regular	Regular	Regular	Regular
13	Río San José	Puente Trapichito	Mala	Regular	Mala	Mala
14	Río Lempa	Puente Masahuat	Regular	Regular	Regular	Regular
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	Regular	Regular	Regular	Regular
16	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	Regular	Regular	Regular	Regular
17	Río Cusmapa	TrapicheLos Callejones	Regular	Regular	Regular	Regular
18	Río Ostúa	Las Cruces	Regular	Regular	Regular	Regular
19	Río Ostúa	Puente El Tule	Regular	Regular	Regular	Regular

Gráfica 19. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2012.



d. Monitoreo 2013

Como se puede observar en el cuadro 31, los valores promedio de ICA se encuentran entre 35 y 76, siendo el río Quillo 3 en Honduras, el que presenta un mayor valor de ICA y el río San José ubicado en El Salvador, obtuvo el valor más bajo del ICA. Cabe destacar que el río San José ha sufrido una disminución constante de calidad del agua con respecto a años anteriores.

En los cuadros 31 y 32, se presenta la clasificación de calidad del agua general propuesta por Brown, en donde se puede observar que tres de los ríos monitoreados obtienen una calidad de agua “Buena”, un río muestra una calidad de agua “Mala”, mientras que el resto de los afluentes están clasificados con una calidad de agua “Regular”.

Así mismo, en la gráfica 20 se muestran una comparación de los índices de calidad de agua y clasificación por punto de monitoreo.



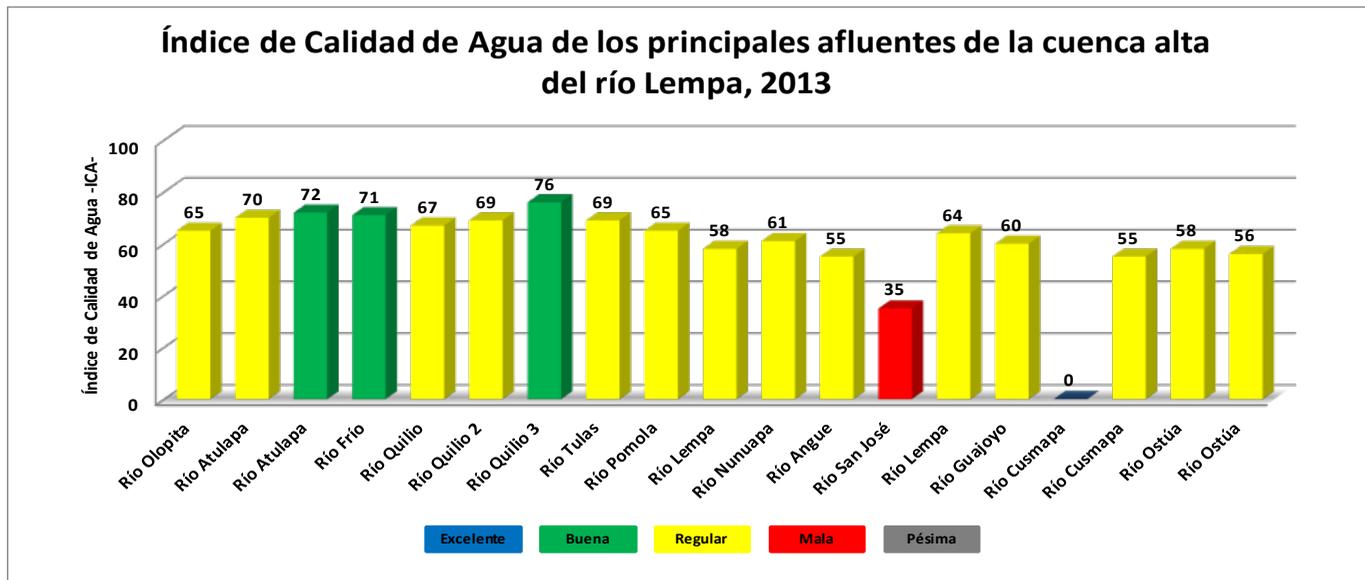
Cuadro 31. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2013.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-
			Monitoreo Mayo 2013
1	Río Olopita	Puente Olopita	65
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	70
3	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	72
4	Río Frío	Puente Frío	71
5	Río Quilio	Comunidad de Quilio	67
6	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	69
7	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	76
8	Río Tulas	Puente la Laborcita	69
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	65
10	Río Lempa	Puente Citalá	58
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	61
12	Río Angue	Puente de Ferrocarril	55
13	Río San José	Puente Trapichito	35
14	Río Lempa	Puente Masahuat	64
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	60
16	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	ND
17	Río Cusmapa	TrapicheLos Callejones	55
18	Río Ostúa	Las Cruces	58
19	Río Ostúa	Puente El Tule	56

Cuadro 32. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2013.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-
			Monitoreo Mayo 2013
1	Río Olopita	Puente Olopita	Regular
2	Río Atulapa	Puente Atulapa	Regular
3	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	Buena
4	Río Frío	Puente Frío	Buena
5	Río Quilio	Comunidad de Quilio	Regular
6	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	Regular
7	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	Buena
8	Río Tulas	Puente la Laborcita	Regular
9	Río Pomola	Puente de Hamaca	Regular
10	Río Lempa	Puente Citalá	Regular
11	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	Regular
12	Río Angue	Puente de Ferrocarril	Regular
13	Río San José	Puente Trapichito	Mala
14	Río Lempa	Puente Masahuat	Regular
15	Río Guajoyo	Puente San Francisco	Regular
16	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	ND
17	Río Cusmapa	TrapicheLos Callejones	Regular
18	Río Ostúa	Las Cruces	Regular
19	Río Ostúa	Puente El Tule	Regular

Gráfica 20. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2013.



e. Monitoreo 2016

Como se puede observar en el cuadro 33, los valores promedio de ICA se encuentran entre 44 y 67, siendo el río Atulapa en Guatemala, el que presenta un mayor valor de ICA y el río San José ubicado en El Salvador, obtuvo el valor más bajo del ICA. Cabe destacar que el río San José continúa sufriendo una disminución constante de calidad del agua con respecto a años anteriores.

En los cuadros 33 y 34, se presenta la clasificación de calidad del agua general propuesta por Brown, en donde se puede observar que los dos ríos de los ríos monitoreados obtienen una calidad de agua "Mala", mientras que el resto de los afluentes están clasificados con una calidad de agua "Regular".



Así mismo, en la gráfica 21 se muestran una comparación de los índices de calidad de agua y clasificación por punto de monitoreo.

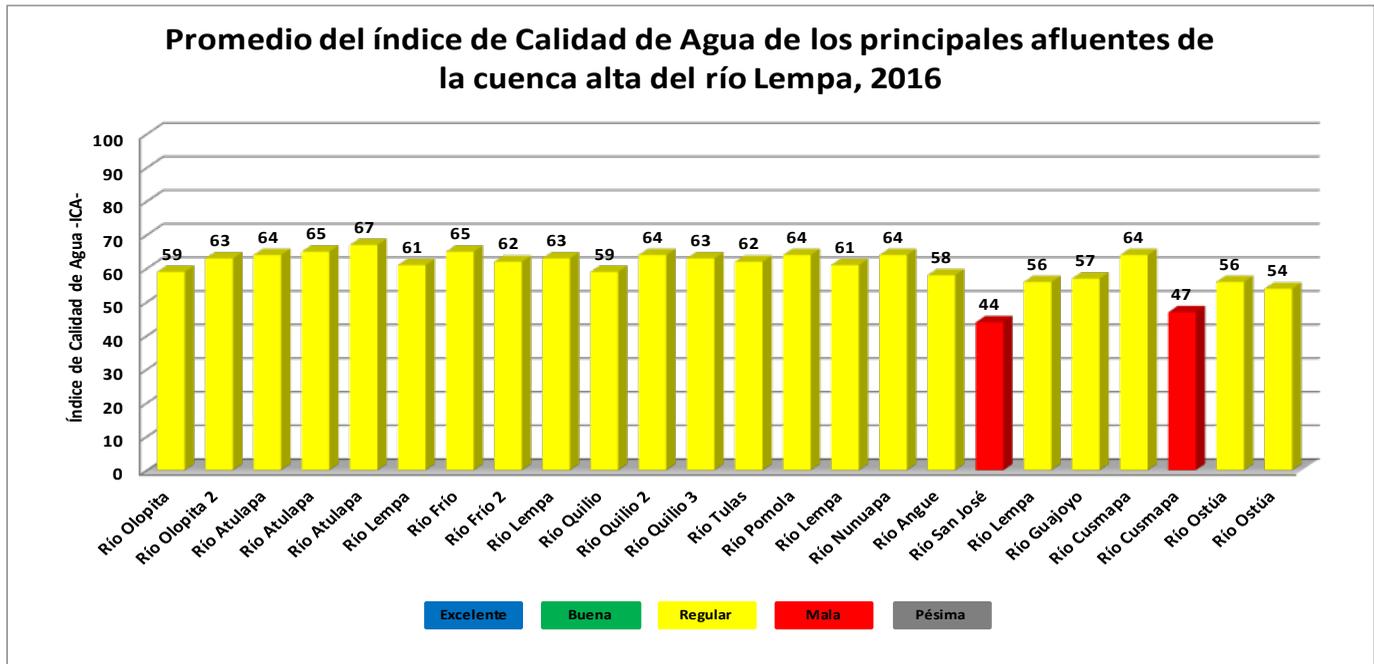
Cuadro 33. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-				
			Primer Monitoreo Febrero 2016	Segundo Monitoreo Mayo-Junio 2016	Tercer Monitoreo Septiembre 2016	Cuarto Monitoreo Diciembre 2016	Promedio
1	Río Olopita	Puente Olopita	65	50	61	61	59
2	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	67	62	61	61	63
3	Río Atulapa	Presa, Aldea El Limón	ND	63	66	64	64
4	Río Atulapa	Puente Atulapa	67	63	65	63	65
5	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	69	69	64	64	67
6	Río Lempa	Aldea Atulapa	65	51	63	64	61
7	Río Frío	Puente Frío	ND	69	63	63	65
8	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	64	64	62	60	62
9	Río Lempa	Comunidad Santa Fé	69	57	60	64	63
10	Río Quilio	Comunidad de Quilio	60	60	57	57	59
11	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	62	66	64	63	64
12	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	61	64	60	66	63
13	Río Tulas	Puente la Laborcita	62	59	62	64	62
14	Río Pomola	Puente de Hamaca	60	67	64	63	64
15	Río Lempa	Puente Citalá	55	61	63	63	61
16	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	62	67	59	68	64
17	Río Angue	Puente de Ferrocarril	54	54	58	65	58
18	Río San José	Puente Trapichito	42	38	54	41	44
19	Río Lempa	Puente Masahuat	58	50	56	59	56
20	Río Guajoyo	Puente San Francisco	59	50	57	60	57
21	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	ND	ND	64	ND	64
22	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	53	41	48	ND	47
23	Río Ostúa	Las Cruces	61	50	56	58	56
24	Río Ostúa	Puente El Tule	51	54	58	53	54

Cuadro 34. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa, 2016.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-				
			Primer Monitoreo Febrero 2016	Segundo Monitoreo Mayo-Junio 2016	Tercer Monitoreo Septiembre 2016	Cuarto Monitoreo Diciembre 2016	Promedio
1	Río Olopita	Puente Olopita	Regular	Mala	Regular	Regular	Regular
2	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
3	Río Atulapa	Presa, Aldea El Limón	ND	Regular	Regular	Regular	Regular
4	Río Atulapa	Puente Atulapa	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
5	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
6	Río Lempa	Aldea Atulapa	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
7	Río Frío	Puente Frío	ND	Regular	Regular	Regular	Regular
8	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
9	Río Lempa	Comunidad Santa Fé	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
10	Río Quilio	Comunidad de Quilio	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
11	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
12	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
13	Río Tulas	Puente la Laborcita	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
14	Río Pomola	Puente de Hamaca	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
15	Río Lempa	Puente Citalá	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
16	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
17	Río Angue	Puente de Ferrocarril	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
18	Río San José	Puente Trapichito	Mala	Mala	Regular	Mala	Mala
19	Río Lempa	Puente Masahuat	Regular	Mala	Regular	Regular	Regular
20	Río Guajoyo	Puente San Francisco	Regular	Mala	Regular	Regular	Regular
21	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	ND	ND	Regular	ND	Regular
22	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	Regular	Mala	Mala	ND	Mala
23	Río Ostúa	Las Cruces	Regular	Mala	Regular	Regular	Regular
24	Río Ostúa	Puente El Tule	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

Gráfica 21. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.



f. **Monitoreo 2017**

Como se puede observar en el cuadro 35, los valores promedio de ICA se encuentran entre 55 y 65, siendo los ríos Atulapa en Guatemala, Pomola en Honduras y Lempa ubicado en Masahuat de El Salvador, los que presenta un mayor valor de ICA y el río Lempa ubicado en Honduras, obtuvo el valor más bajo del ICA. De acuerdo con estos índices, se puede concluir que el río Lempa en Honduras es el que mayor contaminación presenta en el año 2017.

En los cuadros 35 y 36, se presenta la clasificación de calidad del agua general propuesta por Brown, en donde la totalidad de los afluentes están clasificados con una calidad de agua "Regular".



Así mismo, en la gráfica 22 se muestran una comparación de los índices de calidad de agua y clasificación por punto de monitoreo.

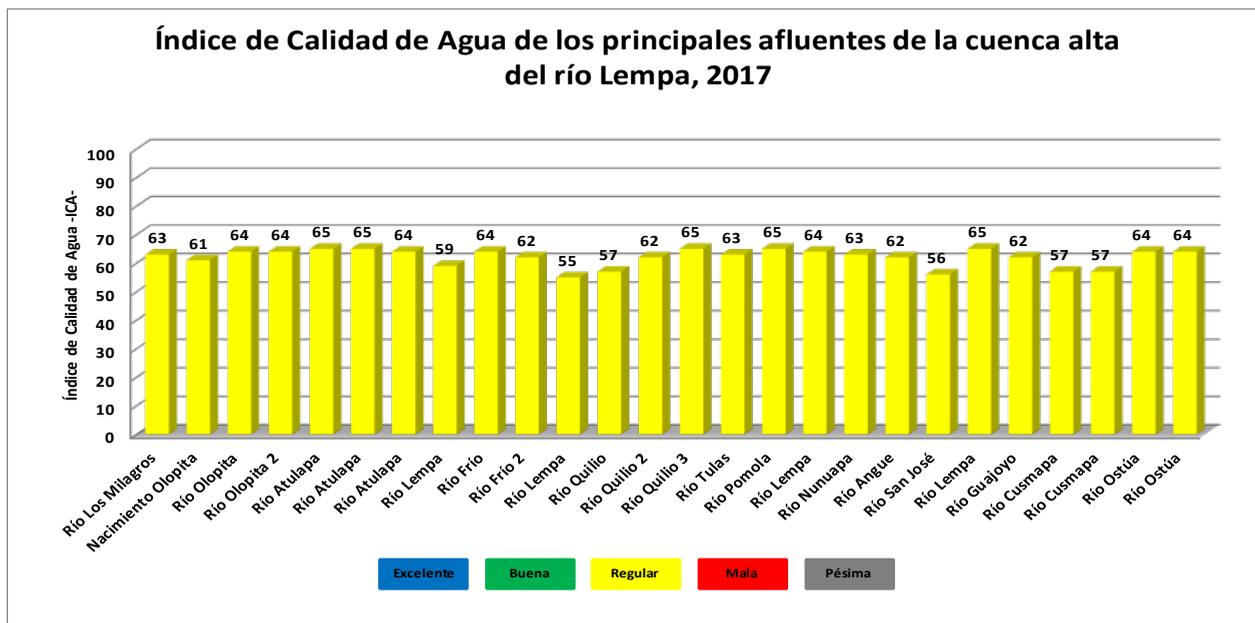
Cuadro 35. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-
			Monitoreo Julio 2017
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	63
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	61
3	Río Olopita	Puente Olopita	64
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	64
5	Río Atulapa	Presa, Aldea El Limón	65
6	Río Atulapa	Puente Atulapa	65
7	Río Atulapa	Agua debajo de Beneficio El Cascajal	64
8	Río Lempa	Aldea Atulapa	59
9	Río Frío	Puente Frío	64
10	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	62
11	Río Lempa	Comunidad Santa Fé	55
12	Río Quilio	Comunidad de Quilio	57
13	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	62
14	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	65
15	Río Tulas	Puente la Laborcita	63
16	Río Pomola	Puente de Hamaca	65
17	Río Lempa	Puente Citalá	64
18	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	63
19	Río Angue	Puente de Ferrocarril	62
20	Río San José	Puente Trapichito	56
21	Río Lempa	Puente Masahuat	65
22	Río Guajoyo	Puente San Francisco	62
23	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	57
24	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	57
25	Río Ostúa	Las Cruces	64
26	Río Ostúa	Puente El Tule	64

Cuadro 36. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lempa, 2017.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-
			Monitoreo Julio 2017
1	Río Los Milagros	Aldea Olopita	Regular
2	Nacimiento Olopita	Aldea Olopita	Regular
3	Río Olopita	Puente Olopita	Regular
4	Río Olopita 2	Caserío San Cristobal, Aldea Olopita	Regular
5	Río Atulapa	Presa, Aldea El Limón	Regular
6	Río Atulapa	Puente Atulapa	Regular
7	Río Atulapa	Agua debajo de Beneficio El Cascajal	Regular
8	Río Lempa	Aldea Atulapa	Regular
9	Río Frío	Puente Frío	Regular
10	Río Frío 2	Puente Frío (150 mts abajo)	Regular
11	Río Lempa	Comunidad Santa Fé	Regular
12	Río Quilio	Comunidad de Quilio	Regular
13	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	Regular
14	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	Regular
15	Río Tulas	Puente la Laborcita	Regular
16	Río Pomola	Puente de Hamaca	Regular
17	Río Lempa	Puente Citalá	Regular
18	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	Regular
19	Río Angue	Puente de Ferrocarril	Regular
20	Río San José	Puente Trapichito	Regular
21	Río Lempa	Puente Masahuat	Regular
22	Río Guajoyo	Puente San Francisco	Regular
23	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	Regular
24	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	Regular
25	Río Ostúa	Las Cruces	Regular
26	Río Ostúa	Puente El Tule	Regular

Gráfica 22. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.



g. Monitoreo 2018

Como se puede observar en el cuadro 37, los valores promedio de ICA se encuentran entre 44 y 77, siendo el río Tulas en Honduras, el que presenta un mayor valor de ICA y el río San José ubicado en El Salvador, obtuvo el valor más bajo del ICA. De acuerdo con estos índices, se puede concluir que el río San José es el que mayor contaminación presenta en el año 2018.

En los cuadros 37 y 38, se presenta la clasificación de calidad del agua general propuesta por Brown, en donde se puede observar que seis de los ríos monitoreados obtienen una calidad de agua “Buena”, un río muestra una calidad de agua “Mala”, mientras que el resto de los afluentes están clasificados con una calidad de agua “Regular”.



Así mismo, en la gráfica 23 se muestran una comparación de los índices de calidad de agua y clasificación por punto de monitoreo.

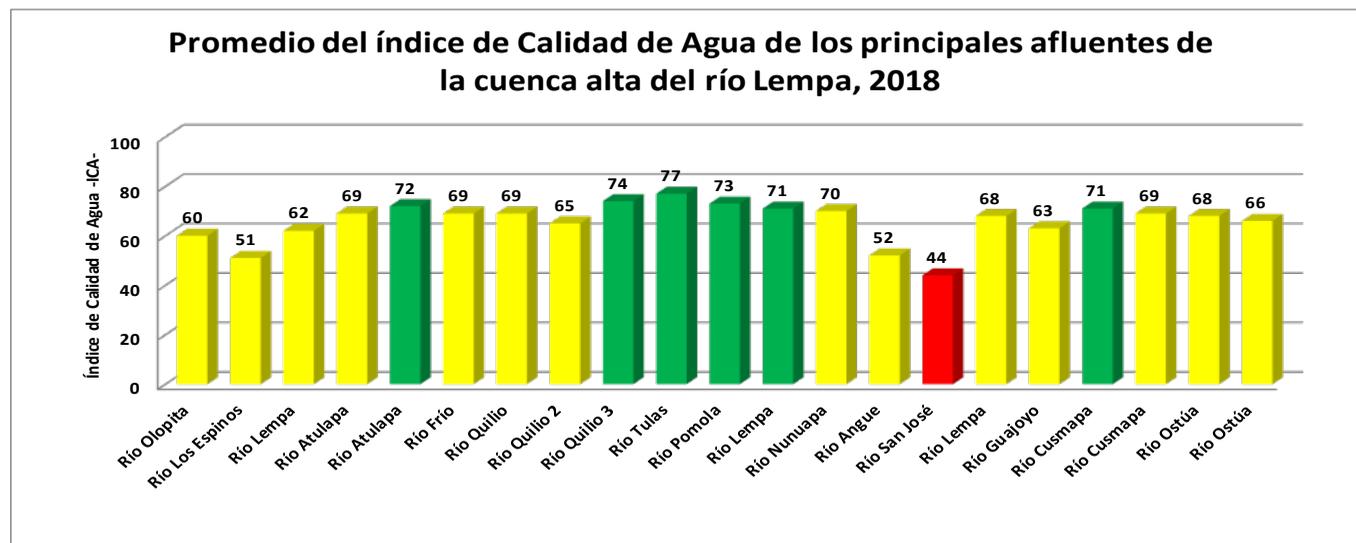
Cuadro 37. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-		
			Primer Monitoreo Marzo 2018	Segundo Monitoreo Julio 2018	Promedio
1	Río Olopita	Puente Olopita	60	60	60
2	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	46	57	51
3	Río Lempa	Aldea Atulapa	63	62	62
4	Río Atulapa	Puente Atulapa	68	69	69
5	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	70	74	72
6	Río Frío	Puente Frío	65	72	69
7	Río Quilio	Comunidad de Quilio	64	73	69
8	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	60	71	65
9	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	71	77	74
10	Río Tulas	Puente la Laborcita	76	78	77
11	Río Pomola	Puente de Hamaca	72	74	73
12	Río Lempa	Puente Citalá	68	74	71
13	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	68	72	70
14	Río Angue	Puente de Ferrocarril	44	59	52
15	Río San José	Puente Trapichito	38	50	44
16	Río Lempa	Puente Masahuat	64	72	68
17	Río Guajoyo	Puente San Francisco	59	67	63
18	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	ND	71	71
19	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	ND	69	69
20	Río Ostúa	Las Cruces	65	71	68
21	Río Ostúa	Puente El Tule	62	70	66

Cuadro 38. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Calidad de Agua -ICA-		
			Primer Monitoreo Marzo 2018	Segundo Monitoreo Julio 2018	Promedio
1	Río Olopita	Puente Olopita	Regular	Regular	Regular
2	Río Los Espinos	Puente Los Espinos	Mala	Regular	Regular
3	Río Lempa	Aldea Atulapa	Regular	Regular	Regular
4	Río Atulapa	Puente Atulapa	Regular	Regular	Regular
5	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal	Regular	Buena	Buena
6	Río Frío	Puente Frío	Regular	Buena	Regular
7	Río Quilio	Comunidad de Quilio	Regular	Buena	Regular
8	Río Quilio 2	Hidroeléctrica	Regular	Buena	Regular
9	Río Quilio 3	Puente de Dolores Merendón	Buena	Buena	Buena
10	Río Tulas	Puente la Laborcita	Buena	Buena	Buena
11	Río Pomola	Puente de Hamaca	Buena	Buena	Buena
12	Río Lempa	Puente Citalá	Regular	Buena	Buena
13	Río Nunuapa	Puente Nunuapa	Regular	Buena	Regular
14	Río Angue	Puente de Ferrocarril	Mala	Regular	Regular
15	Río San José	Puente Trapichito	Mala	Mala	Mala
16	Río Lempa	Puente Masahuat	Regular	Buena	Regular
17	Río Guajoyo	Puente San Francisco	Regular	Regular	Regular
18	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz	ND	Buena	Buena
19	Río Cusmapa	Trapiche Los Callejones	ND	Regular	Regular
20	Río Ostúa	Las Cruces	Regular	Buena	Regular
21	Río Ostúa	Puente El Tule	Regular	Regular	Regular

Gráfica 23. Índice de calidad del agua general de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.



5.2. Variabilidad Espacial y Temporal de la Calidad del Agua

La calidad del agua está definida por sus características físicas, químicas y microbiológicas adquiridas a través de procesos naturales y antropogénicos que limitan o perjudican su uso. Sin embargo, entre los factores que más influencia tienen sobre la calidad del agua de un río, son las actividades antrópicas que se llevan a cabo en el territorio, entre las cuales caben destacar la agroindustria y la descarga de aguas residuales municipales sin tratamiento a los cauces.

A estos cambios se les conoce como variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua, se ve modificada por el influjo de múltiples actividades socioeconómicas y naturales, y la intensidad de esta variación es determinada por las características propias de estas dinámicas. Para realizar este análisis se necesitan puntos de control específicos que se estudiaran durante un período de tiempo determinado y de forma periódica con el fin de tener datos representativos del cambio en la calidad del agua.

Como se mencionó anteriormente, el río Lempa, siendo el segundo río más extenso de Centro América, es de vital importancia para los países de Guatemala, Honduras y El Salvador, ya que es la fuente de sustento principal para muchos pobladores que se dedican al comercio de peces y agricultura, así como la distribución de agua en las comunidades cercanas al cauce.

Por esta razón, desde el año 2010 se han realizado monitoreos con el fin de conocer la calidad del agua de los afluentes de la Cuenta Alta del Río Lempa, así como la variabilidad de la calidad de los ríos en el tiempo. Para ello se realizó una recopilación de datos continuos que abarcan los monitoreos realizados desde el año 2010 al 2018. En el siguiente cuadro se detallan los afluentes monitoreados periódicamente.

Cuadro 39. Afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa, 2010 - 2018.

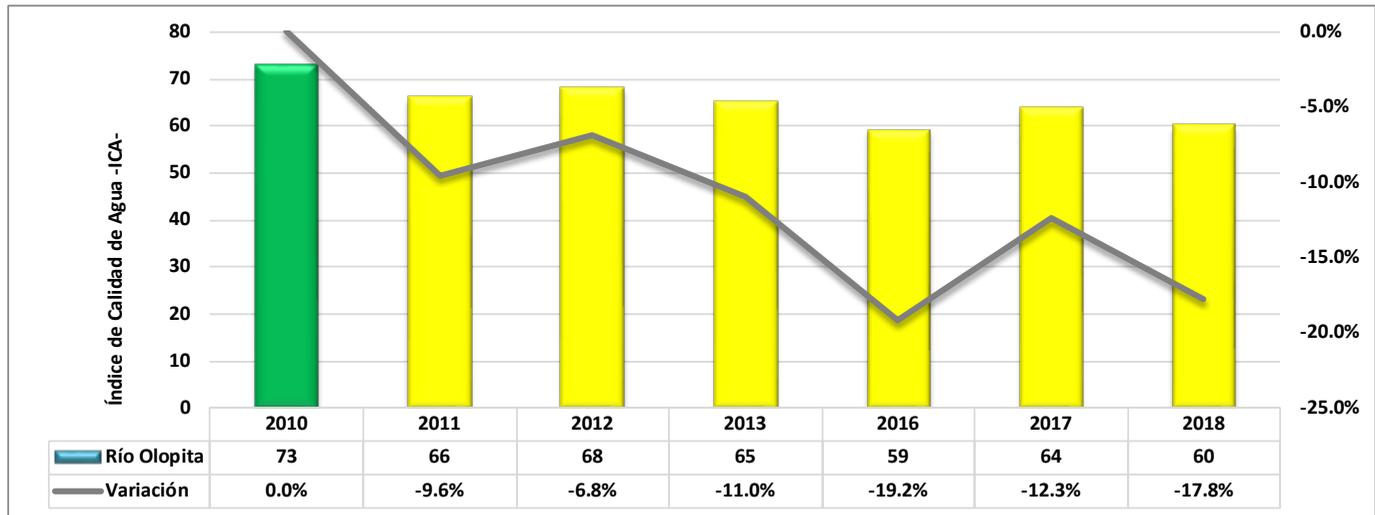
Afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa, 2010 - 2018		
No.	Río	Punto de Monitoreo
1	Río Olopita	Puente Olopita
2	Río Atulapa	Puente Atulapa
3	Río Atulapa	Aguas debajo de Beneficio El Cascajal
4	Río Frío	Puente Frío
5	Río Quilio	Comunidad de Quilio
6	Río Tulas	Puente que conduce a Dolores Merendón
7	Río Pomola	Puente de Hamaca
8	Río Lempa	Puente Citalá
9	Río Nunuapa	Puente Nunuapa
10	Río Angue	Puente de Ferrocarril
11	Río San José	Puente Trapichito
12	Río Lempa	Puente Masahuat
13	Río Guajoyo	Puente San Francisco
14	Río Cusmapa	Puente Santa Cruz
15	Río Cusmapa	TrapicheLos Callejones
16	Río Ostúa	Las Cruces
17	Río Ostúa	Puente El Tule

Para efectos del presente estudio, la variabilidad espacial y temporal se representa de forma gráfica, en donde se describe el cambio en la calidad del agua de los afluentes individualmente.

En la gráfica 24, se observa que la calidad del río Olopita durante el año 2010 presentaba una calidad “Buena”, sin embargo, con forme los siguientes años, su calidad disminuyó aproximadamente un 18% del año 2010 al 2018. A partir del año 2011, la calidad del agua del afluente se clasifica como “Regular”, teniendo este una disminución del 9.6% respecto al año 2010. Y en el año 2016, el río Olopita presenta la calidad más baja en el período de estudio con una disminución del 19.2%.

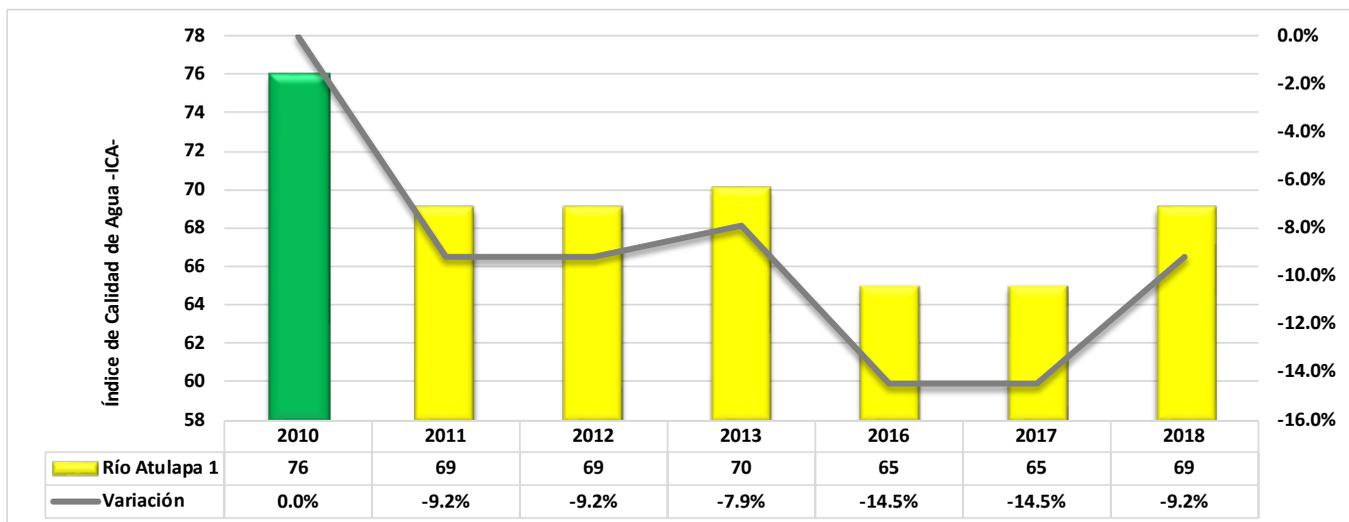
La disminución de la calidad del agua se debe directamente a la contaminación por aguas residuales municipales y agroindustriales, así mismo, los factores climáticos inciden de forma indirecta por la disminución de la precipitación en estos años, provocando que los caudales redujeran su volumen mientras que la contaminación era continua o mayor.

Gráfica 24. Variabilidad de la calidad del agua del río Olopita en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



En la gráfica 25, se observa que la calidad del río Atulapa ubicada en el Puente Atulapa de Esquipulas, Guatemala, durante el año 2010 presentaba una calidad “Buena”, sin embargo, al igual que el caso anterior, su calidad disminuyó aproximadamente un 9.2% del año 2010 al 2018. A partir del año 2011, la calidad del agua del afluente se clasifica como “Regular”, teniendo este una disminución del 9.2% respecto al año 2010. Del período 2016 al 2017, el río presenta el valor de calidad más bajo respecto a los demás, disminuyendo un 14.5 respecto al año 2010. La disminución de la calidad del agua se debe a las actividades antrópicas, es utilizado para la recreación.

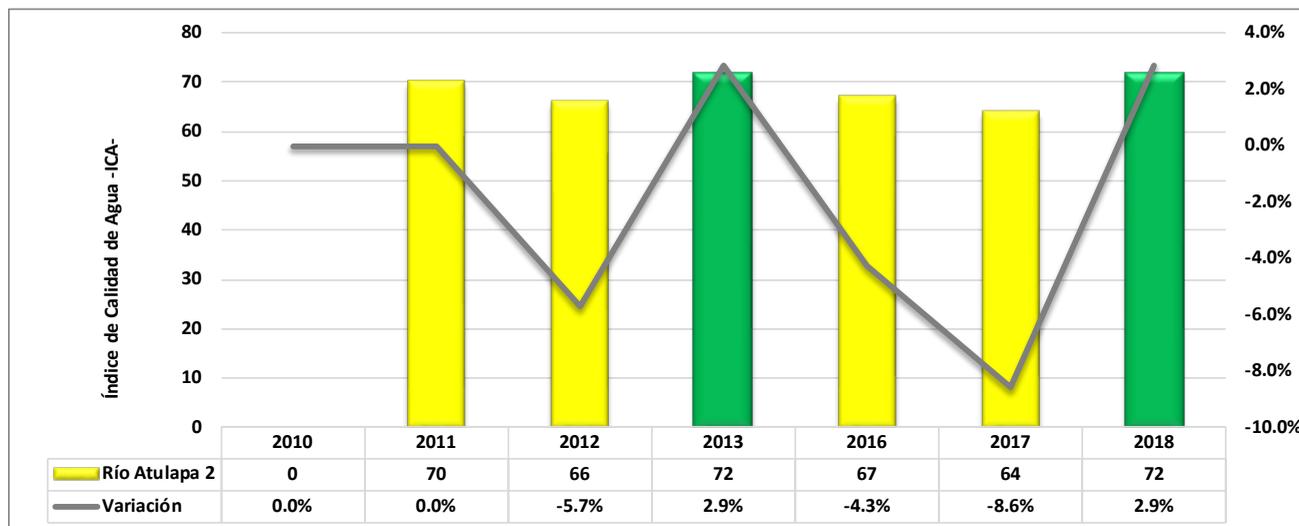
Gráfica 25. Variabilidad de la calidad del agua del río Atulapa en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



En la gráfica 26, se observa que la calidad del río Atulapa ubicado abajo del beneficio de café “El Cascajal” en

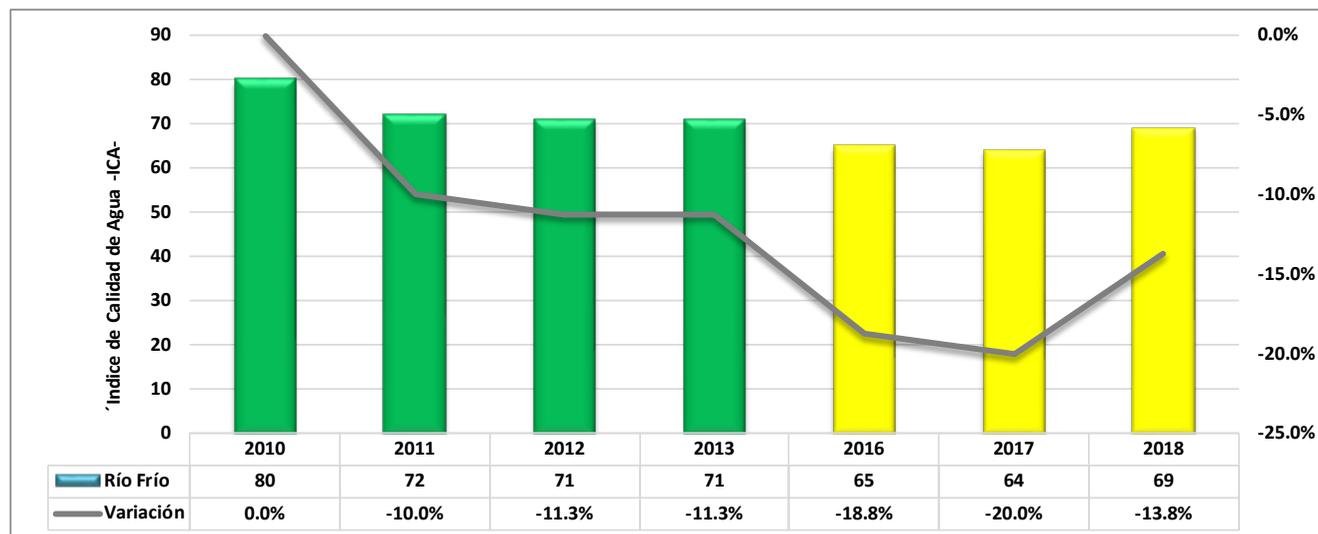
Esquipulas, Guatemala, durante el año 2010 no se presentan datos ya que este fue agregado como punto clave en los siguientes monitoreos. En el año 2011 presenta una calidad “Regular”, disminuyendo su calidad un 5.7% hacia el año 2012. En el 2013 aumenta un 2.9% respecto año 2011 y es clasificada con una calidad “Buena”. Sin embargo, durante los años 2016 y 2017 la calidad disminuye entre un 4.3 y 8.6%. Y en el año 2018, el río nuevamente aumenta su calidad un 2.9% respecto al primer año de monitoreo. En este caso, el río posee una buena capacidad de resiliencia y gracias a esto no se ve afectada en mayor proporción por las actividades agroindustriales. Cabe destacar, que el beneficio cuenta con una planta de tratamiento, lo cual ayuda a que el río no se vea contaminado por aguas mieles.

Gráfica 26. Variabilidad de la calidad del agua del río Atulapa en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



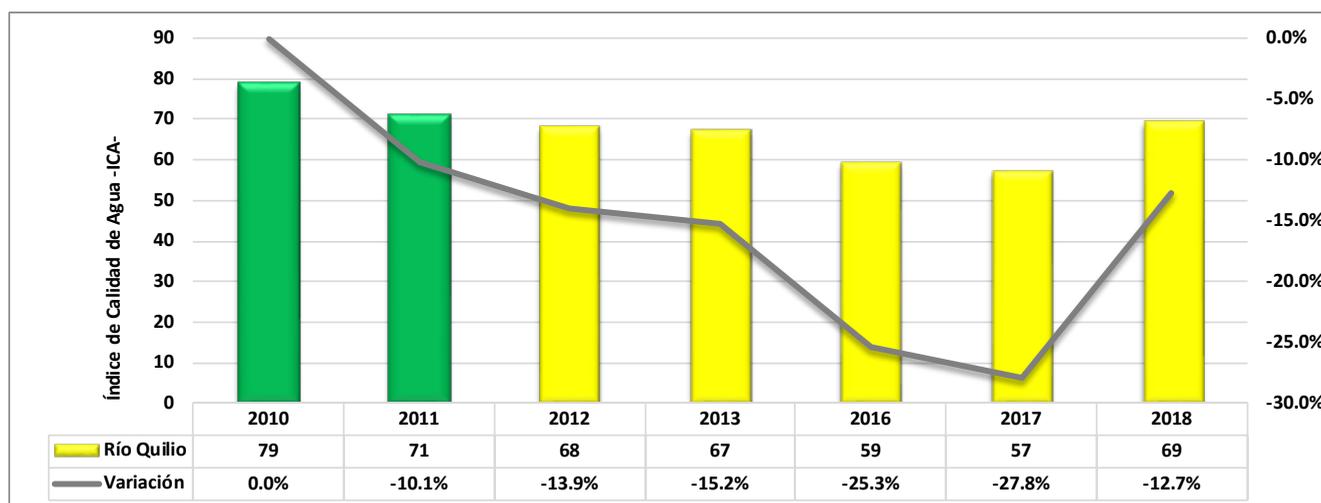
En la gráfica 27, se observa que la calidad del río Frío, ubicado en Honduras, durante el año 2010 presenta una calidad “Buena”, la cual disminuyó entre 10 y 11.3%, sin embargo, se mantuvo dentro del rango hasta el año 2013. En los años 2016 y 2017, se presentan los valores más bajos de calidad de agua, catalogándola con una calidad “Regular”, tendencia que continúa hasta el año 2018, disminuyendo su calidad entre 18.8 y 20%, respecto al primer año de monitoreo. Finalmente, se observa que, durante el año 2018, hay un aumento del 6.2% respecto al año 2017, aun así, presenta bajos valores en la calidad del agua. La calidad del agua se ve afectada por las actividades antrópicas de la zona, pero la tendencia muestra que el río tiene una capacidad de resiliencia media, es decir, lenta. En caso de que la contaminación en la zona aumente, la calidad del agua del río descendería drásticamente.

Gráfica 27. Variabilidad de la calidad del agua del río Frío en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



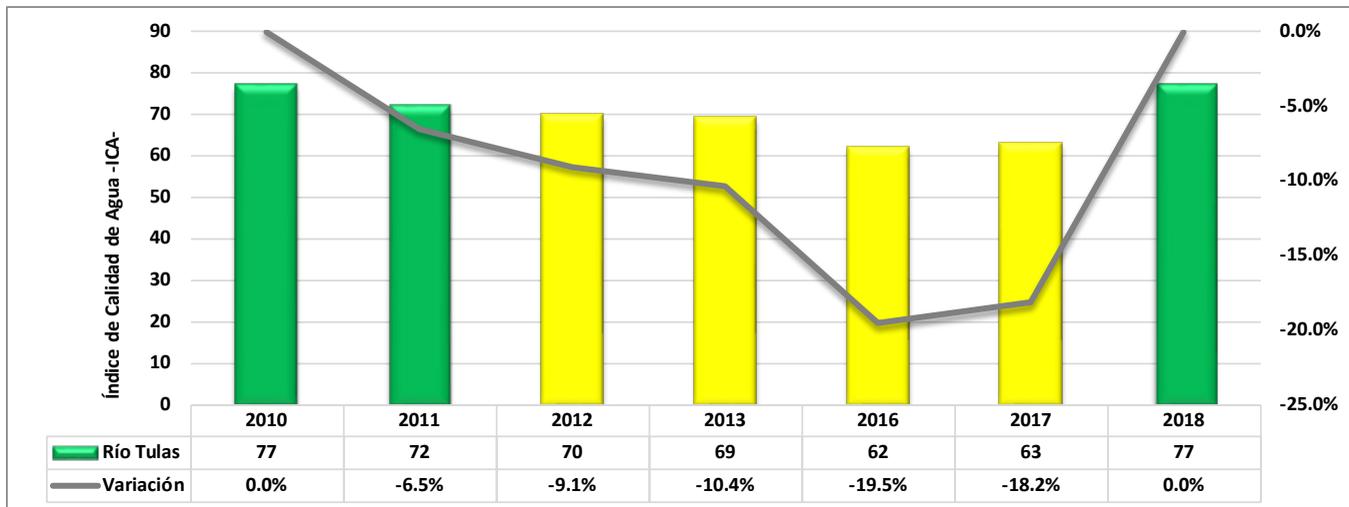
En la gráfica 28, se observa que la calidad del río Quilio, ubicado en Honduras, durante el año 2010 presentaba una calidad “Buena”, la cual disminuyó un 10.1% hacia el año 2011, sin embargo, se mantuvo dentro del rango. En los años del 2012 al 2018, se presentan los valores más bajos de calidad de agua, catalogándola con una calidad “Regular”, disminuyendo su calidad entre un 12.7 y 27.8% respecto al primer año de monitoreo, siendo el año 2017 el que presenta la calidad de agua más baja. Y en el año 2018, la calidad del agua aumenta un poco su calidad, más no la suficiente para catalogarla con una calidad buena como al inicio del estudio. Al igual que en el caso anterior, la calidad del agua se ve afectada por las actividades antrópicas en el área, pero la tendencia muestra que el río tiene una capacidad de resiliencia media.

Gráfica 28. Variabilidad de la calidad del agua del río Quilio en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



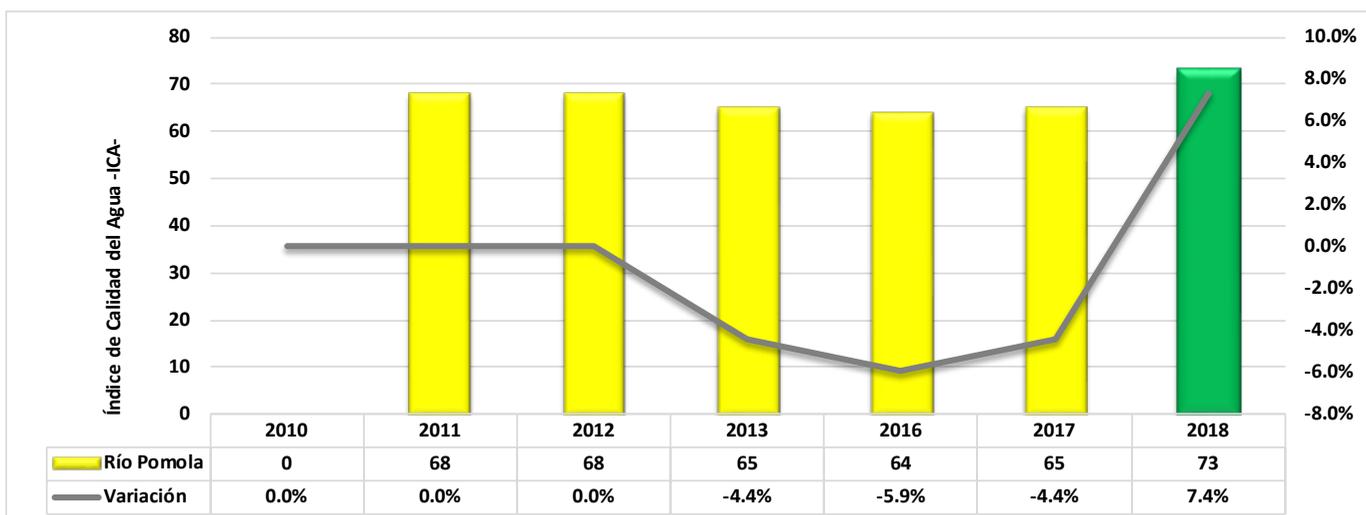
En la gráfica 29, se observa que la calidad del río Tulas, ubicado Dolores Merendón, Honduras, durante el año 2010 y 2011 presenta una calidad “Buena”, con una variación del 6.5%. En los años del 2012 al 2017, se presentan los valores más bajos de calidad de agua, catalogándola con una calidad “Regular”, disminuyendo su calidad entre un 9.1 y 19.5% respecto al primer año de monitoreo, siendo el año 2016 el que presenta la calidad de agua más baja. Sin embargo, en el año 2017 se observa un aumento del 1.3%, y que finalmente el año 2018, la calidad del agua aumenta su calidad presentando un valor similar al año 2010, lo cual la cataloga como “buena”. El río posee buena capacidad de resiliencia y no se ve afectada en mayor proporción por las actividades agroindustriales.

Gráfica 29. Variabilidad de la calidad del agua del río Tulas en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



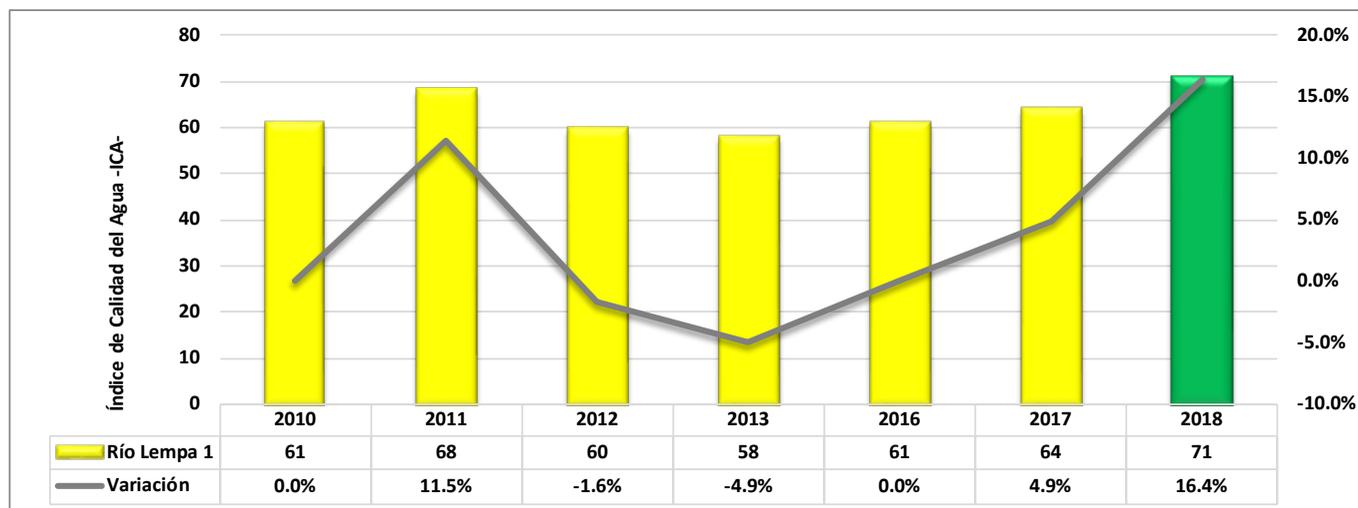
En la gráfica 30, se observa que la calidad del río Pomola, ubicado Ocotepeque, Honduras, el año 2011 presenta una calidad “Regular”, sin variación hasta el año 2012. En los años del 2013 al 2017, se presentan los valores más bajos de calidad de agua, variando entre un 4.4 y 5.9% respecto al primer año de monitoreo, siendo el año 2016 el que presenta la calidad de agua más baja. Sin embargo, en el año 2018 se observa un aumento del 7.4% respecto al año 2011, lo cual la cataloga como “Buena”. El río posee buena capacidad de resiliencia y no se ve afectada en mayor proporción por las actividades agroindustriales.

Gráfica 30. Variabilidad de la calidad del agua del río Pomola en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



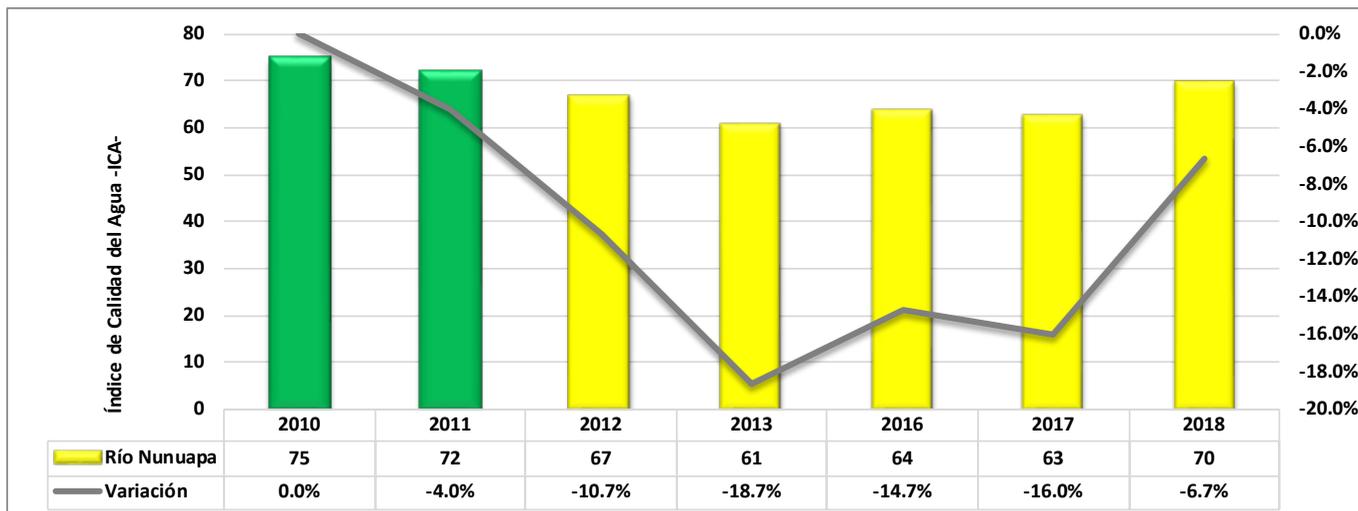
En la gráfica 31, se observa que la calidad del río Atulapa, ubicado Citalá, El Salvador, el año 2010 presenta una calidad “Regular”, aumentando su calidad un 11.5% en el año 2011. Sin embargo, entre los años 2012 y 2016, se presentan valores similares a los del primer año de monitoreo con una variación entre 1.6% y 4.9% siendo el año 2013 el que presenta la calidad de agua más baja. Sin embargo, en el año 2017 se observa un aumento del 4.9% respecto al año 2016, lo cual la cataloga como y finalmente en el 2018 aumenta su calidad un 16.4% respecto al año 2010, catalogando su calidad como “Buena”. El río posee buena capacidad de resiliencia.

Gráfica 31. Variabilidad de la calidad del agua del río Lempa en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



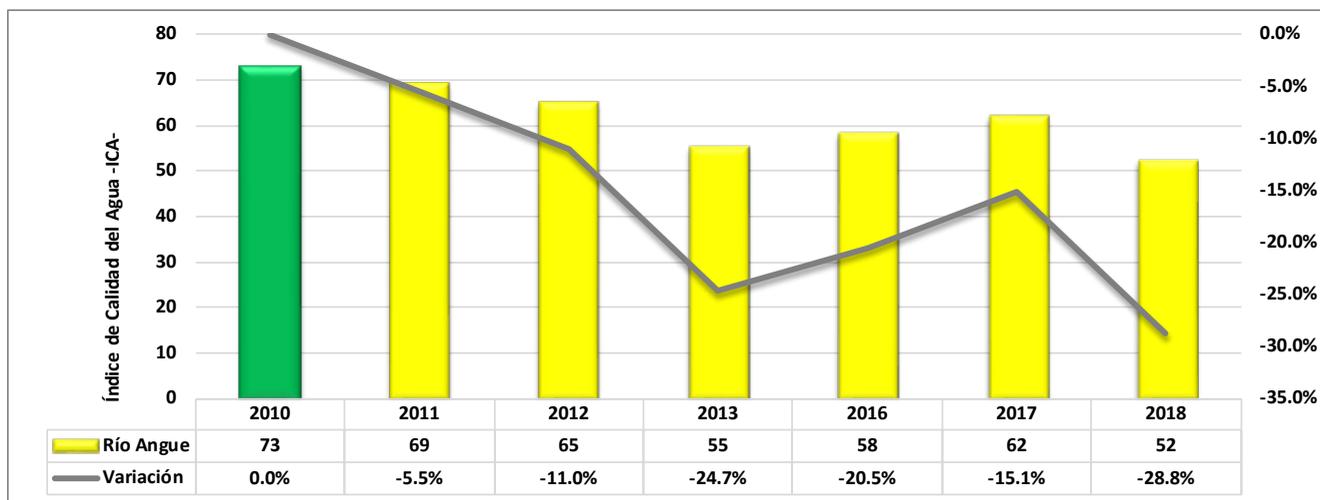
En la gráfica 32, se observa que la calidad del río Nunuapa, ubicado en El Salvador, durante el año 2010 presenta una calidad “Buena”, y se mantiene en este rango a lo largo del año 2011 con una variación menor del 4%. Sin embargo, a partir del año 2012 su calidad disminuye y es catalogada como “Regular”. Entre este año y el año 2017, se presentan más bajos de calidad de agua respecto al primer año de monitoreo con una variación entre 10.7% y 18.7% siendo el año 2013 el que presenta la calidad de agua más baja. Sin embargo, en el año 2018 aumenta su calidad un 9.3% respecto al año 2017, aun así, su calidad continúa siendo “Regular”. Los datos indican que la resiliencia del río es lenta, y la contaminación puede afectarla por un período de tiempo muy largo.

Gráfica 32. Variabilidad de la calidad del agua del río Nunuapa en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



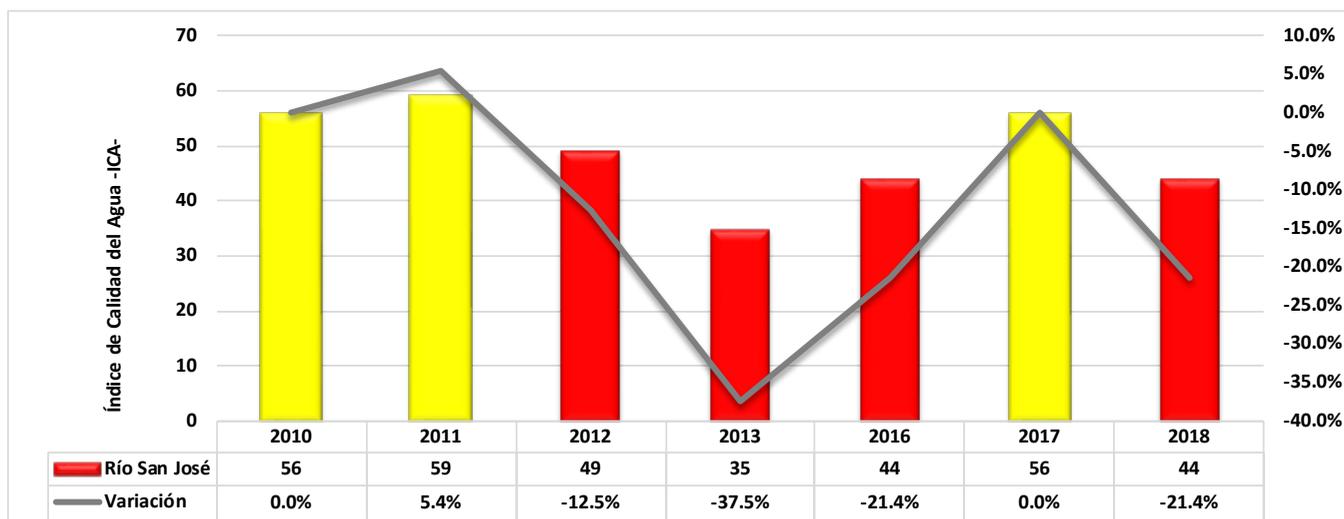
En la gráfica 33, se observa que la calidad del río Angue, ubicado en el municipio de Metapán, El Salvador, durante el año 2010 presenta una calidad “Buena”, disminuyendo un 5.5% en el año 2011 y es catalogada como “Regular”. Entre este año y el año 2018, se presentan más bajos de calidad de agua respecto primer año de monitoreo con una variación entre 5.5 y 28.8% siendo el año 2018 el que presenta la calidad de agua más baja. Los datos indican que la capacidad de resiliencia del río es baja, y la continua contaminación le afecta por un largo período de tiempo.

Gráfica 33. Variabilidad de la calidad del agua del río Angue en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



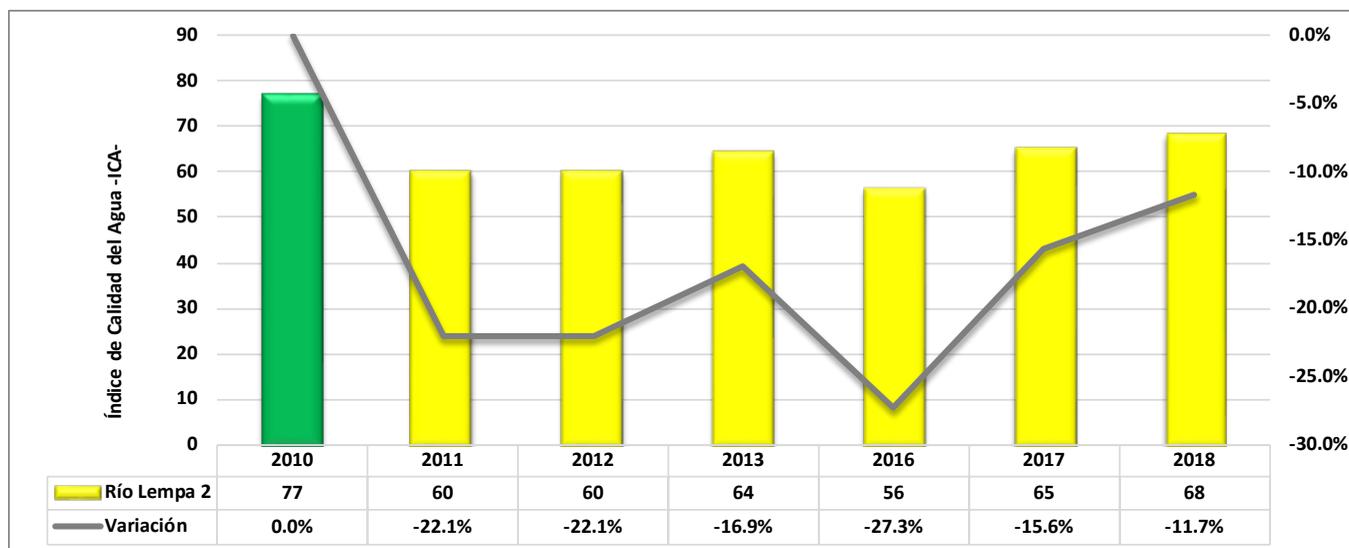
En la gráfica 34, se observa que la calidad del río San José, ubicado en el municipio de Metapán, El Salvador, durante el año 2010 presenta una calidad “Regular”, pero aumenta un 5.4% en el año 2011, aun así, su calidad es regular. Entre el año 2012 y el año 2016, se presentan los índices de calidad más bajos respecto al primer año de monitoreo con una variación entre 12.5 y 37.5% siendo el año 2013 el que presenta la calidad de agua más baja. En el año 2017 la calidad del agua regresa a la calidad inicial y desciende durante el año 2018 con valores similares al 2016. Los resultados indican que la capacidad de resiliencia del río es baja, y la continua contaminación por aguas residuales municipales o agroindustriales impide la recuperación de sus características fisicoquímicas y biológicas naturales.

Gráfica 34. Variabilidad de la calidad del agua del río San José en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



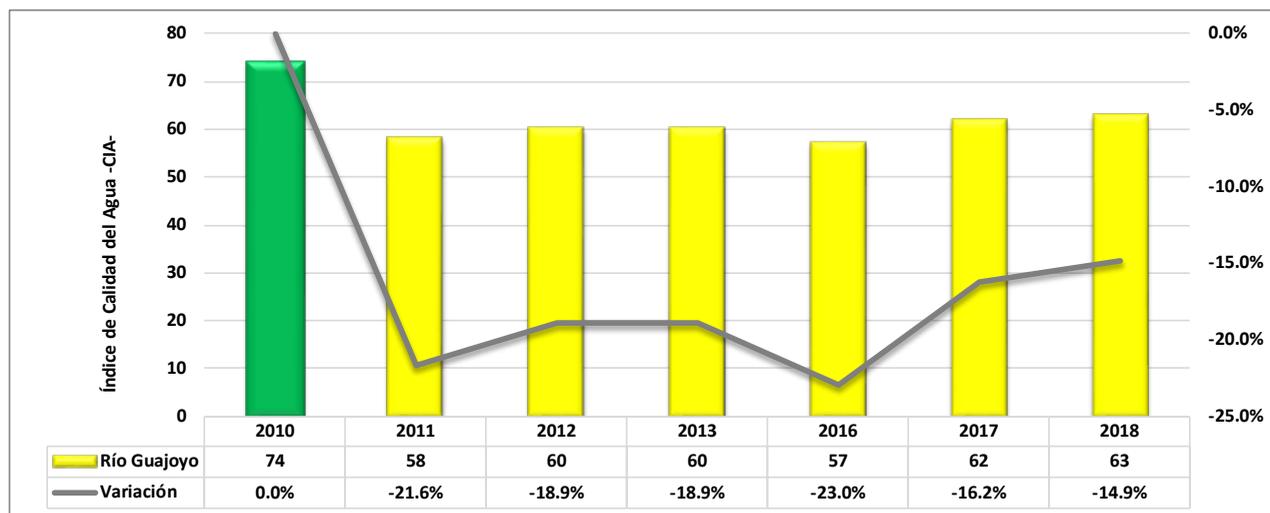
En la gráfica 35, se observa que la calidad del río San José, ubicado en el municipio de Masahuat, El Salvador, durante el año 2010 presenta una calidad “Buena”, pero disminuye a partir del año 2011 y se mantiene con una calidad “Regular” hasta el año 2018. Entre estos años, se presentan los índices de calidad más bajos respecto al primer año de monitoreo con una variación entre 11.7% y 27.3% siendo el año 2016 el que presenta la calidad de agua más baja. Y los años 2017 y 2018 la calidad del agua empieza a aumentar. Al igual que en los afluentes anteriores, la capacidad de resiliencia del río es muy baja, y la continua contaminación por aguas residuales municipales o agroindustriales impide la recuperación de sus características fisicoquímicas y biológicas naturales generando un impacto a largo plazo.

Gráfica 35. Variabilidad de la calidad del agua del río Lempa en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



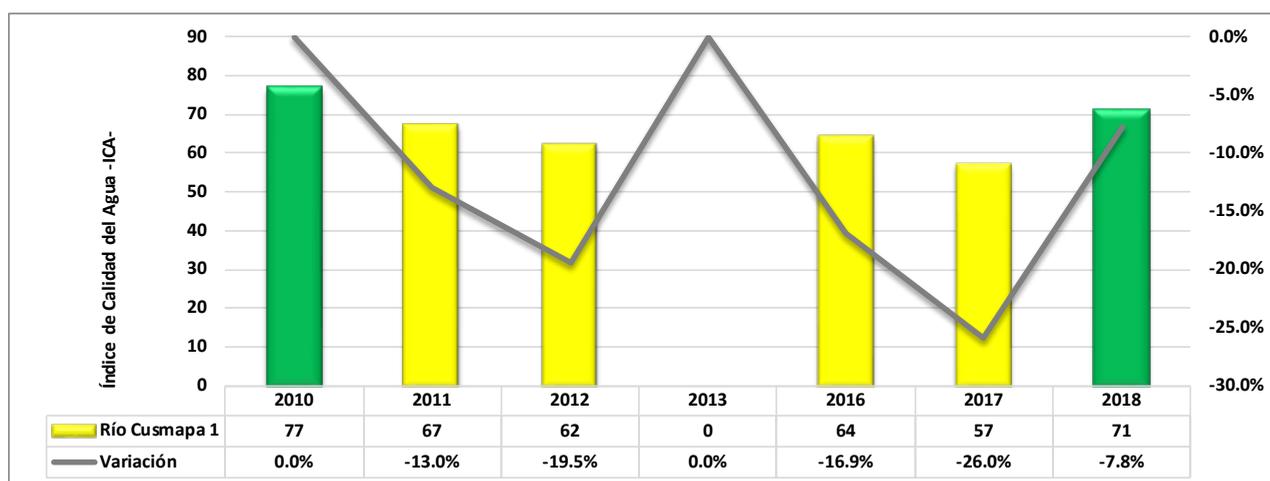
En la gráfica 36, se observa que la calidad del río Guajoyo, ubicado en el municipio de Metapán, El Salvador, durante el año 2010 presenta una calidad “Buena”, disminuyendo a partir del año 2011 y se mantiene con una calidad “Regular” hasta el año 2018. Entre estos años, se presentan los índices de calidad más bajos respecto al primer año de monitoreo con una variación entre 14.9 y 23% siendo el año 2016 el que presenta la calidad de agua más baja. Y los años 2017 y 2018 la calidad del agua empieza a aumentar. De acuerdo con los datos, la capacidad de resiliencia del río es baja, y la continua contaminación por aguas residuales municipales o agroindustriales impide la recuperación de sus características fisicoquímicas y biológicas naturales generando un impacto a largo plazo.

Gráfica 36. Variabilidad de la calidad del agua del río Guajoyo en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



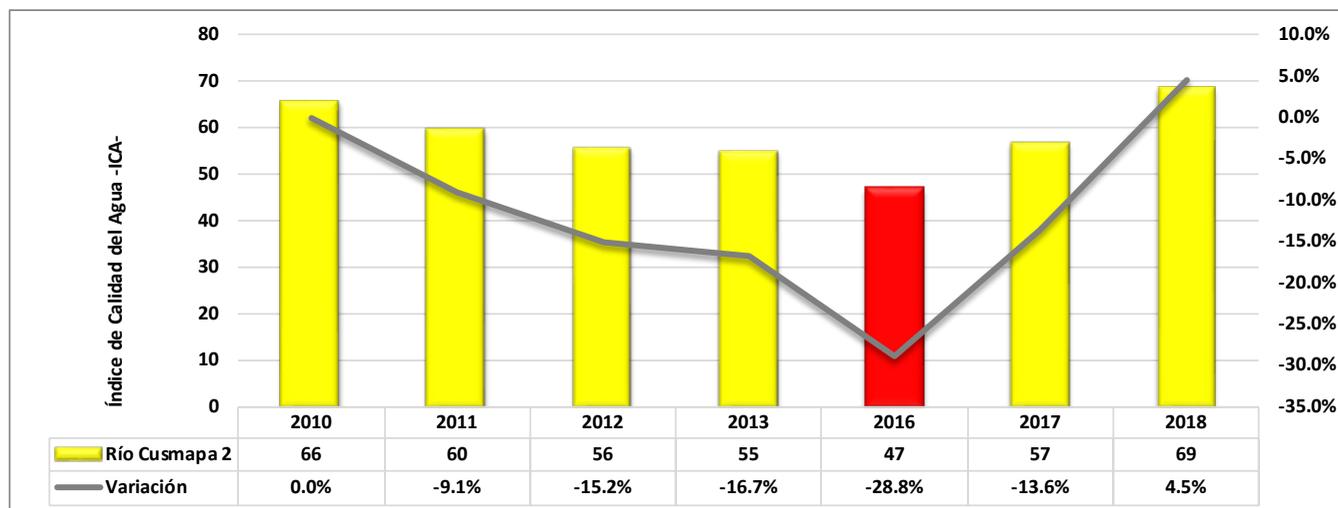
En la gráfica 37, se observa que la calidad del río Cusmapa, ubicado en el cantón de Santa Cruz, El Salvador, durante el año 2010 presenta una calidad “Buena”, pero esta disminuye a partir del año 2011 y se mantiene con una calidad “Regular” hasta el año 2017. Cabe mencionar que durante el monitoreo del año 2013 no hay datos, por la ausencia del caudal (río seco). Entre los años 2011 y 2017, se presentan los índices de calidad más bajos respecto al primer año de monitoreo con una variación entre 13 y 26% siendo el año 2017 el que presenta la calidad de agua más baja. Sin embargo, en el año 2018, el afluente aumentó la calidad del agua y es catalogada con una calidad “Buena”. De acuerdo con los datos, la capacidad de resiliencia del río es baja, la continua contaminación por aguas residuales municipales o agroindustriales, condición que influye negativamente en la recuperación de sus características fisicoquímicas y biológicas naturales.

Gráfica 37. Variabilidad de la calidad del agua del río Cusmapa en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



En la gráfica 38, se observa que la calidad del río Cusmapa, ubicado en El Salvador, durante el año 2010 presenta una calidad “Regular”, pero disminuye paulatinamente a partir del año 2011 hasta el año 2016, en la que su calidad bajo un 28.8% respecto al primer año de monitoreo. Y a partir de los años 2017 y 2018, su calidad empieza a aumentar lentamente. De acuerdo con los datos, la capacidad de resiliencia del río es baja, la continua contaminación por aguas residuales municipales o agroindustriales influye negativamente la recuperación de sus características fisicoquímicas y biológicas naturales.

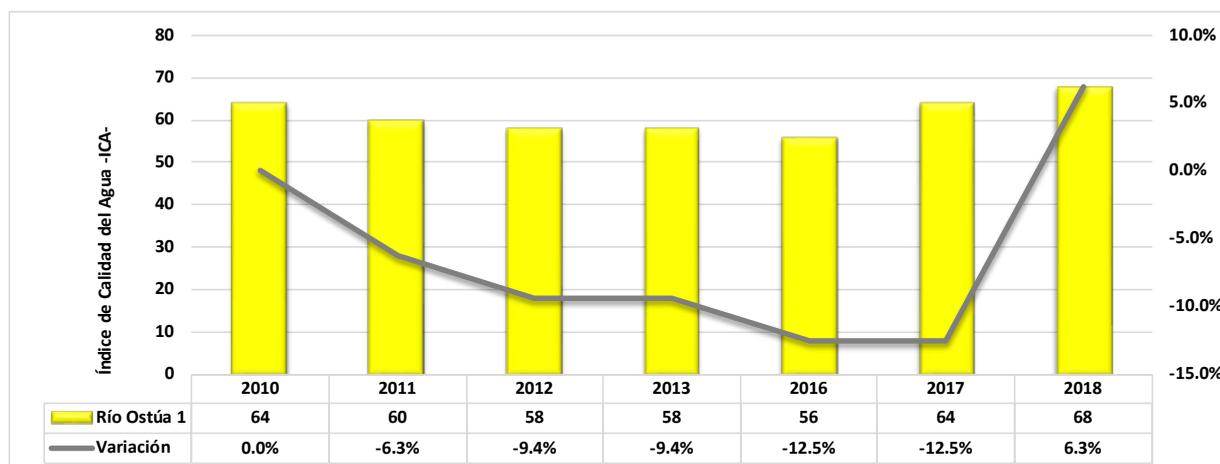
Gráfica 38. Variabilidad de la calidad del agua del río Cusmapa en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



En la gráfica 39, se observa que la calidad del río Ostúa, ubicado en Guatemala, durante el año 2010 presenta una calidad “Regular”, la cual disminuye gradualmente a partir del año 2011 hasta el año 2016, en la que su calidad bajo un 12.5% respecto al primer año de monitoreo. Y a partir de los años 2017 y 2018, su calidad empieza a aumentar levemente, superando su calidad inicial con un 6.3%. De acuerdo con esto, se concluye que la capacidad de resiliencia del río es baja, y se ve en constante la continua contaminación por aguas residuales municipales o agroindustriales, lo cual influye negativamente en la recuperación de sus características fisicoquímicas y biológicas naturales.

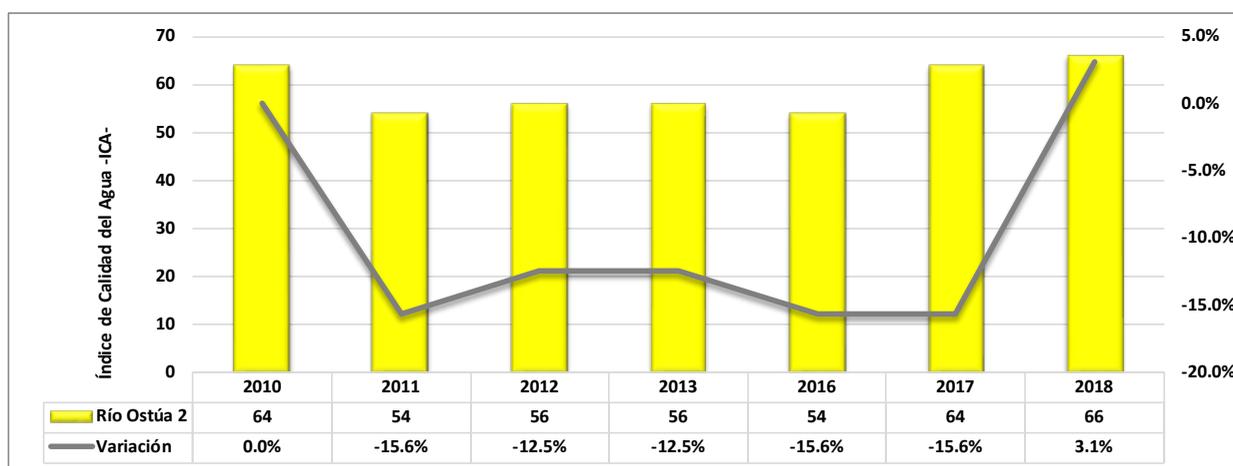


Gráfica 39. Variabilidad de la calidad del agua del río Ostúa en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



En la gráfica 40, se observa una variación similar a la anterior. La calidad del río Ostúa, ubicado en la comunidad El Tule del municipio de Jutiapa, Guatemala, durante el año 2010 presenta una calidad “Regular”, y esta disminuye progresivamente a partir del año 2011 hasta el año 2016, en la que su calidad bajo un 15.6% respecto al primer año de monitoreo. Y a partir de los años 2017 y 2018, su calidad empieza a aumentar levemente, superando su calidad inicial con un 3.1%.

Gráfica 40. Variabilidad de la calidad del agua del río Ostúa en la Cuenta Alta del Río Lempa del año 2010 - 2018.



En conclusión, la situación de los afluentes de la Cuenta Alta del Río Lempa en el tiempo es similar, ya que, al inicio del estudio de calidad del agua el 53% de los ríos presentaba una calidad “Buena”, la cual disminuye gradualmente en un espacio de ocho años. Ciertamente, la composición fisicoquímica y biológica natural del agua superficial no es apta para consumo humano por sus características microbiológicas, según el ICA puede ser utilizada para otras actividades empleando técnicas de depuración sencillas.

Sin embargo, la descarga directa de aguas residuales municipales y agroindustriales sin tratamiento previo en los cauces, disminuye radicalmente la calidad del río, no solo aumenta la población microbiana natural de éste, aumenta también la presencia de patógenos altamente dañinos para la salud, sin mencionar que la composición química cambia, haciéndose presentes minerales y metales inorgánicos dañinos para la salud si es consumida directamente como agua potable, riego o recreación.

CONCLUSIONES

- El 23% de los ríos de la cuenca alta del Río Lempa actualmente tiene calidad de agua que se clasifica como “Buena”, el 71% tiene calidad de agua clasificada como “Regular” y únicamente el río San José ubicado en el municipio de Metapán, El Salvador tiene calidad de agua clasificada como “Mala”, representando el 6% de las muestras.
- De los ríos que inicialmente tenían calidad de agua clasificada como “Buena” el 53% de estos disminuyó la calidad del agua de forma acentuada donde la clasificación se situó en “Regular”, parcialmente por la contaminación de aguas residuales de los principales centros poblados y al agroindustria.
- De los ríos que inicialmente tenían calidad de agua clasificada como “Regular” el 12% de estos disminuyó la calidad del agua de forma acentuada donde la clasificación se situó en “Mala”, parcialmente por la contaminación de aguas residuales de los principales centros poblados y al agroindustria.
- El 35% de los ríos de la cuenca alta del río Lempa muestran un incremento en la calidad del agua, ocasionado por diversos factores como las condiciones climáticas de la zona en la que se encuentran los afluentes que contribuye a conservar su caudal en época seca y son ríos con buena resiliencia. Sin embargo, el aumento de la contaminación por descargas de aguas residuales puede afectar la calidad del agua a corto y mediano plazo.
- La descarga directa de aguas residuales municipales y agroindustriales sin tratamiento previo en los cauces, disminuye radicalmente la calidad de los afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa, ya que, no solo aumenta la población microbiana natural de este, sino que también aumenta la presencia de patógenos altamente dañinos para la salud, sin mencionar que la composición química cambia, haciéndose presentes minerales y metales inorgánicos dañinos para la salud si es consumida directamente como agua potable, riego o recreación.
- La descarga directa de aguas residuales municipales y agroindustriales sin tratamiento previo en los cauces, disminuye radicalmente la calidad de los afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa, ya que, no solo aumenta la población microbiana natural de este, sino que también aumenta la presencia de patógenos altamente dañinos para la salud, sin mencionar que la composición química cambia, haciéndose presentes minerales y metales inorgánicos dañinos para la salud si es consumida directamente como agua potable, riego o recreación.

6. CONTAMINACIÓN DE LOS AFLUENTES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO LEMPA, POR DESCARGAS DE AGUAS MIELES DE LA AGROINDUSTRIA DEL CAFÉ

Las aguas mieles son las aguas residuales producto del proceso agroindustrial del café, las cuales, si son vertidas a los cuerpos hídricos sin tratamiento previo generan una contaminación desmesurada. El efecto principal para el cuerpo receptor radica en que los requerimientos de oxígeno de las bacterias son mayores que la cantidad natural de disolución de oxígeno nuevo en el agua. Cuando este gas se agota, las futuras necesidades de oxígeno son satisfechas por el oxígeno contenido en los nitratos (NO_3) y los sulfatos (SO_4) presentes, dando como resultado la disminución del pH del agua siendo la condición idónea para la formación de compuestos, como el bisulfuro de hidrógeno (SH_2), el cual es el responsable del mal olor que producen estas aguas. Durante la cosecha, el agua tiene un olor pestilente, en el caso de los ríos de poca aireación provoca la muerte de la vida acuática por la falta de oxígeno; tomando en cuenta la alteración que sufre el agua no es apta para consumo animal, mucho menos humano, ya que provocan enfermedades entre ellas problemas gastrointestinales.

Como consecuencia del olor a materia descompuesta las aguas mieles se torna inservible para reutilizarla en el lavado de café puesto que el olor afecta la calidad del grano tanto en aspecto como en la taza. Las aguas mieles en sí no tienen contaminación bacteriológica, sin embargo, el contenido de materia orgánica en el agua provoca que alguna contaminación bacteriológica de otra fuente pueda sobrevivir en el agua.

Naturalmente la concentración de materia orgánica, expresada como DBO_5 y DQO, debe ser baja porque el alto contenido de materia orgánica afecta las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua, siendo un medio para el transporte de enfermedades y puede interferir en el proceso de desinfección, paso primordial en la potabilización del agua.

Por eso que es de vital importancia para la protección y el mejoramiento de los recursos hídricos, la utilización de los tratamientos adecuados a estas aguas residuales, con el fin de evitar la contaminación que éstas pudieran generar. Regularmente, este tipo de desechos deben ser tratados físicamente, para disminuir la carga orgánica del agua a procesar lo cual disminuiría de un 30% a un 60% la DBO_5 inicial del agua residual, acá se generan los lodos que son depositados en un contenedor para ser tratados por separado. Luego se necesita un tratamiento biológico, en el que los microorganismos reducen la materia orgánica restante a productos inorgánicos, para lo cual se utilizan organismos aeróbicos (microorganismos que necesitan oxígeno). El último paso es el tratamiento químico en el que se eliminan los contaminantes resultantes de los tratamientos anteriores: fosforo y nitrógeno principalmente, para evitar el fenómeno de eutrofización al momento de depositar el agua residual final a los ríos.

La Región Trifinio se caracteriza por su producción agrícola, especialmente la agroindustria del café, sin embargo, no todos los beneficios cuentan con un adecuado tratamiento para las aguas residuales que genera el proceso del café. Por ello desde el año 2016 se han realizado monitoreos en los afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa que se ven influenciados por los beneficios.

Para identificar la contaminación por aguas mieles de la agroindustria del café se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Potencial de hidrógeno (pH)
- Oxígeno disuelto en mg/L
- Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)
- Demanda química de oxígeno (DQO)

Como se mencionó anteriormente, estos parámetros están estrechamente relacionados con la presencia de aguas mieles en los afluentes, debido a las características que estas poseen.

En el cuadro 40 y mapa 2 se muestran los beneficios de café ubicados dentro de la Región Trifinio, cabe mencionar que se tomaron en consideración porque representan una pequeña porción de los beneficios totales que hay en la zona. Así mismo en el cuadro 41 y mapa 3, se presenta la distribución geográfica de los puntos de control sobre los afluentes de la Cuenta Alta del Río Lempa.



Cuadro 40. Inventario de beneficios de café dentro de la Región Trifinio.

No.	Nombre	Localización		Coordenadas UTM	
		Aldea/Municipio/Departamento	País	X	Y
1	Finc a "El Cascajal"	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	252111.80	1615235.60
2	Beneficio "El Torreón"	Esquipulas	Guatemala	247015.90	1613129.20
3	Beneficio "COAGRO"	Barrio Santa Ana, Esquipulas	Guatemala	246329.50	1613182.50
4	Beneficio Ecológico Cafetalero	Comunidad Zacamil, Ocotepeque	Honduras	266241.00	1607391.00
5	Beneficio "Renacer"	San Antonio, La Labor	Honduras	276326.00	1605561.00
6	Beneficio "Montecristo"	Mojonal, Santa Fe	Honduras	276326.00	1605561.00
7	"La Buena Fe"	Los Planes, Santa Fe	Honduras	252354.00	1602345.00
8	Ecadome	Dolores Merendón	Honduras	270441.00	1606844.00
9	Beneficio "San Juan"	San Juan, La Labor	Honduras	279648.00	1605775.00
10	COCAFELOL	Santa Lucía, La Labor	Honduras	270441.00	1606844.00
11	COCAFRAL	Fraternidad	Honduras	276724.00	1610044.00
12	COPRAUL - El Carrizal	Carrizal, Sinuapa, Ocotepeque	Honduras	272010.00	1598613.00
13	COPRAUL - Nueva Esperanza	Nueva Esperanza, Sinuapa, Ocotepeque	Honduras	274966.00	1597717.00

Mapa 2. Ubicación de los puntos de muestreo en los principales afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa.

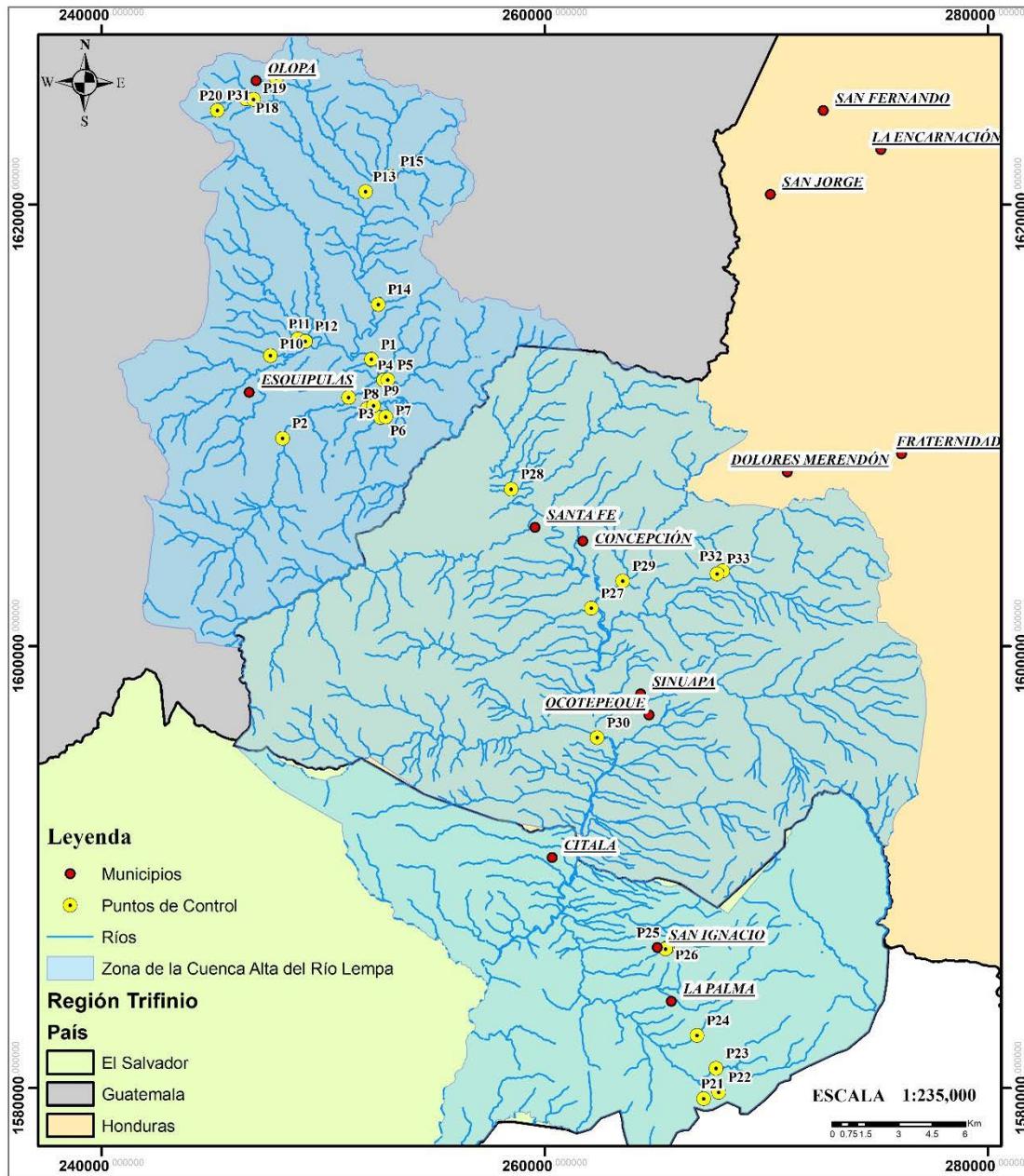


Cuadro 41. Ubicación de los puntos de control de los afluentes afectados por aguas mieles de la agroindustria del café.

No.	ID	Nombre de Fuentes de Agua	Localización		Lugar de Recolección	Coordenadas UTM	
			Aldea/Municipio/Departamento	País		X	Y
1	P1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas	Guatemala	Puente Los Espino (50 mts abajo)	252188.00	1612976.00
2	P2	Río Atulapa 1	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas	Guatemala	Puente La Planta (20 mts arriba)	248177.00	1609402.00
3	P3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Balneario (100 mts abajo del puente)	251171.00	1611247.00
4	P4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Debajo de Beneficio Finca El Cascajal	252744.00	1612032.00
5	P5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Unión de Río Olopita y Atulapa (100 mts abajo)	252933.00	1612044.00
6	P6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Arriba Beneficio Marco Tulio Dubòn	252610.00	1610342.00
7	P7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Carretera Asfaltada (10 mts a bajo de boveda)	252842.00	1610363.00
8	P8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Represa de Señora Yolanda Pedroza	251999.00	1610731.00
9	P9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	San Juan Tejera	252293.00	1610874.00
10	P10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas	Guatemala	Lotificación Bosques de San Fernando (A bajo carretera)	247629.00	1613146.00
11	P11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas	Guatemala	Aldea Bueyeros (100 mts arriba carretera)	248880.00	1613901.00
12	P12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas	Guatemala	Nejapa (atrás de bodega de café)	249209.00	1613793.00
13	P13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas	Guatemala	Finca Gildardo Ortega	251927.00	1620565.00
14	P14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas	Guatemala	Puente Olopita	252498.00	1615466.00
15	P15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas	Guatemala	Baden de Aldea El Rodeo	253061.00	1621267.00
16	P16	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Agua Tibia, Olopa	Guatemala	Unión de tres fuentes; zona de descarga	247893.00	1625715.00
17	P17	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Agua Tibia, Olopa	Guatemala	Unión de tres fuentes; nacimiento	247893.00	1625715.00
18	P18	Quebrada la Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa	Guatemala	Atrás del beneficio Geovani Guevara, 100 mts arriba Ebenezer	246531.00	1624766.00
19	P19	Quebrada la Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa	Guatemala	Atrás del beneficio Geovani Guevara, 100 mts abajo Ebenezer	246870.00	1624746.00
20	P20	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochan, Olopa	Guatemala	Primer vertiente, nacimiento abajo 200 mts	245231.00	1624242.00
21	P21	Río San José Sacare	Cantón San José Sacare, La Palma	El Salvador	50 mts abajo del puente	267199.91	1579500.43
22	P22	Quebrada Onda	Caserío Quebrada Onda, La Palma	El Salvador	Quebrada Onda	267875.52	1579791.34
23	P23	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio	El Salvador	Puente Nunuapa	267759.00	1580879.00
24	P24	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal	El Salvador	Cantón el Granal	266890.00	1582365.00
25	P25	Río San Ignacio 1	Caserío Pié de la Cuesta, Cantón El Pinar, San Ignacio	El Salvador	50 mts arriba del puente	265542.64	1586340.73
26	P26	Río San Ignacio 2	San Ignacio	El Salvador	50 mts abajo del puente	265476.72	1586281.70
27	P27	Río Guajala	Las Lajitas, Ocotepeque	Honduras	Puente	262122.00	1601713.00
28	P28	Quebrada Piñuelas (Colmena)	Aldea Piñuelas, Santa Fè, Ocotepeque	Honduras	25 mts parte de abajo del puente	258500.00	1607097.00
29	P29	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque,	Honduras	50 mts parte de abajo del puente	263548.00	1602945.00
30	P30	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque	Honduras	25 mts del puente de Hamaca	262389.00	1595848.00
31	P31	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque	Honduras	Unión del río la Laborcita y río Tacuazin debajo del puente	245229.00	1624251.00
32	P32	Río Tacuazin	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque	Honduras	200 mts arriba del puente	268057.00	1603394.00
33	P33	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque	Honduras	200 mts arriba del puente	267808.00	1603267.00

Mapa 3. Mapa de ubicación de los puntos de control de los afluentes afectados por aguas mieles de la agroindustria del café.

Puntos de Monitoreo de los Afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa, afectados por las Aguas Mieles, Vertiente Olopita - Citalá



<p>Datum: WGS 1984</p> <p>Proyección Digital: Zona 16 UTM</p>	<p>Fuente: Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa</p> <p>Centro Universitario de Oriente - CUNORI</p>	<p>Elaborado por: Vivian Cerón</p> <p>INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL</p>
---	--	---

A continuación, se describen los parámetros directamente relacionados con la presencia de aguas mieles en los afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa.

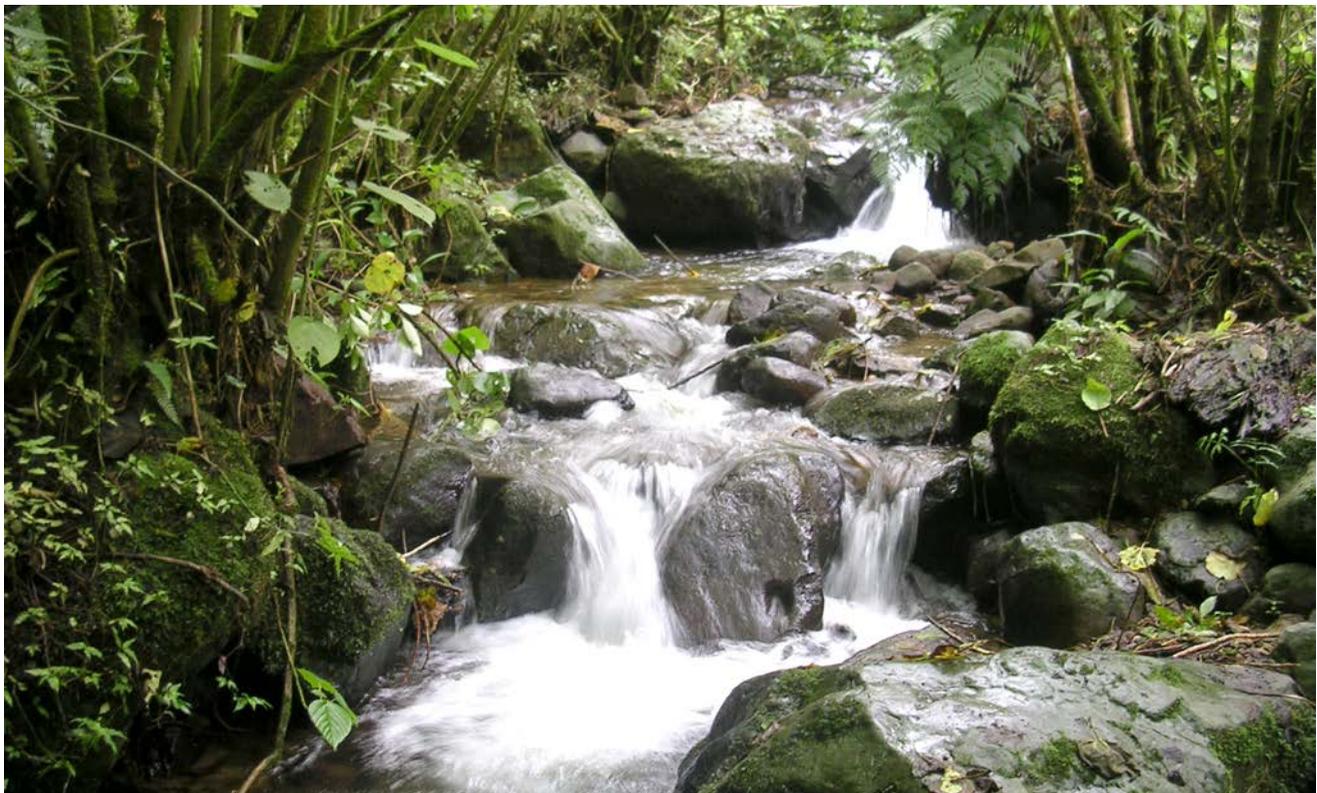
6.1 Potencial de hidrógeno (pH)

El pH es un indicador de calidad del agua importante, naturalmente el agua de los ríos se encuentra en un pH neutro y ligeramente alcalino (7 y 7.5), sin embargo, cuando los cuerpos de agua se ven contaminados por aguas residuales, especialmente con las aguas provenientes del proceso agroindustrial del café, el pH sufre un cambio radical pasando de un pH ligeramente alcalino a un pH ácido.

El pH del medio influye directamente en la asimilación del Carbono por parte de las especies que se desarrollan en el agua, por lo que, si este es ácido, se convertiría en una limitante para el crecimiento de organismos como los peces, y a largo plazo la mortalidad de vida acuática aumenta. A continuación, se detallan los monitoreos respectivos a los años comprendidos entre el 2016 y 2018.

a. Monitoreo año 2016

Como se puede observar en el cuadro 42, los valores de pH se encuentran entre 4.77 y 8.24, siendo la quebrada Los Chorros 2, ubicada en Esquipulas, Guatemala, el que presenta el menor valor de pH, junto con la quebrada Arena 2 (5.68) y se encuentran debajo de los límites, lo cual la cataloga como aguas ácidas e indica que existe contaminación por aguas mieles. Mientras que el río Olopita 2, presenta el mayor valor de pH. El resto de los valores se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa de cada país.



En la gráfica 41 se muestran una comparación del potencial de hidrógeno del agua y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.

Cuadro 42. Resultados del potencial de hidrógeno (pH) de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.

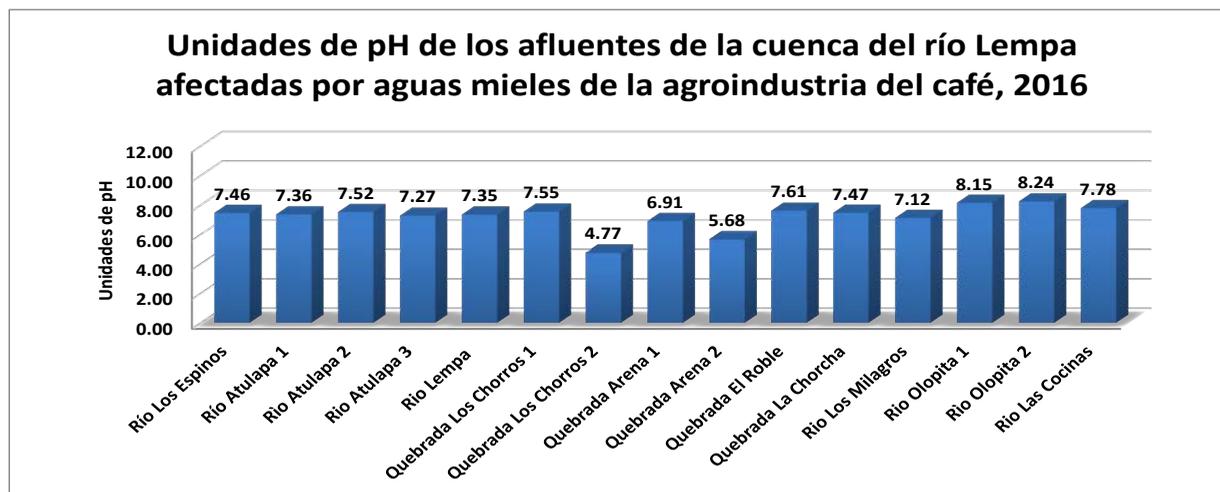
No.	Río	Punto de Monitoreo	pH en Unidades	
			Monitoreo Diciembre 2016	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	7.46	
2	Río Atulapa 1	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	7.36	
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	7.52	
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	7.27	
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	7.35	
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	7.55	
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	4.77	
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	6.91	
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	5.68	
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala	7.61	
11	Quebrada La Chorcha	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	7.47	
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	7.12	
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	8.15	
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	8.24	
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala	7.78	
			LMA	LMP
Guatemala			7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
El Salvador			6	8.5
Honduras			---	---

LMA = Límite Máximo Aceptable

LMP = Límite Máximo Permissible

ND = No Determinado

Gráfica 41. Resultados del potencial de hidrógeno (pH) de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.



b. Monitoreo año 2017

Como se puede observar en el cuadro 43, los valores promedio de pH se encuentran entre 6.07 y 8.31, siendo la quebrada Los Chorros 2, ubicada en Esquipulas, Guatemala, el que presenta el menor valor de pH, junto con la quebrada Arena 2 (6.40) y se encuentran debajo de los límites. Mientras que el afluente Quebradona 2 presenta el mayor valor de pH. El resto de los valores se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa de cada país.

Cabe destacar que, durante el primer monitoreo, las quebradas “Los Chorros” y Arena 1, prestan un pH ácido, lo cual se debe a la descargas de aguas mieles, ya que en el mes de enero hay cosecha de Café. En la gráfica 42 se muestran una comparación del pH del agua y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.

Cuadro 43. Resultados del potencial de hidrógeno (pH) de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.

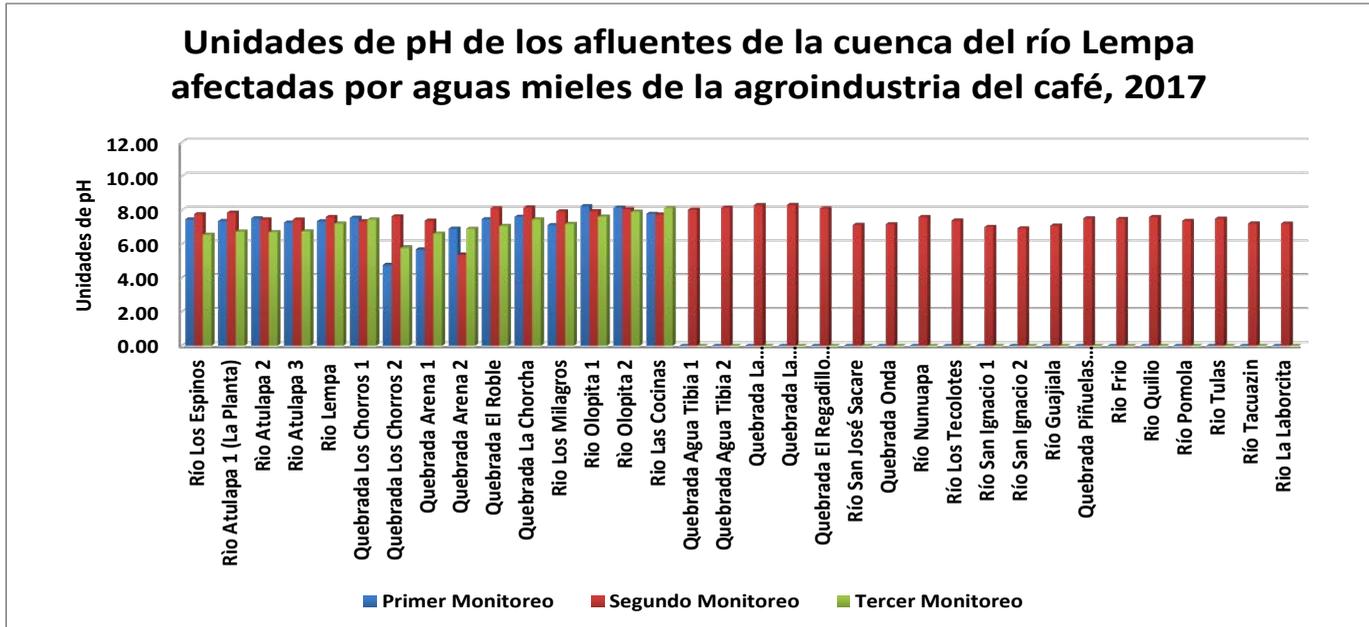
No.	Río	Punto de Monitoreo	pH en Unidades			
			Primer Monitoreo Enero 2017	Segundo Monitoreo Febrero/Marzo 2017	Tercer Monitoreo Noviembre 2017	Promedio
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	7.46	7.76	6.55	7.26
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	7.36	7.85	6.74	7.32
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	7.52	7.46	6.70	7.23
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	7.27	7.45	6.75	7.16
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	7.35	7.60	7.21	7.39
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	7.55	7.35	7.45	7.45
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	4.77	7.64	5.80	6.07
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	5.68	7.38	6.62	6.56
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	6.91	5.38	6.90	6.40
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala.	7.47	8.13	7.07	7.56
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala,	7.61	8.16	7.46	7.74
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala.	7.12	7.93	7.19	7.41
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	8.24	7.95	7.62	7.94
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala.	8.15	8.08	7.91	8.05
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala.	7.78	7.74	8.13	7.88
16	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala,	ND	8.04	ND	8.04
17	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala.	ND	8.15	ND	8.15
18	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	8.30	ND	8.30
19	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	8.31	ND	8.31
20	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochan, Olopa, Guatemala	ND	8.12	ND	8.12
21	Río San José Sacare	Cantón San José Sacare, La Palma, El Salvador	ND	7.13	ND	7.13
22	Quebrada Onda	Caserío Quebrada Onda, La Palma, El Salvador	ND	7.17	ND	7.17
23	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	ND	7.60	ND	7.60
24	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal	ND	7.39	ND	7.39
25	Río San Ignacio 1	Caserío Pié de la Cuesta, Cantón El Pinar, San Ignacio, El Salvador	ND	7.01	ND	7.01
26	Río San Ignacio 2	San Ignacio, El Salvador	ND	6.93	ND	6.93
27	Río Guajjala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	ND	7.09	ND	7.09
28	Quebrada Piñuelas (Colmena)	Aldea Piñuelas, Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	7.52	ND	7.52
29	Río Frio	Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	7.48	ND	7.48
30	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	ND	7.60	ND	7.60
31	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	ND	7.37	ND	7.37
32	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	7.50	ND	7.50
33	Río Tacuazin	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	7.22	ND	7.22
34	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	7.21	ND	7.21
Guatemala			LMA		LMP	
			7.0 - 7.5		6.5 - 8.5	
El Salvador			6		8.5	
Honduras			---		---	

LMA = Límite Máximo Aceptable

LMP = Límite Máximo Permissible

ND = No Determinado

Gráfica 42. Resultados del potencial de hidrógeno (pH) de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.



c. Monitoreo año 2018

Como se puede observar en el cuadro 44, los valores de pH se encuentran entre 6.41 y 8.75, siendo la quebrada Arena 2, ubicada en Esquipulas, Guatemala, el que presenta el menor valor de pH y se encuentra debajo de los límites. Mientras que el afluente Quebradona 1 presenta el mayor valor de pH. El resto de los valores se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa de cada país.

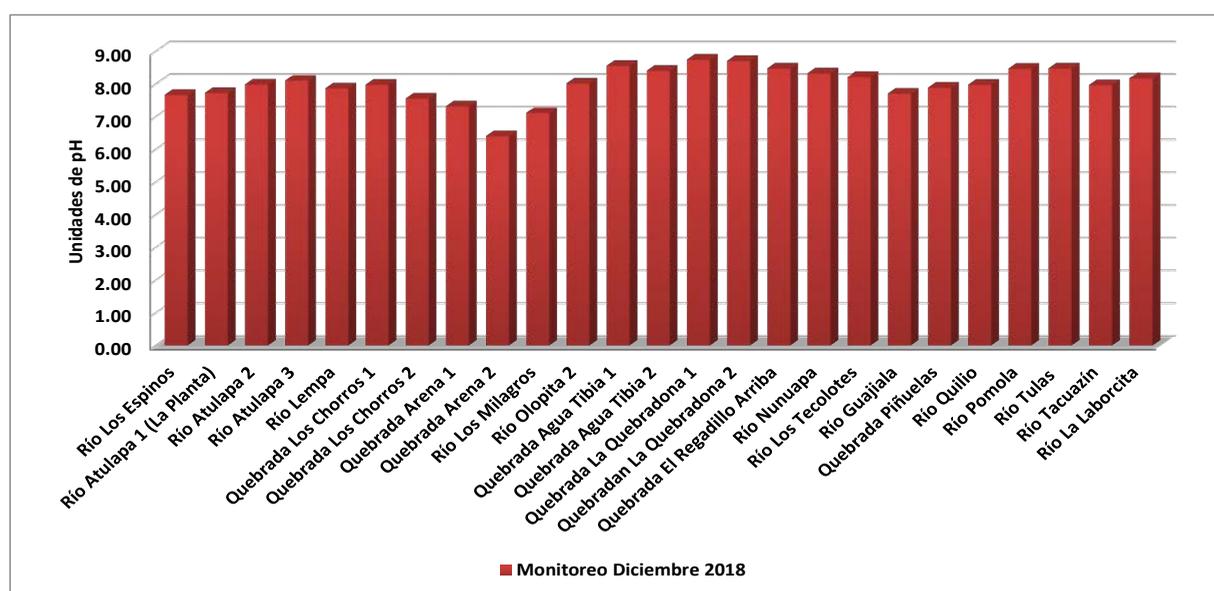
En la gráfica 43 se muestran una comparación del potencial de hidrógeno del agua y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.



Cuadro 44. Resultados del potencial de hidrógeno (pH) de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	pH en Unidades	
			Monitoreo Diciembre-2018	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	7.67	
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	7.73	
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	7.99	
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	8.11	
5	Río Lempa	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	7.87	
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	7.98	
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	7.56	
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	7.32	
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	6.41	
10	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	7.12	
11	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	8.02	
12	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	8.56	
13	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	8.41	
14	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	8.75	
15	Quebradan La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	8.71	
16	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochán, Olopa Guatemala	8.48	
17	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	8.33	
18	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal, San Ignacio, El Salvador	8.22	
19	Río Guajiala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	7.71	
20	Quebrada Piñuelas	Aldea Piñuelas, Santa Fé, Ocotepeque Honduras	7.89	
21	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	7.98	
22	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	8.47	
23	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	8.48	
24	Río Tacuazín	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	7.97	
25	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	8.18	
			LMA	LMP
Guatemala			7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
El Salvador			6	8.5
Honduras			---	---

Gráfica 43. Resultados del potencial de hidrógeno (pH) de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.



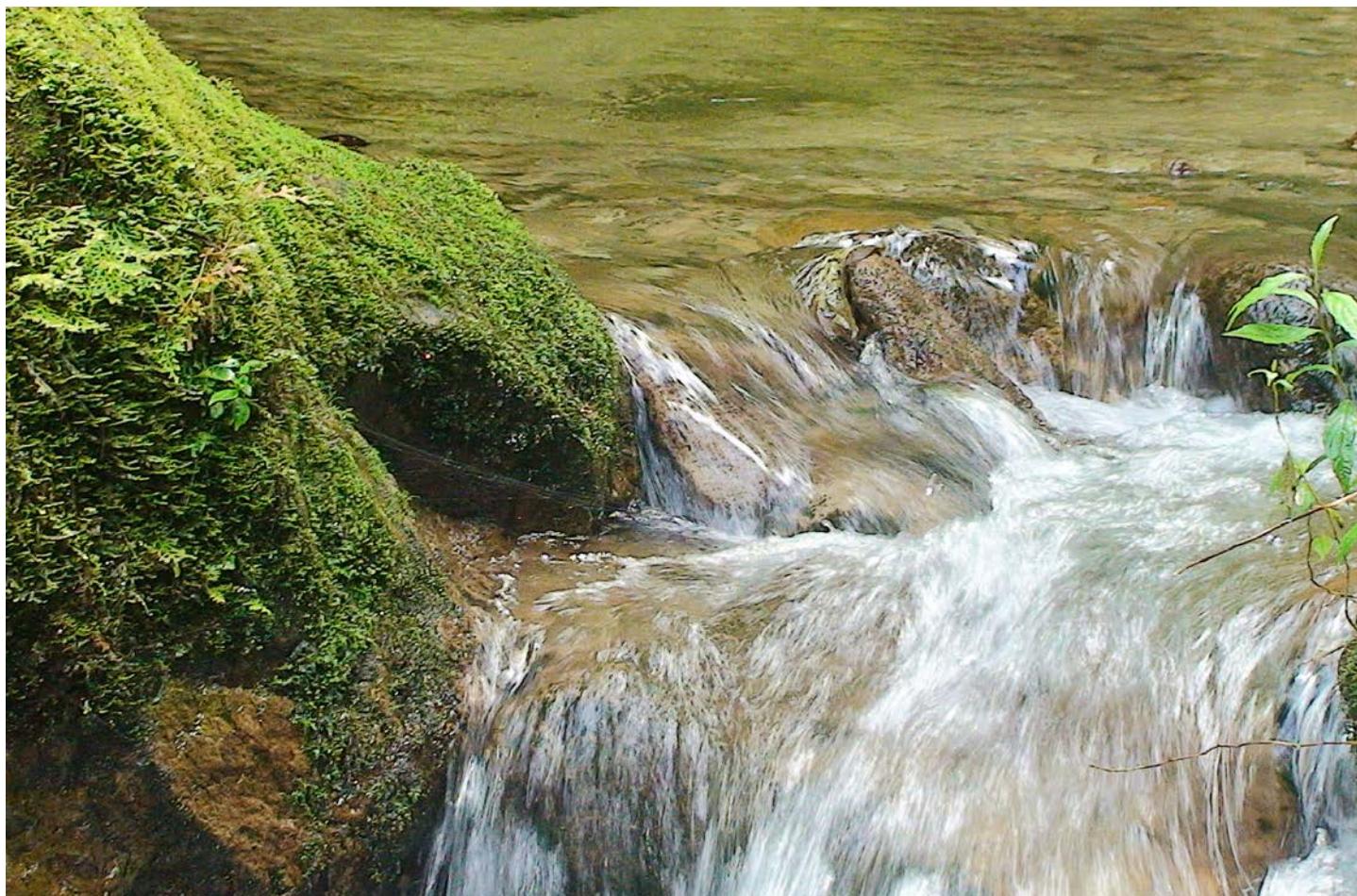
6.2 Oxígeno disuelto

Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo, indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.

Generalmente las aguas mieles tienen muy baja concentración de oxígeno disuelto, y al momento de ser vertidas de un río, las bacterias y microorganismos presentes aumentan el consumo de oxígeno para descomponer la materia orgánica de las aguas mieles, provocando una disminución acelerada del oxígeno natural del cuerpo hídrico limitando el crecimiento de organismos como los peces, y a largo plazo, imposibilitando la vida acuática. A continuación, se detallan los monitoreos respectivos a los años comprendidos entre el 2016 y 2018.

a. Monitoreo año 2016

Como se puede observar en el cuadro 45, los valores de oxígeno disuelto se encuentran entre 0.45 y 10.50 mg/L, siendo la quebrada Arena 2, ubicada en Esquipulas, Guatemala, el que presenta el menor concentración de oxígeno disuelto, junto con tres ríos más y se encuentran debajo del límite máximo permisible (4 mg/L). Mientras que el afluente Olopita 2 presenta el mayor valor de oxígeno disuelto. El resto de los valores se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa de cada país.



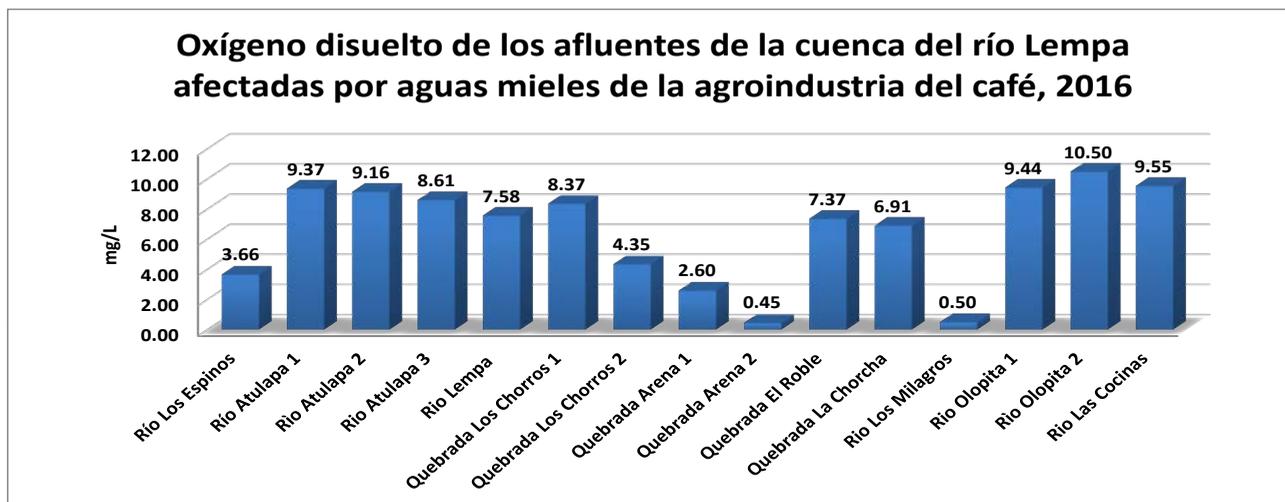
En la gráfica 44 se muestran una comparación del oxígeno disuelto en los afluentes y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.

Cuadro 45. Resultados del oxígeno disuelto de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Oxígeno Disuelto en mg/L	
			Monitoreo Diciembre 2016	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	3.66	
2	Río Atulapa 1	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	9.37	
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	9.16	
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	8.61	
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	7.58	
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	8.37	
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	4.35	
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	2.60	
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	0.45	
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala	7.37	
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	6.91	
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	0.50	
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	9.44	
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	10.50	
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala	9.55	
			LMA	LMP
Guatemala			8	4
El Salvador			---	---
Honduras			---	---

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

Gráfica 44. Resultados del oxígeno disuelto de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.



b. Monitoreo año 2017

Como se puede observar en el cuadro 46, los valores de oxígeno disuelto se encuentran entre 0.71 y 10.75 mg/L, siendo la quebrada Agua Tibia 1, ubicada en Olopa, Guatemala, el que presenta el menor concentración de oxígeno disuelto, junto con seis ríos más y se encuentran debajo del límite máximo permisible (4 mg/L). Mientras que el río Tulas, El Salvador presenta el mayor valor de oxígeno disuelto. El resto de los valores se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa de cada país.

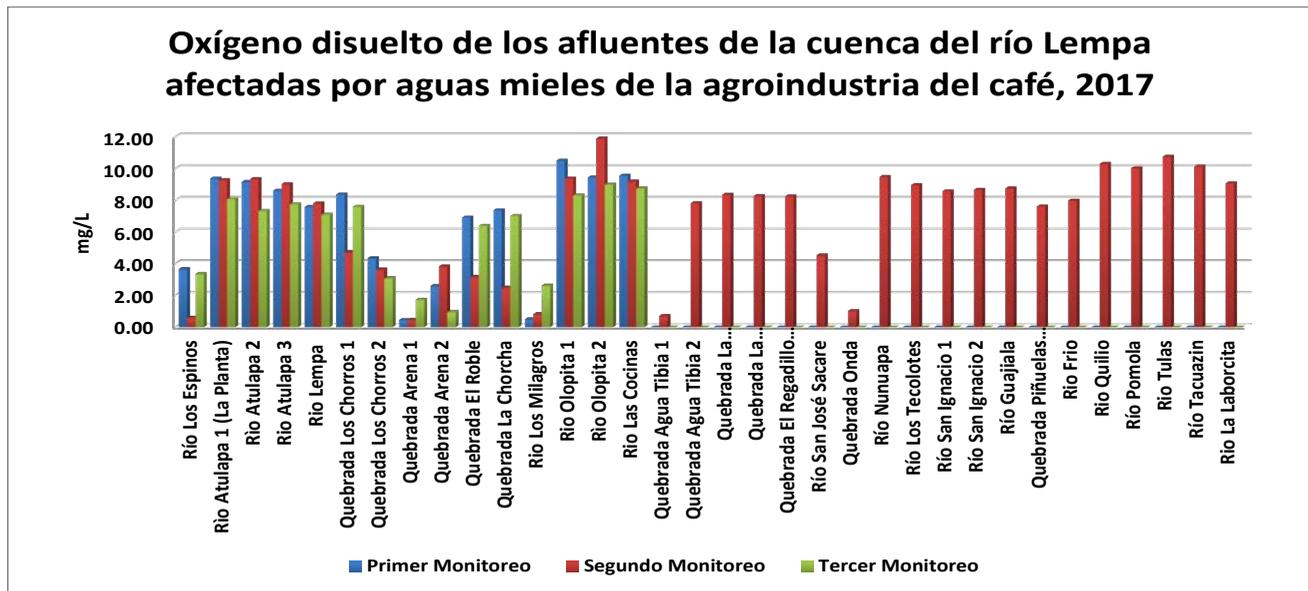
Es importante mencionar que, durante el mes de enero, los afluentes Los Chorros, Arena 1, Arena 2 y Los Milagros, presentan concentraciones muy bajas de oxígeno disuelto, debido a la descarga de aguas mieles mientras los caudales son escasos por la época seca; esta condición se mantiene en los siguientes monitoreos. En la gráfica 45 se muestran una comparación del oxígeno disuelto en los afluentes y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.

Cuadro 46. Resultados del oxígeno disuelto de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Oxígeno Disuelto en mg/L			
			Primer Monitoreo Enero 2017	Segundo Monitoreo Febrero/Marzo 2017	Tercer Monitoreo Noviembre 2017	Promedio
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	3.66	0.60	3.35	2.54
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	9.37	9.27	8.08	8.91
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	9.16	9.34	7.33	8.61
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	8.61	9.02	7.75	8.46
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	7.58	7.80	7.09	7.49
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	8.37	4.74	7.59	6.90
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	4.35	3.64	3.09	3.69
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	0.45	0.46	1.73	0.88
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	2.60	3.83	0.96	2.46
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala.	6.91	3.17	6.39	5.49
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala,	7.37	2.50	7.01	5.63
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala.	0.50	0.82	2.62	1.31
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	10.50	9.37	8.31	9.39
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala.	9.44	11.90	8.99	10.11
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala.	9.55	9.19	8.75	9.16
16	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala,	ND	0.71	ND	0.71
17	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala.	ND	7.82	ND	7.82
18	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	8.35	ND	8.35
19	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	8.27	ND	8.27
20	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochan, Olopa, Guatemala	ND	8.25	ND	8.25
21	Río San José Sacare	Cantón San José Sacare, La Palma, El Salvador	ND	4.53	ND	4.53
22	Quebrada Onda	Caserío Quebrada Onda, La Palma, El Salvador	ND	1.02	ND	1.02
23	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	ND	9.47	ND	9.47
24	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal	ND	8.95	ND	8.95
25	Río San Ignacio 1	Caserío Pié de la Cuesta, Cantón El Pinar, San Ignacio, El Salvador	ND	8.57	ND	8.57
26	Río San Ignacio 2	San Ignacio, El Salvador	ND	8.66	ND	8.66
27	Río Guajjala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	ND	8.75	ND	8.75
28	Quebrada Piñuelas (Colmena)	Aldea Piñuelas, Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	7.61	ND	7.61
29	Río Frio	Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	7.99	ND	7.99
30	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	ND	10.30	ND	10.30
31	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	ND	10.04	ND	10.04
32	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	10.75	ND	10.75
33	Río Tacuazín	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	10.14	ND	10.14
34	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	9.07	ND	9.07
			LMA		LMP	
Guatemala			8		4	
El Salvador			---		---	
Honduras			---		---	

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

Gráfica 45. Resultados del oxígeno disuelto de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.



c. Monitoreo año 2018

Como se puede observar en el cuadro 47, los valores de oxígeno disuelto se encuentran entre 1.38 y 9.70 mg/L, siendo el río los espinos, ubicada en Esquipulas, Guatemala, el que presenta el menor concentración de oxígeno disuelto, junto con dos ríos más y se encuentran debajo del límite máximo permisible (4 mg/L). Mientras que el río Los Tecolotes, El Salvador presenta el mayor valor de oxígeno disuelto. El resto de los valores se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa de cada país.

Es importante mencionar que, durante el mes de diciembre, los afluentes mencionados anteriormente, presentan concentraciones muy bajas de oxígeno disuelto, debido a la descarga de aguas mieles por ser tiempo de cosecha mientras los caudales son escasos por la época seca. En la gráfica 46 se muestran una comparación del oxígeno disuelto en los afluentes y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.



Cuadro 47. Resultados del oxígeno disuelto de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Oxígeno Disuelto en mg/L	
			Monitoreo Diciembre-2018	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	1.46	
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	7.63	
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	7.14	
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	7.65	
5	Río Lempa	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	6.48	
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	6.43	
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	5.14	
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	5.06	
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	2.81	
10	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	1.38	
11	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	6.60	
12	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	6.26	
13	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	6.51	
14	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	6.88	
15	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	6.83	
16	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochán, Olopa Guatemala	8.29	
17	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	9.22	
18	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal, San Ignacio, El Salvador	9.70	
19	Río Guajjala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	9.44	
20	Quebrada Piñuelas	Aldea Piñuelas, Santa Fé, Ocotepeque Honduras	7.99	
21	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	9.33	
22	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	9.58	
23	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	7.96	
24	Río Tacuazín	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	9.46	
25	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	8.59	
			LMA	LMP
Guatemala			8	4
El Salvador			---	---
Honduras			---	---

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

Gráfica 46. Resultados del oxígeno disuelto de los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.



6.3 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes, ya que indica la concentración de oxígeno utilizada por los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en las aguas contaminadas.

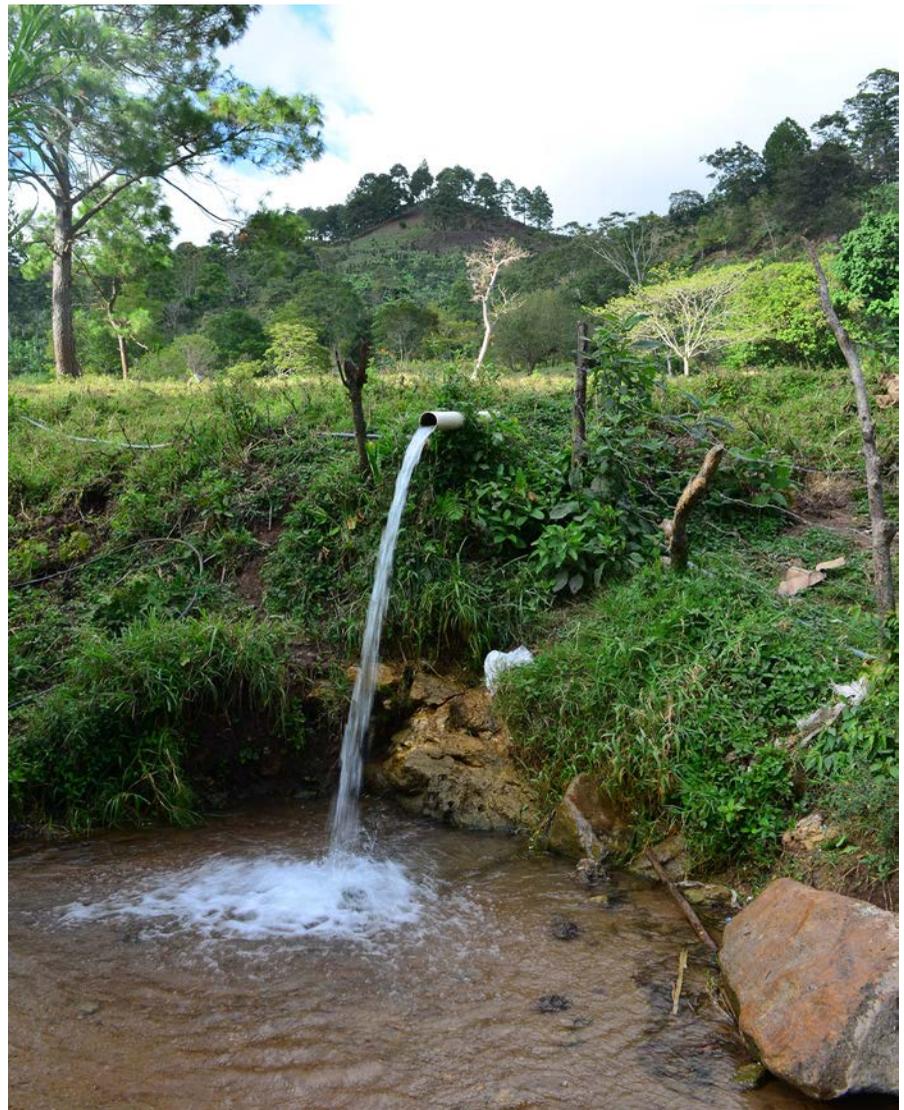
Las aguas mieles al ser vertidas a un efluente natural aumentan la carga de materia orgánica que posee, y los microorganismos se multiplican para descomponer la materia, utilizando mayores concentraciones de oxígeno disuelto en el agua y por ende aumentando la demanda biológica de oxígeno. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO₅ empezarán a bajar si no existen descargas periódicas posteriores.

Sin embargo, altas concentraciones de DBO₅ afecta directamente la vida acuática de los ríos ya que induce un estrés hídrico provocando la muerte biológica del afluente contaminado. A continuación, se detallan los monitoreos respectivos a los años comprendidos entre el 2016 y 2018.

a. Monitoreo año 2016

Como se puede observar en el cuadro 48, los valores de DBO₅ se encuentran entre 588 y 4176 mg/L, siendo la quebrada El Roble, ubicada en Esquipulas, Guatemala, el que presenta menor concentración de DBO₅, junto con el río Olopita. Mientras que el afluente Arena 2, Guatemala presenta el mayor valor de DBO₅. La totalidad de los puntos monitoreados se encuentra fuera de los límites establecidos por la normativa de cada país.

Es importante mencionar que la alta demanda biológica de oxígeno se debe al alto contenido de materia orgánica de las aguas mieles y son vertidas a los cauces y por ser época seca los caudales son bajos, todo ello conduce a la mortalidad de vida acuática de los ríos afectados. En la gráfica 47 se muestran una comparación del DBO₅ en los afluentes y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.



Cuadro 48. Resultados de la demanda biológica de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.

No.	Río	Punto de Monitoreo	DBO ₅ en mg/L	
			Monitoreo Diciembre 2016	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	642.00	
2	Río Atulapa 1	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	594.00	
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	642.00	
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	624.00	
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	624.00	
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	942.00	
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	2118.00	
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	648.00	
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	4176.00	
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala	588.00	
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	612.00	
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	666.00	
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	588.00	
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	630.00	
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala	654.00	
			LMA	LMP
Guatemala			3	25
El Salvador			---	---
Honduras			---	---

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

Gráfica 47. Resultados de la demanda biológica de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.



b. Monitoreo año 2017

Como se puede observar en el cuadro 49, los valores de DBO₅ se encuentran entre 28.80 y 1458.60 mg/L, siendo el río Pomola, ubicada en Ocotepeque, Honduras, el que presenta menor concentración de DBO₅. Mientras que el afluente Arena 1, Guatemala presenta el mayor valor de DBO₅. La totalidad de los puntos monitoreados se encuentra fuera de los límites establecidos por la normativa de cada país.

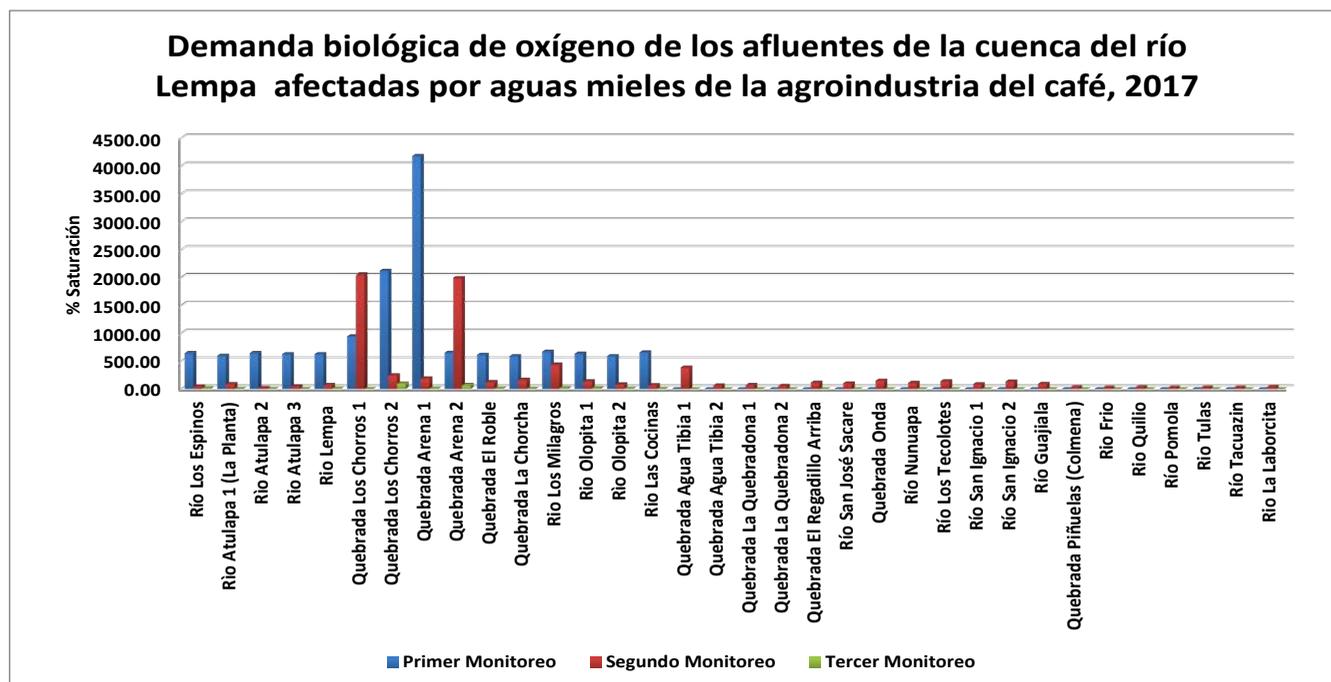
Es importante mencionar que durante el primer monitoreo en enero se presentaron los valores más altos de DBO₅ debido a la descarga de las aguas mieles durante la cosecha que son vertidas a los cauces y por ser época seca los caudales son bajos. Sin embargo, a lo largo del año se puede observar que la DBO₅ disminuye, indicando que la contaminación disminuyó por el aumento de los caudales en época lluviosa. En la gráfica 48 se muestran una comparación del DBO₅ en los afluentes y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.

Cuadro 49. Resultados de la demanda biológica de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.

No.	Río	Punto de Monitoreo	DBO ₅ en mg/L			
			Primer Monitoreo Enero 2017	Segundo Monitoreo Febrero/Marzo 2017	Tercer Monitoreo Noviembre 2017	Promedio
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	642.00	45.00	17.10	234.70
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	594.00	87.00	6.30	229.10
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	642.00	24.00	5.70	223.90
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	624.00	48.00	4.50	225.50
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	624.00	69.00	9.90	234.30
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	942.00	2055.02	4.50	1000.51
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	2118.00	246.00	96.90	820.30
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	4176.00	189.00	10.80	1458.60
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	648.00	1995.02	68.70	903.91
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala.	612.00	123.00	12.60	249.20
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala,	588.00	165.00	8.10	253.70
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala.	666.00	435.00	21.90	374.30
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	630.00	138.00	18.90	262.30
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala.	588.00	81.00	10.20	226.40
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala.	654.00	66.00	4.80	241.60
16	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala,	ND	384.00	ND	384.00
17	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala.	ND	63.00	ND	63.00
18	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	69.00	ND	69.00
19	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	54.00	ND	54.00
20	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochan, Olopa, Guatemala	ND	111.00	ND	111.00
21	Río San José Sacare	Cantón San José Sacare, La Palma, El Salvador	ND	99.00	ND	99.00
22	Quebrada Onda	Caserío Quebrada Onda, La Palma, El Salvador	ND	147.00	ND	147.00
23	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	ND	108.00	ND	108.00
24	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal	ND	138.00	ND	138.00
25	Río San Ignacio 1	Caserío Pié de la Cuesta, Cantón El Pinar, San Ignacio, El Salvador	ND	84.00	ND	84.00
26	Río San Ignacio 2	San Ignacio, El Salvador	ND	132.00	ND	132.00
27	Río Guajiala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	ND	90.00	ND	90.00
28	Quebrada Piñuelas (Colmena)	Aldea Piñuelas, Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	37.20	ND	37.20
29	Río Frio	Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	30.00	ND	30.00
30	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	ND	37.20	ND	37.20
31	Río Pomola	Comunidad Santa Lucia, Ocotepeque, Honduras	ND	28.80	ND	28.80
32	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	30.00	ND	30.00
33	Río Tacuazin	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	30.00	ND	30.00
34	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	39.60	ND	39.60
			LMA		LMP	
Guatemala			3		25	
El Salvador			---		---	
Honduras			---		---	

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

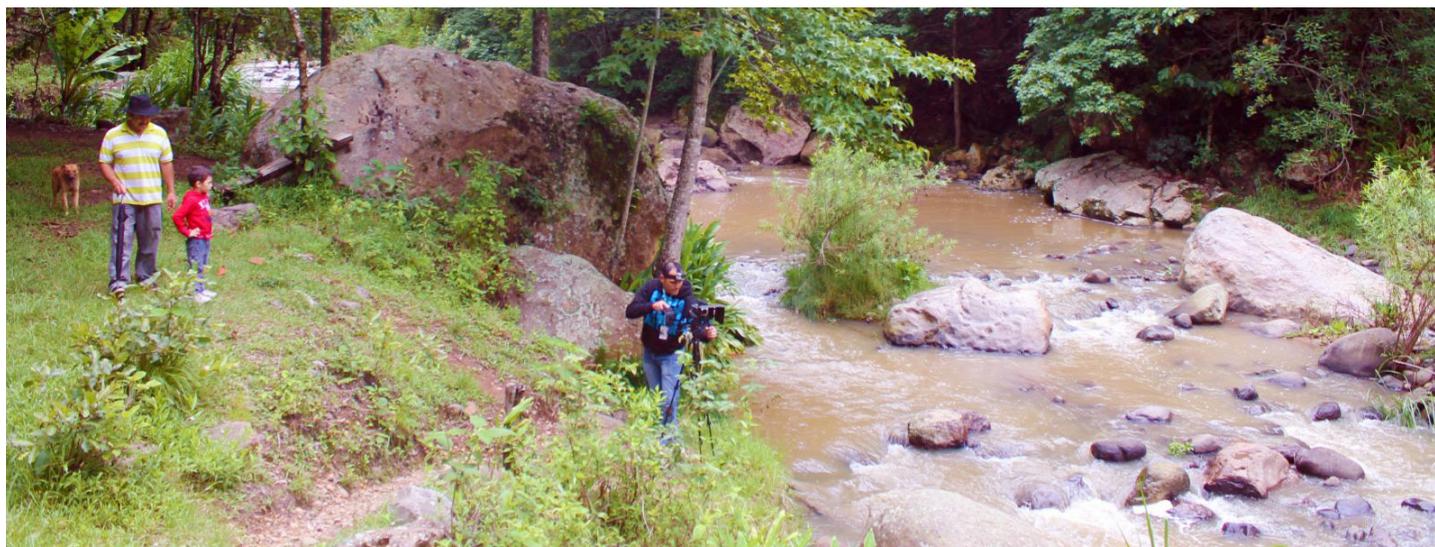
Gráfica 48. Resultados de la demanda biológica de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.



c. Monitoreo año 2018

Como se puede observar en el cuadro 50, los valores de DBO_5 se encuentran entre 6.45 y 208.2 mg/L, siendo el río Olopita 2, ubicada en Esquipulas, Guatemala, el que presenta menor concentración de DBO_5 y se encuentra dentro del límite máximo permisible (25 mg/L) junto con veinte ríos más. Mientras que el afluente Arena 2, Guatemala presenta el mayor valor de DBO_5 . El resto de los puntos monitoreados se encuentra fuera de los límites establecidos por la normativa de cada país.

En la gráfica 49 se muestran una comparación del DBO_5 en los afluentes y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.

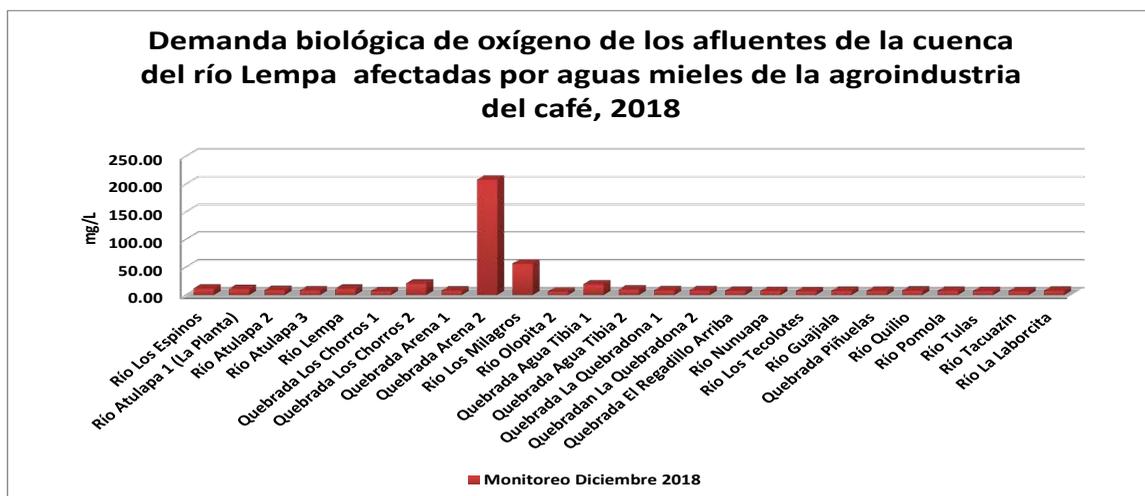


Cuadro 50. Resultados de la demanda biológica de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	DBO ₅ en mg/L	
			Monitoreo Diciembre 2018	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	12.00	
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	11.40	
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	9.30	
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	8.70	
5	Río Lempa	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	11.70	
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	7.20	
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	21.00	
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	8.40	
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	208.20	
10	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	57.00	
11	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	6.45	
12	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	19.50	
13	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	10.20	
14	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	9.00	
15	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	9.00	
16	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochán, Olopa Guatemala	7.80	
17	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	7.50	
18	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal, San Ignacio, El Salvador	7.20	
19	Río Guajiala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	7.80	
20	Quebrada Piñuelas	Aldea Piñuelas, Santa Fé, Ocotepeque Honduras	7.80	
21	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	8.40	
22	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	7.80	
23	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	7.50	
24	Río Tacuazín	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	7.20	
25	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	8.10	
			LMA	LMP
Guatemala			3	25
El Salvador			---	---
Honduras			---	---

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

Gráfica 49. Resultados de la demanda biológica de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.



6.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, y se utiliza para determinar su grado de contaminación. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 mg/L o ligeramente superiores, en cambio, las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 mg/L, y en las residuales industriales las concentraciones dependen del proceso de fabricación. En el caso de las aguas residuales, suelen tener una concentración mayor a 900 mg/L.

Por lo tanto, se puede establecer que al obtener altas concentraciones de DBO_5 , se obtendrán altas concentraciones de DQO. Estos dos indicadores son primordiales para la detección de la contaminación de los efluentes a causa de las aguas mieles de la agroindustria del café. A continuación, se detallan los monitoreos respectivos a los años comprendidos entre el 2016 y 2018.

a. Monitoreo año 2016

Como se puede observar en el cuadro 51, los valores de DQO se encuentran entre 694 y 7653 mg/L, siendo el río Atulapa 1, ubicada en Esquipulas, Guatemala, el que presenta menor concentración de DQO. Mientras que el afluente Arena 2, Guatemala presenta el mayor valor de DQO. La totalidad de los puntos monitoreados se encuentra fuera de los límites establecidos por la normativa de cada país.

Cabe mencionar, que la alta concentración de DQO presente en los afluentes de la Cuenta Alta del Río Lempa, indica una fuerte contaminación por aguas mieles, ya que durante el monitoreo en diciembre es temporada de cosecha, considerando que el caudal de los afluentes no soporta los altos contenidos de materia orgánica. En la gráfica 50 se muestran una comparación del DQO en los afluentes y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.

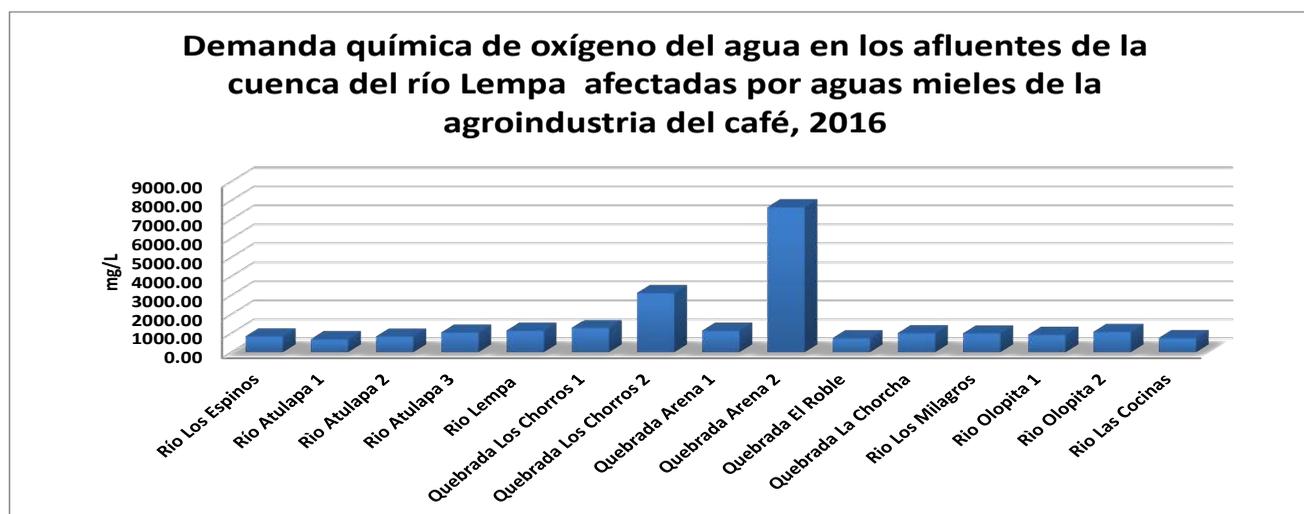


Cuadro 51. Resultados de la demanda química de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.

No.	Río	Punto de Monitoreo	DQO ₅ en mg/L	
			Monitoreo Diciembre 2016	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	842.00	
2	Río Atulapa 1	Aldea Santa Rosalía, Esquipulas, Guatemala	694.00	
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	832.00	
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	1044.00	
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	1144.00	
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	1292.00	
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	3126.00	
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	1138.00	
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	7653.00	
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala	748.00	
11	Quebrada La Chorcha	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	1012.00	
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	996.00	
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	928.00	
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	1080.00	
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala	754.00	
			LMA	LMP
Guatemala			10	40
El Salvador			---	---
Honduras			---	---

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

Gráfica 50. Resultados de la demanda química de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2016.



b. Monitoreo año 2017

Como se puede observar en el cuadro 52, los valores de DQO se encuentran entre 87 y 2680 mg/L, siendo la Quebradona 1, ubicada en Olopa, Guatemala, el que presenta menor concentración de DQO. Mientras que el afluente Arena 1, Guatemala presenta el mayor valor de DQO. La totalidad de los puntos monitoreados se encuentra fuera de los límites establecidos por la normativa de cada país.

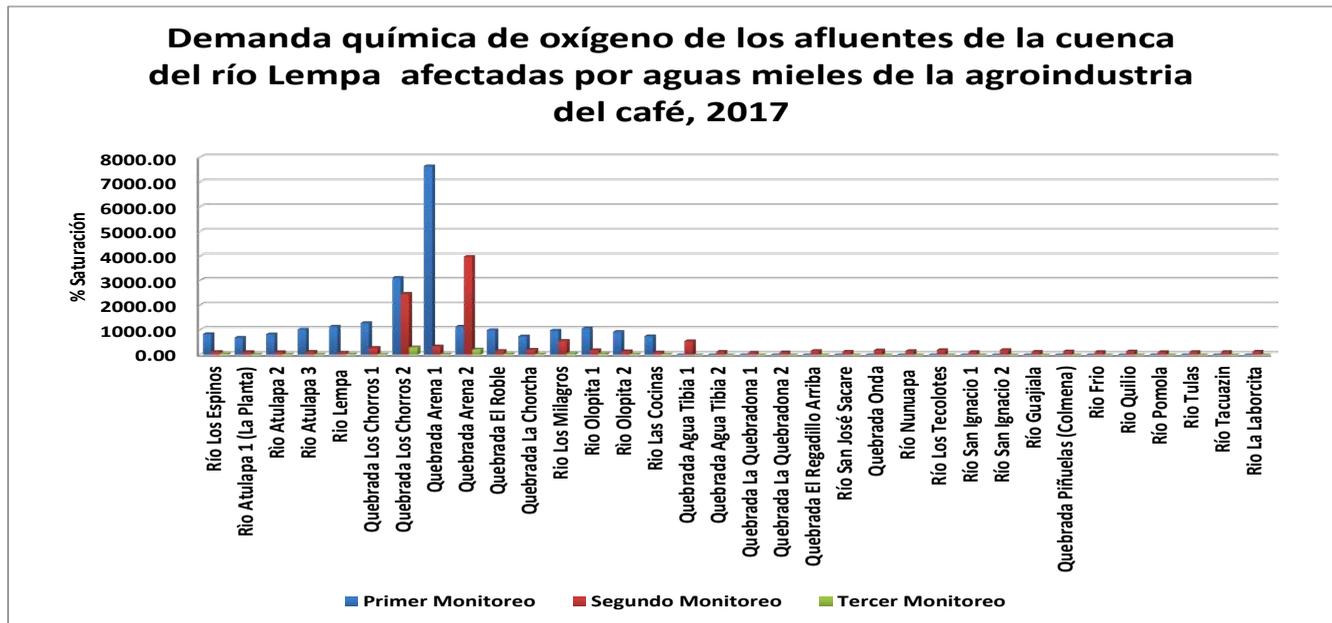
Es importante mencionar que durante el primer monitoreo en enero se presentaron los valores más altos de DQO debido la descarga de las aguas mieles sobre los cauces y por ser época seca los caudales son bajos. Sin embargo, a lo largo del año se puede observar que la DQO disminuye, indicando que la contaminación disminuyó por el aumento de los caudales en época lluviosa. En la gráfica 51 se muestran una comparación del DQO en los afluentes y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.

Cuadro 52. Resultados de la demanda química de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.

No.	Río	Punto de Monitoreo	DQO en mg/L			
			Primer Monitoreo Enero 2017	Segundo Monitoreo Febrero/Marzo 2017	Tercer Monitoreo Noviembre 2017	Promedio
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	842.00	120.00	61.30	341.10
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalía, Esquipulas, Guatemala	694.00	117.00	28.90	279.97
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	832.00	114.00	27.10	324.37
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	1044.00	123.00	23.50	396.83
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	1144.00	87.00	39.70	423.57
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	1292.00	285.00	23.50	533.50
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	3126.00	2475.02	300.70	1967.24
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	7653.00	345.00	42.40	2680.13
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	1138.00	3978.02	216.10	1777.37
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala.	1012.00	159.00	47.80	406.27
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala,	748.00	207.00	34.30	329.77
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala.	996.00	564.00	75.70	545.23
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	1080.00	189.00	66.70	445.23
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala.	928.00	147.00	40.60	371.87
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala.	754.00	96.00	24.40	291.47
16	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala,	ND	555.00	ND	555.00
17	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala.	ND	123.00	ND	123.00
18	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	87.00	ND	87.00
19	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	102.00	ND	102.00
20	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochan, Olopa, Guatemala	ND	159.00	ND	159.00
21	Río San José Sacare	Cantón San José Sacare, La Palma, El Salvador	ND	130.00	ND	130.00
22	Quebrada Onda	Caserío Quebrada Onda, La Palma, El Salvador	ND	180.00	ND	180.00
23	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	ND	150.00	ND	150.00
24	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal	ND	193.00	ND	193.00
25	Río San Ignacio 1	Caserío Pié de la Cuesta, Cantón El Pinar, San Ignacio, El Salvador	ND	120.00	ND	120.00
26	Río San Ignacio 2	San Ignacio, El Salvador	ND	195.00	ND	195.00
27	Río Guajiala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	ND	124.00	ND	124.00
28	Quebrada Piñuelas (Colmena)	Aldea Piñuelas, Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	141.60	ND	141.60
29	Río Frio	Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	120.00	ND	120.00
30	Río Quillio	Aldea Quillio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	ND	141.60	ND	141.60
31	Río Pomola	Comunidad Santa Lucia, Ocotepeque, Honduras	ND	116.40	ND	116.40
32	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	120.00	ND	120.00
33	Río Tacuazín	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	120.00	ND	120.00
34	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	128.80	ND	128.80
			LMA		LMP	
Guatemala			10		40	
El Salvador			---		---	
Honduras			---		---	

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

Gráfica 51. Resultados de la demanda química de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2017.



c. Monitoreo año 2018

Como se puede observar en el cuadro 53, los valores de DQO se encuentran entre 87 y 2680 mg/L, siendo la Quebradona 1, ubicada en Olopa, Guatemala, el que presenta menor concentración de DQO. Mientras que el afluente Arena 1, Guatemala presenta el mayor valor de DQO. La totalidad de los puntos monitoreados se encuentra fuera de los límites establecidos por la normativa de cada país.

Es importante mencionar que durante el primer monitoreo en enero se presentaron los valores más altos de DQO debido a la descarga de las aguas mieles sobre los cauces y por ser época seca los caudales son bajos. Sin embargo, a lo largo del año se puede observar que la DQO disminuye, indicando que la contaminación disminuye por el aumento de los caudales en época lluviosa. En la gráfica 52 se muestran una comparación del DQO en los afluentes y su comportamiento entre los puntos de monitoreo.

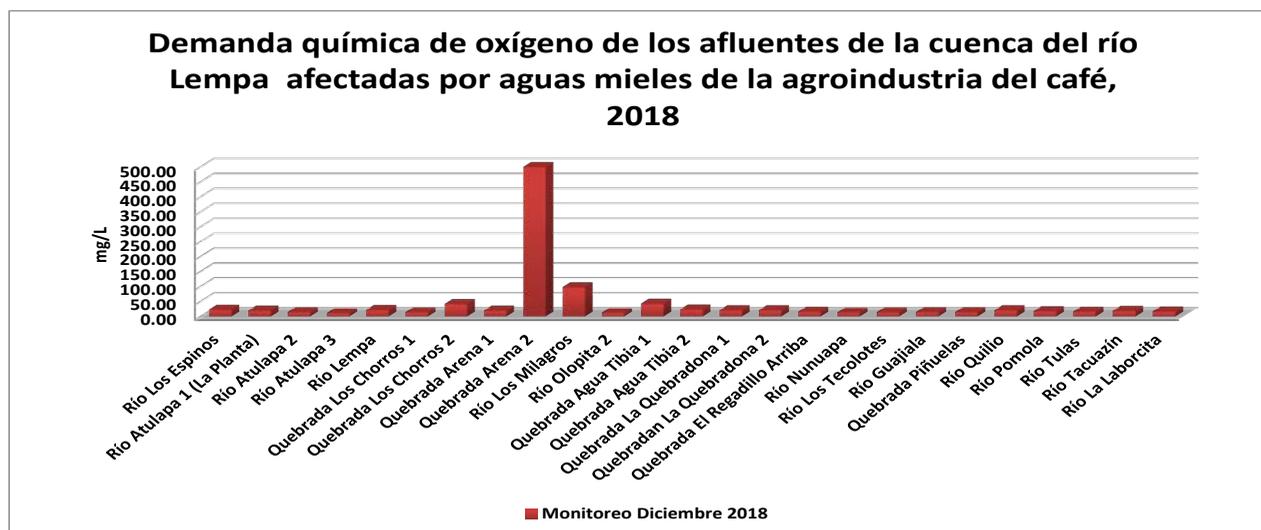


Cuadro 53. Resultados de la demanda química de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	DQO en mg/L	
			Monitoreo Diciembre-2018	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	23.00	
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	20.00	
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	15.00	
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	12.00	
5	Río Lempa	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	22.00	
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	14.50	
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	42.00	
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	20.10	
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	500.00	
10	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	98.00	
11	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	13.00	
12	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	43.00	
13	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	24.00	
14	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	21.00	
15	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	21.00	
16	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochán, Olopa Guatemala	16.00	
17	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	14.00	
18	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal, San Ignacio, El Salvador	14.50	
19	Río Guajiala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	15.00	
20	Quebrada Piñuelas	Aldea Piñuelas, Santa Fé, Ocotepeque Honduras	15.00	
21	Río Quillio	Aldea Quillio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	21.00	
22	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	18.00	
23	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	16.00	
24	Río Tacuazín	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	19.00	
25	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	17.00	
			LMA	LMP
Guatemala			10	40
El Salvador			---	---
Honduras			---	---

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

Gráfica 52. Resultados de la demanda química de oxígeno en los afluentes de la parte alta de la cuenca del Río Lempa, 2018.



6.5 Índice de biodegradabilidad

La DBO_5 y la DQO, son unos de los parámetros más importantes en la caracterización (medición del grado de contaminación) de las aguas residuales. La diferencia principal entre ambos recae en que hay más compuestos que se oxidan por vía química que por vía biológica. Es decir, la DBO_5 sólo se detecta el material orgánico degradado biológicamente o que es biodegradable, mientras que en la DQO se busca la oxidación completa de la muestra de agua, de manera que todo el material orgánico, biodegradable y no biodegradable, es químicamente oxidado. Por ello los valores de la DQO serán razonablemente más altos que los de la DBO_5 .

La relación entre ellas no es igual para diferentes tipos de agua, pero en aguas industriales del mismo tipo que se puede establecer una relación directa entre ambos parámetros DBO_5/DQO , de la cual surge el índice de biodegradabilidad, el cual, es la relación entre la capacidad química y biológica de degradación de la materia orgánica presente en el agua. Este índice puede expresarse de dos formas, una de ellas es DQO/DBO_5 en donde los rangos de valores son los siguientes:

Cuadro 54. Rangos del Índice de Biodegradabilidad del agua (DQO/DBO_5)

Índice de Biodegradabilidad (DQO/DBO_5)	
Rangos	Clasificación
1.3 - 1.4	Aguas domésticas
1.41 - 2	Aguas Urbanas
2.1 - 4	Aguas Industriales

La otra forma de expresar este índice es relacionando los valores de DBO_5 y DQO. En este caso, el índice de biodegradabilidad se relaciona directamente con la concentración de materia orgánica presente en el agua. Para establecer esta relación se utilizan los siguientes rangos:

Cuadro 55. Rangos del Índice de Biodegradabilidad del agua (DBO_5/DQO)

Índice de Biodegradabilidad (DBO_5/DQO)	
Rangos	Clasificación
> 0.80	Muy Biodegradable
0.71 - 0.8	Biodegradable
0.31 - 0.7	Poco Biodegradable
< 0.3	No Biodegradable

Para fines del estudio, se utilizarán los rangos del índice de biodegradabilidad del agua DBO_5/DQO , ya que con ello se pretende determinar si la materia orgánica que poseen los vertidos de aguas mieles en los afluentes de la Cuenta Alta del Río Lempa puede ser degradada biológicamente o no. A continuación, se detalla la biodegradabilidad resultante de los monitoreos realizados entre los años 2016 y 2018.

a. Monitoreo año 2016

De acuerdo con los resultados de la relación DQO y DBO₅ del monitoreo realizado en el año 2016, los índices varían entre 0.55 y 0.87, siendo los afluentes Arena 2 y Lempa ubicados en Guatemala, los que menor índice de biodegradabilidad presentaron. Mientras que el río Las Cocinas, presentó el valor más alto respecto al resto de los demás puntos de control. En el cuadro 56 se muestran los índices de biodegradabilidad para cada punto de control.

Cuadro 56. Rangos del Índice de Biodegradabilidad del agua (DQO/DBO₅), 2016.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Biodegradabilidad
			Monitoreo 2016
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	0.76
2	Río Atulapa 1	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	0.86
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	0.77
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	0.60
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	0.55
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	0.73
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	0.68
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	0.57
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	0.55
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala	0.79
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	0.60
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	0.67
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	0.63
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	0.58
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala	0.87

Según lo anterior, la carga de materia orgánica presente en 9 de los afluentes se clasifica como “Poco biodegradable”, esto se debe a que las aguas residuales de la agroindustria del café no cuentan con un tratamiento adecuado previo a su descarga sobre los ríos. Las aguas mieles, a pesar de ser un producto “orgánico”, necesita ser tratado física, biológica y químicamente, ya que, al ser vertidos directamente a los cuerpos hídricos sin un proceso de depuración, el alto contenido de materia orgánica de las aguas mieles entran en contacto con los compuestos inorgánicos y biológicos que se encuentran en los ríos dando paso a la descomposición en cadena de estos residuos, creando en el proceso compuestos inorgánicos no biodegradables.

Por otro lado, la carga de materia orgánica presente en el río Atulapa 1 y el río Las Cocinas, se clasifica como “Muy biodegradable”, es decir, la materia orgánica es menor o tiene las características idóneas para que los microorganismos del río puedan descomponerla. En el cuadro 57 se muestra la clasificación de los índices de biodegradabilidad para cada punto de control.

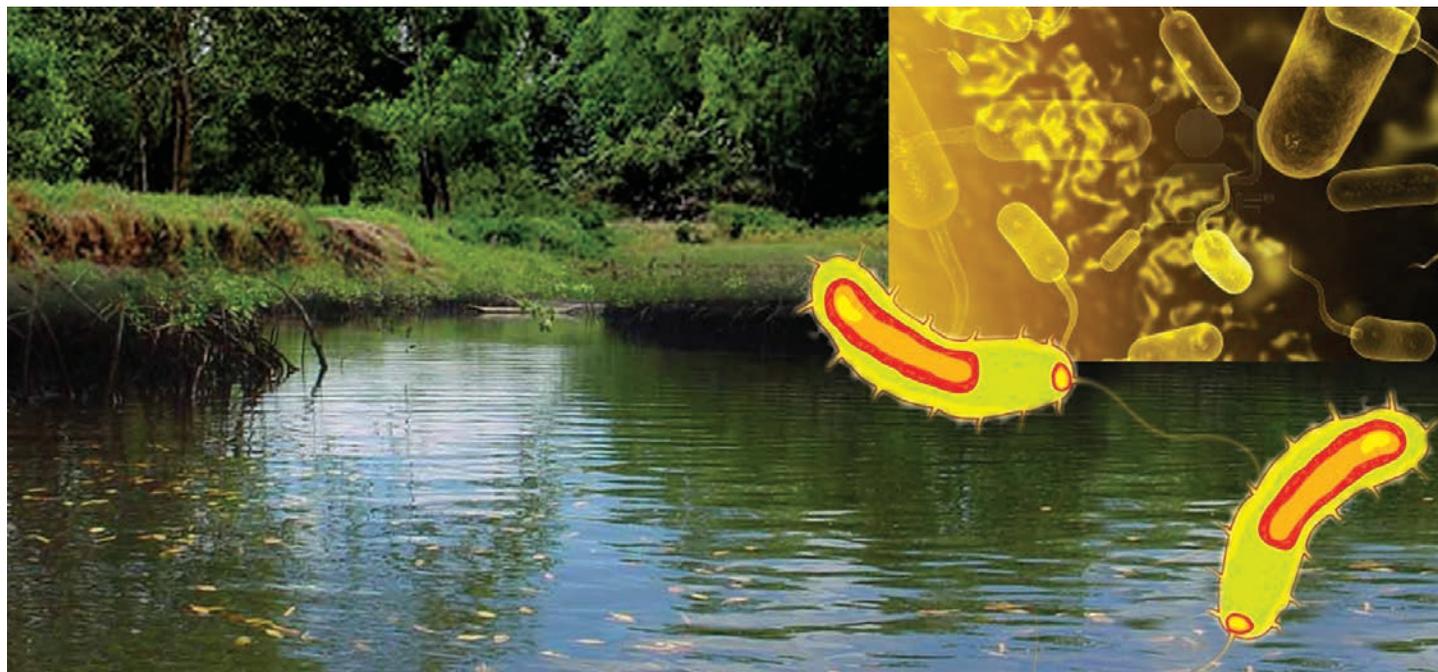
Cuadro 57. Rangos del Índice de Biodegradabilidad del agua (DBO₅/DQO), 2016.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Biodegradabilidad
			Monitoreo 2016
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	Biodegradable
2	Río Atulapa 1	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	Muy biodegradable
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	Biodegradable
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	Biodegradable
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala	Biodegradable
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala	Muy biodegradable

b. Monitoreo año 2017

De acuerdo con los resultados de la relación DQO/DBO₅ de los monitoreos realizados en el año 2017, los índices varían entre 0.25 y 0.82, siendo los afluentes Frío, Pomola, Tulas, Tacuazín, Piñuelas y Quilio, todos ubicados en Honduras, los que menor índice de biodegradabilidad presentaron. Mientras que la quebrada Onda, El Salvador, presentó el valor más alto respecto al resto de los demás puntos de control.

En el cuadro 58 se muestran los índices de biodegradabilidad para cada punto de control y su comportamiento entre cada monitoreo.



Cuadro 58. Rangos del Índice de Biodegradabilidad del agua (DQO/DBO), 2017.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Biodegradabilidad			Promedio
			Primer Monitoreo Enero - 2017	Segundo Monitoreo Febrero/Marzo - 2017	Tercer Monitoreo Noviembre- 2017	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	0.76	0.38	0.28	0.47
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	0.86	0.74	0.22	0.61
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	0.77	0.21	0.21	0.40
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	0.60	0.39	0.19	0.39
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	0.55	0.79	0.25	0.53
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	0.73	0.83	0.19	0.58
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	0.68	0.86	0.32	0.62
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	0.55	0.55	0.25	0.45
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	0.57	0.50	0.32	0.46
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala.	0.60	0.77	0.26	0.55
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala,	0.79	0.80	0.24	0.61
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala.	0.67	0.77	0.29	0.58
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	0.58	0.73	0.28	0.53
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala.	0.63	0.55	0.25	0.48
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala.	0.87	0.69	0.20	0.58
16	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala,	ND	0.69	ND	0.69
17	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala.	ND	0.51	ND	0.51
18	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	0.79	ND	0.79
19	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	0.53	ND	0.53
20	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochan, Olopa, Guatemala	ND	0.70	ND	0.70
21	Río San José Sacare	Cantón San José Sacare, La Palma, El Salvador	ND	0.76	ND	0.76
22	Quebrada Onda	Caserío Quebrada Onda, La Palma, El Salvador	ND	0.82	ND	0.82
23	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	ND	0.72	ND	0.72
24	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal	ND	0.72	ND	0.72
25	Río San Ignacio 1	Caserío Pié de la Cuesta, Cantón El Pinar, San Ignacio, El Salvador	ND	0.70	ND	0.70
26	Río San Ignacio 2	San Ignacio, El Salvador	ND	0.68	ND	0.68
27	Río Guajitala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	ND	0.73	ND	0.73
28	Quebrada Piñuelas (Colmena)	Aldea Piñuelas, Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	0.26	ND	0.26
29	Río Frio	Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	0.25	ND	0.25
30	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	ND	0.26	ND	0.26
31	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	ND	0.25	ND	0.25
32	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	0.25	ND	0.25
33	Río Tacuazin	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	0.25	ND	0.25
34	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	0.31	ND	0.31

Según lo anterior, la carga de materia orgánica presente en los ríos con menor índice de biodegradabilidad se clasifica como “No biodegradable”. Si esta condición se mantiene, los ríos sufrirán pérdida de vida acuática y no se podrán utilizar para ninguna actividad humana.

Por otro lado, la carga de materia orgánica presente en la quebrada Onda, se clasifica como “Muy biodegradable”, es decir, la materia orgánica es menor o tiene las características idóneas para que los microorganismos del río puedan descomponerla. En el cuadro 59 se muestra la clasificación de los índices de biodegradabilidad para cada punto de control.

Cuadro 59. Rangos del Índice de Biodegradabilidad del agua (DBO₅/DQO), 2017.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Biodegradabilidad			Promedio
			Primer Monitoreo Enero - 2017	Segundo Monitoreo Febrero/Marzo - 2017	Tercer Monitoreo Noviembre- 2017	
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	Biodegradable	Poco biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalía, Esquipulas, Guatemala	Muy biodegradable	Biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	Biodegradable	No biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	Poco biodegradable	Poco biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
5	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	Poco biodegradable	Biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	Biodegradable	Muy biodegradable	No biodegradable	Muy biodegradable
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	Poco biodegradable	No biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	Poco biodegradable	Poco biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	Poco biodegradable	Poco biodegradable	Poco biodegradable	Poco biodegradable
10	Quebrada El Roble	Aldea Pashapa, Esquipulas, Guatemala.	Poco biodegradable	Biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
11	Quebrada La Chorchá	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala,	Biodegradable	Biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
12	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala.	Poco biodegradable	Biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
13	Río Olopita 1	Aldea Cuevitas, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable	Biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
14	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala.	Poco biodegradable	Poco biodegradable	No biodegradable	Poco biodegradable
15	Río Las Cocinas	Aldea El Rodeo, Esquipulas, Guatemala.	ND	Poco biodegradable	ND	Poco biodegradable
16	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala,	ND	Poco biodegradable	ND	Poco biodegradable
17	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Agua Tibia, Olopa, Guatemala.	ND	Poco biodegradable	ND	Poco biodegradable
18	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	Biodegradable	ND	Biodegradable
19	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala.	ND	Poco biodegradable	ND	Poco biodegradable
20	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochan, Olopa, Guatemala	ND	Poco biodegradable	ND	Poco biodegradable
21	Río San José Sacare	Cantón San José Sacare, La Palma, El Salvador	ND	Biodegradable	ND	Biodegradable
22	Quebrada Onda	Caserío Quebrada Onda, La Palma, El Salvador	ND	Muy biodegradable	ND	Muy biodegradable
23	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	ND	Biodegradable	ND	Biodegradable
24	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal	ND	Biodegradable	ND	Biodegradable
25	Río San Ignacio 1	Caserío Pié de la Cuesta, Cantón El Pinar, San Ignacio, El Salvador	ND	Poco biodegradable	ND	Poco biodegradable
26	Río San Ignacio 2	San Ignacio, El Salvador	ND	Poco biodegradable	ND	Poco biodegradable
27	Río Guajjala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	ND	Biodegradable	ND	Biodegradable
28	Quebrada Piñuelas (Colmena)	Aldea Piñuelas, Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	No biodegradable	ND	No biodegradable
29	Río Frio	Santa Fè, Ocotepeque, Honduras	ND	No biodegradable	ND	No biodegradable
30	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	ND	No biodegradable	ND	No biodegradable
31	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	ND	No biodegradable	ND	No biodegradable
32	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	No biodegradable	ND	No biodegradable
33	Río Tacuazín	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	No biodegradable	ND	No biodegradable
34	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque, Honduras	ND	Poco biodegradable	ND	Poco biodegradable

c. Monitoreo año 2018

De acuerdo con los resultados de la relación DQO/DBO₅ de los monitoreos realizados en el año 2018, los índices varían entre 0.38 y 0.73, siendo el río Tacuazín, Honduras, el que presenta menor índice de biodegradabilidad. Mientras que río Atulapa 3, Guatemala, presentó el valor más alto respecto al resto de los demás puntos de control.

En el cuadro 60 se muestran los índices de biodegradabilidad para cada punto de control y su comportamiento entre cada monitoreo.

Cuadro 60. Rangos del Índice de Biodegradabilidad del agua (DQO/DBO), 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Biodegradabilidad
			Monitoreo Diciembre - 2018
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	0.52
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalía, Esquipulas, Guatemala	0.57
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	0.62
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	0.73
5	Río Lempa	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	0.53
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	0.50
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	0.50
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	0.42
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	0.42
10	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	0.58
11	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	0.50
12	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	0.45
13	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	0.43
14	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	0.43
15	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	0.43
16	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochán, Olopa Guatemala	0.49
17	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	0.54
18	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal, San Ignacio, El Salvador	0.50
19	Río Guajiala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	0.52
20	Quebrada Piñuelas	Aldea Piñuelas, Santa Fé, Ocotepeque Honduras	0.52
21	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	0.40
22	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	0.43
23	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	0.47
24	Río Tacuazín	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	0.38
25	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	0.48

Según lo anterior, la carga de materia orgánica presente en los ríos con menor índice de biodegradabilidad se clasifica como “Poco biodegradable”, es decir, solo una parte de la materia orgánica presente podrá ser descompuesta biológicamente, el resto se acumulará y continuará aumentando la contaminación del cauce.

Por otro lado, la carga de materia orgánica presente en el río Atulapa 3, se clasifica como “Biodegradable”, es decir, la materia orgánica es menor o tiene las características idóneas para que los microorganismos del río puedan descomponerla. En el cuadro 61 se muestra la clasificación de los índices de biodegradabilidad para cada punto de control.

Cuadro 61. Rangos del Índice de Biodegradabilidad del agua (DBO₅/DQO), 2018.

No.	Río	Punto de Monitoreo	Índice de Biodegradabilidad
			Monitoreo Diciembre - 2018
1	Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
2	Río Atulapa 1 (La Planta)	Aldea Santa Rosalia, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
3	Río Atulapa 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
4	Río Atulapa 3	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	Biodegradable
5	Río Lempa	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
6	Quebrada Los Chorros 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
7	Quebrada Los Chorros 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
8	Quebrada Arena 1	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
9	Quebrada Arena 2	Aldea Atulapa Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
10	Río Los Milagros	Aldea Bueyeros, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
11	Río Olopita 2	Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala	Poco biodegradable
12	Quebrada Agua Tibia 1	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	Poco biodegradable
13	Quebrada Agua Tibia 2	Barrio Aguatibia, Olopa, Guatemala	Poco biodegradable
14	Quebrada La Quebradona 1	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	Poco biodegradable
15	Quebrada La Quebradona 2	Casco Urbano, Olopa, Guatemala	Poco biodegradable
16	Quebrada El Regadillo Arriba	Aldea Nochán, Olopa Guatemala	Poco biodegradable
17	Río Nunuapa	Cantón El Zarsal, San Ignacio, El Salvador	Poco biodegradable
18	Río Los Tecolotes	Cantón El Granal, San Ignacio, El Salvador	Poco biodegradable
19	Río Guajiala	Las Lajitas, Ocotepeque, Honduras	Poco biodegradable
20	Quebrada Piñuelas	Aldea Piñuelas, Santa Fé, Ocotepeque Honduras	Poco biodegradable
21	Río Quilio	Aldea Quilio, Concepción, Ocotepeque, Honduras	Poco biodegradable
22	Río Pomola	Comunidad Santa Lucía, Ocotepeque, Honduras	Poco biodegradable
23	Río Tulas	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	Poco biodegradable
24	Río Tacuazín	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	Poco biodegradable
25	Río La Laborcita	Comunidad La Laborcita, Sinuapa, Ocotepeque Honduras	Poco biodegradable

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados, se pudo determinar que la Quebrada Los Chorros 2 y Quebrada Arena 2, ambos ubicados en el municipio de Esquipulas, Guatemala, presentan un potencial de hidrógeno (pH) inferior a los límites establecidos por las normas de los tres países a lo largo del período 2016-2018. Estos puntos se ven afectados directamente por la descarga de aguas mieles a causa de su proximidad al punto de descarga.
- De acuerdo con los resultados, se determinó que el 24% de los ríos bajo estudio en el período 2016-2018, presentan valores de oxígeno disuelto inferior a los límites establecidos por las normas de los tres países (4 a 8 mg/L), que varía entre 0.50 y 4.53 mg/L, lo cual indica un alto nivel de contaminación por descarga de aguas mieles y en una menor proporción por aguas residuales, y a la vez explica la razón por la cual la vida acuática en estos cuerpos de agua es escasa o nula.
- Los resultados promedio de la DBO_5 determina que el 100% de los ríos bajo estudio en el período 2016-2018, presentan valores que se encuentran fuera de los límites establecidos por las normas de los tres países (3 a 25 mg/L), siendo los meses entre diciembre y febrero en los que muestra un aumento significativo de la DBO_5 cuyos valores varían entre 28.8 y 4,176 mg/L. Esto indica que, durante la temporada de cosecha, los afluentes se ven afectados por descargas de aguas mieles de la agroindustria del café sin tratamiento sobre los cauces, causando la disminución acelerada del oxígeno y aumentando la DBO_5 , lo cual conlleva a la muerte de peces en los ríos.
- De acuerdo con los resultados, se determinó que el 100% de los ríos bajo estudio en el período 2016-2018, presentan valores de la DQO que se encuentran fuera de los límites establecidos por las normas de los tres países (10 a 40 mg/L), siendo los meses entre diciembre y febrero en los que muestra un aumento en la concentración de DQO, cuyos valores varían entre 87 y 7,653 mg/L. Esto indica la presencia de materia orgánica en los afluentes por las descargas de aguas mieles sin tratamiento sobre los cauces.
- De acuerdo con el índice de biodegradabilidad (DQO/DBO_5), se determinó que el 60% de los ríos bajo estudio en el año 2016, muestran que la carga de materia orgánica presente en los afluentes es “Poco Biodegradable”, es decir, que parte de la materia orgánica puede ser degradada por procesos biológicos naturales mientras que el resto requiere de un tratamiento especializado para su degradación. También se determinó que el 27% de los afluentes contienen materia orgánica “Biodegradable” y un 13% se clasifica como “Muy Biodegradable”.
- De acuerdo con el índice de biodegradabilidad, se determinó que el 62% de los ríos bajo estudio en el año 2017, muestran que la carga de materia orgánica presente en los afluentes es “Poco Biodegradable”; el 15% de los afluentes contienen materia orgánica “Biodegradable”, un 5% se clasifica como “Muy Biodegradable” y un 18% de los ríos se encuentra contaminada con materia orgánica “No Biodegradable”, es decir, que el volumen de materia orgánica en el río es superior a lo que puede soportar o no puede ser descompuesta biológicamente por el cuerpo de agua.

- De acuerdo con el índice de biodegradabilidad, se determinó que el 96% de los ríos bajo estudio en el año 2018, muestran que la carga de materia orgánica presente en los afluentes es “Poco Biodegradable”, es decir, que parte de la materia orgánica puede ser degradada por procesos biológicos naturales mientras que el resto se acumulará y aumentará la contaminación del cauce. También se determinó que tan solo el 4% de los afluentes contienen materia orgánica “Biodegradable”, es decir, el volumen de materia orgánica es menor y puede ser descompuesta naturalmente por los microorganismos presentes en el río.
- Como se pudo determinar, el 62% la biodegradabilidad de la materia orgánica de los afluentes de la Cuenca Alta del Río Lempa es “Poco biodegradable” lo cual no solo establece su origen de contaminación (aguas mieles de la agroindustria del café), sino que también indica que, si la situación no mejora, los ríos se verán afectados a largo plazo y gradualmente la vida acuática de estos irá desapareciendo por el grado de contaminación que se presentan en los cuerpos hídricos.

1. RECOMENDACIONES

- Impulsar políticas ambientales que permitan la gestión integral del recurso hídrico en la Cuenca Alta del Río Lempas, especialmente en el tratamiento y manejo de las aguas residuales de los centros poblados y de la agroindustria del café.
- Identificar las fuentes de contaminación por aguas residuales en los afluentes de la Cuenta Alta del Río Lempa, así como los puntos de descarga, promover la gestión integral del recurso hídrico.
- Continuar con el monitoreo de la calidad del agua superficial en la Cuenca Alta del Río Lempa, para determinar la variabilidad en la calidad del agua.
- Realizar estudios del impacto que tiene la contaminación de la Cuenta Alta del Río Lempa sobre la salud de las poblaciones más vulnerables.
- Homogenizar o nivelar los valores de referencia de los tres países, ya que al contar cada uno con sus propios valores dificultaría tomar acciones trinacionales para la protección de la Cuenca Alta del Río Lempa.

2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana Aguila, ML; Zacarías Laynes, EE. 2014. Índice de calidad de agua del río Cucabaj ubicado en el municipio de Santa Cruz del Quiché, y la influencia en los costos del tratamiento de potabilización. Artículo científico. Quiché. USAC-CUSASQ. 14 p.
- Casasola Garza, AK. 2014. Línea base de la calidad de las fuentes de agua superficiales en la finca Cascajal, ubicada en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula. Tesis Inga. GAL. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 160 p.
- Cerón Elías, VC. 2016. Línea base para la determinación de arsénico en el agua de pozo de la ciudad de Chiquimula, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala. Tesis Inga. GAL. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 101 p.
- Comisión Guatemalteca de Normas, GT. 2003. Norma guatemalteca obligatoria de agua potable. Guatemala. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Departamento de Salud de los programas de salud y ambiente. 20 p.
- CONACYT (Consejo 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.
- King Calderón, JN. 2017. Caracterización de la calidad del agua en la red hidrológica superficial de las microcuencas del río San José, río Shutaque, río Tacó y río Shusho, en jurisdicción de la cabecera municipal de Chiquimula. Tesis Inga. GAL. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 165 p.
- Monterio Murcia, V; Dalel Ramírez, Y. 2018. Análisis de variabilidad en la calidad del agua a partir del uso de índices de contaminación (ICO's) como aporte al Pomca de la cuenca del río Guayuriba. Tesis Ing. GAL. Villavicencio, Bogotá, Colombia. Universidad Santo Tomás. 122 p.
- Sandoval Roque, VA. 2014. Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas mieles a partir de las características físicas, químicas y microbiológicas en el beneficio húmedo de la finca "El Cascajal", ubicado en el municipio de Esquipulas, Chiquimula. Tesis Ing. GAL. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 149 p.
- Secretaria de Salud/OPS/Comité Técnico Nacional de Calidad de 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 departamental de Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, Chiquimula, USAC-CUNORI. 63 p.



Con el apoyo de:



El contenido de esta publicación es responsabilidad exclusiva de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa.

MANCOMUNIDAD TRINACIONAL FRONTERIZA RÍO LEMPA

E-mail. mancomunidad_rio_lempa@hotmail.com • E-mail. mancomunidadriolempa@gmail.com
Web. www.trinacionalriolempa.org • web. www.sintet.net

HONDURAS-OFICINA SEDE

Carretera Internacional a Aduana Agua Caliente,
Costado Norte de CENOC. Sinuapa, Ocotepeque,
Honduras. Tels: (504) 2653-1262 y 2653-1585

EL SALVADOR-OFICINA SUB-SEDE

Km 85 1/2 Carretera a Frontera San Cristobal,
Caserio Zacamil, Candelaria de La Frontera,
Santa Ana, El Salvador. Tel.: (503) 2402 -9103

GUATEMALA- OFICINA SUBSEDE

Aldea Nueva Esperanza, desvío de La Arenera,
Municipio de Asunción Mita, Depto. de Jutiapa,
Guatemala. Tel.: (502) 5834-9794