



**SUBSECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE**

**DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN AMBIENTAL  
LABORATORIO DE MONITOREO AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA  
CUENCA ALTA DEL RIO SABINAL (BERRIOZÁBAL)”**

**INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA QUE PRESENTA:**

**C.PAULINA MONJARÁS CANCINO**

**17270577**

**INGENIERÍA QUÍMICA**

**ASESOR INTERNO: IQ. LEONARDO GÓMEZ GUTIÉRREZ**

**ASESOR EXTERNO: IBQ. YAZMÍN ELITH COLADO ALTAMIRANO**

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS**

**AGOSTO 2021- ENERO 2022**

## **Agradecimientos**

A mi madre, Lorena, por todo el amor y paciencia que me ha brindado durante mis años de carrera y a lo largo de mi vida, por contagiarme el amor hacia la ingeniería y por ser mi guía y maestra en todos los aspectos.

A mi padre, Alfredo, quien me motiva a seguir esforzándome a mejorar día con día y por todo el apoyo y comprensión que me ha brindado.

A mi hermana, Lore, por todas las veces que estuviste a mi lado acompañándome y por estar en los momentos que más te necesité, gracias por motivarme para seguir adelante, eres mi ejemplo a seguir.

A mi mejor amiga, Montse, por creer siempre en mí incluso cuando yo no lo hacía, por sacar lo mejor de mí siempre, gracias a ti recuperé la confianza y pude lograr todo lo que me proponía.

A mis asesores, por estar en cada etapa de este camino y orientarme en todo momento, por corregirme siempre de la mejor manera y motivarme a mejorar.

A mis abuelos, por toda la inspiración y el apoyo que me han brindado para lograr mis sueños.

A mi perrita, quien me brindó su amor incondicional en todo momento.

A mi familia y amigos en general, por su valiosa ayuda y cariño en todo momento.

## **Resumen**

Se realizaron análisis microbiológicos y fisicoquímicos en tres periodos diferentes abarcando la temporada de lluvias y de estiaje, con el fin de conocer la calidad del agua de la cuenca alta del río Sabinal, ubicado en el municipio de Berriozábal perteneciente a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Los parámetros analizados se compararon con las Normas Oficiales Mexicanas y con los criterios ecológicos de calidad del agua, así como también, las metodologías empleadas para realizar los análisis fueron consultadas de las Normas Técnicas Mexicanas. Se demostró que la calidad del agua aumenta en la época de lluvias. Algunos de los valores de los análisis fisicoquímicos y los análisis microbiológicos se encuentran fuera de los límites máximos permisibles en la época de estiaje, abarcando los muestreos que se realizaron en el mes de febrero y abril. La calidad del agua de la cuenca alta del río Sabinal expresa que la ubicación del sitio de muestreo con mayor grado de contaminación es frente a SEDECO. Los resultados revelan que la cuenca alta del río Sabinal presenta contaminantes que causan efectos “nocivos” a la salud del ser humano y no puede considerarse como fuente de abastecimiento de agua potable.

**Palabras clave:** Calidad del agua, análisis microbiológicos y fisicoquímicos, límites máximos permisibles.

## ÍNDICE

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	10
1.1 Introducción .....	10
1.2 Descripción de la empresa.....	12
1.3 Problemas a resolver .....	14
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 Objetivo General.....	15
1.4.2 Objetivos Específicos .....	15
1.5 Justificación .....	16
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Situación actual del área de estudio.....	17
2.1.1 Características Físicas.....	18
2.1.1.1 Ubicación Geográfica .....	18
2.1.1.2 Topografía .....	19
2.1.1.3 Hidrografía.....	20
2.1.1.4 Temperaturas medias anuales .....	21
2.1.1.5 Precipitación pluvial .....	22
2.1.1.6 Humedad .....	23
2.1.1.7 Suelos .....	24
2.1.2 Características Biológicas.....	25
2.1.2.1 Flora y vegetación .....	25
2.1.2.2 Fauna .....	26
2.1.3 Actividades Productivas .....	28
2.1.4 Contexto socioeconómico.....	29
2.1.4.1 Población.....	29
2.1.4.2 Salud .....	30
2.1.4.3 Vivienda.....	30
2.1.4.4 Educación.....	31
2.2 Indicadores de calidad del agua.....	31
2.2.1 Indicadores fisicoquímicos .....	32
2.2.1.1 Temperatura .....	33

2.2.1.2	pH.....	33
2.2.1.3	Oxígeno Disuelto .....	34
2.2.1.4	Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	35
2.2.1.5	Demanda Química de Oxígeno.....	35
2.2.1.6	Turbiedad .....	35
2.2.1.7	Sólidos Suspendidos Totales.....	36
2.2.1.8	Sólidos Disueltos Totales.....	37
2.2.1.9	Nitratos .....	38
2.2.1.10	Fósforo Total .....	39
2.2.1.11	Conductividad .....	39
2.2.1.12	Materia flotante .....	40
2.2.2	Indicadores microbiológicos.....	40
2.2.2.1	Coliformes Fecales .....	40
3.	DESARROLLO .....	42
3.1	Características de los sitios de muestreo .....	42
3.2	Ubicación de los sitios de muestreo .....	42
3.3	Metodología de muestreo .....	45
3.3.1	Períodos de muestreo.....	45
3.4	Metodología de análisis .....	45
3.4.1	Análisis de campo.....	45
3.4.2	Análisis fisicoquímicos .....	46
3.4.3	Análisis bacteriológicos.....	48
3.4.4	Análisis de suelos .....	48
4.	Resultados .....	49
4.1	Resultados y discusiones.....	49
4.1.1	Temperatura .....	49
4.1.2	pH.....	51
4.1.3	Oxígeno disuelto.....	52
4.1.4	Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	54
4.1.5	Demanda Química de Oxígeno.....	56
4.1.6	Turbiedad .....	58

4.1.7 Sólidos Suspendidos Totales .....	59
4.1.8 Sólidos Disueltos Totales.....	61
4.1.9 Nitratos .....	62
4.1.10 Fósforo Total .....	64
4.1.11 Conductividad Eléctrica .....	65
4.1.12 Coliformes Fecales .....	67
4.1.13 Materia Flotante.....	69
4.2 Actividades realizadas en la empresa .....	69
4.2.1 Semana de capacitación.....	69
4.2.2 Actividades previas a la residencia .....	70
4.2.3 Actividades durante la residencia profesional .....	70
5. CONCLUSIONES.....	72
5.1 Conclusiones del proyecto .....	72
5.2 Recomendaciones .....	73
5.3 Experiencia personal adquirida.....	74
6. COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	75
7. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	76
8. ANEXOS .....	80

## Índice de Figuras

<i>FIGURA 1.- UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE BERRIOZÁBAL EN EL ESTADO DE CHIAPAS</i> .....	18
<i>FIGURA 2.- COLINDANCIAS DEL MUNICIPIO</i> .....	19
<i>FIGURA 3.- MAPA TOPOGRÁFICO DE BERRIOZÁBAL</i> .....	20
<i>FIGURA 4.- MAPA HIDROLÓGICO DEL MUNICIPIO</i> .....	21
<i>FIGURA 5.- TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES</i> .....	22
<i>FIGURA 6.- PRECIPITACIÓN PLUVIAL</i> .....	23
<i>FIGURA 7.- HUMEDAD EN BERRIOZÁBAL</i> .....	24
<i>FIGURA 8.- TIPOS DE SUELOS EN EL MUNICIPIO</i> .....	25
<i>FIGURA 9.- ÁRBOL NATIVO DE LA REGIÓN (CEDRO)</i> .....	26
<i>FIGURA 10.- ZORRO GRIS, ANIMALES QUE PODEMOS ENCONTRAR EN LA REGIÓN</i> .....	27
<i>FIGURA 11.- CHACHALACA, AVE DE LA REGIÓN</i> .....	28
<i>FIGURA 12.- SIEMBRA DE SORGO</i> .....	29
<i>FIGURA 13.-GRÁFICO REPRESENTATIVO DEL PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN</i> .....	29
<i>FIGURA 14.- UBICACIONES DE LOS MUESTREOS</i> .....	43
<i>FIGURA 16.- ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL</i> .....	80
<i>FIGURA 17.- ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE GRASAS Y ACEITES</i> .....	80
<i>FIGURA 18.- ANÁLISIS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS SÓLIDOS SEDIMENTABLES QUE PRESENTAN MAYORMENTE LAS AGUAS RESIDUALES</i> .....	81

## Índice de Tablas

TABLA 1.- SITIOS DE MUESTREO.....	45
TABLA 2.-NORMAS TÉCNICAS MEXICANAS EMPLEADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL LUGAR DE MUESTREO.....	46
TABLA 3.-METODOLOGÍA DE LAS NORMAS TÉCNICAS MEXICANAS EMPLEADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.....	47
TABLA 4.- TEMPERATURA.....	49
TABLA 5.- PH.....	51
TABLA 6.- OXÍGENO DISUELTO.....	52
TABLA 7.- DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.....	54
TABLA 8.- DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.....	56
TABLA 9.- TURBIEDAD.....	58
TABLA 10.- SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.....	59
TABLA 11.- SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES.....	61
TABLA 12.- NITRATOS.....	62
TABLA 13.- FÓSFORO TOTAL.....	64
TABLA 14.- CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	65
TABLA 15.- COLIFORMES FECALES.....	67
TABLA 16.- MATERIA FLOTANTE.....	69



## Índice de Gráficas

GRÁFICA 1.- TEMPERATURA DE LOS SITIOS MONITOREADOS DEL RIO SABINAL.....	50
GRÁFICA 2.- PH.....	51
GRÁFICA 3.- OXÍGENO DISUELTO .....	53
GRÁFICA 4.- DBO .....	55
GRÁFICA 5.- DQO .....	57
GRÁFICA 6.- TURBIEDAD .....	58
GRÁFICA 7.- SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.....	60
GRÁFICA 8.- SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES .....	61
GRÁFICA 9.- NITRATOS .....	63
GRÁFICA 10.- FÓSFORO TOTAL .....	64
GRÁFICA 11.- CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	65
GRÁFICA 12.- COLIFORMES FECALES.....	67

# 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

## 1.1 Introducción

El agua es un recurso vital el cual representa el 70% de los seres vivos, actúa como un elemento fundamental en procesos químicos, físicos y biológicos, los cuales permiten la vida en el planeta.

Debido a que cada organismo depende del agua, ésta se ha convertido en el eje primordial del desarrollo de la sociedad a través de la historia. Pero también el agua es un recurso limitado, muy vulnerable y escaso en los últimos años, y no existe una conciencia globalizada sobre el manejo razonable que se debe ejercer sobre el mismo.

Esto origina crisis en el agua, que provoca enfermedades de origen hídrico, desnutrición, crecimiento económico reducido, inestabilidad social, conflictos por su uso y desastres ambientales, por lo que es necesario mantener un monitoreo constante de la calidad del agua en ríos, cuencas hidrológicas, lagos, humedales, etc., y así poder conocer el uso de tecnologías o factores que afectan su calidad.

Los ríos son corrientes que se caracterizan por presentar un flujo unidireccional el cual puede considerarse altamente variable y se relaciona con las condiciones climáticas, razón por la cual se indica que encuentran permanentemente mezclados y, usualmente la calidad del agua se logra asociar al sentido del flujo. De igual forma el espacio formado por el escurrimiento de un conjunto de ríos, que se encuentra determinado por elevaciones son conocidos como cuencas.

Los ríos tienen una enorme importancia por conectar las cuencas terrestres con la atmósfera y el mar, funcionando como los auténticos riñones de la Tierra. De esta forma, además de agua, transportan sales, sedimentos y organismos y las complejas reacciones químicas y biológicas que se producen en los cauces fluviales son responsables en parte de las características químicas del agua retenida en los grandes reservorios, como lagos y océanos.

La cuenca del el río Sabinal nace en La Loma, El Chupadero, 5 km. al noroeste de la población de Berriozábal, Chiapas, a una altitud de 1,100 m.s.n.m., corre en dirección

sureste, atravesando dicha población y continuando hacia la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, aguas abajo cambia su curso al oriente y posteriormente al sur, para recibir la aportación del Arroyo San Francisco y siguiendo su curso al oriente para cruzar por la colonia Terán, Municipio de Tuxtla Gutiérrez; un poco antes de dejar esta colonia, recibe por la margen izquierda el Arroyo San Agustín, para luego arribar a la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

De aquí la importancia de este estudio para la evaluación del paso del agua corrediza dentro de las comunidades de la cuenca, debido a que el deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, reduciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por el agua de calidad.

## 1.2 Descripción de la empresa

La Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, es una Dependencia del Poder Ejecutivo del Estado, que tiene como objetivo principal, aplicar la normatividad en materia de medio ambiente, ordenamiento ecológico territorial de flora y fauna en el Estado, coordinando acciones y mecanismos con Dependencias y Entidades de los tres órdenes de Gobierno, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los chiapanecos y evitar el deterioro de los recursos naturales y medio ambiente, la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, y la adaptación a los efectos del cambio climático, promoviendo además, la conservación, restauración y propagación de la flora y fauna silvestre o acuática de la Entidad.

La Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, es responsable de generar un sistema permanente de monitoreo y evaluación sobre los recursos naturales, principalmente de aquellos sujetos a descargas contaminantes.

El Laboratorio de la Dirección de Protección Ambiental y Desarrollo de Energía surge como un instrumento de gestión ambiental para que el Estado fortalezca la toma de decisiones en el cumplimiento de sus atribuciones en la materia de calidad ambiental, mismas que se encuentran previstas en la normatividad de la materia.

El laboratorio de Monitoreo Ambiental cuenta con infraestructuras en equipamiento, tecnología y personal calificado para evaluar los índices de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos del agua para uso y consumo humano, del agua residual, sólidos y sedimentos. Se encarga de planear, coordinar y evaluar sobre la contaminación en agua, suelo y sedimentos mediante diagnósticos, proporcionando servicios de ensayo y muestreo, confiables, trazables y rastreables dentro del territorio chiapaneco.

El objetivo principal del laboratorio de monitoreo es generar la información en materia de impacto ambiental que se ocasiona al suelo y agua por fuentes de contaminación natural y antropogénica, con el propósito de apoyar la toma de decisiones que orienten la política ambiental en el estado.

Se realizan diagnósticos de proyectos definidos dentro del Programa Normal de Gobierno, atendiendo denuncias y contingencias causadas por la contaminación ambiental así, como también, participan en proyectos de coordinación con otras dependencias.

Se cuentan con áreas de fisicoquímica en donde se realizan análisis como: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Nitritos, Nitratos, Sólidos en todas sus formas, Fósforo Total, Grasas y Aceites, Cloruros, Dureza Total, Sulfatos, Alcalinidad, etc. Área de microbiología en donde se efectúan análisis de: Coliformes Fecales, Coliformes Totales y Enterococos Fecales. Área de absorción atómica en donde se determinan metales pesados como: Mercurio, Plomo, Cadmio, Cobre, Zinc, Hierro, Cromo, Níquel, Bario, Sodio y Manganeseo. Área de cromatografía la cual se encarga de análisis como: Plaguicidas, Bifenilos Policlorados, Compuestos Orgánicos Volátiles y Semivolátiles e Hidrocarburos. Área de muestreo en donde se llevan a cabo los muestreos en sitio con el fin de que las muestras sean representativas e ingresen adecuadamente al laboratorio, aquí se miden los parámetros de campo los cuales son: pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Temperatura y Materia Flotante. Por último, el área de calidad la cual, se encarga de mantener el sistema de calidad vigente y de verificar que todos los resultados generados de los análisis en el laboratorio cumplan con las especificaciones de control de calidad para emitir resultados confiables mediante la rastreabilidad y trazabilidad del proceso de análisis.

### 1.3 Problemas a resolver

Debido a que el río Sabinal es el principal cuerpo de agua que atraviesa en dirección poniente a oriente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del estado de Chiapas, es de suma importancia la pronta concienciación y educación ambiental. Ya que existe una aceleración de crecimiento de la población y a través de los años, este río se ha contaminado gradualmente y hoy en día está constituido por aguas residuales provenientes de uso doméstico, municipal, industrial, de servicios, agrícolas, así como la mezcla de ellas.

Este informe presenta la importancia de la calidad del agua en los ríos (específicamente de la cuenca alta del río Sabinal) y los problemas ambientales que se presentan en la actualidad, parte de la solución a esos problemas es informar y educar ambientalmente a la población a través de estudios específicos de la calidad del agua con la que se cuenta.

Se pretende informar sobre la importancia de los ríos en general, la calidad del agua, lo indispensable que es contar con plantas de tratamiento de aguas residuales para evitar la continua contaminación a los ríos.

Por último, dar a conocer los indicadores de la calidad del agua y exponer a través de resultados obtenidos en el laboratorio, sus posibles razones de la presencia de estos en los cuerpos de agua.

El problema de la falta de educación ambiental en la cuenca alta del río Sabinal debe ser abordado a través de resultados reales que muestren los aspectos que afectan a la calidad del agua y las consecuencias de no afrontar este problema con hechos para resolver.

Por lo que, mediante este análisis se podrá identificar y exponer las posibles razones de la presencia de los indicadores de la calidad del agua, en la cuenca alta del río Sabinal.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo General

- Evaluar la calidad del agua de la cuenca alta del Rio Sabinal perteneciente al municipio de Berriozábal.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Definir y georreferenciar los sitios de muestreos para la recolección de muestras de agua.
- Recolectar muestras de agua en los sitios definidos.
- Evaluar la calidad del agua en diferentes trayectos de la cuenca alta del Rio Sabinal en función de sus características fisicoquímicas.
- Evaluar la calidad del agua en diferentes trayectos de la cuenca alta del Rio Sabinal en función de las sus características microbiológicas.
- Exponer las posibles razones de la presencia de diferentes indicadores fisicoquímicos y microbiológicos.

## 1.5 Justificación

Una combinación de problemas económicos y socioculturales adicionales a una carencia de programas de superación de la pobreza, ha contribuido a personas que viven en condiciones de carencia de medios económicos lleguen a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual afecta de una manera negativa la calidad del agua y dificultan el uso sostenible del líquido.

Durante años los recursos naturales han sido sometidos a un proceso acelerado de degradación. Donde la contaminación del recurso agua provoca que muchos ríos en forma contraria de tener agua corriendo por su cauce, no se pueda utilizar para consumo, riego, ganadería, etcétera (Morán, 2014). Por tanto, se provoca una escasez de agua limitada por la calidad de la misma y no por la cantidad.

Se enmarca a la cuenca alta del río Sabinal, perteneciente al municipio de Berriozábal, como importante objeto de estudio, ya que el deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo llegando a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, amenaza la salud humana y compromete la vida acuática de la zona, reduciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por el agua de calidad.

Ante dicha situación, el compromiso académico como estudiante de la carrera de Ingeniería Química con terminación enfocada a los procesos ambientales, fue considerada relevante la investigación realizada, ya que surgió de efectos observados y se comprobó con los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, el estado actual de la calidad del agua de la cuenca alta del río Sabinal. Lo que permite la divulgación de la concienciación de todos los usuarios del recurso con el fin de lograr minimizar y reducir los impactos ambientales.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Situación actual del área de estudio

Berriozábal se considera una ciudad mexicana que es perteneciente al estado de Chiapas, forma parte de la zona metropolitana de Tuxtla Gutiérrez, teniendo como actividades principales la ganadería, silvicultura y siembra de maíz y sorgo.

Cuando hablamos de la historia del municipio de Berriozábal se tienen datos que constan en el título y escrituras de la hacienda de Rodrigo Ponce de León, quien junto a su hermano fueron los fundadores de dicha hacienda en el año de 1598. Al principio del año 1600, don Rodrigo Ponce de León, aparece como único dueño; la estancia se denominó desde entonces San Sebastián (Uribieta Estufillos/f).

En 1630, se vende la estancia a Francisco Muñoz de Loaiza y posteriormente este hace lo mismo y los adquiere Alférez José de Velasco Ochoa. En 1679, esta propiedad la adquiere Juan Pérez de Castañeda. Diez años después, muerto el capitán Pérez de Castañeda su viuda doña Andrea Enríquez de Herrera, vendió la hacienda al capitán Francisco Carlos de Ibarra.

A partir de 1689, la estancia de San Sebastián comienza a llamarse Don Rodrigo, en los documentos oficiales, en memoria de su primer dueño y fundador fue el nombre que conservó por más de dos siglos. En 1695 pasa a ser propiedad de Tomás Rodríguez, fijándose los linderos siguientes: al oriente, con el pueblo de Tuxtla; al poniente con Ocozocoautla; al norte con Chicoasén y al sur con Suchiapa. En 1720 toma posesión de la hacienda María del Sab Alferes y en 1728 lo adquiere Antonio de Espinosa.

En 1794 tiene un nuevo dueño, Don Miguel Antonio Gutiérrez del Arroyo y Fernández Alonso, vecino de Tuxtla. En 1832 falleció don Miguel deja como herederos a sus hijos José Eusebio, Joaquín Miguel, María Vicenta, Manuela Juliana, Manuel María y Ramón. En testamento se ordenó que se repartiera la hacienda entre ellos, pero no así las tierras, sino que debería persistir intactas, aprovechándose de sus campos todos en mancomún; hasta el año 1858 las cosas estuvieron en tal estado. Fue así

como de aquella tierra salieron diferentes fincas menores y posesión de varios propietarios, que existen hasta hoy.

En el casco de la hacienda, todos los descendientes de Miguel Antonio, tenían derecho a poblarlo y hasta vender los lotes, por lo que se convirtió en un centro de población que, posteriormente, se elevó a la categoría de agencia municipal de Tuxtla. Como este centro de población crecía, por decreto, el 27 de mayo, publicado el 30 del mismo mes de 1898, siendo Gobernador del Estado el coronel Francisco León, se le dio la categoría de pueblo, con el nombre de Berriozábal (Sabinal, 2019).

## 2.1.1 Características Físicas

### 2.1.1.1 Ubicación Geográfica

El Municipio de Berriozábal se asienta en la Depresión Central; sus coordenadas geográficas son: 16°48'00" de latitud norte y 93°16'22" de longitud oeste. Su altitud es de 900 msnm, Limita al norte con los municipios de Tecpatán y Copainalá, al este con Tuxtla Gutiérrez y San Fernando, y al oeste con Ocozocoautla de Espinosa (Urbieta Estudillo, 2018).

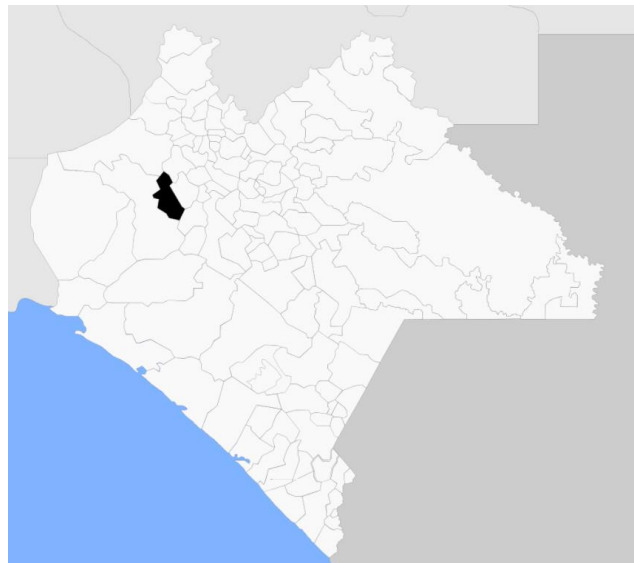


Figura 1.- Ubicación del municipio de Berriozábal en el estado de Chiapas, obtenido de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07012a.html>

En la Figura 1, se muestra la ubicación del municipio en el estado. Dada la cercanía de cabecera municipal con la aglomeración urbana de la capital del estado y su dependencia de la misma, el municipio de Berriozábal forma parte de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (ZMTG).

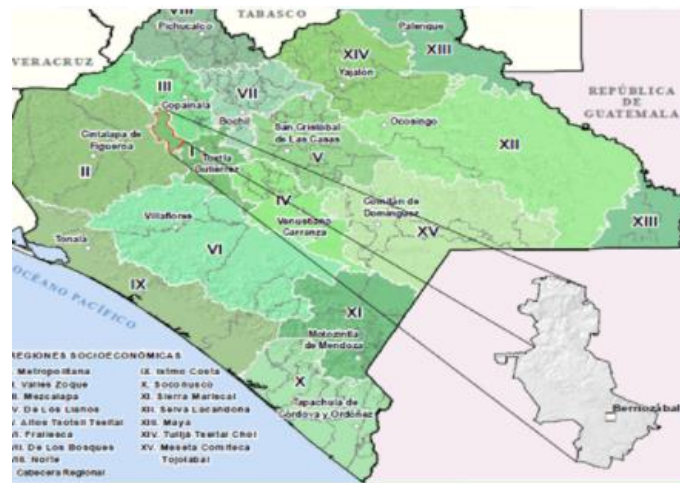


Figura 2.- Colindancias del municipio, obtenido de <http://berriozabal.gob.mx/conoce-berriozabal/>

### 2.1.1.2 Topografía

Para fines de este informe, las coordenadas geográficas de Berriozábal son latitud: 16.799°, longitud: -93.272°, y elevación: 904 m.

La topografía en un radio de 3 kilómetros de Berriozábal tiene variaciones muy grandes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 269 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 928 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones muy grandes de altitud (994 metros). En un radio de 80 kilómetros contiene variaciones enormes de altitud (2,859 metros)(Spark, 2020).

El área en un radio de 3 kilómetros de Berriozábal está cubierta de tierra de cultivo (99 %), en un radio de 16 kilómetros de tierra de cultivo (88 %) y en un radio de 80 kilómetros de tierra de cultivo (65 %) y árboles (29 %).

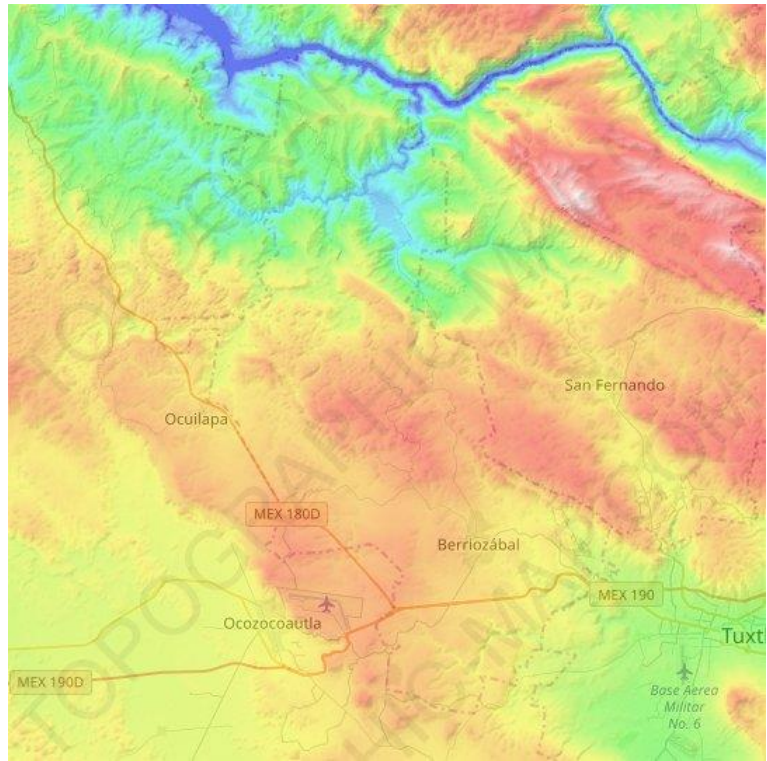


Figura 3.- Mapa topográfico de Berriozábal, obtenido de <https://es-mx.topographic-map.com/maps/rbvh/Berrioz%C3%A1bal/>

### 2.1.1.3 Hidrografía

El municipio se ubica dentro de las subcuencas El Chapopote, Tuxtla Gutiérrez, P. Netzahualcóyotl, río Suchiapa, río Alto Grijalva y río de la Venta que forman parte de la cuenca río Chixoy. Las principales corrientes de agua en el municipio son los ríos Grijalva, río El Cedro, arroyo La Florida, arroyo San Agustín, arroyo Blanco y arroyo Celín; y las corrientes intermitentes del río El Sabinal, arroyo La Pimienta, arroyo San Francisco, arroyo Aguajito, arroyo Yerba Santa, arroyo Aguajito, arroyo La Providencia, arroyo El Tigre, arroyo La Rana y arroyo El Tigre(Sabinal, 2019).

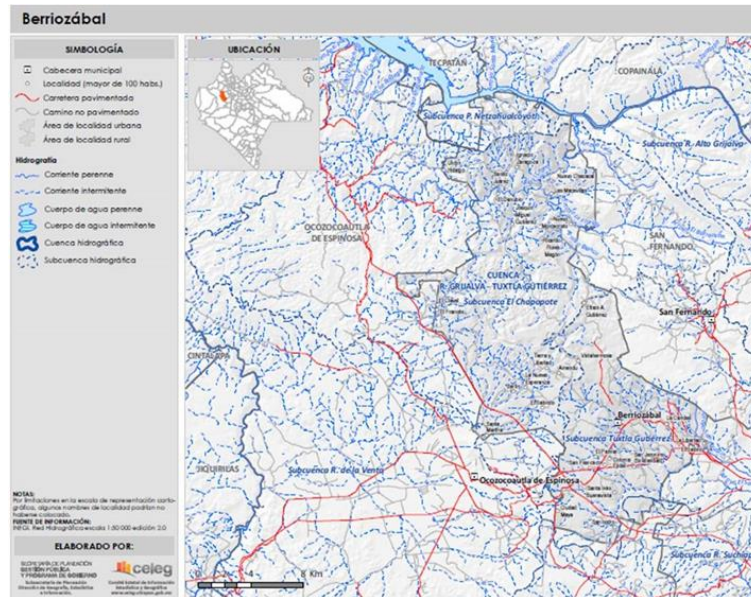


Figura 4.- Mapa hidrológico del municipio de Berriozábal, obtenido de <http://berriozabal.gob.mx/conoce-berriozabal/>

La cuenca del El Río Sabinal nace en La Loma, El Chupadero, 5 km. al noroeste de la población de Berriozábal, Chiapas, a una altitud de 1,100 m.s.n.m., corre en dirección sureste, atravesando dicha población y continuando hacia la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, aguas abajo cambia su curso al oriente y posteriormente al sur, para recibir la aportación del Arroyo San Francisco y siguiendo su curso al oriente para cruzar por la colonia Terán, Municipio de Tuxtla Gutiérrez; un poco antes de dejar esta colonia, recibe por la margen izquierda el Arroyo San Agustín, para luego arribar a la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (CONAGUA, 2009).

La cuenca del Río Sabinal está ubicada dentro de la Región Hidrológica No. 30 denominada Grijalva-Usumacinta, en la Cuenca administrativa Grijalva-Tuxtla Gutiérrez, su cauce atraviesa el capital poniente a oriente teniendo una longitud medida desde la confluencia con el Río San Francisco hasta su desembocadura en el Río Grijalva de 21.00 km, y un desnivel en pendiente de 800 metros.

#### 2.1.1.4 Temperaturas medias anuales

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 16 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 12 °C o sube a más de 37 °C (Spark, 2020).

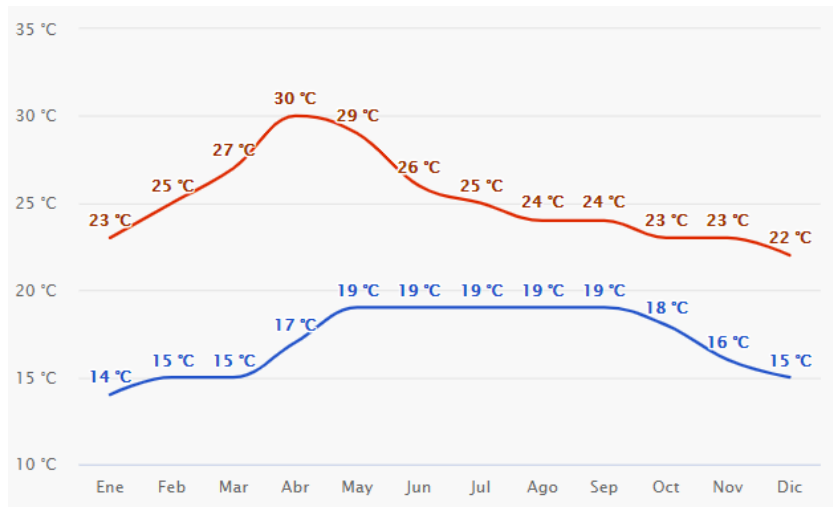


Figura 5.- Temperaturas medias anuales, obtenido de [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/berrioz%c3%a1bal\\_m%c3%a9xico\\_353225](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/berrioz%c3%a1bal_m%c3%a9xico_353225)

4

La "máxima diaria media" (línea roja continua) muestra la media de la temperatura máxima de un día por cada mes de Berriozábal. Del mismo modo, "mínimo diario media" (línea azul continua) muestra la media de la temperatura mínima.

#### 2.1.1.5 Precipitación pluvial

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Berriozábal varía muy considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 5.0 meses, con una probabilidad de más del 50 %. Mientras que la temporada más seca dura aproximadamente 7.0 meses (Meteoblue 2020).



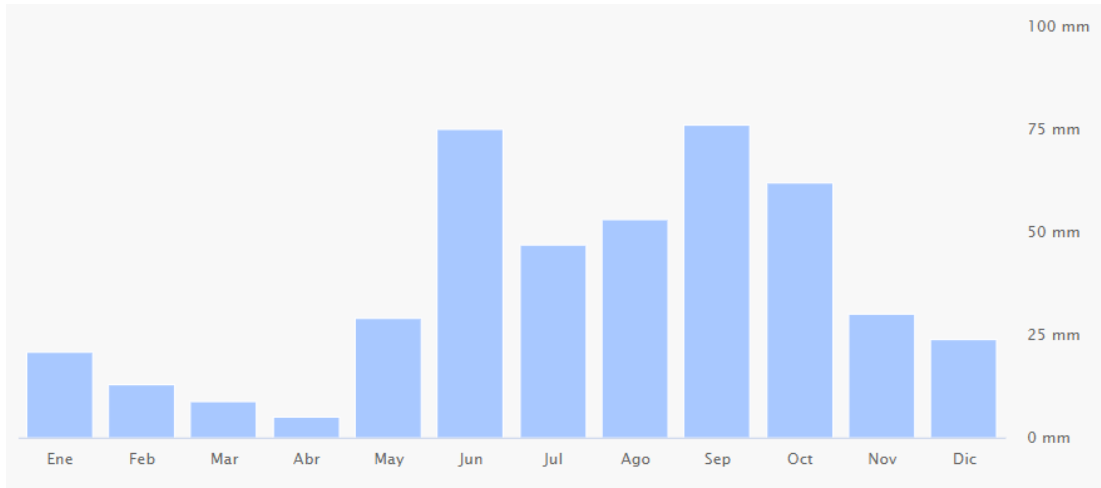


Figura 6.- Precipitación pluvial, obtenido de

[https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/berrioz%c3%a1bal\\_m%c3%a9xico\\_353225](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/berrioz%c3%a1bal_m%c3%a9xico_353225)

4

Precipitaciones mensuales por encima de 150 milímetros son en su mayoría húmedas, por debajo de 30 milímetros en la mayor parte.

### 2.1.1.6 Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda(Spark, 2020).

En Berriozábal la humedad percibida varía extremadamente. El período más húmedo del año dura 7.9 meses.

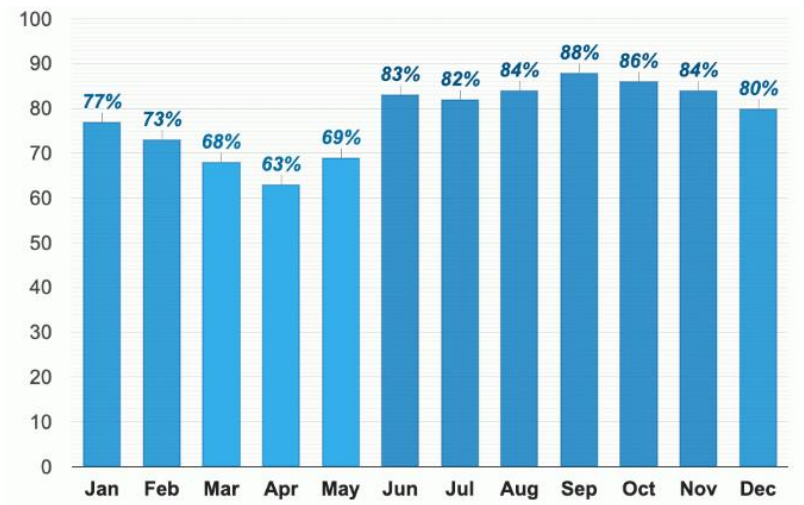


Figura 7.- Humedad en Berriozábal, obtenido de <https://www.weather-atlas.com/es/mexico/berriozabal-clima>

### 2.1.1.7 Suelos

El municipio está constituido geológicamente por terreno cretácico superior e inferior y terciario paleoceno, los tipos de suelo predominantes son: acrisol, vertisol y litosol, regosol y su uso es el agrícola con algunas partes de selva correspondiendo aproximadamente la tercera parte a ejidal y el resto a propiedad privada (Urbieto Estudillo, 2018).

En el municipio, los suelos más representativos son los luvisoles y leptosoles. Estos últimos presentan una potencialidad muy limitada para cultivos arbóreos o para pastos. En la Figura, se muestra la distribución de los tipos de suelos reportados para el municipio. La mayor vocación de este tipo de suelos es para bosque bajo.



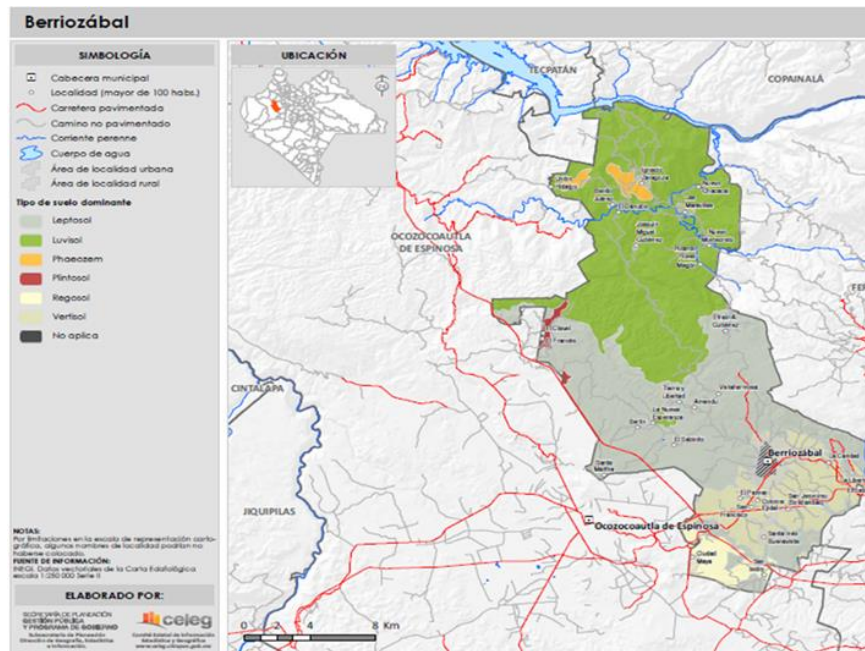


Figura 8.- Tipos de suelos en el municipio, obtenido de <http://berriozabal.gob.mx/conoce-berriozabal/>

## 2.1.2 Características Biológicas

### 2.1.2.1 Flora y vegetación

Predomina la selva alta o mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia. Debido al crecimiento demográfico del último cuarto del siglo XX han desaparecido muchas especies nativas y otras ya son escasas. La gradual expansión de las ciudades ha arrebatado muchos terrenos a las áreas verdes. Sin embargo, predominantemente es la vegetación secundaria el cual tiene la más alta distribución porcentual regional (Metropolitana, 2015).

Dentro de esta región se encuentran diferentes especies de árboles, de maderas preciosas tales como: caoba, cedro, pino, fresno, palo de rosa, chicozapote, aguacatillo, humo prieto, guachipilín, limoncillo, otate, palo amarillo, roble, amate, ceiba, guarumbo, hule, clavo, jimba, taray.



*Figura 9.- Árbol nativo de la región, obtenido de  
<https://alfredoperis.files.wordpress.com/2020/10/cedro.jpg?w=1024>*

Algunas especies nativas de la región son: sospó, lanta o sospó silvestre, mojú, chucamay, chincuya), tres especies de zapote, huisache matiliguete, puyú, petsjoyó, jocote, masú, nambimbo, nanche, pomposhuti, punupunú, puyuí), tziqueté, cuchunuc, patzipocá y chipilín.(Urbieta Estudillo, 2018)

### 2.1.2.2 Fauna

Producto del crecimiento demográfico que ha ido destruyendo el hábitat natural de la fauna, la práctica de la cacería furtiva y la deforestación de áreas verdes muchas de las especies nativas de la región han desaparecido o bien se encuentran en riesgo de extinción.

Esta región se caracteriza por encontrarse en la ruta de emigración de aves peregrinas del noroeste al sureste. Podemos encontrar especies nativas como: urraca, zanate, tortolita, paloma bravía, pijui, mochuelo, buitres negro americano, tlacuache, armadillo, zorro gris, varias especies de serpiente, conejo cola de algodón, ardilla, diversas especies de ratones silvestres, de murciélagos, dos especies de iguana y el vampiro.



*Figura 10.- Zorro gris, uno de animales pertenecientes a la región, obtenido de <https://aprende.guatemala.com/cultura-guatemalteca/flora-fauna/zorro-gris-en-guatemala/>*

En los reptiles destacan el turipache, cuija, agujilla, mazacuata, iguana de roca, lagartija metálica, culebra ranera, bejuquilla nauyaca de río y voladora, sin olvidar el lagarto de río y cocodrilo. Y en las aves el pajuil, chachalaca, colibrí, carpintero, zanate, quetzal, zopilote, gavilancillo, codorniz, golondrina, paloma morada, tortolita, cotorra, tapacamino, tecolotito, pico de hacha, pico real y la tiríscula (Metropolitana, 2015).



*Figura 11.- Chachalaca, ave de la región, obtenido de <https://fundacionjangelcraftacparalaeducacion.wordpress.com/fauna-chachalaca-ortalis-guttata-o-la-chachalaca-manchada/>*

### 2.1.3 Actividades Productivas

Sus actividades principales son la ganadería, la silvicultura y la siembra de maíz y sorgo. Actualmente tiene como principal actividad el turismo y comercio dominical, además su actividad especial desde hace muchos años era la fabricación de hamacas ya que antes era zona de producción de ixtle y henequén (NATURALISTA, 2017).





Figura 12.- Siembra de sorgo, obtenido de <https://elabcrural.com/cultivo-de-sorgo-alternativa-al-maiz-como-alimento-de-calidad-con-menos-agua/>

## 2.1.4 Contexto socioeconómico

### 2.1.4.1 Población

El municipio de Berriozábal cuenta con una población de 64,632 personas, según los datos estimados del INEGI para el año 2020, donde el 49.4% son hombres y el 50.6% son mujeres.

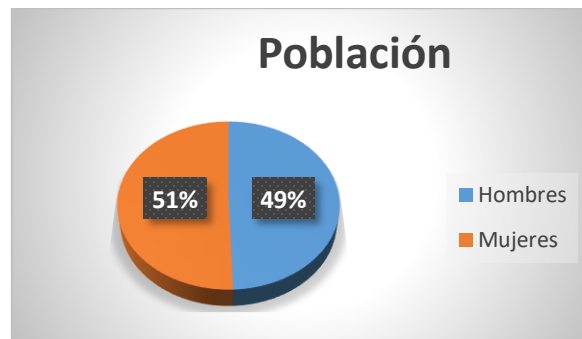


Figura 13.-Gráfico representativo del porcentaje de la población

#### 2.1.4.2 Salud

Las unidades médicas en el municipio eran cuatro (0.3% del total de unidades médicas del estado).

El personal médico era de 15 personas (0.3% del total de médicos en la entidad) y la razón de médicos por unidad médica era de 3.8, frente a la razón de 4.1 en todo el estado.

En el mismo año, el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud fue de 47.1%, equivalente a 19,090 personas.

La carencia por acceso a la seguridad social afectó a 79.5% de la población, es decir 32,216 personas se encontraban bajo esta condición(INEGI, 2010).

#### 2.1.4.3 Vivienda

La población total del municipio en 2010 fue de 43,179 personas, lo cual representó el 0.9% de la población en el estado.

En el mismo año había en el municipio 9,242 hogares (0.9% del total de hogares en la entidad), de los cuales 1,675 estaban encabezados por jefas de familia (0.8% del total de la entidad).

El tamaño promedio de los hogares en el municipio fue de 4.6 integrantes, mientras que en el estado el tamaño promedio fue de 4.4 integrantes.

El porcentaje de individuos que reportó habitar en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente fue de 30.2% (12,242 personas).

El porcentaje de personas que reportó habitar en viviendas sin disponibilidad de servicios básicos fue de 47.9%, lo que significa que las condiciones de vivienda no son las adecuadas para 19,429 personas(INEGI, 2010).

Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública (42.8% del total), viviendas con piso de tierra (19%), viviendas con un solo cuarto (17.3%), viviendas que

no disponen de energía eléctrica (10%), viviendas que no disponen de drenaje (10%) y viviendas sin ningún bien (9.4%).

#### 2.1.4.4 Educación

El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el municipio era en 2010 de 6.2, frente al grado promedio de escolaridad de 6.7 en la entidad.

En 2010, el municipio contaba con 40 escuelas preescolares (0.5% del total estatal), 61 primarias (0.7% del total) y 12 secundarias (0.6%). Además, el municipio contaba con cuatro bachilleratos (0.6%) y una escuela de formación para el trabajo (0.2%). El municipio también contaba con cuatro primarias indígenas (0.1%).

En 2010, la condición de rezago educativo afectó a 37.8% de la población, lo que significa que 15,312 individuos presentaron esta carencia social (INEGI, 2010).

## 2.2 Indicadores de calidad del agua

El término calidad de agua hace referencia al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: domésticos, riego recreación e industria(Casilla Quispe, 2014).

La calidad del agua, es un estado de esta, caracterizado por su composición físico-química y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.

Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor).

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud.

Cualquier análisis de agua puede revelar la presencia de gases, elementos minerales, orgánicos que se encuentren en solución o suspensión y microorganismos presentes que pueden llegar a ser patógenos. Dentro de los cuales la presencia de gases se debe a orígenes naturales, la presencia de elementos minerales puede deberse a la procedencia de actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos los cuales se vierten al agua para su eliminación.

Desafortunadamente, muchas de las actividades humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad. Entre las causas de mayor impacto está el aumento y concentración de la población, actividades productivas no adecuadas, uso inadecuado del agua, contaminación por las aguas domésticas desechadas sin tratar.

A nivel mundial en los países en desarrollo se da tratamiento a menos del 10% del agua, situación no muy diferente a la de México, donde los porcentajes están cerca del 20%, ya sea agua utilizada en servicios urbanos o industriales. Esto significa que la inmensa mayoría del líquido se vierte a ríos, lagos o mares sin ningún tratamiento previo, ocasionando la contaminación de éstos y, en consecuencia, la reducción de agua disponible.

Con el fin de evaluar la calidad o grado de contaminación del agua se han desarrollado diversos índices de calidad tanto generales como de uso específico. En México se emplea el llamado Índice de Calidad del Agua (ICA), que agrupa de manera ponderada algunos parámetros del deterioro de la calidad del líquido. El índice toma valores en una escala de 0 a 100%, donde mientras mayor sea el valor mejor es la calidad. El ICA se calcula a partir de una ponderación de 18 parámetros fisicoquímicos, entre los que se encuentran la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto, coliformes, fosfatos, pH, sólidos suspendidos, etc. (SEMARNAT, 2009).

### 2.2.1 Indicadores fisicoquímicos

Entre las variables fisicoquímicas, se identifican la temperatura, el color, la turbiedad, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO),



presencia de nitratos, sulfatos y fosfatos, metales pesados, oxígeno disuelto, el pH y la conductividad. Se hará referencia de las variables fisicoquímicas evaluadas en el presente trabajo. Estas variables son de gran importancia para los ecosistemas acuáticos debido a que son indicativos de la composición y dinámica de los agentes contaminantes y contribuyen en la evaluación de la calidad de agua.

### 2.2.1.1 Temperatura

La temperatura es una de las variables más significativas en los cuerpos de agua, sirviendo de indicativo de la estabilidad ecológica del sistema. Además, las variaciones de este parámetro generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y flora presentes en los cuerpos de agua; elevando el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua (Durán 2016).

### 2.2.1.2 pH

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado el número de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la cual, en el medio, es decir 7 la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica. Cuando una sustancia es neutra el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos es igual. Cuando el número de átomos de hidrógeno ( $H^+$ ) excede el número de átomos del oxhidrilo ( $OH^-$ ), la sustancia es ácida.

El nivel de pH tiene un efecto en muchas fases del proceso de tratamiento de las aguas y afecta a la formación de costras de las fuentes de agua. El nivel de pH se puede determinar con varios métodos de análisis, tales como indicadores del color, pH-papel o pH-metros.

El pH es un indicativo del grado de acidez, basicidad y alcalinidad del agua. Además, este parámetro origina variación en la composición de la fauna y flora de los cuerpos de agua e influye en el grado de toxicidad de ciertos compuestos, como el amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, entre otros.

### 2.2.1.3 Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno gaseoso que esta disuelto en el agua. El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática.

La concentración de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos. La entrada de oxígeno puede estar provocada por muchas fuentes, pero la principal es el oxígeno absorbido de la atmósfera (HANNA, 2020).

Este oxígeno se disuelve con facilidad hasta que el agua se satura. Una vez disuelto, se difunde lentamente y su distribución depende del movimiento del agua. Este proceso es natural y continuo, de modo que continuamente existe intercambio de oxígeno entre el agua y el aire. La dirección y velocidad depende del contacto entre ambos. Un agua turbulenta, un torrente de montaña o un lago con oleaje tendrá mayor absorción ya que la superficie del agua está expuesta al aire. Las aguas estancadas retienen y absorben menos oxígeno.

A medida que aumenta la temperatura de una solución, aumenta el movimiento de partículas dentro de esa solución. Con un mayor movimiento de partículas, los gases disueltos escapan más fácilmente de la solución. En agua tibia, el oxígeno es menos soluble, mientras que en agua fría el oxígeno es más soluble. La concentración de OD en aguas saturadas de aire disminuye al aumentar la temperatura. La presión parcial de oxígeno es, de hecho, una medida de la actividad termodinámica de sus moléculas. La velocidad a la que el oxígeno se disuelve, difunde y reacciona no está determinada por su concentración, sino por su presión parcial.

Un alto nivel de oxígeno disuelto en una comunidad de suministro de agua es bueno porque esto hace que el gusto del agua sea mejor. Sin embargo, los niveles altos de oxígeno disuelto aumentan la velocidad de corrosión en las tuberías de agua. Por esta

razón, las industrias usan agua con la mínima cantidad posible de oxígeno disuelto (LENNTECH, 2020).

#### 2.2.1.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua. Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación. Es un indicativo de la carga contaminante que pueden generar los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargado en corrientes de agua en las que existen condiciones aeróbicas. La DBO es un proceso biológico y por lo tanto es delicado y requiere mucho tiempo. Como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20°C durante 5 días de manera estándar, denominándose DBO<sub>5</sub>. Con carácter general, cuanto más contaminación, mayor DBO (INDUANALISIS, 2019).

#### 2.2.1.5 Demanda Química de Oxígeno

La DQO es la demanda química de oxígeno del agua. Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Cuanto mayor es la DQO, más contaminada está el agua. La DQO es una prueba que solo toma alrededor de tres horas, por lo que los resultados se pueden tener en mucho menor tiempo que lo que requiere una prueba de DBO. La DQO en aguas industriales puede situarse entre 50 y 2.000 mgO<sub>2</sub>/l, aunque puede llegar a 5.000 según el tipo de industria (INDUANALISIS, 2019).

#### 2.2.1.6 Turbiedad

La turbidez del agua es uno de los parámetros más relevantes en el control de la calidad del agua de consumo. Los sólidos dispersos y las partículas en suspensión en el agua turbia pueden actuar como portadores de contaminación microbológica y

también propician la adhesión de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión (INDUANALISIS, 2020).

Cuanto más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así reduciendo la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Además, algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente.

Las partículas en suspensión dispersan la luz, de esta forma decreciendo la actividad fotosintética en plantas y algas, que contribuye a bajar la concentración de oxígeno más. Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

Dentro de las causas de la turbidez además de partículas inertes en suspensión, el agua turbia puede contener también materia orgánica en suspensión, lo que inhibe el efecto del biocida, que se pierde al reaccionar con la materia orgánica, y esta reacción puede dar lugar a la formación de subproductos de la desinfección, como los trihalometanos y las tricloroaminas, nocivos para la salud humana.

#### 2.2.1.7 Sólidos Suspendidos Totales

De forma genérica, el término sólidos define aquellas sustancias presentes en el agua que tienen un estado sólido cuando se encuentran puras. En la práctica, la definición de sólidos es intrínseca al método con que se miden. En general, se mide un volumen de agua con material volumétrico verificado y el recipiente se pesa antes y después la separación de sólidos con una balanza certificada. La cantidad de sólidos se obtiene por diferencia y por unidad de volumen.

Se entiende por Total de sólidos en suspensión o TSS a un parámetro utilizado en la calificación de la calidad del agua y en el tratamiento de aguas residuales. Indica la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro - mg/l), presentes, en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del líquido.

Los sólidos suspendidos se definen como aquéllos que son retenidos en un filtro de 0,45  $\mu\text{m}$  y a grandes rasgos corresponden a los sólidos insolubles de la muestra, aunque no necesariamente tengan una tendencia a sedimentar. En general, los sólidos suspendidos se utilizan para evaluar la calidad general del agua después de un proceso de tratamiento: un alto valor de sólidos suspendidos es inaceptable(MICROLAB, 2021).

Cuando están presentes, los sólidos suspendidos contienen una cantidad significativa de los contaminantes presentes en el agua. Los sólidos suspendidos pueden ser eliminados del agua por medio de procedimientos relativamente sencillos de sedimentación y filtración.

#### 2.2.1.8 Sólidos Disueltos Totales

El total de sólidos disueltos (SDT) es justo lo que dice, la suma de todos los sólidos disueltos en el agua. Los componentes que forman parte del SDT varían y, en su mayor parte, siguen siendo desconocidos, ya que simplemente medimos la suma bruta de estos metales, minerales y sales. Los compuestos de calcio y sodio dominan, mientras que el magnesio y docenas de otros solubles se pueden encontrar en ellos.

Es el material soluble constituido por materia inorgánica y orgánica que permanece como residuo después de evaporar y secar una muestra previamente filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio con poro de 1,5  $\mu\text{m}$  a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Orenda, 2020).

### 2.2.1.9 Nitratos

El nitrato es un contaminante común que se encuentra en el agua subterránea y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. El nitrato es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar nuestra fuente de agua potable.

El origen de los nitratos en aguas es principalmente de fertilizantes, sistemas sépticos y almacenamiento de estiércol u operaciones de extensión. Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas, volatilizados, o arrastrados por la escorrentía superficial acaban en las aguas subterráneas en forma de nitratos. Esto hace que el nitrógeno no esté disponible para las plantas, y puede también elevar la concentración en aguas subterráneas por encima de los niveles admisibles de calidad del agua potable.

El nitrógeno procedente del estiércol o de los abonos puede perderse de manera similar de los prados, corrales, o lugares de almacenamiento. Los sistemas sépticos eliminan solamente la mitad del nitrógeno de las aguas residuales, dejando que la otra mitad sea lavada hacia las aguas subterráneas, de esta forma aumentando las concentraciones de nitrato en las aguas subterráneas (Swistock, 2007).

Los nitratos se producen de forma natural. Todos los acuíferos pluviales y subterráneos contienen algo de nitrógeno-nitrato. Sin embargo, los suministros de agua rural contaminados proporcionan una pista para descubrir otras fuentes de nitratos. El nitrato se acumula en las cuencas hidrográficas agrícolas donde los agricultores esparcen fertilizantes inorgánicos y abono animal en las tierras de cultivo. El nitrógeno que no es absorbido por los cultivos puede filtrarse a través del suelo al agua subterránea y luego fluir a áreas de recarga o pozos privados. Los residentes de las comunidades rurales suelen utilizar sistemas sépticos en el lote y algunos propietarios usan de los fertilizantes para césped. Estos también pueden ser fuentes de nitrato en el agua potable (Swistock, 2020).

#### 2.2.1.10 Fósforo Total

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales. Actualmente se considera como uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de algas, el fósforo se encuentra en aguas naturales y residuales casi exclusivamente como fosfatos, los cuales se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta-, y otros poli fosfatos) y fosfatos orgánicos. El empleo de detergentes, los cuales contienen grandes cantidades de fósforo, ha aumentado el contenido de fosfato en las aguas residuales domésticas y ha contribuido al problema de incremento del mismo en las fuentes receptoras, se usan poli fosfatos como medio de control de corrosión (Suarez et al., 2007).

Las formas de importancia del fósforo en aguas son las siguientes:

- Ortofosfatos (fósforo soluble)
- Polifosfatos: pirofosfatos, tripolifosfatos y metafosfatos
- Fosfatos orgánicos

#### 2.2.1.11 Conductividad

Los sólidos se encuentran en la naturaleza en forma disuelta. Las sales disueltas en agua se descomponen en iones cargados positivamente y negativamente. La conductividad se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos (Folleto Informativo, 2013).

Las sales y también otras sustancias afectan la calidad del agua potable o de riego. También influyen en la biota acuática y cada organismo tolera una gama de valores de conductividad. La composición iónica del agua puede ser crítica. La conductividad varía en función de la fuente de agua: agua subterránea, agua de escorrentía de la agricultura, aguas residuales municipales y precipitación. Por lo tanto, la conductividad puede ser un indicador de filtración en agua subterránea o de fugas de aguas residuales.

Los factores que afectan la conductividad son:

- La tierra y las rocas descargan iones en las aguas que fluyen a través y por encima de ellas. La geología de una cierta zona determina la cantidad y el tipo de iones.
- La marea influye en la salinidad y la conductividad de los ríos costeros. El aerosol del mar carga las sales en el aire hasta que la lluvia los descarga de nuevo en los ríos.
- El flujo de los ríos hasta los estuarios puede afectar mucho la salinidad, así como la localidad de la zona estuarina de contacto entre el agua salada y el agua dulce. Esto es muy importante para la sobrevivencia de los organismos de los estuarios.
- El agua dulce que se pierde por evaporación aumenta la conductividad y la salinidad de la masa de agua. El calor también puede aumentar la salinidad del mar.
- Cuando la temperatura aumenta, la conductividad aumenta también.

#### 2.2.1.12 Materia flotante

La materia flotante procedente de descargas es inmediatamente desagradable a la vista e indica contaminación de las aguas. Además, se presta para concentrar microorganismos patógenos y contaminantes en ella. En general se encuentran dos tipos de materia flotante: partículas de materia, que incluyen bolas de grasa y componentes líquidos capaces de esparcirse como una fina película sobre grandes cantidades de agua.

### 2.2.2 Indicadores microbiológicos

#### 2.2.2.1 Coliformes Fecales

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, *Escherichia coli*.



La presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo(Ramos Ortega et al., 2008).

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 porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.

Asimismo, su número en el agua es directamente proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces por ende la elevación de incidencias de patologías entéricas.

## 3. DESARROLLO

En este apartado se describe la metodología empleada a lo largo del presente estudio en muestreo y análisis de agua.

### 3.1 Características de los sitios de muestreo

Los criterios y factores para determinar la ubicación de muestreo en cuerpos de agua superficial pueden agruparse en:

- Factores Fundamentales o Estructurantes: son los que determinan el por qué y el para qué de la localización del sitio, e involucran aspectos tales como: condiciones de referencia, principales vertimientos, confluencia con ríos principales, políticas relacionadas con el recurso hídrico, zonas de desarrollo industrial y urbano existentes y potenciales, bocatomas de acueductos y distritos de riego, entre otros.
- Factores Condicionantes: son los que se refieren a las limitaciones propias de cada localización, que tienen que ver con: dificultad de acceso, seguridad de los equipos y del personal, infraestructura existente, características hidráulicas de la sección y tramo, cercanía a estaciones hidrológicas existentes, facilidad para realizar actividades hidrométricas y facilidad para la recolección de muestras, entre otros.
- Factores Limitantes: son los que se refieren al presupuesto y al equipo de medición (capacidad, precisión, requerimientos de instalación, operación y mantenimiento), entre otros

Una vez establecido el sitio de muestreo en cuerpos de agua superficial, es necesario determinar la localización exacta del sitio, la cual deberá ser lo suficientemente adecuada para permitir mantener una historia, es decir, que con el tiempo las características del sitio se mantengan.

### 3.2 Ubicación de los sitios de muestreo

De acuerdo a las condiciones naturales de muestreo se denominaron 8 sitios de muestreo

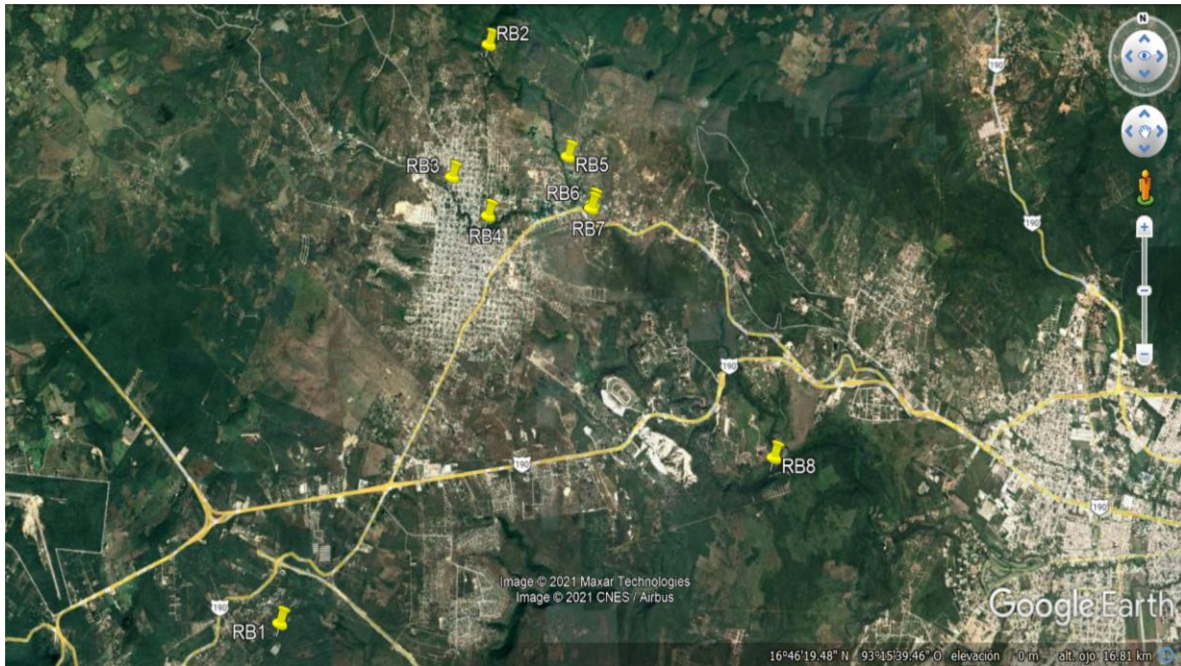


Figura 14.- Ubicaciones de los muestreos

	Nombre	Coordenadas	Altitud	Características
<b>RB1</b>	San Antonio Bombanó	16°44'59.8'' 93°18'16.1''	929msnm	El agua presenta coloración café oscuro, presencia de espuma en la superficie con olor característico a agua residual con vegetación en los límites del arroyo.
<b>RB2</b>	Paso Burro	16°49'28.9'' 93°16'11.2''	902 msnm	El arroyo presenta vida acuática, existencia de peces, vegetación abundante en los límites a escasos 50m existe una casa habitación
<b>RB3</b>	La Represa	16°48'24.9'' 93°16'34.5''	929 msnm	Se encuentra limitado por malla ciclón en la periferia,

				consta de tanques de aproximadamente 50x100m, el agua es de color verde, existe presencia de peces y vegetación en la periferia, se encuentra en la zona urbana de Berriozábal.
<b>RB4</b>	SEDECO	16°48'05.2'' 93°16'15.0''	882 msnm	En los límites del arroyo se observan abundantes árboles de Sabino. Este punto de muestreo se encuentra en la zona urbana de Berriozábal con casas habitación de lado y lado, abundante vegetación. El agua es proveniente de descargas de casas habitación.
<b>RB5</b>	Paso Naranja	16°48'31.9'' 93°15'28.8''	857 msnm	En los límites del río se ubican árboles de Sabino, presencia de casas habitación de ambos lados, al parecer existe una granja a 200m y aguas arriba del punto de muestreo.
<b>RB6</b>	Unión	16°48'08.1'' 93°15'16.1''	850 msnm	En este sitio se unen descargas de aguas residuales y aguas del río Sabinal, presencia de

				residuos en el río, así mismos árboles de sabino en el cauce del río.
<b>RB7</b>	Jabalí	16°48'06.1'' 93°15'16.9''	836 msnm	En los límites derecho se encuentra vegetación y al izquierdo se encuentran casas habitación.
<b>RB8</b>	Pozas de Berriozábal	16°46'03.5'' 93°13'42.0''	670 msnm	

Tabla 1.- Sitios de Muestreo

### 3.3 Metodología de muestreo

Se consultó y aplicó la Norma Técnica Mexicana para la metodología de muestreo NMX-AA-003-1980 Aguas residuales - Muestreo

#### 3.3.1 Períodos de muestreo

Los muestreos se realizaron bimestralmente en los meses, en febrero, abril y julio.

### 3.4 Metodología de análisis

#### 3.4.1 Análisis de campo

Se realizaron mediciones inmediatas en cada uno de los sitios de muestreo. Para la determinación de estos parámetros las metodologías empleadas fueron sacadas de las Normas Técnicas Mexicanas.

<b>Parámetro</b>	<b>Norma Técnica Utilizada</b>	<b>Nombre de la Norma</b>
<b>Temperatura</b>	NMX-AA-007-SCFI-2013	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.
<b>pH</b>	NMX-AA-008-SCFI-2011	MEDICIÓN DEL pH EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS
<b>Materia flotante</b>	NMX-AA-006-SCFI-2000	DETERMINACIÓN DE MATERIA FLOTANTE EN AGUAS RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS- MÉTODO DE PRUEBA.
<b>Conductividad</b>	NMX-AA-093-SCFI-2000	DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA
<b>Oxígeno disuelto</b>	NMX-AA-012-SCFI-2001	DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS

*Tabla 2.-Normas Técnicas Mexicanas empleadas para la determinación de parámetros fisicoquímicos en el lugar de muestreo*

### 3.4.2 Análisis fisicoquímicos

La aplicación de los métodos empleados se basó en la utilización de diferentes equipos como son: espectrofotómetros (Nitratos y Fósforo Total), Nefelómetros (Turbiedad), electrométricos (DBO<sub>5</sub>), gravimétricos (Sólidos Disueltos Totales). Las metodologías

empleadas para la determinación de cada uno de los parámetros son las que se estipulan en Normas Técnicas Mexicanas mencionadas en el siguiente cuadro:

<b>Parámetro</b>	<b>Norma Técnica Utilizada</b>	<b>Nombre de la Norma</b>
<b>Turbiedad</b>	NMX-AA-038-SCFI-2001	DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS
<b>DBO<sub>5</sub></b>	NMX-AA-028-SCFI-2001	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO <sub>5</sub> ) Y RESIDUALES TRATADAS
<b>DQO</b>	NMX-AA-030/1-SCFI-2012	ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.
<b>SST</b>	NMX-AA-034-SCFI-2001	MEDICIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS
<b>SDT</b>	NMX-AA-034-SCFI-2001	MEDICIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS
<b>Nitratos</b>	NMX-AA-079-SCFI-2001	DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS
<b>Fósforo Total</b>	NMX-AA-029-SCFI-2001	DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS

*Tabla 3.-Metodología de las Normas Técnicas Mexicanas empleadas para la determinación de parámetros fisicoquímicos.*

### 3.4.3 Análisis bacteriológicos

Para los análisis bacteriológicos se consultó la Norma Mexicana NMX-AA-042-1987 para determinar los coliformes fecales por el método del número más probable.

### 3.4.4 Análisis de suelos

Para el análisis de suelos se determinaron parámetros como textura, pH y conductividad eléctrica, siguiendo las metodologías que nos indica la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.



## 4. Resultados

### 4.1 Resultados y discusiones

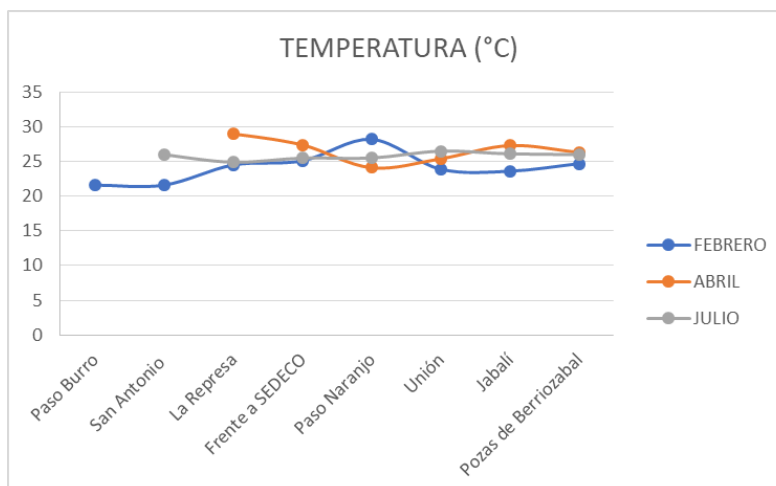
Los resultados de los análisis de agua, son de suma importancia debido a que nos muestra una radiografía de cómo se encuentra actualmente la calidad de agua en la cuenca alta del río Sabinal, en este trabajo se consideraron los parámetros más relevantes para su diagnóstico.

#### 4.1.1 Temperatura

SITIOS DE MUESTREO	TEMPERATURA		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
Paso Burro	21.6	NR	NR
San Antonio	21.6	NR	26
La Represa	24.5	29	24.9
Frente a SEDECO	25.1	27.4	25.5
Paso Naranjo	28.2	24.1	25.5
Unión	23.9	25.4	26.5
Jabalí	23.6	27.3	26.1
Pozas de Berriozábal	24.7	26.3	26

Tabla 4.- Temperatura

\*NR= No Registrado



Gráfica 1.- Temperatura de los sitios monitoreados del río Sabinal

La temperatura se leyó en el sitio de muestreo evitando interferencias que pudiera ocasionar el proceso de la actividad biológica. Podemos observar en la Gráfica 1 que durante los tres muestreos realizados; las temperaturas se comportan de una manera casi lineal, partiendo desde la temperatura más baja que se registró en el primer muestreo, la cual fue de 21.6°C en el sitio denominado “**Paso Burro**”, y la más alta de 29°C la cual se presentó en el segundo muestreo realizado en el mes de abril en el punto “**La Represa**”. Son valores que no rebasan el límite máximo permisibles de 40°C que indica la Norma Mexicana (NOM-001-SEMARNAT-1996).

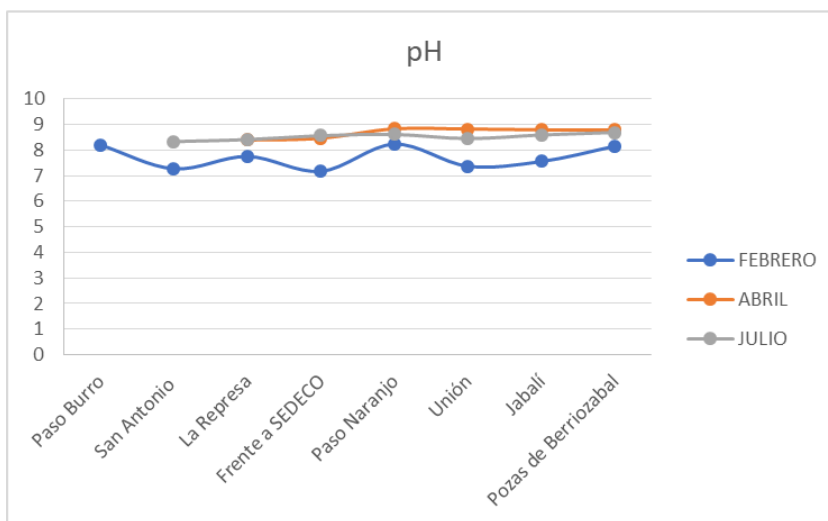
En otro reporte, Sawidis y Bellos (2005) comenta que la vulnerabilidad para el incremento de enfermedades y cambios en la producción de algas e invasión de organismos destructivos es expectante; cada pequeño cambio de temperatura en un cuerpo de agua puede conducir a lo largo del tiempo al fin de una especie y a él origen de otra vida silvestre, que originalmente estuvo presente cerca de la descarga de la fuente y atraer otra especie en su lugar (Bellos & Sawidis, 2005).

#### 4.1.2 pH

SITIOS DE MUESTREO	pH		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
Paso Burro	8.2	NR	NR
San Antonio	7.27	NR	8.33
La Represa	7.75	8.39	8.41
Frente a SEDECO	7.17	8.46	8.56
Paso Naranja	8.23	8.83	8.61
Unión	7.37	8.82	8.45
Jabalí	7.55	8.79	8.59
Pozas de Berriozábal	8.15	8.78	8.69

Tabla 5.- pH

\*NR= No Registrado



Gráfica 2.- pH

El pH es importante en el agua ya que asegura la calidad de vida de las especies acuáticas por lo que un alto o bajo pH puede romper el balance de los químicos del agua y movilizar los contaminantes, alterando la vida acuática.

Podemos observar que la gráfica se comporta de una manera lineal principalmente en los dos últimos muestreos, presentando valores de pH muy similares entre sí. Los

resultados obtenidos de este parámetro van desde un pH de 7.17 hasta 8.83, los cuales fueron obtenidos del sitio de muestreo frente al sitio denominado “**SEDECO**” presentando el pH más bajo y en el sitio denominado “**Paso Naranja**” el pH más alto. Los datos obtenidos se compararon con la NOM-001-SEMARNAT-1996 en la cual se establecen los límites máximos permisibles en un rango de 5-10 para el pH, todos los datos obtenidos de los muestreos cumplen con lo establecido en la norma.

El pH y la temperatura son parámetro de campo y tuvieron un comportamiento similar, ambos parámetros no rebasaron la NOM-001-SEMRNAT-1996.

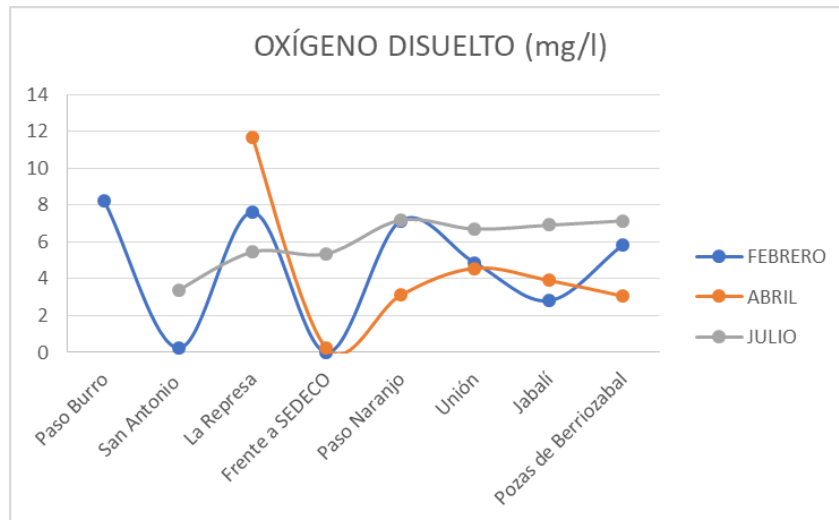
Es importante mencionar que según la NOM-127-SSA1-1994 los rangos de pH permitidos para el uso y consumo del agua son de 6.5-8.5 por lo que tenemos que en primer muestreo todos los sitios cumplen con lo establecido, en el segundo muestreo únicamente los lugares denominados **La Represa** y Frente a **SEDECO** entran en el rango y en el último muestreo los sitios denominados como **San Antonio**, **La Represa** y **Jabalí** cumplen con lo permitido.

#### 4.1.3 Oxígeno disuelto

OXÍGENO DISUELTO			
SITIOS DE MUESTREO	OXÍGENO DISUELTO		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
<b>Paso Burro</b>	8.21	NR	NR
<b>San Antonio</b>	0.24	NR	3.38
<b>La Represa</b>	7.61	11.66	5.45
<b>Frente a SEDECO</b>	0	0.23	5.36
<b>Paso Naranja</b>	7.15	3.11	7.18
<b>Unión</b>	4.87	4.57	6.7
<b>Jabalí</b>	2.81	3.91	6.91
<b>Pozas de Berriozábal</b>	5.85	3.06	7.14

Tabla 6.- Oxígeno Disuelto

\*NR= No Registrado



Gráfica 3.- Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto, es un parámetro que indica la cantidad de oxígeno en forma de gas que se encuentra disuelto en el agua el cual es fundamental para la calidad de vida de los peces, plantas y otros organismos. Por lo que se considera un indicador importante de calidad del agua para mantener la vida acuática.

En la gráfica 3 podemos observar el comportamiento variable de los muestreos llevados a cabo en diferentes puntos del municipio y diferentes fechas. El punto más alto se presenta en el sitio denominado “**La Represa**” con un valor de 11.66 mg/l, mientras que el punto más bajo se presenta frente al sitio denominado **SEDECO** con un valor obtenido de 0 mg/l. Logra determinar las condiciones aerobias o anaerobias de un lugar y nos sirve como base para cuantificar el siguiente parámetro, la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Los criterios ecológicos nos indican un valor mínimo permisible de 5.0 mg/l de oxígeno disuelto para la protección de la vida acuática.

Teniendo estos criterios en cuenta, en el primer muestreo los sitios denominados como **San Antonio, SEDECO, Unión y Jabalí**, no cumplen con los límites mínimos permisibles. En el segundo muestreo, únicamente el sitio denominado **La Represa** cumple con los límites mínimos permisibles establecidos. Por último, en el tercer muestreo se tiene que el sitio denominado como **San Antonio** es el único que no cuenta con lo establecido.

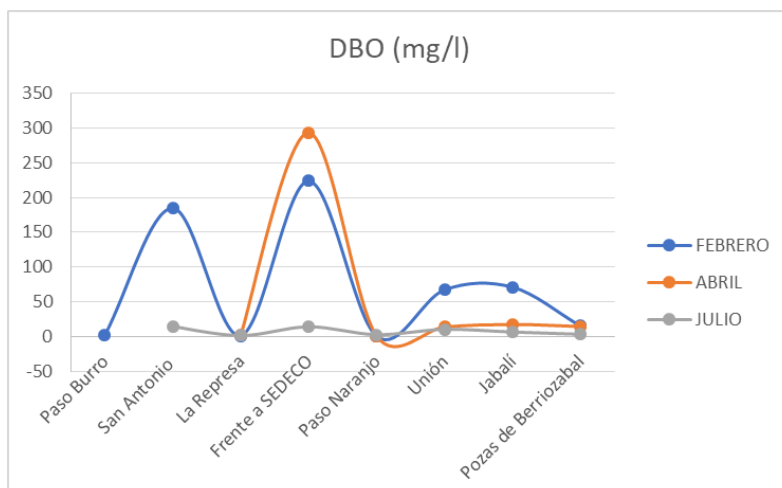
De acuerdo al trabajo de Álvarez y colaboradores en 2008 mencionan a autores como Chapra y Pelletier (2003), quienes establecieron los rangos entre 7 y 8 mg L-1, de oxígeno disuelto como valores que indican aguas libres de contaminación (Álvarez et al., 2008).

#### 4.1.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno

SITIOS DE MUESTREO	DBO		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
Paso Burro	1.32	NR	NR
San Antonio	184.8	NR	14.44
La Represa	1.044	1.482	1.252
Frente a SEDECO	223.8	293.5	13.9
Paso Naranjo	0.408	0.912	2.63
Unión	67.05	13.65	10.14
Jabalí	71.04	17.25	6.34
Pozas de Berriozábal	15.09	14.19	3.097

Tabla 7.- Demanda Bioquímica de Oxígeno

\*NR= No Registrado



Gráfica 4.- DBO

En la gráfica 4 podemos observar el comportamiento variable que hay de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en diferentes meses, se observa que con el pasar de los meses en el último muestreo el comportamiento es más estable, donde se puede apreciar los valores más bajos. El valor más bajo se presentó en el sitio denominado Paso Naranjo donde se registró un valor de 0.408 mg/L en el primer muestreo, mientras que, valor más alto se presentó en el segundo muestreo en el a sitio denominado Frente a **SEDECO** obteniendo una lectura de 293.5 mg/l, rebasando los límites máximos permisibles que establece la NOM-001-SEMARNAT-1996, indicándonos este valor una posible descarga cerca del lugar que se recolecto la muestra.

Cabe mencionar que los sitios denominados **San Antonio**, frente a **SEDECO**, **Unión**, **Jabalí**; en el primer monitoreo sobrepasaron el límite permisible de 60 mg/l para la protección de la vida acuática y en el segundo muestreo únicamente frente a **SEDECO**. Mientras que en el tercer muestreo los valores registrados fueron los más bajos de las tres campañas, eso se debe a que es la temporada de lluvia y se tiende a diluir algunos contaminantes como pudiera serla DBO.

Álvarez y col; en 2008 citaron el trabajo de Chapra y Pelletier del 2003, donde establecieron los rangos entre los 12 y 20 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, para mostrar que el agua está contaminada(Álvarez et al., 2008). Así también indicaron que los valores altos indican contaminación de agua, y cargas significativas de materia orgánica de acuerdo a Bellos y Sawidis en el 2005. Por otra parte, Soon y Seok en el 2002, reportaron que la

DBO, es un indicador de la materia orgánica, la cual incluye sólidos que provienen del reino animal o vegetal, o de actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos, pueden ser: proteínas, hidratos de carbono, lípidos, agentes tenso activos, pesticidas y productos químicos de uso agrícola (Park & Lee, 2002).

#### 4.1.5 Demanda Química de Oxígeno

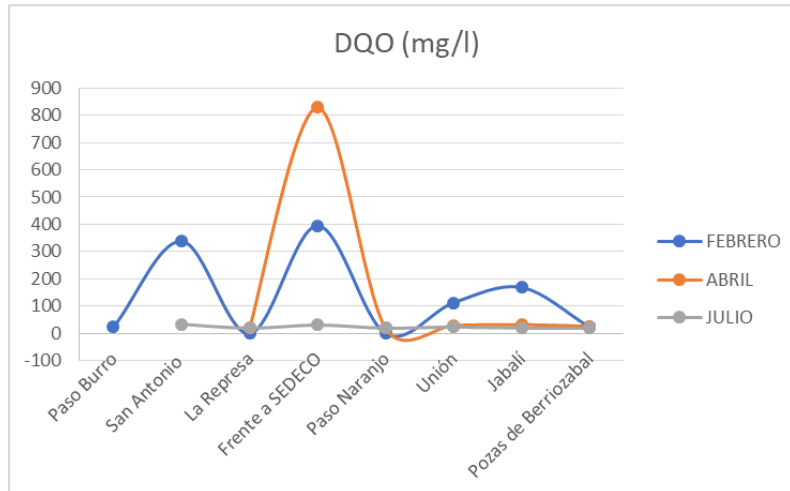
SITIOS DE MUESTREO	DQO		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
Paso Burro	23.36	NR	NR
San Antonio	338.4	NR	34.13
La Represa	<LDM	<19.88	<19.88
Frente a SEDECO	394.8	828	31.16
Paso Naranjo	<LDM	<19.88	<19.88
Unión	112.8	30.24	23.74
Jabalí	169.2	32.76	<19.88
Pozas de Berriozábal	23.36	26.46	<19.88

Tabla 8.- Demanda Química de Oxígeno

\*NR= No Registrado

\*LDM= Límite de Detección del Método





Gráfica 5.- DQO

Podemos observar que la línea de tendencia en los primeros dos muestreos se comporta de una manera variable, mientras que en el tercer muestreo se mantiene de una forma lineal y estable, cabe resaltar que el comportamiento fue similar a la DBO, demostrando la estrecha relación que existe entre ambos parámetros.

El valor registrado más alto que se presentó fue frente al sitio denominado **SEDECO** en el segundo muestreo dando un valor de 828 mg/l, proceder esperado debido a que este monitoreo corresponde a la temporada de sequía, donde se pudiera concentrar algunos contaminantes que se cuantifica en este parámetro, mientras que el valor más bajo que se detectó fue en los lugares denominados “**Paso Naranjo**” y la **Represa** en los tres muestreos valores menores al límite de detección del método.

En el tercer monitoreo los valores que se contabilizaron fueron los más bajos en cada sitio muestreado, este fenómeno se pudiera deber a la dilución que provoca la temporada de lluvias.

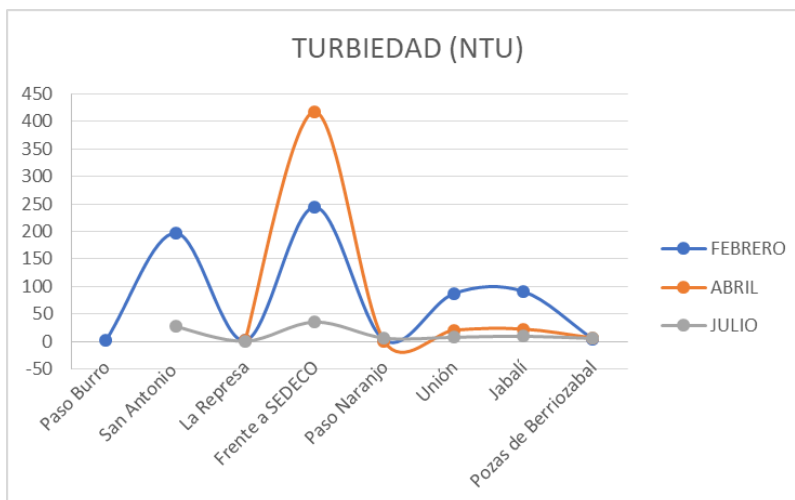
En el trabajo de investigación de Gualdrón Durán en 2018 se menciona que los límites establecidos para garantizar el hábitat de los peces es un máximo de 75 mg/l (Gualdrón Durán, 2018). Teniendo eso en cuenta hay sitios que no cumplen con lo establecido como lo es frente a **SEDECO**, **San Antonio**, **Unión** y **Jabalí** en el primer muestreo. En el segundo muestreo únicamente frente al sitio denominado **SEDECO**.

#### 4.1.6 Turbiedad

SITIOS DE MUESTREO	TURBIEDAD		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
Paso Burro	3	NR	NR
San Antonio	197.3	NR	27.7
La Represa	2	3	<1
Frente a SEDECO	244.3	417.4	35.7
Paso Naranja	3	1	6.7
Unión	87.3	21	8
Jabalí	91.3	23	10
Pozas de Berriozábal	5	7	6

Tabla 9.- Turbiedad

\*NR= No Registrado



Gráfica 6.- Turbiedad

Entre la turbidez y los sólidos suspendidos existe una estrecha relación, cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez, en este estudio se pudo comprobar esta relación donde se observa una similitud de tendencias entre ambas gráficas (6 y 7).

En la gráfica 6 se aprecia el comportamiento de la turbiedad de los muestreos en diferentes puntos de la cuenca alta del río Sabinal en el municipio Berriozábal. El dato registrado más alto de turbiedad fue en el sitio denominado frente a **SEDECO** en el primer y segundo muestreo con valores de 244.3 y 417.4 NTU respectivamente, mientras que el más bajo se presentó en el sitio denominado la **Represa** en el tercer muestreo con un valor <1 NTU. Sin embargo, en el primer monitoreo se presentó los valores más altos de turbidez, resaltando que posiblemente se presentó por la temporada de secas, donde a disminuir el caudal de algunos sitios.

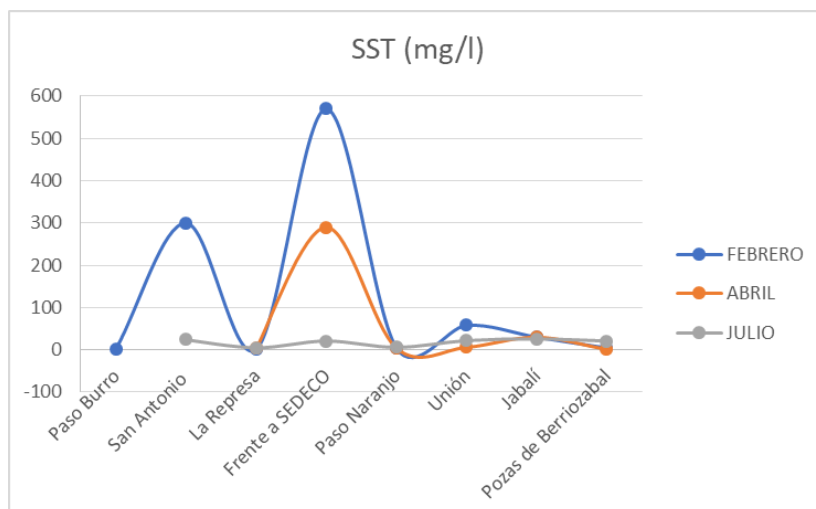
La NOM-127-SSA1-1994 nos indica que el límite máximo permisible es de 5 NTU para el agua de uso y consumo humano, por lo que en el primer muestreo en los lugares denominados **Paso Burro, La Represa, Paso Naranja y las Pozas de Berriozábal** son las que cumplen con lo establecido; en el segundo muestreo los sitios que entran en los rangos permitidos son únicamente **La Represa y Paso Naranja**; por último, en el tercer muestreo solamente el lugar denominado La Represa cumple con lo establecido.

#### 4.1.7 Sólidos Suspendidos Totales

SITIOS DE MUESTREO	Sólidos Suspendidos Totales		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
<b>Paso Burro</b>	2	NR	NR
<b>San Antonio</b>	300	NR	24
<b>La Represa</b>	1	3	5
<b>Frente a SEDECO</b>	570	290	21
<b>Paso Naranja</b>	5	4	6
<b>Unión</b>	58	6	22
<b>Jabalí</b>	30	30	26
<b>Pozas de Berriozábal</b>	4.5	1	21

*Tabla 10.- Sólidos Suspendidos Totales*

\*NR= No Registrado



Gráfica 7.- Sólidos Suspendidos Totales

Como se indicó en el parámetro de turbidez, los sólidos suspendidos, el comportamiento fue parecido su entre ambos parámetros, ya que están relacionados entre sí.

Podemos observar (grafica 7) que con el paso de los meses la tendencia lineal, presentando mayor similitud en sus valores en el último muestreo. El dato más alto registrado fue de 550 mg/l y 290 mg/L en el sitio denominado frente a **SEDECO** en el primer y segundo muestreo rebasando los límites máximos permisibles indicados en la Norma-001-SEMARNAT-1996. El límite máximo permisible que indica la norma es un valor de 60 mg/l en sólidos suspendidos totales como promedio diario para la protección de la vida acuática en ríos.

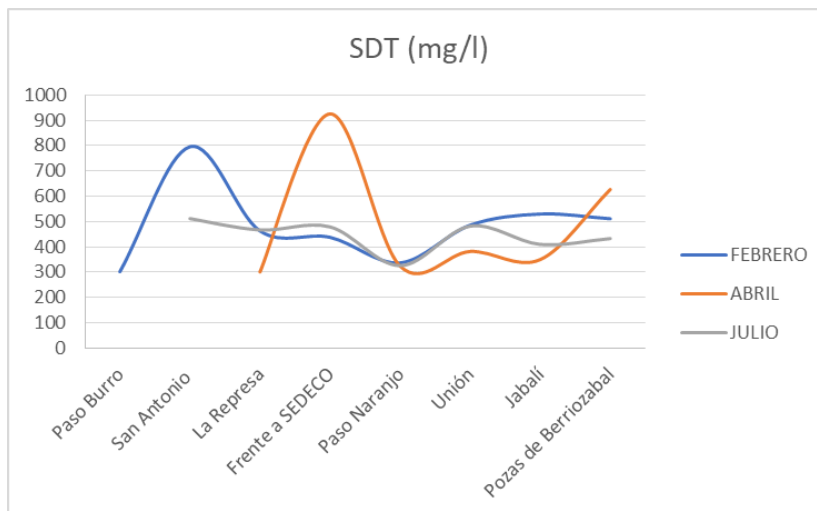
Sin embargo, no fue el único lugar monitoreado que sobrepaso el límite establecido por la norma ya antes mencionada también fue el sitio **San Antonio**, en el primer muestreo con una lectura de 300 mg/l.

#### 4.1.8 Sólidos Disueltos Totales

SITIOS DE MUESTREO	SDT		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
<b>Paso Burro</b>	302	NR	NR
<b>San Antonio</b>	796	NR	512
<b>La Represa</b>	463	301	467
<b>Frente a SEDECO</b>	438	926	479
<b>Paso Naranja</b>	337	324	326
<b>Unión</b>	486	382	482
<b>Jabalí</b>	530	350	410
<b>Pozas de Berriozábal</b>	511.5	627	433

Tabla 11.- Sólidos Disueltos Totales

\*NR= No Registrado



Gráfica 8.- Sólidos Disueltos Totales

En la gráfica 8 se aprecia el comportamiento de los datos registrados de los Sólidos Disueltos Totales estos se relacionan con la cantidad de sales disueltas en la muestra líquida. El valor más alto registrado se presentó en el sitio denominado frente a

**SEDECO** con un valor de 926 mg/l en el segundo muestreo mientras que el valor más bajo fue de 301 mg/l en el sitio denominado la Represa en el segundo muestreo.

Para los Sólidos Disueltos Totales tenemos hasta 1000 mg/l permitidos en el agua para su uso y potabilización según la NOM-127-SSA1-1994. El valor más alto que se registró en los 3 muestreos fue de 926 mg/l por lo que todos los datos cumplen con los rangos establecidos.

El presente parámetro tiene relación con la conductividad ya que ambos implican la lectura de la cantidad de sales disueltas en la muestra, la comparación de las gráficas (8 y 11) tiene un comportamiento similar.

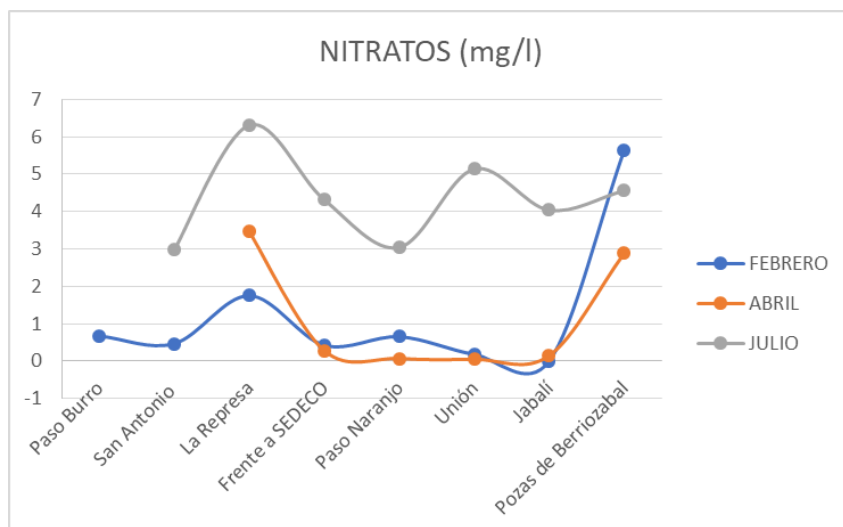
#### 4.1.9 Nitratos

SITIOS DE MUESTREO	NITRATOS		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
Paso Burro	0.673	NR	NR
San Antonio	0.468	NR	2.97
La Represa	1.75	3.47	6.31
Frente a SEDECO	0.426	0.283	4.32
Paso Naranja	0.653	0.07	3.04
Unión	0.182	0.047	5.14
Jabalí	<LDM	0.145	4.04
Pozas de Berriozábal	5.64	2.885	4.56

Tabla 12.- Nitratos

\*NR= No Registrado

\*LDM= Límite de Detección del Método



Gráfica 9.- Nitratos

Se puede observar el comportamiento de las líneas de tendencia que es variable. El valor más bajo que se reportó fue menor al límite de detección al método en el sitio denominado **Jabalí** en el primer muestreo, mientras que el valor más alto fue de 6.31 mg/l en la Represa en el último muestreo.

De acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994 los límites máximos permisibles de Nitratos en agua para uso y consumo humano es de 10 mg/l, el valor más alto que se registró en los tres muestreos fue de 6.31 mg/ por lo que todos los datos cumplen con los rangos establecidos.

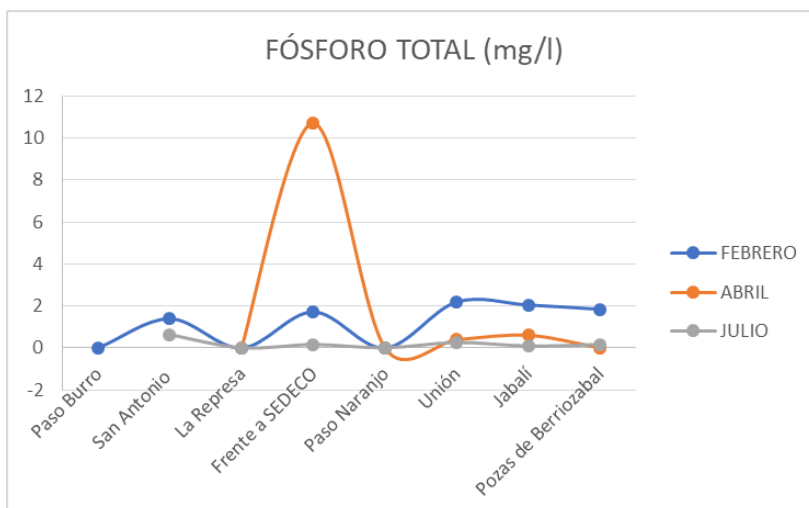
#### 4.1.10 Fósforo Total

SITIOS DE MUESTREO	FÓSFORO TOTAL		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
Paso Burro	<LDM	NR	NR
San Antonio	1.394	NR	0.644
La Represa	<LDM	<0.013	<0.013
Frente a SEDECO	1.718	10.7	0.165
Paso Naranja	<LDM	<0.013	<0.013
Unión	2.19	0.392	0.264
Jabalí	2.049	0.6045	0.096
Pozas de Berriozábal	1.843	<0.013	0.167

Tabla 13.- Fósforo Total

\*NR= No Registrado

\*LDM= Límite de Detección del Método



Gráfica 10.- Fósforo Total

Se puede observar el comportamiento del Fósforo Total registrado en los diferentes muestreos. Este parámetro presentó su valor más alto de 10.7 mg/l frente al sitio denominado frente al **SEDECO** en el segundo muestreo, rebasando los límites máximos permisibles referidos a la NOM-001-SEMARNAT-1996 de 10 mg/l, siendo el único valor que registró salirse de los parámetros, mientras que el valor más bajo fue



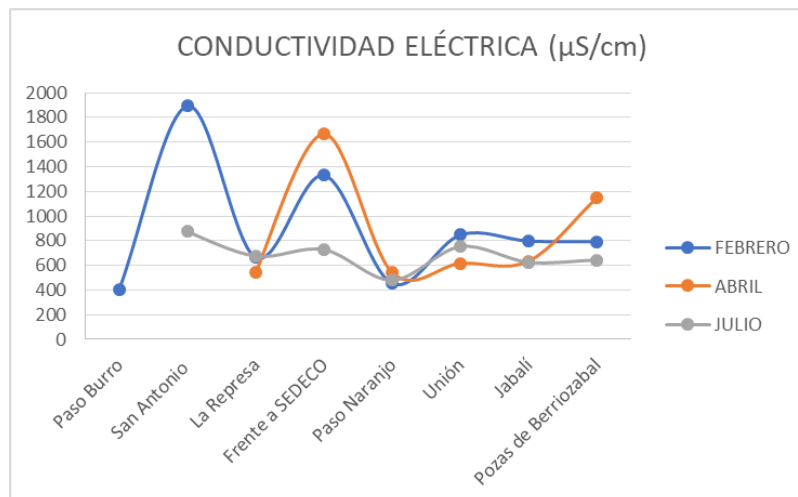
menor al límite de detección del método en los sitios denominado **Paso Burro, La Represa y Paso Naranja** en el primer muestreo.

#### 4.1.11 Conductividad Eléctrica

SITIOS DE MUESTREO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
<b>Paso Burro</b>	404.33	NR	NR
<b>San Antonio</b>	1892.33	NR	873.33
<b>La Represa</b>	664.33	547	675
<b>Frente a SEDECO</b>	1330.67	1665.67	728.33
<b>Paso Naranja</b>	453	542.33	480.67
<b>Unión</b>	847.33	617	752.67
<b>Jabalí</b>	797.67	634.67	626
<b>Pozas de Berriozábal</b>	793.67	1148.33	644.67

Tabla 14.- Conductividad Eléctrica

\*NR= No registrado



Gráfica 11.- Conductividad Eléctrica

La conductividad varía en función de la fuente de agua: agua subterránea, agua de escorrentía de la agricultura, aguas residuales municipales y precipitación. Por lo tanto, la conductividad puede ser un indicador de filtración en agua subterránea o de fugas de aguas residuales.

En la gráfica 11 podemos observar el comportamiento de la conductividad eléctrica en los diferentes muestreos que se realizaron. Los valores más altos y más bajos obtenidos en dichos muestreos fueron de 1892.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 404.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente, siendo el sitio de muestreo denominado "**San Antonio**" el de mayor concentración y el sitio denominado "**Paso Naranja**" el de menor concentración.

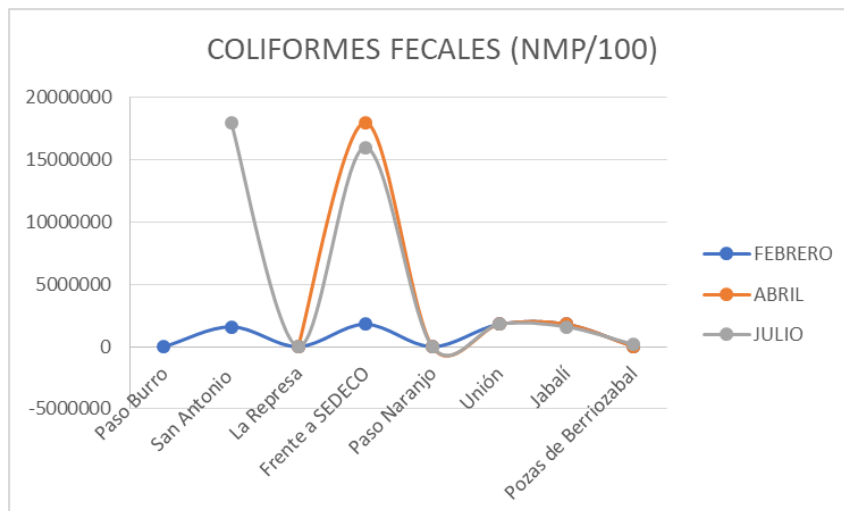
La conductividad eléctrica depende de la cantidad de sales disueltas presentes en el líquido, por lo que, mientras más sales se encuentren disueltas en el agua, la conductividad será mayor. Por lo que va relacionada con la cantidad de Sólidos Disueltos Totales y se observa alta similitud en ambas gráficas.

#### 4.1.12 Coliformes Fecales

SITIOS DE MUESTREO	COLIFORMES FECALES		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
Paso Burro	800	NR	NR
San Antonio	1600000	NR	≥18000000
La Represa	7900	200	836
Frente a SEDECO	≥1800000	≥18000000	16000000
Paso Naranja	<200	10909	1700
Unión	≥1800000	≥1800000	≥1800000
Jabalí	≥1800000	≥1800000	1600000
Pozas de Berriozábal	22000	7900	≥180000

Tabla 15.- Coliformes Fecales

\*NR= No Registrado



Gráfica 12.- Coliformes Fecales

Se puede observar que el primer muestreo en el mes de febrero existe una mayor linealidad en los datos, sin embargo, presenta únicamente con dos lugares que cumplen con el rango establecido en los límites máximos permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-1996 (1000NPM/100), los lugares denominados como **Paso Naranja** y

**Paso Burro.** En el segundo muestreo la única que cumple con los parámetros establecidos es el lugar de la **Represa** y en el último muestreo tanto la **Represa** como **Paso Naranja** cumplen con los rangos establecidos.

Los valores más altos son  $>18000000$  NPM/100 en San Antonio y frente a SEDECO en el segundo y tercer muestreo, el valor más bajo que se reporta es  $<200$  NPM/100 en el sitio denominado Paso Naranja en el primer muestreo.

Todos los valores resaltados en rojo en la tabla 15 fueron los que rebasaron los límites máximos permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-1996 para dicho parámetro.

Esta variable resultó la más desfavorable al evaluar el grado de contaminación de las aguas de la cuenca alta del río Sabinal. Esto implica un riesgo de infección por estos organismos para la población expuesta a los sedimentos secos y suspendidos en el aire. Los gérmenes patógenos como los coliformes fecales, habitualmente transmitidos por el agua, viven en animales de sangre caliente e influyen directamente en la contaminación del agua. Los coliformes fecales están profusamente distribuidos en la naturaleza, por lo que no debe llamar la atención el que todas las aguas naturales contengan una variedad relativamente grande. Algunas de ellas son saprofitas procedentes del suelo, otras pueden ser parásitas. Aun las bacterias patógenas pueden encontrarse en el agua debido a la contaminación (Álvarez y col; 2008).

#### 4.1.13 Materia Flotante

SITIOS DE MUESTREO	MATERIA FLOTANTE		
	FEBRERO	ABRIL	JULIO
Paso Burro	NR	NR	NR
San Antonio	NR	NR	AUSENTE
La Represa	NR	AUSENTE	AUSENTE
Frente a SEDECO	NR	PRESENTE	AUSENTE
Paso Naranja	NR	AUSENTE	AUSENTE
Unión	NR	AUSENTE	PRESENTE
Jabalí	NR	PRESENTE	AUSENTE
Pozas de Berriozábal	NR	AUSENTE	AUSENTE

Tabla 16.- Materia Flotante

\*NR= No Registrado

Para fines de norma, las aguas residuales se evalúan con una malla de 0,3 mm de abertura y se declara presente si se encuentra cualquier partícula retenida, por insignificante que parezca. Esta norma mexicana de descarga de aguas establece que la materia flotante deberá estar ausente.

De acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 no debe presentarse materia flotante, por lo que en el segundo muestreo los sitios denominados como La Represa y Unión no cumplen con lo establecido, y en el último muestreo únicamente el sitio denominado Unión no cumple con los límites.

## 4.2 Actividades realizadas en la empresa

### 4.2.1 Semana de capacitación

- Conocer las instalaciones del laboratorio de monitoreo, así como también, las áreas con las que cuenta, las cuales son: área de pesado, cuarto de calor, área

de microbiología, área de fisicoquímica, área de absorción atómica y el área de cromatografía.

- Identificar el lugar perteneciente de todo el material de laboratorio que se emplea para realizar los análisis.
- Introducción al uso y calibración de los equipos de medición como pH-metros, espectrofotómetros, turbidímetro, balanzas analíticas, medidores de oxígeno disuelto.
- Observar y tomar notas sobre las prácticas que se llevan a cabo para analizar los parámetros fisicoquímicos del agua.

#### 4.2.2 Actividades previas a la residencia

- Redactar y enviar un correo preguntando si había vacantes disponibles para la prestación de mi Residencia Profesional.
- Ponerme en contacto con la encargada del área y tener autorización para solicitar a la escuela realizar la Residencia.
- Llenar formatos del proyecto y datos de la empresa para solicitar mi carta de presentación a la escuela.
- Con la carta de presentación realizar los trámites correspondientes en la empresa llevando comprobante de domicilio, copia del INE, solicitud de residencia, para la realización de la carta de aceptación.

#### 4.2.3 Actividades durante la residencia profesional

- Preparación de reactivos o soluciones, estándares para los parámetros correspondientes.
- Apoyo en la realización de en la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la determinación de Nitratos en el agua

- Poner material a peso constante con o sin muestra (crisoles, cápsulas y matraces), pesándolos constantemente y llevándolos al horno, hasta que exista una diferencia de  $\pm 0.0005$  que estipula la norma técnica.
- Apoyo a la toma de datos
- Lavar y acondicionar material para los diferentes parámetros
- Realizar valoraciones para el análisis de fósforo total en aguas
- Apoyo en la toma de datos para la determinación de pH, turbiedad, conductividad, demanda química de oxígeno.
- Análisis de sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales.
- Montaje del equipo soxhlet para la determinación de grasas y aceites
- Realización de gráficas de tendencias que indican el comportamiento de los parámetros estudiados en los diferentes muestreos
- Realización y redacción del reporte del proyecto.
- Realización del informe final

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1 Conclusiones del proyecto

De manera general, de acuerdo a la información obtenida en esta caracterización de la cuenca alta del río Sabinal, el sitio denominado frente al SEDECO es el más impactado debido a posibles descargas cercanas del lugar.

La temperatura y el pH presentaron valores promedios normales, lo cual es fundamental ya que contribuye al mantenimiento de la fauna y flora de los cuerpos de agua y reduce el potencial tóxico de ciertas sustancias.

Los sólidos disueltos totales demostraron valores permisibles indicando que la calidad de agua es óptima para consumo humano y garantiza el crecimiento y reproducción de organismos acuáticos.

La conductividad varía en función de la fuente de agua, por lo tanto, la conductividad puede ser un indicador de filtración en agua subterránea o de fugas de aguas residuales.

La turbiedad se relaciona con los sólidos suspendidos totales, el comportamiento de la turbiedad fue que se obtuvieron valores más altos en los primeros dos muestreos, siendo el último el que presenta mejores resultados.

El fósforo total nos indica la presencia de fertilizantes o detergentes.

Los altos niveles de Coliformes fecales indican el lamentable estado de ciertos puntos de la cuenta, puede relacionarse a la existencia de vertimientos de aguas residuales y nos indica que no es apta para su uso ni consumo.

De acuerdo al análisis de resultados nos damos cuenta que existe una similitud entre el comportamiento de los muestreos, se pudo identificar que en la temporada de lluvias (tercer muestreo) la calidad del agua aumenta a comparación de la época de sequía en la cual se realizaron los primeros dos muestreos, el tercer muestreo presenta más valores dentro de los rangos que las normas nos indican para garantizar que el agua sea apta para uso y consumo humano, así como también, garantizar la protección de



la vida acuática. En la época que la calidad del agua se encuentra más comprometida es en la de estiaje en el mes de febrero.

La detección de concentraciones elevadas de coliformes fecales podría deberse a la carencia de servicios sanitarios y drenaje, lo que está deteriorando la calidad del agua de la cuenca alta del río Sabinal. Otra causa también podría ser el incumplimiento de las normas en la construcción y en la protección de los pozos.

Por lo que podemos concluir que la tendencia de calidad del agua de la cuenca del río aumenta o disminuye dependiendo la temporada del año, las condiciones sociodemográficas, factores ambientales y ubicación geográfica. El uso principal de este recurso en la región es principalmente de uso secundario como, riego agrícola, excepto en sitios donde los parámetros estuvieron dentro de lo permisible, cuyo uso podría ser considerado como primario.

## 5.2 Recomendaciones

Los anteriores resultados y conclusiones nos permiten hacer las siguientes recomendaciones:

- Las aguas analizadas ubicadas dentro del área del proyecto presentan contaminación orgánica. La principal fuente orgánica es provocada por la descarga de aguas residuales sin tratar, por lo que es necesario aumentar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales con el fin de disminuir la contaminación para procurar la flora y la fauna del lugar.
- Disminuir la cantidad de fosfatos en los desechos, usando detergentes con baja proporción de fosfatos o empleando menor cantidad de detergentes y fertilizantes en áreas de cultivo.
- Se debe evitar la construcción de diques o presas que puedan reducir el flujo y así favorecer los procesos de depuración natural del río.

### 5.3 Experiencia personal adquirida

A pesar de vivir en un Estado que cuenta con muchos recursos naturales dentro de los cuales se encuentran ríos y lagos, que debemos cuidar el agua y lo relacionamos únicamente a la cantidad existente; el estar en el laboratorio me permitió darme cuenta la importancia que tiene nuestro medio ambiente y lo importante que es frenar el impacto negativo que le proporcionamos a nuestros cuerpos hídricos.

La experiencia que me dejó realizar mi residencia profesional en esta institución fue darme cuenta de la importancia no solamente de la cantidad sino más bien la gran importancia de la calidad del agua, la calidad del agua será fundamental para la vida humana y para la conservación de la flora y la fauna.

Lo indispensable que es el tratamiento de aguas residuales. El análisis de las aguas residuales, aguas residuales tratadas, aguas naturales, aguas potables, entre otros.

Hacer conciencia sobre la importancia de la calidad del agua y por tanto el seguimiento que debe darse. Darme cuenta que un mismo río puede tener agua de buena calidad en un punto donde pasa y ser potencialmente dañina en otro punto, el seguimiento al caudal determinará las acciones a seguir para poder preservar los recursos que tenemos y aprovechar de ellos lo mejor.

La experiencia dentro del laboratorio de monitoreo ambiental ha sido muy relevante en mi vida profesional debido a que me permitieron desarrollarme y poner en práctica lo que he aprendido en la escuela y con ello reforzar mi aprendizaje, de tal forma mi formación ha sido completa, ya que la experiencia del personal de laboratorio es indiscutible que además nos transmiten sus conocimientos.

## 6. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Las competencias desarrolladas al realizar mi residencia profesional en esta institución son:

- Conocimiento en los análisis de aguas, incluyendo parámetros fisicoquímicos como los análisis de nitratos, fosforo total, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, turbiedad, pH, análisis de suelos.
- Importancia del trabajo en equipo, las muestras obtenidas en diferentes puntos del río y el análisis realizado es parte de un equipo responsable y comprometido con el trabajo.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la escuela y traducirlos a un ambiente laboral fue posible gracias al apoyo del personal del Laboratorio que me asesoró y estuvo siempre en la mejor disponibilidad de enseñar.
- Crecimiento y organización al momento de trabajar y prestar mis servicios de Residencia Profesional.
- Desarrollo de la habilidad en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación

## 7. FUENTES DE INFORMACIÓN

- Álvarez, J. P. A., Panta, J. E. R., & Ayala, C. R. (2008). *Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac Integral Quality of Surface Water in Rio Amajac Watershed*. 21–32. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3975it.07>
- Bellos, D., & Sawidis, T. (2005). Chemical pollution monitoring of the River Pinios (Thessalia—Greece). *Journal of Environmental Management*, 76(4), 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.01.027>
- Casilla Quispe, S. (2014). Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez. *Universidad Nacional del Antiplano*, 129.
- CONAGUA. (2009). *Plan de emergencia de inundacion. Corrientes problemáticas: río sabinal, estado de Chiapas*. 1, 66. <http://proteccioncivil.chiapas.gob.mx/documentos/DOC02131109.pdf>
- Folleto Informativo. (2013). Conductividad Eléctrica/Salinidad. 3.1.3.0, 4. [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf)
- Gualdrón Durán, L. E. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica ambiental*, 1, 83–102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- HANNA. (2020). *Oxígeno Disuelto*. <https://hannachile.com/oxigeno-disuelto>
- INDUANALISIS. (2019). *DBO y DQO*. [https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo\\_y\\_dqo\\_31#:~:text=La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua.&text=Por otra parte%2C la DQO,más contaminada está el agua.](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31#:~:text=La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua.&text=Por otra parte%2C la DQO,más contaminada está el agua.)
- INDUANALISIS. (2020). *Turbidez*. [https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/turbidez\\_28](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/turbidez_28)
- INEGI. (2010). *Informe Anual Sobre La Situación de Pobreza y Rezago Social Informe Anual*

*Sobre La Situación de Pobreza y Rezago Social.*  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/32802/Chiapas\\_012.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/32802/Chiapas_012.pdf)

LENNTECH. (2020). *Oxígeno Disuelto.*

Metropolitana. (2015). *Programa Regional de Desarrollo.* 0–53.

MICROLAB. (2021). *Sólidos Suspendidos Totales.*  
<https://www.microlabindustrial.com/parametros/propiedades-agregadas/575/solidos-suspendidos-totales>

Morán. (2014). Evaluación Ambiental de la Calidad del agua del rio Santa Rosa. *Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil,* 1–144.

NATURALISTA. (2017). *Berriozábal.* <https://www.naturalista.mx/places/wikipedia/Berriozabal>

Orenda. (2020). *Sólidos Disueltos Totales.* <https://blog.orendatech.com/blog-espanol/entendiendo-0solidos-disueltos-totales>

Park, S. S., & Lee, Y. S. (2002). A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea. *Ecological Modelling,* 152(1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00489-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00489-6)

Ramos Ortega, L. M., Vidal, L. A., & Vilardy, S. (2008). *ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA ( COLIFORMES TOTALES Y FECALES ) EN LA BAHÍA DE SANTA MARTA , CARIBE COLOMBIANO Analysis Of The Microbiological Contamination ( Total And Fecales Coliforms ) In The Bay Of Santa Marta , Colombian Caribbean.* 13(3), 87–98.

Sabinal, C. de cuenca alta del rio. (2019). *Berriozabal.* <http://berriozabal.gob.mx/conoce-berriozabal/>

SEMARNAT. (2009). *Compendio de Estadísticas Ambientales.*  
[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2009/compendio\\_2009/10.100.8.236\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet28b9.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2009/compendio_2009/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet28b9.html)

Spark, W. (2020). *Berriozabal.* <https://es.weatherspark.com/y/9999/Clima-promedio-en-Berriozabal-México-durante-todo-el-año>

Suarez, D., Carpio, M., & Duque, M. (2007). Fósforo Total En Agua Por Digestion Acida, Método Del Acido Ascorbico. *Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales*, 008(32), 1–10.  
[http://www.fing.edu.uy/imfia/cursos/hidrometria/material/Guia\\_de\\_Monitoreo.pdf](http://www.fing.edu.uy/imfia/cursos/hidrometria/material/Guia_de_Monitoreo.pdf)

Swistock, B. (2007). *Nitrato en el Agua Potable*. 214.

Urbietta Estudillo, M. L. (2018). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones, Berriozabal*.  
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07012a.html>

#### NORMAS CONSULTADAS

NOM-001-SEMARNAT-1996 *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.*

NOM-127-SSA1-1994, *Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.*

NOM-021-RECNAT-2000- *Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.*

NMX-AA-003-1980 *Aguas residuales - Muestreo*

NMX-AA-093-SCFI-2000 *Análisis de agua. -determinación de la conductividad electrolítica. - Método de prueba.*

NMX-AA-012-SCFI-2001 *Análisis de agua. -determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. - Método de prueba.*

NMX-AA-008-SCFI-2000 *Análisis de agua. -determinación del pH- Método de prueba.*

NMX-AA-034-SCFI-2001 *Análisis de agua. - determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. - Método de prueba.*

NMX-AA-007-SCFI-2001 *Análisis de agua. - determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba.*

NMX-AA-028-SCFI-2001 *Análisis de agua. - determinación de demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO5) y residuales tratadas. - Método de prueba.*

NMX-AA-029-SCFI-2001 *Análisis de agua. - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. - Método de prueba.*

NMX-AA-099-SCFI-2001 *Análisis de agua – determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales y residuales – métodos de prueba*

NMX-AA-042-1987 *Calidad del agua - determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales.*

## 8. ANEXOS

Fotografías de algunas prácticas realizadas en el laboratorio para el análisis de parámetros fisicoquímicos del agua.

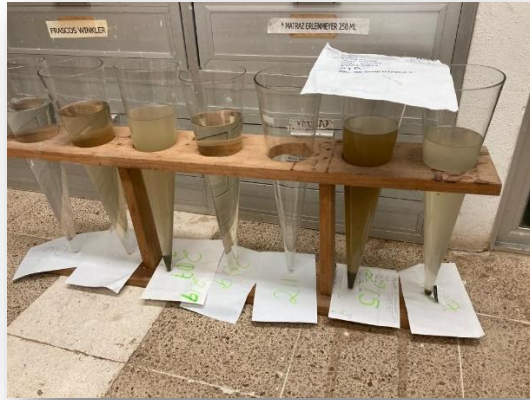


*Figura 15.- Análisis para la determinación de fósforo total*



*Figura 16.- Análisis para la determinación de grasas y aceites*





*Figura 17.- Análisis para la cuantificación de los sólidos sedimentables que presentan mayormente las aguas residuales*