

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

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CORRIENTE SUPERFICIAL
DE LA MICROCUENCA DEL RÍO GRANDE, UBICADA EN EL MUNICIPIO
CONCEPCIÓN LAS MINAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2015**



WENDY MARAÍ SALAZAR CHINCHILLA

GUATEMALA, CHIQUIMULA, NOVIEMBRE DE 2016

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

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CORRIENTE
SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO GRANDE UBICADA EN
EL MUNICIPIO CONCEPCIÓN LAS MINAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUEMULA, 2015

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

WENDY MARAÍ SALAZAR CHINCHILLA

Al conferírsele el título de

INGENIERA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUEMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

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



RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	Br. Carla Marisol Peralta Lemus
Representante de Estudiantes:	PAE. Alberto José España Pinto
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	MSc. José Ramiro García Álvarez

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente: MSc. José Ramiro García Álvarez
M.A. Sandra Jeannette Prado Díaz
MSc. Fredy Samuel Coronado López

TERNA EVALUADORA

Ing. Edwin Adalberto Lemus Pazos
Lic. Zoot Vilma Leticia Ramos López
MSc. Hugo David Cordón y Cordón

Guatemala, noviembre de 2016

Señores:

Consejo directivo

Centro Universitario de Oriente

Ciudad de Chiquimula

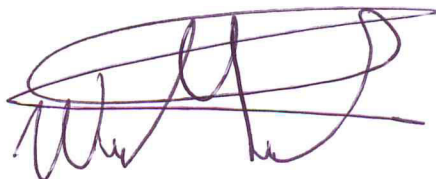
Honorables Miembros:

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 **“DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CORRIENTE SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO GRANDE, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CONCEPCION LAS MINAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2015.”**, como requisito previo optar el título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme

Atentamente:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Wendy Maraí Salazar Chinchilla

REF - AMRA-GAL-01-2016

Chiquimula, octubre de 2016.

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Licenciado Galdámez:

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 Wendy Marañ Salazar Chinchilla, en el trabajo de investigación denominado **"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CORRIENTE SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA RÍO GRANDE, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE CONCEPCIÓN LAS MINAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2015"**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar a la sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



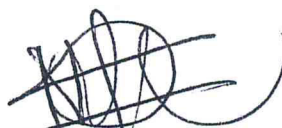
Lic. Químico Abner Mardoqueo Rodas Arzét
Asesor Principal

D-TG-IGAL-168/2016

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 la estudiante **WENDY MARAÍ SALAZAR CHINCHILLA** titulado "**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CORRIENTE SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO GRANDE, UBICADA EN EL MUNICIPIO CONCEPCIÓN LAS MINAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2015**", trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería en 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, previo a obtener el título de **Ingeniera en Gestión Ambiental Local** en el grado académico de Licenciada.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a dos de noviembre dos mil dieciséis.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por el don de la vida y ser mi guía divina en todo momento y haberme brindado la sabiduría para cumplir un triunfo más en mi vida profesional

A MIS PADRES

Héctor Hugo Salazar Landaverry y Teresa de Jesús Chinchilla por brindarme su apoyo, dedicación y fortaleza en todo momento, por darme su amor incondicional e instruir valores y principios en mi persona; sin ellos nada de esto fuera posible. Los amo

A MIS HERMANOS

Anilsa Marlina Salazar Chinchilla y Ferdy Hugo Salazar Por su apoyo moral y su compañía en todos los momentos de mi vida.

A MIS CUÑADOS

Gerber Duarte Duarte, Katherine Aceituno, por su apoyo, compañía y cariño brindado.

A MIS SOBRINOS

Gerber Yahir Duarte Salazar, Melanie Marlina Duarte Salazar, Miah Isabella Salazar Aceituno, Hugo Emilio Salazar Aceituno por su amor y ternura e inspiración para servirles de ejemplo

A MIS TIOS Y PRIMOS EN GENERAL

Por su apoyo, cariño y compañía en todo momento

A MIS AMIGOS

Por su maravillosa amistad, compañía y buenos momentos a mi lado.

A MIS COMPAÑEROS

Por su amistad, compañía, apoyo por ser parte de los buenos momentos vividos en estos años de formación académica.

AGRADECIMEINTOS ESPECIALES

A CENTRO UNIVERSITARIO DE
ORIENTE - CUNORI

Por abrir sus puertas a mi formación profesional

A MIS CATEDRÁTICOS:

Por brindarme sus conocimientos y ampliar mi aprendizaje, por su apoyo, paciencia y fortaleza a lo largo de esta etapa de formación

A MIS ASESORES

Lic Abner Mardoqueo Rodas y MSc. Ramiro José García por su dedicación, apoyo, orientación paciencia, y ayudarme ampliar mis conocimientos

A MIS EVALUADORES

Lic. Vilma Leticia Ramos, ing. Hugo Cordón, ing. Edwin Adalberto Lemus Pazos por sus sugerencias y conocimientos brindados durante el desarrollo de la investigación

A JUAN PABLO ESPINO

Por su apoyo, cariño y consejos brindado a lo largo de esta etapa profesional

A ING. MILTON LEONARDO SOLÍS

Por todo su apoyo en la fase de campo de esta investigación.

A MI PADRE

Por sus sabios consejos, su gran apoyo en la fase de campo de esta investigación.

A MI PRIMA

Alejandra Menéndez por apoyo, fortaleza en todas las fases de esta investigación

A ALGUIEN MUY ESPECIAL

Por brindarme su apoyo, cariño, compañía y enseñarme a ver la vida de una manera positiva.

A TODOS Y TODAS

Que de alguna manera colaboraron con la realización de esta investigación.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
4. JUSTIFICACION	7
5. OBJETIVOS	9
5.1 General	9
5.2 Específicos	9
6. MARCO TEÓRICO	10
6.1 Calidad de agua	10
6.2 Contaminación del agua	10
6.3 Características de las aguas	13
6.4 Índice de calidad de agua -ICA	16
6.5 Procedimiento para la recolección de las muestras de agua	22
6.6 Caudal del agua.	26
6.7 Métodos y principios de aforos de fuentes de agua.	26
7. MARCO REFERENCIAL	33
7.1 Municipio de Concepción Las Minas	33
7.2 Vías de acceso	33
7.3 Clima	33
7.4 Zonas de vida	33
7.5 Flora y Fauna	35
7.6 Red hidrologica	35
7.7 Suelos	35
7.8 Bosque	36
7.9 Investigaciones relacionadas con el tema	37

	Página
7.9.1 Calidad de agua en pozos de la ciudad de Chiquimula	37
7.9.2 Calidad de agua en el sur de Ahuachapán, El Salvador.	37
7.9.3 Calidad de agua en fuentes superficiales de los ríos Tzalá y Quivichil San Marcos, Guatemala	38
8. MARCO METODOLÓGICO	39
8. 1 Identificación de área de estudio	39
8.2 Establecimiento de los puntos de control en la corriente superficial	39
8.3 Técnica de recolección de datos y muestreo de las corriente superficial de la microcuenca	42
8.4 Pasos a seguir para la toma de las muestras de agua	43
8.5 preservación de las muestras de agua	43
8.6 transporte de las muestras de agua	44
8.7 Parámetros a evaluar	44
8.8 Método de análisis para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua	45
8.9 Estimación del índice de calidad del agua (ICA).	45
8.10 Determinación de los caudales de agua	50
8.11 Período de estudio.	51
8.12 Análisis de la información.	52
8.13 Lineamientos estratégicos para el manejo del recurso hídrico en la microcuenca río Grande del municipio de Concepción Las Minas.	52
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
9.1 Establecimiento de los puntos de control en la microcuenca río Grande del municipio de Concepción Las Minas.	53
9.2 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados en la microcuenca río Grande del municipio de Concepción Las Minas.	55

	Página
9.3 Determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA) en la microcuenca río Grande, Concepción Las Minas	84
9.4 Calidad de agua de las corriente superficial de la microcuenca río Grande	88
9.4.1. Calidad del agua según criterios generales de uso	90
9.5 Determinación de los caudales en las fuentes de agua de la microcuenca río Grande en el municipio de Concepción Las minas, Chiquimula.	92
9.6 Lineamientos de propuesta de manejo del recurso hídrico en la microcuenca del río Grande.	93
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	106
ANEXOS	111

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido

Cuadro		Página
1	Clasificación del ICA propuesta de Brown	18
2	Criterios generales según el índice de Calidad de Agua –ICA-	21
3	Escala de Calidad de Agua	22
4	Distanciamiento entre sondeos	32
5	Zonas de vida	34
6	Puntos de Control en la corriente superficial.	39
7	Peso relativo para cada parámetro del -ICA-	47
8	Solubilidad de oxígeno en agua dulce.	49
9	Cálculo del Índice de Calidad de Agua	49
10	Clasificación “ICA” propuesta por Brown (1970)	50
11	Puntos de control dentro de la microcuenca río Grande del municipio de Concepción Las Minas.	53
12	Resultados promedio de pH obtenido en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande.	56
13	Resultados promedio de conductividad eléctrica obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande	58
14	Resultados promedio de Dureza obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande	60
15	Clasificación de la Dureza del agua según la OMS	60
16	Clasificación de dureza en la microcuenca río Grande.	60
17	Resultados promedio de sulfatos SO_4 obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande	62
18	Resultados promedio de fosfatos PO_4 obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande.	64
19	Resultados promedio de Nitritos NO_2 obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande	66
20	Resultados promedio de Nitratos NO_3 obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande.	68

		Página
21	Resultados promedio de Sólidos Disueltos Totales obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande.	70
22	Resultados promedio de turbidez Oxígeno Disuelto (mg/l) obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande	72
23	Resultados promedio de Oxígeno disuelto (mg/l) obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande.	74
24	Resultados promedio del Porcentaje de Saturación % SAT obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande	75
25	Resultados promedio de la Demanda Biológica de Oxígeno DBO5 obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande	77
26	Resultados promedio de la temperatura obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande.	79
27	Resultados promedio de los Coliformes Fecales obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande.	81
28	Resultados promedio de los Coliformes totales obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande.	83
29	Índice de Calidad de Agua – ICA- en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande.	84
30	Calidad de agua general en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, Concepción Las Minas, 2015.	89
31	Calidad de Agua según criterios generales de uso para cada punto de control establecido en la microcuenca río Grande del municipio de Concepción Las Minas, 2015.	90

32	Criterios generales según el índice de Calidad del Agua ICA	Página 91
33	Caudales de las fuentes de agua de la microcuenca río Grande, en el municipio de Concepción Las Minas, Chiquimula	92

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Contenido	Página
1	Promedio de niveles de pH en 10 puntos de monitoreo en la corriente superficial de la microcuenca río Grande	57
2	Promedios de Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los 10 puntos monitoreados de la corriente superficial de la microcuenca río Grande	59
3	Promedio de Dureza en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande	61
4	Promedios de Sulfatos en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.	63
5	Promedios de fosfatos en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.	65
6	Promedios de Nitritos en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.	67
7	Promedios de Nitratos en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.	68
8	Promedios de Solidos Disueltos totales en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial en la microcuenca río Grande.	70
9	Promedios de Turbidez –NTU- en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.	72
10	Promedios de Oxígeno Disuelto en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.	74
11	Promedios del Porcentaje de saturación en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.	76
12	Promedios de la Demanda Biológica de Oxigeno en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande	78

		Página
13	Promedios de la Temperatura en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.	80
14	Promedios de Coliformes Fecales en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.	82
15	Promedios de Coliformes totales en los 10 puntos monitoreados en la corriente superficial en la microcuenca río Grande.	83
16	Índice de Calidad del Agua del primer monitoreo (Enero de 2015), en la microcuenca del río Grande, Concepción Las Minas, 2015.	86
17	Índice de Calidad del Agua del segundo monitoreo (Abril de 2015), en la microcuenca del río Grande, Concepción Las Minas, 2015.	86
18	Índice de Calidad del Agua del tercer monitoreo (Julio de 2015), en la microcuenca del río Grande, Concepción Las Minas, 2015.	87
19	Índice de Calidad del Agua del cuarto monitoreo (Octubre de 2015), en la microcuenca del río Grande, Concepción Las Minas, 2015.	87
20	Índice de calidad del agua (Brown 1970) promedio en la microcuenca del río Grande, Concepción Las Minas, Chiquimula, 2015.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1	Métodos de Aforos	28
2	Método de la Canaleta Parshall	30
3	Método del flotador	30
4	Mapa de zonas de vida en el municipio de Concepción Las Minas	34
5	Mapa de ubicación de la microcuenca río Grande en el municipio de concepción Las Minas	41
6	Mapa de los puntos de control en la río Grande	54
7	Procesos para la elaboración de plan de manejo para la microcuenca río Grande	96
8	Valoración de la calidad de agua en función de pH.	114
9	Valoración de la calidad de agua en función de la DBO ₅	114
10	Valoración de la Calidad de Agua en Función de Coliformes Fecales.	114
11	Valoración de la calidad de agua en función del nitrato	114
12	Valoración de la calidad de agua en función del fósforo	115
13	Valoración de la calidad de agua en función de la temperatura	115
14	Valoración de la calidad de agua en función de la turbidez	115
15	Valoración de la calidad de agua en función de los sólidos Disueltos	115
16	Valoración de la calidad de agua en función del % de saturación	115

RESUMEN

El municipio de Concepción las Minas, se encuentra ubicado en la parte sur oriental del departamento de Chiquimula, su extensión territorial es de 160 km², la distancia de la cabecera departamental es de 52 km está ubicado a 225 km de la ciudad capital de Guatemala.

La investigación consistió en la determinación de la calidad del agua de la corriente superficial de la microcuenca del río Grande ubicado en el municipio de Concepción las Minas, departamento de Chiquimula; para la cual se establecieron puntos de control, tomando como criterios los centros poblados. Se realizaron cuatro monitoreos durante un año, alternando estos cada cuatro meses (enero, abril, julio, octubre) con la finalidad de evaluar la influencia de la estación climática y los factores antropogénicos sobre la calidad del agua.

En cada una de las muestras de agua recolectadas, se realizaron los análisis físicos, químicos y microbiológicos; se determinaron parámetros a nivel de campo como temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto y a nivel de laboratorio, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos, sólidos disueltos y totales, turbidez, dureza, demanda biológica de oxígeno, coliformes totales y coliformes fecales.

La determinación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos se realizó en el laboratorio ambiental de la carrera de Gestión Ambiental de CUNORI, donde se trasladaron las muestras de agua y analizaron de acuerdo a los métodos y protocolos establecidos para cada parámetro.

Dentro de los objetivos de la investigación, se mencionan determinar los parámetros temperatura, oxígeno, dureza, pH, conductividad, nitritos, nitratos, sulfatos, fosfatos a través de análisis físico-químico de campo y laboratorio, así como establecer el ICA (Índice de Calidad de Agua) para la corriente superficial de la microcuenca de río Grande; se determinaron los caudales de las corrientes principales de la microcuenca río Grande, se realizó por el método del flotador en los meses de abril y septiembre los cuales resultaron bajos en las dos épocas del año.

En el cálculo del índice de Calidad del Agua ICA se obtuvo que el 20 % de los puntos monitoreados cuenta con un índice de calidad en la escala “regular”, en promedio estos son afectados por factores antropogénicos. Con base a los resultados obtenidos, se concluyó que el agua de la microcuenca río Grande no es apta para el consumo humano ya que todos los puntos de control se encontraron con altas concentraciones de Coliformes totales, Coliformes fecales y *E. Coli* sobre pasando los límites establecidos.

Se logró cumplir con los objetivos planteados, también, se realizó una propuesta para el manejo adecuado de la microcuenca, la cual involucra las tres partes de esta (alta, media y baja).

INTRODUCCIÓN

El agua es un bien común y esencial para la vida, es un recurso altamente demandado, y aunque se considera de gran importancia es uno de los recursos naturales más degradados, siendo este utilizado para diferentes procesos ya sea industrial, agricultura y ganadería entre otros. Por ser el solvente universal es común encontrar en aguas superficiales y subterráneas un gran número de compuestos que en determinadas concentraciones pueden ser nocivos para la salud de los consumidores, además, puede contener microorganismos indeseables.

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano.

El municipio de Concepción Las Minas cuenta con diversas fuentes de agua que satisfacen la demanda hídrica de los habitantes; entre los que se encuentra El río Grande, es una fuente de agua de importancia ya que abastece a 10 comunidades del municipio y se encuentra ubicado en una zona protegida para la conservación de los recursos hídricos como lo es la Región Trifinio.

Hay diversos factores que pueden afectar la calidad del agua, como por ejemplo: el vertido de aguas residuales por parte de los centros poblados y las actividades productivas como la agricultura, siendo el cultivo de café el que ejerce una mayor presión sobre el recurso hídrico, ya que durante el proceso del beneficiado del café se demanda agua para el proceso de despulpado, la cual regresa al río sin ningún tratamiento. También se puede mencionar las descargas del alcantarillado sanitario, las cuales provocan degradación de la calidad del recurso hídrico afectando a las comunidades que se sirve cuenca abajo

Por lo tanto, la investigación tuvo el objetivo de determinar y evaluar la calidad de las corrientes superficiales de la microcuenca río Grande, para conocer el deterioro y proponer estrategias para el buen manejo del recurso hídrico.

Para poder determinar la calidad del agua, se establecieron 10 puntos de control, estos fueron ubicados con el programa Arc Gis, dándole importancia a las fuentes cercanas a centros poblados para conocer su influencia en la calidad. Se analizó la corriente superficial de la microcuenca río Grande para determinar el Índice de Calidad de Agua –ICA- donde resultó que en promedio el 80% de las fuentes analizadas se encuentra en la escala del índice de Calidad “Buena” y el 20 % en la escala de “Regular”

Se realizaron aforos por el método del flotador en las corrientes superficiales de la parte baja de la microcuenca para poder conocer los caudales en época seca y época de lluvia.

Al obtener los resultados de la calidad del agua de la microcuenca del río Grande se plantearon medidas correctoras de las actividades que contaminan el río, así como, medidas para la reducción de los contaminantes y se propusieron criterios para el uso del agua con base a su calidad y dependiendo la parte de la microcuenca ya fuera esta alta, media o baja tomando en cuenta las diferentes actividades que se realizan en cada parte.

2. ANTECEDENTES

El Plan Trifinio en el año 2010 desarrolló un estudio “Calidad de agua y estimación de la sedimentación en cauces y subcuencas, con el propósito de conocer la calidad del agua de la región, especialmente en el área que comprende la microcuenca del río Grande, con base a las investigaciones realizadas se determinó que existe contaminación de las fuentes de agua, procedentes de actividades antropogénicas, esta investigación se realizó durante julio y septiembre, se determinó que el agua en la parte alta y baja del río es de mala calidad, ya que según los rangos establecidos por el Índice de Calidad del agua –ICA- está “regularmente contaminada” ya que su valor obtenido fue de 61.24.

En la investigación realizada por SEGEPLAN en el año 2008 (Secretaría General de planificación de la presidencia) con el objeto de conocer los indicadores y variables socioeconómicas del departamento de Chiquimula. Los principales ríos del departamento son río Grande u Ostúa en el municipio de Concepción Las Minas e Ipala; río Las Minas, río Anguiatú en el municipio de Concepción las Minas; río Chanmagua, río San Juan, río Atulapa, en el municipio de Esquipulas; río Olopa entre el municipio de Olopa y Esquipulas; Río Tituque en el municipio de Olopa; río Jupilingo que abarca Camotán y Chiquimula; Río La Conquista, Tutunico, Santa Cruz, en el municipio de Quezaltepeque; El departamento de Chiquimula forma parte de cuatro cuencas, la del río Grande de Zacapa y la del Motagua, las cuales pertenecen a la vertiente del Atlántico y las que mayor extensión del departamento cubre, la cuenca del río Olopa y río Ostúa que drenan por la vertiente del Pacífico y ocupan una pequeña extensión del departamento. Las cuencas hidrográficas del departamento, se encuentran contaminadas debido a que las aguas servidas desfogon a los cuerpos receptores sin tratamiento.

En la investigación de Rodas Arzet 2010 tuvo como objetivo conocer la calidad del agua en las zonas de recarga hídrica en donde se establecieron puntos de control, tomando como criterios las fuentes del agua, centros poblados y escuelas, en dicha investigación se determinaron presencia de metales pesados siendo estos plata, plomo, arsénico y antimonio, se determinaron las concentraciones de contaminantes físico químicos en el agua de las zonas de recarga hídrica. Con base a los resultados obtenidos se recomendó

realizar monitoreos periódicos para determinar la concentración de metales pesados en el agua y establecer la procedencia de los metales pesados en el agua de la zona de recarga hídrica.

Otro tema que puede servir como parámetro comparativo es la investigación de García 2010 donde se determinaron los valores de los parámetros del índice de calidad de agua en la corriente superficial de los ríos los cuales reflejan la contaminación producto del vertido de las aguas residuales, determinándose que el río más contaminado es el río Tacó, debido a que el caudal de este y un mayor número de puntos de descargas de aguas servidas a lo largo del río al pasar por Chiquimula, se recomienda realizar estudios técnicos y financieros para establecer un proyecto piloto que permita brindar tratamiento las aguas servidas que se vierten en el río Tacó, para reusarla en actividades agropecuarias.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un bien común esencial para la vida y la salud, es por lo tanto un recurso ampliamente demandado, aun cuando se considera de gran importancia y uno de los recursos naturales más degradados.

El agua superficial es vulnerable a diversas fuentes de contaminación, como microorganismos y sustancias químicas de origen natural o antrópico. La ingesta de agua contaminada con microorganismos puede producir efectos negativos a la salud, diversas enfermedades como cólera, diarreas, fiebre tifoidea, hepatitis A, enterobiasis, poliomielitis, ascariasis; mientras que por sustancias químicas, estas pueden acumularse en el organismo humano, con consecuencias que se manifiestan en forma de intoxicación grave o aguda.

Cabe mencionar que las aguas de los ríos experimentan un deterioro en su calidad debido principalmente a su uso como destinatario de los vertimientos generados en los centros poblados, actividades agropecuarias y agua de escorrentías.

Para el caso particular del trabajo de tesis se focalizó la contaminación ya sea por descargas domésticas o agrícolas, que constituye una de las principales amenazas para la flora y fauna de la microcuenca río Grande; ya que la incorporación de nutrientes, sales y bacterias alteran las propiedades físicas, químicas y microbiológicas; causando un desbalance en el desarrollo de sus procesos reproductivos, con lo cual se ve alterada la biodiversidad en general y para los organismos que habitan.

El APTM (Área Protegida Trinacional Montecristo Guatemala) en el año 2010 desarrolló un estudio con el propósito de conocer la calidad del agua de la región, especialmente en el área que comprende la microcuenca del río Grande. Con base a las investigaciones realizadas y los resultados obtenidos se determinó que existe contaminación de las fuentes de agua, procedentes de actividades agrícolas. La investigación se realizó durante julio y septiembre, pudiéndose considerar como línea base para la calidad de agua en la microcuenca, la cual no fue representativa de todas las actividades agrícolas,

comerciales y domésticas que se desarrollan en un año dentro de cada una de las comunidades localizadas en las cercanías de la microcuenca río Grande, se determinó que el agua en la parte alta y baja del río es de mala calidad, ya que según los rangos establecidos por el ICA el agua está regularmente contaminada ya que su valor obtenido fue de 61.24.

La importancia de conocer la calidad de agua del río Grande radicó en que es una fuente de agua que abastece 10 comunidades del municipio. (Granadillas, Aguajal, El Obispo y San José ubicados en la parte alta del río; Valle Arriba, Monte Barroso, El Jícaro, ubicados en la parte media del río y Concepción Las Minas (Casco urbano) La Quesera, Sacramento y Monte oscuro) la calidad del agua de la microcuenca puede irse deteriorando con el pasar del tiempo, por lo que es necesario determinar el comportamiento del índice de calidad del agua en época seca y época lluviosa, que evidencie la influencia de las mismas en la microcuenca río Grande ya que es utilizado el recurso para diferentes usos, pecuario, agrícola y recreativo.

El problema a atender con la investigación fue el desconocimiento de la calidad del agua de la microcuenca de río Grande que atraviesa el municipio de Concepción las Minas, departamento de Chiquimula, en el año 2015.

4. JUSTIFICACION

El agua está presente en diferentes formas y usada con diversos propósitos, ocupa una alta proporción en relación con la superficie de tierra. Está presente en los mares, océanos, aguas superficiales, aguas subterráneas, puede ser empleada entre otras cosas, para tareas domésticas, industriales y agrícolas.

La calidad del agua puede ser utilizada como una propiedad que indica si está o no contaminada, ya que se relaciona con las características físicas, químicas y biológicas.

Hay diversos factores que pueden afectar la calidad del agua como por ejemplo vertido de aguas residuales por parte de los centros poblados y las actividades productivas como la agricultura y su uso excesivo que reduce su caudal y capacidad de depuración, lo cual incide de forma directa en su calidad.

Uno de los ríos que atraviesan el municipio de Concepción las Minas, es el río Grande, el cual abastece a 10 comunidades, caseríos, parajes; entre los más cercanos al río podemos mencionar Granadillas, Aguajal, San José ubicados en la parte alta del río; Valle Arriba, Monte Barroso, El Jícaro, ubicados en la parte media del río; y Concepción Las Minas (Casco urbano) La Quesera, Sacramento y Monte oscuro ubicados en la parte baja.

De acuerdo al estudio realizado por el plan trifinio en 2010 durante julio y septiembre se determinó que el agua en la parte alta y baja del río grande es de mala calidad, ya que según los rangos establecidos por el ICA el agua está moderadamente contaminada ya que su valor obtenido fue de 61.24.

Por las razones anteriormente mencionadas es necesario realizar un estudio de calidad de agua de una forma representativa durante un año, ya que en este tiempo el río es influenciado por varias actividades antropogénicas, como agricultura, ganadería, vertimiento de aguas mieles, desechos sólidos, así también, los cambios estacionales como verano e invierno, que con estos se modifican la calidad del agua.

El tema planteado generó nuevo conocimiento ya que los estudios anteriores se realizaron en julio, septiembre, los cuales no son del todo representativos, debido a que no tomaron en cuenta la parte media del río, la época seca y húmeda e interestacional.

Por lo tanto sí se generó nueva información para la comprensión de la calidad del agua. Los conocimientos permitieron determinar el estado del agua del río y pudiéndose tomar medidas correctoras de las actividades que contaminan el río; además, se pudieron tomar medidas para la reducción de contaminantes y los criterios (riego, recreativos, doméstico, consumo humano, agropecuario) para el uso del agua con base su calidad.

La investigación planteó una nueva forma de aplicación de los conocimientos generados o adquiridos de investigaciones anteriores, ya que la información generada en estudios anteriores no ha sido representativa. La presente investigación fue continuidad de la investigación realizada por el triffinio, la calidad de agua y estimación de la sedimentación en cauces y subcuencas, referidos a los ríos que nacen en el Área Trinacional Montecristo.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Determinar y evaluar la calidad del agua de la corriente superficial de la microcuenca río Grande ubicado en el municipio Concepción Las Minas, Chiquimula.

5.2 Específicos

- Determinar los parámetros temperatura, oxígeno, dureza, pH, conductividad, nitritos, nitratos, sulfatos, fosfatos a través de análisis físico-químico de campo y laboratorio.
- Establecer el Índice de Calidad de Agua - ICA - en la corriente superficial de la microcuenca de río Grande.
- Determinar los caudales de las principales fuentes de agua que constituyen la microcuenca de río Grande
- Proponer estrategias que permitan el manejo sostenible del recurso hídrico en la microcuenca río Grande del municipio de concepción las minas.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Calidad de agua

Se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, 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.

Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra los cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable según SENAMHI, 2007.

El agua dulce limpia, segura y de calidad es esencial para la supervivencia de todos los organismos vivos y el funcionamiento de los ecosistemas, las comunidades y las economías. Las estimaciones de disponibilidad del agua no reflejan por completo el problema de las necesidades de este recurso, ya que en la mayor parte del mundo la calidad del agua está lejos de ser la adecuada. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), 1 100 millones de personas no tienen acceso a una fuente de agua potable mejorada particularmente en áreas rurales donde no existe posibilidad de que el agua tenga un tratamiento previo que mejore su calidad y posibilite su uso general.

6.2 Contaminación del agua

La calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua y la cantidad misma en ríos y lagos, de ésta depende su capacidad de purificación según Echarri, 2007.

El problema de la contaminación del agua es conocido desde la antigüedad. La OMS está preocupada por la contaminación del agua, el agua es necesaria y cada vez más escasa. El agua constituye un elemento natural indispensable para el desarrollo de la vida y de las actividades humanas; resulta difícil imaginar cualquier tipo de actividad en la que no

se utilice, de una u otra forma. En nuestro planeta cubre el 75% de su superficie, pero no toda el agua se encuentra en condiciones aptas para el uso humano.

El 97.5% del agua es salada, el 2.5% resultante es agua dulce distribuida en lagos, ríos, arroyos y embalses; esta mínima proporción es la que podemos utilizar con más facilidad, según la OMS 2006.

6.2.1 Sustancias que provocan la contaminación del agua

Según la OMS 2006, hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de diferentes maneras. Una forma es agruparlos en los siguientes grupos

a. Microorganismos patógenos son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, entre otros. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias Coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de Coliformes por 100 ml. de agua.

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

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

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

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

f. Sedimentos y materiales suspendidos: muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos, según la OMS 2006.

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

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

6.3 Características de las aguas

Las características del agua que permiten designarla como de “Buena Calidad” dependen directamente de uso al cual se destina (Solís 2005).

Los análisis de agua son necesarios para determinar aquellos constituyentes que pueden causar dificultades para su evacuación y escoger así el tratamiento previo más adecuado si fuera necesario. Las características más importantes son

6.3.1 Características físicas

Están relacionadas con la medición y registro de aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos organolépticos; para lo cual se hace uso de parámetros que permiten tener un juicio aceptado de la calidad del agua.

a. Aspecto: está relacionado con la turbidez del agua y consiste en determinaciones hechas mediante un turbidímetro.

b. Color: el color en el agua pueden ser de origen mineral o vegetal, causado por sustancias metálicas tales como componentes de hierro, magnesio, humus, turba, taninos, alga y protozoos.

c. Temperatura: es una dato muy útil ya que la temperatura influye sobre las actividades, biológicas, la solubilidad de gases (especialmente oxígeno) y la viscosidad (Solís 2005).

6.3.2 Características químicas

Son las que permiten determinar las cantidades de material mineral y orgánico presente en el agua y que afectan su calidad (INSF, 2011).

a. Oxígeno disuelto: es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, las aguas servidas generalmente carecen de oxígeno disuelto, dada la cantidad de materia orgánica; sin embargo, este valor puede diferir en algunos casos debido a la relación con el ambiente y la temperatura del agua. El oxígeno disuelto es el reactivo esencial para los procesos aeróbico y cuando los organismos aeróbicos utilizan los nutriente orgánicos, consumen al mismo tiempo el oxígeno disuelto, si no se repone el oxígeno disuelto el crecimiento aeróbico se detiene cuando se agota el oxígeno y sólo pueden continuar procesos anaeróbico lentos y malolientes.

La disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua es el factor que limita la capacidad de purificación del agua. Las aguas negras contienen sólidos en solución y suspensión en relación de 0.10% aproximadamente, las cuales de acuerdo a su origen, provienen de desechos domésticos.

b. Demanda Química de Oxígeno (DQO): el valor de DQO (mg/l) da una idea del contenido orgánico total de un residuo, sea o no biodegradable. Para dicho análisis se establecen valores de 250 mg/l para una concentración débil; 500 mg/l para una concentración media y 1,000 mg/l para una concentración fuerte y a nivel nacional según la normativa 80 mg/l. según Aznar (2011).

c. Conductividad del agua: la conductividad es producida por los electrolitos que llevan disueltos en el agua y es lógicamente, muy baja en el agua pura. Además se comprende que exista una relación entre ella y la cantidad de los electrolitos que contiene, según Solís (2005).

d. Especies de nitrógeno (nitratos y nitritos): Los nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) son aniones que se pueden unir a compuestos orgánicos e inorgánicos, formando sales u otros compuestos. El nitrato está presente en el agua de forma natural pudiéndose incrementar su concentración por actividades humanas como la fertilización orgánica e inorgánica, pastoreo, pesticidas, fosas sépticas, aguas

residuales y vertidos industriales o urbanos. La principal afección de la contaminación por nitratos es la enfermedad denominada metahemoglobinemia (síndrome del bebé azul), la cual afecta principalmente a menores de un año y, aunque la teoría aún está en revisión, existen algunos indicios que el consumo prolongado de agua con altas concentraciones de NO_3^- puede provocar cáncer según Girón (2009).

e. Fosfatos PO_4 . : Los fosfatos son la principal forma en la que el fósforo se presenta en las aguas naturales. Estos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas. Cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de las plantas.

Los fosfatos también estimulan el crecimiento de las algas, pueden reconocer con facilidad como capas de limo verde y pueden eventualmente cubrir la superficie del agua. Al crecer las plantas y las algas ahogan a otros organismos. Citado por Casasola (2014).

f. Sulfatos SO_4 . Son sales moderadamente solubles a muy solubles, excepto las de Sr (60 ppm) y de Ba (2 ppm). Los sulfatos se encuentran de manera natural en numerosos minerales (barita epsomita, tiza, entre otros.), y su origen se debe fundamentalmente a los procesos de disolución de las tizas, existentes en el terreno; sin embargo, pueden llegar a las aguas por los excedentes de fertilizantes y pesticidas, así como, por el paso del agua de la lluvia, por yesos en el suelo. Las altas concentraciones de sulfato en el agua potable pueden producir diarrea transitoria. La diarrea aguda, puede producir deshidratación, particularmente en bebés y niños pequeños, que puede tener una condición o estado de diarrea según Girón, (2009).

g. 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 según (Chacón 2014).

6.3.3 Características microbiológicas

Según Girón (2009), en términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos como bacterias, virus y protozoos.

El principal parámetro que determina la calidad microbiológica del agua es la presencia de Coliformes, un grupo de especies bacterianas que se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, aunque muchas están distribuidas en la naturaleza. Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua, destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los Coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal.

Dentro de los **Coliformes totales (CT)**, se encuentran los **Coliformes fecales (CF)**, que provienen del tracto intestinal de animales de sangre caliente y que serían los mejores indicadores de riesgo de afecciones humanas; dentro de éstas últimas, *Escherichia coli*, la cual provoca (principalmente en niños) el síndrome diarreico agudo.

6.4 Índice de calidad de agua -ICA-

El grado de contaminación del agua es medido en términos del índice de calidad, definido como el grado de contaminación existente en el agua de la muestra, expresado como un porcentaje de agua pura. Así para el agua totalmente contaminada tendrá un índice de calidad cercano o igual a 0 y para aguas excelentes condiciones de 100 según los criterios establecidos por el ICA.

Por lo tanto, el índice es un porcentaje promedio del efecto que causan los diferentes niveles de cada uno de los variables medidos en el cuerpo de agua. De todos los índices mencionados, el índice de calidad del agua es el único que tiene connotaciones legales, ya que se emplea para establecer normas de descargas.

Para conocer el grado de calidad de las aguas, independientemente del posible uso al que vayan a ser destinadas, se parte de la toma de muestras para la obtención de una serie de parámetros e indicadores. Estos datos, analizados y procesados, posteriormente se convierten en un valor numérico, que permite obtener una serie de índices que determinan el estado general de las aguas en función de unos rangos de calidades establecidos. Estos índices se pueden clasificar fundamentalmente en dos tipos fisicoquímicos y biológicos como se refiere Ros (2011).

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 de varios lugares, creo y diseño un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: índice de calidad del agua (ICA); este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existente; diseñado en 1970 y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río, además, de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no, según SENAMHI (2007).

Para determinar el índice de Calidad del Agua intervienen nueve parámetros:

- Coliformes Fecales (en NMP/100ml)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO_5 en mg/L)
- Nitratos (NO_3 en mg/l)
- Fosfatos (PO_4 en mg/l)

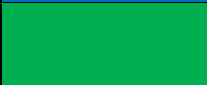
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en NTU)
- Sólidos Disueltos Totales (en mg/l)
- Oxígeno Disuelto (OD en % saturación)

6.4.1 Estimación del Índice de Calidad de Agua General (ICA)

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación en curso de agua en estudio. Como se menciona en el INSF (2011).

Asociado al valor número del ICA se definen 6 rangos de estado de calidad del agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base al siguiente cuadro:

Cuadro 1. Clasificación del ICA propuesta de Brown.

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		90-100
Buena		70-90
Regular		50-70
Mala		25-50
Pésima		0-25

Fuente: (INSF 2011).

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

Las aguas con “ICA” de categoría “regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y frecuentemente manifiestan un crecimiento anormal de algas.

Las aguas con “ICA” de categoría “mala” pueden soportar una baja diversidad de vida acuática y probablemente experimenten problemas de contaminación.

Las aguas con “ICA” de categoría “Pésima” pueden soportar un número limitado de organismos acuáticos, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que impliquen el contacto directo con ella, tal como la natación (INSF, 2011).

Para determinar el valor del “ICA” en un punto deseado es necesario que se tengan las mediciones de los nueve parámetros implicados en el cálculo del Índice los cuales son Coliformes fecales, pH, demanda biológica de oxígeno -DBO₅-, nitratos, fosfatos, cambio de la temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto.

La evaluación numérica del “ICA”, con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos se debe a Brown. Para calcular el Índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

Dónde:

w_i : son los pesos 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 .

6.4.2 Diferentes usos del agua de acuerdo al índice de calidad del agua -ICA-

En función de la clasificación y dependiendo del uso al que se destina el agua indicándose las medidas o límites aconsejables el INSF (2011) estableció los criterios que se presentan a continuación.

Uso como agua potable

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

Uso en agricultura

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

Uso en pesca y vida acuática

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

Uso industrial

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

0-20 EC Inaceptable para cualquier industria.

Uso recreativo

70-100 E Cualquier tipo de deporte acuático.

50-70 A Restringir los deportes de inmersión.

40-50 LC Dudosa para contacto con el agua.

30-40 C Evitar contacto, solo con lanchas.

20-30 FC Contaminación visible, evitar cercanía.

0-20 EC Inaceptable para recreación.

Cuadro 2. Criterios generales según el Índice de Calidad de Agua –ICA-

Rango ICA	Uso: agua potable	Uso: riego agrícola
90	No requiere purificación para consumo	No requiere purificación para riego
80	Requiere purificación menor	Tratamiento menor para cultivos que requieren de alta calidad de agua para riego
70	Dudoso para consumo	Tratamiento menor para cultivos que requieren de alta calidad de agua para riego
50	Tratamiento de potabilización indispensable	Utilizable en la mayoría de cultivos
40	Dudoso para consumo	Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos
30	Inaceptable para consumo	Solo para cultivos muy resistentes
20	Inaceptable para consumo	Inaceptable para riego

Fuente: (INSF, 2011).

Cuadro 3. Escala de calidad de agua.

Excelente	91 – 100
Buena	71 – 90
Media	51 – 70
Mala	26 – 50
Muy mala	0 – 25

Fuente: (INSF, 2011).

6.4.3 Utilidad de los índices de calidad

Los índices pueden ser usados para mejorar o aumentar y difundir la información sobre la calidad del agua. Los posibles usos de los índices son:

- **Manejo del recurso.** Pueden proveer información a personas que toman decisiones sobre las prioridades del recurso.
- **Clasificación de áreas.** Para comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas.
- **Aplicación de normatividad.** Permite determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes.
- **Análisis de la tendencia.** El análisis de los índices en un período de tiempo, pueden mostrar si la calidad ambiental está empeorando o mejorando.
- **Información pública.** Los índices pueden tener utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.
- **Investigación científica.** Simplificar una gran cantidad de datos de manera que se pueda analizar fácilmente y proporcionar una visión de los fenómenos medioambientales.

6.5 Procedimiento para la recolección de las muestras de agua

El muestreo de agua es una actividad dirigida a la recolección de una pequeña porción de ésta, que represente exactamente la calidad de la masa de agua en el lugar y en el momento de obtención de la muestra. La recolección de la muestra representativa constituye uno de los elementos fundamentales de un programa de control de calidad

analítica a fin de obtener datos reales de las características físicas, químicas y microbiológicas de los cuerpos de agua como lo considera el SENA (2011).

La vigilancia de la calidad del agua es fundamental para reducir los riesgos de transmisión de enfermedades a la población por su consumo, como las de tipo gastrointestinal y las producidas por contaminantes tóxicos; esta vigilancia se ejerce a través del cumplimiento de los límites permisibles según el SENA, 2011.

a. Consideraciones del muestreo

Según SENA (2011), las consideraciones generales a tener en cuenta durante el muestreo se pueden resumir de la siguiente manera:

- Enjuagar los envases con el agua a muestrear por lo menos dos veces de manera consecutiva, para evitar alguna alteración en la muestra de agua que se tomará.
- Identificar clara e inmediatamente la muestra
- Las muestras se deberán tomar en los sitios de mayor mezcla, o inmediatamente después de ésta, para asegurar la representatividad del agua contenida en el punto de muestreo.
- Evitar tomar las muestras en sitios muy cercanos a la orilla o bordes del cuerpo de agua.
- No recolectar sedimentos o materiales adheridos a la orilla o bordes del cuerpo de agua o superficie del mismo.
- De preferencia usar solamente recipientes nuevos.

b. Preservación de la muestra de agua

El tiempo que transcurre desde que se toma la muestra hasta su llegada al laboratorio puede conducir a cambios físico-químicos, bioquímicos y biológicos dentro del envase, lo que producirá un cambio en la calidad intrínseca de la muestra, como lo indica el SENA (2011).

La preservación de las muestras es difícil, debido a que casi todos los preservantes interfieren de una u otra manera con algunas de las pruebas analíticas, por ello lo

ideal es realizar los análisis de manera inmediata. El almacenamiento a baja temperatura (4°C) es quizá la mejor manera de preservar la mayoría de muestras por 24 horas. En todo caso sólo se deben usar preservantes químicos cuando ellos no interfieran con los análisis a realizarse.

Ningún método de preservación es enteramente satisfactorio por lo que debe seleccionarse el preservante teniendo en consideración las determinaciones a ser efectuadas. Las técnicas de preservación incluyen:

- Protección contra la incidencia de la luz solar.
- Disminución de la temperatura para retardar las reacciones
- Congelación de la muestra.

En general el SENA (2011), se refiere a la refrigeración a temperaturas cercanas al punto de congelación o más bajas es la mejor técnica de conservación disponible, pero no resulta aplicable a todo tipo de muestras.

Para los análisis microbiológico se tomaran las muestras en la superficie de la fuente de agua ya que es ahí donde existe mayor probabilidad de que se encuentre las bacterias, es necesario retirar el empaque del envase hasta el momento en que se tomará la muestra así el envase se mantendrá estéril, de igual forma que con las muestras de análisis físico- químicos estas se tienen que preservar en una hielera ya que durante 24 horas debe realizarse el análisis.

c. Identificación de la muestra

De acuerdo con el SENA (2011), una vez envasada la muestra deberá ser identificada, para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, pegar al recipiente antes o en el momento de muestreo papel engomado o etiquetas adhesivas en las que se anote, con tinta a prueba de agua, por lo menos la siguiente información:

- Número de muestra
- Nombre del recolector
- Fecha y hora de muestreo

- Lugar y dirección del sitio
- Coordenadas GTM o UTM

d. Transporte de las muestras de agua

El tiempo de entrega de las muestras al laboratorio no deberá exceder de 24 horas. Es indispensable, antes de efectuar el transporte de las muestras recolectadas, verificar que el etiquetado de las mismas corresponda con el registro de campo, lo que permitirá la rápida y correcta identificación de todas y cada una de las muestras en el momento de su recepción; adicionalmente se debe cuidar que los envases estén perfectamente cerrados para evitar pérdida de muestra y mantener los recipientes con bastante hielo a una temperatura de 4°C, durante el tiempo que dure su traslado hasta el laboratorio.

El transporte de los envases puede hacerse en hileras o en cajas de madera cubiertas interiormente por un material aislante y que contenga hielo como se refiere el SENA (2011).

e. Intervalo de tiempo entre la recolección de la muestra y el análisis

En general, mientras más corto sea el tiempo que transcurre entre la recolección de la muestra y el análisis, más confiables serán los resultados analíticos. Para ciertos constituyentes y valores físicos, se requiere realizar la evaluación analítica en el campo.

El SENA (2011), describe que es imposible establecer exactamente cuánto tiempo de intervalo se puede permitir entre la recolección de la muestra y su análisis ya que ella depende del carácter de la muestra, el tipo de determinación a ser efectuado y las condiciones de almacenaje. Los cambios causados por el crecimiento de los microorganismos son retardados al mantener las muestras en la oscuridad y a baja temperatura.

6.6 Caudal del agua

El caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

La medición del caudal o gasto de agua que pasa por la sección transversal de un conducto (río, riachuelo, canal, tubería) de agua, se conoce como aforo o medición de caudales, éste caudal depende directamente del área de la sección transversal a la corriente y de la velocidad media del agua, según Mota, (2010).

6.7 Métodos y principios de aforos de fuentes de agua

a. Aforo

Según Mota (2010), el aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua. La fórmula que representa este concepto es la siguiente:

$$Q = \text{Vol} / t \quad (\text{Ec. 1})$$

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad}$$

Dónde:

Q = caudal

Vol = volumen

t = tiempo

Para la determinación de caudales hay una serie de métodos y técnicas que utilizan diferentes instrumentos. Entre los métodos de aforos tenemos:

a) Método de medición:

- Método de volumen y tiempo
- Método del correntómetro
- Método químico

- b) Métodos de área y velocidad
 - Método de vertedero y canaletas
 - Flotador
 - Molinete
- c) Aforadores Parshall

b. Método de volumen y tiempo (método volumétrico)

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro, según Arrieta, (2008).

Para los caudales de más de 4 litros es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad, que se llenará en $2 \frac{1}{2}$ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, como especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. El procedimiento se debe repetir varias veces y sacar un promedio del tiempo, la variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados. El caudal se puede determinar mediante la fórmula siguiente: como lo menciona, Arrieta, (2008).

$$Q = \text{Volumen} / \text{tiempo} \quad (\text{Ec. 2})$$

Este método de aforo sólo es funcional para pequeños caudales; sin embargo, se pueden implementar también en pequeñas corrientes naturales de agua (utilizable en todas las corrientes en que pueda provocarse una caída del gasto que pasa por la corriente)

c. Método del correntómetro

En este método la velocidad del agua se mide por medio de un instrumento llamado correntómetro, que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua. Este correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la fórmula para

calcular la velocidad sabiendo el número de vueltas o revoluciones de la hélice por segundo.

d. Método químico

Consiste en la incorporación a la corriente de agua, cierta sustancia química durante un tiempo dado tomando muestras de agua, abajo del tramo seleccionado, donde se estime que la sustancia se haya disuelto uniformemente para determinar la cantidad de sustancia contenida por unidad de volumen, según Mota (2010).

e. Método de velocidad – área

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que discurre de la fuente tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme.

Se toma un trecho de la corriente; se mide el área de la sección; se lanza un cuerpo que flote, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo. El resultado de la velocidad se ajusta a un factor de 0.8 a 0.9. Mota (2010).

Figura 1. Método de velocidad – área



Fuente: Mota (2010).

f. Método de vertedero y canaletas

El aforo con vertedero es otro método de medición de caudal, útil en caudales pequeños.

Se interrumpe el flujo del agua en la canaleta y se produce una depresión del nivel, se mide el tamaño de la lámina de agua y su altura. El agua cae por un vertedero durante cierto tiempo, se mide la altura de la lámina y se calcula la cantidad de agua que se vertió en ese tiempo, según Chamorro (2011).

g. Método del molinete

El molinete es un instrumento que tiene una hélice o rueda de cazoletas, que gira al introducirla en una corriente de agua. El de tipo de taza cónica gira sobre un eje vertical y el de tipo hélice gira sobre un eje horizontal. En ambos casos la velocidad de rotación es proporcional a la velocidad de la corriente; se cuenta el número de revoluciones en un tiempo dado.

Los molinetes pueden ir montados en soportes o suspendidos de cables. Antes de ser usados en el campo, deben ser calibrados por el fabricante para determinar la relación entre la velocidad de rotación de la hélice y la velocidad del agua.

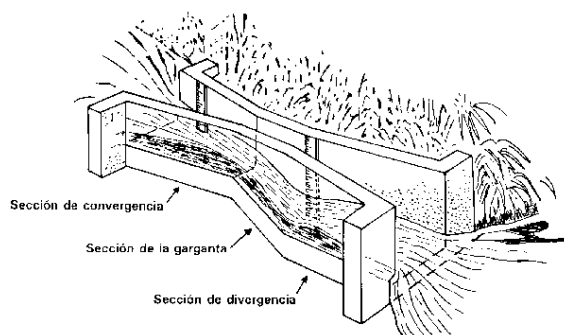
La sección elegida para la medida con el molinete debe estar situada en un tramo recto y de una sección lo más homogénea posible a lo largo de dicho tramo.

h. Método de la Canaleta Parshall

Como lo refiere Mota (2010), los aforadores Parshall son instrumentos calibrados para la medida del caudal en cauces abiertos. Se describe técnicamente como un aforador de profundidad crítica. Sus principales ventajas son que sólo existe una pequeña pérdida de carga a través del aforador, que deja pasar fácilmente sedimentos o desechos, que no necesita condiciones especiales de acceso o una poza de amortiguación y que tampoco necesita correcciones para una sumergencia de hasta un 60%. En consecuencia, es adecuado para la medición del caudal en canales de riego o en corrientes naturales con una pendiente suave.

El medidor consiste en una sección convergente con el fondo a nivel, una sección de garganta con el fondo con pendiente descendente y una sección divergente con el fondo con pendiente ascendente gracias a ello el agua escurre a velocidad crítica a través de la garganta.

Figura 2: Canaleta Parshall



Fuente: Mota (2010).

6.8 Método del flotador

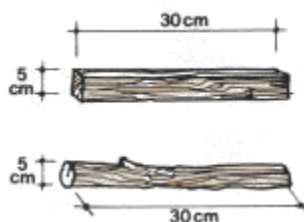
Con este método se miden caudales de pequeños a grandes con mediana exactitud.

Conviene emplearlo más en ríos de agua tranquila y durante períodos de buen tiempo, porque si hay mucho viento se altera la superficie del agua, y el flotador puede no moverse a la velocidad normal, según Chamorro (2011).

a. Preparación del flotador

Como lo indica Chamorro, 2011. un buen flotador puede ser un trozo de madera o la rama lisa de un árbol de unos 30 cm de longitud y 5 cm de ancho, o una botella pequeña bien cerrada de 10 cm de altura, que contenga suficientes materiales (tales como agua, tierra o piedras) para que flote con su parte superior justo encima de la superficie.

Fig. 3. Método por flotador



Fuente: Mota (2010).

b. Sitio de la medición

Se debe encontrar un tramo a lo largo del río, que sea recto con una distancia de por lo menos 10 m. Donde el agua esté tranquila exenta de plantas acuáticas, de manera que el flotador se mueva con facilidad y suavidad, según Chamorro (2011).

c. Determinar la velocidad media del agua

Como lo indica Chamorro (2011) para encontrar la velocidad media del cauce, primero se debe determinar la velocidad superficial del mismo (V_s); para ello, en el tramo seleccionado ubicando dos puntos A (inicio) y B (de llegada) y medir la distancia ($d = 10\text{m}$, u otra), posteriormente colocar el flotador en el centro del río o quebrada, arriba de la línea de medición, para medir el tiempo (en seg.) que este tarda en recorrer la distancia de 10 metros. Este proceso se debe repetir por lo menos tres veces para obtener un promedio del tiempo. Luego se determina la velocidad de la superficie del agua (en m/s) dividiendo la distancia (10m) por el tiempo medio (en segundos). Para determinar la velocidad media (V_m) se multiplica el resultado por 0.70 (un coeficiente de corrección que puede variar de 0.60 a 0.85); es decir que la velocidad media es aproximadamente el 70% de la velocidad superficial.

d. Medición del área de la sección transversal del río

La forma más práctica para determinar el área transversal consiste en medir el ancho del río en un punto determinado y con base a la siguiente tabla de distanciamiento realizar los respectivos sondeos, según Chamorro (2011).

Cuadro 4. Distanciamientos entre sondeos

Ancho del cauce (mts)	Espaciamiento (mts)
Hasta 1.20	0.1
1.20 a 3.0	0.2
3.0 a 5.0	0.25
5.0 a 8.0	0.25
8.0 a 12.0	0.5
12.0 a 18.0	0.5
18.0 a 25.0	1
25.0 a 35.0	1
35.0 a 50.0	2
50.0 a 70.0	3
70.0 a 100.0	4
Mayor de 100.0	5.00 o más

Fuente: Mota (2010)

Posteriormente utilizar la siguiente formula:

$$A = e (h_0 / 2 + h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1} + h_n / 2) \quad (\text{Ec. 3})$$

Dónde:

A = área de la sección transversal (m²)

e = espaciamientos entre sondeos según tabla de distanciamiento.

h = las distintas profundidades del sondeo.

e. Cálculo del caudal

Según el principio de continuidad y en un flujo estacionario, el caudal permanece constante a lo largo de un tramo de corriente; lo que varía son las áreas y sus respectivas velocidades. Es decir, a mayor área, menor velocidad y a menor área, mayor velocidad. Por lo que se puede seleccionar cualquier sección transversal del cauce para dicha determinación, con los datos obtenidos se procede a calcular el caudal del río con base a la siguiente ecuación:

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad media} \quad (\text{Ec. 4})$$

7. MARCO REFERENCIAL

7.1 Municipio de Concepción las Minas

El municipio de concepción las minas, se encuentra ubicado en la parte sur oriental del departamento, su extensión territorial es de 160 km². La distancia de la cabecera departamental es de 52 km. está ubicado a 225 km de la ciudad capital de Guatemala, por la ruta (CA – 10) hasta Padre Miguel sobre la ruta que dirige a El Salvador. Según Morales (2012).

7.2 Vías de acceso

Cuenta con tres vías de acceso las cuales son el Solapado, San Gerónimo y Cruz de Ocote. Colinda al Norte con el municipio de Quetzaltepeque, al Sur con Metapán, el Salvador, al Este con el municipio de Esquipulas y al Oeste con el Municipio de Ipala. Una de las vías de acceso más importante es la Aduana ubicada en la aldea Anguiatú la cual es la que divide a El Salvador y Guatemala, como lo refiere Morales, (2012)

7.3 Clima

Según Morales, 2012, El clima de Concepción las Minas, se cataloga como clima húmedo y templado se predominan las corrientes de viento que sopla en dirección noroeste, con una velocidad que alcanza entre 7 y 11 k/h en promedio anual.

7.4 Zonas de vida

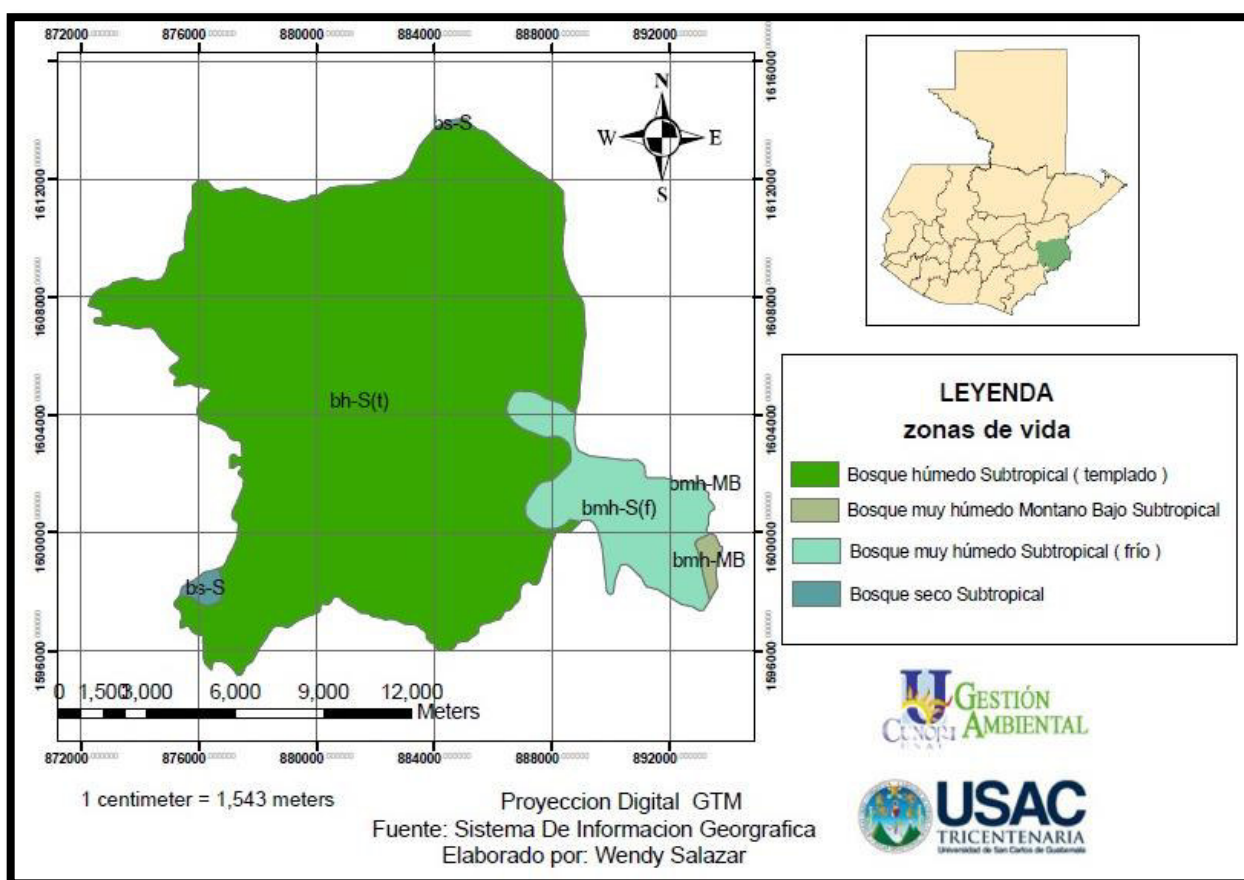
Según el diagnóstico de área protegida realizado por la región triffinio demuestra que las zonas de vida del municipio de Concepción las Minas son las siguientes:

Cuadro 5. Zonas de vida presentes en el municipio de Concepción las Minas

Tipo	Altura (m.s.n.m)	Lluvia (mm/año)
Bosque seco tropical (Bst/Hpm)	60-100	100-1500
Bosque Humedo Premontano (BHPM)	1000-1500	1000-2000
Bosque Humedo Montano Bajo (BHMB)	1500-1800	1000-2000
Bosque Muy Humedo Montano Bajo (BMHMB)	1800-2400	2000-2500

Fuente: De La Cruz Salguero 1982.

Figura 4. Mapa de las zonas de vida presentes en el municipio de Concepción las Minas, Chiquimula.



Fuente: elaboración propia, 2015.

7.5 Flora y fauna

El municipio de Concepción las Minas posee una variedad de especies de flora y fauna debido a los hábitats que se pueden encontrar en sus áreas verdes, entre la fauna existente podemos mencionar a los gatos de monte, venado, conejos, tigrillos, leoncillos, tacuacines; entre las especies de flora los pinos (*Pinus pseudostrobus*), robles (*Quercus robur*), cipres (*Cupressus sempervirens*) guayabo (*Psidium guajava*) y otros, según Urzúa (2008).

7.6 Red hidrológica

Entre los ríos de mayor importancia dentro del municipio de Concepción las Minas, están: El Río Grande, Río Anguiatú, Río las Minas y Río La Hacienda, los cuales se consideran vitales dentro de las diversas actividades del municipio y debido a su extensión, no se incluyen corrientes efímeras, ni intermitentes, según Urzúa (2008).

7.7 Suelos

Según Recinos (2012). Es considerado como uno de los recursos naturales más importantes para la vida humana, natural y animal, los tipos de suelo que predominan en el municipio son:

a. Chuctal

Son suelos profundos bien drenados, desarrollados sobre cenizas volcánicas blancas, cementada o toba, en clima húmedo-seco; apto para pasto y bosque; se localiza en aldea Apantes.

b. Jalapa

Se caracteriza por ser poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados en un clima seco a húmedo y calidat, con vocación para pastos y bosques; se localizan en las aldeas Guacayamas, San José, Socorro, Canadá y Ermita.

c. Jilotepeque

Suelos sobre materiales mixtos o de color gris oscuro a gris muy oscuro, gran parte del área está bajo bosques o pastos; se localiza en las aldeas Valeriano, Obraje, San Antonio y Las Marías.

d. Mongoy

Suelos sobre materiales mixtos o de color café muy oscuro en relieve inclinado, gran parte del área está bajo bosques o pastos; se localizan en la aldea Roble Gacho.

e. Subinal

Se define como suelos poco profundos sobre esquisto arcilloso y piedra caliza, de color café muy oscuro, casi negro; se ubican en la aldea Cruz Calle.

f. Talquesa

Derivados de rocas metamórficas de bajo grado, su color es café oscuro, se ubican en Aadeas, Los Alambrados, El Pinito, Anguiatú, La Leona, Conacaste

7.8 Bosques

Los bosques son importantes ya que brindan beneficios múltiples a la naturaleza, los suelos, a la fauna y al hombre. En concepción las Minas predomina la especie Conífera que tiene una extensión de 5,760 hectáreas, dicho bosque está formado con el pino (*pinus oocarpa*) y el ciprés (*cupresus lusitánica*), así como, Latifoliados. En este tipo de bosques sobresalen los árboles que tienen hojas anchas, entre las especies se pueden mencionar encino, roble, chucte, liquidámbar, matazano, guapinol, conacaste, lengua de vaca, hoja de lija, que constituyen 1,440 ha. existen 160 hectáreas de este bosque, el cual está formado por una combinación de especies coníferas y latifoliadas, hay áreas pobladas de Coníferos, (Pino) y bosques mixtos, algunas especies en peligro de extinción, por ejemplo el Chicote, el martillo y el Liquidámbar; el único bosque protegido Institucionalmente es el Macizo Monte cristo, bautizado con el nombre de Biosfera de la Fraternidad. También cuenta con una finca que se puede considerar como modelo de finca llamada Hacienda San José, en la cual son protegidas y preservadas la fauna y flora, según Recinos, (2012).

7.9 Investigaciones relacionadas con el tema

7.9.1 Calidad de agua en pozos de la ciudad de Chiquimula

En la investigación realizada por Rodas, 2010, se realizó la investigación contando con el apoyo de diferentes instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Se dio inicio con una encuesta para hacer la estimación de pozos existentes. Después se procedió a realizar los muestreos de calidad fisicoquímica y microbiológica. Logrando la implementación de los métodos analíticos dentro del laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente. Se realizaron tres muestreos en junio, agosto y noviembre. Obteniendo una serie de resultados, con base a los cuales se realizó la construcción de mapas temáticos y gráficas para su fácil interpretación. Concluyendo que el agua de los pozos de la ciudad de Chiquimula se encuentra contaminada con aguas servidas, lo cual la hace no apta para consumo humano. Recomendado la implementación de medidas sanitarias medio ambientales que disminuyan el impacto de la contaminación del manto freático.

7.9.2 Calidad de agua en el sur de Ahuachapán, El Salvador

En la investigación realizada por Fajardo (2006). tuvo el objetivo de la investigación es conocer la calidad del agua del Sur del Salvador, y que los actores locales cuenten con información sobre la cual puedan tomar decisiones más acertadas para planificar y hacer un buen manejo del agua, se determinó que el mayor contaminante del agua son heces fecales de humanos y animales de sangre caliente, se necesita ser constantes en los monitores sobre los principales indicadores de contaminación para medir el impacto causado a la calidad del agua, se realizaron análisis en donde se muestra que las contaminaciones son recientes, por lo tanto, se debe realizar una inspección para conocer qué la genera y tomar las medidas correctivas correspondientes a fin de evitar el ingreso de aguas residuales, excretas, basura o cualquier otro contaminante que altere la calidad del agua.

7.9.3 “Calidad del agua de fuentes superficiales de los ríos Tzalá y Quivichil en el departamento de San Marcos, Guatemala”.

La investigación realizada por Chacón Osorio, en el 2014 se realizaron muestreos durante los meses de marzo a septiembre, en las cuencas de los Ríos Tzalá y Quivichil que se encuentran en los municipios de San Miguel Ixtahuacán y Sipacapa ambos del departamento de San Marcos en la región occidental de Guatemala, con el fin de elaborar la tendencia del comportamiento de los elementos de estudio a través de las épocas seca y lluviosa, razón por la cual se hicieron dos muestreos en época seca en los meses de marzo y mayo y dos realizados en época lluviosa en julio y septiembre. Las cuencas de ambos ríos son de importancia debido al crecimiento demográfico y a la presencia de actividad industrial en el área. Esta investigación fue elaborada en coordinación con la Comisión Pastoral Paz y Ecología de la Arquidiócesis de San Marcos conocida por sus siglas como COPAE y el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se evaluaron 8 puntos superficiales, distribuidos en ambos ríos, llevando a cabo análisis químicos, microbiológicos y de metales pesados siendo 76 en total durante todo el estudio, estos se realizaron con el fin de determinar las concentraciones de los compuestos presentes y generando así las tendencias a lo largo del periodo de muestreo. Se midieron parámetros in situ y se colectaron muestras de agua para su análisis en el laboratorio de Calidad de Agua del CEMA, donde fueron analizadas. Los datos obtenidos se compararon con las normas de calidad de agua potable de La Organización Mundial de la Salud, OMS del 2006 y la norma guatemalteca de agua potable, COGUANOR NGO 29.001.98. Parámetros como los cloruros, nitratos, nitritos y sulfatos mostraron aumento en sus concentraciones durante la época lluviosa.

8. MARCO METODOLÓGICO

8. 1 Identificación de área de estudio

Para poder determinar la calidad del agua, se establecieron puntos de monitoreo a lo largo de la microcuenca lo cual permitió conocer la calidad del agua en cada punto. Para definir la ubicación de los puntos de monitoreo se identificaron con el programa Arc Gis (anexo 1).

8.2 Establecimiento de los puntos de control en la corriente superficial

como se muestra en el cuadro 6, se establecieron 10 puntos de control sobre la red hidrológica, tomando en cuenta las partes que estén comprendidas en el área protegida de la región triffinio, así como, a las fuentes cercanas a centros poblados para conocer su influencia en la red hidrológica.

Cuadro 6. Puntos de control en la corriente superficial de la microcuenca río Grande.

Punto	ID	Lugar	Importancia
1	MCRG 1	Las Granadillas	Ubicar la parte donde nace la microcuenca
2	MCRG 2	El Obispo abajo	Nacimiento El Chagual
3	MCRG 3	El Aguajal	Influencia de cultivos de café
4	MCRG 4	El Aguajal 1	Union de nacimiento Elm Chagual con el punto El Aguajal
5	MCRG 5	Valle Arriba	Influencia de descargas domesticas
6	MCRG 6	Quebrada El Jicaro	Influencia de decargas aguas grises, conocer la calidad antes de que ingrese al casco urbano
7	MCRG 7	Casco Urbano	La manera en que influye el casco urbano en la calidad del agua
8	MCRG 8	Casco Urbano	Fuente influenciada por desechos sólidos
9	MCRG 9	Casco Urbano	Union de dos fuentes de agua
10	MCRG 10	La Quesera	Conocer los factores que afectan la calidad del agua cuando la corriente superficial sale del casco urbano

Fuente: Elaboración propia, 2015

El primer punto fue necesario ubicarlo, es ahí donde nace la microcuenca, de esa manera se pudo comprobar cómo la calidad de agua se fue deteriorando por diversos factores.

El segundo punto fue indispensable establecerlo ya que será ubicado en la aldea El Aguajal y en esta se encuentran diversas actividades antropológicas como cultivos de café, por lo que se da la generación de aguas mieles.

Tercer punto, ubicado por la unión de la microcuenca río Grande con el río Chatulapa para conocer la calidad al momento en que las corrientes se unen.

El cuarto, quinto y sexto punto fueron ubicados en las aldeas Valle Arriba, San José y El Jícaro de la microcuenca y estos permitieron conocer la calidad del agua antes de que ésta ingrese al municipio, así como, la influencia de descargas agrícolas, en puente Chatulapa,

.

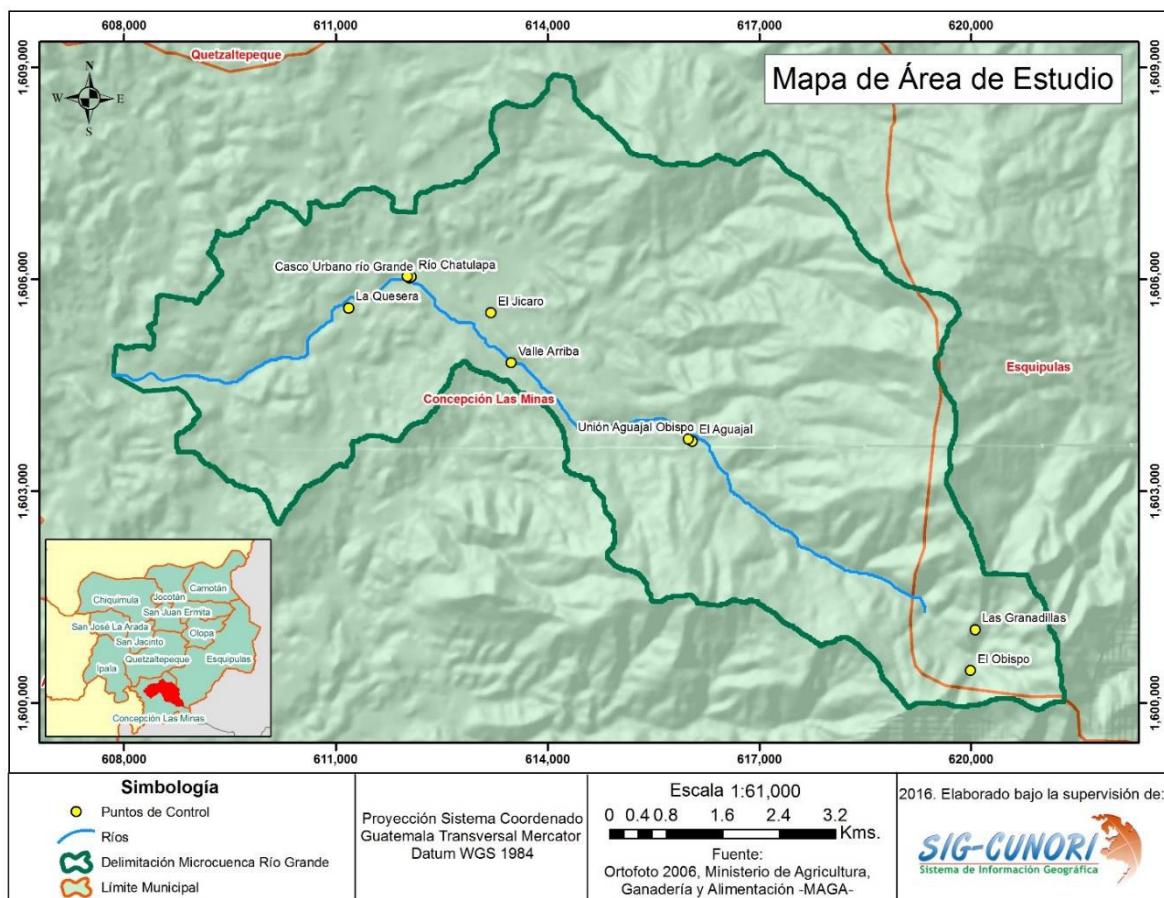
El séptimo y el octavo punto, fueron ubicados donde el río sale del municipio, en el puente río Macho; ayudará a conocer la calidad del agua debido a las influencias por actividades humanas, en este punto se encuentran diferentes descargas domésticas.

Noveno y décimo se determinaron en aldea la quesera en el puente río Grande en, este punto la corriente está fuera del municipio y ayudó a conocer la calidad del agua y los factores que afectan a ésta.

Los puntos establecidos permitieron evaluar el impacto provocado por otras fuentes de contaminación, ya sea por descargas domésticas o agrícolas, la presencia de beneficios de café, basureros clandestinos entre otros.

En la figura 5, se muestra el mapa de los puntos de control ubicados en la microcuenca río Grande del municipio de Concepción las Minas, Chiquimula.

Figura 5. Mapa de puntos de control en la microcuenca río Grande en el municipio de Concepción las Minas, 2015.



Fuente: SIG- CUNORI 2015

8.3 Técnica de recolección de datos y muestreo de las corrientes superficiales de la microcuenca

Al momento de recolectar la muestra se tomó en cuenta varios factores, entre los cuales se incluyeron las técnicas de captación de la muestra y manejo.

En cada punto de control establecido se tomaron muestras de agua de acuerdo a las recomendaciones de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), por la Asociación de Salud Pública Americana y Asociación de trabajos del Agua de los Estados Unidos (APHA, AWWA), de la forma siguiente:

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

Para el análisis microbiológico se recolectaron las muestras de agua en recipientes herméticos de 125 ml, esterilizados y enjuagados con agua destilada para evitar cualquier alteración de la muestra, teniendo cuidado de dejar un espacio de aire para facilitar la agitación de la misma. 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 recomendable de 6 horas hasta un máximo de 24 horas entre la recolección de la muestra y su análisis.

Estos parámetros se midieron a nivel de campo pH, oxígeno disuelto y temperatura en °C y de laboratorio el resto, en cada uno de los 10 puntos de control establecidos a lo largo de la microcuenca del río Grande del municipio de Concepción las Minas, del departamento de Chiquimula.

8.4 Pasos a seguir para la toma de las muestras de agua

- Se Identificó cada recipiente.
- Se tomó la muestra en la parte donde la velocidad del flujo de agua es mayor.
- Se Incluyó el recipiente a un ángulo de 45° con respecto a la horizontal, dirigiendo la entrada del recipiente hacia arriba contra la corriente y destapándolo cerca del agua.
- Se llenó el recipiente de 125 ml para el análisis microbiológico
- Se llenó el recipiente a la mitad para enjuagar el recipiente, se repitió esta operación tres veces, para el análisis fisicoquímico.
- Se movió el recipiente lentamente sobre la corriente.
- Se llenó por completo el recipiente.
- Se tapó el recipiente.
- Se colocaron las muestras en una hielera a temperatura de 4°C.
- Se trasladaron las muestras al laboratorio (menos de 24 horas de tomada la muestra).

Para tomar las muestras fue necesario abrir las botellas hasta el momento de llenarla de la fuente de agua para evitar que se contamine, luego se introdujo la botella de agua para tomar las muestras necesarias, esta toma será contra la corriente, se utilizarán hieleras para preservar las muestras y trasladarlos al laboratorio ambiental para realizar los análisis físico-químicos y microbiológicos.

Al momento de recolectar la muestra se tuvo precaución al inclinar el recipiente, ya que en algunas épocas del año el río se encontraba somero y se podían obtener partículas innecesarias que alteraran la muestra como por ejemplo arenillas, hojas secas, entre otros.

8.5 Preservación de las muestras de agua

Después de tomadas las muestras fueron colocadas de inmediato en una hielera para preservarlas a 4°C, separando las mismas para el análisis microbiológico en una hielera diferente.

8.6 Transporte de las muestras de agua

Luego de tomar las muestras de agua, fueron transportadas al laboratorio en un período no mayor de 24 horas, ya que al sobrepasar el tiempo recomendado puede provocar alteraciones en los parámetros a analizar.

8.7 Parámetros evaluados

Con el propósito de evaluar la calidad del agua en la microcuenca de río Grande se determinaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se presentan a continuación:

a. Determinación de parámetro a nivel de campo

A nivel de campo se midieron parámetros críticos los cuales de acuerdo a las recomendaciones se deben medir in situ, estos son:

- Potencial de hidrógeno (en unidades de pH)
- Temperatura (en °C)
- Oxígeno disuelto (en mg/l y en %SAT)
- Conductividad (en $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Temperatura ambiente (en °C)
- Humedad relativa (en %)

Para los análisis de campo se utilizaron boletas de campo, para identificar los datos de cada fuente, así como, un dispositivo GPS para geoposicionar las fuentes de agua, un dispositivo portátil multiparámetros, el cual tuvo que ser previamente calibrado, que se utilizó para la medición de los parámetros antes mencionados. (anexos 3 y 4).

b. Determinación de parámetros a nivel de laboratorio

Se determinaron en el laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente - CUNORI - los siguientes parámetros físico-químicos y microbiológicos.

Parámetros físicos:

- Turbidez (en NTU)
- Sólidos Totales (ST en mg/l)
- Sólidos Disueltos Totales (SDT en mg/l)

Parámetros químicos:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/l)
- Nitratos (NO₃ en mg/l)
- Fosfatos (PO₄ en mg/l)

Parámetros microbiológicos:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 ml)

En función de los parámetros de calidad seleccionados en la presente investigación, se determinó la aptitud para el consumo humano del agua, a partir de las valoraciones para cada parámetro, establecidas para este fin por la COGUANOR en la Norma NGO 29.001.98 y la Organización Mundial de la Salud -OMS-.

8.8 Método de análisis para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua

La metodología a emplear para los análisis físicos, químicos y microbiológicos para determinar la calidad de agua estuvo basados en los métodos de análisis recomendados por el “Estándar Methods of the examination of Water and Wastewater” (Método estándar para examinar agua).

8.9 Estimación del índice de calidad del agua (ICA)

Para la determinación del “ICA”, se midieron 9 parámetros de acuerdo a la propuesta de Brown, los cuales son:

- Coliformes fecales (en NMP/100ml)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días (DBO₅ en mg/l)
- Nitratos (NO₃ en mg/l)
- Fosfatos (PO₄ en mg/l)
- Cambio de la Temperatura (en °C)

- Turbidez (en NTU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/l)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

a. Cálculo del índice de calidad del agua general

El índice de Brown o índice de calidad de agua general, se determinó utilizando una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) 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 un cambio de calidad.

Que se expresa matemáticamente de la forma siguiente:

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i}) \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

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

Subi= sub índice del parámetro i.

Para la determinación del índice de calidad de agua se utilizó una serie de gráficas (grafica 1, 2,3...) que se muestran a continuación para calcular los subíndices (Subi) y los pesos relativos (wi) de cada uno de los 9 parámetros medidos de acuerdo al cuadro 7.

Cuadro 7. Peso relativo para cada parámetro del -ICA-

No.	Sub _i	W _i
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO ₅	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 subíndices de calidad de agua: ver anexo 5.

- Coliformes fecales si son mayores de 100,000 ufc/100ml el sub1 es igual a 3; si el valor es menor a 100,00 ufc/100ml, se busca el valor en (x) de la figura 3 y se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el Sub1 de Coliformes Fecales, luego se procede a elevarlo al peso w_1 .
- pH si es igual o menor a 2 el valor es mayor o igual a 10 el Sub2 es igual a 3. Si el valor del pH está entre 2 y 10 se busca el valor en (X) en figura 4 y se interpola en valor en el eje (Y), el valor encontrado en el Sub2 de pH y se procede a elevarlo al peso w_2 .
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) si es mayor de 30 mg/l el Sub3 es igual a 2, si la DBO es menor de 30 mg/l se busca el valor en el eje de (X) en la figura 5, 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 es 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 figura 6 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 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 figura 7 y se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub5) de Nitratos 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 figura 8 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 figura 9, 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 figura 10, 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 como se demuestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. 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 porcentaje (%) de saturación de OD es mayor a 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 figura 11, 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 incorporaron en el siguiente cuadro, para calcular el valor del índice de calidad de agua por cada punto de muestreo. (anexo 7).

Cuadro 9. Cálculo del Índice de Calidad de Agua

Parámetro		Valor	Unidades	Subi	W i	Total
1	Coliformes Fecales		NMP/100 ml		0.15	
2	pH		Unidades pH		0.12	
3	DBO 5		mg/L		0.1	
4	Nitratos		mg/L		0.1	
5	Fosfatos		mg/L		0.1	
6	Temperatura		° C		0.1	
7	Turbidez		FAU		0.08	
8	Solidos Disueltos Totales		mg/L		0.08	
9	Oxigeno Disuelto		% saturacion		0.17	
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-					Suma	0

Fuente: SNET (1998).

Después del cálculo del Índice de Calidad de Agua de tipo general, se clasificó la calidad del agua con base al siguiente cuadro:

Cuadro 10. Clasificación de la “ICA” propuesta por Brown (1970)

CALID DEL AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		90-100
Buena		70-90
Regular		50-70
Mala		25-50
Pésima		0-25

Fuente: (INSF 2011)

8.10 Determinación de los caudales de agua

Para determinar los caudales de las corrientes superficiales de la microcuenca, se utilizó el método de volumen y tiempo (método volumétrico) y el método de área y velocidad (método del flotador), respectivamente.

a. Determinación de los caudales de las fuentes de agua

Para medir los caudales se utilizó el método de volumen y tiempo (método volumétrico) el cual consiste en determinar el tiempo que tarda en llenarse un recipiente de volumen conocido usando un cronómetro, con la siguiente fórmula:

$$Q = \text{Volumen} / \text{tiempo}$$

El procedimiento se repitió tres veces para luego obtener un promedio del tiempo y realizar el cálculo para determinar el caudal.

b. Determinación de los caudales de la corriente principal

Para la medición del caudal de la corriente principal se utilizó el método del flotador, el cual consiste en determinar en forma aproximada la velocidad superficial (V_s) que pasa por un sector, para ello se escoge un tramo recto del cauce y se mide una distancia determinada y utilizando un pedazo de madera o una botella plástica o cualquier tipo de material flotante, se determina el tiempo promedio en recorrer la distancia señalada (este proceso se repite 3 veces).

Se basa en la siguiente ecuación:

Velocidad superficial = distancia/tiempo

Secuencia práctica

- Medir la distancia “d”
- Calcular el tiempo promedio:
$$t = \frac{t_1+t_2+t_3+.....t_n}{n}$$
- Velocidad superficial: $V_s = d/t$

Posteriormente se determinó la velocidad media del cauce; multiplicando el resultado de la velocidad superficial (V_s) por un coeficiente de corrección de 0.70, lo cual expresa que la velocidad media es aproximadamente el 70% de la velocidad superficial.

- Velocidad media: $V = K \times V_s$, donde $K = 0.70$

Luego se determinó el área transversal del río, el cual consiste en medir el ancho del río en un punto determinado y con base a una tabla de distanciamiento se realizan los respectivos sondeos; en donde se utiliza la siguiente fórmula

$$A = e (h_0 / 2 + h_1 + h_2 + h_{n-1} + h_n/2)$$

Por último se procedió al cálculo del caudal con base a la siguiente formula

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad media}$$

8.11 Período de estudio

El período de toma de datos y muestreo en los puntos establecidos, se realizó en 12 meses comprendidos en enero a octubre de 2015, realizando un muestreo en enero, abril, julio y octubre para un total de 4 monitoreos.

8.12 análisis de la información

Se elaboraron tablas con resultados utilizando el programa Microsoft Excel que contiene los resultados de los análisis de los 9 parámetros medidos para determinar la calidad del agua de la microcuenca, así también, del programa Word para la elaboración de gráficas, cuadros y figuras para realizar comparaciones de los resultados en los 4 monitoreos.

8.13 Lineamientos estratégicos para el manejo del recurso hídrico en la microcuenca río Grande del municipio de Concepción las Minas

Se propusieron las líneas estratégicas que permitan el manejo del recurso hídrico en la microcuenca río Grande, se tomó como línea base la información generada en la investigación, en relación a la cantidad y calidad del agua; tomando como criterio para la toma de decisiones el índice de calidad de agua propuesto por Brown, 1970.

Para la identificación de los posibles interesados de cada uno de los sectores se realizó un inventario de los demandantes del recurso hídrico tomando en consideración el tipo de actividad, la cantidad y calidad de agua necesaria para cubrir sus necesidades.

Tomando en consideración que el área del estudio se encuentra dentro de la región Trifinio se proponen los posibles sectores interesados en el recurso hídrico:

- **Sector municipal** la información que se solicitó a la municipalidad de Concepción las Minas es la cantidad de agua para abastecer a la población, y el número de habitantes; así como, a otras municipalidades aledañas.
- **Sector agrícola** se debió realizar un inventario a los agricultores aledaños a la región trifinio, recabando la información sobre tipo de cultivo, área de cultivo, uso del agua (riego, preparación de mezclas, lavado, despulpado).
- **Sector pecuario** se obtuvo información de los productores pecuarios dando importancia a diferentes usos que puedan tener del recurso hídrico; así como el tipo de crianza ganado (bovino, porcino, caprino), avícola (pollo de engorde y gallina de postura) riego de pastos, agua para consumo animal y lavado de corrales.

9. RESULTADOS Y DISCUSION

9.1 Establecimiento de los puntos de control en la microcuenca río Grande del municipio de Concepción las Minas

Se establecieron 10 puntos de control dentro de la microcuenca río Grande, ubicando cada punto en las partes que están comprendidas en el área protegida de la región triffinio y las fuentes cercanas a centros poblados; se tomaron en cuenta solo corrientes superficiales permanentes.

Se determinó el Índice de Calidad de Agua (ICA), en donde por medio de una ponderación se catalogó el agua como excelente, buena, regular, levemente contaminada y contaminada; además de ésta metodología para la interpretación de los resultados obtenidos, se elaboraron gráficas y en los diez puntos establecidos en la microcuenca, se determinó la calidad del agua se hizo una comparación de los resultados, con la normativa Guatemalteca --COGUANOR-, tomando como base, los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Los puntos de control establecidos se georeferenciaron utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS), las coordenadas se presentan en el cuadro 11.

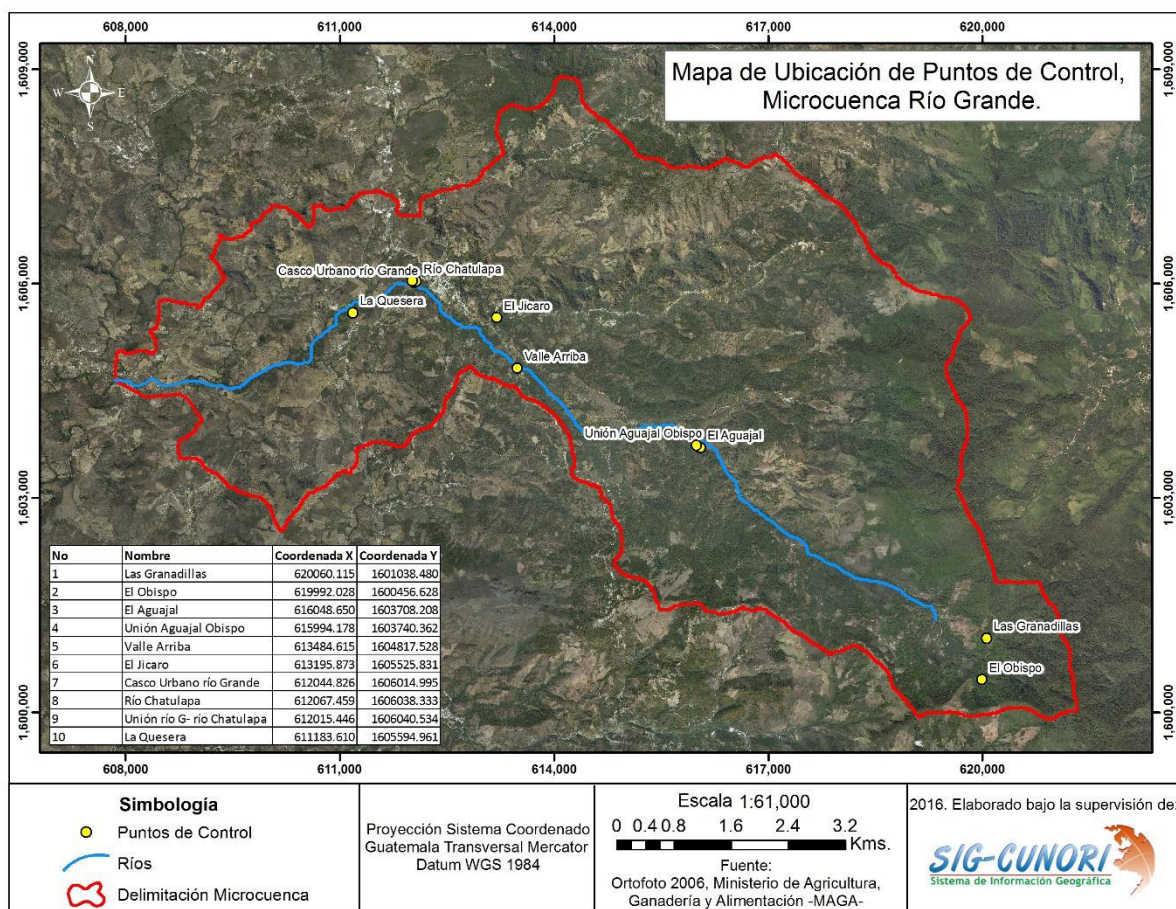
Cuadro 11. Puntos de control dentro de la microcuenca río Grande del municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Coordenadas UTM	
				X	Y
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	620060.12	1601038.48
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	619992.03	1600456.62
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	616048.65	1603708.21
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	615994.18	1603740.36
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	613484.62	1604817.52
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	613195.87	1605525.83
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	612044.83	1606014.97
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	612067.46	1606038.33
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	612015.45	1606040.53
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	611183.61	1605594.96

Fuente: Elaboración propia 2015

El período de toma de datos y los muestreos en los puntos establecidos se realizaron en 10 meses, comprendidos estos de enero a octubre de 2015, realizando cada muestreo de enero, abril, julio y octubre para un total de 4 monitoreos; los cuales se realizaron la primera semana de cada mes correspondiente, en la figura 6, se muestra la delimitación de la microcuenca río Grande y los puntos del control ubicados en esta.

Figura 6. Mapa de ubicación de puntos de control en la microcuenca río Grande en el municipio de Concepción las Minas, 2015.



Fuente: SIG-CUNORI 2015

9.2 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados en la microcuenca río Grande del municipio de Concepción las Minas

Se colectaron 10 muestras de agua de la microcuenca río Grande, realizando cuatro monitoreos en 12 meses (enero, abril, julio y octubre) las muestras obtenidas se trasladaron al laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente –CUNORI- donde se realizaron los análisis físicos, químicos y microbiológicos de cada muestra que se obtuvo.

Se analizaron 16 parámetros tanto a nivel de campo como de laboratorio, los cuales se mencionan, potencial de hidrógeno pH, temperatura, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, dureza, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos, sólidos totales, demanda biológica de oxígeno DBO₅, Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia coli*.

Fue necesario realizar una comparación de los valores obtenidos en el estudio con los límites máximos aceptables (LMA) y límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la Comisión de Normas y Regulaciones de Guatemala (COGUANOR) para la calidad del agua.

Los resultados obtenidos en cada uno de los monitoreos se presentan a continuación:

9.2.1 Potencial de hidrógeno

El pH es una medida que indica la acidez del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor a 7 indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica un rango básico. La contaminación puede cambiar el pH del agua, lo que a su vez puede dañar la vida animal y vegetal que existe en el agua.

En el cuadro 12 se muestran los resultados de pH para los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, en los cuatro monitoreos y el valor promedio donde se puede observar que el pH del agua es alcalino porque los valores promedios son superiores a 7 unidades, los cuales se encuentran dentro de los límites máximos aceptables y permisibles de acuerdo con la norma COGUANOR.

En el primer, segundo y tercer monitoreo se observan los puntos río Grande 3 y río Grande 4 (MCRG 4 y MCRG5) que son los valores más elevados, esto se debe a que en esos puntos se encuentran descargas de origen antropogénico, como son descargas de aguas residuales de tipo ordinario, lo que hace que la concentración de este sea mayor.

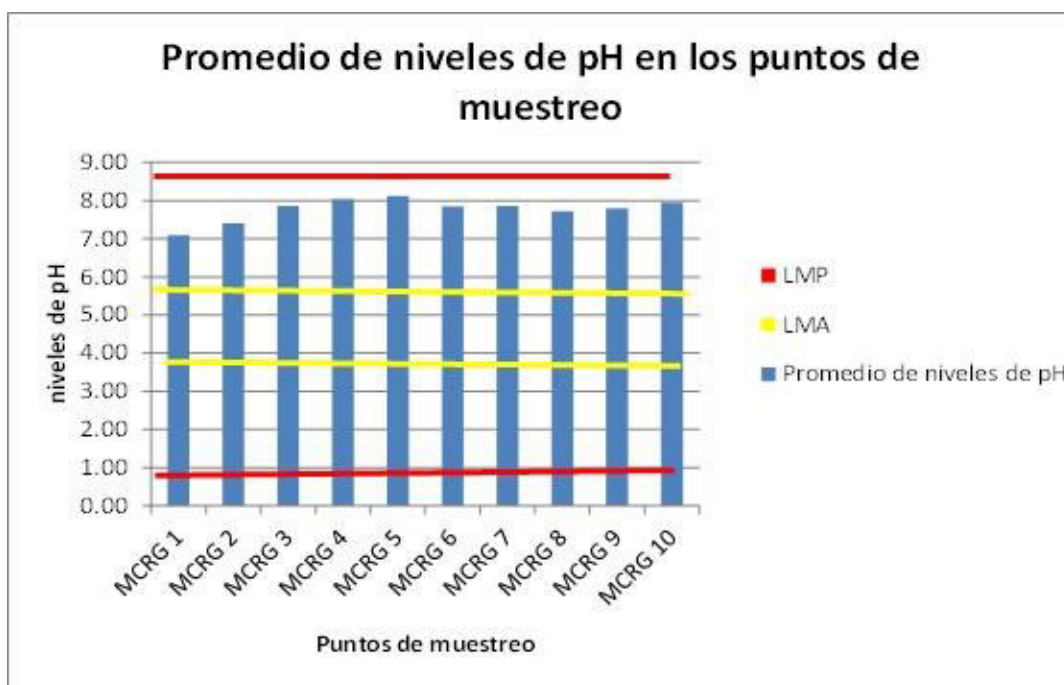
Cuadro 12. Resultados promedio de pH obtenido en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande municipio de Concepción Las Minas, Chiquimula, 2015.

Promedio de niveles de pH								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre 2015	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	7.15	7.05	7.05	7.14	7.1
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	7.5	7.52	7.01	7.63	7.42
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	8.05	8.40	6.90	8.06	7.85
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	8.06	8.29	7.80	8.01	8.04
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	8.15	8.25	8.03	8.04	8.12
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	7.91	7.78	7.84	7.82	7.84
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco urbano	8.03	7.84	7.48	8.1	7.86
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	7.52	7.8	7.59	7.98	7.72
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	7.96	7.65	7.50	8.04	7.8
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	8.02	8.02	7.65	8.13	7.95
LMA			7.0 -7.5		LMP	6.5 - 8.5		

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 1, se observan los niveles de pH en los 10 puntos de control, todos los puntos sobrepasan el límite máximo aceptable establecido por las normas COGUANOR, sin embargo los valores que sobrepasa el Límite Máximo Permisible, son los puntos río Grande 3 y río Grande 4 (MCRG4 y MCRG5) teniendo una concentración 8.5 y 8.12.

Grafica 1. Promedio de niveles de pH en los 10 puntos de control de la corriente superficial de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.2 Conductividad eléctrica

Es la habilidad del agua para transportar corriente eléctrica, depende en gran medida en la cantidad de materia sólida disuelta en el agua (como la sal) la conductividad eléctrica se encuentra relacionada con los sólidos disueltos y la dureza del agua.

En el cuadro 13, se observan los resultados promedios obtenidos en los 4 monitoreos; se registran valores que no sobrepasan el límite máximo permitido ya que los valores se encuentran por debajo de 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$,

Se puede observar en el segundo monitoreo, que el punto río Grande 7 (MCRG 9) se encuentra elevado, siendo este de 402 $\mu\text{S}/\text{cm}$ esto se debió a que en este punto se realizan descargas de tipo domésticas, debido a la ubicación del punto en casco urbano este punto, es vulnerable a ser contaminado.

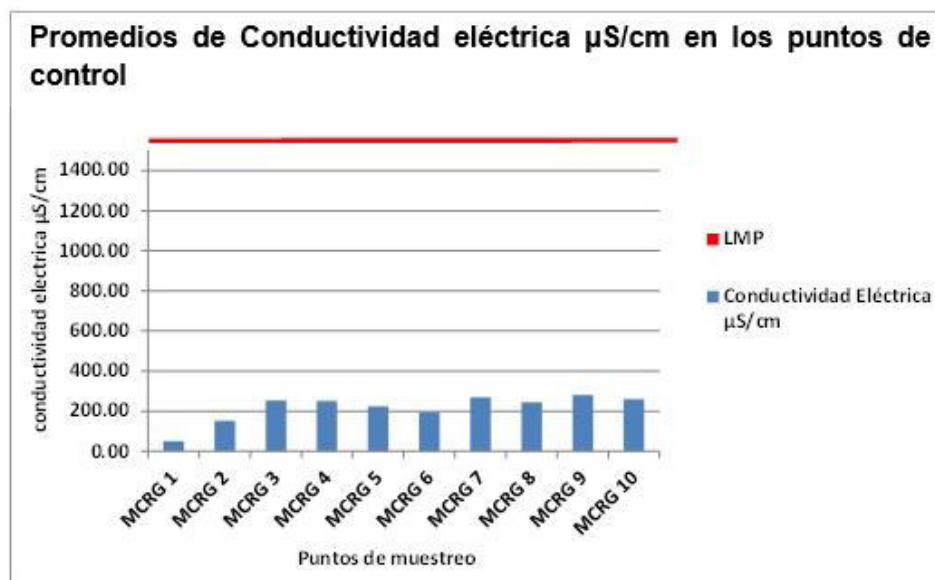
Cuadro 13. Resultados promedio de conductividad eléctrica obtenida en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción Las Minas, Chiquimula, 2015.

Conductividad eléctrica μcm								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre 2015	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	37.80	93.9	38.7	30.7	50.28
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	166.80	235	112.7	91.2	151.28
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	309	331	216.2	163.5	254.93
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	288	297	277	144.4	251.6
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	298	204.9	239	153.4	223.83
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	201	331	134.1	114.8	195.23
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco urbano	332	338	249	159.5	269.63
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	313	336	174.1	155.1	244.55
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	332	402	226	158.8	279.7
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	329	315	234	159.2	259.3
LMA	No se registra				LMP	< 1,500		

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 2, se muestra que los valores están por debajo del límite máximo permisibles, el valor más alto en promedio fue la del punto río Grande 7 (MCRG 9), la conductividad está relacionada con la materia sólida disuelta en el agua, aunque el punto antes mencionado no sobre pasa los límites establecidos, la causa probable de su valor alto es qué en algunas ocasiones el río en un basurero clandestino del municipio.

Gráfica 2. Promedios de Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los puntos de control de la microcuenca río Grande municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.3 Dureza

El termino dureza del agua se refiere a la cantidad de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua. Estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas y pueden ser encontrados, en mayor o menor grado, en la mayoría de las aguas naturales.

En el cuadro 14, se muestra los resultados promedios de dureza obtenidos en los cuatro monitoreos realizados, por lo que se observa que los valores superan el límite máximo aceptable establecido por las normas COGUANOR y la OMS pero se encuentra por debajo del límite máximo permitido ya que su valor es de 500 mg/l CaCO_3 y la concentración de dureza va de $158.40 \text{ mg/l CaCO}_3$ a $269.28 \text{ mg/l CaCO}_3$.

Debido que las concentraciones superan los 100 mg/l CaCO_3 se define como agua que va de “Dura” a “Muy dura” según los criterios que define la OMS.

Cuadro 14. Resultados promedio de dureza obtenida en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

Dureza								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	105.60	179.52	116.16	232.32	158.40
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	73.92	337.92	126.72	306.24	211.20
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	190.08	316.80	242.88	306.24	264.00
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	168.96	369.60	242.88	274.56	264.00
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	147.84	327.36	316.80	221.76	253.44
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	179.52	179.52	190.08	242.88	198.00
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco urbano	168.96	327.37	295.68	264.00	264.00
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	116.16	179.52	285.12	274.56	213.83
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	137.28	242.88	211.20	232.32	205.92
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	190.08	369.60	306.24	211.20	269.28
LMA 100 mg/l CaCO ₃					LMP	500 mg / l CaCO ₃		

Fuente: Elaboración propia 2015

Cuadro 15. Clasificación de la Dureza del agua según la OMS

Dureza (mg/l CaCO ₃)	Tipos de agua
0-60	Blanda
61-120	Moderadamente dura
121-180	Dura
Mayor de 180	Muy dura

Fuente: OMS (2006)

Según los criterios que define la OMS como se muestran en el cuadro 15, las concentraciones superan los 100 mg/l CaCO₃ y ésta se define como agua “Dura” las concentraciones se encuentran dentro del límite (121 -180 mg/l CaCO₃) se define como “Muy dura” ya que supera los límites <180 mg/l CaCO₃, los cuales se muestran en el cuadro 16.

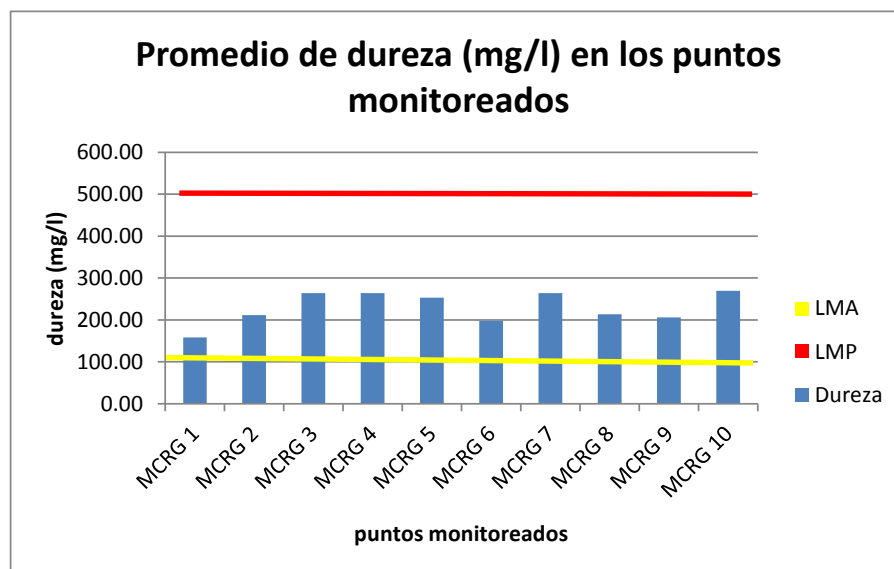
Cuadro 16. Clasificación de dureza en la microcuenca río Grande

ID	Nombre Río	Promedio	Tipo de agua
MCRG 1	Río Grande 1	158.40	Dura
MCRG 2	Río El Chagual	211.20	Muy dura
MCRG 3	Río Grande 2	264.00	Muy dura
MCRG 4	Río Grande 3	264.00	Muy dura
MCRG 5	Río Grande 4	253.44	Muy dura
MCRG 6	Río Grande 5	198.00	Muy dura
MCRG 7	Río Grande 6	264.00	Muy dura
MCRG 8	Río Chatulapa	213.83	Muy dura
MCRG 9	Río Grande 7	205.92	Muy dura
MCRG 10	Río Grande 8	269.28	Muy dura

Fuente: Elaboración propia 2015

Los 10 puntos de control superan el límite máximo aceptable como se muestra en el cuadro 16. Según la clasificación de dureza establecida por la OMS se concluye que el agua es entre dura y muy dura, los cuales se observan en la gráfica 3.

Gráfica 3. Dureza en los puntos de control de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.4 Sulfatos

Se encuentra en casi todas las aguas naturales, la mayor parte de los compuestos sulfatados se encuentran a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia.

Como se observa en el cuadro 17, los valores de sulfatos encontrados en los cuatro monitoreos no son significativos ya que las concentraciones encontradas de sulfatos en los 10 puntos están por debajo de los valores establecidos por las normas COGUANOR, siendo el límite máximo aceptable de 100 mg/l y el límite máximo permitido de 250 mg/l.

En el primer monitoreo se puede observar en el punto río Grande 3 (MCRG 4) que su valor se encuentra elevado, aunque no sobrepase el límite máximo permitido si lo hace con el límite máximo aceptable, esto se debe, a que el punto se encuentra cercano a plantaciones de café por lo que utilizan compuestos sulfatados para las etapas de dicho cultivo.

En promedio, ninguno de los cuatro monitoreos sobrepasa los límites establecidos, pero se observa que las fuentes de agua no se encuentran libres de este parámetro.

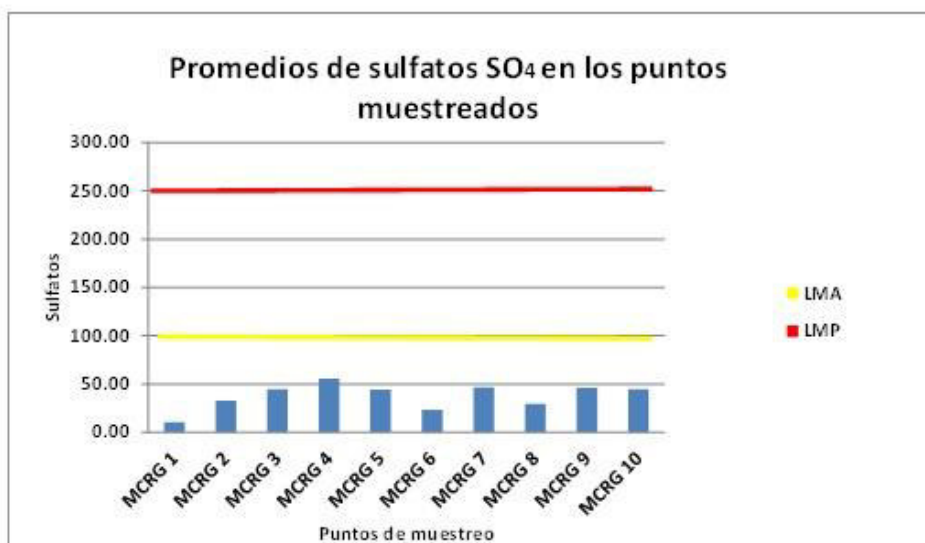
Cuadro 17. Resultados promedio de sulfatos SO₄ obtenida en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

Sulfatos SO ₄								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	15.23	6.98	18.80	1.07	10.52
2	MCRG 2	Río El Chagua	El Obispo abajo	32.50	34.75	59.40	5.07	32.93
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	80.73	48.18	47.80	2.53	44.81
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	128.40	48.19	44.00	3.13	55.93
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	76.03	46.93	50.13	4.07	44.29
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	46.03	256.00	40.20	4.27	23.26
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco urbano	69.53	61.50	51.43	3.33	46.45
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	50.77	18.05	44.87	4.60	29.57
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	70.83	58.58	51.13	3.73	46.07
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	70.30	53.35	52.40	3.60	44.91
LMA		100 mg/ l			LMP		250 mg/l	

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 4, se muestran los valores de sulfatos, los cuales se encuentran por debajo de los límites establecidos por las normas COGUANOR, lo que significa que este parámetro no es una amenaza para las fuentes de agua.

Grafica 4. Promedios de Sulfatos en los puntos de control de la microcuenca río Grande en el municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.5 Fosfatos

El fósforo está presente en aguas naturales en forma de fosfatos en pequeñas concentraciones; se encuentran en detergentes, fertilizantes y pueden llegar al agua por escurrimiento agrícola, los desechos industriales y descargas de aguas negras. La concentración de fosfatos en agua natural es fundamental para evaluar el riesgo de eutrofización.

En el cuadro 18, se muestran las concentraciones de fosfato de los cuatro monitoreos, se observa que varios de los puntos de muestreo se encuentran con presencia de fosfatos alta, algunos de ellos se debe a la cercanía de las plantaciones de café. Las cuales fertilizan año con año en las etapas de dicho cultivo. Sin embargo, el valor más alto es del punto río Chatulapa (MCRG 8) el origen de ésta concentración se debe al uso de detergentes y las descargas domésticas directamente.

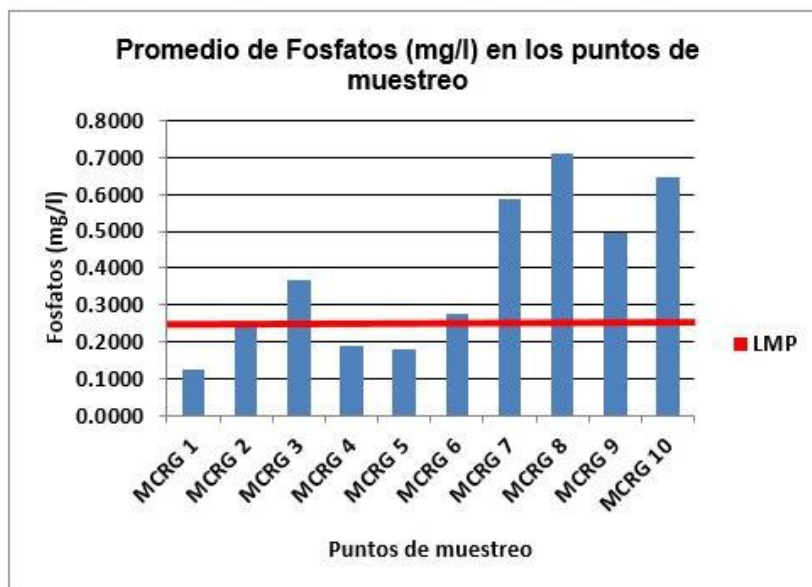
Cuadro 18. Resultados promedio de fosfatos PO₄ obtenido en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas Chiquimula, 2015.

Fosfatos PO ₄								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	0.26	0.09	0.13	0.01	0.12
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	0.19	0.13	0.61	0.03	0.24
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	0.21	0.97	0.27	0.02	0.37
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	0.29	0.11	0.32	0.02	0.19
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	0.18	0.21	0.31	0.02	0.18
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	0.17	0.23	0.68	0.03	0.27
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco urbano	0.17	1.23	0.92	0.02	0.58
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	0.34	1.52	0.93	0.03	0.71
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	0.22	0.83	0.89	0.03	0.49
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	0.44	0.43	1.68	0.03	0.64
LMA	No se registra				LMP	0.25 mg/l		

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 5, se muestran las concentraciones de fosfatos en los 10 puntos muestreados, el 50% de los puntos sobrepasa el límite máximo permisible, ya que superan los 0.25 mg/l, lo cual indica que el agua representa una amenaza para su uso, las causas probables de las altas concentraciones que se registran en el punto río Grande 3 (MCRG 4) sea por la cercanía a cultivos de café, mientras que los 4 puntos restantes que se encuentran en la parte media y baja son por el uso de jabones en las viviendas cercanas a las fuentes de agua.

Gráfica 5. Promedios de fosfatos en los puntos de control de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.6 Nitritos NO_2

Son componentes no deseados en la composición de las aguas potables de consumo público. Su presencia puede deberse a una oxidación incompleta del NH_3 o a la reducción NO_3^- existentes en el agua. La presencia de nitritos en el agua es indicativa de contaminación de carácter fecal reciente.

En aguas superficiales, bien oxigenadas el nivel de nitritos no suele superar a 0.1 mg/l, así mismo, cabe resaltar que el nitrito se haya en un estado de oxidación intermedio entre amoníaco y el nitrato.

Las concentraciones de nitritos en los puntos monitoreados se encuentran por debajo del límite máximo permisible de acuerdo a la norma COGUANOR. Presentados en el cuadro 19.

Cuadro 19. Resultados promedio de Nitritos NO₂ obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

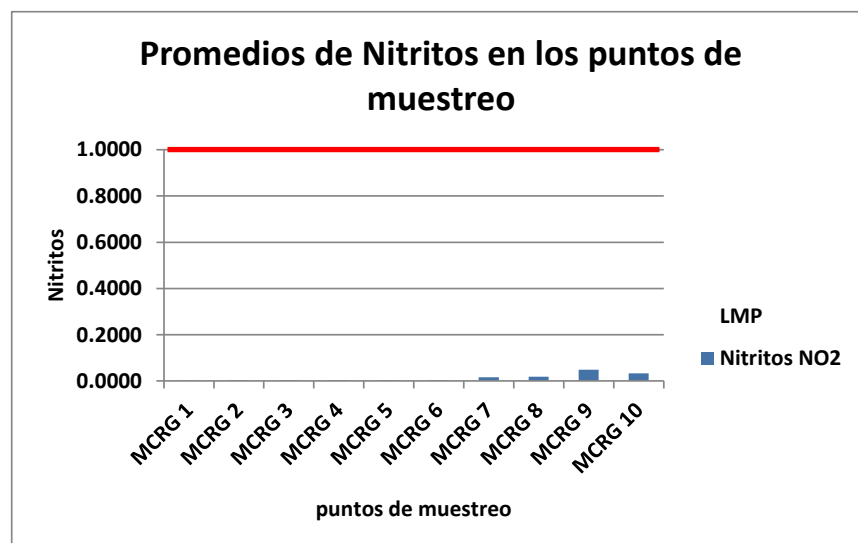
Nitritos NO ₂								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	0.0025	0.0012	0.0013	0.0009	0.0015
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	0.0023	0.0013	0.0033	0.0049	0.0029
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	0.0029	0.0020	0.0018	0.0022	0.0022
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	0.0040	0.0016	0.0025	0.0027	0.0027
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	0.0037	0.0020	0.0023	0.0033	0.0028
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jicar	0.0051	0.0022	0.0026	0.0037	0.0034
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco urbano	0.0148	0.0270	0.0209	0.0036	0.0165
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	0.0062	0.0248	0.0370	0.0049	0.0182
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	0.0144	0.1486	0.0266	0.0040	0.0484
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	0.0371	0.0453	0.0435	0.0042	0.0325
LMA	No se registra				LMP	1		

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 6, se muestra que los 10 puntos muestreados las concentraciones de nitritos están por debajo del Límite Máximo Permisible, ya que ninguno supera 1 mg/l establecido por las normas COGUANOR.

Es bastante alentador que este parámetro se encuentre bajo, aunque esto no significa que las aguas se encuentran libres de este compuesto.

Gráfica 6. Promedios de Nitritos en los puntos de control de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.7 Nitratos NO_3

Constituyen la especie nitrogenada más abundante y de mayor interés en todos los cuerpos de aguas naturales. En las aguas naturales suele hallarse en concentraciones traza o de unos pocos partes por millón, mientras que en aguas residuales puede alcanzar niveles muy altos.

Los nitratos son nutrientes esenciales para muchos organismos autótrofos fotosintéticos, su presencia en el agua, puede ocasionar la eutrofización de los ríos y lagos.

En el cuadro 20, se muestran las concentraciones de nitratos de los cuatro monitoreos, los puntos de control por debajo del límite máximo permisible que establecen las normas COGUANOR, así como la OMS, siendo el valor de esta de 10 mg/l.

Los puntos que se encontraron altos en promedio, son los cuatro puntos, (Las Granadillas, El Obispo, El Aguajal, unión Aguajal –Obispo) esto se debe a qué se encuentran cercanos actividades agrícolas y ganaderas.

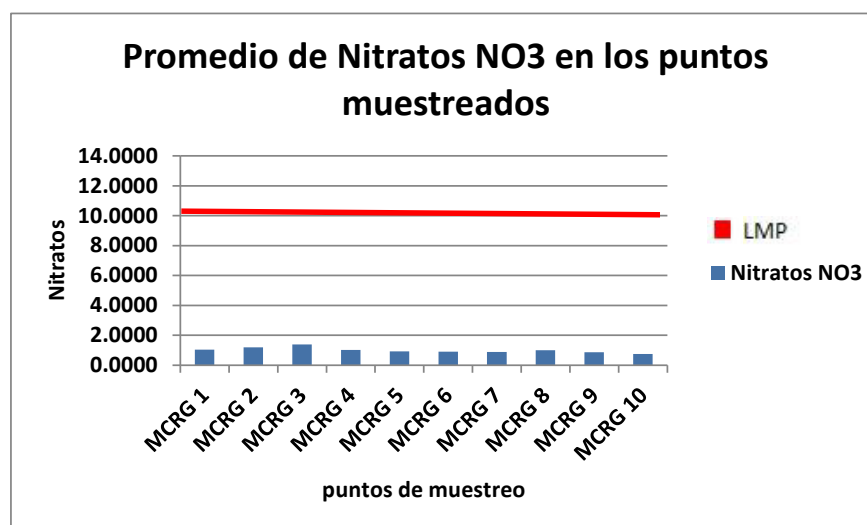
Cuadro 20. Resultados promedio de Nitratos NO₃ obtenida en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

Nitratos NO ₃								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre 2015	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	1.13	0.53	0.86	1.58	1.03
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	1.40	0.61	1.05	1.71	1.19
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	1.38	0.43	1.85	1.90	1.39
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	1.20	0.55	0.81	1.52	1.02
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	0.85	0.31	0.91	1.60	0.92
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	1.16	0.20	0.23	2.01	0.90
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	0.74	0.49	0.26	2.00	0.87
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	1.50	0.29	0.61	1.61	1.00
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	1.15	0.27	0.26	1.73	0.86
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	1.00	0.70	0.69	0.64	0.75
LMA				LMP		10		

Fuente: Elaboración propia 2015

Como se puede observar en la gráfica 7, el agua de las corrientes superficiales en la microcuenca presentaron una concentración promedio abajo del límite máximo permisible, de acuerdo a la norma COGUANOR, donde “El Aguajal” presentó la concentración más alta (1.39 mg/l). Sin embargo, todos se encuentran debajo de los límites máximos permisibles.

Gráfica 7. Promedios de Nitratos en los puntos de control de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.8 Sólidos totales disueltos

Son las sustancias que permanecen después de filtrar y evaporar a sequedad una muestra bajo condiciones específicas. En los sólidos disueltos totales (SDT), se determina el incremento de peso que experimenta una cápsula tarada, tras la evaporación en ella de una alícuota de la muestra previamente filtrada y que posteriormente es secada a peso constante a 180°C, temperatura a la cual el agua de cristalización está prácticamente ausente. El contenido de sólidos disueltos puede estimarse por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales.

El total de sólidos disueltos comprende las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. La presencia de concentraciones altas de sólidos disueltos en el agua de consumo puede resultar desagradable para los consumidores.

En el cuadro 21, se muestran las concentraciones de sólidos disueltos totales, los cuales ninguno de los 10 puntos superan el límite máximo permisible establecidos por la normas COGUANOR, se registró un valor mínimo de 75.68 y el punto máximo es de 317.30.

Es importante mencionar que de los cuatro monitoreos que se realizaron el punto río Chatulapa (MCRG 8) ha sido el más elevado en promedio, esto se debió a que esta fuente de agua es muy vulnerable a contaminación por desechos sólidos y aguas negras provenientes de las viviendas aledañas.

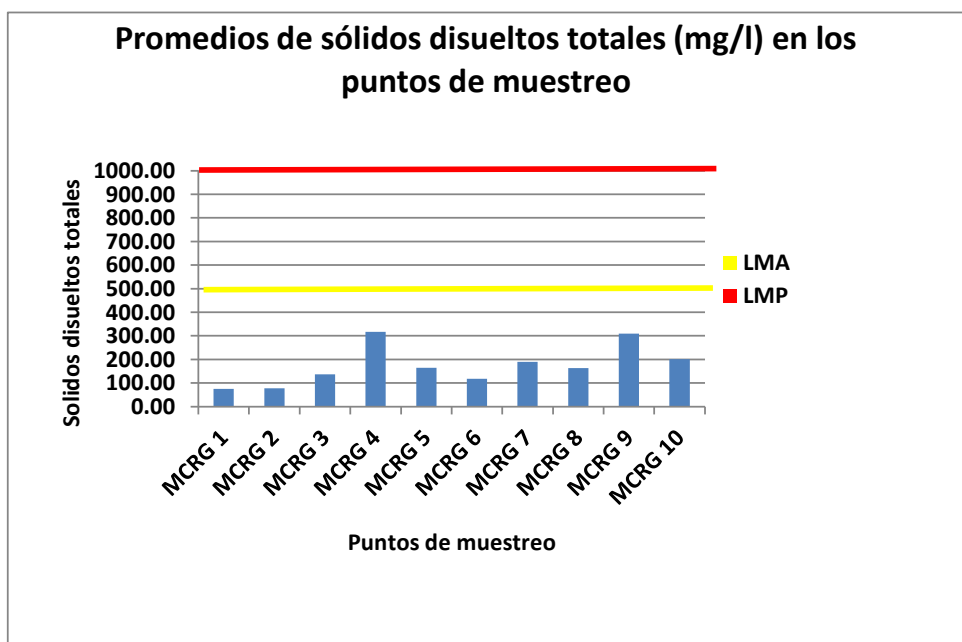
Cuadro 21. Resultados promedio de Solidos Disueltos Totales obtenida en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas Chiquimula, 2015.

Solidos Totales - mg/l-								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre 2015	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	12.00	92.00	38.70	160.00	75.68
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	36.00	48.00	112.70	116.00	78.18
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	13.00	192.00	216.20	128.00	137.30
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	128.00	720.00	277.00	144.00	317.30
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	128.00	164.00	239.00	128.00	164.75
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	76.00	128.00	134.10	136.00	118.53
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	144.00	136.00	249.00	232.00	190.25
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	56.00	192.00	174.10	232.00	163.53
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	128.00	668.00	226.00	216.00	309.50
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	132.00	252.00	234.00	188.00	201.50
LMA				500 mg/l		LMP	1000 mg/l	

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 8, se observan los promedios de sólidos disueltos totales los cuales ninguno supera el límite máximo aceptable siendo este de 500 mg/ y el límite máximo permisible de 100 mg/l.

Gráfica 8. Promedios de Solidos Disueltos totales en los 10 puntos monitoreados de las corrientes superficiales de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.9 Turbidez

Es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua. Medida de cuántos sólidos (arena, arcilla y otros materiales) hay en suspensión en el agua. Mientras más sucia parecerá que ésta, más alta será la turbidez.

La turbidez se reporta en unidades nefelométricas (NTU por sus siglas en Inglés). Durante períodos de flujo bajo (flujo normal), muchos ríos llevan agua de un color verde claro y las turbidez son bajas, usualmente menos de 10 NTU. Durante una tormenta, partículas de la tierra de los alrededores se introducen al río, originando que el agua se ponga de color café (por el lodo), lo cual, indica que el agua tiene valores de turbidez altos. Así mismo, durante flujos altos, las velocidades del agua se incrementan igual que los volúmenes del agua, lo cual propicia que la misma velocidad del agua revuelva las materias suspendidas en el fondo del arroyo, causando turbidez mayor.

Los valores de turbidez obtenidos para cada uno de los monitoreos se muestran en el cuadro 22, donde se pueden observar los 10 puntos monitoreados, únicamente 3 puntos presentaron concentraciones que sobrepasaron el límite máximo aceptable, sin embargo no sobrepasaron el límite máximo permisible, teniendo como punto más alto en promedio de 5.53 NTU. Siendo este del punto EL río Chatulapa (MCRG 8)

Como se observan en el cuarto monitoreo la turbidez es más elevada en todos los puntos muestreados a comparación de los monitoreos anteriores, debido a que éste se realizó en época de lluvia, por lo que existen arrastres de sólidos y hace que el agua se encuentre con mayor turbidez.

Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), la turbidez del agua para consumo humano no debe ser más, en ningún caso, de 5 NTU, y está por debajo de 1 NTU.

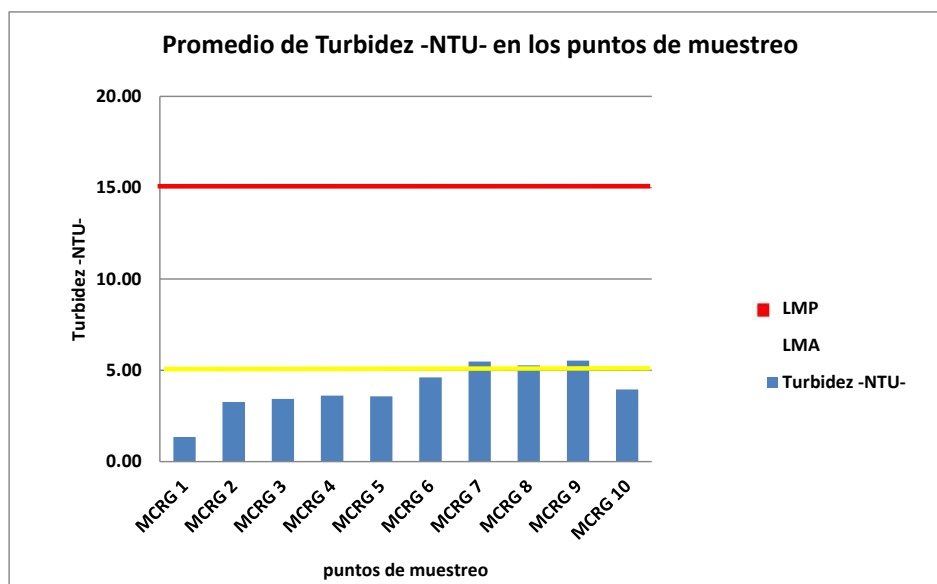
Cuadro 22. Resultados promedio de turbidez NTU obtenida en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas Chiquimula, 2015.

Turbidez - NTU-								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	0.71	1.18	0.79	2.72	1.35
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	1.11	0.93	3.33	7.68	3.26
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	1.20	1.01	1.64	9.90	3.44
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	1.18	0.99	0.89	11.40	3.61
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	1.01	1.67	0.83	10.80	3.58
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	0.92	1.19	1.03	15.30	4.61
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco urbano	1.87	3.98	2.47	13.60	5.48
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	1.79	5.44	2.15	11.71	5.27
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	4.00	3.85	1.67	12.60	5.53
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	2.35	1.24	4.54	7.70	3.96
LMA				5		LMP	15	

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 9, se puede observar los resultados en promedio de turbidez, donde tres puntos sobrepasan el límite máximo aceptable, estos son los puntos MCRG 7, MCRG8 MCRG 9; esto debido a que los puntos se encuentran ubicados en el casco urbano, donde existen descargas de aguas negras.

Gráfica 9. Promedios de Turbidez –NTU- en los puntos de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.10 Oxígeno disuelto

Es el oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, proveniente principalmente del oxígeno absorbido de la atmósfera por el movimiento constante del agua como los oleajes, saltos y rápidos. Otra fuente de oxígeno disuelto es la fotosíntesis del fitoplancton, las algas y las plantas acuáticas (eliminan dióxido de carbono y lo reemplazan con oxígeno).

La importancia del oxígeno en el agua es vital para la vida acuática (peces, plantas, bacterias aerobias, entre otros), por ello la falta del mismo es dañina para ella. Así, la falta de oxígeno disuelto es un indicador de contaminación que puede estar en función de la presencia de plantas acuáticas, materia orgánica oxidable, de organismos y de gérmenes aerobios, existencias de grasas, de hidrocarburos, de detergentes, entre otros.

En el cuadro 23, se muestran los resultados de oxígeno disuelto y de acuerdo a estos, los valores promedio de oxígeno disuelto están entre los 6.39 mg/l a 8.23 mg/l, dos de los 10 puntos sobrepasan el límite máximo aceptable. Los 8 puntos restantes son superiores al límite máximo permisible (4 mg/l) pero son inferiores al límite máximo aceptable (8 mg/l).

En el segundo monitoreo, los puntos de la parte media y baja de la microcuenca se encuentran con niveles de oxígeno disuelto por debajo del límite máximo permisible, esto se debió a que el monitoreo se realizó en época seca, por lo tanto las fuentes de agua se encontraban con caudales demasiado bajos.

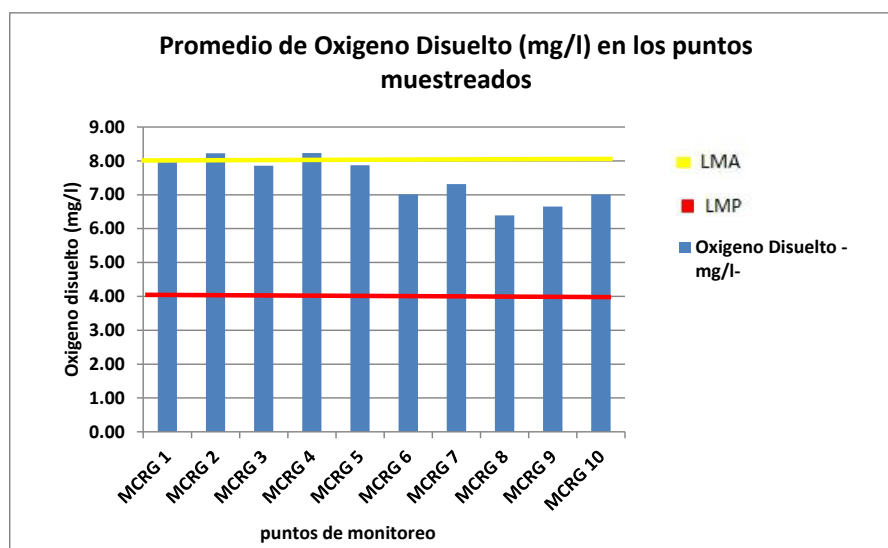
Cuadro 23. Resultados promedio de Oxígeno disuelto (mg/l) obtenido en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

Oxigeno Disuelto - mg/l -								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	7.72	8.58	7.66	7.89	7.96
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	7.99	8.62	8.04	8.24	8.22
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	7.86	7.30	8.06	8.22	7.86
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	8.24	8.47	8.02	8.20	8.23
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	8.05	7.53	7.92	8.00	7.88
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	7.90	4.81	7.56	7.77	7.01
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	7.66	6.51	7.24	7.85	7.32
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	6.91	4.84	6.31	7.50	6.39
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	7.46	4.40	6.95	7.79	6.65
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	7.79	5.47	7.03	7.72	7.00
LMA				8		LMP	4	

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 10, se muestran los promedios de oxígeno disuelto de los 10 puntos muestreados tres de estos sobrepasan el límite máximo aceptable y todos superan el límite máximo permisible, esto se debe principalmente a la contaminación que existe de agua residuales y aguas servidas de las comunidades dentro de la microcuenca.

Gráfica 10. Promedios de Oxígeno Disuelto en los 10 puntos monitoreados de las corrientes superficiales de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.11 Porcentaje de Saturación

Se refiere a la cantidad de oxígeno del agua en relación a la cantidad máxima de oxígeno que puede tener a la misma temperatura y presión. En condiciones normales, la cantidad de oxígeno soluble en el agua es fijo y se le denomina saturación, aunque existen factores que hacen que la cantidad de oxígeno disuelto varíe. El valor máximo permisible de oxígeno disuelto en % SAT para el agua es de (80 a 100%).

En el cuadro 24, se muestran los resultados promedio de oxígeno disuelto en porcentaje de saturación, el punto río Chatulapa (MCRG 8) se encuentra por debajo del límite máximo permisible, en este punto se ve contaminado por descargas de aguas residuales de las viviendas aledañas a la fuente de agua.

En el segundo monitoreo, se observa un déficit de porcentaje de saturación en dos puntos de la parte baja de la microcuenca, siendo estos MCRG 8 (río Chatulapa) y MCRG 9 (unión río G- río Chatulapa) este monitoreo se realizó en época seca lo que indica que los caudales fueron muy bajos, es importante mencionar que el punto MCRG 8 es afectado por desechos sólidos y aguas residuales.

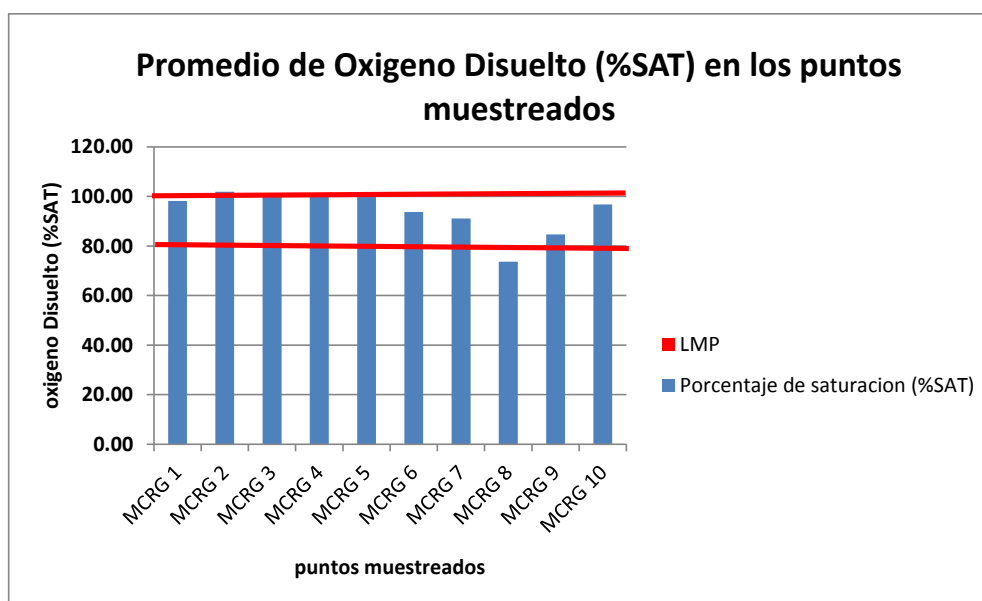
Cuadro 24. Resultados promedio del Porcentaje de Saturación % SAT obtenida en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

Porcentaje de saturacion (% SAT)								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre 2015	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	102.60	92.00	98.40	99.90	98.24
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	100.60	104.50	101.30	101.95	101.95
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	93.10	104.90	102.50	102.30	100.70
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	96.40	105.10	100.80	101.30	100.90
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	90.50	104.60	104.00	101.00	100.03
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	67.90	107.90	99.30	99.90	93.75
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	58.30	109.30	96.70	100.00	91.08
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	86.60	25.7	85.50	97.00	73.70
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	76.50	67.90	94.90	99.50	84.70
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	96.20	95.30	96.20	99.20	96.73
LMA	---				LMP	80 a 100		

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 11, se observan los resultados promedio del porcentaje de saturación, donde todos los puntos monitoreados se encuentran dentro del límite máximo permisible, excepto el punto MCRG 8 (río Chatulapa) está muy debajo de los límites establecidos, lo que hace que este punto se encuentre con déficit de porcentaje de saturación debido a la vulnerabilidad de la fuente de agua a ser contaminado.

Gráfica 11. Promedios del Porcentaje de saturación en los puntos de control de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.12 Demanda biológica de oxígeno DBO₅

Es el parámetro que se maneja para tener una medida de la materia orgánica biodegradable. La demanda biológica de oxígeno es una prueba usada en la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación de la materia orgánica en las agua, Su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) y la Organización Mundial del Salud (OMS) para la calidad de agua potable no establece un límite máximo aceptable ni permisible para la demanda biológica de oxígeno, ya que se supone el agua para consumo humano no debe contener materia orgánica; sin embargo la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales –SEMARNAT junto con la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) han establecido un límite máximo permisible (LMP) de DBO₅ para uso público urbano y protección de vida acuática de 30 mg/l.

En el cuadro 25, se muestran los valores promedios de la Demanda Biológica de Oxígeno, los cuales todos se encuentran por debajo del límite máximo permisible, ya que se obtuvieron concentraciones de 4.70 a 17.47 mg/l

En el cuarto monitoreo, se puede observar que la demanda biológica de Oxígeno se encuentra por debajo de los límite máximo permisible, esto debido a que en época de lluvia existe menos descomposición de la materia orgánica; esto ocurre por el arrastre de la materia en el agua, lo que significa que se necesita menor demanda de oxígeno.

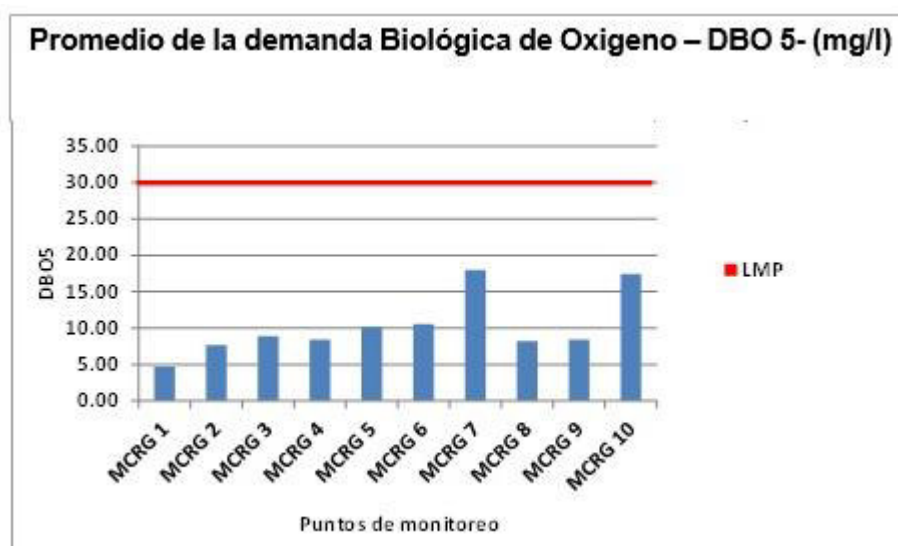
Cuadro 25. Resultados promedio de la Demanda Biológica de Oxígeno DBO₅ obtenida en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

DBO 5 - mg/l-								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre 2015	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	7.58	7.47	3.48	0.27	4.70
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	7.65	8.49	14.26	0.24	7.66
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	8.32	8.43	18.76	0.20	8.93
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	8.21	8.04	17.11	0.32	8.42
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	8.78	8.32	23.20	0.21	10.13
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Júcaro	7.89	8.53	25.52	0.30	10.56
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	8.67	7.87	55.25	0.15	17.99
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	5.97	5.49	21.32	0.19	8.24
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	7.43	7.39	18.64	0.25	8.43
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	8.80	9.44	51.50	0.13	17.47
LMA					LMP		30 mg/l	

Fuente: Elaboración propia 2015

Como se puede observar en la gráfica 12, las concentraciones de la Demanda Biológica de Oxígeno DBO₅ se encuentran por debajo del límite máximo permisible. Lo que es alentador ya que por lo menos este parámetro se encuentra en baja concentraciones.

Gráfica 12. Promedios de la Demanda Biológica de Oxígeno en los 10 puntos monitoreados de las corrientes superficiales de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.13 Temperatura °C

Es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Ésta no depende del número de partículas en un objeto y, por lo tanto, de su tamaño. La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir. Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad de agua, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. La elevación de la temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) e incrementa, en general, la solubilidad de las sales. También, aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando, de esta manera, la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 15°C.

En el cuadro 26, los resultados obtenidos de los cuatro monitoreos se puede observar que los valores de temperatura promedio están dentro de los 16.33 °C a 24.33 °C, los cuales se están dentro del límite máximo aceptable (15 a 25 °C), debido a las condiciones climáticas predominantes en la microcuenca.

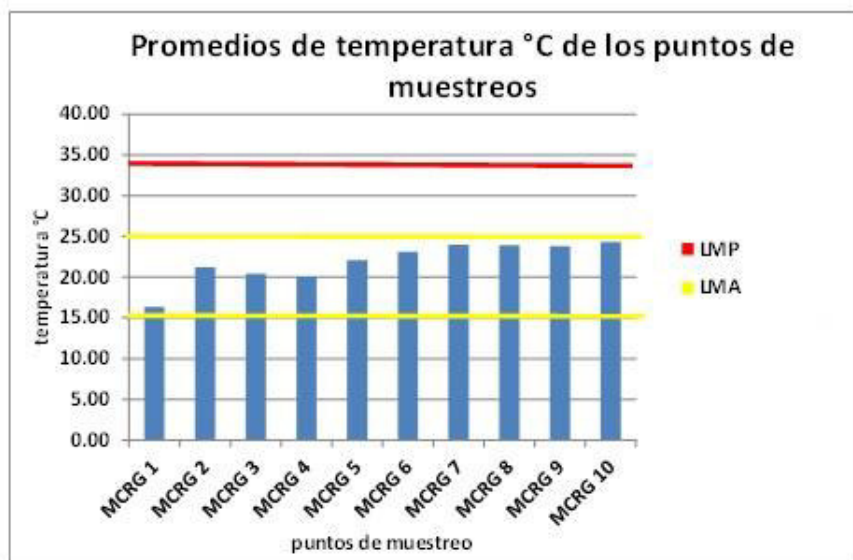
Cuadro 26. Resultados promedio de la Temperatura obtenido en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

Temperatura ° C								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre 2015	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	15.10	17.70	15.10	17.40	16.33
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	18.00	23.50	18.70	24.62	21.21
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	17.40	21.90	18.90	23.40	20.40
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	18.10	23.20	19.10	19.80	20.05
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	19.30	25.90	21.30	21.70	22.05
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícaro	19.50	27.20	21.50	24.12	23.08
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	27.30	23.50	22.30	22.80	23.98
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	27.30	22.10	33.50	23.60	23.88
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	26.80	23.12	21.80	23.40	23.78
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	27.30	24.60	22.30	23.10	24.33
LMA		15.0 ° C a -25 ° C			LMP		34.0 ° C	

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 13 se muestran los promedios de temperatura, en donde se observa que todos los puntos están dentro del límite máximo aceptable y por debajo del límite máximo permisible.

Gráfica 13. Promedios de la Temperatura en los puntos de control de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.2.14 Parámetros microbiológicos

a. Coliformes fecales

Son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia* es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte.

Un alto nivel de bacterias Coliformes fecales, por lo general indica la presencia en el agua de una gran cantidad de heces y otros materiales orgánicos sin tratar, que pueden tener un serio impacto en el ambiente. La materia orgánica que acoge a la bacteria se descompone aeróbicamente, lo que puede disminuir seriamente los niveles de oxígeno y causar la muerte de peces y otros ejemplares de la vida silvestre que dependen del oxígeno.

Los resultados presentados en el cuadro 27, en todas las fuentes de agua analizadas, existe presencia de Coliformes fecales, con concentraciones que van desde los 18.5 NMP/100 ml de agua hasta valores mayores a 2,400 NMP/100 ml de agua, estos valores son superiores al LMP establecido en la norma COGUANOR y la OMS para agua apta para el consumo humano (0 LMP).

Se muestran los resultados de los cuatro monitoreos, en los cuales todos los puntos ubicados en la parte medio y baja de la microcuenca se encuentran en altas concentración de Coliformes fecales, los cuales se deben a que en estos puntos las fuentes de agua se ven afectadas por descargas de aguas negras directamente.

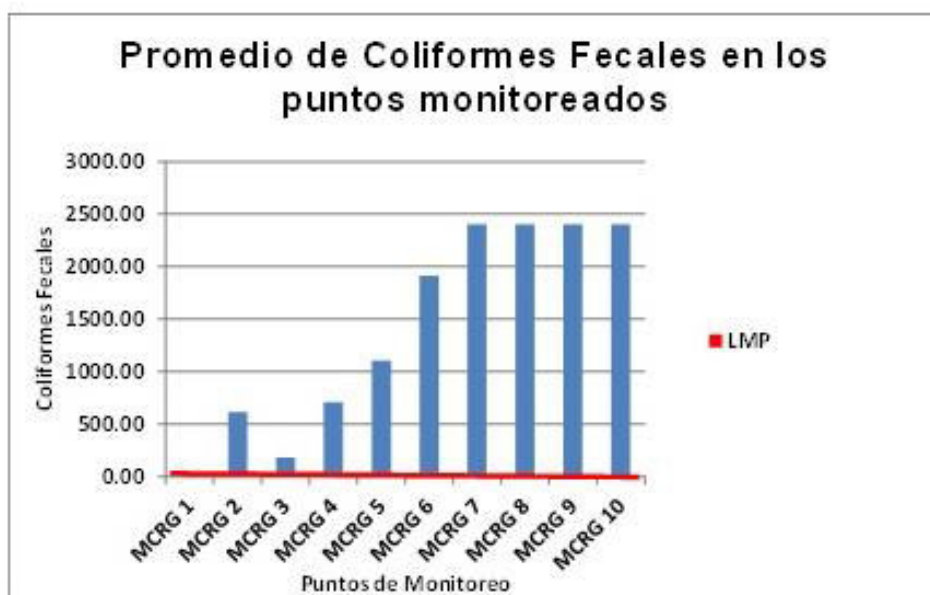
Cuadro 27. Resultados promedio de los Coliformes Fecales obtenida en los 10 puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015

Coliformes fecales								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	4.00	23.00	4.00	43.00	18.50
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	3	23.00	43.00	2400.00	617.25
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	240.00	240.00	43.00	210.00	183.25
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	2400	93.00	93.00	240.00	706.50
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	460.00	2400	460	1100.00	1105.00
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jícara	2400	460.00	2400	2400.00	1915.00
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	2400	2400	2400	2400.00	2400.00
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	2400	2400	2400	2400.00	2400.00
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	2400	2400	2400	2400.00	2400.00
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	2400	2400	2400	2400.00	2400.00
LMA				LMP		0 (ausencia)		

Fuente: Elaboración propia 2015

Los 10 puntos de control en promedio muestran en la gráfica 14, que sobrepasan el límite máximo permisible ya que todos cuentan con concentraciones altas de Coliformes fecales, las causas probables de estos resultados son la cercanía de viviendas a las fuentes de agua y por la tanto descargas de aguas negras en las corrientes superficiales de la microcuenca, así también, la crianza de ganado vacuno en la parte alta de la microcuenca.

Grafica 14. Promedios de Coliformes Fecales obtenido en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

b. Coliformes totales

Las bacterias conocidas como Coliformes totales viven en el tracto digestivo de un animal o de una persona y en las heces. Aunque a menudo es asociada con *E. coli*, la bacteria Coliformes describe cualquiera de varios microorganismos que están presentes en el medio ambiente, así como las heces de animales de sangre caliente.

Como se observa en el cuadro 28, las concentraciones de coliformes totales sobrepasan el límite máximo permisible, los resultados se muestran muy elevados, esto se debe por las cercanías de centros poblados a las fuentes de agua y las descargas de aguas negras que ocurren en las corrientes superficiales de la microcuenca.

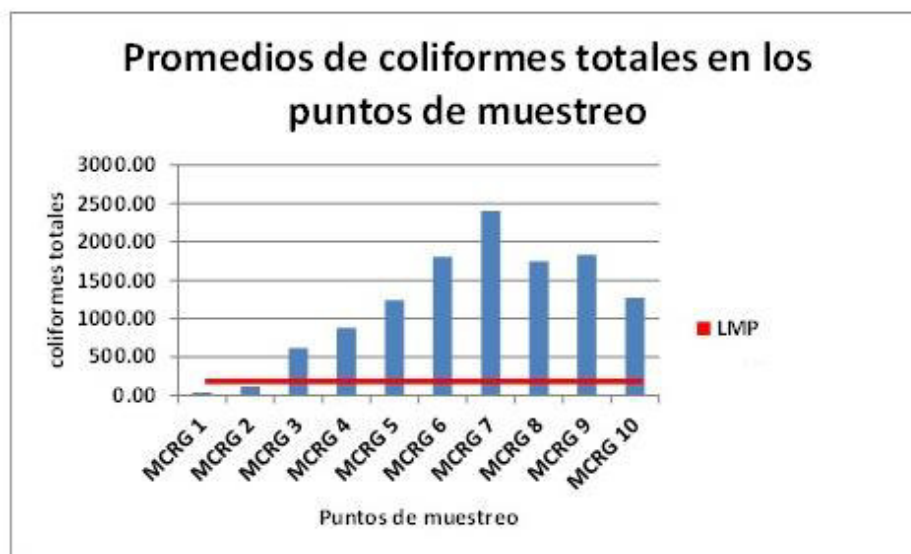
Cuadro 28. Resultados promedio de los Coliformes totales obtenida en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

Coliformes totales								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	4.00	43.00	23.00	93.00	40.75
2	MCRG 2	Río El Chagua	El Obispo abajo	3.00	3.00	240.00	210.00	114.00
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	3.00	11.00	39.00	2400.00	613.25
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	3.00	20.00	1100.00	2400.00	880.75
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	28.00	2400.00	120.00	2400.00	1237.00
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Júcaro	11.00	2400.00	2400.00	2400.00	1802.75
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	2400.00	2400.00	2400.00	2400.00	2400.00
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	1100.00	1100.00	2400.00	2400.00	1750.00
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	2400.00	120.00	2400.00	2400.00	1830.00
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	28.00	240.00	2400.00	2400.00	1267.00
LMA					LMP		0 (ausencia)	

Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 15, se muestran las concentraciones de Coliformes totales, los cuales superan el límite establecido por las normas COGUANOR y la OMS.

Gráfica 15. Promedios de Coliformes totales en los 10 puntos monitoreados de la corriente superficial de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.3 Determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA) en la microcuenca río Grande, Concepción Las Minas, Chiquimula, 2015

El Índice de Calidad de Agua -ICA- de las corrientes superficiales de la microcuenca río Grande se estimaron utilizando los valores de nueve parámetros pH, demanda biológica de oxígeno DBO₅, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales, Coliformes fecales y oxígeno disuelto en % de saturación; los cuales se determinaron en cada uno de los monitoreos realizados.

En el cuadro 29, se observa el Índice de Calidad de Agua, -ICA- para cada punto en promedio de los cuatros monitoreos sobre las corrientes superficiales de la microcuenca río Grande; los resultados obtenidos se muestran que Las Granadillas (MCRG 1) presenta un mayor promedio del ICA siendo este de 80.20 y el río Chatulapa (MCRG 8) presenta un promedio menor de ICA de 67.27.

Cuadro 29, Índice de Calidad de Agua – ICA- en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

Índice de Calidad de Agua - ICA-								
No	ID	Nombre Río	Ubicación Punto de control	Monitoreo 1 enero 2015	Monitoreo 2 abril 2015	Monitoreo 3 julio 2015	Monitoreo 4 octubre	Promedio
1	MCRG 1	Río Grande 1	Las Granadillas	77.95	80.39	79.04	83.41	80.2
2	MCRG 2	Río El Chagual	El Obispo abajo	81.79	88.13	79.38	80.71	82.5
3	MCRG 3	Río Grande 2	El Aguajal	72.71	74.09	75.09	80.85	75.69
4	MCRG 4	Río Grande 3	El Aguajal 1	76.95	72.54	77.3	77.99	76.2
5	MCRG 5	Río Grande 4	Valle arriba	67.56	69.07	74.45	75.61	71.67
6	MCRG 6	Río Grande 5	Quebrada El Jicaró	71.31	68.39	75.08	74.77	72.39
7	MCRG 7	Río Grande 6	Casco Urbano	71.62	68.41	74.32	74	72.09
8	MCRG 8	Río Chatulapa	Casco Urbano	68.04	57.52	68.41	75.1	67.27
9	MCRG 9	Río Grande 7	Casco Urbano	70.32	57.63	68.61	76.29	68.21
10	MCRG 10	Río Grande 8	La Quesera	66.45	64.16	68.63	75.52	68.69

Fuente: Elaboración propia 2015

En el primer monitoreo (enero 2015) que se realizó en la microcuenca del río Grande, se determinó el Índice de Calidad de Agua para cada uno de los puntos de control; en el punto La Quesera (MCRG 10) se obtuvo un menor Índice de Calidad, el cual se encuentra situado debajo de la carretera que conduce hacia la comunidad La Quesera, el cual recibe descargas de aguas negras de las viviendas cercanas a este, presenta un índice de

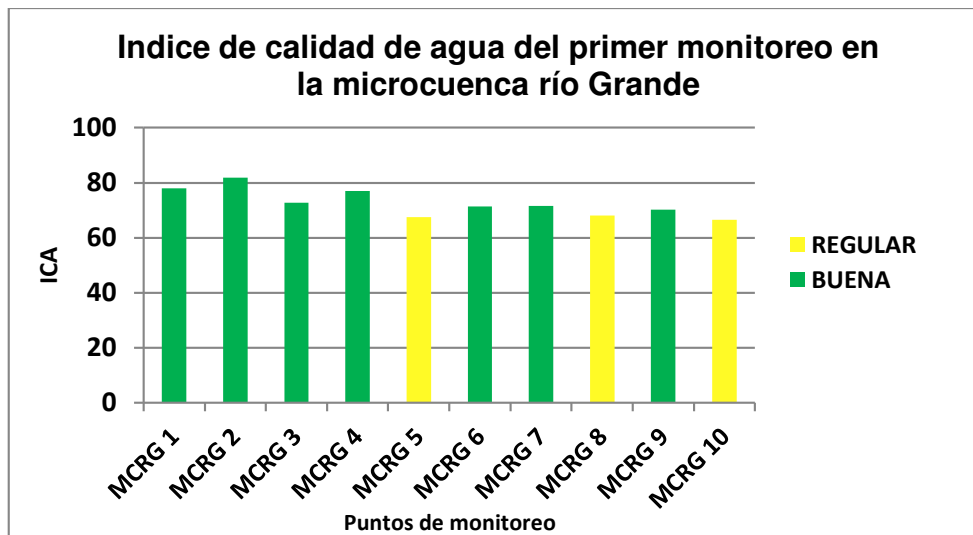
Calidad regular, siendo el más bajo del primer monitoreo. Así como el punto El Obispo (MCRG 2) presenta un índice de calidad de agua más alto ya que este punto se encuentra situado en la parte alta de la microcuenca y las influencias antropológicas son menores, por lo tanto no está expuesto a descargas de aguas grises ni a ser un basurero clandestino, en la gráfica 16, se presentan el índice de del Agua –ICA- del primer monitoreo.

En el segundo monitoreo (abril 2015) realizado en la microcuenca río Grande, se observa que el punto de control río Chatulapa (MCRG 8), presenta un Índice de Calidad de Agua bajo, este punto se encuentra situado en la parte baja de la microcuenca en el casco urbano del municipio y es uno de los puntos más afectados por las viviendas aledañas ya que en el existen descargas de aguas residuales, también utilizado como basurero clandestino. En la gráfica 17, se presenta el índice de calidad de agua –ICA- del segundo monitoreo.

Como se muestra en la gráfica 18, el tercer monitoreo (julio 2015) no se encuentra variación en los índices de Calidad de Agua del segundo monitoreo, ya que el punto que resultó con un índice bajo es el mismo río Chatulapa (MCRG 8) y el más alto el punto el Obispo (MCRG 2) a pesar de ser en época húmeda.

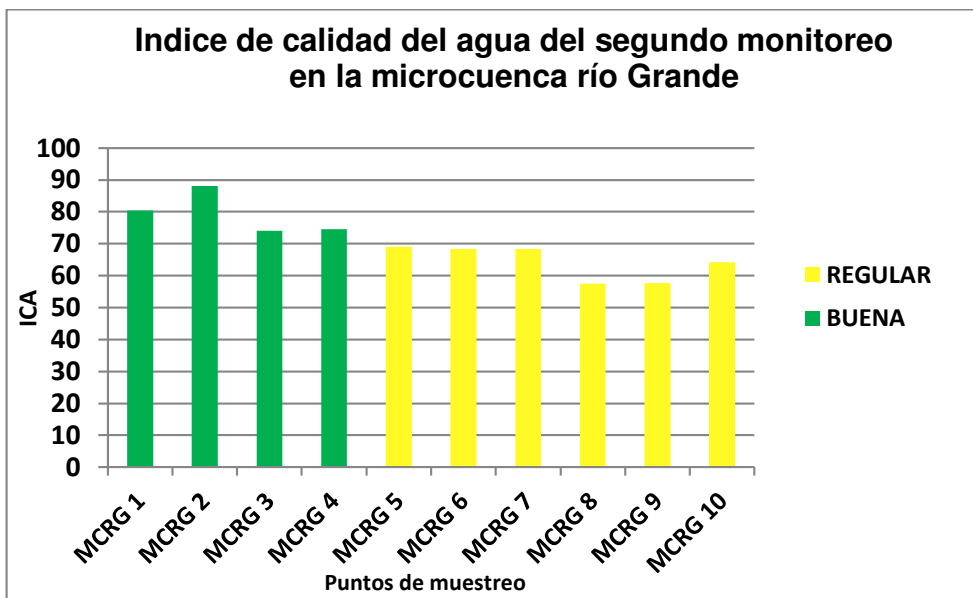
En el cuarto monitoreo (octubre 2015), se observa que el punto que tiene menor índice de calidad es el punto que se encuentra en la parte baja de la microcuenca (MCRG 7), donde éste es influenciado por la actividad humana, como descargas de aguas grises provenientes de las vivienda aledaña a dicha fuente de agua, el punto con mejor calidad en este monitoreo es el punto Las Granadillas (MCRG 1) este punto se encuentra en la parte alta de la microcuenca y no es muy afectado por la actividad humana, ya que se encuentra fuera del casco urbano sin tener comunidades cercanas, que afecten la fuente de agua Grafica 19.

Gráfica 16. Índice de Calidad del Agua del primer monitoreo (Enero de 2015), en la microcuenca del río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula 2015.



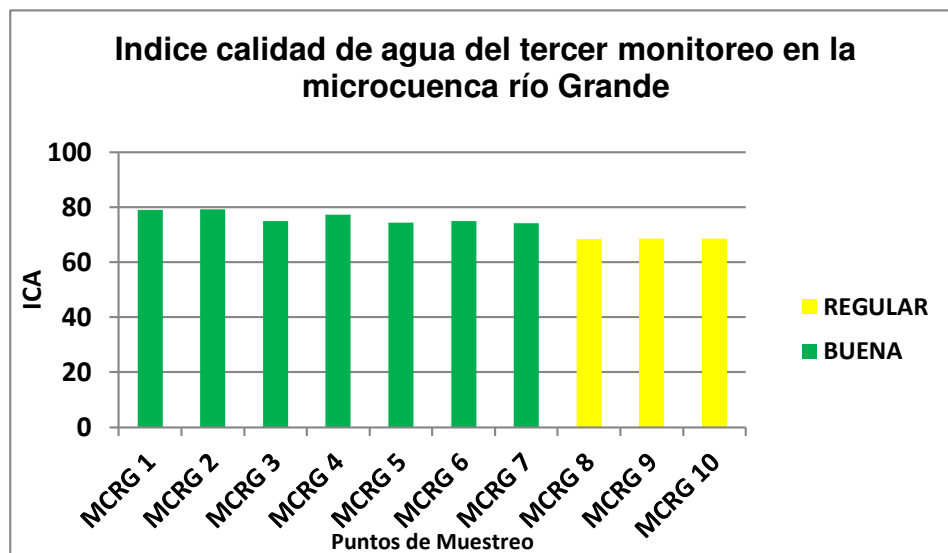
Fuente: Elaboración propia 2015

Gráfica 17. Índice de Calidad del Agua del segundo monitoreo (Abril de 2015), en la microcuenca del río Grande, Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.



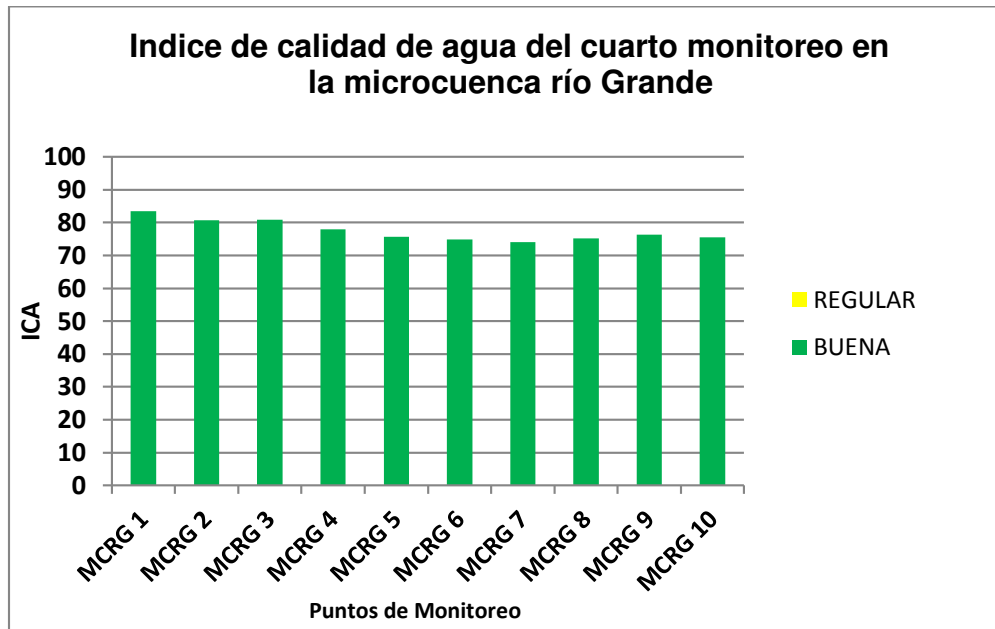
Fuente: Elaboración propia 2015

Gráfica 18. Índice de Calidad del Agua del tercer monitoreo (Julio de 2015), en la microcuenca del río Grande, Concepción las Minas, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

Gráfica 19. Índice de Calidad del Agua del cuarto monitoreo (Octubre de 2015), en la microcuenca del río Grande, Concepción las Minas, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

9.4 Calidad de agua de las corrientes superficiales de la microcuenca río Grande, municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, 2015

Los resultados promedio que se obtuvieron del Índice de Calidad de Agua –ICA- en cada punto de control de los cuatro monitoreos realizados en las corrientes superficiales de la microcuenca río Grande se determinó la calidad de agua con base a la clasificación según la propuesta por Brown (1970) que se presenta en el cuadro 29. De acuerdo a la calidad del agua se dividen en 5 escalas excelente, buena, regular, mala y pésima.

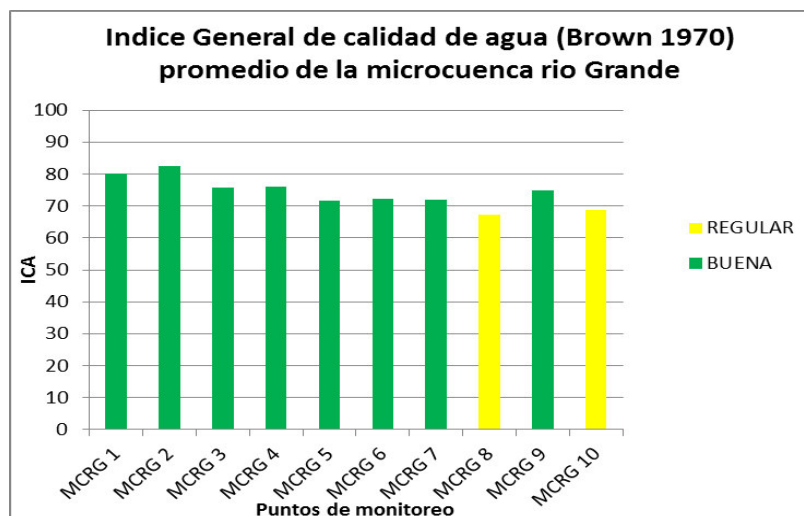
En el cuadro 30, se muestran los valores promedios del índice de calidad del agua -ICA- de los cuatro monitoreos, los cuales se puede observar que el de los diez puntos de control Ocho se encontraron en la escala de calidad de agua “buena” y dos en la escala “regular” los puntos de control más afectados son río Chatulapa (MCRG 8) y la Quesera (MCRG 10) su índice bajo se debió a los altos contenido de fosfatos así como también el oxígeno disuelto en porcentaje de saturación SAT % y su alta concentración de Coliformes fecales, Estos puntos son los más afectados ya que existen descargas de aguas grises

Cuadro 30. Calidad de agua general en los puntos de control establecidos en la microcuenca río Grande, Concepción las Minas, Chiquimula, 2015.

Indice de Calidad de Agua General -ICA-						
ID	Punto de control	Indice de Calidad de Agua monitoreo 1 Enero 2015	Indice de Calidad de Agua monitoreo 2 Abril 2015	Indice de Calidad de Agua monitoreo 3 Julio 2015	Indice de Calidad de Agua monitoreo 4 Octubre 2015	Promedio de Calidad General del agua por Brown
MCRG 1	Las Granadillas	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
MCRG 2	El obispo	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
MCRG 3	El aguajal	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
MCRG 4	Union aguajal obispo	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
MCRG 5	Valle Arriba	Regular	Regular	Buena	Buena	Buena
MCRG 6	El Jicaro	Buena	Regular	Buena	Buena	Buena
MCRG 7	Casco Urbano río Grande	Buena	Regular	Buena	Buena	Buena
MCRG 8	Río Chatulapa	Regular	Regular	Regular	Buena	Regular
MCRG 9	Union río G- río Chatulapa	Buena	Regular	Regular	Buena	Buena
MCRG 10	La Quesera	Regular	Regular	Regular	Buena	Regular

Fuente: Elaboración propia 2015

Gráfica 20. Índice de calidad del agua (Brown 1970) promedio en la microcuenca del río Grande, Concepción las Minas, Chiquimula 2015.



Fuente: Elaboración propia 2015

En la gráfica 20, se muestra el índice general de la calidad de agua donde se observa que el 80 % de los puntos se encuentra en una escala de calidad “buena” y el 20 % de calidad “regular”

9.4.1. Calidad del agua según criterios generales de uso

Con los valores obtenidos en los cuatro monitores se tomaron en cuenta los valores obtenidos para obtener el índice de calidad de agua, tomando en cuenta los lineamientos creados por Dinius (1987), en función del uso del agua de una fuente superficial donde se establecen 6 valores de calidad de agua y estos son excelente, aceptable, levemente contaminada, contaminada, fuertemente contaminada y excesivamente contaminada y se constituyen en cinco criterios generales de uso: agua potable, agricultura, pesca y vida acuática, industrial y recreación. Con base a rangos y criterios generales se puede observar la calidad del agua en los diferentes puntos de control establecidos que conforman la microcuenca río Grande.

Cuadro 31. Calidad de Agua según criterios generales de uso para cada punto de control establecido en la microcuenca río Grande del municipio de Concepción las Minas, 2015.

No.	ID	Nombre	Total	Uso específico				
				Agua potable	Agricultura	Pesca y vida acuática	Industrial	Recreación
1	MCRG 1	Las Granadillas	80.2	Aceptable	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
2	MCRG 2	Obispo	82.5	Aceptable	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
3	MCRG 3	El Aguajal	75.69	Leve contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
4	MCRG 4	Union aguajal	76.2	Leve contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
5	MCRG 5	Valle Arriba	71.67	Leve contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
6	MCRG 6	El Jicaro	72.39	Leve contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
7	MCRG 7	Casco Urbano	72.09	Leve contaminada	Aceptable	Excelente	Aceptable	Excelente
8	MCRG 8	Río Chatulapa	67.27	contaminada	Leve contaminada	Aceptable	Leve contaminada	Aceptable
9	MCRG 9	Union río G y Chatulapa	68.21	contaminada	Leve contaminada	Aceptable	Leve contaminada	Aceptable
10	MCRG 10	La Quesera	68.69	contaminada	Leve contaminada	Aceptable	Leve contaminada	Aceptable

Fuente: Elaboración propia 2015

Según el índice de calidad y los criterios de uso específico se determinó la calidad de agua de la microcuenca río Grande para cada punto de control en los cuatro monitoreos, con base a la clasificación propuesta por Brown de acuerdo a la calidad del agua.

De acuerdo al Índice de Calidad de Agua –ICA- y según la escala de criterios generales de uso, en los 10 puntos de control establecidos; el 70% de los puntos monitoreados se encuentra en promedio en un índice de calidad del agua “buena” y el 30% en un índice de calidad “regular”.

En uso específico en “agua potable”, cuatro de los puntos monitoreados presentan un rango “contaminada” estos son los puntos con mayor foco de contaminación debido a la ubicación en la parte baja de la microcuenca, lo que significa que estos puntos no son aptos para consumo humano y necesitan un sistema de purificación como cloración u otro método que permita eliminar la contaminación por bacterias.

En uso específico en “ agricultura”, se obtuvieron tres puntos en la escala de levemente contaminada esto quiere decir que si existen cultivos que requieran agua de mejor calidad para su riego será necesario su purificación

Para el uso en “pesca y vida acuática”, la calidad de agua de la microcuenca es excelente ya que en la microcuenca la calidad del agua para este uso es adecuada.

En actividad “industrial”, únicamente tres puntos se obtuvieron en la escala de “leve contaminada” lo que significa que requiere una purificación para llevar acabo las operaciones industriales.

En el uso específico “recreación”, la calidad de agua en la microcuenca es excelente por lo tanto puede utilizarse para actividades recreativas.

Cuadro 32. Criterios generales según el índice de Calidad del Agua ICA

CRITERIOS GENERALES SEGÚN EL USO						
Rango ICA	Agua Potable	Agricultura	Pesca y Vida Acuática	Industrial	Recreación	
90- 100						
80 -90						
70 - 80						
60 - 70						
50 - 60						
40 - 50						
30 - 40						
20 - 30						
0 - 20						

ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA						
Color						
Calidad de Agua	Excelente	Aceptable	Levemente Contaminada	Contaminada	Fuertemente Contaminada	Exesivamente Contaminada

Fuente: SNET (1998)

9.5 Determinación de los caudales en las fuentes de agua de la microcuenca río Grande en el municipio de Concepción las minas, Chiquimula

Se determinaron los caudales de tres de las fuentes de agua que conforman la microcuenca río Grande entre las que se menciona río Chatulapa, río Grande, casco urbano y La Quesera; con el fin de conocer el comportamiento de los caudales en época seca y lluviosa. Se utilizó el método del flotador en los tres puntos seleccionados, el cual es un método sencillo y rápido para estimar el caudal de agua que pasa en una sección transversal del río.

En el municipio de Concepción las Minas se estimó una precipitación promedio anual de 1570 mm, la baja precipitación ha producido en los suelos mayores condiciones de sequía y por ende al cambio climático. Lo que ha provocado los bajos caudales en las dos épocas del año debido canícula prolongada.

En el cuadro 32, Se muestran los caudales obtenidos en la época seca (abril) y época de lluvia (septiembre) es importante mencionar que se tomó como época de lluvia en septiembre porque las lluvias en ese año fueron escasas ya que se presentó una canícula prolongada. En el río Chatulapa existe una disminución del caudal en un 98% porcentaje en relación a la época húmeda con la época seca de caudales para el Casco Urbano; en el río Grande existe una diferencia de 96% y La Quesera con una diferencia de 94%. El porcentaje de los tres fuentes de agua es lamentable ya que significa que de una época a otra se pierde gran parte de su caudal.

Cuadro 33. Caudales de las fuentes del agua de la microcuenca río Grande, en el municipio de Concepción las Minas, Chiquimula

Caudales m ³ /s microcuenca río Grande, 2015			
Nombre	Punto de aforo	Abril	Septiembre
Río Chatuapa	Casco Urbano	0.68	37.14
Río Grande 7	Casco Urbano	7.01	181
Río Grande 8	La Quesera	5.69	160.22

Fuente: elaboración propia

9.6 Lineamientos de propuesta de manejo del recurso hídrico en la microcuenca del río Grande

El municipio de Concepción las Minas cuenta con diversas fuentes de agua, el cual con el pasar del tiempo, estos se han visto afectados por las descargas de aguas negras, desechos sólidos, entre otros; contaminantes provenientes de los diferentes caseríos y aldeas.

La microcuenca río Grande se encuentra rodeada por 7 centros poblados que constituyen el municipio de Concepción las Minas (El Aguajal, San José, Valle Arriba, EL Jícaro, La Quesera, Sacramento, Dolores); lo que hace que esta se vea afectada por las actividades antropogénicas como descargas de las aguas residuales vertidas directamente a las fuentes de agua; en cuanto a la reducción de la contaminación del recurso hídrico no hay avance significativo, en cuanto a las medidas implementadas a nivel local para solventar la problemática de aguas residuales, sobre todo las descargas domésticas urbanas, que generan la carga orgánica, que aumentan la carga bacteriana en las fuentes hídricas.

Con base a los resultados obtenidos en los cuatro monitoreos en la microcuenca río Grande, se hace necesario realizar una propuesta para el manejo del recurso hídrico, conociendo el índice de calidad del agua de la microcuenca y saber que esta calidad cambia por diversos factores en cada parte de la microcuenca (alta, media y baja), la época de año, el uso de suelo entre otros.

Los resultados de los aforos realizados en las fuentes de agua, se pudo determinar que los caudales han sido afectados; con el tiempo han ido disminuyendo la cantidad de lluvias anuales; en los aforos realizados se determinó que en las fuentes de agua el caudal disminuye hasta en un 98 % de época húmeda a época seca.

Para el manejo del recurso hídrico es necesario realizar un diagnóstico de la microcuenca río Grande para una mayor comprensión de las características de ésta; el diagnóstico resalta sus características biofísicas, socio económicas y productivas lo que favorece a determinar la situación actual del cuerpo de agua y así realizar una propuesta para el manejo del recurso hídrico.

Se concluye que la microcuenca río Grande se encuentra contaminada en varios puntos aledaños a los centros poblados. Es por ello que se plantean una serie de lineamientos

que permitirán controlar y reducir la contaminación en dicha red hidrológica con la implementación de las mismas.

9.6.1 Implementación de un consejo para la protección y conservación de la microcuenca río Grande

Se propone la formación de un Consejo para la protección y conservación de la microcuenca, el cual se formará con los representantes de las comunidades aledañas a la microcuenca (COCODE); así como representantes de la municipalidad y debido a la ubicación de la microcuenca se incluye la Comisión Nacional de Áreas Protegidas CONAP; los cuales conocen el área de la microcuenca, y será posible aceptar la aplicación de buenas prácticas de manejo de los recursos naturales.

Para lograr la formación de un consejo del manejo de la microcuenca, los participantes deben llenar las siguientes cualidades:

- Conocer el área de la microcuenca (más allá de su comunidad).
- Tener liderazgo intercomunitario.
- Ser miembro activo del COCODE u otra organización social de su comunidad.
- Ser persona innovadora que acepte la aplicación de buenas prácticas de manejo de recursos naturales.

Los miembros del consejo deberán ser capacitados por la Oficina Municipal de Planificación (OMP) o el Concejal de Ambiente del Municipio. En donde se realicen talleres con temas de interés:

- ¿Qué es una microcuenca?
- Ríos principales
- Límites
- Comunidades
- Cobertura forestal
- Uso de suelo
- Situación actual de la microcuenca

Temas que amplíen sus conocimientos y ayude a entender mejor el objetivo de la creación de un consejo para la conservación de la microcuenca, también se presentarán los resultados obtenidos en los monitoreos donde se muestre la calidad del agua y el cambio de los caudales, para dar mayor importancia al manejo de la microcuenca.

Figura 7. Procesos para la elaboración de plan de manejo de la microcuenca río Grande, concepción las Minas.



Fuente: elaboración propia 2016

a. Sensibilización

Sensibilización sobre la importancia que tiene un plan de manejo, es importante tratar en forma ordenada los aspectos esenciales de la importancia de la construcción del plan de manejo de la microcuenca, en el mismo deben participar todos los integrantes del consejo de la microcuenca. El facilitador, debe abordar este tema desde un momento de reflexión acerca de la situación de la microcuenca río Grande (situación actual), qué se

visualiza hacia el futuro (como desearían que fuera) y qué acciones se pueden concretar para alcanzar la situación deseada.

Esta actividad se puede conducir de varias maneras, por ejemplo, mediante una discusión por preguntas generadoras como las siguientes:

- ¿Se está deteriorando nuestra microcuenca?
- ¿Por qué afirmamos eso?
- Si hay deterioro en la microcuenca, ¿por qué está ocurriendo?
- ¿Qué sucederá con las poblaciones si las cuencas cada vez generan menos bienes y servicios?
- ¿En cuánto tiempo podrían ocurrir los desastres y qué daños causarían?
- ¿Qué debemos hacer para evitar que se deteriore nuestra microcuenca?
- ¿Quiénes deben participar?
- ¿Por qué deben participar?
- ¿Cómo nos podemos organizar?
- ¿Necesitamos un plan para ponernos de acuerdo y trabajar en equipo para realizar mejor el manejo de la microcuenca?

Conociendo la importancia de construir un plan de manejo de la microcuenca, se inician las acciones concretas para elaborarlo.

b. Caracterización de la microcuenca río Grande

Es el proceso para determinar los atributos particulares de la microcuenca y se efectúa en dos niveles; con el apoyo de un mapeo participativo, para tomar en cuenta la perspectiva de los comunitarios y los técnicos.

b.1. Los comunitarios

El objetivo de realizar la caracterización con los actores clave de la microcuenca consiste en establecer la situación actual de los recursos físicos y humanos de ésta para visualizar cuál será la situación en el futuro; la caracterización se fundamenta en los medios de vida sostenible y recursos de la comunidad; se trata de integrar un grupo reducido de personas representantes de las comunidades (menos de 10), que se caractericen por poseer

suficiente conocimiento de la microcuenca, los cuales deben representar a la parte alta, media y baja de la microcuenca.

b.2. Técnicos

Se realiza con el propósito de identificar las características principales de la microcuenca partiendo de la visión técnica; servirá de base para practicar el monitoreo técnico, ésta caracterización comprenderá la identificación de las principales características topográficas, fisiografía, relieve y geomorfometría de la microcuenca y todas aquellas características biofísicas de la microcuenca.

c. Diagnóstico y análisis de resultados

En el diagnóstico se identificarán las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que hay en el entorno, permitirá identificar cuáles son los recursos más relevantes. Para esto será necesario identificar aquellos que están seriamente dañados y los que se presentan como oportunidades relevantes. La herramienta a utilizar será el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas).

d. Planificación de manejo de la microcuenca

Es un instrumento de planificación, que le permite al Consejo del Manejo de la microcuenca orientar acciones y ayudar a la toma de decisiones que favorezcan el desarrollo integral de la microcuenca, con base en la gestión de recursos naturales y la conservación del ambiente para el bienestar socioeconómico de la población.

Es importante mencionar que la participación debe ser un proceso cuidadosamente conducido, al inicio probablemente se requiera de un gran esfuerzo por parte del facilitador o coordinador, para luego actuar como apoyo a las diferentes necesidades que se presenten. En el mediano y largo plazo, esta función promotora adquirirá un rol menos protagónico hasta que las comunidades y organizaciones de las microcuencas adquieran una capacidad de autogestión y de sostenibilidad.

Tomando en cuenta que la microcuenca río Grande se encuentra ubicada dentro del área protegida “San José” que pertenece a la región trífino, así como también, centros poblados dentro de ésta y por aspectos de manejo se dividirá en tres partes (alta, media, baja) para darle mayor importancia al manejo del recurso hídrico en el municipio.

9.7 Parte Alta

En esta parte de la microcuenca nacen dos quebradas; nacimiento el Chagual y las granadillas las cuales conforman aguas abajo de la microcuenca río Grande. La parte alta está compuesta en su mayoría por suelos clase VII y VI, de vocación forestal y aptos para cultivos permanentes, el cultivo predominante es de granos básicos; es importante mencionar que en esta parte se encuentran diversas fincas de café, como, pastoreo de ganado bovino. En esta parte se encuentra grandes extensiones de bosque de pino, (*pinus oocarpa*) y el ciprés (*cupresus lusitánica*) y Latifoliados.

Los parámetros analizados para determinar la calidad del agua en esta parte resultaron dentro del límite máximo permisible excepto los Coliformes fecales y totales que en las dos épocas del año sobrepasaron los límites recomendados, los parámetros como fosfatos, nitratos, sulfatos no resultaron elevados pero si se encontraron concentraciones en las fuentes de agua en esta parte, los puntos en general mostraron un índice de calidad en la escala “buena”.

Por lo cual se proponen medidas para un manejo adecuado en esta parte de la microcuenca.

9.7.1 Implementación de buenas prácticas agrícolas para evitar la contaminación de las fuentes de agua por el uso de fertilizantes y agroquímicos

Las buenas prácticas agrícolas son indispensables para evitar la contaminación por fertilizantes en las fuentes de agua, en la parte alta de la microcuenca río Grande se realizan plantaciones de café y de granos básicos (frijol y maíz) es por ello que es necesario implementar las buenas prácticas agrícolas. Entre las buenas prácticas que son de importancia se mencionan:

- Determinar la topografía del terreno, su efecto sobre el flujo del agua y el modo en que se distribuye el agua de lluvia en el sitio y aplicar las medidas para evitar la contaminación de las fuentes.
- Realizar periódicamente análisis de calidad de agua mediante análisis de laboratorio y documentar los resultados.
- Implementar una siembra de árboles a la orilla de las vertientes, riachuelos, quebradas y cauce principal del río Grande.
- Minimizar el uso de fertilizantes y pesticidas químicos en las parcelas de café, elaborando abonos orgánicos, como compost y tratamiento de pulpa de café.
- Cumplir la legislación vigente en cuanto a zonas de protección de nacimiento y riberas de ríos y quebradas.

9.7.2 Mejoramiento del sistema productivo de café

Incrementar la producción de café, los servicios ambientales y los ingresos de los productores bajo sistemas de producción amigables con el ambiente

- Mejoramiento y revaloración de la sombra del café con árboles de alto valor comercial y ambiental.
- Implementación de buenas prácticas de cultivo y conservación de suelos con la estrategia de fomentar la réplica y adopción de las buenas prácticas, bajo un enfoque integral de sistema de fincas.

La parte alta de la microcuenca río Grande, deberá de ser reforestada he intensificar el uso de obras que mitiguen la erosión y que permitan la mayor captación de agua lluvia. También será importante trabajar en la reducción y buen uso de agroquímicos como antes mencionado, a fin de disminuir la contaminación del agua, ya que esta es utilizada

para usos agrícolas y domésticos, por lo que se debe de considerarse el uso de abonos orgánicos.

9.8 Parte media: La parte media de la microcuenca se encuentra influenciada por las comunidades aledañas a esta, Valle Arriba, San José, El Jícaro, Liquidambar. Los suelos de esta parte de la Microcuenca son en su mayoría clase VI y VII, es decir con vocación forestal y cultivos perennes. El uso actual es por cultivo de granos básicos y pastoreo de ganado. Debe de considerarse el buen manejo de los desechos sólidos, líquidos y excretas, siempre con el fin de reducir al máximo la contaminación, para garantizar la producción de alimentos, podría promoverse el establecimiento de huertos caseros, la elaboración y uso de abonos orgánicos.

La calidad del agua está influenciada por diversos factores antropogénicos; ya que en época seca las concentraciones de Coliformes fecales, Coliformes totales, fosfatos, DBO₅ fueron elevadas, sobrepasando el valor recomendado, lo que hizo que la calidad se viera afectada contando con un índice de Calidad del Agua ICA en escala de “Regular”

Debido al uso de suelo en esta parte de la microcuenca es importante la Implementación de buenas prácticas agrícolas para evitar la contaminación de las fuentes de agua por el uso de fertilizantes y agroquímicos, como se sugirió en la parte alta.

Entre las medidas que se proponen para la parte media de la microcuenca se mencionan

9.8.1 Implementación de un programa de concientización para uso racional del agua e importancia de esta, en las comunidades cercanas a la microcuenca

La mayoría de la población considera el agua como un bien abundante, de bajo valor y hay poco conocimiento del ciclo hidrológico. Desde el punto de vista de la sociedad, la percepción del público en general se centra en aspectos de contaminación, pero muy poco en el aspecto de derechos de uso, manejo integrado o uso eficiente del recurso.

Por lo que es de vital importancia que se realice un programa de concientización en los sectores cercanos a la microcuenca para poder sensibilizar a la población sobre el uso racional del agua, y conociendo la calidad del agua en esta parte de la microcuenca.

Se tomarán en cuenta temas de importancia que incluyan los impactos de las actividades antropogénicas sobre el agua, los cuales se mencionan:

- Uso y manejo adecuado del agua para uso doméstico y uso agrícola.
- Importancia de la elaboración de fosas sépticas para el manejo de aguas negras.
- Manejo de desechos sólidos
- Prácticas de conservación de suelo
- Protección a fuentes de agua.

9.8.2 Monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua

Se propone la realización de monitoreos constantes de la calidad de agua en la microcuenca, para la generación y divulgación de información a los pobladores del municipio que hacen uso de dicho recurso, que permita identificar los impactos de las diferentes actividades que realizar ya sea agrícolas, ganaderas y pecuarias que de alguna manera afectan la calidad de dicho recurso

Con la información obtenida de los monitoreos se podrá realizar un diagnóstico ambiental donde se presenten las principales causas y focos de contaminación, con el propósito de evitar o disminuir la contaminación presentando alternativas.

9.9 Parte baja: Se encuentra ubicada en el casco urbano del municipio, en esta parte se une el río Chatulapa a la microcuenca río Grande que es una corriente tributaria a este. La calidad de agua se ve afectada por descargas de aguas grises, desechos sólidos, debido a que es una parte vulnerable a la contaminación por ubicarse en el casco urbano.

Es importante mencionar que la calidad de agua de esta parte de la microcuenca es la más afectada por la contaminación existente, ya que cuenta con un Índice de Calidad de Agua – ICA - “Regular”; en época seca se encontraron valores de DBO₅ muy altas, lo que significa que en esta época la fuente de agua se convierte en un basurero clandestino, así como, los aforos fueron realizados en esta parte de la microcuenca donde indicaron que el caudal se pierde en un 98% en los cambios de las dos épocas del año.

Entre las medidas de importancia para el manejo del recurso hídrico se mencionan:

9.9.1 Mejoramientos a caudales de las fuentes de agua

Debido a los bajos caudales que se obtuvieron en los aforos realizados, es necesario realizar una protección y mejoramientos a los caudales. Por lo que es necesario identificar las zonas de recarga hídrica para poder implementar una reforestación, que ayuden a recuperar la vegetación, como la reforestación con especies endógenas, para que el agua pueda infiltrarse por los suelos al acuífero o suministrarse a las corrientes superficiales; por lo que las plantaciones mejorarían las condiciones de la disponibilidad del vital líquido, todo esto relacionado con la ley forestal.

9.9.2 Manejo y conservación de suelos en la microcuenca río Grande

- Usar prácticas conservacionistas de manejo de suelos y agua para promover la regulación y producción hidrológica
- Manejo de áreas de captación y microcuencas abastecedoras de agua, mediante el desarrollo de técnicas y buenas prácticas para el manejo y conservación de suelo y aguas
- Implementación de buenas prácticas para la recuperación de áreas degradadas
- Fortalecer a las organizaciones comunales y a las instituciones presentes en la microcuenca, en los aspectos de manejo de recursos de suelo.

CONCLUSIONES

1. Los parámetros físico-químicos analizados en las fuentes de agua de la microcuenca río Grande, se registró que el 70% de estos se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas COGUANOR; excepto dureza, fosfatos y turbidez que presentaron valores superiores a dichos límites los que presentan un riesgo para la población que hace uso del recurso hídrico.
2. Los tipos de contaminación que inciden en la calidad de agua de la microcuenca son bacteriológica y aumento de la turbidez, tal como se mostraron los análisis de laboratorio. La contaminación por Coliformes fecales se está desarrollando debido al fecalismo al aire libre por vivienda que no poseen letrinas y a la actividad ganadera, los niveles de turbidez sobre todo en época lluviosa se están dando por procesos erosivos que ocurren en la parte media de la microcuenca por el arrastre de sedimentos y materia orgánica.
3. Se analizaron 10 fuentes de agua las cuales son parte de la microcuenca río Grande, del municipio de Concepción las Minas, el 100% de las fuentes se encuentran contaminadas por bacterias Coliformes fecales y totales lo que significa que el recurso hídrico no es apto para el consumo humano.
4. Según el criterio del Índice de Calidad de Agua (ICA), se determinó que el 80% de los puntos monitoreados posee un índice de calidad de agua “buena”, estos son los puntos que se encuentran en la parte alta y media de la microcuenca; y el 20% es regular, encontrándose estos en la parte baja.
5. De acuerdo a los criterios generales de uso, basados en el Índice de Calidad del Agua –ICA- la microcuenca río Grande presentó que el 50% de los puntos se encuentra en la escala de clasificación “Levemente contaminada” para agua de uso potable y un 70% de los puntos se encuentra en la escala de clasificación “Aceptable”, para el uso de actividades agrícolas e industrial, así como también el 70% de los puntos se encuentra en la escala “Excelente” para el uso recreativo, pesca y vida acuática.

6. De los caudales obtenidos en los aforos realizados en época seca y época lluviosa se observó que los resultados se diferencian entre las dos épocas de una manera notable siendo estos $0.68 \text{ m}^3/\text{s}$ en época seca y $37.14 \text{ m}^3/\text{s}$ en época de lluvia para el Río Chatulapa; $7.01 \text{ m}^3/\text{s}$ y $181 \text{ m}^3/\text{s}$ para el Río Grande 7; $5.69 \text{ m}^3/\text{s}$ y $160.22 \text{ m}^3/\text{s}$ para el punto La Quesera; lo que significa, que el caudal se pierde en un 96% con los puntos aforados.
7. Se propusieron lineamientos estratégicos para el manejo del recurso hídrico en la microcuenca río Grande, los cuales por aspectos de manejo y causas de contaminación se plantearon acciones diferentes para cada parte de la microcuenca ya sea alta, media y baja y así, reducir el riesgo de contaminación por factores antropogénicos.

RECOMENDACIONES

1. Establecer un programa constante de vigilancia y monitoreo de la calidad de agua de las diversas fuentes de la microcuenca, realizando análisis periódicos de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, esto es indispensable para la gestión integrada del agua.
2. Incrementar el área de bosques en las fuentes de agua de la parte media y baja de microcuenca con el fin de reducir los efectos de la erosión y sedimentación sobre estas ya que algunas presentan pendientes muy pronunciadas y son utilizadas para el pastoreo de ganado.
3. Con el apoyo de la Comisión Nacional de Áreas Protegidas CONAP, miembros municipales COCODES y organizaciones de interés es importante Implementar en las comunidades una directiva de agua, para gestionar proyectos de reforestación en las tres partes de la microcuenca, y así, mejorar la cobertura forestal como las zonas de recarga hídrica.
4. Realizar estudios de la determinación de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca río Grande para evaluar la calidad de agua y así, comparar los resultados obtenidos en el presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrieta Bernate, G. 2008. Fase I-II, dimensión de aforos: análisis de la producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores, determinación de factores de producción de residuos sólidos de los usuarios residenciales, revisión de la regulación vigente y cálculo de costos asociados a la realización de aforo de residuos sólidos en Colombia (en línea). Colombia, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. p. 36. Consultado 18 nov. 2014. Disponible en http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/36666164373034386433323930303464/dimension_aforos_1.pdf
- Aznar Jiménez, A. 2011. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas (en línea). Madrid, España, Universidad Carlos III, Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”. p. 3-6. Consultado 4 jun. 2015. Disponible en <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- APTМ (Área Protegida Trinacional Montecristo Guatemala). 2010. Calidad de agua y estimación de la sedimentación en cauces y subcuencas, referidos a los ríos que nacen en el Área Protegida Trinacional Montecristo (APTМ). Esquipulas, Chiquimula, Guatemala. p.14 – 25.
- Casasola Garza. AK. 2014. Línea base de la calidad de las fuentes de aguas superficiales en la finca El Cascajal, ubicada en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula. Tesis Ing. GAL. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. p. 20 - 28.
- Chamorro de Rodríguez, Gl. 2011. Guía de hidrometría: estimación del caudal por el método del flotador (en línea). Perú, Lima, SENAMHI. 17 p. Consultado 11 feb. 2015. Disponible en www.senamhi.gob.pe/usr/cdc/AFORO_X_FLOTADORES.pdf

- Chacón Osorio, EE. 2014. Calidad del agua de fuentes superficiales de los ríos Tzalá y Quivichil en el departamento de San Marcos, Guatemala (en línea). Tesis Lic. Acui. Guatemala, USAC-CEMA. p.3. Consultado 11 nov. 2014. Disponible en <http://www.albedrio.org/htm/documentos/ChaconOsorio-Calidaddelagua.pdf>
- De La Cruz Salguer, JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, DIGESA. 42 p.
- Echarri, L. 2007. Alteraciones físicas y químicas del agua (en línea). Madrid, España, Universidad de Navarra. p.1 – 7. Consultado 6 ago. 2014. Disponible en <http://www.unav.es/ocw/ecologiaing0708/Tema%208%20Contaminacion%20de%20agua%2007.pdf>
- Fajardo, D. 2006. Calidad de agua en el sur de Ahuachapán, El Salvador (en línea). El Salvador, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. p. 7 – 10. Consultado 5 nov. 2014. Disponible en <http://docplayer.es/10026260-Creditos-calidad-del-agua-en-el-sur-de-ahuachapan-el-salvador-c-a-investigadora-dorys-fajardo-ecotecnologa.html>
- Girón y Girón, DE. 2009. Evaluación y mapeo de la calidad de agua y nivel freático en pozos artesanales para abastecimiento y su posible relación con la red hidrológica en el casco urbano de la Ciudad de Chiquimula. Tesis Inga. Agra. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 95 p.
- INSF (Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento, Colombia). 2011. Índice de calidad del agua general “ICA” (en línea). Colombia, Universidad de Pamplona. 78 p. Consultado 2 ene. 2015. Disponible en http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

- Morales De León, CB. 2012. Diagnostico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión: Administración de riesgo en el municipio de Concepción Las Minas, departamento de Chiquimula (en línea). EPS Lic. Admon. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de administración de Empresas. 15 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0813_v4.pdf
- Mota Barneond, MA. 2010. Métodos de aforo (en línea, diapositivas). Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniera. 15 diapositivas. Consultado 10 sep. 2014. Disponible <http://es.scribd.com/doc/97390009/CLASIFICACION-DE-LOS-METODOS-DEAFORO>
- OMS (Organización Mundial de la Salud. Suiza). 2006. Guías para la calidad del agua potable (en línea). 3 ed. Ginebra, Suiza. v. 1, 408 p. Consultado 4 nov. 2015. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1
- Recinos Martínez, A. 2012. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión, organización empresarial producción de café y proyecto producción de tomate en el municipio de Concepción Las Minas, departamento de Chiquimula (en línea). EPS Lic. Admon. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas. p. 1-12. Consultado 3 nov. 2014. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0813_v6.pdf
- Ros Moreno, A. 2011. Clasificación de los ICA - el agua, calidad y contaminación (2/2) (en línea). España, Universidad de Salamanca. Consultado 20 nov. 2014. Disponible en <http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-2-2/clasificacion-ica>

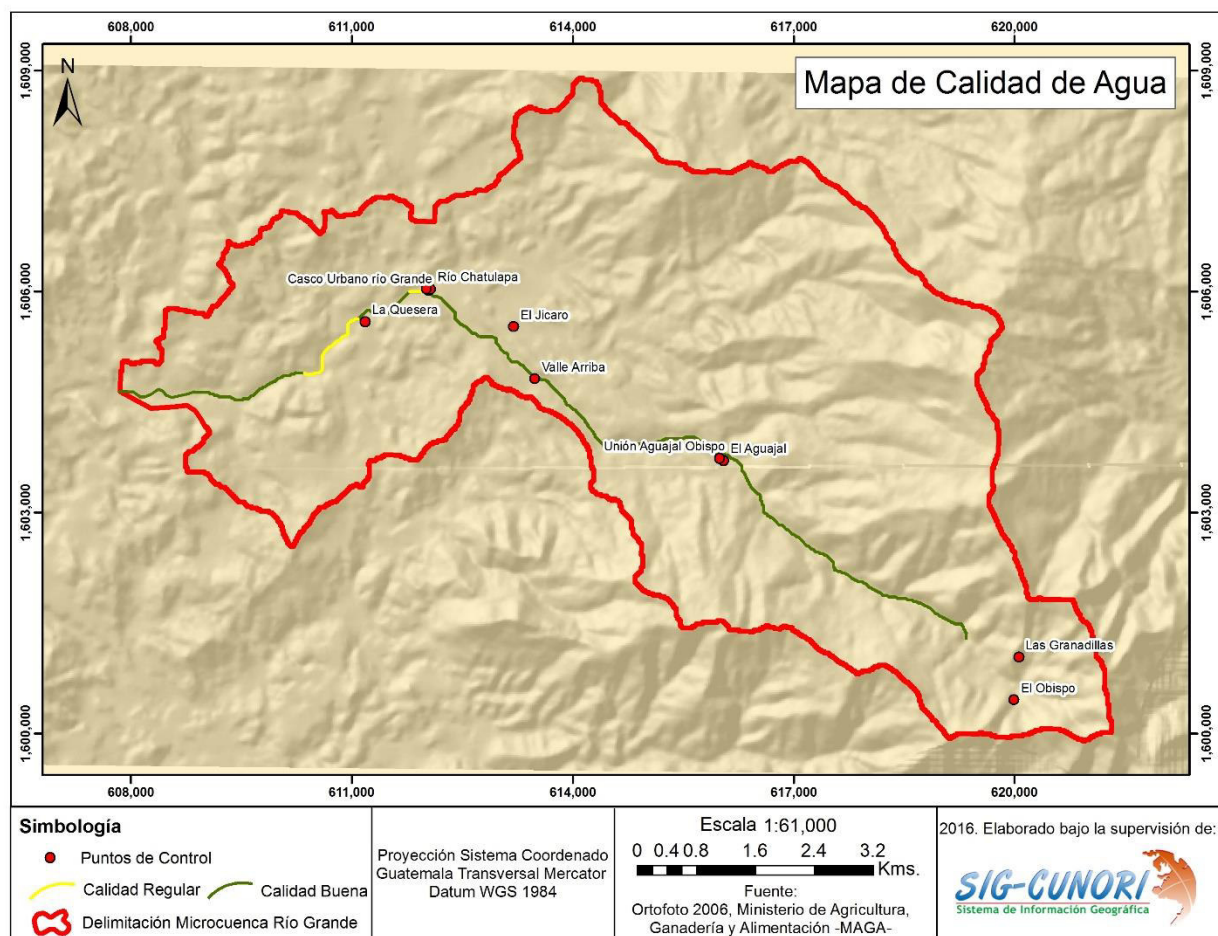
- Rodas Arzet, AM. 2010. Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal en agua de pozo para consumo humano del casco urbano del municipio de Chiquimula (en línea). Guatemala. USAC, DIGI. p. 1-5. Consultado 17 oct 2014. Disponible en <http://www.chiquimulaonline.com/blog/wp-content/uploads/2010/02/Informe-Final-DIGI-CUNORI.pdf>
- SEGEPLAN (Secretaria de Planificación de la Presidencia Guatemala). 2008. Plan de desarrollo territorial del municipio de Concepción Las Minas, del departamento de Chiquimula (en línea). Guatemala. p.34 - 37. Consultado 7 nov. 2014. Disponible en http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2&view=item&task=download&id=119.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). [2007]. Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú (en línea). Lima, Perú. p. 8. Consultado 20 jun. 2014. Disponible en http://www.senamhi.gob.pe/main_down.php?ub=est&id=hidro_monCalAgua_peru08
- SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje, Colombia). 2011. Manual de procedimientos de toma de muestras de aguas para análisis físico-químico y microbiológico (en línea). Cicuco, Bolivar, Colombia. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en <http://tecnologosencontrolambientalsenacicuc.blogspot.com/p/manualdeprocedimiento-de-toma-de.html>
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador). 1998. Índice de calidad del agua general "ICA" (en línea). San Salvador, El Salvador, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 6 p. Consultado 10 nov. 2014. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>
- Solís Cuellar, H. 2005. Diagnóstico de las aguas servidas municipales sobre la calidad del agua del río San José, en la cabecera del departamento de Chiquimula. Tesis Ing.Agr. Chiquimula, Guatemala, USAC, CUNORI. p. 49.

Urzúa Duarte, JA. 2008. Determinación de la capacidad de uso, áreas homogéneas y conflictos de uso de la tierra, para formular una propuesta de lineamientos generales que orienten el manejo de los suelos del municipio de Concepción Las Minas, departamento de Chiquimula (en línea). Tesis Ing. Agr. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 28 p. Consultado 7 nov. 2014. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/DETERMINACION_DE_LA_CAPACIDAD_DE_USO_AREAS_HOMOGENEAS_Y_CONFLICTOS_DE_USO_DE_LA_TIERRA_PARA_FOR.pdf



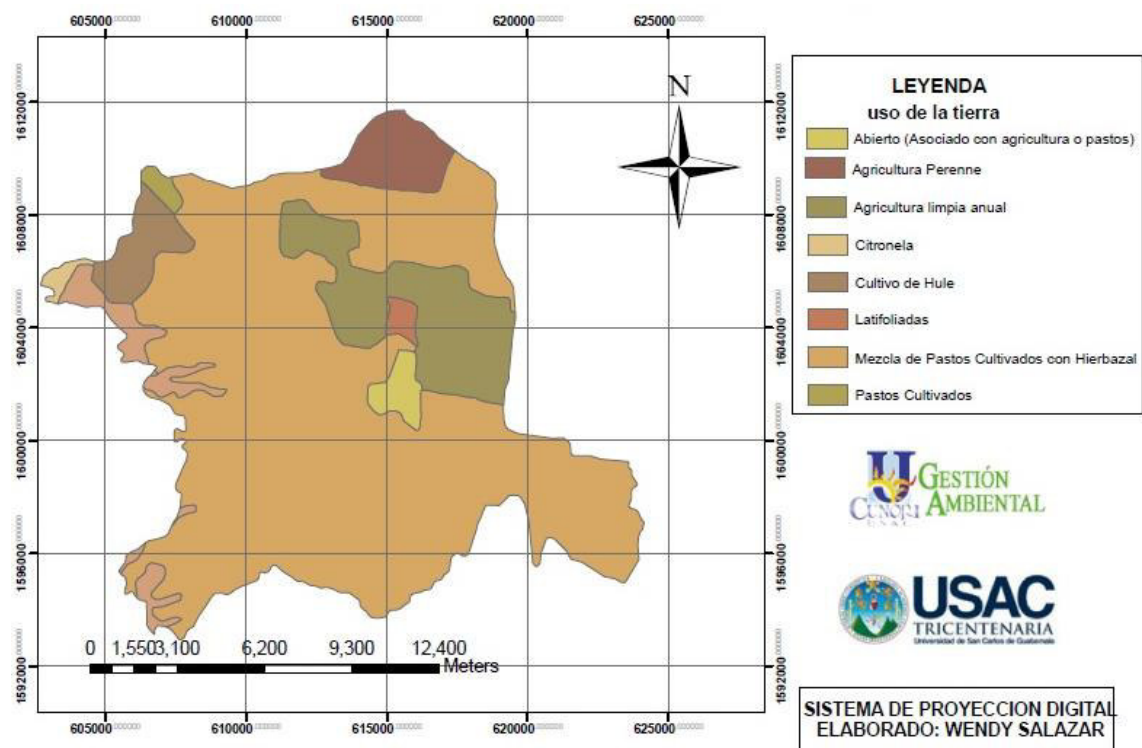
ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Calidad de Agua –ICA- de la microcuenca río Grande del municipio de Concepción las Minas, Chiquimula 2015.



Fuente: SIG-CUNORI

Anexo 2. Mapa de uso de suelo del municipio de Concepción Las Minas, Chiquimula, 2015.



Anexo 3. Boleta de campo de geoposicionamiento de los puntos de control.

Microcuenca río Grande			
No. de punto de control	Nombre de la fuente	Coordenadas UTM	
		X	Y
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Anexo 4. Boleta de campo para los parámetros físicos, químicos, microbiológicos

BOLETA DE MUESTREO DE LA CALIDAD DE AGUA

MONITOREO MICROCUENCA DEL RÍO GRANDE

Nombre de la fuente: _____

Localización: _____

Lugar de Recolección: _____

Punto de muestreo: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Coordenadas UTM: _____

Muestras Recolectadas:

Análisis Físico- Químico ☐ Análisis Microbiológico ☐ Análisis Plaguicidas ☐

PARAMETROS MEDIDOS EN EL PUNTO DE MUESTREO

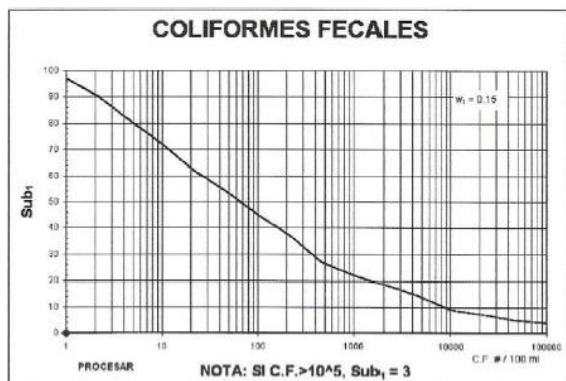
PARAMETRO	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	PROMEDIO
Temperatura del Agua °C				
pH unidades				
Conductividad μ /cm				
Oxígeno Disuelto mg/L				
Oxígeno Disuelto en % de SAT				
Temperatura Ambiente				
Humedad Relativa				

Nombre del recolector _____

Observaciones: _____

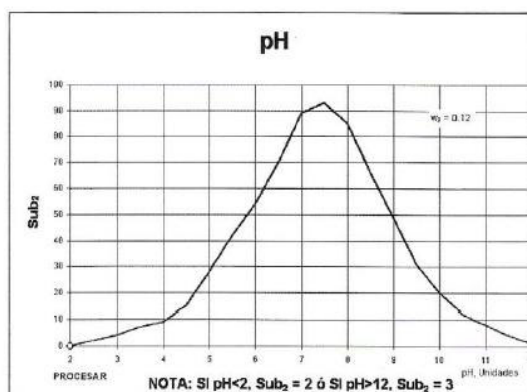
Anexo 5. subindices de calidad de agua

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



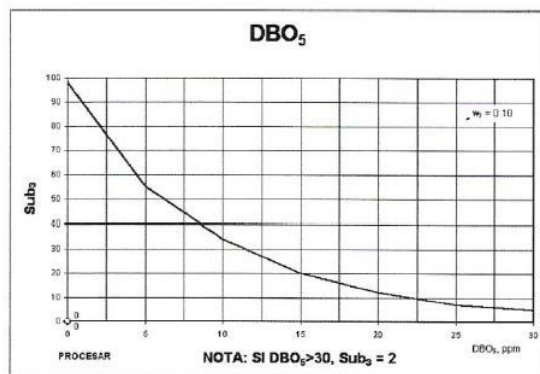
Fuente: SNET (1998)

Valoración de la calidad de agua en función de pH



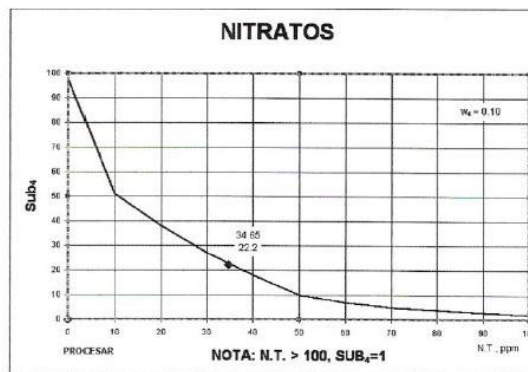
Fuente: SNET (1998)

Valoración de la calidad de agua en función de DBO_5



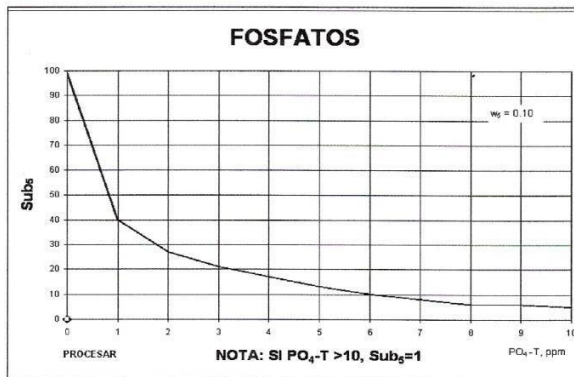
Fuente: SNET (1998)

Valoración de la calidad de agua en función de nitratos



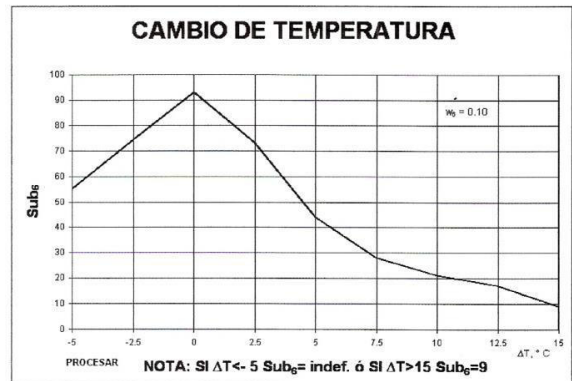
Fuente: SNET (1998)

Valoración de la calidad de agua en función de fosfatos



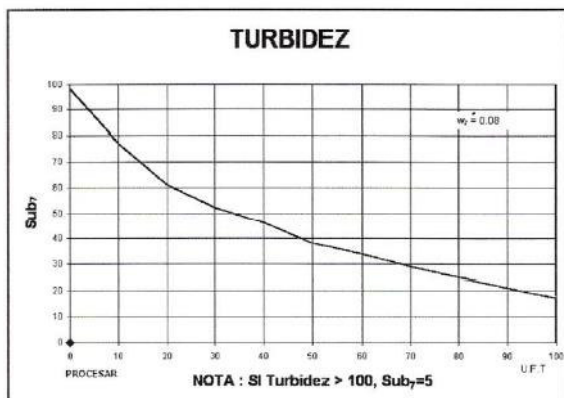
Fuente: SNET (1998)

Valoración de la calidad de agua en función de temperatura



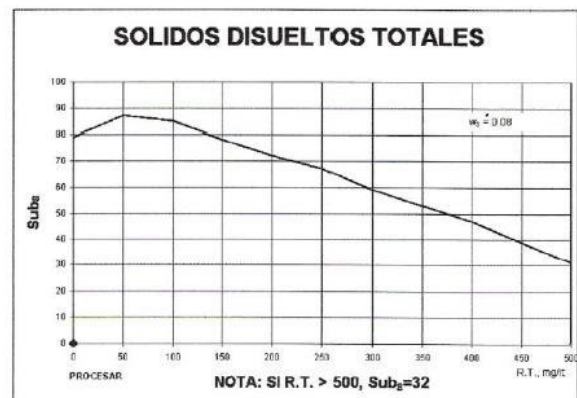
Fuente: SNET (1998)

Valoración de la calidad de agua en función de la turbidez



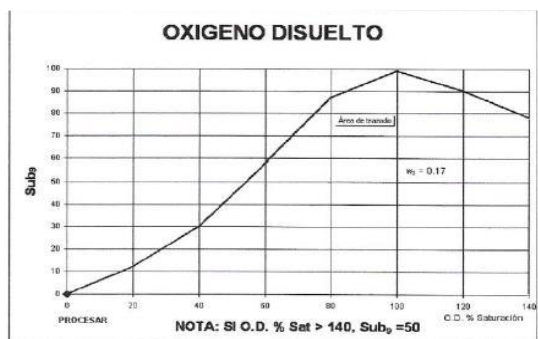
Fuente: SNET (1998)

Valoración de la calidad de agua en función de sólidos totales



Fuente: SNET (1998)

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



Anexo 6. Procedimiento para la determinación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos

Nitratos NO₃

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

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 capsulas agregando 1 ml de salicilato preparado anteriormente
- Dejar las capsulas toda la noche de 70 °C a 90 °C hasta sequedad
- Mientras la capsula 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 completar 100 ml del balón con agua destilada
- Agitar por inversión para mayor homogenización
- Leer a 420 nm en el espectrofotómetro sin corrección de fondo.

Nitritos NO₂

Este método es apropiado para concentraciones de ion nitrito de 1 a 20 ug de nitrógeno de nitrito por litro.

Procedimiento

- Servir 25 ml de muestra por duplicado en tubos de ensayo
- Agregar 0.5 ml de N-(1-Naftil) etilendiamina
- Agregar 0.5 ml de sulfanilamida
- Agitar por inversión para mayor homogenización
- Leer a 550 nm en el espectrofotómetro utilizando corrección de fondo

Fosfatos PO₄

Para la determinación de fosfatos se tiende a preparar los siguientes reactivos:

- A) 14. 0 ml de ácido sulfúrico concentrado aforado con agua a 100 ml
- B)
- C) 0.0274 g de tartrato de antimonil-potasio en 10 ml de agua destilada
- D) 1.00 g de heptamolibdato de amonio en 25 ml de agua destilada
- E) 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

Sulfatos SO₄

Para la determinación de sulfatos se prepara el reactivo condicionante

- Mezclar 50 ml de glicerol con una solución preparada mezclando 30 ml de HCL, 300 ml de H₂O, 100 ml de etanol o isopropanol y 75 g de NaCl

Procedimiento

- Servir 25 ml de muestra por duplicado en tubos de ensayo
- Agregar 2 ml de reactivo condicionante a los tubos de ensayo
- Añadir una pizca de BaCl₂
- Tapar los tubos y agitarlos a una velocidad constante para mayor homogenización
- Leer a 420 nm utilizando corrección de fondo

Demanda biológica de oxígeno en 5 días DBO₅

Procedimiento:

- En una botella de DBO de 300ml coloque 25 ml de la muestra y 1 ml de las soluciones A, B, C, y D.
- Complete con agua destilada hasta el cuello de la botella y determine el oxígeno disuelto con la sonda de oxímetro.

- Al sacar el detector complete con agua destilada hasta la mitad del cuello de la botella.
- Taparla de forma tal que no queden burbujas de aire dentro de la botella y colocarla en incubación a 20°C durante 5 días exactos.
- Incubar además una botella que solamente contenga las soluciones A, B, C y D y agua destilada.
- Al terminar el período de incubación determine el oxígeno disuelto.

Cálculos

$$DBO = (OD \text{ inicial} - OD \text{ final}) 10\text{ml/L}$$

Sólidos Totales

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

Preparación de la cápsula de porcelana:

- Identificar la cápsula de porcelana a ser utilizada. Puede utilizarse marcador para identificarla.
- Llevar a peso constante la cápsula de porcelana a utilizar. Esto puede hacerse colocando la cápsula dentro de un horno de microondas y calentándolo por 5 minutos. Luego de calentar la cápsula ya no puede tocarla con las manos.
- Sacar la cápsula de porcelana del horno de microondas utilizando una pinza.
- Colocar la cápsula de porcelana dentro de una desecadora para esperar que se enfríe y pueda ser pesada en la balanza analítica.
- Anotar el peso.

Para este análisis se utilizara la fórmula:

- ***Sólidos totales = peso final – peso inicial***

Medición de la muestra:

Las muestras de agua deben de estar preservadas a 4°C. Antes de ser medidas deben de llevarse a temperatura ambiente.

- Agitar la botella que contiene la muestra por lo menos durante 3 minutos para homogenizarla bien.
- Medir 100 ml de agua dentro de la cápsula de porcelana, la cápsula no puede ser tomada con la mano.
- Agarrar la cápsula de porcelana con una pinza y colocarle dentro de un horno. Llevar a 85°C y dejar por 24 horas que el agua se evapore. Si el tiempo no ha sido suficiente se deja la cápsula dentro del horno a la misma temperatura, hasta que esté completamente seca.
- Sacar la cápsula del horno utilizando para ello una pinza (no debe ser tomada con la mano, ya que la grasa que se pueda tener en los dedos altera el peso de la cápsula) y colocarla dentro de una desecadora. Dejar enfriar, permitir que llegue a peso constante y pesar en la balanza analítica.
- Anotar el peso y calcular por diferencia.

Dureza

Procedimiento

- Aplicar 5 ml de la muestra por duplicado en los Erlenmeyer
- Agregar 5 gotas de Buffer de Amonio
- Agregar 3 gotas de Negro Ericromo T
- Agitarlos hasta que tomen una coloración rosa
- Titular con solución EDTA moviendo el Erlenmeyer a una velocidad constante
- Anotar el volumen gastado de solución EDTA al momento que el agua tome una coloración azul.

Turbidez

La turbidez será medida utilizando un turbidímetro.

Procedimiento:

- Calibrar el medidor de turbidez con soluciones de calibración.
- La medición con este método se realizara 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 para estos fines son los llamados organismos Coliformes. El estimado o determinación de los organismos Coliformes se realizara empleando la técnica de los tubos múltiples.

Análisis de Coliformes

Se analizaran Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia Coli*.

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 9 ml del agar simple, a los otros 3 se le 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 incubaran a 25°C por 24 hrs.

Después de las 24 horas, realizar la lectura de los tubos de ensayo. La lectura se realizara por un cambio de color, reacción Indol positiva o negativa.

- Por ultimo estos resultados se interpretan por una tabla establecida por la norma COGUANOR.

Anexo 7. Determinación del Índice de Calidad de Agua –ICA- en las corrientes superficiales de la microcuenca río Grande

Primer monitoreo mes de enero 2015

Punto de Muestreo: Las Granadillas					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	23	NMP/100 ml	55	0.15	8.25
pH	7.15	Unidades pH	92	0.12	11.04
DBO 5	7.58	mg/L	54	0.1	5.4
Nitratos	1.13	mg/L	81	0.1	8.1
Fosfatos	0.2	mg/L	90	0.1	9
Temperatura	0.5	° C	66	0.1	6.6
Turbidez	0.7	FAU	90	0.08	7.2
Solidos Disueltos Totales	12	mg/L	92	0.08	7.36
Oxigeno Disuelto	92	% saturacion	94	0.17	15
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	77.95

Punto de Muestreo: EL Obispo					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	23	NMP/100 ml	63	0.15	9.45
pH	7.5	Unidades pH	92	0.12	11.04
DBO 5	7.65	mg/L	55	0.1	5.5
Nitratos	1.4	mg/L	77	0.1	7.7
Fosfatos	0.18	mg/L	82	0.1	8.2
Temperatura	0.6	° C	93	0.1	9.3
Turbidez	1.11	FAU	89	0.08	7.12
Solidos Disueltos Totales	36	mg/L	82	0.08	6.56
Oxigeno Disuelto	101	% saturacion	99	0.17	16.83
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	81.7

Punto de Muestreo: El Aguajal					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	240	NMP/100 ml	35	0.15	5.25
pH	8.05	Unidades pH	77	0.12	9.24
DBO 5	8.32	mg/L	40	0.1	4
Nitratos	1.38	mg/L	80	0.1	8
Fosfatos	0.21	mg/L	80	0.1	8
Temperatura	1.4	° C	87	0.1	8.7
Turbidez	1.2	FAU	82	0.08	6.56
Solidos Disueltos Totales	13	mg/L	83	0.08	6.64
Oxigeno Disuelto	102.5	% saturacion	96	0.17	16.32
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	72.71

Punto de Muestreo: Union Aguajal-Obispo					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	93	NMP/100 ml	49	0.15	7.35
pH	8.06	Unidades pH	78	0.12	9.36
DBO 5	8.22	mg/L	42	0.1	4.2
Nitratos	1.21	mg/L	82	0.1	8.2
Fosfatos	0.29	mg/L	79	0.1	7.9
Temperatura	1	° C	91	0.1	9.1
Turbidez	1.18	FAU	91	0.08	7.28
Solidos Disueltos Totales	128	mg/L	82	0.08	6.56
Oxigeno Disuelto	100.1	% saturacion	100	0.17	17
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	76.95

Punto de muestreo Valle Arriba					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
pH	8.15	Unidades pH	70	0.12	8.4
DBO 5	8.78	mg/L	39	0.1	3.9
Nitratos	0.85	mg/L	74	0.1	7.4
Fosfatos	0.18	mg/L	80	0.1	8
Temperatura	2	° C	80	0.1	8
Turbidez	10	FAU	87	0.08	6.96
Solidos Disueltos Totales	128	mg/L	82	0.08	6.56
Oxigeno Disuelto	95	% saturacion	92	0.17	15.64
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	67.56

Punto de muestreo El Jicaro					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	460	NMP/100 ml	32	0.15	4.8
pH	7.91	Unidades pH	81	0.12	9.72
DBO 5	7.89	mg/L	46	0.1	4.6
Nitratos	0.85	mg/L	74	0.1	7.4
Fosfatos	0.16	mg/L	75	0.1	7.5
Temperatura	2	° C	80	0.1	8
Turbidez	0.92	FAU	75	0.08	6
Solidos Disueltos Totales	89	mg/L	80	0.08	6.4
Oxigeno Disuelto	99.3	% saturacion	99	0.17	16.83
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	71.25

Punto de muestreo Casco Urbano					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
pH	8.03	Unidades pH	88	0.12	10.56
DBO 5	7.9	mg/L	74	0.1	7.4
Nitratos	1.16	mg/L	74	0.1	7.4
Fosfatos	0.16	mg/L	77	0.1	7.7
Temperatura	3	° C	78	0.1	7.8
Turbidez	1.87	FAU	88	0.08	7.04
Solidos Disueltos Totales	144	mg/L	74	0.08	5.92
Oxigeno Disuelto	97.7	% saturacion	89	0.17	15.13
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	71.65

Punto de muestreo Río Chatulapa					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
pH	7.52	Unidades pH	89	0.12	10.68
DBO 5	5	mg/L	40	0.1	4
Nitratos	0.7	mg/L	73	0.1	7.3
Fosfatos	0.3	mg/L	77	0.1	7.7
Temperatura	4	° C	70	0.1	7
Turbidez	1.7	FAU	83	0.08	6.64
Solidos Disueltos Totales	56	mg/L	88	0.08	7.04
Oxigeno Disuelto	85	% saturacion	90	0.17	15.3
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	68.36

Punto de muestreo Union río G y Chatulapa					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
pH	7.9	Unidades pH	87	0.12	10.44
DBO 5	7.4	mg/L	49	0.1	4.9
Nitratos	1.15	mg/L	80	0.1	8
Fosfatos	0.22	mg/L	78	0.1	7.8
Temperatura	4	° C	69	0.1	6.9
Turbidez	4	FAU	87	0.08	6.96
Solidos Disueltos Totales	128	mg/L	81	0.08	6.48
Oxigeno Disuelto	94.9	% saturacion	95	0.17	16.15
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	70.33

Punto de muestreo La Quesera					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	18	0.15	2.7
pH	8.02	Unidades pH	74	0.12	8.88
DBO 5	8.8	mg/L	37	0.1	3.7
Nitratos	1	mg/L	78	0.1	7.8
Fosfatos	0.43	mg/L	73	0.1	7.3
Temperatura	4	° C	69	0.1	6.9
Turbidez	2.3	FAU	89	0.08	7.12
Solidos Disueltos Totales	132	mg/L	80	0.08	6.4
Oxigeno Disuelto	96	% saturacion	93	0.17	15.81
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	66.61

Segundo monitoreo mes de abril 2015

Punto de muestreo Las Granadillas					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	23	NMP/100 ml	68	0.15	10.2
pH	7.05	Unidades pH	93	0.12	11.16
DBO 5	7.47	mg/L	50	0.1	5
Nitratos	0.53	mg/L	85	0.1	8.5
Fosfatos	0.01	mg/L	100	0.1	10
Temperatura	3.6	° C	64	0.1	6.4
Turbidez	1.1	FAU	90	0.08	7.2
Solidos Disueltos Totales	2.1	mg/L	89	0.08	7.12
Oxigeno Disuelto	92	% saturacion	87	0.17	14.79
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	80.37

Punto de muestreo El Obispo					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	26	NMP/100 ml	77	0.15	11.55
pH	7.5	Unidades pH	95	0.12	11.4
DBO 5	8.4	mg/L	45	0.1	4.5
Nitratos	0.61	mg/L	86	0.1	8.6
Fosfatos	0.12	mg/L	90	0.1	9
Temperatura	0.6	° C	89	0.1	8.9
Turbidez	0.9	FAU	94	0.08	7.52
Solidos Disueltos Totales	48	mg/L	87	0.08	6.96
Oxigeno Disuelto	104	% saturacion	100	0.17	17
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	88.13

Punto de muestreo El Aguajal					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	240	NMP/100 ml	50	0.15	7.5
pH	8.29	Unidades pH	78	0.12	9.36
DBO 5	8.04	mg/L	41	0.1	4.1
Nitratos	0.5	mg/L	85	0.1	8.5
Fosfatos	0.11	mg/L	88	0.1	8.8
Temperatura	1	° C	89	0.1	8.9
Turbidez	0.19	FAU	89	0.08	7.12
Solidos Disueltos Totales	87.2	mg/L	39	0.08	3.12
Oxigeno Disuelto	105.1	% saturacion	98	0.17	16.66
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	74.09

Punto de muestreo union Obispo Aguajal					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	240	NMP/100 ml	39	0.15	5.85
pH	8.4	Unidades pH	79	0.12	9.48
DBO 5	8.4	mg/L	40	0.1	4
Nitratos	0.4	mg/L	91	0.1	9.1
Fosfatos	0.96	mg/L	70	0.1	7
Temperatura	1.4	° C	80	0.1	8
Turbidez	1.01	FAU	90	0.08	7.2
Solidos Disueltos Totales	192	mg/L	68	0.08	5.44
Oxigeno Disuelto	104.9	% saturacion	97	0.17	16.49
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	72.54

Punto de muestreo Valle Arriba					
Parametro	Valor	Unidades	sub i	Wi	Total
Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	8.25	Unidades pH	78	0.12	9.36
DBO 5	8.32	mg/l	39	0.10	3.9
Nitratos	0.31	mg/l	92	0.10	9.2
Fosfatos	0.21	mg/l	90	0.10	9
Temperatura	2	° C	89	0.10	8.9
Turbidez	1.6	FAU	80	0.08	6.4
Solidos Disueltos Totales	164	mg/l	75	0.08	6
Oxigeno Disuelto	104.6	% Saturacion	98	0.17	16.66
Valor del indice de Calidad -ICA-				Suma	71.67

Punto de muestreo El Jicaro					
Parametro	Valor	Unidades	Sub i	Wi	Total
Coliformes fecales	460	NMP/100 ml	28	0.15	4.2
pH	7.78	Unidades pH	90	0.12	10.8
DBO 5	8.53	mg/l	38	0.10	3.8
Nitratos	0.2	mg/l	88	0.10	8.8
Fosfatos	0.22	mg/l	89	0.10	8.9
Temperatura	3.8	° C	65	0.10	6.5
Turbidez	1.19	FAU	89	0.08	7.12
SDT	128	mg/l	82	0.08	6.56
Oxigeno disuelto	107	% Saturacion	97	0.17	16.49
Valor de indice de Calidad de Agua -ICA-					73.17

Punto de muestreo Casco Urbano					
Parametro	Valor	Unidades	sub i	wi	Total
Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	7.82	Unidades pH	92	0.12	11.04
DBO 5	7.87	mg/l	49	0.10	4.9
Nitratos	0.49	mg/l	84	0.10	8.4
Fosfatos	1.22	mg/l	40	0.10	4
Temperatura	1.7	° C	88	0.10	8.8
Turbidez	3.98	FAU	83	0.08	6.64
Solidos Disueltos Totales	136	mg/l	80	0.08	6.4
Oxigeno Disuelto	109.1	% Saturacion	94	0.17	15.98
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	68.41

Punto de muestreo Río Chatulapa					
Parametro	Valor	Unidades	Sub i	Wi	Total
Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	7.85	Unidades pH	90	0.12	10.8
DBO 5	5.49	mg/l	50	0.10	5
Nitratos	0.29	mg/l	85	0.10	8.5
Fosfatos	1.52	mg/l	73	0.10	7.3
Temperatura	1.7	° C	88	0.10	8.8
Turbidez	5.44	FAU	81	0.08	6.48
Solidos Disueltos Totales	192	mg/l	72	0.08	5.76
Oxigeno Disuelto	25.7	% Saturacion	19	0.17	3.23
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	58.12

Punto de muestreo Union río G y Chatulapa					
Parametro	Valor	Unidades	Sub i	Wi	Total
Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	7.65	Unidades pH	89	0.12	10.68
DBO 5	7.39	mg/l	40	0.10	4
Nitratos	0.27	mg/l	85	0.10	8.5
Fosfatos	0.83	mg/l	74	0.10	7.4
Temperatura	4.28	° C	49	0.10	4.9
Turbidez	3.85	FAU	85	0.08	6.8
Solidos Disueltos Totales	668	mg/l	32	0.08	2.56
Oxigeno Disuelto	67	% Saturacion	62	0.17	10.54
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	57.63

Punto de muestreo La Quesera					
Parametro	Valor	Unidades	Sub i	Wi	Total
Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	8.02	Unidades pH	78	0.12	9.36
DBO 5	9.44	mg/l	35	0.10	3.5
Nitratos	0.71	mg/l	80	0.10	8
Fosfatos	0.43	mg/l	72	0.10	7.2
Temperatura	4	° C	49	0.10	4.9
Turbidez	1.24	FAU	90	0.08	7.2
Solidos Disueltos Totales	252	mg/l	70	0.08	5.6
Oxigeno Disuelto	95.3	% Saturacion	95	0.17	16.15
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	64.16

Tercer monitoreo mes de julio 2015

Punto de muestreo Las Granadillas					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	4	NMP/100 ml	83	0.15	12.45
pH	7.81	Unidades pH	92	0.12	11.04
DBO 5	3.48	mg/L	6	0.1	0.60
Nitratos	0.15	mg/L	93	0.1	9.30
Fosfatos	0.023	mg/L	98	0.1	9.80
Temperatura	6.5	° C	35	0.1	3.50
Turbidez	0.79	FAU	95	0.08	7.60
Solidos Disueltos Totales	0.001	mg/L	99	0.08	7.92
Oxigeno Disuelto	98	% saturacion	99	0.17	16.83
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	79.04

Punto de muestreo El Obispo					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	43	NMP/100 ml	57	0.15	8.55
pH	7.01	Unidades pH	90	0.12	10.8
DBO 5	14.23	mg/L	22	0.1	2.2
Nitratos	0.19	mg/L	95	0.1	9.5
Fosfatos	0.61	mg/L	92	0.1	9.2
Temperatura	2	° C	75	0.1	7.5
Turbidez	3.33	FAU	85	0.08	6.8
Solidos Disueltos Totales	0	mg/L	100	0.08	8
Oxigeno Disuelto	101	% saturacion	99	0.17	16.83
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	79.38

Punto de muestreo Aguajal					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	43	NMP/100 ml	57	0.15	8.55
pH	6.9	Unidades pH	65	0.12	7.8
DBO 5	18.73	mg/L	15	0.1	1.5
Nitratos	1.85	mg/L	88	0.1	8.8
Fosfatos	0.27	mg/L	89	0.1	8.9
Temperatura	2.5	° C	75	0.1	7.5
Turbidez	1.64	FAU	88	0.08	7.04
Solidos Disueltos Totales	0.002	mg/L	100	0.08	8
Oxigeno Disuelto	102.5	% saturacion	100	0.17	17
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	75.09

Punto de muestreo Union Obispo Aguajal					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	94	NMP/100 ml	47	0.15	7.05
pH	8.3	Unidades pH	83	0.12	9.96
DBO 5	17.11	mg/L	19	0.1	1.9
Nitratos	0.81	mg/L	88	0.1	8.8
Fosfatos	0.31	mg/L	85	0.1	8.5
Temperatura	1.4	° C	89	0.1	8.9
Turbidez	0.89	FAU	90	0.08	7.2
Solidos Disueltos Totales	0.003	mg/L	100	0.08	8
Oxigeno Disuelto	100.1	% saturacion	100	0.17	17
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	77.31

Punto de muestreo Valle Arriba					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	460	NMP/100 ml	37	0.15	5.55
pH	7.84	Unidades pH	90	0.12	10.8
DBO 5	23.2	mg/L	13	0.1	1.3
Nitratos	0.9185	mg/L	85	0.1	8.5
Fosfatos	0.3056	mg/L	87	0.1	8.7
Temperatura	2.2	° C	74	0.1	7.4
Turbidez	0.83	FAU	95	0.08	7.6
Solidos Disueltos Totales	0.0038	mg/L	100	0.08	8
Oxigeno Disuelto	104	% saturacion	98	0.17	16.66
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	74.51

Punto de muestreo El Jicaró					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	7.84	Unidades pH	95	0.12	11.4
DBO 5	25.52	mg/L	12	0.1	1.2
Nitratos	0.236	mg/L	99	0.1	9.9
Fosfatos	0.67	mg/L	97	0.1	9.7
Temperatura	0.9	° C	86	0.1	8.6
Turbidez	1.03	FAU	90	0.08	7.2
Solidos Disueltos Totales	0.0029	mg/L	100	0.08	8
Oxigeno Disuelto	99.3	% saturacion	99	0.17	16.83
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	75.08

Punto de muestreo Casco Urbano					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥2400	NMP/100 ml	17	0.15	2.55
pH	7.48	Unidades pH	95	0.12	11.4
DBO 5	55.25	mg/L	5	0.1	0.5
Nitratos	0.2663	mg/L	98	0.1	9.8
Fosfatos	0.9222	mg/L	90	0.1	9
Temperatura	0.8	° C	89	0.1	8.9
Turbidez	2.47	FAU	89	0.08	7.12
Solidos Disueltos Totales	0.0016	mg/L	100	0.08	8
Oxigeno Disuelto	96.7	% saturacion	99	0.17	16.83
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	74.1

Punto de muestreo Río Chatulapa					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	7.59	Unidades pH	93	0.12	11.16
DBO 5	21.32	mg/L	11	0.1	1.1
Nitratos	0.6114	mg/L	97	0.1	9.7
Fosfatos	0.9306	mg/L	46	0.1	4.6
Temperatura	0.2	° C	93	0.1	9.3
Turbidez	2.15	FAU	89	0.08	7.12
Solidos Disueltos Totales	0.00014	mg/L	100	0.08	8
Oxigeno Disuelto	85.5	% saturacion	92	0.17	15.64
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	68.87

Punto de muestreo Union Casco Urbano Río Chatulapa					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	7.5	Unidades pH	92	0.12	11.04
DBO 5	18.64	mg/L	10	0.1	1
Nitratos	0.269	mg/L	98	0.1	9.8
Fosfatos	0.8861	mg/L	42	0.1	4.2
Temperatura	1.8	° C	88	0.1	8.8
Turbidez	1.67	FAU	90	0.08	7.2
Solidos Disueltos Totales	0.0014	mg/L	100	0.08	8
Oxigeno Disuelto	94.9	% saturacion	96	0.17	16.32
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	68.61

Punto de muestreo La Quesera					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	7.63	Unidades pH	93	0.12	11.16
DBO 5	51.5	mg/L	2	0.1	0.2
Nitratos	0.6902	mg/L	97	0.1	9.7
Fosfatos	1.6777	mg/L	32	0.1	3.2
Temperatura	1.5	° C	87	0.1	8.7
Turbidez	4.5	FAU	87	0.08	6.96
Solidos Disueltos Totales	0.003	mg/L	100	0.08	8
Oxigeno Disuelto	96.2	% saturacion	98	0.17	16.66
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	66.83

Cuarto monitoreo mes de octubre 2015

Punto de muestreo Las Granadillas					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	43	NMP/100 ml	66	0.15	9.9
pH	7.14	Unidades pH	92	0.12	11.04
DBO 5	0.23	mg/L	90	0.1	9
Nitratos	1.58	mg/L	87	0.1	8.7
Fosfatos	0.001	mg/L	100	0.1	10
Temperatura	7.6	° C	34	0.1	3.4
Turbidez	2.72	FAU	93	0.08	7.44
Solidos Disueltos Totales	160	mg/L	83	0.08	6.64
Oxigeno Disuelto	99.9	% saturacion	100	0.17	17
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	83.41

Punto de muestreo El Obispo					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	52	0.15	7.8
pH	7.63	Unidades pH	90	0.12	10.8
DBO 5	0.24	mg/L	85	0.1	8.5
Nitratos	1.71	mg/L	73	0.1	7.3
Fosfatos	0.03	mg/L	97	0.1	9.7
Temperatura	1.88	° C	89	0.1	8.9
Turbidez	7.68	FAU	60	0.08	4.8
Solidos Disueltos Totales	116	mg/L	76	0.08	6.08
Oxigeno Disuelto	101.4	% saturacion	99	0.17	16.83
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	80.71

Punto de muestreo El Aguajal					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	210	NMP/100 ml	39	0.15	5.85
pH	8.06	Unidades pH	68	0.12	8.16
DBO 5	0.2	mg/L	90	0.1	9
Nitratos	1.9	mg/L	88.9	0.1	8.89
Fosfatos	0.015	mg/L	100	0.1	10
Temperatura	1.1	° C	90	0.1	9
Turbidez	9.9	FAU	79	0.08	6.32
Solidos Disueltos Totales	128	mg/L	82	0.08	6.56
Oxigeno Disuelto	102.3	% saturacion	99	0.17	16.83
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	80.85

Punto de muestreo Valle arriba					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	1100	NMP/100 ml	20	0.15	3
pH	8.04	Unidades pH	82	0.12	9.84
DBO 5	0.21	mg/L	87	0.1	8.7
Nitratos	1.5	mg/L	79	0.1	7.9
Fosfatos	0.025	mg/L	95	0.1	9.5
Temperatura	2.9	° C	73	0.1	7.3
Turbidez	10.8	FAU	75	0.08	6
Solidos Disueltos Totales	128	mg/L	82	0.08	6.56
Oxigeno Disuelto	101	% saturacion	98.9	0.17	16.813
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	75.613

Punto de muestreo Union Obispo Aguajal					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	240	NMP/100 ml	40	0.15	6
pH	8.01	Unidades pH	83	0.12	9.96
DBO 5	0.31	mg/L	91	0.1	9.1
Nitratos	1.52	mg/L	82	0.1	8.2
Fosfatos	0.018	mg/L	100	0.1	10
Temperatura	4.4	° C	58	0.1	5.8
Turbidez	11.4	FAU	73	0.08	5.84
Solidos Disueltos Totales	144	mg/L	82	0.08	6.56
Oxigeno Disuelto	101.3	% saturacion	97	0.17	16.49
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	77.99

Punto de muestreo El Jicaro					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	16	0.15	2.4
pH	7.82	Unidades pH	91	0.12	10.92
DBO 5	0.3	mg/L	91	0.1	9.1
Nitratos	2.01	mg/L	77	0.1	7.7
Fosfatos	0.02	mg/L	98	0.1	9.8
Temperatura	3.98	° C	67	0.1	6.7
Turbidez	15.3	FAU	72	0.08	5.76
Solidos Disueltos Totales	136	mg/L	78	0.08	6.24
Oxigeno Disuelto	99.9	% saturacion	98	0.17	16.66
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	74.77

Punto de muestreo Union Casco Urbano					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	8.1	Unidades pH	80	0.12	9.6
DBO 5	0.15	mg/L	90	0.1	9
Nitratos	2	mg/L	78	0.1	7.8
Fosfatos	0.02	mg/L	98.5	0.1	9.85
Temperatura	2.7	° C	72	0.1	7.2
Turbidez	13.6	FAU	72	0.08	5.76
Solidos Disueltos Totales	232	mg/L	70	0.08	5.6
Oxigeno Disuelto	100	% saturacion	100	0.17	17
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	74.06

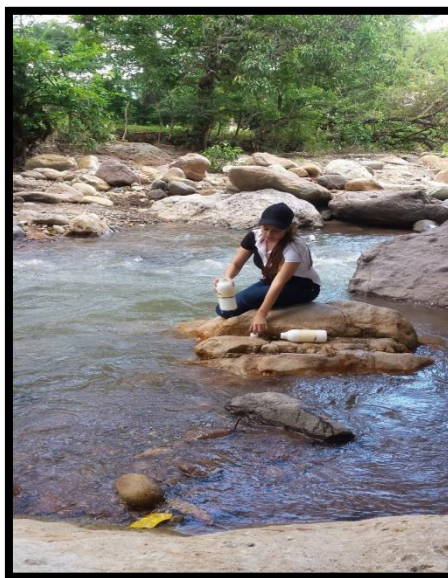
Punto de muestreo Union Casco Urbano Río Chatulapa					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	8.08	Unidades pH	81	0.12	9.72
DBO 5	0.25	mg/L	89	0.1	8.9
Nitratos	1.73	mg/L	83	0.1	8.3
Fosfatos	0.02	mg/L	99	0.1	9.9
Temperatura	1.2	° C	89	0.1	8.9
Turbidez	12.6	FAU	72	0.08	5.76
Solidos Disueltos Totales	216	mg/L	73	0.08	5.84
Oxigeno Disuelto	99.5	% saturacion	98	0.17	16.66
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	76.23

Punto de muestreo Río Chatulapa					
Parametro	Valor	Unidades	Subi	W i	Total
Coliformes Fecales	≥ 2400	NMP/100 ml	15	0.15	2.25
pH	7.98	Unidades pH	83	0.12	9.96
DBO 5	0.19	mg/L	89	0.1	8.9
Nitratos	1.61	mg/L	79	0.1	7.9
Fosfatos	0.033	mg/L	97.5	0.1	9.75
Temperatura	1.9	° C	86	0.1	8.6
Turbidez	11.71	FAU	72.5	0.08	5.8
Solidos Disueltos Totales	232	mg/L	73	0.08	5.84
Oxigeno Disuelto	97	% saturacion	95	0.17	16.15
Valor de indice de Calidad de agua -ICA-				Suma	75.15

Anexo 8. Fotografías de las diferentes actividades realizadas durante la investigación



Fotografía 1. Determinación de Dureza en laboratorio



Fotografía 2. Recolecta de muestra para análisis físico químico



Fotografía 3. Determinación de DBO a nivel de laboratorio



Fotografía 4. Determinación de parámetros microbiológicos a nivel de laboratorio