

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure, possibly a saint or scholar, surrounded by various symbols including a castle, a lion, and a cross. The shield is set against a background of a landscape with mountains and a river. The text "UNIVERSITAS SAN CAROLINI ACCADEMIA" is inscribed around the top half of the circle, and "CETERA SPES INTER" is at the bottom.

CALIDAD DEL AGUA EN LA RED HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DE LA
MICROCUEENCA RÍO LA CONQUISTA, MUNICIPIO DE
QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA

SABY CARMÍ DEL TRÁNSITO PAZOS CASTAÑEDA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, FEBRERO 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

CALIDAD DEL AGUA EN LA RED HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DE LA
MICROCUEENCA RÍO LA CONQUISTA, MUNICIPIO DE
QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

SABY CARMÍ DEL TRÁNSITO PAZOS CASTAÑEDA

Al conferírsele el título de

INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, FEBRERO 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Inga. Evelin Dee Dee Sumalé Arenas
Representante de Estudiantes:	P.C. Diana Laura Guzmán Moscoso
Representante de Estudiantes:	M.E.P. José Roberto Martínez Lemus
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	M. A. Marlon Alcides Valdez Velásquez

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	M.Sc. David Horacio Estrada Jerez
Secretario:	Inga. Agra. Magda Irene Medrano Guerra
Vocal:	M.Sc. José Ramiro García Álvarez

TERNA EVALUADORA

Licda. Vilma Leticia Ramos López
Lic. Abner Mardoqueo Rodas Arzet
M. Sc. Dayryn Estefany Girón y Girón

Chiquimula, febrero de 2019

Señores:
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Ciudad de Chiquimula

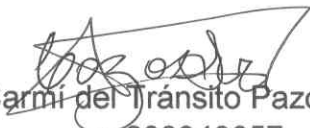
Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **"CALIDAD DEL AGUA EN LA RED HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA RÍO LA CONQUISTA, MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA"** como requisito previo a optar el título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios de aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Saby Carmi del Tránsito Pazos Castañeda.
200940857



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL



Chiquimula, 05 de noviembre de 2018.

Ing. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

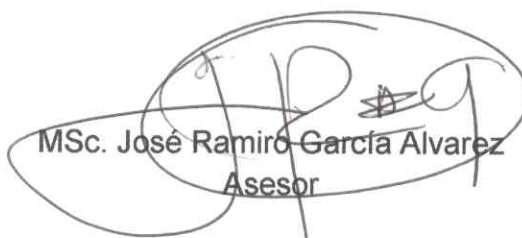
Respetable Ingeniero Coy:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación de la Carrera de Gestión Ambiental Local, para asesorar a la estudiante **SABY CARMÍ DEL TRÁNSITO PAZOS CASTAÑEDA** en el trabajo de investigación denominado **“CALIDAD DEL AGUA EN LA RED HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA RIO LA CONQUISTA, MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA”**, tenemos el agrado de dirigirnos a usted, para informarle que hemos procedido a asesorar y orientar a la sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En nuestra opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomendamos la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciada.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


MSc. José Ramiro García Álvarez
Asesor

cc. Archivo

D-TG-AT-013/2019

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **SABY CARMÍ DEL TRÁNSITO PAZOS CASTAÑEDA** titulado “**CALIDAD DEL AGUA EN LA RED HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA RÍO LA CONQUISTA, MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA**”, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Gestión Ambiental Local. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a quince de febrero de dos mil diecinueve.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI – USAC



ACTO QUE DEDICO

A Dios

Por ser el dador de mi vida, por las bendiciones que día a día recibo de Él, por su misericordia, sabiduría, amor y fuerza para alcanzar las metas propuestas en mi vida.

A mis padres:

Manuel Salvador Pazos Duarte y Leticia Adelaida Castañeda Molina, por su inmenso amor, por su inigualable formación, por la fuerza, el apoyo y consejos que con gran paciencia y amor me han brindado hasta este día, recuerden que si hoy puedo volar es porque ustedes pintaron mis alas, los amo.

A mi hijo y esposo

Jeziel Emmanuel López Pazos y Emmanuel Antonio López Pérez, a ti hijo por ser el motor de amor que me impulsa a ser un buen ejemplo para ti, por llenar mi vida de alegría y buenos momentos, a mi esposo por el amor, apoyo, paciencia, los amo.

A mis sobrinas

Irene Montserrat y Ángela Mariandré, por llenar de alegría mi vida y recordarme los momentos de infancia, mi Ángel, las amo.

A mi hermana

Irene Abigail por protegerme, enseñarme a ser fuerte en los momentos difíciles y apoyarme cuando te necesito, el triunfo es de ambas.

A mis abuelos

José León Pazos Portillo (QEPD), Sebastiana del Tránsito Duarte Garza (QEPD), Donell Castañeda Morgan (QEPD) y con especial cariño a Amanda Rogelia Molina Mancilla, por ser fuente inagotable de amor.

A mi tío

Donell Florencio Castañeda Molina, por su cariñosa instrucción durante mi infancia, y ser un buen ejemplo, un abrazo al cielo.

A mis primos

Por compartir conmigo momentos felices, con cariño especial a Donell Castañeda López por el apoyo en mi instrucción y darme un buen ejemplo.

A mis tíos y tías

Por sus consejos y cariño para mi persona.

A mis compañeros

Por los buenos momentos vividos durante los años de estudio, lo cual permitieron que el estudio fuera placentero.

A CUNORI

Por darme la oportunidad de superarme y abrir las puertas para ser una mejor ciudadana.

.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, -CUNORI- Por brindarme enseñanza y darme la oportunidad de ser una profesional para el servicio de mi país Guatemala.

A mi asesor MSc. José Ramiro García Álvarez, por la paciencia, apoyo y dedicación durante mi proceso de formación académica y trabajo de graduación, Dios lo bendiga.

A mis catedráticos Por la enseñanza brindada, en los años de estudio, con cariño.

A todos Que fueron parte del desarrollo de mi etapa profesional aportando ideas y conocimientos, con mucho cariño.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
1 INTRODUCCIÓN	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3 JUSTIFICACIÓN	5
4 OBJETIVOS	7
4.1 Objetivo general	7
4.2 Objetivos específicos	7
5 MARCO TEÓRICO	8
5.1 Recurso hídrico	8
5.2 Contaminación del agua	8
5.3 Fuentes de contaminación	10
5.4 Calidad del agua	14
5.5 Índice de Calidad de Agua (ICA)	16
5.6 Características del agua	18
5.7 Usos del Agua	23
6 MARCO REFERENCIAL	25
6.1 Municipio de Quezaltepeque	25
6.2 Localización del área de estudio	25
6.3 Geología, fisiología, orografía	25
6.4 Clasificación climática	26
6.5 Temperatura	26
6.6 Suelos	27
6.7 Vertientes, cuencas y microcuenca	27

6.8	Zonas de vida	27
6.9	Contaminación de fuentes de agua	28
6.10	Investigaciones relacionadas con el tema	28
7	MARCO METODOLÓGICO	30
7.1	Determinación del área de estudio	30
7.2	Establecimiento de los puntos de monitoreo	31
7.3	Período de control	32
7.4	Técnica de recolección de datos y muestreo	32
7.5	Estimación del Índice de Calidad de Agua (ICA)	32
7.6	Lineamientos de manejo del recurso hídrico en la microcuenca del río La Conquista	40
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
8.1	Puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca La Conquista	41
8.2	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados	42
8.3	Índice de Calidad de Agua –ICA- de la red hidrológica superficial del río la Conquista y Tutunico de la microcuenca La Conquista	64
8.4	Calidad de agua de la red hidrológica superficial del río la Conquista y Tutunico de la microcuenca La Conquista	68
8.5	Propuesta de los lineamientos para el manejo integral del recurso hídrico de la microcuenca La Conquista	73
9	CONCLUSIONES	76
10	RECOMENDACIONES	78
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
12	ANEXOS	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pág.
1	Clasificación del “ICA” Propuesto por Brown	17
2	Peso relativo para cada parámetro del –ICA-	34
3	Solubilidad de oxígeno en agua dulce	36
4	Cálculo del Índice de Calidad de Agua	36
5	Clasificación de la “ICA” propuesta por Brown (1970)	37
6	Puntos de control establecidos en la microcuenca La Conquista, Quezaltepeque	42
7	Valores promedio de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados en la corriente superficial de la microcuenca La Conquista	43
8	pH del agua en los puntos de control establecidos sobre la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	44
9	Coliformes fecales del agua en los puntos de control establecidos sobre la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	46
10	Demanda Biológica de Oxígeno del agua en los puntos de control sobre la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	48
11	Condiciones de agua con presencia de nitratos	50
12	Nitratos presentes en el agua en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	51
13	Niveles de fosfatos del agua en los puntos de control la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	53
14	Temperatura del agua en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	55

15	Turbidez en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	57
16	Concentración de sólidos disueltos totales en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	59
17	Niveles de oxígeno disuelto en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	61
18	Porcentaje de saturación de oxígeno en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	63
19	Índice de Calidad de Agua –ICA- de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	65
20	Calidad de agua general de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	68
21	Calidad del agua según los criterios generales de uso en la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico	71
22	Criterios generales de usos según el Índice de Calidad de Agua –ICA-	73

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Contenido	Pág.
1	pH promedio del agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control	45
2	Coliformes fecales promedios del agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control	47
3	Demanda biológica de oxígeno promedio del agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control.	49
4	Valores promedio de nitratos en el agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control.	52
5	Valores promedio de fosfatos en el agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control.	54
6	Promedio de temperatura en el agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control.	56
7	Turbidez del agua en el río La Conquista y Tutunico en los puntos de control	58
8	Concentración promedio de sólidos disueltos totales en el río La Conquista y Tutunico en los puntos de control	60
9	Niveles promedio de oxígeno disuelto en el río La Conquista y Tutunico en los puntos de control.	62
10	Promedio de porcentaje de saturación de oxígeno en el río La Conquista y Tutunico en los puntos de control	64
11	Índice de calidad de agua y calidad de agua, en el primer monitoreo del río La Conquista y Tutunico	66
12	Índice de calidad de agua y calidad de agua, en el segundo monitoreo del río La Conquista y Tutunico	67
13	Índice de calidad de agua y calidad de agua, en el tercer monitoreo del río La Conquista y Tutunico	67
14	Calidad del agua general en cada punto de control establecido	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pág.
1	Mapa de la microcuenca La Conquista	30
2	Establecimiento de los 11 puntos de control en la red hidrológica superficial de la microcuenca La Conquista	31
3	Valoración de la calidad de agua en función de coliformes fecales	37
4	Valoración de la calidad de agua en función de pH	37
5	Valoración de la calidad de agua en función de la DBO ₅	38
6	Valoración de la calidad de agua en función del nitrato	38
7	Valoración de la calidad de agua en función del fósforo	38
8	Valoración de la calidad de agua en función de la temperatura	38
9	Valoración de la calidad de agua en función de la turbidez	39
10	Valoración de la calidad de agua en función de sólidos disueltos totales	39
11	Valoración de la calidad de agua en función del % de saturación	39
12	Calidad de Agua General en la corriente superficial de la microcuenca La Conquista	70

RESUMEN

El recurso hídrico es el elemento natural más abundante en el planeta, favorece el desempeño de actividades sociales, ambientales y económicas para el desarrollo de la vida; la presión sobre el agua ha alterado la calidad de la misma perjudicando el ciclo natural de todo ser vivo. La contaminación del recurso hídrico y deterioro en la calidad de agua es provocada de forma natural y humana, teniendo mayor influencia la contaminación provocada por las actividades humanas.

Determinar el índice de calidad de agua y calidad de agua en redes hidrológicas superficiales mediante la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos permite identificar si el agua es apta para consumo humano u otras actividades que dependen de ella, planteando lineamientos que permitan una mejora significativa para el recurso hídrico.

En el valle de Quezaltepeque se delimita la microcuenca del río la Conquista, siendo sus tributarios el río La Conquista y río Tutunico, principales fuentes hídricas que benefician actividades antropogénicas del municipio, estos ríos son afluentes del río Shutaque perteneciente a la cuenca del río Grande de Zacapa.

Con el objetivo de medir la contaminación del recurso hídrico se ha establecido el Índice de Calidad de Agua –ICA- propuesto por Brown, donde se analizan nueve parámetros (pH, Coliformes fecales, demanda biológica de oxígeno, nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto en % de saturación) obtenidos de redes hidrológicas superficiales en periodos de tiempo de tres meses, analizando parámetros en laboratorio y en campo, transportando las muestras de agua hacia laboratorios ambientales. Con el ICA obtenemos un valor cuantitativo que nos refleja la calidad de agua en rangos de 90-100 Excelente, 70-90 Buena, 50-70 Regular, 25-50 Mala, 0-25 Pésima.

La red hidrológica superficial del río La Conquista y río Tutunico se encuentran influenciadas por actividades humanas (productivas) que alteran la calidad de agua, de acuerdo a la presente investigación, analizando los nueve parámetros se determinó presencia de coliformes fecales en las dos redes hidrológica superficiales, también valores que sobrepasan al Límite Máximo Permisible en fosfatos implicando presencia de detergentes y excretas, limitando su uso.

Durante los monitoreos realizados en los meses de abril, julio y octubre del año 2017, la calidad de agua en la red hidrológica superficial del río La Conquista en cinco de los seis puntos de control establecidos la calidad de agua es “Buena” y con base a los criterios generales de uso es apta para: agua potable aplicando cloro para purificarla, agricultura, pesca y vida acuática, industria y recreación, mientras que en la red hidrológica superficial del río Tutunico en cuatro de los cinco puntos de control la calidad de agua es “Regular” y con base a los criterios generales de uso es apta para: agua potable (se necesita tratamiento potabilizado necesario), agrícola, pesca y vida acuática, industrial, recreativo; denotando que el río Tutunico se encuentra mayor contaminado, por lo que se hace necesario realizar monitoreos de calidad de agua cada dos a cuatro años, como también identificar puntos de descarga a las redes hidrológicas.

INTRODUCCIÓN

El agua en la naturaleza se encuentra en diversos estados e influenciada según el ambiente que le rodea, la cual de manera natural o por intervención humana puede contaminarse alterando sus propiedades y provocando daños para los fines a que se destina; la contaminación del agua tiene diversas fuentes comúnmente de origen antrópico como la sobre utilización de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, la carga de contaminantes provenientes de la industria (metales pesados, compuestos orgánicos persistentes) y de los grandes núcleos urbanos (aguas residuales sin tratamiento), que genera consecuencias negativas para la salud humana, los ecosistemas, la biodiversidad acuática y la sobre explotación de los acuíferos.

Para el municipio de Quezaltepeque la microcuenca del río La Conquista genera importancia, puesto que abastece del vital recurso hídrico a hogares del casco urbano, así como, aldeas y caseríos ubicados dentro de la misma, por ello la presente propuesta de investigación posee como objetivo determinar la calidad de agua de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río La Conquista del municipio de Quezaltepeque, con el propósito de proponer lineamientos para la gestión integral del recurso hídrico.

La investigación se desarrolló en la red superficial de la microcuenca del río La Conquista, del municipio de Quezaltepeque, Chiquimula, estableciendo 11 puntos de control sobre la red hídrica. La recolección de muestras se realizó en un período de 6 meses. Cada tres meses de abril a octubre del año 2017, donde se determinaron parámetros físicos-químicos y microbiológicos; analizando nueve parámetros a nivel de campo y laboratorio, los cuales son: pH, coliformes fecales, demanda biológica de oxígeno, nitratos, fosfatos, temperatura, sólidos disueltos totales, turbidez y oxígeno disuelto.

El Índice de Calidad de Agua General –ICA- se establece con la sumatoria total de los nueve parámetros antes mencionados, este índice establece calidad de agua en un rango de: 90-100 excelente, 70-90 buena, 50-70 regular, 25-50 mala y 0-25 pésima; la

red hidrológica superficial de la microcuenca río La Conquista, en el afluente río La Conquista posee de los 6 puntos de control establecidos 5 puntos con calidad de agua “Buena” mientras que un único punto está en calidad de agua “Regular”, mientras que en la red hidrológica superficial del río Tutunico presenta de los 5 puntos de control establecidos, cuatro con calidad de agua “Regular” y un único punto con calidad de agua “Buena”, esto refleja que la red hidrológica del río Tutunico se encuentra más contaminada que el río La Conquista.

Se plantearon propuestas para la mejora de la Gestión Integral del recurso Hídrico de la microcuenca río La Conquista, estas basadas en los resultados obtenidos del Índice de Calidad de Agua –ICA- se espera que las propuestas sean de beneficio para la población del municipio de Quezaltepeque.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según (ONU, 2002-2003) aunque el agua es el elemento más frecuente en la Tierra, únicamente 2,53% del total es agua dulce y el resto es agua salada, la reducción del agua disponible ya sea en la cantidad, en la calidad, o en ambas, provoca efectos negativos graves sobre los ecosistemas. Los daños ambientales originan un incremento de los desastres naturales, pues las inundaciones aumentan, es allí donde la deforestación y la erosión del suelo impiden la neutralización natural de los efectos del agua.

Guatemala posee 38 ríos principales, distribuidos en tres vertientes hidrográficas: la del Pacífico, con 18 ríos; la del Atlántico con 10, y la del Golfo de México, con 10; al 2009, al menos 14 ríos principales y cuatro lagos presentaron altos porcentajes de contaminantes físicos, materia orgánica, microorganismos, contaminantes tóxicos y materiales cancerígenos, lo que implica riesgos importantes por usar esas aguas para consumo humano y riego (MARN, URL-IARNA, & PNUMA 2009).

Se sabe que gran parte de la contaminación de los cuerpos acuíferos en el país proviene de las aguas residuales de los centros urbanos, las cuales son vertidas en los cauces de los ríos, por lo general, sin ningún tipo de tratamiento (IARNA-URL & IIA 2006). Este tipo de descargas son ricas en nutrientes, bacterias y patógenos, lo que favorece el aumento con factores de riesgo para la salud humana. Sin embargo, ha existido una reducción de enfermedades de origen hídrico del año 2005 al año 2010.

El departamento de Chiquimula cuenta con aproximadamente 16 ríos importantes que forman parte de cuatro cuencas, la del Río Grande de Zacapa y la del Motagua las cuales pertenecen a las vertientes del Atlántico, la cuenca del Río Olopa y Río Ostúa que drenan a la vertiente del Pacífico, el potencial del recurso hídrico superficial es alto en cuanto a la cantidad, pero no en cuanto a la calidad.

En mayor cantidad el agua en el departamento de Chiquimula es utilizada para consumo humano y riego, los impactos ambientales que generan la contaminación del agua se diferencian de acuerdo al tipo de contaminante, esto directamente relacionados con el incremento de enfermedades gastrointestinales, epidemias e incluso intoxicaciones, en el área se encuentran diversas fuentes de contaminación para el recurso hídrico, las más significantes son: desechos sólidos depositados en botaderos a cielo abierto, aguas residuales domésticas vertidas sin tratamiento a quebradas y cuerpos de agua, beneficiado de café que genera aguas mieles y pulpa y el inadecuado sistema de disposición de excretas.

El municipio de Quezaltepeque posee un potencial hídrico alto competente para abastecer del vital líquido a los pobladores del casco urbano como también del área rural, la microcuenca del río La Conquista es la principal fuente de abastecimiento en el municipio, sin embargo, se desconoce la calidad del agua superficial; por lo que, el conocimiento sobre la calidad del agua es de vital importancia para proponer acciones encaminadas a evitar su deterioro y mejora de su condición, que permita el uso sostenible de este importante recurso.

3. JUSTIFICACIÓN

El recurso hídrico es un bien, objeto de uso y de aprovechamiento, necesario para todas las actividades de la vida humana y para la conservación del medio ambiente en general, por lo cual debe tener un manejo integrado y coordinado (Fernández 2008).

La red hidrológica superficial del municipio de Quezaltepeque se encuentra distribuida de noreste a sur-este por el río la Conquista (que nace a 4 kilómetros de la población en el lugar llamado Azacualpa del cerro (Laguis) de noreste a sur corre el río Tutunico, que recibe por su margen izquierdo la quebrada “La Tigra”, el río Santa Cruz está formado por los ríos Lucía Sazo y Padre Miguel, que recorre el municipio de sur a poniente, estos tres ríos al unirse forman el río que más adelante se llama Río Grande, al cual se le une el río San Nicolás, que nace con el nombre de “La Palmilla” (Quijada 2008).

La microcuenca del río La Conquista del municipio de Quezaltepeque, abastece a la mayoría de hogares y habitantes de los diferentes centros poblados que conforman el municipio; utilizan dos de los nacimientos de agua más importantes; nacimiento denominado La Conquista que abastece al casco urbano, y el de Las Cebollas que se convierte en el río Tutunico que abastece algunas comunidades, el agua de estos nacimientos se utiliza cotidianamente en actividades para el desarrollo económico generado en términos de producción de alimentos, producción pecuaria, agua potable, empleo y recreación entre otros.

La contaminación del recurso hídrico que se genera mediante las diversas actividades de origen antropogénico, sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca del río La Conquista provoca que ésta no esté disponible para diferentes usos.

Cabe resaltar que por el beneficio de abastecimiento de recurso hídrico de la microcuenca del río La Conquista al municipio de Quezaltepeque, se torna necesario realizar el trabajo de investigación sobre la calidad del agua en la red hidrológica superficial de la microcuenca antes mencionada, al obtener información sobre la calidad del agua se deberá proponer lineamientos para la mejora a la gestión integral del recurso hídrico.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar la calidad del agua de la red hidrológica superficial de la microcuenca río La Conquista del municipio de Quezaltepeque, para proponer lineamientos que permitan la gestión integral del recurso hídrico.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río La Conquista.
- Determinar el Índice de Calidad de Agua general –ICA- de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río La Conquista.
- Proponer lineamientos para la gestión integral de recurso hídrico en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río La Conquista del municipio de Quezaltepeque.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Recurso hídrico

(ONU-WWAP 2006)

El agua como fuente de vida y en el desempeño de sus funciones sociales, ambientales, económicas y culturales, condiciona el desarrollo de una región, nación o continente.

En todo el mundo, la actividad humana y los factores naturales están agotando los recursos hídricos disponibles. Aunque en la última década la sociedad se ha ido concienciando de la necesidad de mejorar la gestión y la protección del agua, los criterios económicos y los factores políticos todavía tienden a dirigir todos los ámbitos de la política del agua. La ciencia y las mejores prácticas a menudo no reciben la atención adecuada.

La presión sobre los recursos hídricos está aumentando, principalmente como resultado de actividades humanas tales como la urbanización, el crecimiento demográfico, la elevación del nivel de vida, la creciente competencia por el agua y la contaminación, cuyas consecuencias se ven agravadas por el cambio climático y las variaciones en las condiciones naturales.

No obstante, se han realizado ciertos progresos. Cada vez más, las autoridades evalúan al mismo tiempo la cantidad y la calidad del agua, y coordinan esfuerzos de gestión a escala internacional.

5.2 Contaminación del agua

(MARN-USAC 2009)

En la naturaleza, el agua se presenta siempre mezclada con otros elementos, que pueden ser gases, sales o minerales, bacterias, etc. La mezcla de estos elementos se facilita debido al estado líquido del agua y a su alta solubilidad.

En otras palabras, el agua que fluye en las redes hidrológicas y la que se capta para consumo humano u otros usos no es agua químicamente pura, viene generalmente mezclada con algunos elementos; pero cuando ésta contiene sustancias que de alguna manera perjudican la salud humana y la de otros seres vivos, se dice que el agua está contaminada

La contaminación del agua puede dividirse según la naturaleza de la fuente contaminante en: natural, humana, química y microbiológica.

5.2.1 Contaminación natural

Es el tipo de contaminación que no es generada por humanos. El agua está contaminada por procesos naturales como la disolución de elementos químicos de piedras, por ejemplo, cuando el agua fluye por una formación geológica, así como la contaminación con diferentes sales y elementos químicos por erupciones volcánicas, con materiales orgánicos y componentes del suelo (arena, arcilla, etc.) producidos por las lluvias torrenciales o depositados directamente por los vientos (MARN-USAC 2009)

5.2.2 Contaminación humana

Es el tipo de contaminación ocasionada por el ser humano. A medida que aumentó el número de asentamientos, ubicados convenientemente en las cercanías de manantiales, ríos y lagos que les proveyera de agua para beber y para otros usos como higiene personal, irrigación de cultivos (MARN-USAC 2009).

En un principio, los contaminantes provenían de los desechos de alimentos y de excretas generadas por el hombre y los animales que domesticaba, pero con el paso de los años, llegó el crecimiento poblacional también la revolución industrial que ha beneficiado para que la humanidad satisfaga sus necesidades de manera más simple (MARN-USAC 2009).

5.2.3 Contaminación química

Se define como gran variedad de productos químicos, como metales pesados, disolventes, pesticidas, herbicidas, productos industriales, detergentes, aceites y combustibles que se pueden acumular en el agua (Calvo-Flores s.f.)

El exceso provoca excesivo crecimiento de algas que aumenta el consumo de oxígeno y la muerte de especies vegetales y animales que a su vez se convierten en sustancias biodegradables (Calvo-Flores s.f.)

5.2.4 Contaminación microbiológica

Gran cantidad de microorganismos patógenos (bacterias, virus y protozoos) pueden contaminar el agua (Calvo-Flores s.f.)

5.3 Fuentes de contaminación

Entre las principales fuentes de contaminación del agua se encuentran:

5.3.1 Desechos sólidos provenientes de las actividades domésticas

Desecho se define como “lo que queda después de escoger lo más útil”, sólido se define como “cuerpo cuyas moléculas no se desplazan libremente, teniendo entre sí mayor cohesión que la de los líquidos”, los desechos sólidos se definen como “todos aquellos cuerpos firmes no útiles después de una actividad o proceso humano”.

La mayor parte de las actividades humanas generan desechos, pero no todos son sólidos. Existen dos grandes fuentes de desechos sólidos determinados por las actividades humanas: las actividades de producción y de consumo; en las actividades de producción se establecen las industrias mientras que en las de consumo, la mayor parte de generación de desechos se da en centros poblados (MARN-USAC 2009)

5.3.2 Aguas residuales procedentes de la actividad humana

La red hidrológica superficial de cuerpos de agua es contaminada por las aguas de alcantarillado de los asentamientos urbanos, los cuales en su mayoría son vertidos directamente a las fuentes hídricas más cercanas sin tratamiento alguno.

Las aguas de desperdicio doméstico o aguas servidas contienen: alimentos, grasas, espuma de jabones (detergentes), químicos como lejías, colorantes, sales minerales, materiales orgánicos, etc. Los detergentes, en polvo o líquidos, contienen fosfatos y otras sustancias que estimulan el crecimiento de plantas acuáticas, dando así lugar al fenómeno llamado eutrofización. (MARN-USAC 2009)

5.3.3 Aguas mieles

El café, a diferencia de otros productos agrícolas, debe ser transformado para su comercialización. La fruta recolectada se procesa por vía seca o húmeda para obtener el grano en “oro” o en “pergamino”. Muchos de los cafetaleros de la zona procesan el café por vía húmeda, lo cual tiene su costo social y ambiental. El procesamiento húmedo requiere de mucha agua, en un primer momento para lavar el café y posteriormente para lavarlo. En la mayoría de ocasiones, el recurso hídrico se obtiene de las fuentes superficiales que sirven de suministro a la población; y en el periodo de cosecha, muchos pobladores enfrentan la contaminación y olor desagradable del proceso, aunque el problema más grave se concentra en el de salubridad pública. La mayoría de beneficios, sin tratamiento previo, derraman las mieles del café, contaminando el agua para el consumo (Montero y Sandí 2009)

5.3.4 Eutrofización

Su significado es sobrealimentación, es un proceso que se da en etapas, el proceso tiene como causa la presencia de grandes cantidades de desechos orgánicos y de productos que contienen elementos nutrientes, como son los fosfatos y los nitrógenos. La presencia de estas sustancias favorece el crecimiento de algunas plantas marinas, especialmente las algas. Las algas, debido a su desarrollo y multiplicación, cubren la superficie del agua impidiendo que la luz del sol llegue a las capas de abajo del espejo del agua; esto ocasiona la muerte de plantas de esta área, que es la zona béntica. Cuando las algas de la superficie entran en su proceso de descomposición, las bacterias se multiplican en tal forma que reducen notablemente el oxígeno del agua ocasionando la asfixia y muerte de los peces.

Las plantas, sin embargo, continúan multiplicándose y pudriéndose, así con el tiempo, el agua estancada comienza a oler mal y a quedarse sin peces y otras especies. Todo esto ocasiona que el ecosistema acuático sufra enormes modificaciones, así la Eutrofización es un proceso que altera el ecosistema acuático y que tiene como causa la presencia de exceso de nutrientes dentro de dicho sistema. (MARN-USAC 2009)

5.3.5 Productos químicos provenientes de la agricultura (plaguicida, fertilizante)

Debido al crecimiento demográfico, hay necesidad de producir cada día una mayor cantidad de alimentos, para impedir que las plagas y enfermedades de las plantas y animales disminuyan o acaben con la producción agropecuaria, los agricultores han recurrido al uso de pesticidas, fertilizantes, herbicidas, entre otros. Las cuales contienen nitratos, fosfatos, cobre y muchos químicos más, para aumentar la producción. La presencia de nitratos y fosfatos promueve el fenómeno de tubificación. Los pesticidas son sustancias químicas, utilizadas para combatir las diferentes pestes que atacan a los animales y a las plantas. Los fertilizantes inorgánicos son utilizados para enriquecer los suelos empobrecidos, los herbicidas son quemantes o aceleradores del desarrollo de la planta.

Son productos venenosos. El agua que se utiliza para la agricultura se mezcla con estas sustancias y sus excesos son transportados por las escorrentías hacia los cuerpos de agua o descienden al subsuelo y contaminan el agua subterránea. Por eso, en muchas zonas agrícolas el agua de los pozos ya no es potable. (MARN-USAC 2009)

5.3.6 Aguas residuales de origen industrias – generación de sustancias químicas

(MARN-USAC 2009)

La contaminación industrial: está generada por residuos sólidos, líquidos y gaseosos, que no han tenido un tratamiento adecuado para disminuir las sustancias dañinas que las fábricas vierten al ambiente. Las fábricas y las industrias son importantes

para el desarrollo del país, sin embargo, muchas de ellas están instaladas en lugares no adecuados o funcionan sin las medidas apropiadas para eliminar sus desechos.

La industria usa menos agua que la agricultura, pero la contamina mucho más, la que se emplea en las fábricas arrastra consigo, en algunos casos, cianuros, fenoles, plomos, cobre, mercurio y zinc, todas ellas sustancias venenosas. Se estima que en los ríos del mundo se vierten más de tres millones de toneladas de mercurio al año.

Las aguas provenientes de las fábricas son conectadas a los drenajes lo cual ocasiona la muerte de las bacterias que son importantes para el proceso de tratamiento de residuos.

El agua contaminada por las fábricas se vierte a las redes hidrológicas superficiales, las cuales son tomadas por los organismos vivientes que se van concentrando en estos, conforme dichas sustancias son absorbidas han ocasionado una bioacumulación en mariscos tal es el caso que se han llegado a prohibir el consumo de estos por el riesgo.

5.3.7 Erosión del suelo

La erosión es el desgaste de los suelos ocasionados por fenómenos naturales, la pérdida de los suelos es generalmente ocasionados por el hombre al destruir la vegetación, por medio de la tala, el sobre pastoreo, los incendios forestales y la escasa o nula conservación de suelos. Cuando el suelo esta descubierto las gotas de lluvia lo golpean convirtiéndolo en partes más pequeñas arrastradas por el agua, el agua arrastra consigo, la tierra con nutrientes, causando una fuerte erosión al suelo.

El agua lleva consigo parte de la tierra y muchos de sus nutrientes, el resultado es un suelo estéril y erosionado, además con el arrastre de partículas de suelo llegan a la red hidrológica superficial sustancias provenientes de abonos nitrogenados utilizados en la agricultura. (MARN-USAC 2009)

5.4 Calidad del agua

(Lenntech 2006)

La calidad del agua es una medida crítica de las propiedades químicas, físicas y biológicas de los sistemas acuáticos, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos.

Se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y está exenta de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos.

El agua que es recomendable para consumo humano se llama agua potable, la cual puede provenir de fuentes superficiales o subterráneas y generalmente debe estar tratada para eliminar cualquier contaminación. En Guatemala existe una norma para agua potable establecida por la comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR; en ella se establecen límites máximos aceptables y permisibles de compuestos químicos, características sensoriales, biocidas y límites microbiológicos, así como las concentraciones de cloro y métodos de análisis bacteriológicos.

5.4.1 Factores que determinan la calidad del agua

(Lenntech 2006)

a) Factores físicos:

La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua, entre ellas los sólidos en suspensión, la turbidez, el color, la temperatura.

b) Factores químicos:

Las actividades industriales generan contaminación al agua cuando hay presencia metales pesados tóxicos para los humanos tales como arsénico, plomo, mercurio y cromo. La actividad agrícola contamina cuando emplea fertilizantes que son arrastrados hacia las aguas, especialmente nitratos y nitritos. Además, el uso inadecuado de plaguicidas contribuye a contaminar el agua con sustancias tóxicas para los humanos.

c) Factores biológicos-bacteriológicos:

Existen diversos organismos que contaminan el agua. Las bacterias son uno de los principales contaminantes del agua. Los Coliformes representan un indicador biológico de las descargas de materia orgánica. Las Coliformes totales no son indicadores estrictas de contaminación de origen fecal, puesto que existen en el ambiente como organismos libres. Sin embargo, son buenos indicadores microbianos de la calidad de agua. La *escherichia coli* es la única bacteria que sí se encuentra estrictamente ligada a las heces fecales de origen humano y de animales de sangre caliente. También contaminan el agua virus, algas, protozoos y hongos.

Existen muchas razones por las cuales un agua pierde su calidad y los seres humanos generalmente tienen una gran influencia en la presencia de los factores que favorecen esto. Algunas de las razones son las descargas por su uso en actividades domésticas y comerciales, por su uso en actividades industriales, y por su uso en actividades agrícolas. La contaminación del agua es el proceso mediante el cual se agregan organismos o sustancias tóxicas que resultan inadecuadas para diferentes usos.

Los parámetros principales de la calidad del agua reflejan la función física y biológica del medio ambiente con el que el agua tiene interacción. Los parámetros principales (temperatura, conductividad específica, turbidez, pH, oxígeno disuelto) se pueden medir fácilmente y constituyen una manera de clasificar posibles factores de estrés para la salud del sistema acuático. Además, otras medidas de calidad del agua

(nutrientes primarios, sólidos disueltos totales, metales pesados, agentes patógenos, compuestos orgánicos) ayudan a caracterizar la calidad del agua y a determinar los posibles impactos en la vida acuática y en seres humanos.

5.5 Índice de Calidad de Agua (ICA)

(SNET 1998?)

Los índices de calidad son herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis de diferentes parámetros. Su combinación da una visión más precisa del estado ecológico y el estado del medio biológico.

Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua, el “ICA”, define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener, estos índices son llamados de “Usos Específicos”.

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que, en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creo y diseño un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Biológica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
- Nitratos (NO^3 en mg/L)
- Fosfatos (PO^4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

5.5.1 Estimación del índice de Calidad de Agua General (ICA)

(Guevara 2014)

El “ICA” adopta para condiciones óptimas, un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación en 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 a la siguiente tabla:

Cuadro 1. Clasificación del “ICA” Propuesto por Brown

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: SNET (1998?)

Las aguas con ICA mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, es 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” que caen en 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.

5.6 Características del agua

5.6.1 Características físicas del agua

a) Temperatura (°T)

La temperatura de un agua se establece por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido. Las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como microbiología. Aunque la temperatura de un agua superficial está ligada a la irradiación recibida. La temperatura de las aguas subterráneas depende del terreno, naturaleza de las rocas, profundidad de la surgencia y fenómenos magmáticos que puedan existir (Marín 2010)

b) Turbidez

Reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de materia sin disolver; la turbidez, también es nombrada turbiedad (Guevara 2014)

c) Color

El color de un agua se debe a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella: materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas (coloraciones amarillentas). Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) también produce un cierto color en el agua. En aguas naturales de lagos y embalses suele existir una relación directa entre color y pH, de forma que cuando aumenta el segundo lo hace el primero. El color de las aguas profundas de lagos y embalses durante la época de estratificación térmica es marcadamente superior al del agua superficial (Marín 2010)

d) Olor-sabor

Fisiológicamente, los sentidos del gusto y el olfato están íntimamente relacionados ya que las papilas linguales y las olfativas detectan estímulos simultáneos y

complementarios. Solamente existen cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo (Marín 2010)

5.6.2 Características químicas del agua

a) Oxígeno (O)

Su solubilidad depende de temperatura, presión, agitación del agua, contenido salino y consumo-producción por los organismos acuáticos. Las aguas superficiales suelen tener >7-8 mg/L mientras que las de fondo pueden llegar a estar anóxicas incrementando su contenido en especies químicas en bajo estado de oxidación (Fe^{2+} , Mn^{2+} , NH_3). Además, el O_2 experimenta una variación cíclica ligada al comportamiento térmico de lagos (mezcla, estratificación), finalmente, los vertidos residuales orgánicos agotan el O_2 de un agua natural por consumo de los organismos descomponedores allí presentes. Ligado a la oxigenación se halla el potencial redox o EH de un agua, que mide el estado de óxido-reducción de la misma y la contribución de especies electroactivas presentes. De comportamiento similar al del O_2 , aguas bien oxigenadas suelen presentar EH positivos o ligeramente negativos, y aguas mal oxigenadas suelen presentar EH claramente negativos. Otra forma de medir el potencial redox es el rH, definido por $\text{rH}=[\text{EH}/0,03]+2\text{pH}$. (Marín 2010)

b) Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Este parámetro tiene relación con la existencia de iones disueltos en el agua, que son partículas con cargas eléctricas. Cuanto mayor sea la concentración de iones disueltos, mayor será la conductividad eléctrica en el agua. En las aguas continentales, los iones que son directamente responsables de los valores de la conductividad son, entre otros, el calcio, el magnesio, el potasio, el sodio, los carbonatos, los sulfatos y los cloratos. (Guevara 2014)

c) Dureza

Es otra forma de indicar el contenido iónico de un agua, refiriéndolo a la concentración total de iones calcio, magnesio, estroncio y bario, aunque se debe fundamentalmente a los dos primeros. La presencia de este tipo de iones en el agua suele ser de origen natural, y raramente antrópica. Se obtiene a partir de la determinación por separado del contenido en calcio y magnesio de la muestra o de manera conjunta por compleximetría con EDTA. (Guevara 2014)

d) pH (Potencial de hidrógeno)

Se debe al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero, la secuencia de equilibrios de disolución de CO_2 en un agua, y la disolución de CO_3^{2-} e insolubilización de HCO_3^- , determinan el pH de un agua. Además, la fotosíntesis reduce el CO_2 disuelto de un agua, mientras que la respiración de los organismos heterótrofos produce CO_2 causando efectos contrarios. Por otro lado, los ácidos naturales (H_2S o ácidos húmicos) acidificarían un agua mientras que la disolución de rocas y minerales de metales alcalinos y alcalinotérreos del terreno la alcalinizaría. El valor de pH de aguas superficiales está entre 6-8,5, siendo las aguas subterráneas más ácidas que las superficiales. En lagos y embalses, el pH varía cíclicamente, disminuyendo con la profundidad del agua. Durante la mezcla el pH en la columna de agua es uniforme ($\pm 0,1-0,15$ u. pH); durante la estratificación térmica, las aguas superficiales ricas en fitoplancton que usan CO_2 como alimento aumentan mucho su pH ($>9,0$ u. pH). Las zonas profundas (pobres en O_2 y con flora reductora) exhiben valores de pH más bajos, del orden de 6,5 u. pH o inferiores. (Marín 2010)

e) Sólidos totales disueltos (STD)

Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a $103-105^\circ\text{C}$ hasta peso constante. Los sólidos suspendidos, como parámetro, miden la presencia de materiales corpusculares de tamaño mayor que unos 10-3 milímetros. Si fuesen menores se clasificarían como

materiales coloidales (10^{-6} a 10^{-3} mm) o, definitivamente, como especies disueltas (menores que 10^{-6} mm). Además, los sólidos mayores que unos 10^{-2} mm se definirían, como sólidos sedimentables pues su tamaño es tal que caen por sí mismos al dejarlos en agua quieta, los sólidos suspendidos, en cambio y tal como su nombre lo indica, permanecen en suspensión y sólo pueden ser retirados por una barrera física, como, por ejemplo, un filtro. (Guevara 2014)

f) Nitratos (NO_3^-)

Proceden de disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, y de la contaminación por efluentes agrícolas e industriales. En aguas de superficie no contaminadas no suelen superar los 10 mg/L, pero en aguas subterráneas contaminadas por abonados pueden superar ampliamente los 50 mg/L. Las aguas depuradas vía biológica pueden contener cantidades importantes de NO_3^- mediante el conocido proceso de nitrificación biológica. (Marín 2010)

g) Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5)

(Guevara 2014)

Es la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos aerobios puedan oxidar metabólicamente la materia orgánica presente en la muestra de agua. Se determina por diferencia entre el oxígeno disuelto en la muestra inicial y el medido en función del tiempo de incubación. La incubación se realiza en viales de volumen conocido colocados en incubadora a 20 °C, en ausencia de luz. Generalmente la demanda de oxígeno para la degradación biológica de la muestra, supera los valores de OD a 20 °C, es por ello que se hace necesario diluir la muestra hasta valores inferiores de DBO de 3 mg/L. Si la muestra no presenta microorganismos de forma natural (situación muy corriente en vertidos de origen industrial), la muestra a ensayar se sembrará con un cultivo de bacterias aerobias.

Al observar la variación del OD en función del tiempo para una temperatura de 20 °C, se aprecia que ésta no sufre una variación constante, sino que al cabo de un periodo

de aproximadamente 8 días, la velocidad a la que se consume el oxígeno aumenta bruscamente; esto se debe a que se ha iniciado la biodegradación de los compuestos orgánicos nitrogenados por efecto de las bacterias nitrificantes, con lo cual estamos observando la superposición de dos curvas, la de biooxidación de los compuestos hidrocarbonados (línea de trazo fino) y la de los compuestos nitrogenados orgánicos.

La demanda biológica de oxígeno (DBO₅) es la cantidad de oxígeno usado por las bacterias bajo condiciones aeróbicas en la oxidación de materia orgánica para obtener CO₂ y H₂O. Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua, especialmente de la materia orgánica biodegradable.

h) Fosfatos (PO₄³⁻)

Elemento esencial para la vida, está implicado en un complejo ciclo bioquímico que implica el tránsito del elemento a través una serie de estados inorgánicos y orgánicos, que lo transforman vía microbiana. El P de un agua procede de: (a) disolución de rocas y minerales; (b) lavado de suelos en los que se encuentra como resto de actividades ganaderas o agrícolas; (c) aguas residuales domésticas (los detergentes domésticos –tripolifosfatos- aportan el 50% del P presente en los vertidos urbanos). A su vez, el P de un agua se reparte entre compuestos inorgánicos, orgánicos (disueltos o en suspensión) y P en tejidos vivos. El P es factor limitante para el fitoplancton, pero se agota si no se renueva pues no es fijado desde la atmósfera.

Por contra, si su contenido es muy alto se produce un gran incremento de la actividad fitoplanctónica con los consiguientes problemas de agotamiento de oxígeno del agua y exceso de materia orgánica, los cuáles dan lugar a los conocidos fenómenos conocidos bajo el nombre de "eutrofización", también experimentados con los nitratos. El P total de aguas naturales no contaminadas está entre 0,1 mg/L y 1,0 mg/L. (Marín 2010)

i) Sulfatos (SO_4)

Bastante solubles, proceden de disolución de yesos y de la oxidación bacteriana de sulfuros. Su concentración en ríos oscila entre 20 y 50 mg/L, alcanzando más de 400 mg/L en ríos mediterráneos. La presencia de sulfatos en aguas de construcción conduce a la destrucción de los hormigones por formación de la sal. (Marín 2010)

5.6.3 Características microbiológicas

En el agua encontramos una enorme diversidad de microorganismos y es complicado poder determinar cuáles son los buenos y cuáles son los malos. Por este motivo se establecen distintos criterios para determinar si el agua es apta para uso humano y el más importante desde el punto de vista microbiológico es la presencia de bacterias Coliformes. Estas bacterias son las que se encuentran generalmente en el tracto intestinal, tales como *Escherichia coli*, y se utilizan como indicador de contaminación debido a que, si se encuentran presentes en el agua, esto significa que hay desechos fecales en el agua y no puede ser considerada como de buena calidad. (Guevara 2014)

5.7 Usos del Agua

(MARN-USAC 2009)

El agua es empleada de diversas formas prácticamente en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o para producir e intercambiar bienes y servicios.

Los tipos de uso del agua son diversos. El abastecimiento urbano y la irrigación necesitan grandes volúmenes hídricos. La navegación requiere la preservación de los sistemas hidrográficos, mientras que el ecoturismo favorece la conservación de los ecosistemas naturales.

En ciertas actividades, el agua utilizada es vertida al ambiente en forma de aguas residuales industriales o domésticas, con su calidad muy deteriorada, mientras que otras la devuelven sin modificaciones sensibles (uso hidroeléctrico). Si bien hay categorías de uso que no se afectan mutuamente, e incluso pueden ser

complementarias, hay otras que compiten entre sí y poseen un potencial mayor para el desencadenamiento de conflictos.

La degradación provocada por el vertido de aguas residuales domésticas o industriales tienen un fuerte impacto negativo en la pesca y el turismo, aunque este efecto es menor en la navegación y la generación de hidroeléctrica. La presencia de efluentes de este tipo genera reacciones adversas entre las comunidades de pescadores, los operadores turísticos y la población local.

La utilización de agua fluvial o subterránea para la irrigación disminuye su disponibilidad para el uso urbano. Ello puede plantear situaciones críticas en los lugares donde los recursos no son suficientes. Tanto los usuarios urbanos como los agricultores de riego requieren grandes volúmenes de agua. La diferencia estriba en el consumo per cápita. Individualmente, los agricultores consumen mucha más agua que los habitantes de las ciudades porque el costo se comparte entre muchos, y su consumo por persona es mucho menor.

Debido a este factor económico, y a la diferencia demográfica entre ambos sectores, en la competencia entre irrigadores y ciudades, son estas últimas las que tienden a imponerse. En algunos casos, ello puede ocurrir en detrimento de las actividades agrícolas tradicionales de muchos granjeros que dependen de la irrigación. A veces las zonas urbanas se ven afectadas por las prácticas agrícolas.

En algunas zonas las aguas residuales urbanas o industriales pueden ser utilizadas, con ciertas restricciones, aunque con costos relativamente más bajos, para la irrigación agrícola. Debido a esta reducción de costos, existe potencial para la negociación y para la dilución de la situación conflictiva.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 Municipio de Quezaltepeque

El municipio de Quezaltepeque pertenece al departamento de Chiquimula, situado en las coordenadas: latitud 14°38'04" norte y longitud 89°26'36" este. Tiene 1 Villa, 23 aldeas y 76 caseríos. La cabecera de la Villa de Quezaltepeque se divide en 6 barrios que son: La Parroquia, Santa Bárbara, El Puente, San Sebastián, El Calvario y la Concordia. Su clima es variado, de sub-tropical cálido en San Nicolás, San José, Cubiletes, el Palmar a Sub-tropical templado, en Pedregal, Chiramay, La Peña, Potrerillo y Cebollas. (MNO 2013)

Se sitúa al centro del departamento de Chiquimula, su excelente ubicación le permite estar comunicado con los demás municipios (Barrios 2006). Se encuentra a una distancia de 198 kilómetros de la Ciudad Capital, sobre la ruta nacional 18 e internacional CA-10. Colinda al norte con San Jacinto; al oeste con Olopa y Esquipulas; al sur con Concepción las Minas; y al oeste con Ipala. Tiene una extensión territorial de 236 km², que representa el 9.93% del total del departamento de Chiquimula; la villa de Quezaltepeque se encuentra ubicado a 649 metros sobre el nivel del mar. (Suray 2012)

6.2 Localizacion del área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en los dos ríos que conforman la microcuenca del río La Conquista en el municipio de Quezaltepeque; río La Conquista que recorre de noreste a sureste el cual nace a 4 km. de la población en la aldea de Azacualpa, cerca del Cerro Lagüis, y el río Tutunico que recorre de noreste a sureste el cual nace en la aldea Pedregalito. (Barrios 2006)

6.3 Geología, fisiología, orografía

(MNO 2013)

El sistema tectónico de América Central está definido por la conjunción de las placas de Norteamérica, Caribe y la de Cocos; las placas de Norteamérica y del Caribe se desplazan en sentido horizontal y definen en Guatemala dos terrenos geológicos, al

Norte las rocas metamórficas y sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico, y al Sur las rocas ígneas recientes del terciario y cuaternario. Estas dos placas están separadas por el sistema de fallas del Motagua, Chixoy-Polochic y Jocotán, correspondiendo esta región, al cinturón plegado metamórfico.

Durante la formación del istmo Centroamericano, tuvo lugar un alineamiento de subestructuras terrestres llamadas bloques. La región Norte del istmo de Centro América llamado también América Septentrional (Yucatán, Belice y gran parte de Guatemala) constituye el bloque “Maya;” cuyos límites meridionales al Sur son las fallas del Polochic y del Motagua. Al Sur del istmo centroamericano se encuentra el bloque “Chortí,” integrado por Guatemala meridional, Honduras, El Salvador y Nicaragua.

El municipio de Quezaltepeque presenta una variada geología, dentro de las cuales podemos encontrar Material lahárico y sedimentos volcánicos. Rocas ultrabásicas, serpentinitas. Subinal, capas rojas, terciarias, las cuales son ricos en minerales como son el Oro, Plata, Cobre, Plomo Y Zinc.

6.4 Clasificación climática

En el municipio se presenta una diversidad de climas entre cálido húmedo, semicálido húmedo, semi cálido muy húmedo, sin estación seca bien definida y con invierno benigno. Los cuales son aptos para la producción de productos agrícolas. (MNO 2013)

6.5 Temperatura

(MNO 2013)

La temperatura tiene una alta variación. En el municipio, las temperaturas oscilan entre los 18 °C en las altas montañas y 33 °C durante el verano en el valle, común promedio de 25 °C.

Debido a que se presentan tantas variantes de temperatura, que van desde frío a muy cálido, es posible desarrollar una serie de actividades productivas, desde cultivos anuales como el maíz y el frijol, hortalizas de montaña (zanahoria, repollo,

lechuga, papa, brócoli), hortalizas de zonas bajas (tomate, chile, cebolla), pastos, hasta arroz y caña de azúcar, permitiendo también desarrollar actividades productivas forestales, agroforestales, silvopastoriles; dando la opción a su vez, que la población sea capaz de desarrollar actividades ecoturísticas (servicios al turista), así como sistemas productivos del uso de la tierra que aporten beneficios económicos.

6.6 Suelos

De acuerdo a la clasificación taxonómica del USDA, en donde se presente una taxonomía de Andisol, Entisoles, Molisol presentado unas características de suelos arcillosos de textura moderadamente gruesa. Pesados, con problemas de manejo, productividad moderada, de poco a muy susceptibles a erosión. (CTPT, BCIE e IICA 1992)

6.7 Cuencas y microcuenca

El valle de Quezaltepeque forma parte de la microcuenca del río La Conquista, afluente del río Shutaque. Este complejo hidrográfico es tributario del sistema mayor de la cuenca del río Grande de Zacapa. El pequeño sistema hidrográfico de la microcuenca del río La Conquista tiene un área de 30.7 km² hasta la confluencia del río Shutaque, con un perímetro de la cuenca de 37 km² y una longitud del cauce principal de 15 km.

El sistema de drenaje de la microcuenca del río La Conquista, está conformado por la influencia de los ríos La Conquista y Tutunico. (CTPT, BCIE e IICA 1992)

6.8 Zonas de vida

En el municipio se distinguen dos zonas de vida según Holdrige: bosque seco subtropical y el bosque húmedo subtropical templado. En el bosque seco subtropical la época lluviosa se presenta en los meses de junio a octubre. La precipitación media anual es de 855 milímetros. La biotemperatura media anual para esta zona oscila entre 19° y 24° centígrados. La relación de evapotranspiración potencial es alrededor de 1.5 por ciento. 24 en el bosque húmedo subtropical templado el período de lluvia

se caracteriza por precipitaciones intensas según la situación orográfica. La precipitación media anual es de 1,200 milímetros. La biotemperatura media anual para esta zona varía entre 20° y 26° centígrados. La relación de evapotranspiración 25 potencial es de alrededor del uno por ciento. (CTPT, BCIE e IICA 1992)

6.9 Contaminación de las fuentes de agua

Según información detallada en los Planes de Desarrollo Municipales –PDM- elaborados por la Secretaría General de Planificación –SEGEPLAN- en los once municipios de departamento de Chiquimula, se hace mención de la presencia de “basureros” autorizados y no autorizados (clandestinos); estos basureros se ubican en las afueras de los poblados y casi siempre aledaños a zonas naturales, en presencia de fuentes de agua (ríos) y bosques, contribuyendo a la diseminación de contaminantes a los ecosistemas.

Un problema de importancia, es la falta de una cultura de reutilización, reuso y reciclaje en la población, con lo cual los volúmenes de basura han aumentado a límites alarmantes difícilmente manejables por las autoridades responsables.

Muchos de los ríos aledaños a los poblados, reciben descargas de las aguas servidas (aguas negras y aguas mieles-beneficio de café), sin recibir el más mínimo tratamiento.

Las aguas de los ríos importantes (Río Motagua, Río Grande de Zacapa, Río Shutaque, Río San José, Río Jupilingo, Río Olopa, Río Ostúa) han mostrado presencia de *Echerichia coli*, lo cual evidencia la contaminación por heces fecales, lo cual las hace no aptas para el consumo humano. (CTPT, BCIE e IICA 1992)

6.10 Investigaciones relacionadas con el tema

La calidad de agua en redes hidrológicas superficiales de diferentes afluentes que tienen como principal papel abastecer a los pobladores en diferentes tipos de uso en la región nor-oriental del departamento de Chiquimula ha dado motivo a realizar estudios que demuestran la Calidad de Agua, se encuentran estudios en municipios

del departamento tales como Esquipulas, siendo este más estudiado por ser uno de los principales productores de café perjudicando el recurso hídrico por el proceso de beneficiado de café generando aguas mieles.

Se llevó a cabo un estudio denominado Calidad del Agua superficial y propuesta de manejo en la microcuenca del río Atulapa, del área protegida trinacional Montecristo, del municipio de Esquipulas, teniendo como objetivo Determinar la Calidad de Agua mediante la medición de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para proponer lineamientos de mejora para la gestión hídrica, obteniendo resultados significativos en el parámetro bacteriológico de Coliformes fecales donde presenta cantidades que limitan el uso del agua para consumo humano sin tratamiento alguno, denotando que la mayor parte de redes hidrológicas superficiales de dicha microcuenca están contaminadas.

El municipio de Esquipulas como productor de café, y fincas interesadas en certificaciones ambientales han abierto propuestas de estudios para minimizar impactos negativos al medio ambiente, es así el caso del estudio titulado Línea base de la calidad de las fuentes de agua superficiales en la finca el cascajal, ubicada en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, cuyo objetivo se centra en evaluar la cantidad y calidad de agua en fuentes de agua para proponer lineamientos de mejora para la gestión hídrica, obteniendo resultados en el parámetro bacteriológico con presencia de Coliformes fecales y colifomes totales que limitan el uso del recurso hídrico, como también la presencia de valores altos de fosfatos y turbidez.

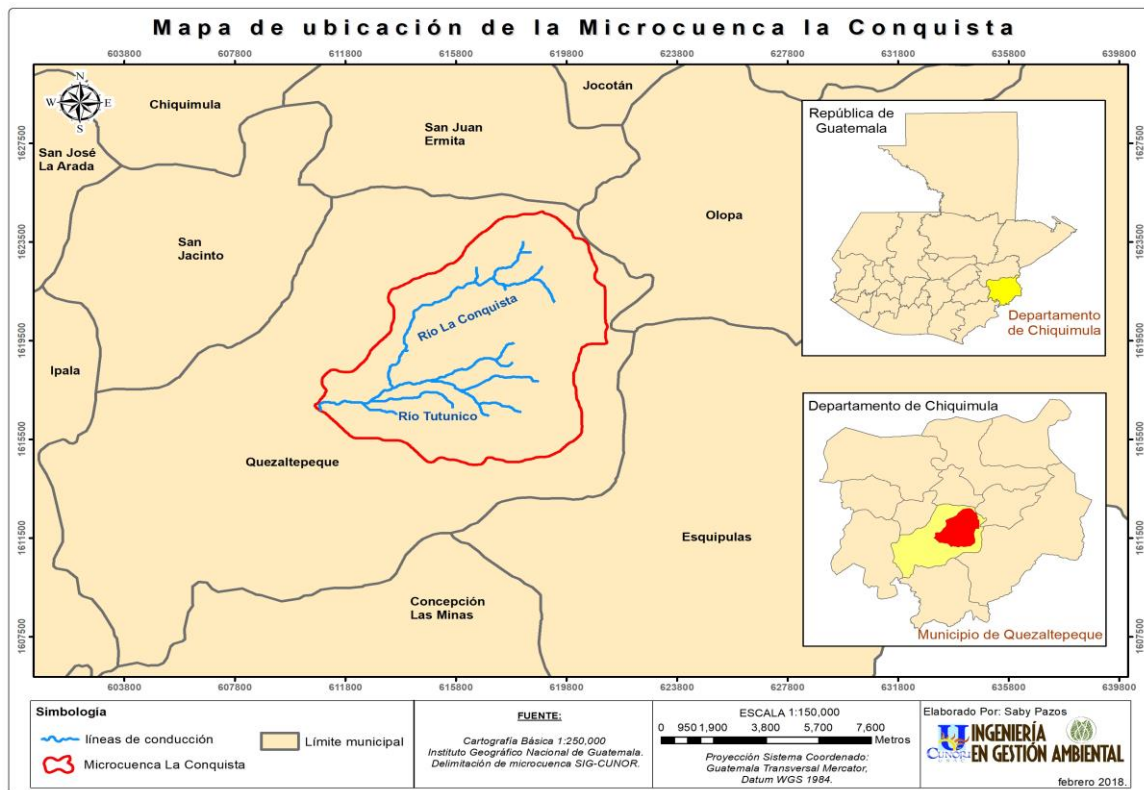
7. MARCO METODOLÓGICO

7.1 Determinación del área de estudio

El área de estudio se delimitó utilizando el Sistema de Información Geográfico –SIG- del Centro Universitario de Oriente –CUNORI- con base a la red hidrológica de la microcuenca del río La Conquista, formada por los afluentes río La Conquista y Tutunico que forman parte de la cuenca del río Grande de Zacapa.

Para definir los puntos de muestreo se utilizó un mapa base del municipio de Quezaltepeque generada por el SIG, para poder ubicar el límite de la microcuenca y ubicar así los puntos donde se realizaron los monitoreos con el objetivo de poder obtener los resultados para el análisis del índice de calidad del agua -ICA- (Figura 1).

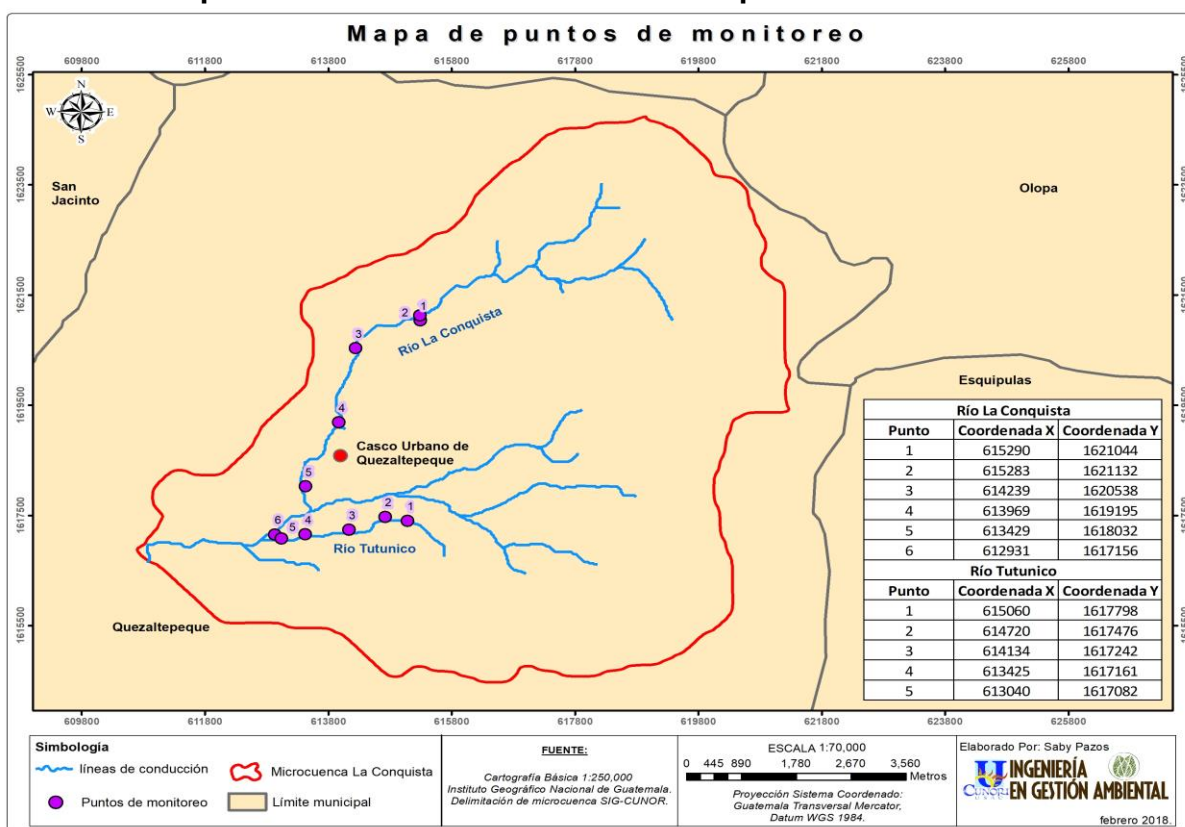
Figura 1. Mapa de la microcuenca La Conquista



7.2 Establecimiento de los puntos de monitoreo

Se establecieron 11 puntos de monitoreo, sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca del río La Conquista del municipio de Quezaltepeque, distribuidos: 6 puntos sobre la red hidrológica superficial del río La Conquista y 5 sobre la red hidrológica superficial del río Tutunico, cada punto monitoreo se estableció en el cauce de cada uno de los ríos identificando y georeferenciando cada uno; donde se recolectaron muestras simples de agua para ser analizadas a nivel de laboratorio. Los puntos establecidos en la red hidrológica superficial se muestran en la figura 2.

Figura 2. Establecimiento de los 11 puntos de control en la red hidrológica superficial de la microcuenca La Conquista.



7.3 Período de control

El período de toma de muestra de agua en los puntos de control establecidos, se realizó durante un lapso de seis meses realizando 3 monitoreos, cada tres meses (Abril, Julio y Octubre) durante el año 2017, se consideraron estos meses para analizar la calidad de agua en época seca y lluviosa.

7.4 Técnica de recolección de datos y muestreo

(Guevara 2014)

En cada punto de control, se tomaron muestras de agua de acuerdo a las recomendaciones de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) y por la Asociación de Salud Pública Americana y Asociación de trabajos del Agua de los Estados Unidos (APHA, AWWA); para determinar el Índice de Calidad de Agua –ICA-.

Para el análisis fisicoquímico se recolectaron muestras simples en botellas plásticas de 1 litro, las cuales fueron previamente lavadas para evitar cualquier contaminación de las muestras; posteriormente se identificaron y almacenaron en una hielera a una temperatura de aproximadamente 4 °C para el transporte al laboratorio.

Para el análisis microbiológico se recolectaron muestras de agua en recipientes estériles de 150 ml. Posteriormente se identificaron y almacenaron en una hielera a una temperatura de aproximadamente 4 °C, para ser transportadas al laboratorio en un espacio de tiempo de 6 horas hasta un máximo de 24 horas.

7.5 Estimación del Índice de Calidad de Agua (ICA)

Para determinar el Índice de Calidad de Agua –ICA-, se determinaron 9 parámetros:

- Coliformes fecales (en NMP/100 ml)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO en mg/l)
- Nitratos (NO_3^- en mg/l)
- Fosfatos (PO_4^{3-} en mg/l)

- Cambio de la temperatura (en °C)
- Turbidez (en NTU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/l)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

Los parámetros medidos a nivel de campos fueron: pH, oxígeno disuelto y temperatura en °C y de laboratorio el resto, en cada uno de los puntos de control establecidos a lo largo de la red hidrológica de la microcuenca del río la Conquista del municipio de Quezaltepeque.

a) Cálculo del Índice de Calidad de Agua General

(SNET 1998?)

El índice de Brown o Índice de Calidad de Agua General, se determina utilizando una suma lineal ponderada de los subíndices (Ica) o una función ponderada multiplicativa (ICAm), para este estudio se utilizó la función ponderada multiplicativa debido a que otros autores (Landwehr y Denninger, 1976), demostraron que el cálculo del Índice de Calidad de Agua –ICA- mediante esta técnica es superior a la aritmética, es decir que es mucho más sensible a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión cambio de calidad.

Que se expresa matemáticamente de la forma siguiente:

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

Dónde:

Wi= Peso relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Sub_i= Subíndice del parámetro i. Para terminar el valor del Índice de Calidad de Agua se utilizarán las series de gráficas que se muestran a continuación para calcular los

subíndices (Sub_i) y los pesos relativos (w_i) de cada uno de los 9 parámetros medidos de acuerdo al cuadro 2; que deberán ser sustituidos en la ecuación anterior.

Pesos de los diversos parámetros

Cuadro 2. Peso relativo para cada parámetro del –ICA–

No.	Sub _i	W _i
1	Coliformes Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO5	0.1
4	Nitratos	0.1
5	Fosfatos	0.1
6	Temperatura	0.1
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos Disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Fuente: SNET (1998?)

Pasos a seguir para calcular los Sub-índices de Calidad de Agua General:

- Coliformes fecales: si son mayores de 100,000 bact/100 ml el Sub_1 es igual a 3; si el valor es menor a 100,000 Bact/100 ml, se busca el valor en (X) de la gráfica 1 y se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el Sub_1 de Coliformes Fecales, luego se procede a elevarlo al peso w_1 .
- pH: si es igual o menor de 2 el Sub_2 es igual a 2, si el valor es mayor o igual a 10 el Sub_2 es igual a 3. Si el valor del pH está entre 2 y 10 se busca el valor en (X) en gráfica 2 y se interpola en valor en el eje (Y), el valor encontrado en el Sub_2 de pH y se procede a elevarlo al peso w_2 .
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): si es mayor de 30 mg/l el Sub_3 es igual a 2, si la DBO es menor de 30 mg/l se busca el valor en el eje de (X) en la gráfica 3

y se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub₃) de DBO y se procede a elevarlo al peso w_3 .

- Nitratos: si el mayor de 100 mg/l el (Sub₄) es igual a 2, si los nitratos son menores de 100 mg/l se busca el valor en el eje (X) en la gráfica 4, y se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub₄) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso w_4 .
- Fosfatos: si es mayor de 10 mg/l el (Sub₅) es igual a 5, si el fosfato es menor de 10mg/l se busca el valor en el eje de (X) en la gráfica 5, y se interpola al valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub₅) y se procede a elevarlo al peso w_5 .
- Temperatura: para este parámetro se calcula primero la diferencia entre la T°ambiente y la T°muestra y con el valor obtenido se procede. Si el valor de la diferencia es mayor de 15° C el (Sub₆) es igual a 9, si es menor de 15°C se busca el valor en el eje (X) y en la gráfica 6 y se interpola al valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub₆) de temperatura y se procede a elevarlo al peso w_6 .
- Turbidez: si es mayor de 100 NTU el (Sub₇) es igual a 5, si la turbidez es menor de 100 NTU, se busca el valor en el eje (X) y se interpola en el eje (Y) de la gráfica 7, el valor encontrado es el (Sub₇) de turbidez y se procede a llevarlo al peso w_7 .
- Sólidos disueltos Totales: si son mayores de 500 mg/l el (Sub₈) es igual a 3, si es menor de 500 mg/l, se busca el valor en el eje de (X) en la gráfica 8, se interpola en el eje de la (Y), el valor encontrado es el (Sub₈) de Sólidos disueltos Totales y se procede a elevarlo al peso w_8 .
- Oxígeno Disuelto: hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua, identificando el valor de saturación de OD según la temperatura del agua en el cuadro 3.

Cuadro 3. Solubilidad de oxígeno en agua dulce

Temp.	OD	Temp	OD	Temp.	OD	Temp.	OD
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.57	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.42	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

Fuente: SNET (1998?)

Si el % de saturación de OD es mayor de 140% el (Sub₉) es igual a 47, si el valor es menor de 140% la saturación de OD se busca el valor en el eje (X) en la gráfica 9, se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub₉) de Oxígeno Disuelto y se procede elevarlo el peso w₉.

Los valores obtenidos se incorporan a la siguiente tabla, para calcular el valor de Índice de Calidad de Agua para cada punto de control.

Cuadro 4. Cálculo del Índice de Calidad de Agua

No.	Parámetros	Valor	Unidades	subi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales		NMP/100 ml		0.15	
2	pH		Unidades pH		0.12	
3	DBO5		mg/l		0.10	
4	Nitratos		mg/l		0.10	
5	Fosfatos		mg/l		0.10	
6	Temperatura		°C		0.10	
7	Turbidez		FAU		0.08	
8	Sólidos disueltos Totales		mg/l		0.08	
9	Oxígeno Disuelto		% saturación		0.17	
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	

Fuente: SNET (1998?)

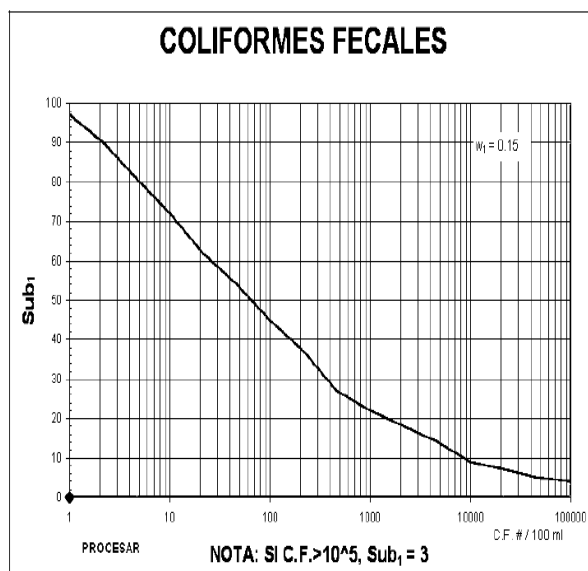
Después del cálculo del Índice de Calidad de Agua de tipo “General”, se clasifica la calidad del agua con base al siguiente cuadro:

Cuadro 5. Clasificación de la “ICA” propuesta por Brown (1970)

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente	Blue	91 a 100
Buena	Green	71 a 90
Regular	Yellow	51 a 70
Mala	Red	26 a 50
Pésima	Gray	0 a 25

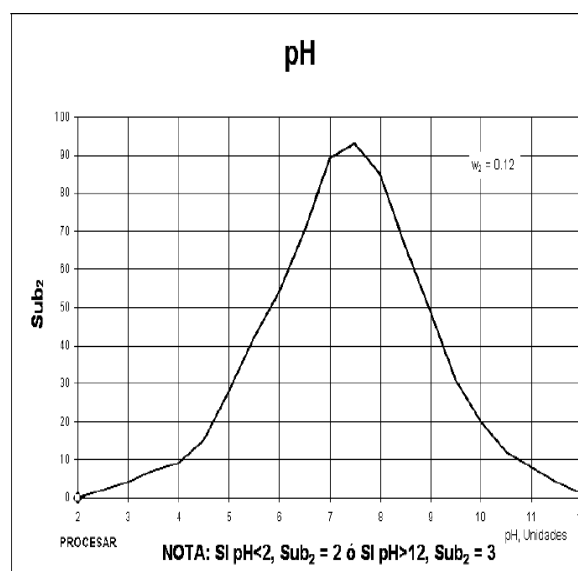
Fuente: SNET (1998?)

Figura 3. Valoración de la calidad de agua en función de coliformes fecales



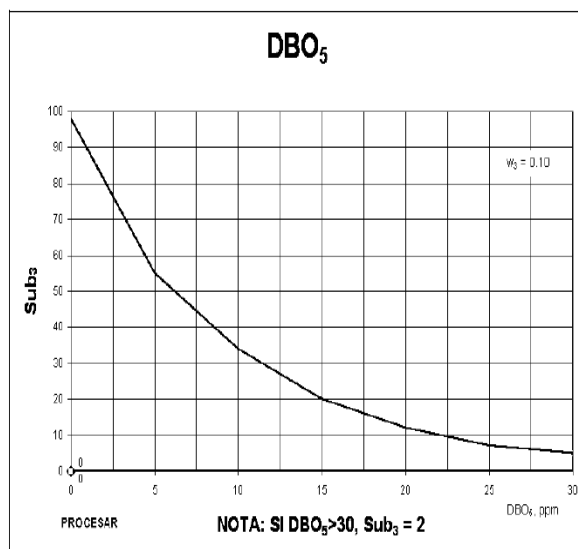
Fuente: SNET (1998?)

Figura 4. Valoración de la calidad de agua en función de pH



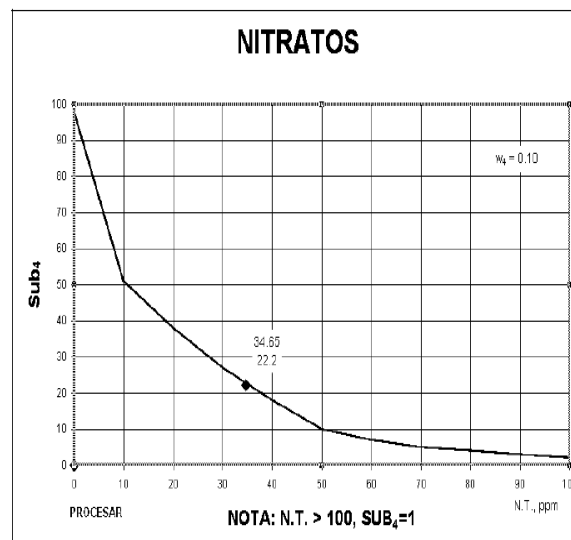
Fuente: SNET (1998?)

Figura 5. Valoración de la calidad de agua en función de la DBO₅



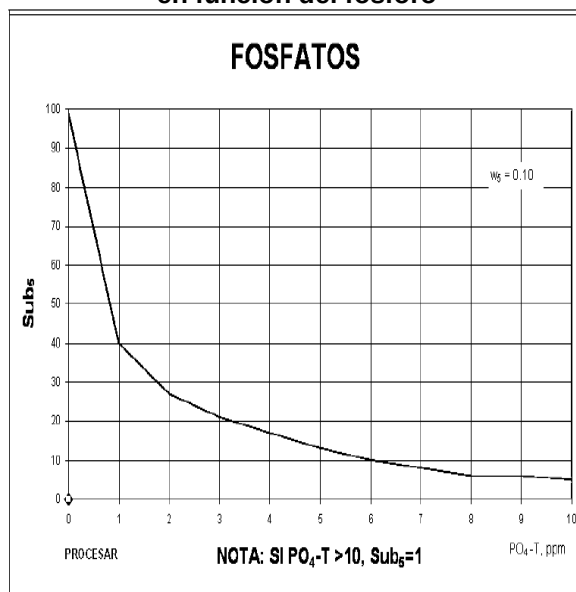
Fuente: SNET (1998?)

Figura 6. Valoración de la calidad de agua en función del nitrato



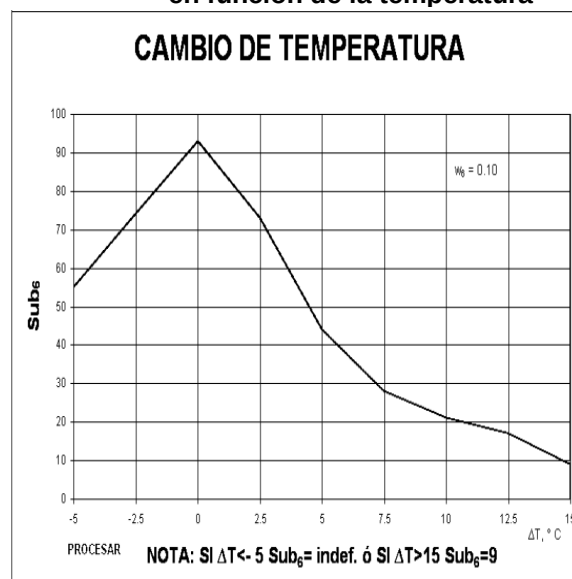
Fuente: SNET (1998?)

Figura 7. Valoración de la calidad de agua en función del fósforo



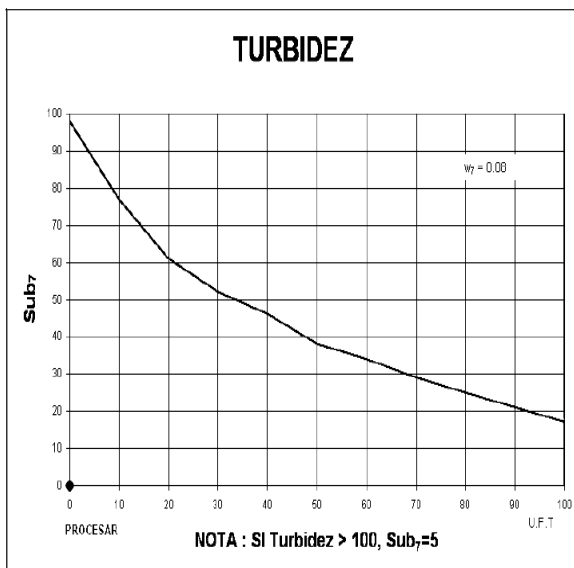
Fuente: SNET (1998?)

Figura 8. Valoración de la calidad de agua en función de la temperatura



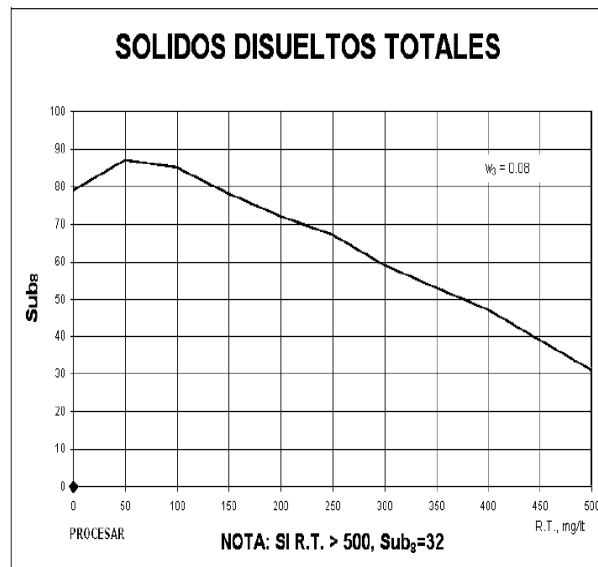
Fuente: SNET (1998?)

Figura 9. Valoración de la calidad de agua en función de la turbidez



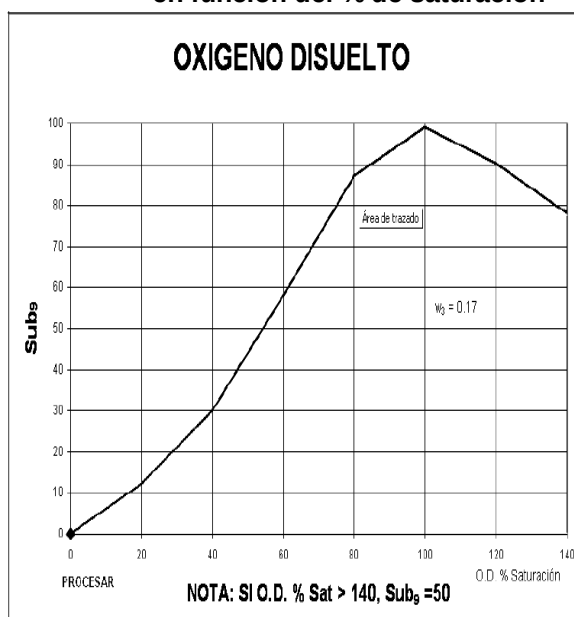
Fuente: SNET (1998?)

Figura 10. Valoración de la calidad de agua en función de sólidos disueltos totales



Fuente: SNET (1998?)

Figura 11. Valoración de la calidad de agua en función del % de saturación



Fuente: SNET (1998?)

7.6 Lineamientos de manejo del recurso hídrico en la microcuenca del río La Conquista

Se plantearon lineamientos para el manejo del recurso hídrico de acuerdo a resultados del índice de calidad del agua, para mejorar la gestión del recurso hídrico en la microcuenca La Conquista.

Mediante el resultado de los análisis de calidad de agua se establecieron mecanismos de accesibilidad a organismos gubernamentales y no gubernamentales, que permitan la preservación del recurso hídrico, realizar convenios con entidades que promuevan mejores y mayores beneficios con relación a la gestión del recurso hídrico.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca La Conquista

La red hidrológica de la microcuenca La Conquista se encuentran influenciados por actividades antropogénicas, actividades agrícolas y pecuarias, para la distribución de los puntos de control y evaluar la calidad de agua se consideraron las redes hidrológicas superficiales del río La Conquista y Tutunico que conforman la microcuenca, desde las áreas de nacimiento, antes de ingresar al casco urbano, después del casco urbano y antes de unirse ambos ríos.

Se realizaron 3 monitoreos cada 3 meses, el primer monitoreo se llevó a cabo en abril, el segundo monitoreo en julio, el tercer monitoreo en octubre del 2017, los cuales se realizaron tomando en cuenta la época seca y lluviosa.

Se establecieron 11 puntos de control, en la red hidrológica superficial de la microcuenca La Conquista, 6 puntos de control en el río La Conquista y 5 puntos de control en el río Tutunico.

En el cuadro 6, se muestran los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de los ríos: La Conquista y Tutunico.

Cuadro 6. Puntos de control establecidos en la microcuenca La Conquista, Quezaltepeque

Río	Punto de Control	Ubicación del punto de control	Coordenadas WGS		Altitud msnm
			X	Y	
Río La Conquista	Río La Conquista 1	Nacimiento río La Conquista	615290	1621044	774
	Río La Conquista 2	Rio La Calera, 10 m previo a unirse al Rio La Conquista	615283	1621132	779
	Río La Conquista 3	Aldea Asacualpa	614239	1620538	715
	Río La Conquista 4	Barrio el Calvario	613969	1619195	662
	Río La Conquista 5	Colonia la Ceiba	613429	1618032	643
	Río La Conquista 6	Colonia las Verapaces	612931	1617156	618
Río Tutunico	Río Tutunico 1	Puente Recibimiento	615060	1617798	678
	Río Tutunico 2	Finca Tarabanchel	614720	1617476	654
	Río Tutunico 3	Aldea el Llano Arriba	614134	1617242	644
	Río Tutunico 4	Aldea el Llano Abajo	613425	1617161	630
	Río Tutunico 5	Colonia las Verapaces	613040	1617082	619

8.2 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados

Las muestras de agua de los 11 puntos de control, establecidos en la red hidrológica superficial de los ríos La Conquista y Tutunico, se trasladaron al Laboratorio Ambiental del Centro Universitario de Oriente –CUNORI- donde se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos, analizando nueve parámetros: pH, coliformes fecales, demanda biológica de oxígeno, nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, sólidos disueltos totales, turbidez y oxígeno disuelto en % de saturación, determinados a nivel campo y laboratorio.

En el cuadro 7, se presentan los valores promedios de los nueve parámetros analizados en los 11 puntos de control establecidos.

Cuadro 7. Valores promedio de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados en la corriente superficial de la microcuenca La Conquista

Río	Punto de Control	Valores promedio								
		pH unidades	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Demanda Biológica de Oxígeno mg/L	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L	Temperatura °C	Turbidez NTU	Sólidos Disueltos Totales mg/L	Oxígeno Disuelto % de saturación
Río la Conquista	Río La Conquista 1	7.51	1061.00	5.08	0.6250	0.4139	21.30	16.84	160.55	110.67
	Río La Conquista 2	7.73	1603.67	8.08	0.5761	0.3639	21.10	18.47	142.20	114.10
	Río La Conquista 3	7.93	1609.33	7.00	0.5924	0.2769	20.90	15.70	131.72	111.07
	Río La Conquista 4	7.95	1640	4.16	0.5389	0.1648	21.20	13.13	141.2	111.37
	Río La Conquista 5	7.96	≥2400	3.26	0.5697	0.2935	21.50	13.80	146.17	109.37
	Río La Conquista 6	7.91	≥2400	9.20	0.4982	2.3963	22.90	17.90	173.77	105.02
Río Tutunico	Río Tutunico 1	8.08	≥2400	2.52	0.5697	1.8185	22.50	22.63	157.90	108.32
	Río Tutunico 2	8.00	≥2400	2.88	0.6467	1.1167	22.70	18.03	160.32	110.98
	Río Tutunico 3	7.79	≥2400	1.94	0.5861	0.5722	22.80	17.10	160.53	108.72
	Río Tutunico 4	7.93	≥2400	4.35	0.7283	0.7931	23.30	24.70	115.78	105.28
	Río Tutunico 5	7.63	1966.67	6.51	0.4889	0.7509	23.30	17.63	150.13	109.78
Limite Máximo Aceptable -LMA-		7 - 7.5	-	-	-	-	15 - 25 °C	5 NTU	500 mg/L	-
Limite Máximo Permisible -LMp-		6.5 - 8.5	0 (ausencia)	< 30 mg/L	10 mg/L	0.25 mg/L	-	15 NTU	1000 mg/L	80-100 %

8.2.1 Potencial de hidrógeno

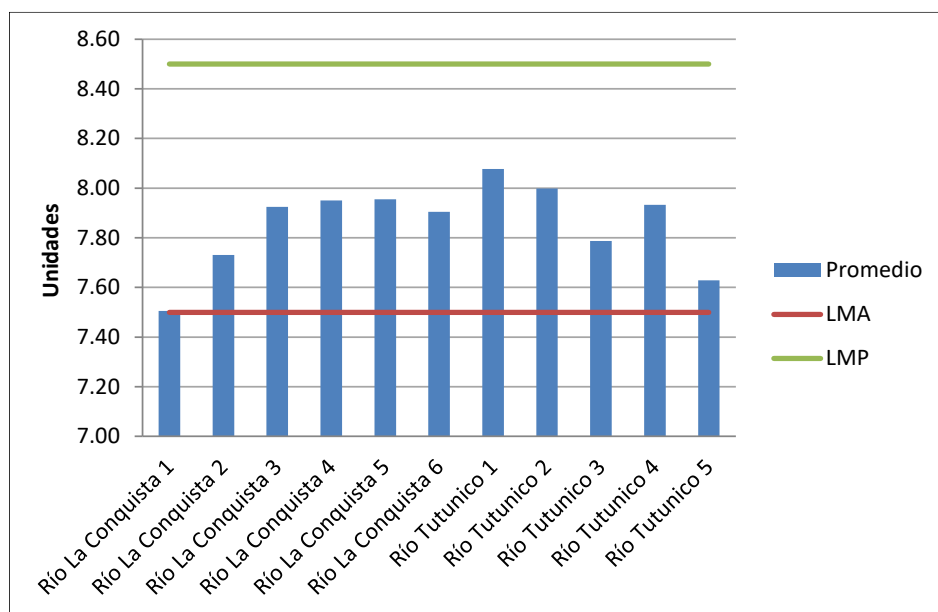
El pH, es una de las pruebas más comunes para conocer la calidad del agua. Indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como el agua, es una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H^+). Las mediciones de pH se establecen en una escala de 0 a 14, con 7.0 considerado neutro; las soluciones con un pH inferior a 7.0 unidades se consideran ácidos y las soluciones con un pH superior de 7.0 unidades se consideran básicas o alcalinas.

El cuadro 8, presentan los valores de pH para cada uno de los tres monitoreos y los valores promedio para cada uno de los ríos, donde el río La Conquista y el río Tutunico muestra que el pH en los tres monitoreo no superan rango establecido por el límite máximo permisible en la norma COGUANOR; en el río La Conquista el pH más alto se presentó en el punto de control “Río La Conquista 5” (7.96 unidades), y el río Tutunico en el punto de control “Río Tutunico 1” (8.08 unidades).

Cuadro 8. pH del agua en los puntos de control establecidos sobre la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	pH unidades			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río La Conquista	Río La Conquista 1	8.22	6.60	7.70	7.51
	Río La Conquista 2	7.85	7.19	8.16	7.73
	Río La Conquista 3	8.09	7.35	8.34	7.93
	Río La Conquista 4	8.15	7.60	8.11	7.95
	Río La Conquista 5	8.04	7.67	8.16	7.96
	Río La Conquista 6	7.94	7.68	8.10	7.91
Río Tutunico	Río Tutunico 1	8.09	7.89	8.25	8.08
	Río Tutunico 2	7.91	7.89	8.20	8.00
	Río Tutunico 3	7.43	7.83	8.10	7.79
	Río Tutunico 4	ND	7.79	8.08	7.93
	Río Tutunico 5	6.82	7.81	8.26	7.63
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		LMA 7 - 7.5		LMP 6.5 - 8.5	

La gráfica 1, muestra que el pH del agua en el río Tutunico presento valores más altos que en río La Conquista, esto probablemente se debe a que este cuerpo de agua soporta mayor contaminación por agua residuales, producto del crecimiento urbano y de la población en el municipio,



Gráfica 1. pH promedio del agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.2.2 Coliformes fecales

El agua de fuentes superficiales puede estar contaminada por microorganismos patógenos de origen fecal, tales como virus, bacterias y parásitos provenientes del intestino de los seres humanos o animales de sangre caliente, afectando de forma significativa la calidad de agua.

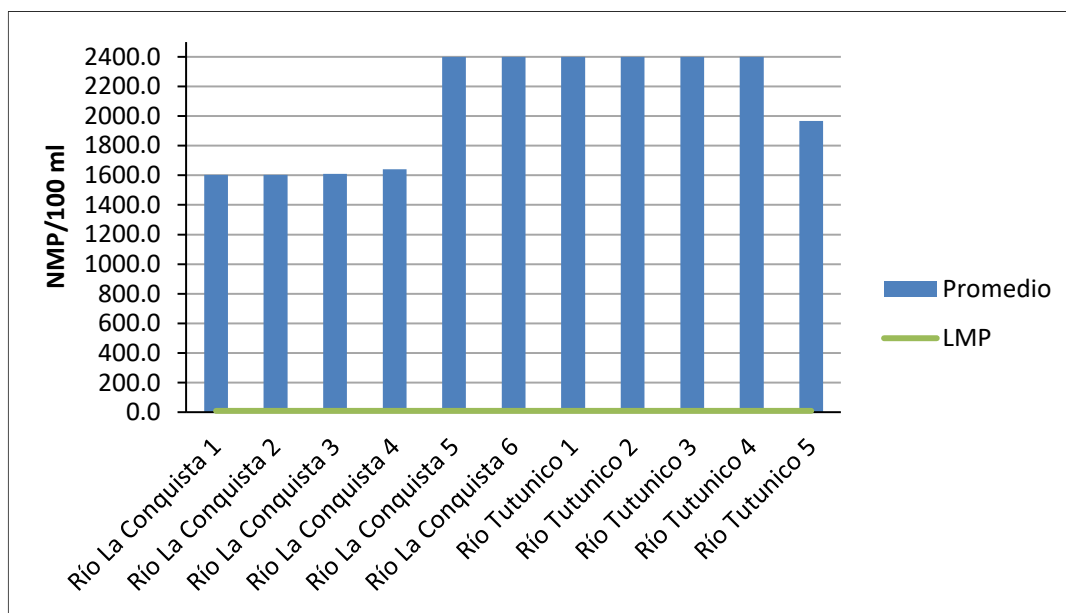
El cuadro 9, muestra las concentraciones de coliformes fecales para cada uno de los tres monitoreos y los valores promedio para cada uno de los ríos, donde el río La Conquista en el punto de control “Río La Conquista 1” en el tercer monitoreo muestra la menor concentración de bacterias coliformes fecales (3 NMP/100 ml), seguido de los puntos de control “Río La Conquista 2” (11 NMP/100 ml) y “Río La Conquista” (28 NMP/100 ml). Es importante indicar que la mayor parte de los puntos de control establecidos muestran altas concentraciones de bacterias coliformes fecales (2400 NMP/100 ml) es indica contaminación por excretas humanos o de animales de sangre caliente.

Cuadro 9. Coliformes fecales del agua en los puntos de control establecidos sobre la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Coliformes fecales NMP/100 ml de agua		
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017
Río La Conquista	Río La Conquista 1	≥2400	≥2400	3
	Río La Conquista 2	≥2400	≥2400	11
	Río La Conquista 3	≥2400	≥2400	28
	Río La Conquista 4	≥2400	≥2400	120
	Río La Conquista 5	≥2400	≥2400	≥2400
	Río La Conquista 6	≥2400	≥2400	≥2400
Río Tutunico	Río Tutunico 1	≥2400	≥2400	≥2400
	Río Tutunico 2	≥2400	≥2400	≥2400
	Río Tutunico 3	≥2400	≥2400	≥2400
	Río Tutunico 4	ND	≥2400	≥2400
	Río Tutunico 5	1100	≥2400	≥2400
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		Valor de preferencia 0 (ausencia)		

La gráfica 2, muestra las concentraciones promedio de coliformes fecales presente en el agua, en los puntos de control del río La Conquista y Tutunico, donde se observa que el agua de los dos ríos estudiados esta contraminada por bacterias coliformes y esta no apta para consumo humano son tratamiento previo.

Las bacterias coliformes ocasionan inestabilidad en la calidad del agua, los resultados muestran que la mayor presencia de esta, se encuentra en las zonas pobladas y zonas donde existen actividades pecuarias. Las aguas servidas vertidas de forma directa a la corriente superficial de la microcuenca La Conquista, es un factor importante que altera la calidad de agua, así como la falta de tratamiento en aguas residuales en los procesos productivos.



Gráfica 2. Coliformes fecales promedios del agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.2.3 Demanda Biológica de Oxígeno DBO₅

La DBO₅ permite determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se necesitará para estabilizar biológicamente la materia orgánica en un periodo de 5 días bajo condiciones anaeróbicas a 20 °C; se usa para determinar contaminantes de los residuos domésticos e industriales, en términos de la cantidad de oxígeno que se requieren si son descargados a las corrientes superficiales de aguas naturales.

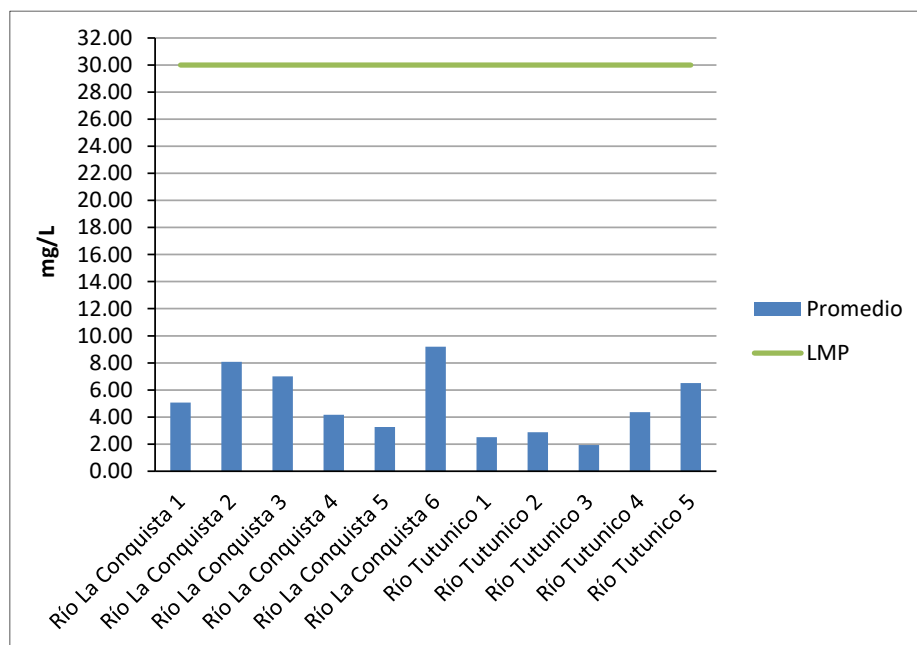
El cuadro 10, muestra los niveles de la demanda biológica de oxígeno, para cada uno de los tres monitoreos y los valores promedio para cada uno de los puntos de control, donde se observa que los niveles de la demanda biológica de oxígeno en el agua en los puntos de control no supera el límite máximo permisible (30 mg/l), sin embargo es importante indicar los puntos establecidos dentro de casco urbano de la villa de Quezaltepeque en los dos ríos muestran valores superiores que en los otros puntos, esto indica que la contaminación aumenta debido principalmente a la descarga de aguas residuales de los centro poblados directamente sobre el cauce de los río La Conquista y Tutunico.

En el primer monitoreo (mes de abril) el nivel más alto de BDO₅, en el punto de control río “La Conquista 2”, en el segundo monitoreo (mes de julio) en el punto de control “Río La Conquista 6”, en el tercer monitoreo (mes de octubre) en el punto de control “Río Tutunico 5”, con niveles de 9.90 mg/l, 12.00 mg/l y 9.48 mg/l respectivamente.

Cuadro 10. Demanda Biológica de Oxígeno del agua en los puntos de control sobre la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	DBO ₅ mg/L			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río La Conquista	Río La Conquista 1	3.78	7.74	3.72	5.08
	Río La Conquista 2	9.90	6.30	8.04	8.08
	Río La Conquista 3	7.44	5.22	8.34	7.00
	Río La Conquista 4	3.84	6.00	2.64	4.16
	Río La Conquista 5	2.70	5.16	1.92	3.26
	Río La Conquista 6	7.80	12.00	7.80	9.20
Río Tutunico	Río Tutunico 1	5.52	2.04	0.00	2.52
	Río Tutunico 2	3.60	1.32	3.72	2.88
	Río Tutunico 3	3.48	1.86	0.48	1.94
	Río Tutunico 4	ND	5.10	3.60	4.35
	Río Tutunico 5	4.38	5.68	9.48	6.51
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		LMP < 30 mg/L			

La gráfica 3, muestra los niveles promedio de la DBO₅ presente en el agua, en los puntos de control de los río La Conquista y Tutunico, donde se observa que estos valores no superan el límite máximo permisible de 30.00 mg/l, es importante indicar que el agua sin contaminación debe mostrar niveles de 0 mg/l de DBO₅, la demanda de oxígeno en el agua indica contaminación por diferentes causa pero la que predomina en la contaminación por aguas residuales.



Gráfica 3. Demanda biológica de oxígeno promedio del agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.2.4 Nitratos (NO_3^-)

Los nitratos son compuestos inorgánicos formados por un átomo de nitrógeno y tres átomos de oxígeno, indican la posibilidad de contaminantes peligrosos procedentes de las residencias o agricultura, tales como bacterias o pesticidas, fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas, volatilizados, o arrastrados por la escorrentía superficial, no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua. Su presencia natural en las aguas superficiales o subterráneas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno, sin embargo, en determinadas zonas existe alteración de este ciclo por el excesivo uso de abonos nitrogenados y su posterior arrastre por el agua de lluvia o riego.

El estándar europeo para agua potable, segunda edición, publicado por la OMS después de la convención de Génova en 1970, establece lo siguiente:

Cuadro 11. Condiciones de agua con presencia de nitratos:

Sustancia	Naturaleza del problema que puede aparecer	Nivel aproximado por encima del cual pueden aparecer problemas
Nitrato (como NO ₃)	Peligro de metahemoglobinemia infantil si el agua es consumida por niños pequeños.	- Recomendado: menos de 50 mg/l. - Aceptable: de 50 a 100 mg/l. - No recomendado: más de 100 mg/l.

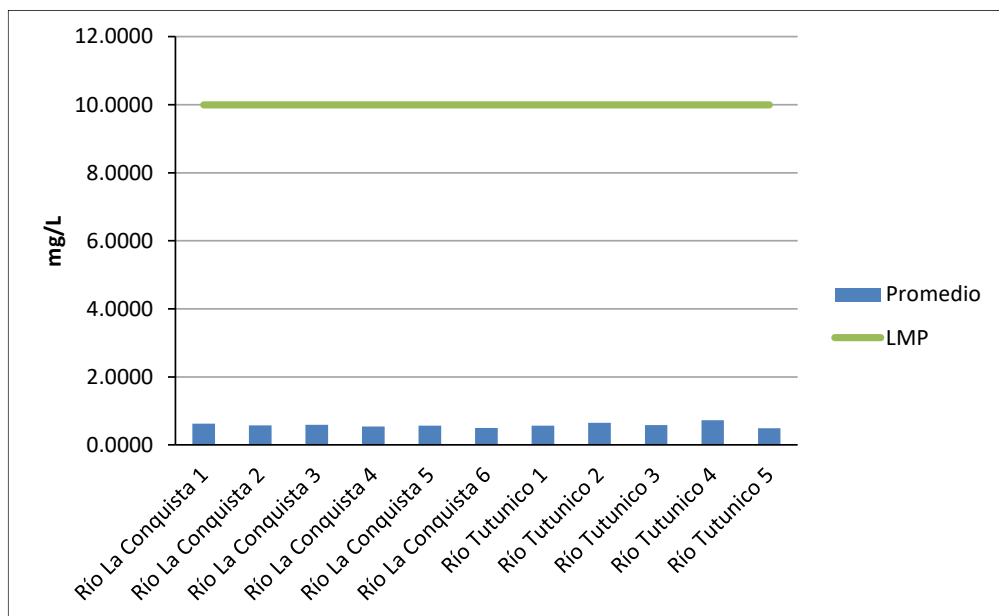
Fuente: Lenntech 2006

El cuadro 12, muestra los niveles de nitratos, para cada uno de los tres monitoreos y los valores promedio para cada uno de los puntos de control, donde se observa que los niveles de nitratos en el agua en los puntos de control no supera el límite máximo permisible (10 mg/l), sin embargo es importante indicar que en el segundo monitoreo realizado en el mes de julio la presencia de nitratos se incrementan, que corresponde a la época lluviosa y de producción agrícola, existiendo la posibilidad que este incremento se debe a las fertilizaciones propias de la época en los campos de cultivo.

Cuadro 12. Nitratos presentes en el agua en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Nitratos (NO ₃ ⁻) mg/L			Promedio
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	
Río La Conquista	Río La Conquista 1	0.5815	1.2799	0.0136	0.6250
	Río La Conquista 2	0.2717	1.4457	0.0109	0.5761
	Río La Conquista 3	0.4049	1.3505	0.0217	0.5924
	Río La Conquista 4	0.3641	1.2446	0.0082	0.5389
	Río La Conquista 5	0.3125	1.3750	0.0217	0.5697
	Río La Conquista 6	0.3614	1.0707	0.0625	0.4982
Río Tutunico	Río Tutunico 1	0.1413	1.5190	0.0489	0.5697
	Río Tutunico 2	0.2989	1.3125	0.3288	0.6467
	Río Tutunico 3	0.2853	1.4103	0.0625	0.5861
	Río Tutunico 4	ND	1.3859	0.0707	0.7283
	Río Tutunico 5	0.2853	1.1739	0.0076	0.4889
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		LMA -		LMP 10 mg/L	

La gráfica 4, muestra los niveles de nitratos en el agua en la red hidrológica superficial de los ríos La Conquista y Tutunico, donde estos niveles son inferiores a 1 mg/l. Los resultados indican que el agua tiene presencia de nitratos producto de actividades humanas, pero no representan peligro para la salud.



Gráfica 4. Valores promedio de nitratos en el agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.2.5 Fosfatos PO_4^{3-}

Los compuestos del fósforo son nutrientes para las plantas y conducen al crecimiento de algas en el agua superficial; dependiendo de la concentración de fósforo en el agua, puede producirse la eutrofización. Los compuestos de fosfato que se encuentran en agua residuales se vierten directamente a las corrientes superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza.

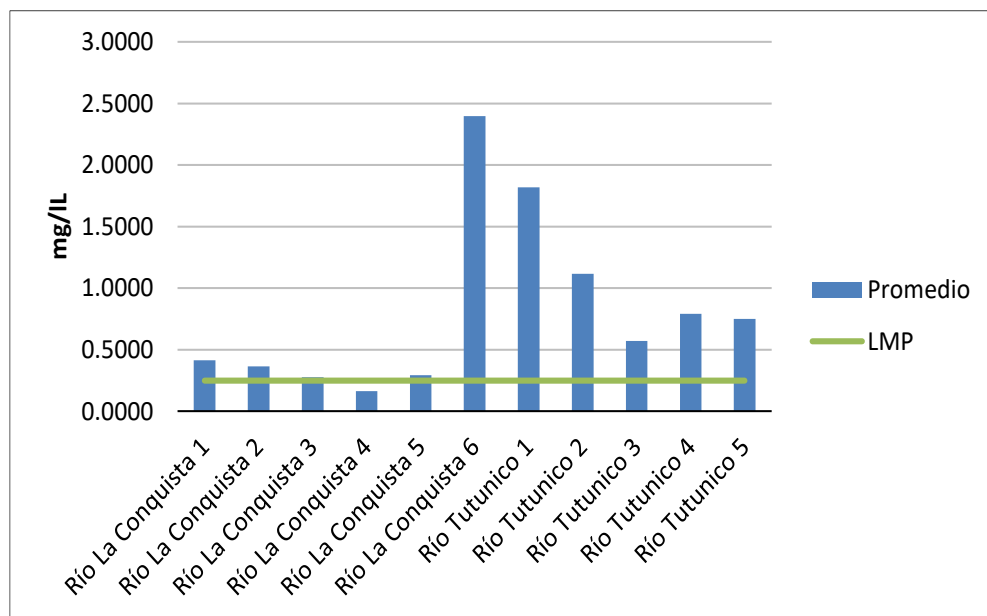
El cuadro 13, muestra los niveles de fosfatos en los puntos de muestreo en cada monitoreo realizado, donde se puede observar que el río La Conquista en el punto de muestreo “Río La Conquista 6” presenta niveles altos de fosfatos en los tres monitoreos de 5.33, 0.38 y 1.47 mg/l respectivamente, pero el nivel más alto se observó en el primer monitoreo (5.333 mg/l). En el río Tutunico todos los puntos de control tienen altos niveles de fosfatos en los tres monitoreos, con niveles de 0.1389 mg/l a 5.333 mg/l.

Cuadro 13. Niveles de fosfatos del agua en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Fosfatos (PO ₄ ³⁻) mg/L			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río La Conquista	Río La Conquista 1	0.1389	0.6306	0.4722	0.4139
	Río La Conquista 2	0.1667	0.2611	0.6639	0.3639
	Río La Conquista 3	0.3056	0.2472	0.2778	0.2769
	Río La Conquista 4	0.2222	0.1500	0.1222	0.1648
	Río La Conquista 5	0.3389	0.2472	0.2944	0.2935
	Río La Conquista 6	5.3333	0.3833	1.4722	2.3963
Río Tutunico	Río Tutunico 1	4.2556	0.5361	0.6639	1.8185
	Río Tutunico 2	2.0583	0.3750	0.9167	1.1167
	Río Tutunico 3	0.2806	0.3611	1.0750	0.5722
	Río Tutunico 4	ND	0.5500	1.0361	0.7931
	Río Tutunico 5	0.7083	0.3861	1.1583	0.7509
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		LMA -		LMP 0.25 mg/L	

Los niveles de fosfatos en el agua de la red hidrológica superficial exceden el límite máximo permisible, considerando que junto con altos niveles de nitratos pueden provocar eutrofización. Es importante indicar que se encontró presencia de algas durante el primer monitoreo (mes abril) en el río Tutunico en el primer punto de control y el punto de control 6 del río La Conquista lo cual indica presencia de nutrientes en el agua.

La gráfica 5, muestra los niveles promedio de fosfatos en los puntos de control establecidos en los ríos La Conquista y Tutunico, donde se observan únicamente el punto de control “Río La Conquista 4”, ubicado cerca de la Villa de Quezaltepeque presenta niveles promedio de fosfato inferior al límite máximo permisible. El resto de puntos de control presenta altos niveles de fosfato lo cual indica que el agua está contaminada por este elemento y es necesario realizar tratamiento para consumo humano y evitar la descarga de aguas residuales.



Gráfica 5. Valores promedio de fosfatos en el agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.2.6 Temperatura del agua

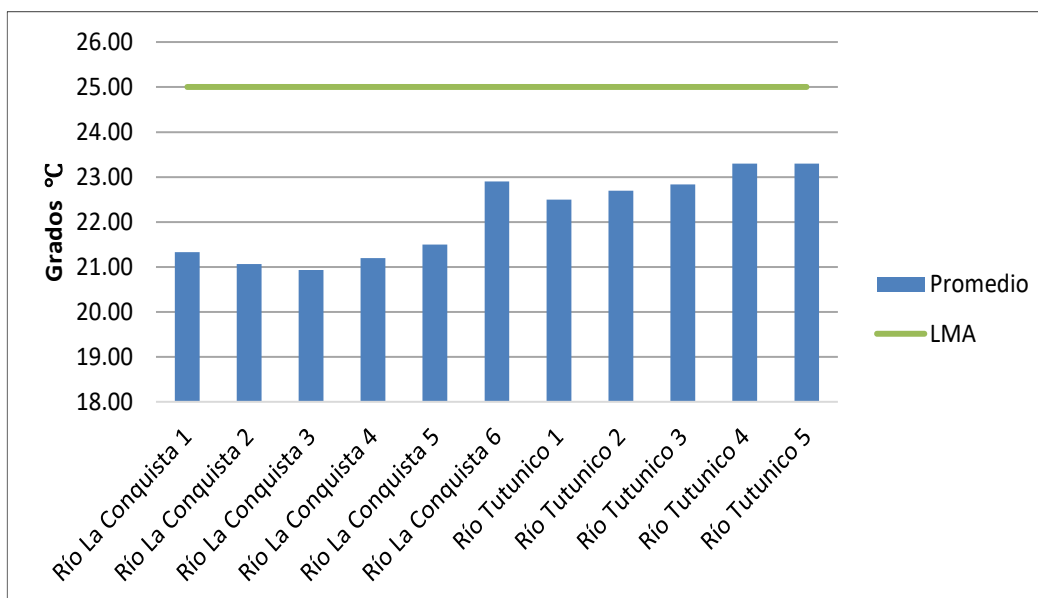
La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así mismo afecta propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema, la temperatura se ve influenciada, por las condiciones climáticas del lugar.

El cuadro 14, se muestran los resultados de la temperatura del agua en los puntos de control establecidos sobre la red hidrológica superficial de los ríos bajo estudio en cada uno de los tres monitoreos y el valor promedio. Donde los resultados indican que la temperatura del agua en la red hidrológica de estos ríos se encuentra dentro del límite máximo aceptable según la Norma COGUANOR.

Cuadro 14. Temperatura del agua en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Temperatura °C			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río La Conquista	Río La Conquista 1	18.00	24.00	22.00	21.33
	Río La Conquista 2	18.00	23.20	22.00	21.07
	Río La Conquista 3	18.00	22.80	22.00	20.93
	Río La Conquista 4	19.00	22.70	21.90	21.20
	Río La Conquista 5	19.50	23.00	22.00	21.50
	Río La Conquista 6	23.40	23.10	22.20	22.90
Río Tutunico	Río Tutunico 1	23.00	22.20	22.30	22.50
	Río Tutunico 2	23.00	22.90	22.20	22.70
	Río Tutunico 3	23.00	23.60	21.90	22.83
	Río Tutunico 4	ND	24.60	22.00	23.30
	Río Tutunico 5	23.40	24.40	22.10	23.30
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		LMA 15 - 25 °C			

La gráfica 6, los valores promedio de temperatura para cada uno de los puntos de control establecidos sobre la red hidrológica de los ríos La Conquista y Tutunico, donde se observa que el río Tutunico presenta valores de temperatura mayor que el río La Conquista, pero como se indicó anteriormente no supera el límite máximo aceptable LMA de 25 °C.



Gráfica 6. Promedio de temperatura del agua del río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.2.7 Turbidez

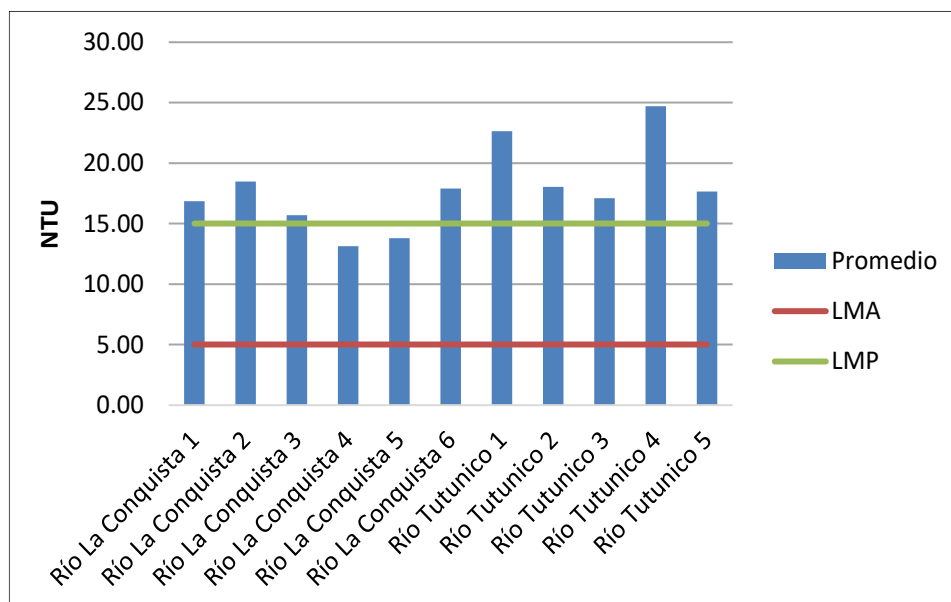
La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, cuantos sólidos (arena, arcilla y otros materiales) hay en suspensión. La turbidez puede ser provocado por el fitoplancton, partículas de suelo suspendidas en el agua producto de la erosión, sedimentos depositados en el fondo, descargas directas a cuerpos de agua y por escorrentía urbana.

El cuadro 15, muestra los valores de la turbidez en los puntos de muestreo en cada monitoreo, donde se puede observar que el río La Conquista presenta valores de turbidez más altos en el tercer monitoreo (19.6 a 35.3 mg/l) que se realizó en la apoca lluviosa y menores valores de turbidez en el primer monitoreo (1.60 a 21.00 mg/l) que corresponde a la época seca.

Cuadro 15. Turbidez en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Turbidez NTU			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río La Conquista	Río La Conquista 1	21.0	21.8	7.72	16.84
	Río La Conquista 2	8.70	35.3	11.40	18.47
	Río La Conquista 3	2.30	35.2	9.60	15.70
	Río La Conquista 4	1.60	28.3	9.50	13.13
	Río La Conquista 5	1.80	31.9	7.70	13.80
	Río La Conquista 6	19.00	19.6	15.10	17.90
Río Tutunico	Río Tutunico 1	1.90	56.0	10.00	22.63
	Río Tutunico 2	3.60	41.0	9.50	18.03
	Río Tutunico 3	1.60	41.0	8.70	17.10
	Río Tutunico 4	ND	42.0	7.40	24.70
	Río Tutunico 5	6.40	40.0	6.50	17.63
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		LMA 5 NTU		LMP 15 NTU	

La gráfica 7, muestra los valores promedio de la turbidez del agua en los ríos bajo estudio, donde se puede observar que en todos los puntos de control establecidos la turbidez del agua es superior al límite máximo aceptable de 5 NTU, por lo tanto, el agua puede ser rechazado para consumo humano. El río Tutunico presenta valor promedio de turbidez superior al límite máximo permisible 15 NTU en los cinco puntos de control, esto indica que el agua no es apta para consumo humano y puede ocasionar daños a la salud si se consume sin previo tratamiento. El río La Conquista valores de turbidez en dos puntos de control inferior a al límite máximo permisible (puntos de control “Río La Conquista 4 y 5); en los 4 puntos de control restantes la turbidez supera el límite máximo permisible.



Gráfica 7. Turbidez del agua en el río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.2.8 Sólidos disueltos totales (SDT)

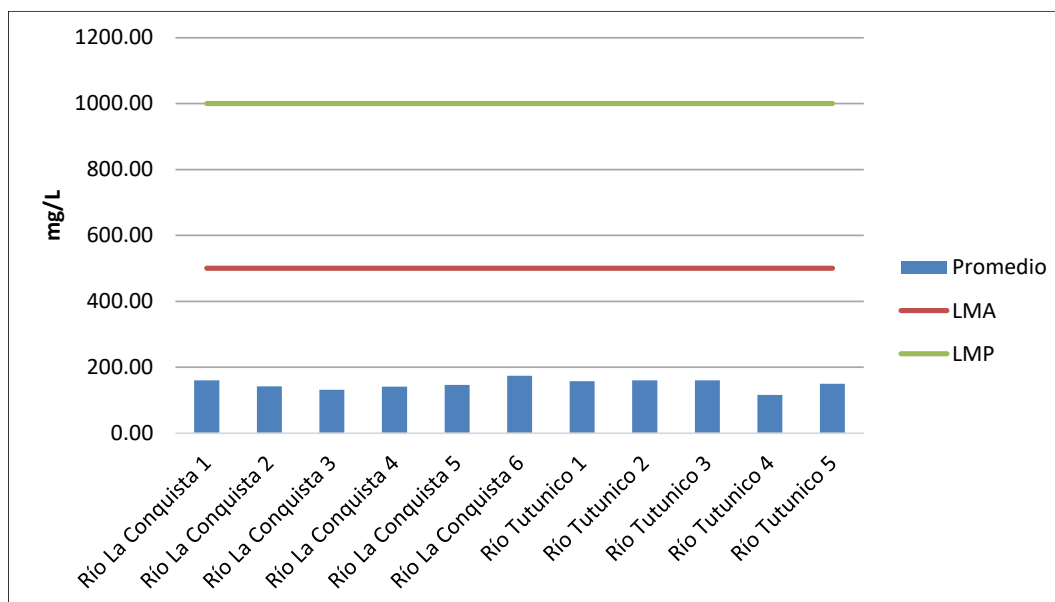
Los sólidos disueltos totales corresponden a la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso, miden específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos). Los sólidos disueltos pueden afectar la calidad de un cuerpo de agua de varias formas. Agua con un alto contenido de sólidos disueltos, es por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Por esta razón, se ha establecido un límite máximo aceptable –LMA- de 500 mg/L y un límite máximo permisible –LMP- de 1000 mg/L.

El cuadro 16, muestra las concentraciones de sólidos disueltos totales en los puntos de muestreo en cada monitoreo, donde se puede observar que el río La Conquista y río Tutunico los valores no superan el límite máximo aceptable (500 mg/l) ni el límite máximo permisible (1000 mg/l).

Cuadro 16. Concentración de sólidos disueltos totales en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Sólidos disueltos totales mg/L			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río la Conquista	Río La Conquista 1	152.10	129.70	199.85	160.55
	Río La Conquista 2	180.85	108.05	137.70	142.20
	Río La Conquista 3	144.55	114.50	136.10	131.72
	Río La Conquista 4	139.95	114.95	142.45	141.20
	Río La Conquista 5	182.40	116.10	140.00	146.17
	Río La Conquista 6	233.50	132.05	155.75	173.77
Río Tutunico	Río Tutunico 1	267.50	74.70	131.50	157.90
	Río Tutunico 2	271.50	72.15	137.30	160.32
	Río Tutunico 3	261.50	76.35	143.75	160.53
	Río Tutunico 4	ND	78.60	152.95	115.78
	Río Tutunico 5	217.45	79.45	153.50	150.13
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		LMA 500 mg/L		LMP 1000 mg/L	

La gráfica 8, muestra los valores promedio de los sólidos disueltos totales obtenidos en la red hidrológica superficial, establecen que todos los puntos de control se encuentran dentro del LMA (500 mg/L) y LMP (1000 mg/L), donde los valores no representan amenaza para consumo humano, el valor promedio máximo se localiza en el punto de control río La Conquista 6 por motivo que se vierten las aguas residuales sin tratamiento.



Gráfica 8. Concentración promedio de sólidos disueltos totales en el río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.2.9 Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto en agua es vital para la existencia de la mayoría de organismos acuáticos, es un componente clave en la respiración celular tanto para la vida acuática como para la vida terrestre. La concentración de oxígeno disuelto en un ambiente acuático es un indicador importante de la calidad del agua, se disuelve en el agua por diversos procesos como la difusión entre la atmósfera y el agua, oxigenación por el flujo del agua sobre las rocas y otros residuos.

Hay muchos factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en un ambiente acuático; estos factores incluyen: temperatura, flujo de la corriente, presión del aire, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana.

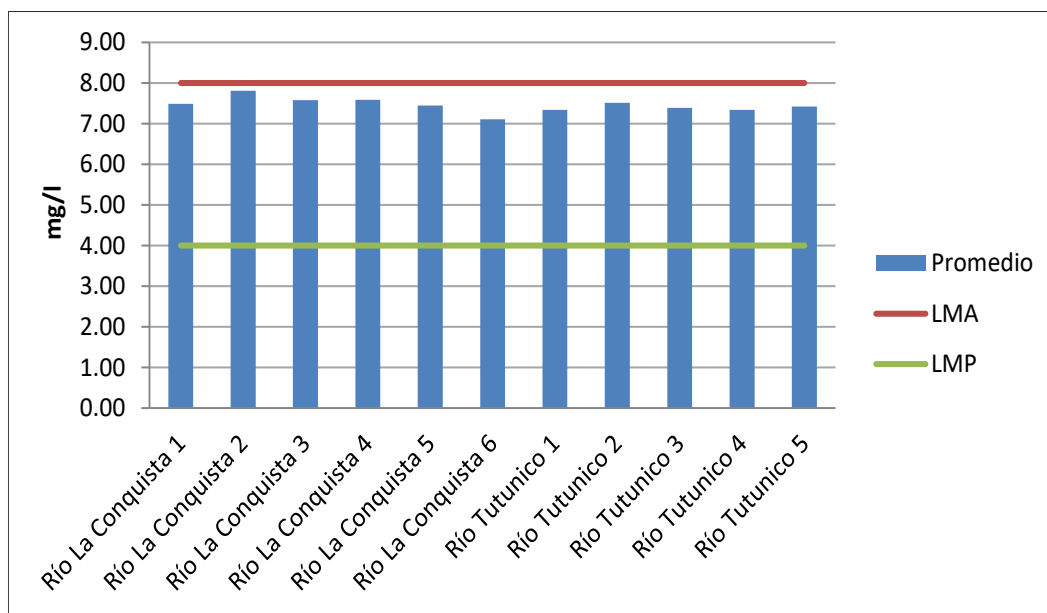
El cuadro 17, muestra los niveles de oxígeno disuelto en los puntos de control para cada monitoreo realizado, el río La Conquista muestra que los niveles de oxígeno disuelto son superiores al límite máximo permisible 4 mg/l, esto indica que el agua de la corriente superficial tiene niveles adecuados de oxígeno; el río Tutunico también

muestra que los niveles de oxígeno disuelto son superiores al límite máximo permisible.

Cuadro 17. Niveles de oxígeno disuelto en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Oxígeno disuelto mg/L			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río La Conquista	Río La Conquista 1	7.41	7.38	7.68	7.49
	Río La Conquista 2	7.10	7.18	9.15	7.81
	Río La Conquista 3	7.46	7.27	8.01	7.58
	Río La Conquista 4	7.71	6.98	8.07	7.59
	Río La Conquista 5	7.39	7.08	7.88	7.45
	Río La Conquista 6	7.15	6.64	7.53	7.11
Río Tutunico	Río Tutunico 1	7.32	7.07	7.64	7.34
	Río Tutunico 2	7.80	7.01	7.73	7.51
	Río Tutunico 3	7.41	7.03	7.74	7.39
	Río Tutunico 4	ND	6.98	7.71	7.35
	Río Tutunico 5	7.55	7.02	7.70	7.42
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		LMA 8mg/L		LMP 4mg/L	

La gráfica 9, muestra los resultados promedio de los niveles de oxígeno disuelto en los puntos de control establecidos en cada uno de los ríos bajo estudio, donde se puede observar los valores promedio se encuentra dentro del límite máximo permisible y límite máximo aceptable con valor de 7.11 a 7.81 mg/l para el río La Conquista y valores de 7.34 a 7.51 mg/l para el río Tutunico.



Gráfica 9. Niveles promedio de oxígeno disuelto en el río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.2.10 Porcentaje saturación de oxígeno

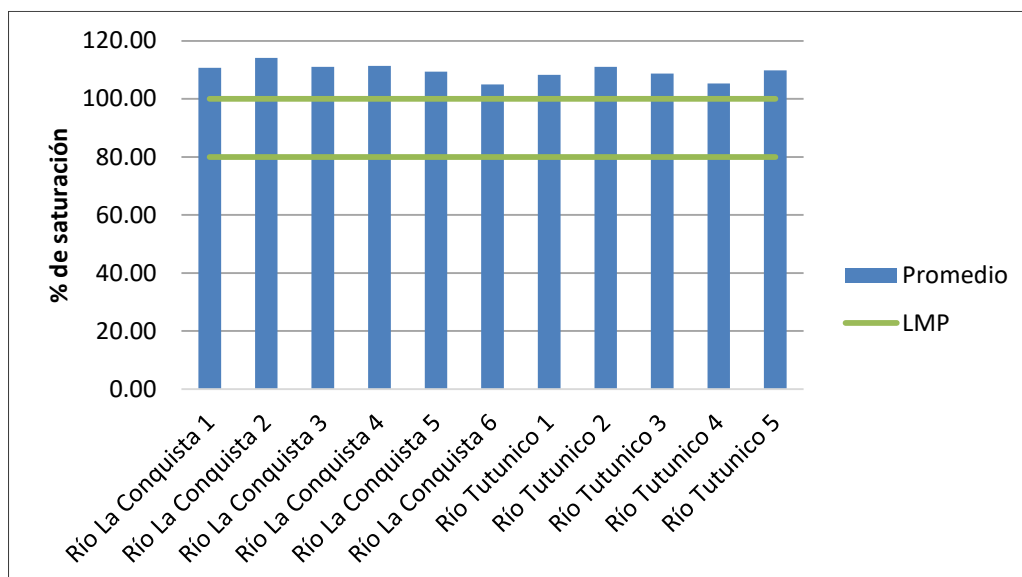
La saturación de oxígeno es la cantidad de oxígeno soluble en el agua; si la saturación es inferior al 80% indica condiciones de contaminación. Niveles de saturación por encima del 100%, pueden reflejar que el cuerpo de agua experimenta un crecimiento excesivo de algas, fenómeno que se conoce como eutrofización.

El cuadro 18, muestra el porcentaje de saturación de oxígeno para cada punto de control en los tres monitoreos, donde los resultados muestran que, en el río La Conquista y el río Tutunico tienen alta concentraciones de oxígeno disuelto en todos puntos de control dicha concentración, es superior al límite máximo permisible. Es importante indicar que en varios puntos de control la saturación de oxígeno supera el 100%.

Cuadro 18. Porcentaje de saturación de oxígeno en los puntos de control de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Porcentaje de saturación de oxígeno %SAT			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río La Conquista	Río La Conquista 1	114.60	109.75	107.65	110.67
	Río La Conquista 2	109.90	106.05	126.35	114.10
	Río La Conquista 3	115.10	107.55	110.55	111.07
	Río La Conquista 4	119.15	103.70	111.25	111.37
	Río La Conquista 5	114.35	105.00	108.75	109.37
	Río La Conquista 6	111.05	98.65	105.35	105.02
Río Tutunico	Río Tutunico 1	113.30	105.50	106.15	108.32
	Río Tutunico 2	121.40	104.50	107.05	110.98
	Río Tutunico 3	114.75	104.80	106.60	108.72
	Río Tutunico 4	ND	104.25	106.30	105.28
	Río Tutunico 5	117.50	105.35	106.50	109.78
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.		LMA --		LMP 80% - 100%	

En la gráfica 10, se muestra los promedios del porcentaje de saturación de oxígeno en los puntos de control de cada río, donde se observa en tanto en el río La Conquista como en el río Tutunico la saturación de oxígeno supera el 100%. Esto se debe a que durante el recorrido del agua sobre el cauce esta se oxigena por turbulencia y a pesar de recibir descarga de aguas residuales el río muestra un grado alto de resiliencia.



Gráfica 10. Promedio de porcentaje de saturación de oxígeno en el río La Conquista y Tutunico en los puntos de control

8.3 Índice de Calidad de Agua –ICA- de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico de la microcuenca La Conquista

El Índice de Calidad de Agua se estimó con los valores de los nueve parámetros: pH, coliformes fecales, demanda biológica de oxígeno DBO₅, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto en % de saturación, el índice de calidad de agua se estimó en cada monitoreo para obtener un promedio de los tres monitoreos en cada punto de control de los ríos La Conquista y Tutunico, en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río La Conquista, en el municipio de Quezaltepeque, los resultado del ICA se presentan en el cuadro 19.

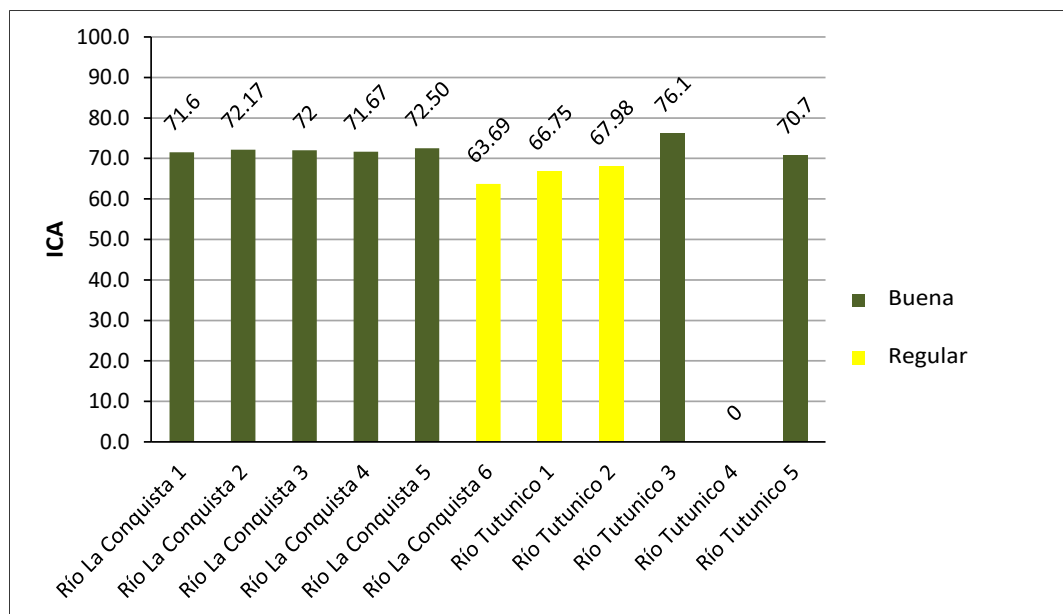
Cuadro 19. Índice de Calidad de Agua –ICA- de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Índice de Calidad del Agua -ICA-			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río La Conquista	Río La Conquista 1	71.55	68.46	85.15	75.05
	Río La Conquista 2	72.17	71.88	75.58	73.21
	Río La Conquista 3	72.00	72.02	79.17	74.40
	Río La Conquista 4	71.67	72.43	77.66	73.92
	Río La Conquista 5	72.50	71.59	73.38	72.49
	Río La Conquista 6	63.69	68.22	63.45	65.12
Río Tutunico	Río Tutunico 1	66.75	69.67	71.49	69.30
	Río Tutunico 2	67.98	72.39	66.48	68.95
	Río Tutunico 3	76.10	73.19	69.00	72.76
	Río Tutunico 4	ND	69.63	66.51	68.07
	Río Tutunico 5	70.70	70.65	63.48	68.28
ND: No determinado porque la corriente no contaba con agua.					

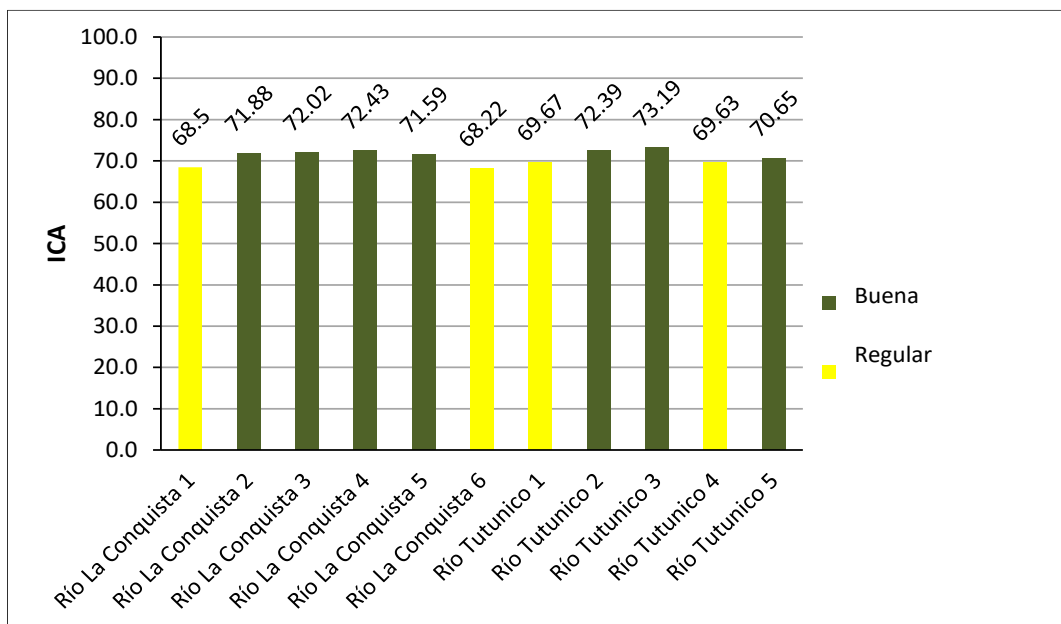
El río La Conquista es el que menor Índice de Calidad de Agua presento en el punto de control 6, que corresponde al punto después que el río atravesó la Villa de Quezaltepeque y ha recibido descarga de agua servidas de los centros poblados ; para el río Tutunico los puntos de control 2, 4 y 5 son los que presentaron menor Índice de Calidad del Agua, es importante indicar que este cuerpo de agua recibe mucha influencia de contaminación por la descarga de agua residuales de los centros poblados y actividades pecuarias que desarrollan los pobladores. Los resultados muestran que el Índice de Calidad del Agua disminuye a lo largo de la red hidrológica por la descarga de aguas residuales que reciben los ríos al pasar por la Villa de Quezaltepeque.

El río La Conquista en el punto de control 1, ubicado en el nacimiento de este, es el que mayor Índice de Calidad de Agua presento (75.05), en este punto la influencia de contaminación es menor, pero existe y puede incrementarse debido a las actividades antrópicas que se desarrollan cerca de este punto.

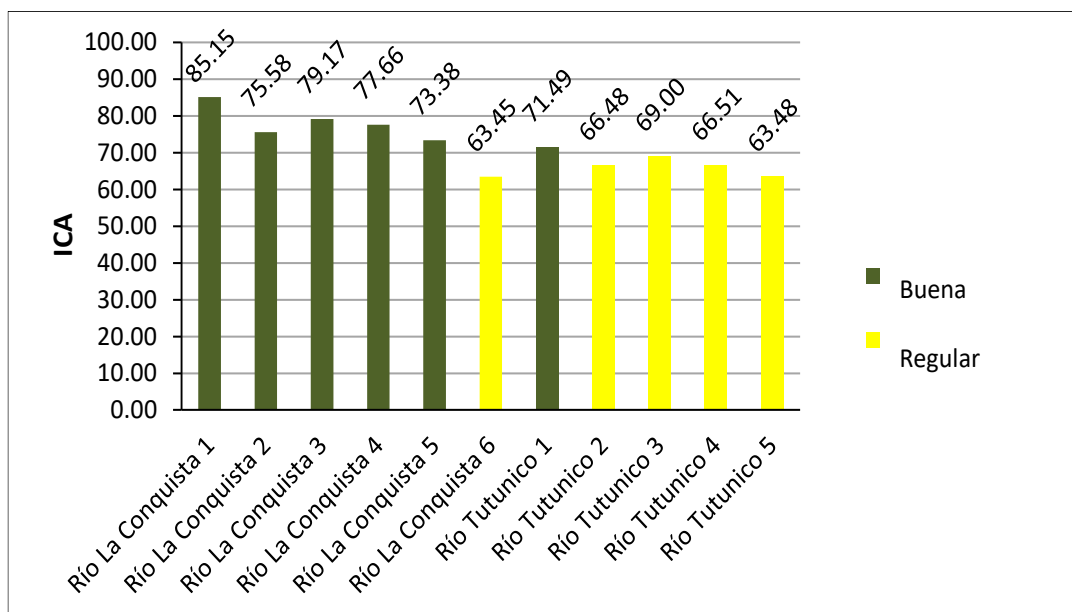
En las gráficas 11, 12 y 13, se presenta el Índice de Calidad del Agua obtenido en el primer, segundo y tercer monitoreo, donde se puede observar el cambio que ocurre en cada punto de monitoreo de los ríos Las Conquista y Tutunico, donde se puede apreciar la variación de la calidad del agua en la época seca y época lluviosa.



Gráfica 11. Índice de calidad del agua y la calidad de agua, en el primer monitoreo del río La Conquista y Tutunico



Gráfica 12. Índice de calidad del agua y la calidad de agua, en el segundo monitoreo del río La Conquista y Tutunico



Gráfica 13. Índice de calidad del agua y la calidad de agua, en el tercer monitoreo del río La Conquista y Tutunico

8.4 Calidad de agua de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico de la microcuenca La Conquista

Como se indicó anteriormente la microcuenca del río La Conquista, esta conformada por los ríos La Conquista y Tutunico; con los resultados promedio del Índice de Calidad del Agua –ICA- de cada punto de control de los ríos bajo estudio, primero se determinó la calidad del agua con base a la clasificación propuesta por Brown (1970) que se muestra en el cuadro 20. Con base a esta clasificación la calidad del agua se divide en cinco escalas: Excelente, Buena, Regular, Mala y Pésima.

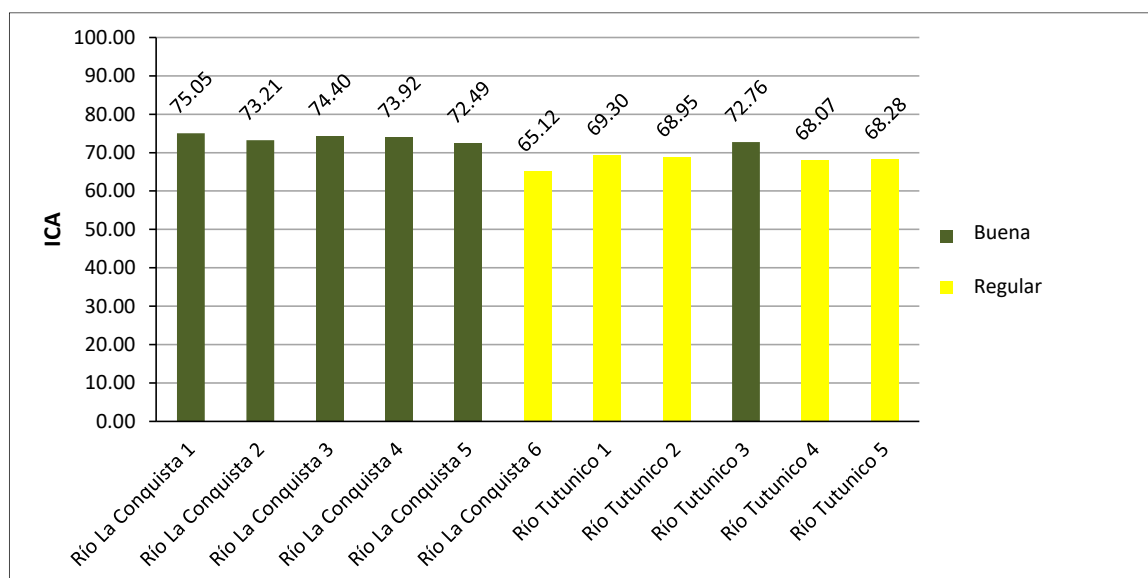
Cuadro 20. Calidad de agua general de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Calidad de Agua			
		Primer Monitoreo abril 2017	Segundo Monitoreo julio 2017	Tercer Monitoreo octubre 2017	Promedio
Río La Conquista	Río La Conquista 1	BUENA	REGULAR	BUENA	BUENA
	Río La Conquista 2	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
	Río La Conquista 3	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
	Río La Conquista 4	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
	Río La Conquista 5	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
	Río La Conquista 6	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
Río Tutunico	Río Tutunico 1	REGULAR	REGULAR	BUENA	REGULAR
	Río Tutunico 2	REGULAR	BUENA	REGULAR	REGULAR
	Río Tutunico 3	BUENA	BUENA	REGULAR	BUENA
	Río Tutunico 4	ND	REGULAR	REGULAR	REGULAR
	Río Tutunico 5	BUENA	BUENA	REGULAR	REGULAR
ND: no determinado porque la corriente no contaba con agua.					

El cuadro 20, muestra la calidad de agua para los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de los ríos, donde se observan la calidad de agua para cada uno de los tres monitoreos; donde el río La Conquista presenta calidad del agua “Buena” en los tres monitoreos, a excepción del segundo monitoreo en el punto de control 1 y punto de control 6, donde los tres monitoreos presentaron calidad de agua “Regular”.

En río Tutunico la calidad de agua se comporta de forma variable en los tres monitoreos, de acuerdo a los valores promedio del ICA, se concluye que en cuatro puntos de control (1, 2, 4 y 5) la calidad del agua es “Regular” y en el punto de control 5 la calidad del agua es “Buena”.

La gráfica 14, se muestra la Calidad de Agua según Brown (1970), para cada punto de control en los ríos La Conquista y Tutunico que conformar la red hidrológica de la microcuenca del río La Conquista del municipio de Quezaltepeque, donde se observa de forma gráfica el Índice de Calidad del Agua y la calidad del agua y cada punto de control en los ríos bajo estudio.



Gráfica 14. Calidad del agua general en cada punto de control establecido

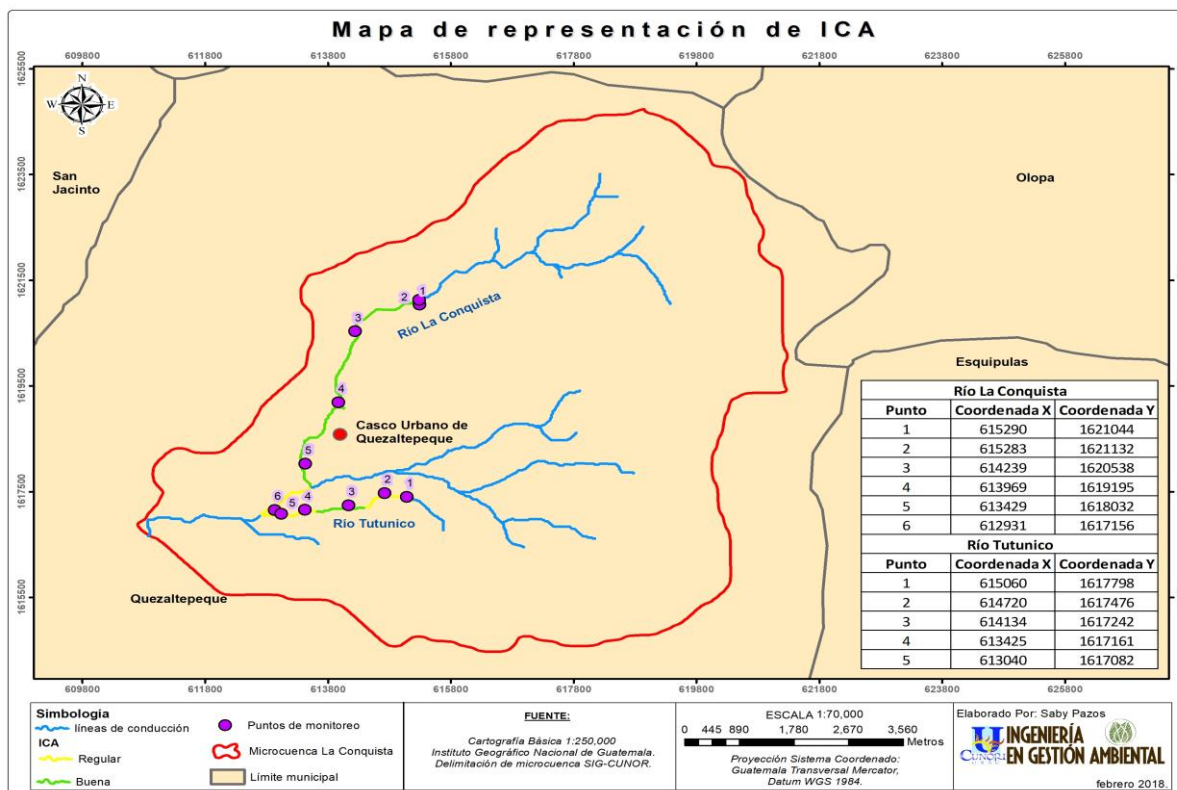


Figura 12. Calidad de Agua General en la corriente superficial de la microcuenca La Conquista

8.4.1 Calidad del agua según los criterios generales de uso

Con base al del Índice de Calidad de Agua –ICA-, se determinó la calidad de agua según criterio general de uso de acuerdo al panel de expertos Dinius (1987), basado en el uso para el cual se destinará el agua de una fuente superficial, donde se definen 6 rangos de acuerdo a la calidad del agua: Excelente, Aceptable, Levemente Contaminada, Contaminada, Fuertemente Contaminada y Excesivamente Contaminada; y se establecen cinco criterios generales de uso, Agua Potable, Agricultura, Pesca y Vida Acuática, Industrial y Recreativo. Con base a lo anterior se presenta la calidad del agua en los puntos de control establecidos en la microcuenca La Conquista en el cuadro 21.

Cuadro 21. Calidad del agua según los criterios generales de uso en la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico

Río	Punto de Control	Índice de Calidad de Agua -ICA-	Calidad de agua según los criterios generales de uso.				
			Agua Potable	Agrícola	Pesca y vida acuática	Industrial	Recreativo
Río La Conquista	Río La Conquista 1	75.05	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
	Río La Conquista 2	73.21	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
	Río La Conquista 3	74.40	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
	Río La Conquista 4	73.92	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
	Río La Conquista 5	72.49	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
	Río La Conquista 6	65.12	Contaminada	Levemente contaminada	Aceptable	Levemente contaminada	Aceptable
Río Tutunico	Río Tutunico 1	69.30	Contaminada	Levemente contaminada	Aceptable	Levemente contaminada	Aceptable
	Río Tutunico 2	68.95	Contaminada	Levemente contaminada	Aceptable	Levemente contaminada	Aceptable
	Río Tutunico 3	72.76	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
	Río Tutunico 4	68.07	Contaminada	Levemente contaminada	Aceptable	Levemente contaminada	Aceptable
	Río Tutunico 5	68.28	Contaminada	Levemente contaminada	Aceptable	Levemente contaminada	Aceptable

Con base al Índice de Calidad de Agua –ICA- y de acuerdo la escala de criterios generales de uso, en los puntos de control establecidos; 6 puntos de control se clasifican de la forma siguiente:

- Para uso de “agua potable”; levemente contaminada dudoso su consumo sin purificación, por lo que requiere una práctica adecuada para su purificación la cual puede ser llevada a cabo con la utilización de cloro, ya que es uno de las prácticas más efectivas y baratas.
- Para uso “agrícola”; aceptable, por lo que puede ser usada sin ningún tipo de purificación específico, sin embargo, para cultivos que requieren mejor calidad de agua se utilizará un sistema de purificación.
- Para “pesca y vida acuática”; excelente, por lo que no requiere métodos de purificación y beneficia la reproducción de la vida acuática lo cual es aprovechado por pobladores del municipio.

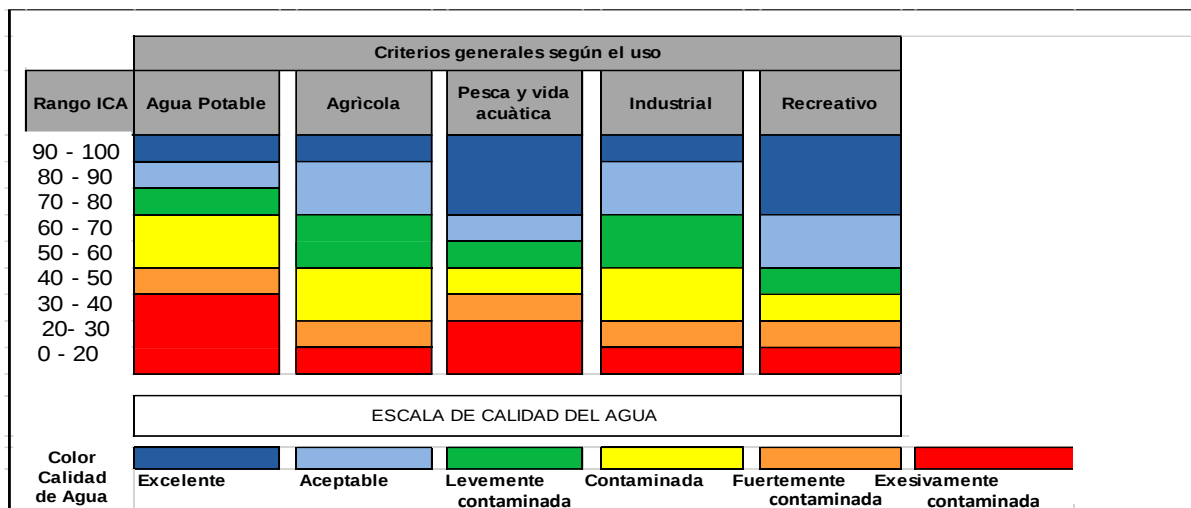
- Para uso “industrial”; aceptable, aunque no se establecen industrias dentro de la microcuenca la Conquista, la calidad de agua puede ser utilizada para las industrias.
- Para uso “recreativo”, excelente, por lo que no requiere un sistema de purificación y puede ser aprovechado por habitantes del municipio.

Mientras que se establecen 5 puntos de control que representan calidad de agua baja, que según la clasificación de calidad de agua para su uso se establece de la siguiente manera:

- Para uso “agua potable”, tratamiento potabilizador necesario, por lo que la calidad de agua es mala.
- Para uso “agrícola”, levemente contaminada, la cual es utilizable en cualquier tipo de cultivo.
- Para “pesca y vida acuática”, aceptable, por lo que la reproducción de especies acuáticas puede ser aprovechada.
- Para uso “industrial”, levemente contaminada, apta para actividades industriales, que no necesiten calidad de agua excelente.
- Para uso “recreativo”, aceptable, por lo que puede ser utilizable para cualquier tipo de actividad acuática que sea para la recreación humana.

A continuación, se presentan los criterios generales utilizados en la clasificación anterior y el rango de –ICA- que caracteriza los criterios. Cuadro 22.

Cuadro 22. Criterios generales de unos según el Índice de Calidad de Agua - ICA-



Fuente: SNET (1998?)

8.5 Lineamientos para el manejo integral del recurso hídrico de la microcuenca La Conquista

El agua es un elemento vital y un recurso necesario para el desarrollo de las actividades humanas y procesos naturales, las actividades humanas influencia de forma directa y altera la calidad y cantidad de agua, estas actividades inciden en el recurso hídrico de forma positiva o negativa, según los resultados de la presente investigación la calidad del agua en los diferentes puntos de control en los ríos La Conquista y Tutunico es “Buena” a “Regular” según la clasificación general de la calidad del agua. Con base a la información genera se presenta los siguientes lineamientos.

8.5.1 Programa de protección de las zonas de recarga hídrica

La red hidrológica superficial de la microcuenca del río La Conquista se encuentra contaminada y posee una calidad de agua “Buena” y “Regular”, por la ubicación de la microcuenca posee área boscosa lo que beneficia el recurso hídrico; el potencial boscoso está directamente relacionado con la calidad y cantidad de agua.

La protección del área boscosa en la microcuenca río La Conquista incluye actividades como:

- **Identificación de zonas boscosas que contribuyen con la recarga hídrica**

Ubicar las áreas boscosas dentro de la microcuenca río La Conquista permitirá la protección al bosque, el fomento de la reforestación, el cambio positivo en el uso, el empleo de prácticas culturales amigables con el ambiente.

- **Manejo sostenible del área forestal existente**

El manejo forestal sostenible es un proceso que lleva tiempo donde se integra el cuidado del bosque existente, mantenimiento del área boscosa y protección elaborando rondas, control de plagas, entre otras, ya que los bosques nos brindan oxígeno, agua, materia prima y son una fuente de vida que alberga flora y fauna en cada espacio

- **Cogestión de los pobladores dentro de las zonas de recarga hídrica**

La participación de los pobladores dentro de la microcuenca del río La Conquista en referencia a las áreas boscosas tiene como objetivo permitir la identificación y diseño de medidas de conservación, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales existentes, con un enfoque sostenible.

8.5.2 Concientización ambiental de sectores productivos (agrícolas, ganaderos) y comerciales dentro de la microcuenca

La concientización tiene como objetivo principal orientar a los sectores productivos del valor del recurso hídrico y sobre el deterioro del mismo puntualizando que las actividades antropogénicas producen y generan deterioro ambiental y a la contaminación del recurso agua.

Las actividades propuestas son las siguientes:

- Manejo y purificación del agua proveniente de actividades productivas de menor costo, como: sumideros, tanques de sedimentación, entre otros.

- Manejo adecuado de los recipientes con plaguicidas utilizados en la agricultura.
- Implementación de buenas prácticas agrícolas que permitan el uso eficiente de fertilizantes.
- Evitar basureros no autorizados sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca río La Conquista y río Tutunico.

9. CONCLUSIONES

- El agua de la corriente superficial del río La Conquista y Tutunico que conforman la microcuenca del río La Conquista, presenta contaminación por la presencia de bacterias Coliformes fecales, que provocan que esta no sea apta para consumo humano sin previo tratamiento.
- Los resultados de la demanda biológica de oxígeno el agua superficial de la microcuenca del río La Conquista, indican que el agua está contaminada por aguas residuales proveniente de los centros poblados y actividades productivas.
- El agua de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río La Conquista presentó altas concentraciones de fosfatos principalmente en la época lluviosa.
- El Índice de Calidad del Agua –ICA-, disminuye a lo largo del cauce principal del río La Conquista y Tutunico al pasar por la Villa de Quezaltepeque, producto de la descarga de aguas residuales sin tratamiento directamente sobre los cuerpos de agua.
- La calidad del agua para uso general se ve afectada en el río La Conquista, donde esta disminuye de calidad “Buena” a “Regular”, producto de la influencia de contaminación de los centros poblados especialmente la Villa de Quezaltepeque.
- La calidad del agua para uso general en el río Tutunico se clasifica como “Regular” a lo largo del cauce principal, esto indica que este cuerpo de agua tiene mayor influencia por contaminación antrópica.
- De acuerdo a los resultados del Índice de Calidad del Agua y a la clasificación de acuerdo a los criterios generales de uso, el agua de las corrientes superficiales de la microcuenca del río La Conquista para uso de agua potable, está de Levemente contaminada a Contaminada, para uso de agricultura de Aceptable a Levemente

contaminada, para uso de pesca y vida acuática de Excelente a Aceptable, para uso en la industria de Aceptable a Levemente contaminada y para uso recreativo de Excelente a Aceptable.

- La protección de la cobertura boscosa en las zonas de recarga hídrica de la microcuenca río La Conquista, constituye una estrategia para mejorar la calidad del agua, acompañada de manejo integral de los residuos líquidos y sólidos.

10.RECOMENDACIONES

- Incentivar al gobierno municipal y ONG del municipio a continuar con el monitoreo de la calidad del agua en la red hidrológica superficial de la microcuenca La Conquista, para disponer de una base de datos que permitan determinar la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua.
- Integrar al gobierno municipal para que identifique los puntos de descargas de aguas residuales sobre el cauce principal de la red hidrológica superficial del río La Conquista y Tutunico.
- Que el gobierno municipal se comprometa a brindar tratamiento primario a las aguas residuales de los centros poblados y la villa de Quezaltepeque, para reducir impacto sobre el agua superficial y mejorar la calidad el agua.
- Realizar monitoreo de caudales en puntos estratégicos sobre la red hidrológica del río La Conquista y Tutunico, para implementar planes de gestión integral del recurso hídrico, tanto el gobierno municipal como ONG.
- Involucrar al gobierno municipal, ONG o estudiantes de carreras afín al manejo y protección del medio ambiente a identificar las principales fuentes de contaminación del agua, en la villa de Quezaltepeque, comunidades rurales y áreas de producción.
- Proponer medidas de mitigación a nivel del gobierno municipal usando como base el marco legal vigente en materia ambiental, para evitar nuevas fuentes de contaminación de los cuerpos de agua superficiales.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrios Recinos, JP. 2006. Diagnóstico socioeconómico de Quezaltepeque; evaluación del efecto de utilización de cuatro dosis de copolímero de acrilamina sobre el crecimiento de la plantilla de bambú (*Guadua angustifolia kunth*) (H₂O) a nivel de vivero, servicios realizados en los municipios de Esquipulas y Quezaltepeque, departamento de Chiquimula (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC. 147 p. Consultado 02 feb. 2017. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8961/1/Juan%20Pablo%20Barrios%20Recinos.pdf>
- Calvo-Flores, FG. s.f. Contaminación del agua (en línea, diapositivas). España, UGR. 86 diapositivas. Consultado 11 ene. 2017. Disponible en [https://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20\[Modo%20de%20compatibilidad\].pdf](https://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20[Modo%20de%20compatibilidad].pdf)
- CTPT (Comisión Trinacional del Plan Trifinio); BCIE (Banco Centroamericano de Integración Económica); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 1992. Estudio de suelo áreas semiáridas de la región del Trifinio; Chiquimula, Quezaltepeque (en línea). Guatemala. 89 p. Consultado 02 feb. 2017. Disponible en https://books.google.com.gt/books?id=7dgqAAAYAAJ&pg=PA3&lpg=PA3&dq=Estudio+de+Suelo+%C3%81reas+semi%C3%A1ridas+de+la+regi%C3%B3n+del+Trifinio.+Chiquimula,+Quezaltepeque.&source=bl&ots=6tNoxopt2o&sig=VnZak12jV3eE1smjva6xVmzHwAk&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjBy42ckZrdAhVHY1AKHQb_BBAQ6AEwAHoECAoQAQ#v=onepage&q=Estudio%20de%20Suelo%20%C3%81reas%20semi%C3%A1ridas%20de%20la%20regi%C3%B3n%20del%20Trifinio.%20Chiquimula%2C%20Quezaltepeque.&f=false

Fernández Roca, DI. 2008. Prevención y control de la contaminación del recurso hídrico en Guatemala, necesidad de una reglamentación efectiva (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 117 p. Consultado 11 feb. 2017. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_7553.pdf

Guevara Paz, MR. 2014. Calidad del agua superficial y propuesta de manejo en la microcuenca del río Atulapa, del área protegida Trinacional Montecristo, ubicada en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 134 p. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/Calidad_del_agua_superficial_y_propuesta_de_manejo_en_la_microcuenca_del_rio_atulapa_del_area_protegida_trinacional_Montecristo_ubicada_en_el_municipio_de_Esquipulas_departamento_de_Chiquimula_2014.pdf

Lenntech. 2006. FQA de la calidad del agua (en línea, sitio web). España. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en <https://www.lenntech.es/faq-calidad-agua.htm>

Marín Galvín, R. 2010. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas (en línea). Córdova, España, EMACSA. 37 p. Consultado 10 ene. 2017. Disponible en <https://static.eoi.es/savia/documents/componente48099.pdf>

MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales); URL (Universidad Rafael Landívar); IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente); PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2009. Informe ambiental del estado de Guatemala, GEO Guatemala (en línea). Guatemala. p. 90 – 117. Consultado 15 ene. 2017. Disponible en http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/IARNA/infor_amb/2009.pdf

- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales); USAC (Universidad de San Carlos de Guatemala). 2009. En torno a... el agua salva. Guatemala. 35 p. (Cuaderno de Educación Ambiental Para la Participación Ciudadana no. 2).
- MNO (Mancomunidad de Nor Oriente). 2013. Diagnóstico integral multidimensional mancomunado (en línea). Esquipulas, Chiquimula, Guatemala, Mancomunidad de Nor Oriente. 158 p. Consultado 10 ene. 2017. Disponible en https://issuu.com/manconororientel/docs/resumen_ejecutivo_de_dim_mancomunidad
- Montero Mora, A; Sandí Morales, JA. 2009. La contaminación de las aguas mieles en Costa Rica: un conflicto de contenido ambiental (1840- 1910) (en línea). Revista Costa Rica Diálogos 10(1). Consultada 11 ene. 2017. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/dialogos/article/view/6127>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas); WWAP (World Water Assessment Programme). 2006. Evaluación de los recursos hídricos (en línea). Estados Unidos de América, GreenFacts. Consultado 12 feb. 2016. Disponible en <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2002-2003. Desarrollo del recurso hídrico en el mundo: agua para todos, agua para la vida (en línea). Guatemala. 604 p. Consultado 21 jun. 2016. Disponible en <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000149406>
- Quijada Duarte, B. 2008. Monografía de la Villa de Quezaltepeque (en línea). Quezaltepeque, Chiquimula, Municipalidad de Quezaltepeque. 14 p. Consultado 04 mar. 2013. Disponible en https://www.muniquezaltepeque.laip.gt/index.php?option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=317&id=id:gsN8kj0eRrAAAAAAAAAA1Q&Itemid=1000000000000

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 1998. Índice de calidad del agua general "ICA". San Salvador, El Salvador, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Servicio Nacionales Territoriales. 14 p.

Suray Pérez, VE. 2012. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC. 131 p.
Consultado 10 ene. 2017. Disponible en
http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0806_v9.pdf



12. ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento para la determinación de parámetros físicos, químicos, y microbiológicos.

Nitratos NO_3

Se utiliza el método de salicilato de sodio; el rango de este método se encuentra entre 0.1 y 2 mg de nitrógeno de nitratos por litro. Muestras con mayores concentraciones requieren un volumen inicial menor.

Procedimiento

- Preparar la solución de salicilato de sodio disolviendo 0.05 gr de salicilato en 10 ml de agua destilada.
- Agregar 25 ml de la muestra filtrada en sus respectivas cápsulas agregando 1 ml de salicilato de sodio preparado anteriormente.
- Colocar la cápsula con la muestra en el horno por 24 horas de 70 °C a 90 °C hasta sequedad.
- Mientras la cápsula de porcelana aún está caliente, disolver el residuo con 1 ml de ácido sulfúrico por todas las paredes de la porcelana.
- Lavar la porcelana con agua destilada y raspar las paredes con una varilla de vidrio misma que se utiliza para traspasar el agua al balón.
- Agregar 7 ml de solución NAOH-tartrato y aforar 100 ml del balón con agua destilada.
- Agitar por inversión para mayor homogenización.
- Leer a 420 nm en el espectrofotómetro sin corrección de fondo.

Fosfatos PO_4

Para la determinación de fosfatos se preparan los siguientes reactivos: A) 14. 0 ml de ácido sulfúrico concentrado aforado con agua a 100 ml B) 0.0274 g de tartrato de antimonil-potasio en 10 ml de agua destilada C) 1.00 g de heptamolibdato de amonio en 25 ml de agua destilada

D) 0.88 g de ácido ascórbico en 50 ml de agua destilada

Procedimiento

- Mezclar en el siguiente orden 80 ml de A, 8 ml de B, 24 ml de C y 48 ml de D.

- Agregar 2.0 ml de esta mezcla a 10 ml de muestra filtrada por duplicado.
- Agitar por inversión para mayor homogenización.
- Leer a 880 nm utilizando corrección de fondo

Demanda biológica de oxígeno en 5 días DBO5 Procedimiento:

- Agregar en tres botellas de DBO de 300ml; 25 ml de la muestra (10 ml de muestra para aguas residuales) y 1 ml de las soluciones A, B, C, y D.
- Aforar dos botellas con agua destilada a 300.0 ml, sin hacer burbuja.
- Sellar ambas botellas con papel parafilm, y dejar 5 días enteros en la incubadora a 20 °C.
- La botella restante completar con agua destilada hasta el cuello sin hacer burbuja y determine el oxígeno disuelto con la sonda de oxímetro.
- Tomar dos lecturas de oxígeno disuelto, y desechar el contenido.
- Al terminar el período de incubación determine el oxígeno disuelto.

Cálculos DBO = (OD inicial – OD final)

Sólidos Totales

Para la determinación de los sólidos totales primero debe de realizarse la preparación de la capsula:

Preparación de la cápsula de porcelana:

- Colocar las cápsulas en el horno durante 15 minutos.
- Sacar las capsulas con las pinzas y dejar que llegue a temperatura ambiente.
- Pesar la cápsula, tomando 4 decimales.
- Agitar la muestra y servir 25.0 ml en la cápsula.
- Dejar las cápsulas en el horno por 24 horas.
- Sacar las cápsulas y dejar que lleguen a temperatura ambiente.
- Pesar las cápsulas en la balanza analítica.
- Anotar el peso.

Para este análisis se utilizó la fórmula:

Sólidos totales = peso final – peso inicial

Turbidez

La turbidez será medida utilizando un turbidímetro.

Procedimiento:

- Calibrar el medidor de turbidez con soluciones de calibración.
- La medición con este método se realizó introduciendo en forma progresiva una fracción de líquido a analizar en el tubo, previamente calibrado; la muestra debe de llegar hasta la marca blanca de la celda.
- Limpiar las paredes de la celda con papel mayordomo.
- Colocar en el medidor de turbidez la muestra y leer en auto rango.
- Cada vez que se analice una muestra diferente, el recipiente debe de ser enjuagado con agua destilada.

Determinación de parámetros bacteriológicos

Los indicadores más usados son los organismos Coliformes. El estimado o determinación de los organismos Coliformes se realizó empleando la técnica de los tubos múltiples.

Análisis de Coliformes

Se analizaron, Coliformes fecales.

Procedimiento:

- Preparación de Agar.
- Hacer 1 agar simple, y 1 agar doble; en el agar simple se utiliza 17 gramos de mlx en 1000 ml, y en el agar doble se utiliza 17 mlx en 500 ml.
- Preparar 9 tubos de ensayo por cada muestra que se desee realizar.
- De esos 9 tubos de ensayo a 6 les agrego 9ml del agar simple, a los otros 3 se les agrega 10 ml del agar doble.
- Hacer la siembra; para esto debe de colocarse a 3 tubos de ensayo de concentración simple 0.1 ml de la muestra, en los otros 3 tubos de ensayo de

concentración simple colocar 1 ml de la muestra; y en los últimos 3 tubos de ensayo de concentración doble agregar 10 ml de la muestra.

- Las pruebas se incubaron a 25°C por 24 hrs. Después de las 24 horas, realizar la lectura de los tubos de ensayo. La lectura se realizó por un cambio de color, reacción Indol positiva o negativa.
- Por último, estos resultados se interpretan por una tabla establecida por la norma COGUANOR.

Potencial del hidrógeno pH

Procedimiento:

- Conectar la sonda de pH al multiparámetro HQ40
- Encender el multiparámetro presionando el botón de encendido/apagado.
- Retirar la tapa protectora del bulbo sensor del electrodo de pH.
- Lavar el bulbo sensor del electrodo de Ph, con agua destilada.
- Asegurarse que el bulbo quede con la menor cantidad posible de gotas de agua destilada.
- Introducir la sonda de pH en la corriente superficial.
- Cuando el potenciómetro se estabilice anotar el dato.
- Retirar la sonda de la muestra y lavar el bulbo sensor con agua destilada.
- Apagar el multiparámetro.

Oxígeno Disuelto

Procedimiento:

- Conectar la sonda al dispositivo multiparámetro HQ40.
- Encender el potenciómetro presionando el botón de encendido/apagado.
- Lavar la punta de la sonda de oxígeno con agua destilada.
- Asegurarse que la punta de la sonda quede con la menor cantidad posible de gotas de agua destilada.
- Introducir la sonda de oxígeno a la corriente superficial.
- Cuando el multiparámetro se estabilice anotar el dato.
- Retirar la sonda de la muestra y lavar el bulbo sensor con agua destilada.

- Apagar el dispositivo portátil.

Anexo 2. Determinación del Índice de Calidad de Agua –ICA- en la red hidrológica superficial de la microcuenca La Conquista, Quezaltepeque, 2017.

Primer monitoreo

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 1						
No.	Parámetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.22	unidades pH	75	0.12	9
3	DBO5	3.78	mg/l	66	0.10	6.6
4	Nitratos	0.58	mg/l	96	0.10	9.6
5	Fosfatos	0.14	mg/l	90	0.10	9
6	Temperatura	2.00	C	78	0.10	7.8
7	Turbidez	21.00	FAU	60	0.08	4.8
8	Sólidos disueltos totales	152.10	mg/l	78	0.08	6.24
9	Oxígeno Disuelto	114.60	% saturación	93	0.17	15.81
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	71.55

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 2						
	Parámetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.85	unidades pH	91	0.12	10.92
3	DBO5	9.9	mg/l	35	0.10	3.5
4	Nitratos	0.27	mg/l	97	0.10	9.7
5	Fosfatos	0.17	mg/l	90	0.10	9
6	Temperatura	2	C	78	0.10	7.8
7	Turbidez	8.7	FAU	80	0.08	6.4
8	Sólidos disueltos totales	180.85	mg/l	75	0.08	6
9	Oxígeno Disuelto	109.9	% saturación	95	0.17	16.15
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	72.17

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 3						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.09	unidades pH	81	0.12	9.72
3	DBO5	7.44	mg/l	45	0.10	4.5
4	Nitratos	0.4	mg/l	96.5	0.10	9.65
5	Fosfatos	0.31	mg/l	81.5	0.10	8.15
6	Temperatura	2	C	78	0.10	7.8
7	Turbidez	2.3	FAU	94	0.08	7.52
8	Sòlidos disueltos totales	144.55	mg/l	79	0.08	6.32
9	Oxígeno Disuelto	115.1	% saturaciòn	92	0.17	15.64
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	72.00

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 4						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.15	unidades pH	79	0.12	9.48
3	DBO5	3.84	mg/l	66	0.10	6.6
4	Nitratos	0.36	mg/l	96.5	0.10	9.65
5	Fosfatos	0.22	mg/l	87	0.10	8.7
6	Temperatura	4.6	C	49	0.10	4.9
7	Turbidez	1.6	FAU	95	0.08	7.6
8	Sòlidos disueltos totales	139.95	mg/l	80	0.08	6.4
9	Oxígeno Disuelto	119.15	% saturaciòn	92	0.17	15.64
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	71.67

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 5						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/ 100ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.04	unidades pH	83.5	0.12	10.02
3	DBO5	2.7	mg/l	74.5	0.10	7.45
4	Nitratos	0.31	mg/l	98	0.10	9.8
5	Fosfatos	0.34	mg/l	78	0.10	7.8
6	Temperatura	4.2	C	54	0.10	5.4
7	Turbidez	1.8	FAU	94.5	0.08	7.56
8	Sòlidos disueltos totales	182.4	mg/l	74.5	0.08	5.96
9	Oxígeno Disuelto	114.35	% saturaciòn	93	0.17	15.81
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	72.50

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 6						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.94	unidades pH	86	0.12	10.32
3	DBO5	7.8	mg/l	43.5	0.10	4.35
4	Nitratos	0.36	mg/l	96.5	0.10	9.65
5	Fosfatos	5.33	mg/l	12	0.10	1.2
6	Temperatura	0.6	C	88	0.10	8.8
7	Turbidez	19	FAU	62.5	0.08	5
8	Sòlidos disueltos totales	233.5	mg/l	69	0.08	5.52
9	Oxígeno Disuelto	111.05	% saturaciòn	95	0.17	16.15
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	63.69

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 1						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.09	unidades pH	83.5	0.12	10.02
3	DBO5	5.52	mg/l	53	0.10	5.3
4	Nitratos	0.14	mg/l	98	0.10	9.8
5	Fosfatos	4.26	mg/l	16.6	0.10	1.66
6	Temperatura	1	C	86	0.10	8.6
7	Turbidez	1.9	FAU	94	0.08	7.52
8	Sòlidos disueltos totales	267.5	mg/l	64.7	0.08	5.176
9	Oxígeno Disuelto	113.3	% saturaciòn	94	0.17	15.98
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	66.76

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 2						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.91	unidades pH	86.8	0.12	10.416
3	DBO5	3.6	mg/l	68	0.10	6.8
4	Nitratos	0.3	mg/l	91.5	0.10	9.15
5	Fosfatos	2.06	mg/l	27	0.10	2.7
6	Temperatura	1	C	86	0.10	8.6
7	Turbidez	3.6	FAU	90	0.08	7.2
8	Sòlidos disueltos totales	271.5	mg/l	64	0.08	5.12
9	Oxígeno Disuelto	121.4	% saturaciòn	90	0.17	15.3
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	67.99

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 3						
	Paràmetro	valor	unidades	subi	Wi	total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.43	unidades pH	92.6	0.12	11.11
3	DBO5	3.48	mg/l	68	0.10	6.8
4	Nitratos	0.29	mg/l	98	0.10	9.8
5	Fosfatos	0.28	mg/l	84	0.10	8.4
6	Temperatura	1	C	86	0.10	8.6
7	Turbidez	1.6	FAU	95	0.08	7.6
8	Sòlidos disueltos totales	261.5	mg/l	66	0.08	5.28
9	Oxígeno Disuelto	114.75	% saturaciòn	93	0.17	15.81
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	76.10

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 5						
	Paràmetro	valor	unidades	subi	Wi	total
1	Coliformes Fecales	1100	NMP/100 ml	18	0.15	2.70
2	pH	6.82	unidades pH	81.5	0.12	9.78
3	DBO5	4.38	mg/l	61	0.10	6.10
4	Nitratos	0.29	mg/l	98	0.10	9.80
5	Fosfatos	0.71	mg/l	56	0.10	5.60
6	Temperatura	0.7	C	88	0.10	8.80
7	Turbidez	6.4	FAU	84	0.08	6.72
8	Sòlidos disueltos totales	217.45	mg/l	71	0.08	5.68
9	Oxígeno Disuelto	117.5	% saturaciòn	91.3	0.17	15.52
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	70.70

Segundo monitoreo

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 1						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales			18	0.15	2.7
2	pH	6.6	unidades pH	74	0.12	8.88
3	DBO5	7.74	mg/l	43.5	0.10	4.35
4	Nitratos	1.28	mg/l	94	0.10	9.4
5	Fosfatos	0.63	mg/l	64.8	0.10	6.48
6	Temperatura	0	C	93	0.10	9.3
7	Turbidez	21.8	FAU	59	0.08	4.72
8	Sòlidos disueltos totales	129.7	mg/l	81	0.08	6.48
9	Oxígeno Disuelto	109.8	% saturaciòn	95	0.17	16.15
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					total	68.46

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 2						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.19	unidades pH	91	0.12	10.92
3	DBO5	6.3	mg/l	50	0.10	5
4	Nitratos	1.45	mg/l	92	0.10	9.2
5	Fosfatos	0.26	mg/l	84	0.10	8.4
6	Temperatura	0.8	C	87	0.10	8.7
7	Turbidez	35.3	FAU	49	0.08	3.92
8	Sòlidos disueltos totales	108.05	mg/l	84	0.08	6.72
9	Oxígeno Disuelto	106.05	% saturaciòn	96	0.17	16.32
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	71.88

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 3						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.35	unidades pH	92	0.12	11.04
3	DBO5	5.22	mg/l	54	0.10	5.4
4	Nitratos	1.35	mg/l	92	0.10	9.2
5	Fosfatos	0.25	mg/l	84	0.10	8.4
6	Temperatura	1.2	C	84	0.10	8.4
7	Turbidez	35.2	FAU	49	0.08	3.92
8	Sòlidos disueltos totales	114.5	mg/l	83	0.08	6.64
9	Oxígeno Disuelto	107.55	% saturaciòn	96	0.17	16.32
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	72.02

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 4						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.6	unidades pH	91.5	0.12	10.98
3	DBO5	6	mg/l	52	0.10	5.2
4	Nitratos	1.24	mg/l	94	0.10	9.4
5	Fosfatos	0.15	mg/l	89.8	0.10	8.98
6	Temperatura	2.3	C	75.5	0.10	7.55
7	Turbidez	28.3	FAU	54	0.08	4.32
8	Sòlidos disueltos totales	114.95	mg/l	83	0.08	6.64
9	Oxígeno Disuelto	103.7	% saturaciòn	98	0.17	16.66
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	72.43

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 5						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.67	unidades pH	90	0.12	10.8
3	DBO5	5.16	mg/l	54	0.10	5.4
4	Nitratos	1.38	mg/l	92	0.10	9.2
5	Fosfatos	0.25	mg/l	84	0.10	8.4
6	Temperatura	2	C	78	0.10	7.8
7	Turbidez	31.9	FAU	51	0.08	4.08
8	Sòlidos disueltos totales	116.1	mg/l	84	0.08	6.72
9	Oxígeno Disuelto	105	% saturaciòn	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	71.59

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 6						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.68	unidades pH	90	0.12	10.8
3	DBO5	12	mg/l	28.8	0.10	2.88
4	Nitratos	1.07	mg/l	94	0.10	9.4
5	Fosfatos	0.38	mg/l	76	0.10	7.6
6	Temperatura	2.9	C	69	0.10	6.9
7	Turbidez	19.6	FAU	61	0.08	4.88
8	Sòlidos disueltos totales	132.05	mg/l	80	0.08	6.4
9	Oxígeno Disuelto	98.65	% saturaciòn	98	0.17	16.66
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	68.22

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 1						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.89	unidades pH	87	0.12	10.44
3	DBO5	2.04	mg/l	82	0.10	8.2
4	Nitratos	1.52	mg/l	93	0.10	9.3
5	Fosfatos	0.54	mg/l	69	0.10	6.9
6	Temperatura	3.8	C	59	0.10	5.9
7	Turbidez	56	FAU	35.8	0.08	2.864
8	Sòlidos disueltos totales	74.7	mg/l	86	0.08	6.88
9	Oxígeno Disuelto	105.5	% saturaciòn	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	69.67

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 2						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.89	unidades pH	87	0.12	10.44
3	DBO5	2.04	mg/l	86	0.10	8.6
4	Nitratos	1.31	mg/l	93	0.10	9.3
5	Fosfatos	0.38	mg/l	76	0.10	7.6
6	Temperatura	3.1	C	66.5	0.10	6.65
7	Turbidez	41	FAU	46	0.08	3.68
8	Sòlidos disueltos totales	72.15	mg/l	86	0.08	6.88
9	Oxígeno Disuelto	104.5	% saturaciòn	97.3	0.17	16.541
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	72.39

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 3						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.83	unidades pH	87	0.12	10.44
3	DBO5	1.86	mg/l	83	0.10	8.3
4	Nitratos	1.41	mg/l	93.5	0.10	9.35
5	Fosfatos	0.36	mg/l	78	0.10	7.8
6	Temperatura	2.4	C	75	0.10	7.5
7	Turbidez	41	FAU	46	0.08	3.68
8	Sòlidos disueltos totales	76.35	mg/l	86	0.08	6.88
9	Oxígeno Disuelto	104.8	% saturaciòn	97.3	0.17	16.54
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	73.19

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 4						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.79	unidades pH	88	0.12	10.56
3	DBO5	5.1	mg/l	51	0.10	5.1
4	Nitratos	1.39	mg/l	92	0.10	9.2
5	Fosfatos	0.55	mg/l	69	0.10	6.9
6	Temperatura	1.4	C	82	0.10	8.2
7	Turbidez	42	FAU	45	0.08	3.6
8	Sòlidos disueltos totales	78.6	mg/l	86	0.08	6.88
9	Oxígeno Disuelto	104.25	% saturaciòn	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	69.63

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 5						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	7.81	unidades pH	88	0.12	10.56
3	DBO5	5.68	mg/l	52	0.10	5.2
4	Nitratos	1.17	mg/l	93	0.10	9.3
5	Fosfatos	0.39	mg/l	76	0.10	7.6
6	Temperatura	1.6	C	81.8	0.10	8.18
7	Turbidez	40	FAU	46.8	0.08	3.744
8	Sòlidos disueltos totales	79.45	mg/l	86	0.08	6.88
9	Oxígeno Disuelto	105.35	% saturaciòn	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	70.65

Tercer monitoreo

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 1						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	3.00	NMP/100 ml	90	0.15	13.5
2	pH	7.70	unidades pH	90	0.12	10.8
3	DBO5	3.72	mg/l	66	0.10	6.6
4	Nitratos	0.0136	mg/l	100	0.10	10
5	Fosfatos	0.4722	mg/l	78	0.10	7.8
6	Temperatura	2.00	C	78	0.10	7.8
7	Turbidez	7.72	FAU	82.8	0.08	6.624
8	Sòlidos disueltos totales	199.85	mg/l	72.5	0.08	5.8
9	Oxígeno Disuelto	107.65	% saturaciòn	95.5	0.17	16.235
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Total	85.16

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 2						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	11.00	NMP/100 ml	72	0.15	10.8
2	pH	8.16	unidades pH	79.9	0.12	9.588
3	DBO5	8.04	mg/l	42	0.10	4.2
4	Nitratos	0.0109	mg/l	100	0.10	10
5	Fosfatos	0.0039	mg/l	61.8	0.10	6.18
6	Temperatura	2.00	C	78	0.10	7.8
7	Turbidez	11.40	FAU	75	0.08	6
8	Sòlidos disueltos totales	137.70	mg/l	80	0.08	6.4
9	Oxígeno Disuelto	126.35	% saturaciòn	86	0.17	14.62
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	75.59

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 3						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	28.00	NMP/100ml	63	0.15	9.45
2	pH	8.34	unidades pH	72.1	0.12	8.652
3	DBO5	3.48	mg/l	68	0.10	6.8
4	Nitratos	0.0217	mg/l	100	0.10	10
5	Fosfatos	0.2778	mg/l	83	0.10	8.3
6	Temperatura	2.50	C	73	0.10	7.3
7	Turbidez	9.60	FAU	78	0.08	6.24
8	Sòlidos disueltos totales	136.10	mg/l	80	0.08	6.4
9	Oxígeno Disuelto	110.55	% saturaciòn	94.3	0.17	16.031
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Total	79.17

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 4						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	120	NMP/100 ml	45	0.15	6.75
2	pH	8.11	unidades pH	81	0.12	9.72
3	DBO5	2.64	mg/l	80	0.10	8
4	Nitratos	0.0082	mg/l	100	0.10	10
5	Fosfatos	0.122	mg/l	91	0.10	9.1
6	Temperatura	4.50	C	55	0.10	5.5
7	Turbidez	9.50	FAU	78	0.08	6.24
8	Sòlidos disueltos totales	142.45	mg/l	79.7	0.08	6.376
9	Oxígeno Disuelto	111.25	% saturaciòn	94	0.17	15.98
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	77.67

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 5						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.16	unidades pH	79.9	0.12	9.588
3	DBO5	1.92	mg/l	81.5	0.10	8.15
4	Nitratos	0.0217	mg/l	100	0.10	10
5	Fosfatos	0.2944	mg/l	82.2	0.10	8.22
6	Temperatura	4.00	C	56	0.10	5.6
7	Turbidez	7.70	FAU	82.2	0.08	6.576
8	Sòlidos disueltos totales	140.00	mg/l	80	0.08	6.4
9	Oxígeno Disuelto	108.70	% saturaciòn	95	0.17	16.15
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Total	73.38

Río La Conquista, punto de control río La Conquista 6						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.10	unidades pH	81	0.12	9.72
3	DBO5	7.80	mg/l	43.4	0.10	4.34
4	Nitratos	0.0625	mg/l	98	0.10	9.8
5	Fosfatos	1.4722	mg/l	34.8	0.10	3.48
6	Temperatura	4.30	C	52	0.10	5.2
7	Turbidez	15.10	FAU	69	0.08	5.52
8	Sòlidos disueltos totales	155.75	mg/l	78	0.08	6.24
9	Oxígeno Disuelto	105.35	% saturaciòn	96.8	0.17	16.456
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Total	63.46

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 1						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.25	unidades pH	75.8	0.12	9.096
3	DBO5	0.00	mg/l	98	0.10	9.8
4	Nitratos	0.0489	mg/l	100	0.10	10
5	Fosfatos	0.6639	mg/l	61.8	0.10	6.18
6	Temperatura	4.70	C	47.5	0.10	4.75
7	Turbidez	10.00	FAU	77	0.08	6.16
8	Sòlidos disueltos totales	131.50	mg/l	80.5	0.08	6.44
9	Oxígeno Disuelto	105.15	% saturaciòn	96.3	0.17	16.371
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Total	71.50

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 2						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.20	unidades pH	78	0.12	9.36
3	DBO5	3.72	mg/l	65.8	0.10	6.58
4	Nitratos	0.3288	mg/l	97.8	0.10	9.78
5	Fosfatos	0.9167	mg/l	45	0.10	4.5
6	Temperatura	4.80	C	46	0.10	4.6
7	Turbidez	9.50	FAU	78	0.08	6.24
8	Sòlidos disueltos totales	137.50	mg/l	80	0.08	6.4
9	Oxígeno Disuelto	107.05	% saturaciòn	96	0.17	16.32
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Total	66.48

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 3						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.10	unidades pH	81	0.12	9.72
3	DBO5	0.48	mg/l	94	0.10	9.4
4	Nitratos	0.0625	mg/l	98	0.10	9.8
5	Fosfatos	1.0750	mg/l	39.5	0.10	3.95
6	Temperatura	5.10	C	43.5	0.10	4.35
7	Turbidez	8.70	FAU	80	0.08	6.4
8	Sòlidos disueltos totales	143.70	mg/l	79.5	0.08	6.36
9	Oxígeno Disuelto	106.60	% saturaciòn	96	0.17	16.32
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Total	69.00

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 4						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.08	unidades pH	82	0.12	9.84
3	DBO5	3.60	mg/l	67	0.10	6.7
4	Nitratos	0.0707	mg/l	98.8	0.10	9.88
5	Fosfatos	1.0361	mg/l	39.9	0.10	3.99
6	Temperatura	5.00	C	44	0.10	4.4
7	Turbidez	7.40	FAU	82.5	0.08	6.6
8	Sòlidos disueltos totales	152.95	mg/l	78	0.08	6.24
9	Oxígeno Disuelto	106.30	% saturaciòn	95.1	0.17	16.167
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Total	66.52

Río Tutunico, punto de control río Tutunico 5						
	Paràmetro	Valor	Unidades	SUBi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
2	pH	8.26	unidades pH	75	0.12	9
3	DBO5	9.48	mg/l	36.8	0.10	3.68
4	Nitratos	0.01	mg/l	100	0.10	10
5	Fosfatos	1.16	mg/l	38	0.10	3.8
6	Temperatura	4.40	C	51	0.10	5.1
7	Turbidez	6.50	FAU	85	0.08	6.8
8	Sòlidos disueltos totales	153.50	mg/l	78	0.08	6.24
9	Oxígeno Disuelto	106.50	% saturaciòn	95.1	0.17	16.167
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Total	63.487