



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL DE  
MÉXICO, CAMPUS TUXTLA GUTIERREZ**

***EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA  
RESERVA DE LA BIOSFERA SELVA EL OCOTE.***

**REPORTE FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL QUE PRESENTAN:**

**ERIC ANDRÉS PLATA FERNÁNDEZ**

**KARLA MARITZA VELASCO HERNÁNDEZ**

**REQUISITO PARA ACREDITAR LA RESIDENCIA PROFESIONAL DE LA  
LICENCIATURA EN:**

**INGENIERÍA QUÍMICA**

**ASESOR INTERNO**

**ING. RENÉ CUESTA DÍAZ**

**ASESOR EXTERNO**

**ING. YAZMÍN ELITH COLADO ALTAMIRANO**

**REVISORES:**

**ING. ROCÍO FARRERA ALCAZAR**

**ING. ABIEL GARZA LOPEZ**

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS. 2023**

## I. AGRADECIMIENTOS

---

A mis padres.

“Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amados padres, como una meta más conquistada. Orgullosa de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante. Gracias por ser quienes son y por creer en mí”

A la SEMAHN.

Sin ustedes y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Sus consejos fueron siempre útiles cuando no salían de mi pensamiento las ideas para escribir lo que hoy he logrado. Ustedes formaron parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que los caracterizan. Muchas gracias por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones”

A los docentes

“Sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes mis profesores queridos, les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mí transitar profesional. Su semilla de conocimientos, germinó en el alma y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.”

A mis compañeros:

“Mis amigos y compañeros de viaje, hoy culminan esta maravillosa aventura y no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación. Hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de vida y no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí.”

## II. RESUMEN

---

En el presente proyecto se realizó el estudio de la calidad del agua en la “Reserva de la Biosfera Selva el Ocote”, para ello se llevó a cabo un monitoreo en 3 diferentes temporadas a los distintos puntos que previamente fueron geo-referenciados, en el cual se analizaron parámetros de campo, físico-químicos y microbiológicos. Los resultados dados se compararon con la normatividad vigente y se calculó el índice de calidad de agua de los sitios para así obtener su respectiva clasificación dentro de las categorías que esta tiene, estableciendo una línea base de esta reserva para que en futuras investigaciones sea posible comparar el impacto ambiental con respecto al paso de tiempo.

Palabras clave: Calidad del agua, norma, fisicoquímica, microbiología, análisis.

### **Abstract.**

In this project, a study of the water quality in the " Reserva de la Biosfera Selva el Ocote " was carried out in 3 different seasons at different points that were previously geo-referenced, in which field, physical-chemical and microbiological parameters were analyzed. The results were compared with current regulations and the water quality index of the sites was calculated in order to obtain their respective classification within their categories, establishing a baseline for this reserve so that in future research it will be possible to compare the environmental impact with respect to the passage of time.

Key words: Water quality, standard, physicochemistry, microbiology, analysis.

### III. ÍNDICES

#### ÍNDICE GENERAL

I. AGRADECIMIENTOS .....	2
II. RESUMEN .....	3
IV. INTRODUCCION .....	10
V. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	11
VI. PROBLEMAS A RESOLVER .....	13
VI.1 ¿POR QUÉ SURGIÓ LA IDEA DE REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTA REGIÓN? .....	13
VI.2. ¿CUÁLES SON LOS PROBLEMAS A RESOLVER? .....	14
VII. OBJETIVOS .....	14
VII.1 OBJETIVO GENERAL .....	14
VII.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
VIII. JUSTIFICACIÓN .....	15
IX. MARCO TEÓRICO .....	16
IX.1 DESCRIPCION DEL ÁREA .....	16
IX.1.1 ANTECEDENTES .....	16
IX.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA. ....	18
IX.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	20
IX.2.1. FISIOGRAFÍA .....	20
IX.2.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....	22
IX.2.3. CLIMA .....	24
IX.2.4. HIDROLOGÍA .....	25
IX.2.5. EDAFOLOGÍA .....	26
IX.3. CARACTERÍSTICAS SOCIALES .....	28
IX.3.1. POBLACIÓN .....	28
IX.3.2. SERVICIOS .....	30
IX.3.3. USO DEL SUELO .....	30
IX.3.4. INFRAESTRUCTURA .....	30
IX.4. CALIDAD DE AGUA .....	31
IX.4.1. ¿CÓMO ELEGIR EL SITIO DE MUESTREO? .....	31
IX.4.2. ¿QUÉ SIGNIFICA “CALIDAD DEL AGUA”? .....	32
IX.4.3. ¿QUÉ ES UN MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA? .....	33
IX.4.4. ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE MONITOREAR LA CALIDAD DEL AGUA? .....	34
IX.5. FACTORES FÍSICOS .....	34
IX.5.1. TEMPERATURA .....	34
IX.5.2. CONDUCTIVIDAD .....	34
IX.5.3. OXÍGENO DISUELTO .....	35
IX.5.4. TURBIEDAD .....	35
IX.5.5. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) .....	35
IX.5.6. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT) .....	36
IX.5.7. SÓLIDOS DISUELTOS (SD) .....	36
IX.6. PARÁMETROS QUÍMICOS .....	36

IX.6.1. PH .....	36
IX.6.2. NITRATOS .....	37
IX.6.3. FÓSFORO .....	37
IX.6.4. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO).....	37
IX.6.5. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) .....	37
IX.7. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS .....	38
IX.7.1. COLIFORMES FECALES.....	38
IX.8. INDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	38
IX.8.1 ICA .....	38
IX.8.2.. INDICADORES UTILIZADOS POR CONAGUA.....	40
X. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS....	42
X.1 MONITOREO Y ANÁLISIS DE AGUA.....	42
X.1.1. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO .....	42
X.1.2. MUESTREO .....	43
X.1.3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS .....	43
X.2. EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA.....	45
XI. RESULTADOS .....	46
XI.1. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE PARÁMETROS DE CAMPO.....	47
XI.1.1 TEMPERATURA DEL AGUA .....	47
XI.1.2 PH .....	49
XI.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	51
XI.1.4. OXÍGENO DISUELTO .....	53
XI.1.5. MATERIA FLOTANTE .....	55
XI.2. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS....	56
XI.2.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.....	56
XI.2.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO .....	59
XI.2.3.NITRATOS .....	61
XI.2.4. FÓSFORO .....	63
XI.2.5. TURBIEDAD .....	65
XI.2.6. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES .....	67
XI.2.7. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES .....	69
XI.3. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	72
XI.3.1. COLIFORMES FECALES.....	72
XI.4. RESULTADOS Y DISCUSIONES DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA ..	74
XII. ACTIVIDADES SOCIALES REALIZADAS EN LA EMPRESA O INSTITUCIÓN (SI ES EL CASO) .....	77
XIII. CONCLUSIONES DE PROYECTO, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA PERSONAL ADQUIRIDA .....	84
XIII.1 CONCLUSIONES .....	84
XIII.1.1 SITIOS DEL RÍO .....	84
XIII.1.2. FUENTES DE ABASTECIMIENTO.....	85
XIII.2. RECOMENDACIONES.....	86
XIII.3. EXPERIENCIA PERSONAL ADQUIRIDA .....	86
XIII.3.1 SALIDAS DE CAMPO .....	86
XIII.3.2. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS .....	88
XIII.3.3. PARAMETRO MICROBIOLÓGICO .....	90
XIV. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.....	91

XV. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	92
XVI. ANEXOS (CARTA DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN PARA LA TITULACIÓN U OTRO SI ES NECESARIO).....	96
XVI.1. ANEXO FOTOGRAFICO .....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DECRETO DE ÁREA NATURAL PROTEGIDA .....	17
TABLA 2. DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE LAS CUENCAS POR ALTITUD ....	32
TABLA 3. USOS DEL AGUA SEGÚN SU ICA .....	39
TABLA 4. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO. ...	42
TABLA 5. MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CAMPO.....	43
TABLA 6. NORMAS TÉCNICAS CORRESPONDIENTES A CADA PARÁMETRO ...	44
TABLA 8. NORMAS UTILIZADAS PARA LA COMPARACIÓN DE RESULTADOS	45
TABLA 9. ESCALA DE CLASIFICACIÓN DEL ICA SEGÚN EL CRITERIO GENERAL .....	46
TABLA 10. RESULTADOS DE TEMPERATURA DEL AGUA (°C) OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE ...	47
TABLA 11. RESULTADOS DE PH OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE .....	49
TABLA 12. RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ( $\mu\text{S}/\text{CM}$ ) OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE .....	51
TABLA 13. RESULTADOS DE OXÍGENO DISUELT OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE .....	53
TABLA 14. RESULTADOS DE MATERIA FLOTANTE OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE .....	55
TABLA 15. RESULTADOS DE DBO5 OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE .....	56
TABLA 16. RESULTADOS DE DQO OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE .....	59
TABLA 17. RESULTADOS DE NITRATOS (COMO $\text{N}_3$ ) (MG/L) OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE.....	61
TABLA 18. RESULTADOS DE FÓSFORO TOTAL (MG/L) OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE.....	63

TABLA 19. RESULTADOS DE TURBIEDAD OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE .....	65
TABLA 20. RESULTADOS DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE ...	67
TABLA 21. RESULTADOS DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE ...	69
TABLA 22. RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES (NMP/100 ML) OBTENIDOS EN LOS SITIOS MONITOREADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL OCOTE .....	72
TABLA 23. ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA .....	74

## ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. MAPA DE LA RESERVA DEL OCOTE.....	19
IMAGEN 2. LÍMITES DEL POLÍGONO DE LA RESERVA DEL OCOTE .....	19
IMAGEN 3. REGIONES FISIAGRÁFICAS DEL ESTADO DE CHIAPAS.....	21
IMAGEN 4. IMAGEN DE LA REGIÓN MONTAÑOSA.....	22
IMAGEN 5. DEPRESIÓN CENTRAL DE LA RESERVA DEL OCOTE.....	23
IMAGEN 6. LA CIMA DE LAS COTORRAS O COPAL .....	24
IMAGEN 7. MAPA DE CLIMAS EN EL ESTADO .....	25
IMAGEN 8. HIDROLOGÍA DE CHIAPAS.....	26
IMAGEN 9. EDAFOLOGÍA DEL ESTADO DE CHIAPAS .....	27
IMAGEN 10. LÍMITES DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA SELVA EL OCOTE ....	27
IMAGEN 11. ZONIFICACIÓN DE LA SELVA DEL OCOTE.....	29
IMAGEN 12. MAPA REGIÓN SIERRA Y COSTA DE CHIAPAS. DIVISIÓN DEL SITIO DE MUESTREO. ....	31
IMAGEN 13. PUNTOS DE MUESTREO.....	42

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. TEMPERATURA DEL AGUA.....	48
GRÁFICA 2. PH .....	50
GRÁFICA 3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA .....	52
GRÁFICA 4. OXÍGENO DISUELTO.....	54
GRÁFICA 5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO .....	57
GRÁFICA 6. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO .....	59
GRÁFICA 7. NITRATOS.....	62
GRÁFICA 8. FÓSFORO TOTAL .....	64
GRÁFICA 9. TURBIEDAD.....	65
GRÁFICA 10. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES. ....	67
GRÁFICA 11. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.....	69
GRÁFICA 12. COLIFORMES FECALES .....	73
GRÁFICA 13. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA .....	75
GRÁFICA 14. PROMEDIO DE ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA .....	76

#### IV. INTRODUCCION

---

El agua es un elemento de la naturaleza que integra los ecosistemas naturales, el cual es una parte fundamental dentro de estos para el sostenimiento y la supervivencia de la vida en todo el planeta, por lo que es imprescindible para mantener un equilibrio y así conservar la biodiversidad, ya que la escasez de este mismo da como resultado una alteración dentro del ecosistema.

Los ríos forman parte de importantes ecosistemas en la tierra, representan una gran fuente de agua dulce para los seres vivos y están rodeados del hábitat de muchos seres vivos, siendo estos los guardianes de una gran biodiversidad que presenta elementos como plantas, animales, bacterias y hongos por lo que deben ser protegidos de la contaminación y de las alteraciones que puedan ser generadas antropológicamente y/o naturalmente que puedan afectarlos de manera negativa. Existen muchas reservas naturales que están protegidas por la Unesco y que se desarrollan alrededor de los ríos; una de estas reservas se encuentra en México, concretamente en el estado de Chiapas y lleva por nombre La Reserva de la Biosfera Selva El Ocote.

Pese a la importancia que “La Reserva de la Biosfera Selva El Ocote” tiene, no se libra de enfrentar problemas como lo es el deterioro de ecosistemas. Al existir un conflicto ambiental provocado por los procesos de erosión del suelo, extinción de especies y pérdida de ecosistemas, estos efectos ambientales traen consigo como consecuencia efectos negativos a la economía regional, y a los cuerpos hídricos.

El cuerpo hídrico más importante que se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote es el Río La Venta, puesto que una de sus principales funciones es ser el colector hidrogeológico de toda el área, capaz de digerir casi 20 m<sup>3</sup>/s. Por su importancia para la reserva es necesaria su conservación. Diversos ríos como el San Andrés y Cintalapa provienen de la vertiente norte de la Sierra Madre, estos atraviesan los Valles de los Municipios de Jiquipilas y Cintalapa reuniéndose para formar el río La Venta, al cual se le une posteriormente el río Negro y este conjunto de agua es vertido en la presa Netzahualcoyotl.

Para esto se requiere la determinación de la calidad del agua perteneciente al Río La Venta y Río Negro, es necesario hacer análisis fisicoquímicos y microbiológicos de dicho cuerpo de agua. Por lo que se llevó a cabo un monitoreo en 3 diferentes temporadas a los distintos puntos que previamente fueron geo-referenciados. Los resultados dados se compararon con la normatividad vigente y se calculó el índice de calidad de agua de los sitios para así obtener su respectiva clasificación dentro de las categorías que esta tiene.

## V. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

---

La Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN), 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.

### **MISIÓN.**

Impulsar políticas que permitan la conservación y mejoramiento del ambiente y el desarrollo sustentable mediante programas y acciones orientadas al conocimiento de la biodiversidad y fortalecimiento de las capacidades técnicas locales que permitan garantizar los satisfactores básicos, mejorando la calidad de vida de los chiapanecos.

### **VISIÓN.**

Ser la Dependencia líder en la instrumentación de las políticas públicas y estrategias que garantiza la conservación del patrimonio natural y sostenibilidad del medio ambiente, con la gestión participativa y comprometida de la sociedad.

### **¿QUÉ HACE?**

- I. Fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas, recursos naturales, bienes y servicios ambientales de la Entidad, en coordinación con las instancias competentes y en los asuntos no reservados a la Federación, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable.
- II. Promover la creación, y en su caso administrar u operar, parques, reservas, corredores biológicos y áreas naturales que aseguren la permanencia de las regiones prioritarias para la conservación de la flora y fauna, así como la producción de bienes y servicios ambientales en beneficio de la sociedad.
- III. Programar y coordinarse con las instancias federales, estatales y municipales, en la realización de acciones orientadas a prevenir, restaurar el daño y evitar la destrucción

de los recursos naturales y el medio ambiente del Estado, así como coadyuvar con éstas en la vigilancia y cumplimiento de las leyes sobre la materia.

- IV. Realizar los actos jurídicos relacionados con la protección al medio ambiente, representando al Estado ante las instancias competentes, para denunciar los hechos sancionados como delitos a nivel estatal, así como ejercer las acciones necesarias ante las autoridades administrativas y judiciales, para lograr una eficaz impartición de justicia ambiental en el ámbito local, además de ejercer los actos de autoridad en materia de inspección y vigilancia en recursos naturales y medio ambiente en la Entidad.
- V. Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental, de competencia estatal y de los proyectos de desarrollo que presente al sector público, social y privado, además de resolver sobre los estudios de riesgo ambiental no reservados a la federación y a los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica o que afecten al medio ambiente.
- VI. Establecer, medidas pertinentes para la regulación del manejo y disposición final de las descargas de aguas residuales, residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como de emisiones atmosféricas, emitiendo para estas últimas las licencias de funcionamiento correspondientes en el ámbito estatal y con relación a aquellas acciones no reservadas a la Federación.
- VII. Participar en la elaboración de las declaraciones de usos, destino, reservas territoriales que se expidan en el Estado, con la finalidad de preservar las áreas verdes de los centros de población y establecer zonas de salvaguarda, en coordinación con los Municipios y de conformidad con las leyes de la materia y vigilar su cumplimiento.
- VIII. Llevar a cabo con la participación de las comunidades de la Entidad, programas para la protección, conservación, mejoramiento y rehabilitación del patrimonio histórico de los pueblos del Estado de Chiapas, a efecto de fortalecer la identidad e imagen de los mismos.
- IX. Llevar un registro general de los Programas de Vivienda y Medio Ambiente, que se efectúen en el Estado, para su difusión, consulta pública y control.
- X. Promover la participación de los sectores social y privado, en la formulación, ejecución, evaluación, actualización, modificación y vigilancia de los programas relativos a vivienda, ordenamiento ecológico y territorial, y medio ambiente.

## VI. PROBLEMAS A RESOLVER

---

### VI.1. ¿POR QUÉ SURGIÓ LA IDEA DE REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTA REGIÓN?

Este tema surge porque en su carácter de Reserva de la Biósfera integra en su territorio comunidades humanas que se dedican a diferentes sistemas de producción agropecuaria para su autoconsumo y como medio de vida, esto conlleva el uso de diferentes prácticas e insumos que nos son sustentables y que pueden generar contaminación en diferentes cuerpos de agua, por esta razón como reserva se tiene el compromiso de evaluar la calidad del agua que usan principalmente la fauna y en este sentido se buscó la colaboración de la Secretaria del Medio Ambiente e Historia Nacional (SEMAHN) para poder realizar los análisis dentro de los laboratorios de microbiología y fisicoquímica.

### VI.2. ¿CUÁLES SON LOS PROBLEMAS A RESOLVER?

Aun nos encontramos en etapa de diagnóstico, ya que es el primer año en el cual se realiza un monitoreo ambiental para poder evaluar la calidad del agua en diferentes puntos a lo largo del río La Venta y un sitio en el Río negro, sin embargo con los recorridos que se han realizado en las diferentes campañas de monitoreo se ha detectado áreas de ganadería muy cercanas a las márgenes del río y en algunos de sus aportes, lo que ha correspondido a los resultados de dichos puntos con altos niveles de coliformes fecales que sobre pasan los límites permitidos por los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89 Y la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Por otra parte, se observan descargas de aguas grises en algunos puntos y centros ecoturísticos que hacen uso de los recursos del cañón.

## VII. OBJETIVOS

---

### VII.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua de los principales ríos ubicados dentro de la zona geográfica delimitada por la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, mediante una serie de análisis de laboratorio que nos permitirán así conocer cuantitativamente las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua en estudio, para poder entonces identificar que pueden afectar el aprovechamiento adecuado de este recurso.

### VII.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Geo referenciar los sitios en donde se realizará el muestreo de los principales ríos ubicados en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote.
- Realizar campañas de muestreos en tres periodos durante el año (estiaje, lluvias y escurrimiento) en los sitios previamente geo referenciados,
- Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, empleando las normas técnicas mexicanas.
- Establecer una línea base preliminar de la calidad del agua en función de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- Realizar un diagnóstico de la calidad del agua en función de sus características fisicoquímicas y microbiológicas.

## VIII. JUSTIFICACIÓN

---

La Reserva de la Biosfera Selva El Ocote ubicada en México que se encuentra en el estado de Chiapas es considerada, como una de las áreas de mayor superficie de selva tropical húmeda y otros tipos de vegetación primaria. De acuerdo a lo anterior el área de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote retoma importancia de dimensiones regionales, ya que gracias a su protección es posible contar aún con: servicios ecológicos, germoplasma silvestre, áreas piloto donde se pueden aplicar técnicas a escala real para aproximaciones al desarrollo sustentable y una magnífica representación de los ecosistemas desaparecidos. En sus 101 288-15-12.5 hectáreas de extensión, la selva El Ocote protege uno de los centros de diversidad biológica más importantes de México y el mundo, ya que se encuentra ubicada en una zona de transición de dos provincias neotropicales, que son la pacífquense y la tehuatepequense. (Periódico Oficial, 24 de mayo de 1972).

Su amplia gama de condiciones topográficas y microclimas, son la base para la existencia de varios tipos de vegetación y de comunidades animales. Actualmente la principal función de las áreas protegidas es mantener el ecosistema sin alguna alteración física. Los ríos forman parte importante de los ecosistemas existentes en la reserva el ocote, de ahí la importancia de contar con un estudio preliminar de la calidad del agua y para poder así establecer una línea base de acuerdo al estudio realizado, debido a que en la actualidad se desconoce con exactitud el impacto ambiental que ha ido teniendo el Río La Venta ya que por sus dimensiones se tiene considerado como el río de mayor importancia.

Para poder hacer la determinación de la calidad del agua perteneciente al Río La Venta y Río Negro, es necesaria la caracterización fisicoquímica y microbiológica de dicho cuerpo de agua, y así calcular el índice de la calidad del agua con la finalidad de asignar a cada uno de los sitios monitoreados un valor numérico y clasificarlos, para que, al contar con la información actualizada sobre la calidad del agua de estos sitios, se puedan establecer medidas preventivas si son requeridas.

## IX. MARCO TEÓRICO

### IX.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

#### IX.1.1 ANTECEDENTES

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en la sección II: Tipos y Características de las Áreas Naturales Protegidas Denominación de la Sección reformada DOF 13-12-1996 (reubicada) en el ARTÍCULO 46, declaró inicialmente este lugar como Área Natural Protegida y Típica el 24 de mayo de 1972 por el gobierno del Estado de Chiapas. Diez años después, un 20 de octubre, el entonces presidente de la República Mexicana, José López Portillo la decreta como una Zona Forestal y Fáunica. (Periódico Oficial, 1972).

Años después, en la presidencia de Miguel de la Madrid, la Selva El Ocote fue declarada Reserva de la Biosfera, bajo el encargo de la SEDUE. Con el objetivo de preservar su ecosistema, incluyendo la flora y fauna de la región, así como la cuenca hidrológica del sistema Grijalva.

En 1997 se forma el Instituto Nacional de Ecología, que crea el Programa de Áreas Naturales Protegidas de México, en ese momento la Selva El Ocote es considerada como zona prioritaria de manejo para su conservación. El momento importante en la historia de la Selva El Ocote sucede en el 2000 cuando es declarada legalmente Área Natural Protegida con carácter de Reserva de la Biosfera. (SEMARNAT, 2001).

Los esfuerzos y propuestas por proteger los recursos naturales del área de Reserva de la Biosfera Selva El Ocote inician desde la década de 50's y son realizadas por parte de investigadores como: el Dr. Miguel Álvarez del Toro, el Dr. Faustino Miranda y el Dr. Starker Leopold; a este respecto, Álvarez del Toro (1985) se refirió a la Selva El Ocote como “una selva que siempre debió quedar como una Reserva de vida para la humanidad; sus mismas condiciones naturales así lo demandaban”.

Área natural protegida	Año de Decreto Inicial	Fecha de decreto o de la modificación más reciente	Fecha de publicación del Programa de Manejo	Categoría	Entidad federativa	Superficie total	Superficie terrestre calculada	Ecosistemas
Selva El Ocote	1982	27 de noviembre de 2000	19 de diciembre de 2001	Reserva de la Biósfera	Chiapas	101,288.15	101,288.15	Selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y bosque de pino-encino

Tabla 1. Decreto de Área Natural Protegida

Sin embargo, es hasta el 24 de mayo de 1972 cuando el Gobierno del Estado la decreta como "Área Natural y Típica del Estado de Chiapas Tipo Ecológico Bosque Lluvioso Alto", con una extensión mínima de 10,000 hectáreas (Periódico Oficial, 1972). Posteriormente y como resultado de una serie de solicitudes y gestiones ante diversas instituciones, el 20 de octubre de 1982 se obtiene el reconocimiento federal al declararse el área como Zona de Protección Forestal y Fáunica Selva El Ocote, con una extensión de 48,140 has. Cuando el decreto federal aparece, los límites establecidos son inadecuados, ya que el 40 % de la superficie decretada estaba ocupada por ejidos y pequeñas propiedades, con grandes extensiones de áreas deforestadas.

En 1984, se constituye el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), por medio del cual se propone otorgar a El Ocote la categoría de Reserva Especial de la Biosfera (SEDUE, 1989); sin embargo, cabe mencionar que este sistema no se había consolidado y que la denominación dada a "El Ocote" fue imprecisa y aunque la categoría de manejo estuvo bien justificada, legalmente no fue decretada como "Reserva Especial de la Biosfera".

En 1989 los recursos otorgados por el Gobierno del Estado y The Nature Conservancy (TNC) y la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), el Instituto de Historia Natural (IHN) contratan personal de vigilancia en la zona sureste de la Reserva. Pero es hasta 1997 cuando el sistema federal a través del Instituto Nacional de Ecología publica el Programa de Áreas Naturales Protegidas de México 1995-2000 en el cual, se considera a "la Selva El Ocote" como zona prioritaria de manejo para su conservación. De esta manera el Instituto Nacional de Ecología y en la actualidad la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, administra "la Reserva Selva El Ocote".

En el año 2000 la Selva el Ocote fue re categorizada, primeramente, como Área de Protección de Recursos Naturales y posteriormente como "Reserva de la Biosfera Selva" El Ocote

### IX.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La Reserva de la Biosfera Selva "El Ocote" (REBISO) se localiza ([imagen 1](#)) hacia la porción occidental del territorio chiapaneco, la cual abarca porciones de los Municipios de Ocozocoautla de Espinosa, Cintalapa de Figueroa, Tecpatán de Mezcalapa y Jiquipilas, en el Estado de Chiapas, región socioeconómica Centro del estado; se ubica entre los paralelos 16°45'42" y 17°09'00" de latitud Norte y entre los meridianos 93°54'19" y 93°21'20" de longitud Oeste de Greenwich, con una superficie total de 101, 288-15-12.5 ha (ciento un mil doscientos ochenta y ocho hectáreas quince áreas y doce punto cinco centiáreas) ([imagen 2](#)).



## IX.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

### IX.2.1. FISIOGRAFÍA

El territorio de la REBISO abarca porciones de las regiones fisiográficas: Depresión Central y las Montañas del Norte; hacia su extremo oriental, la Reserva colinda con la prolongación del Bloque o Mesa Central y hacia el norte con el embalse de la presa hidroeléctrica Malpaso.

El paisaje predominante corresponde al de las Montañas Marginales del Norte, constituidas por sierras y serranías de altitud variable entre los 800 y 1500 m.s.n.m., dispuestas con una orientación general con dirección Este–Oeste (Programa de manejo reserva de la biosfera Selva el Ocote).

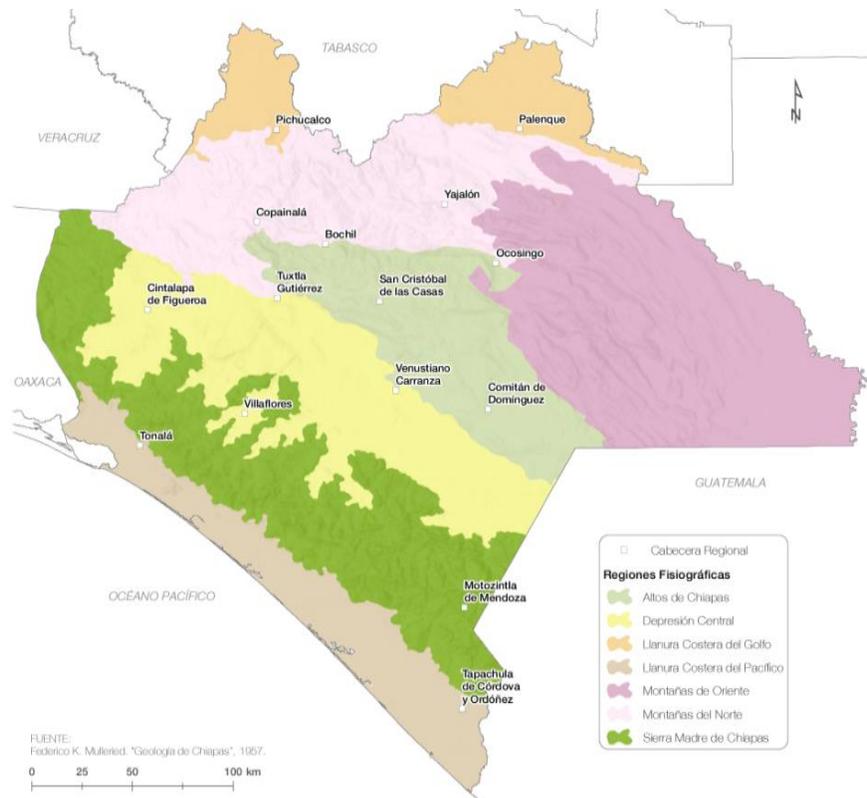
Altitudinalmente, el territorio del área de la Reserva Selva “El Ocote” presenta una variación desde los 180 m.s.n.m. aproximadamente, en el nivel medio del embalse de la Presa Malpaso, hasta arriba de los 1500 m.s.n.m. en el Cerro La Colmena.

Las menores altitudes se encuentran al norte y noroeste de la Reserva, en las márgenes del embalse de la presa, mientras que las mayores altitudes se encuentran en el extremo sureste de la Reserva. Como evidencia del control estructural en la conformación del territorio, se aprecia un aumento altitudinal muy marcado de noroeste a sureste, en donde domina un relieve característico de mesetas kársticas así como de laderas con pendientes fuertes y abruptas (Programa de manejo reserva de la biosfera Selva el Ocote).

En áreas que tienen menos de 400 m.s.n.m. y que se extienden hasta la cota de los 600 m.s.n.m., se presenta la transición de las unidades de laderas a mesetas de desarrollo Kárstico; las limitaciones impuestas por el relieve influyen sobre la expansión actual de la frontera agrícola.

Fisiográficamente, el territorio de la Reserva presenta una estructura compleja formada por cinco topoformas principales (IHN, 1993): Al Sur y Sureste por el Cañón del río La Venta, con una profundidad promedio de 400 metros y orientación de noroeste y sureste.

Las topoformas dominantes son las mesetas, que ocupan 23,525 ha. Hay laderas con distintas clases de pendientes (16,722) y valles (806). El 72.4% del relieve está entre los 400 y 1,000 m s.n.m., el 17.9 % entre los 1,000 y 1,500 m s.n.m., y el 9.4% se encuentra por debajo de los 400 m s.n.m. (ecosfera-pronatura, 1991).



*Imagen 3.Regiones fisiográficas del Estado de Chiapas*

Las estructuras orográficas constituidas por dos serranías principales, Monterrey y Veinte Casas, compuestas por calizas estratificadas e intensamente fracturadas, estas serranías tienen altitudes que van de los 800 m.s.n.m. (Cerro Linda Vista y Sombrerón) a 1500 m.s.n.m. (Cerro la Colmena).

La tercera estructura fisiográfica correspondiente a una pequeña terraza que corre paralela al Cañón del río La Venta y a la Sierra de Monterrey compuesta por rocas calizas sedimentarias y una morfología de lomerío de suave a fuerte pendiente.



*Imagen 4. Imagen de la región montañosa*

La cuarta estructura orográfica es la región más montañosa ([imagen 4](#)) que conforma la pared del Río Negro y la constituye el cordón montañoso denominado El Cordón del Pájaro, serranías con altitudes de hasta 1200 m.s.n.m.

La última estructura, es una pequeña zona de lomeríos suaves y altitud promedio de 300 a 600 m.s.n.m. Se extiende desde el límite norte de la Sierra Veinte Casas, hasta la orilla sur de la Presa Netzahualcóyotl.

Morfológicamente, el relieve predominante en la reserva es típicamente Kárstico, producto de la disolución de la roca caliza; además, presenta un fuerte grado de tectonismo, originando depresiones de diversas magnitudes en el variado relieve de resumideros, hendiduras, simas, dolinas y cavernas (Programa de manejo reserva de la biosfera Selva el Ocote).

#### IX.2.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El territorio de la Reserva de la Biosfera Selva “El Ocote” está comprendido dentro de las provincias geológicas del sureste de México y corresponde a la provincia fisiográfica Tierras Altas de Chiapas y Guatemala, específicamente en la subprovincia Sierra de Chiapas. Las características geomorfológicas de la Rebiso generan un atractivo especial por las cavidades, simas, sumideros y sistemas cavernarios y son de interés para la espeleología, la arqueología y la hidrogeología (Semarnat, 2001; Conanp, 2013).

La zona presenta afloramientos correspondientes al Cretáceo y Terciario principalmente, compartiendo características estructurales y estratigráficas como resultado del movimiento de la placa Norteamericana sobre las placas Farallón y Cocos. Se distingue en la región un

fuerte control tectónico estructural orientado en dirección Noreste-Sureste, con predominancia de los plegamientos de tipo anticlinal

En el área existen formaciones del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico que comprenden suelos del Cuaternario de origen aluvial; rocas sedimentarias: calizas, areniscas, lutitas y limonitas, y rocas ígneas intrusivas como el granito

Las peculiares características geomorfológicas de la Reserva presentan un atractivo especial por la infinidad de cavidades, simas, sumideros y sistemas cavernarios de interés para la espeleología en estrecha relación con la arqueología y la hidrogeología.



*Imagen 5. Depresión central de la reserva del Ocote*

Dentro de los sótanos o simas exploradas, se mencionan: Benito Juárez I, Sótano Viejo, La Lucha, Las Cotorras o Copal, Ojos del Tigre; en cuanto a las cavidades se han explorado: Los Camarorus, Los Grillos, Sumidero El Portillo, Cueva de Benito Juárez I, Sistema del Tigre y Tepescuintle 1°, 2° y 3°, El Sumidero; Cueva de Santa Cruz, Cueva del Sacrificio y Sima de los Saraguatos. Tanto las cavidades como los sótanos, con excepción del de Las Cotorras, se localizan al oeste del Cañón del río La Venta y al noroeste del río Negro (Programa de manejo reserva de la biosfera Selva el Ocote).



*Imagen 6. La cima de las Cotorras o Copal*

En estos sistemas cavernarios se han localizado numerosos vestigios arqueológicos, uno de los más importantes es el denominado “Tapezco del Diablo”, ubicado en la pared norte del Cañón del Río La Venta, este hallazgo aportó elementos hasta ahora únicos sobre las relaciones entre las culturas Zoque y Maya.

### IX.2.3. CLIMA

De acuerdo a la clasificación de Köppen modificado, se encuentran tres tipos climáticos, que se distribuyen de la siguiente manera: En la parte norte y noreste del área, cubriendo parte de la Sierra Veinte Casas se encuentra un tipo de clima Am(f) , cálido húmedo con lluvias abundantes en verano y una precipitación total anual que fluctúa entre los 2000 y 2500 mm; la precipitación del mes más seco es menor de 60 mm y la temperatura media mensual superior a los 18°C.

En la parte central, abarcando una porción de la sierra Veinte Casas, y la mayor parte de la sierra Monterrey, se encuentra el tipo climático Am, cálido húmedo con lluvias abundantes en verano. Presenta una temporada seca corta en la mitad más fría del año, con una precipitación total anual fluctuante entre los 1500 y 2500 mm, la temperatura media anual es mayor de 22°C y la media mensual superior a los 18°C.

En la porción más elevada de la sierra Monterrey, en altitudes de 1400 a 1500 m.s.n.m. se localiza un clima A(C)W2, semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Presenta una precipitación total anual entre los 1200 y 1500 mm; con una temperatura media anual menor de 22°C pero mayor de 18°C.

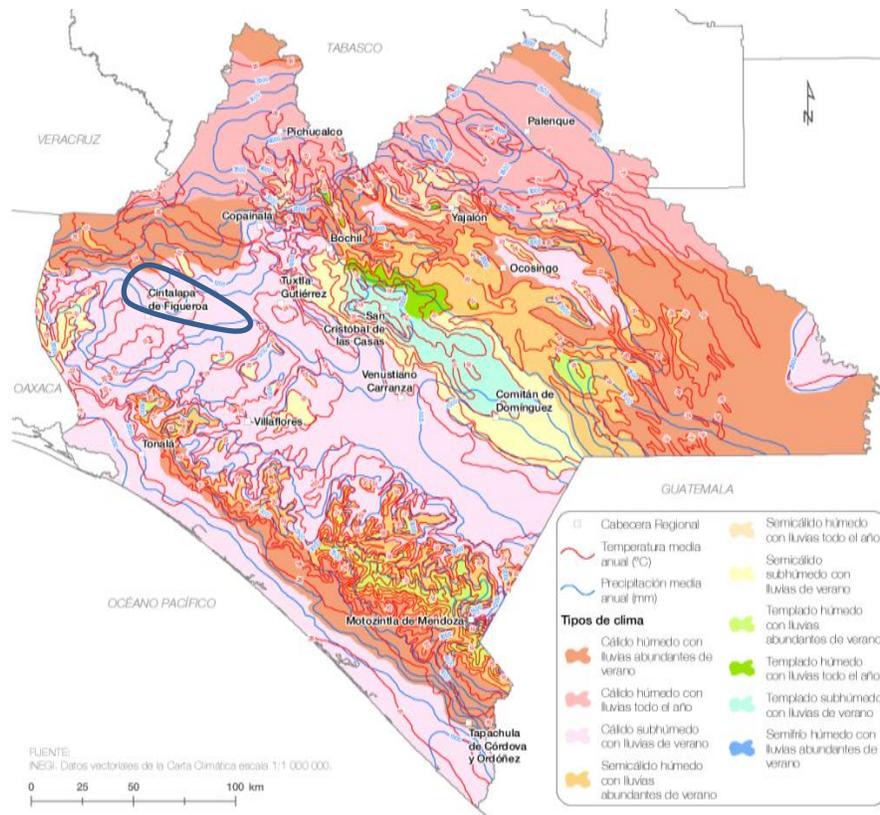
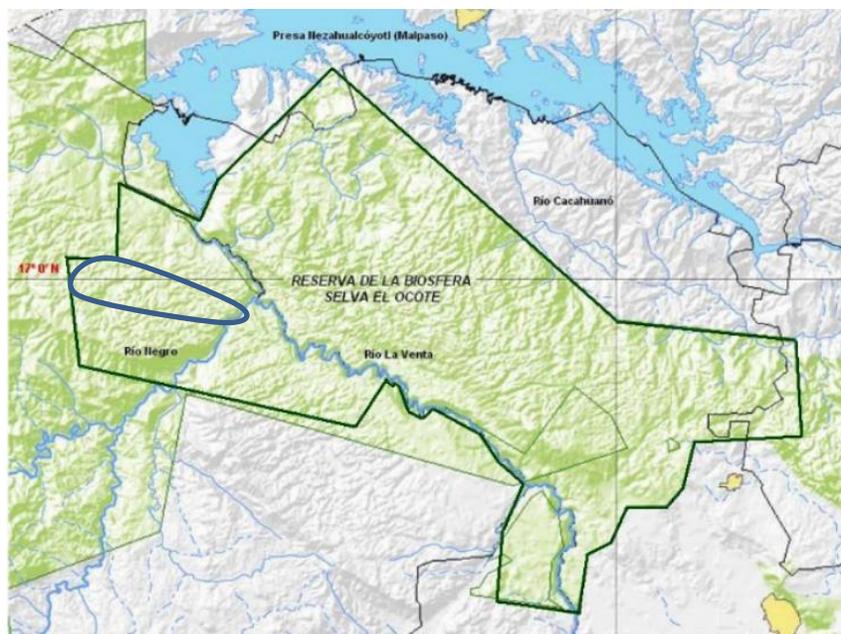


Imagen 7. Mapa de climas en el Estado

#### IX.2.4. HIDROLOGÍA

La zona está incluida en la cuenca hidrológica de la red fluvial del río Grijalva o Mezcalapa que nace en Guatemala y recorre el estado de Chiapas en dirección sureste - noroeste, atravesando la Depresión Central, la Altiplanicie y Montañas del Norte, hasta desembocar en el Golfo de México (Programa de manejo reserva de la biosfera Selva el Ocote).

Diversos ríos como el San Andrés y Cintalapa provienen de la vertiente norte de la Sierra Madre, atraviesan los Valles de los municipios de Jiquipilas y Cintalapa reuniéndose para formar el río la Venta, al cual se le une posteriormente el río Negro y vierten sus aguas en la presa Netzahualcóyotl. En la parte norte, dentro de la Sierra Veinte Casas y Sierra el Sombrerón, se originan varios ríos como el Cacahuanón, Tigre y el Chute Redondo.



*Imagen 8. Hidrología de Chiapas*

La acumulación de aguas superficiales como lagunas, aguajes y otros cuerpos de agua en el área son muy escasos, debido a que la mayoría del agua de lluvia se filtra por las grietas como consecuencia del material calizo, formando corrientes subterráneas, que en ocasiones afloran en cuevas, peñascos, simas o en cotas altitudinales más bajas. El Río La Venta, es para la Selva El Ocote, el colector hidrogeológico de toda el área, capaz de digerir casi  $20 \text{ m}^3 / \text{s}$ .

#### IX.2.5. EDAFOLOGÍA

De acuerdo a las cartas edafológicas de INEGI 1985 y 1988, la región de influencia presenta cuatro grandes áreas edáficas: la primera compuesta por suelos del grupo de los Leptosoles, que son suelos negros ricos en materia orgánica, poco profundos (no más de 30 cm.), arcillosos, con susceptibilidad a la erosión variable, de alta a moderada dependiendo de la pendiente, que descansan sobre rocas calizas con diferentes grados de descomposición, de alta fertilidad en actividades agropecuarias con cultivos de raíces someras. Este tipo de suelo, se localiza desde el norte del municipio de Ocozocoautla en los límites con Tecpatán, pasando por la Reserva “EL Ocote”, hasta el área localizada al sur del Cañón del Río La Venta, cerca del ejido Francisco I. Madero, en el municipio de Cintalapa.

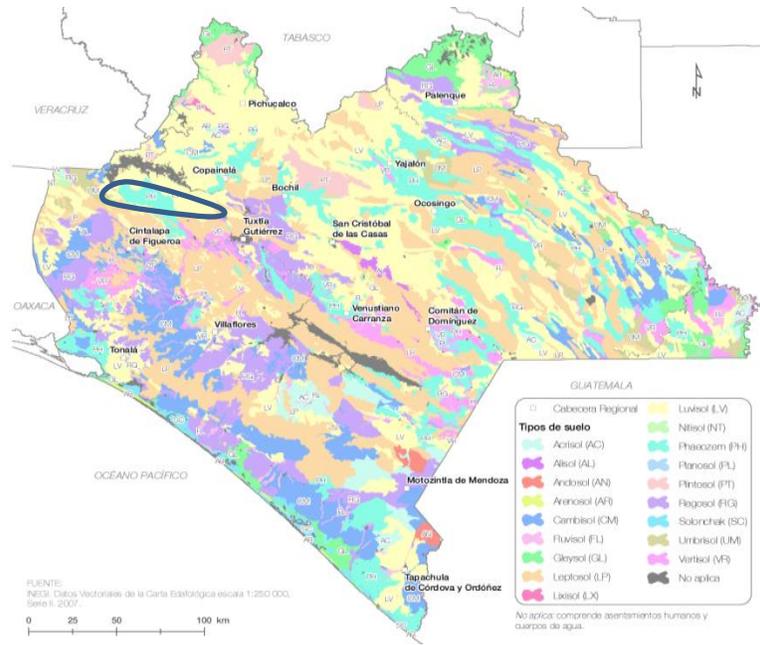


Imagen 9. Edafología del Estado de Chiapas

La segunda área, constituida por suelo del tipo Acrisol, son suelos amarillos de profundidad variable, con grandes acumulaciones de arcilla, pobres en nutrientes y susceptibles a la erosión; son suelos adecuados para la explotación forestal, se encuentran en combinación con Cambisoles y Lixisoles, se distribuyen al noroeste de Ocozocoautla y Cintalapa y al este de Tecpatán, hasta los límites estatales de Oaxaca y Veracruz.

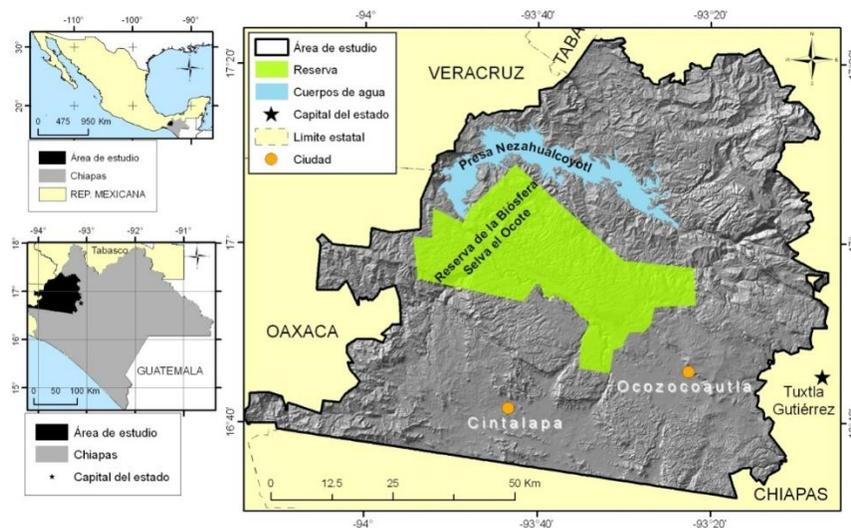


Imagen 10. Límites de la Reserva de la Biósfera Selva el Ocote

El tercer tipo de suelo es el Feozem, que es un suelo de color oscuro, con una capa superficial rica en nutrientes de profundidad variable y susceptibilidad moderada a la erosión. El uso tradicional de estos suelos ha sido para el cultivo de granos, ya que tienen una fertilidad natural elevada y producen buenas cosechas. Este tipo de suelos se encuentran en el municipio de Tecpatán, desde el poblado de Raudales Malpaso, hasta Huimanguillo, Tabasco, siguiendo la rivera del río Grijalva. También se le encuentra en los alrededores de la cabecera municipal de Cintalapa. Este suelo se encuentra en combinación con Acrisoles y Fluvisoles.

El cuarto tipo de suelo, ampliamente distribuido en la región de Influencia es el Regosol. Son suelos que guardan muchas características de la roca madre que les dio origen, son claros, de escasa profundidad, susceptibilidad variable a la erosión y pobres en nutrientes. Los usos de este tipo de suelo son muy variados, dependen de su origen, pero en general son suelos poco fértiles. Se distribuyen desde el noroeste de la cabecera municipal de Cintalapa, hacia el oeste y noroeste, hasta la frontera con Oaxaca.

Además, se encuentran otros grupos de suelos, distribuidos localmente en varios puntos de la Región de Influencia, como son el Litosol, Histosol y Gleysol. En todos los tipos de suelos reportados para la Región de influencia, predominan las texturas media y fina.

### IX.3. CARACTERÍSTICAS SOCIALES

#### IX.3.1. POBLACIÓN

La Rebiso dentro de la zona de amortiguamiento, se reporta una población de 8 246 habitantes en 32 localidades y un rango de 10 a 880 habitantes (Conanp, 2013). De ellos, 4 106 son hombres (52%) y 3 865 son mujeres (48%). Las localidades y la población de la Reserva están distribuidas por municipio de la siguiente manera: 1 619 (13.2%) habitantes y 4 localidades pertenecen al municipio de Cintalapa; 4 945 habitantes (73.3%) y 23 localidades de Ocozacoautla; y 1 841 habitantes (13.5%) y 5 localidades de Tecpatán de Mezcalapa (Conanp, 2013). La Rebiso es un centro de diversidad, en buena medida por ser una zona de transición entre dos provincias neotropicales: la pacifiquense y la tehuantepequense.

El estudio da cuenta que estos pobladores al 2014 vivían en precarias circunstancias que el Conanp resume así “las difíciles condiciones de vida de la población, sus limitantes tecnológicas y el tipo de terrenos no aptos para actividades agropecuarias, contribuyen a una presión constante sobre los recursos naturales, manifiesto en el cambio de uso del suelo y aprovechamiento ilegal de bosques, flora y fauna” (2013: 39). Las condiciones de vida en la Rebiso son de alta y muy alta marginación (Coneval, 2015). En el entendido que el territorio está relacionado con su entorno histórico y social.

Los Municipios que se contemplan como parte de la reserva de acuerdo a la CONANP son; Cintalapa, Jiquipilas, Ocozocoautla de Espinosa, Tecpatán y Berriozábal; considerando que dichos municipios tienen localidades dentro de la reserva, Ocozocoautla de Espinosa tienen 679 localidades, 534 Cintalapa, 362 Jiquipilas y 359 Tecpatán, y Berriozábal con 299 de acuerdo al catálogo de localidades (INEGI – SEDESOL, 2014).

La CONANP estipula una población en la reserva de 8017 habitantes de los cuales 4922 son indígenas, está claro que no todas las localidades se encuentran dentro de la reserva, a pesar que SEDESOL (2014) consideran estos municipios como municipio decretado en la reserva, cabe aclarar que en el caso de Cintalapa y Jiquipilas también comparten algunas localidades con otras reservas como es la sepultura.

Por lo que las localidades principales dentro del área protegida son: Álvaro Obregón, Emilio Rabasa, Velasco Suárez, El Pedregal, Las Flores, Salina Cruz, Rancho El Cielito, Paraje Plaza de la Reina, Paraje Nuevo, Providencia. Francisco I. Madero, Ocozocautla, Ocuilapa, Apicpac, Raudales de Malpaso (Castillo y *et al.*, 1998)

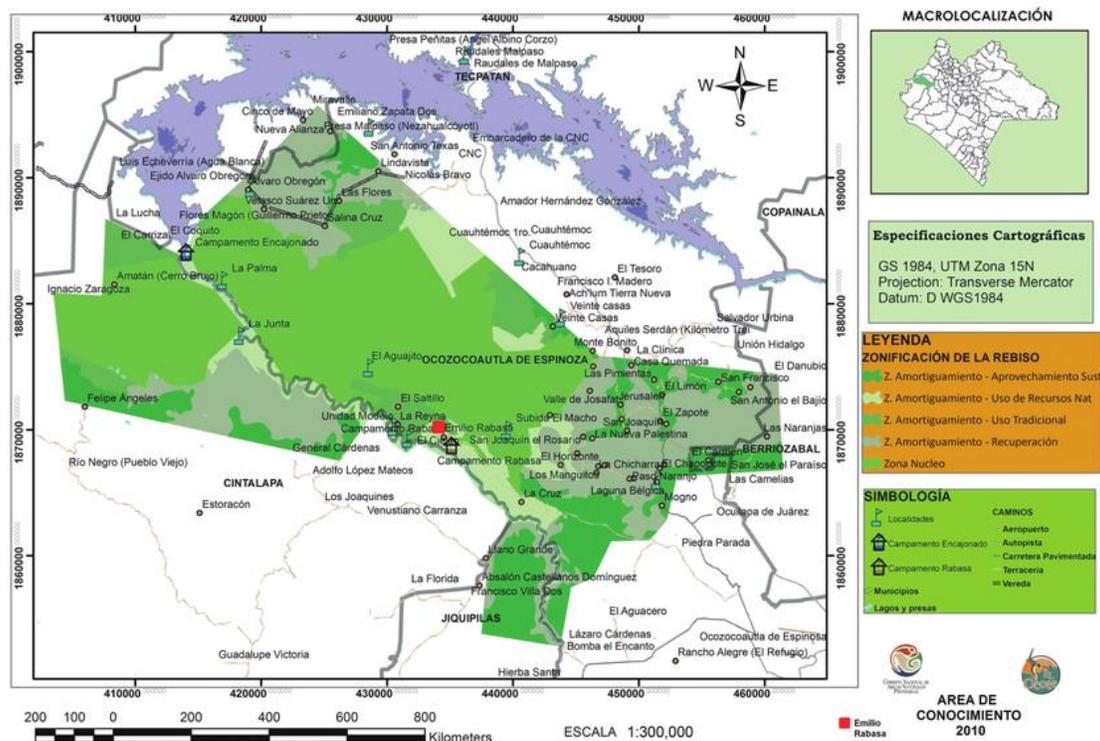


Imagen 11. Zonificación de la selva del Oco

El 86.2% en la porción norte y el 13.48% en el sur. Es decir que hay 21.15 habitante/km<sup>2</sup>. No está considerada en estas cifras la población flotante que de alguna manera tiene influencia en la zona. Las comunidades no tienen servicios, existen pocas escuelas y clínicas

rurales. Estos asentamientos practican agricultura de subsistencia y frutales, ganadería, extracción de madera y comercio de fauna.

### IX.3.2. SERVICIOS

En la porción norte se cuenta con mayor acceso a los servicios como terracería, agua entubada, energía eléctrica, médicos, radiocomunicación y escuelas. En contraste, el sur carece de servicios como el agua (Ramos y *et al.*, 2018)

### IX.3.3. USO DEL SUELO

En el área protegida, los usos de suelo comunes son: los Asentamientos humanos, ganadería, agricultura comercial y de subsistencia, extracción de madera, cafetales, acahuales, zonas quemadas y en descanso. El ganado es de tipo bovino, equino, asnal y caprino.

### IX.3.4. INFRAESTRUCTURA

Los problemas que se presentan en la reserva están íntimamente vinculados con la invasión de terrenos del área protegida por campesinos de escasos recursos que carecen de tierra. Esta situación los obliga a realizar un uso poco planeado de los recursos naturales, ocasionando problemas en la reserva, como los asentamientos humanos irregulares dentro de la reserva, bajo nivel de vida de la población, desmontes con fines agrícolas y ganaderos, cacería furtiva, extracción de flora y fauna y tráfico con ellas, construcción de caminos y erosión del suelo.

Por otra parte la distribución de la tenencia es 60% nacional, 34% ejidal y 6% privada. El 40.6% de la superficie original del área está repartida para actividades agropecuarias.

#### IX.4. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y para el crecimiento económico. El agua es un recurso difícil de estudiar y gestionar, por las formas que adopta (líquida, sólida y gaseosa) y por la fuerza de gravedad a lo largo de una cuenca o en el subsuelo. Muchas actividades económicas están ligadas de manera indirecta a los ecosistemas acuáticos, de modo que la contaminación de cuerpos de agua río arriba repercuten río abajo y en consecuencia las actividades dependientes de un alto grado de calidad del agua corren el riesgo de reducir su potencial productivo, entre ellas diversas manufacturas, turismo, pesca, acuicultura y algunas recreativas.



Imagen 12. Mapa Región Sierra y Costa de Chiapas. División del sitio de muestreo.

#### IX.4.1. ¿CÓMO ELEGIR EL SITIO DE MUESTREO?

El primer paso para realizar el monitoreo es elegir de manera correcta el sitio o área de muestreo. La cuenca debe dividirse en Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja, (ver mapa). Esta división se realiza de acuerdo a las diferencias climáticas propias de cada zona, y se puede delimitar utilizando los límites de altitud que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Delimitación de las zonas de las cuencas por altitud

Zonas	Cuencas con menos de 2000 msnm*	Cuencas con más de 2000 msnm
Alta	801	1201
Media	101-800	401-1200
Baja	0-100	0-400

\*Metros sobre el nivel del mar

En cada zona es necesario ubicar las áreas de vegetación original, áreas de agricultura permanente, semipermanente, de temporal y potreros. Es muy importante ubicar los sitios de muestreo dentro de la zona más representativa de cada área. La medición de cada indicador se realizará tres veces en cada sitio de muestreo.

La elección de los sitios donde se evaluará el indicador de Caudal Ambiental deberá hacerse sobre el cauce principal del río en tres sitios de cada zona de la cuenca. En cada sitio se medirán tres veces todas las variables que componen el indicador.

Se recomienda realizar cada dos meses las evaluaciones del indicador de caudal ambiental, pero para los demás indicadores, es suficiente hacerlo dos veces por año y durante los picos de ambas temporadas climáticas, estiaje y lluvias, (marzo-abril y agosto-septiembre). Es importante mencionar que, por seguridad de los monitores, no se recomienda realizar las mediciones de disponibilidad hídrica durante la temporada de lluvia.

En el sitio de muestreo se tomarán los siguientes datos: nombre de la cuenca, zona de la cuenca, tipo de vegetación, localidad, uso de suelo, temporada climática, fecha, hora, coordenadas, altura y nombre de quién elaboró el muestreo. Todos estos datos se deben escribir en los formatos de cada indicador.

#### IX.4.2. ¿QUÉ SIGNIFICA “CALIDAD DEL AGUA”?

La calidad del agua de un recurso hídrico es el conjunto de sus características físicas, químicas y composición y estado de los organismos que en habitan en él (Chapman, 1996). Sin embargo, en general se define de acuerdo a su uso potencial comparando estas características con valores estándares que se consideran requisitos para asegurar su uso correcto (De León, 2011). Los sistemas acuáticos presentan diversos servicios ecosistémicos, destacándose el abastecimiento de agua potable, riego, consumo animal, recreación y purificación de las aguas. La mala gestión de los sistemas hídricos puede afectar su calidad del agua, generar procesos de eutrofización (aumento de fósforo y nitrógeno que son los nutrientes limitantes de producción primaria), desequilibrios tróficos (Figura 1), inundación,

erosión e impactos sobre aguas subterráneas, entre otros (Molden, 2007). Por tanto, la calidad de agua es un componente fundamental de la calidad ambiental incidiendo en sus distintas dimensiones, biofísica, social y económica.

#### IX.4.3. ¿QUÉ ES UN MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA?

Un monitoreo puede definirse como la medición sistemática de variables y procesos a través del tiempo (Spellerberg, 2005). En particular, un monitoreo de calidad de agua es un estudio del agua que se realiza con el objetivo de conocer las fluctuaciones en determinados parámetros físicos, químicos y biológicos y analizar si sus características son aptas para recreación, potabilización y/o protección de la vida acuática (Chapman, 1996). Proporciona información básica sobre la variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua.

El monitoreo puede llevarse a cabo en sitios regulares de forma continua o puntual; la selección de los sitios y la frecuencia dependerá de los objetivos, ya sea para responder preguntas específicas o en función de las necesidades. Actualmente muchos sistemas de monitoreo tienen como objetivo determinar la calidad de los sistemas acuáticos en base a la condición de su área de drenaje. Esto se debe a que se reconocen los impactos de las actividades realizadas en las cuencas de drenaje sobre el agua que drena. En algunos casos se estudian las aguas subterráneas, cuya área de drenaje por lo general no coincide con la de las aguas superficiales. En este documento se describirán metodologías para desarrollar el monitoreo de calidad de aguas superficiales.

Un componente fundamental de un monitoreo es el muestreo. Este consiste en la observación de un grupo de elementos que representan un universo mayor. Es una etapa crítica para la obtención de resultados confiables; el valor de los datos depende de un correcto diseño y procedimiento de muestreo. Si se pretende determinar el efecto de una contaminación puntual, como la generada por una industria, se tomarán muestras aguas arriba y aguas abajo del sitio donde se produjo el impacto. El sitio aguas arriba funciona como control, en el que no se prevé ningún impacto, de manera que pueda ser utilizado para contrastar su estado con el del sitio impactado aguas abajo. Este diseño de estudio de impacto ambiental se conoce como BACI (Before/After- Control/Impact o en español: Antes/Después-Control/Impacto) (Underwood, 1992). Si se evalúa una actividad que varía en el tiempo, la frecuencia del monitoreo deberá considerar tiempos que se correspondan con dicha variación. En este caso también deben monitorearse sistemas control.

#### IX.4.4. ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE MONITOREAR LA CALIDAD DEL AGUA?

El monitoreo de calidad de agua genera información sobre diferentes variables físicas, químicas y biológicas de un determinado sistema acuático. Los programas de monitoreo colectan una gran cantidad de datos comparables a través del espacio y tiempo. Por tanto, permiten tener un registro de variables útiles para inferir sobre la calidad del agua y evaluar si está siendo afectada por el uso y/o manejo que se está realizando, tanto en su cuenca como en el mismo sistema, así como establecer recomendaciones de gestión encaminadas a mejorar el bienestar de la salud pública y proteger el ecosistema (Arocena et al., 2008; Chapman, 1996).

### IX.5. FACTORES FÍSICOS

#### IX.5.1. TEMPERATURA

La temperatura está relacionada con la energía interior de los sistemas termodinámicos, de acuerdo al movimiento de sus partículas y cuantifica la actividad de las moléculas de la materia a mayor energía sensible, más temperatura. Por lo que la probabilidad de encontrar en la naturaleza aguas que mantengan su temperatura constante durante todo el año es muy escasa, más aún en clima templado como lo es esta zona.

La temperatura en las aguas subterráneas naturales varía solo ligeramente en su promedio anual, mientras que en aguas superficiales ésta fluctúa de acuerdo con las estaciones del año; encontrando así para el río Cautín las temperaturas más bajas en invierno con 5,0°C y las más altas en primavera-verano con 21,0°C (Rivera y Muñoz-Pedrerros, 1999)

Considerando la temperatura desde el punto de vista de la vida acuática, en flujo de aguas corrientes, no debe aumentar el valor natural en más de 3°C. En cuanto a la recreación (con contacto directo) se puede tolerar hasta un máximo de 30°C (Rivera y Muñoz-Pedrerros, 1999).

#### IX.5.2. CONDUCTIVIDAD

La conductividad es una medida del grado de mineralización de las aguas, como también de la carga iónica presente.

La TDS y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionadas. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica. La

mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena, son iones disueltos. El cloruro de sodio por ejemplo se encuentra en el agua como Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>.

Puede causar variación a la actividad biológica presente en el agua, al facilitar la pérdida o ganancia de gases disueltos.

### IX.5.3. OXÍGENO DISUELTO

La concentración de oxígeno es relevante en el control de la calidad de las aguas, siendo su presencia y concentración esencial para sustentar las formas superiores de vida, como también para evaluar los efectos de potenciales agentes contaminantes, principalmente por el balance de oxígeno en el sistema. Es igualmente relevante en los procesos de degradación contemplados en los tratamientos de aguas residuales y en los procesos de corrosión de tuberías.

Las fuentes de oxígeno en el agua son la aireación y la fotosíntesis de las algas. La remoción se relaciona con la respiración de los vegetales, demanda química de oxígeno de materiales orgánicos y sedimentos, sobre-saturación y remoción de orgánicos. La baja solubilidad del oxígeno es el principal factor que limita la capacidad de purificación de las aguas naturales.

### IX.5.4. TURBIEDAD

La turbidez es la dificultad del agua, para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. La turbidez nos da una noción de la apariencia del agua

La turbidez puede impactar los ecosistemas acuáticos al afectar la fotosíntesis (limita el paso de la luz solar), respiración y la reproducción de la vida acuática. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

### IX.5.5. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Los sólidos en suspensión son partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua. La concentración de sólidos en suspensión es un valor utilizado como uno de los indicadores de la calidad del agua. Todos los sólidos en suspensión se pueden eliminar del agua mediante la filtración; sin embargo, si los sólidos en suspensión tienen una densidad mayor que el agua, estas partículas se pueden eliminar también por sedimentación, si la turbulencia del agua es mínima.

Los sólidos en suspensión pueden ser de origen orgánico o inorgánico. Los materiales orgánicos tienen origen animal o vegetal. Las sustancias orgánicas siempre contienen

carbono, oxígeno e hidrógeno. Las sustancias inorgánicas tienen, por otro lado, origen mineral y no suelen contener carbono.

Los sólidos en suspensión desempeñan un papel importante como contaminantes, tanto debido a la materia orgánica o inorgánica que los forman, como por los agentes patógenos que son transportados en la superficie de dichas partículas. Por ello, cuanto menor sea el tamaño de la partícula, mayor será el área superficial por unidad de masa de la partícula, y por lo tanto, mayor será la carga patógena que puede ser transportada.

#### IX.5.6. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)

Los sólidos disueltos totales (TDS por sus siglas en inglés de total dissolved solids) son la cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos, como metales, minerales e iones, disueltos en un volumen particular de agua. Cuando un solvente, como el agua, encuentra material soluble, las partículas del material son absorbidas por el agua.

El TDS en el agua puede provenir de casi cualquier lugar, incluidos minerales en manantiales de una fuente de agua y posos, se produce en condiciones naturales cuando el agua se mueve a través de rocas como la piedra caliza y la tiza que consisten en minerales como el carbonato de calcio y el carbonato de magnesio.

#### IX.5.7. SÓLIDOS DISUELTOS (SD)

Son sólidos de mayor densidad que el agua, se encuentran dispersos debido a fuerzas de arrastre o turbulencias. Cuando estas fuerzas y velocidades cesan y el agua alcanza un estado de reposo, precipitan en el fondo. Suelen eliminarse fácilmente por cualquier método de filtración.

### IX.6. PARÁMETROS QUÍMICOS

#### IX.6.1. PH

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. En 1909, el químico danés Sorensen definió el potencial hidrógeno (pH) como el logaritmo negativo de la concentración molar (más exactamente de la actividad molar) de los iones hidrógeno.

### IX.6.2. NITRATOS

El amoníaco del suelo, proveniente de la orina de los animales o de la acción de las bacterias fijadoras, sirve de alimento a otro tipo de microorganismos de acción nitrificante, o sea, que descomponen el amoníaco y lo oxidan en nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )

### IX.6.3. FÓSFORO

El fósforo es uno de los diecinueve elementos considerados como esenciales para la vida de las plantas. Constituye un componente primario de los sistemas responsables de la capacitación, almacenamiento y transferencia de energía, y es componente básico en las estructuras de macromoléculas de interés crucial, tales como ácidos nucleicos y fosfolípidos, por lo que se puede decir que su papel está generalizado en todos los procesos fisiológicos (María Teresa Fernández ICIDCA No. 1, 2007).

### IX.6.4. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO)

La DBO es un parámetro de contaminación para evaluar la calidad de efluente o aguas residuales. El agua potable también se evalúa para comprobar si hay materia orgánica, esto se mide a través del Carbono Orgánico Total (COT o TOC por su nombre en inglés) en vez del DBO.

La descomposición bioquímica de substratos orgánicos se lleva a cabo por microorganismos. En este caso estamos hablando de bacterias aeróbicas, las cuales necesitan energía que producen del oxígeno para completar la descomposición. El oxígeno es consumido y como resultado se reduce el nivel que hay de este disuelto en el agua. Si existe una gran cantidad de materia orgánica en el agua, la demanda de oxígeno es asimismo mayor para que se lleve a cabo la descomposición.

### IX.6.5. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La DQO que es la cantidad de oxígeno ocupado para oxidar toda la materia orgánica oxidable, tanto la orgánica como la mineral. Existe una cierta relación entre la DQO y la  $\text{DBO}_5$ , siendo esta última una fracción de la DQO comprendida entre el 2 y el 70%.

Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm (Orrego, 2002). El valor de la DQO es siempre superior al de  $\text{DBO}_5$  porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

## IX.7. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

### IX.7.1. COLIFORMES FECALES

Los coliformes fecales son un subgrupo de bacterias coliformes totales. Los coliformes fecales son un grupo de bacterias asociadas con la materia fecal de los organismos de sangre caliente. Residen en los intestinos de organismos de sangre caliente y se transmiten al medio ambiente a través de excrementos fecales, los coliformes fecales tienen la capacidad de crecer a temperaturas elevadas y cuando se incuban a 44°C, tienen la capacidad de fermentar la lactosa mientras producen otras formas gaseosas. Los coliformes fecales se utilizan principalmente en la garantía de calidad sanitaria del agua potable. Si está presente, se dice que el agua está contaminada con materia fecal e indica un riesgo potencial para las personas que consumen esta agua.

## IX.8. INDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA

### IX.8.1 ICA

La determinación del estado de la calidad de un agua estará referida al uso previsto para la misma. De igual manera el concepto de contaminación ha de estar referido, a los usos posteriores del agua. Por lo que decir que el agua se encuentra contaminada o no es un concepto relativo, ya que no se puede hacer una clasificación absoluta de la calidad del agua.

En la actualidad se han desarrollado diversos índices de calidad tanto generales como de uso específico. El índice de Calidad del agua que fue empleado fue el propuesto por Brown el cual es una versión modificada del WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como Índice de Calidad del Agua.

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río, además de comparar la calidad de diferentes ríos.

En la determinación del ICA de Brown intervienen 9 parámetros los cuales son: Coliformes fecales, pH, DB05, Nitratos, Fosfatos, Cambio de Temperatura, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales y Oxígeno disuelto (OD en % saturación). Posteriormente con los resultados se utiliza una evaluación numérica multiplicativa y ponderada expresada de la siguiente manera:

$$ICAa = \sum_{i=1}^n (Subi * wi)$$

- $w_i$  = Peso establecido para cada parámetro
- $Sub_i$  = Valores que se obtienen en gráficos.
- $n$  = Número de parámetros

El índice de calidad del agua consiste básicamente en una expresión simple que resulta de combinar un conjunto de parámetros valorados con el propósito de hacer que la información sea de fácil interpretación para los usuarios.

Los índices de calidad del agua surgen como una herramienta simple para la evaluación del recurso hídrico fundamental para el seguimiento de sus impactos; ya que se puede identificar tendencias de calidad del agua y detectar áreas problemáticas; sin embargo, suele ser un instrumento subjetivo ya que se basa en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal.

El ICA es una herramienta muy útil para comunicar información sobre la calidad del agua a las autoridades y al público. Puede darnos rápidamente una imagen general del estado del recurso. Es muy útil para propósitos comparativos, por ejemplo, que puntos de muestreo muestran peor calidad del agua. Cualquier índice, por su diseño, contiene menos información que los datos a partir del cual se obtiene y del que constituye un resumen, por tanto, no puede reemplazar el análisis detallado de los datos obtenidos a partir de un plan de monitoreo.

Tampoco debe usarse como único criterio para la toma de decisión y el manejo de los recursos hídricos.

Es importante mencionar que anteriormente la Comisión Nacional del Agua determinaba el ICA, actualmente está utilizando como indicadores de la calidad del agua, la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Estas variables muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación por la presencia de centros urbanos e industriales, los que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable, por lo que también se realizó la comparación de los resultados con los valores asignados por la CONAGUA.

*Tabla 3. Usos del Agua según su ICA*

ICA	USOS				
	AGUA POTABLE	AGRICOLA	PESCA Y VIDA ACUATICA	INDUSTRIAL	RECREATIVO
91-100	No requiere purificación para consumo	No requiere purificación para riego	Pesca y vida acuática abundante	No se requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático
71-90	Purificación menor requerida	Purificación menor para cultivos que	Pesca y vida acuática abundante	Purificación menor para industrias que	Cualquier tipo de deporte acuático

		requieran de alta calidad de agua		requieran alta calidad de agua para operación	
51-70	Tratamiento potabilizador necesario	Utilizable en mayoría de cultivos	Límite para peces muy sensitivos y dudosa la pesca sin riesgos de salud	No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias
26-50	Inaceptable para consumo	Uso solo en cultivos muy resistentes o tratamiento necesario para la mayoría de los cultivos	Vida acuática limitada a especies muy resistentes o inaceptable para actividad pesquera	Tratamiento para mayoría de uso	Dudosa para contacto con el agua. Evitar contacto
0-25	Inaceptable para consumo	Inaceptable para riego	Inaceptable para vida acuática	Inaceptable para cualquier industria	Contaminación visible, evitar cercanía. Inaceptable para recreación

#### IX.8.2.. INDICADORES UTILIZADOS POR CONAGUA

La Comisión Nacional del Agua realiza la medición sistemática de la calidad del líquido a través de su Red Nacional de Monitoreo (RNM). Anteriormente utilizaba el índice de calidad del agua para evaluar los sitios de monitoreo. Sin embargo, debido a las limitaciones que tiene el uso de este indicador a partir de 2004, la Comisión Nacional del Agua (CNA) dejó de reportar el ICA y anunció la sustitución de éste por un nuevo índice que considere la mayoría de las condiciones de las estaciones de medición de la RNM. Actualmente, la CNA está utilizando como indicadores de la calidad del agua, como son:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBOs).** La DBO, se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales, de origen municipal y no municipal. Determina la cantidad de materia orgánica biodegradable. El incremento de la concentración de estos parámetros incide en la disminución del

contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos.

- **Sólidos Suspendidos Totales.** Tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa.
- **Demanda Química de Oxígeno.** Frecuentemente se reporta junto a la DBO, la demanda química de oxígeno mide también contaminación no orgánica, ya que evalúa la cantidad de oxígeno necesario para degradar también compuestos no biodegradables por bacterias. Las aguas con desechos industriales suelen tener una mayor concentración de compuestos no biodegradables. (SINA, 2023)

## X. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

A continuación, se especifica las actividades que se realizaron en este proyecto de investigación, así como las tareas previas a la ejecución de lo planificado.

### X.1 MONITOREO Y ANÁLISIS DE AGUA

#### X.1.1. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Con el objetivo de evaluar la calidad del agua del cuerpo hídrico de la reserva del ocote; se seleccionaron puntos de muestreo a lo largo del cauce. Dichos puntos se encuentran distribuidos en las diferentes zonas de la selva que atraviesa el río.



Imagen 13. Puntos de muestreo.

Tabla 4. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Coordenadas Geográficas
Arco Del Tiempo	16°56;29.53"N – 93°43;48.50" O
Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	16°54;0.20"N – 93°40;50.60" O
Río Negro	16°55;45.00"N – 93°49;32.97" O
Aguas debajo de Llano Grande	16°50;00.5"N – 93°34;35.5" O

Fuente de abastecimiento de Llano Grande	16°49;09.3"N – 93°35;03.4" O
Puente Las Flores	16°41;30.76"N – 93°33;36.95" O
Cueva el Encanto	16°45;26.4"N – 93°31;30.2" O
Antes de la Cascada la Conchuda	16°49;54.6"N – 93°31;52.9" O
Cascada la Conchuda	16°49;55.30"N – 93°31;53.40" O
Río Unidad Modelo	16°54;48.0"N – 93°39;15.90" O

### X.1.2. MUESTREO

En la recolecta, transportación y conservación de muestras se consideraron los criterios establecidos para cada parámetro y de acuerdo a la norma NMX-AA-014-1980 “Cuerpos Receptores - Muestreo” y NMX-AA-003-1980 “Aguas Residuales-Muestreo”. Para el caso de los análisis fisicoquímicos la colecta se realizó en frascos de plástico con una capacidad de 3 litros y para las determinaciones bacteriológicas se utilizaron bolsas de plástico estériles con capacidad de 500 ml.

### X.1.3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

- **Metodología de los parámetros de campo**

Se utilizó un equipo multiparámetro HQ40D marca HACH para medición de los parámetros de campo in-situ. Dicho equipo se introdujo directamente al cuerpo de agua, para la medición de O.D, Conductividad Eléctrica y pH, además también se introdujo un termómetro a una profundidad entre 20 y 30 cm de la superficie.

Es importante recalcar que las sondas utilizadas se calibraron el día de muestreo con materiales de referencia dependiendo el parámetro a analizar. La calibración se realizó antes de la salida del laboratorio.

*Las mediciones se realizaron en apego a las normas técnicas mexicanas correspondientes.*

*Tabla 5. Métodos utilizados para el análisis de parámetros de campo.*

<b>Parámetro</b>	<b>Método de análisis</b>
Temperatura	NMX-AA-007-SCFI-2013
pH	NMX-AA-008-SCFI-2013
Conductividad Eléctrica	NMX-AA-093-SCFI-2013
Oxígeno Disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2013

- **Metodología de los parámetros fisicoquímicos**

Los parámetros sometidos a análisis en el laboratorio fueron: DBO<sub>5</sub>, DQO, Nitratos, Fósforo, Turbiedad, Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Suspendidos.

A continuación, se presentan las normas correspondientes a cada parámetro:

*Tabla 6. Normas técnicas correspondientes a cada parámetro*

<b>Parámetro</b>	<b>Norma técnica utilizada</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	NMX-AA-028-SCFI-2001
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	NMX-AA-30/1-SCFI-2012
Fósforo	NMX-AA-029-SCFI-2001
Nitratos	NMX-AA-079-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	NMX-AA-034-SCFI-2015
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	NMX-AA-034-SCFI-2015
Turbiedad	NMX-AA-038-SCFI-2001

En cuanto a los análisis colorimétricos se utilizó un espectrofotómetro marca MERCK, modelo SQ118, empleando diferentes longitudes de onda. Para la determinación de DBO<sub>5</sub>, se requirió del uso de un oxímetro de la marca HANNA modelo HI 964400. Con respecto al análisis de DQO se utilizó un digestor marca HACH modelo DRB 200. En el caso de los sólidos se empleó una balanza analítica marca Ohaus, modelo AP130.

- **Metodología de los parámetros bacteriológicos**

Para evaluar la calidad bacteriológica del agua se utilizó la norma técnica NMX-AA-042-SCFI-2015, para la determinación de coliformes fecales. La técnica seleccionada fue la de tubos múltiples.

## X.2. EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

En el sitio se realizaron las mediciones correspondientes para los parámetros de campo (temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto). Las muestras fueron colectadas en campo y posteriormente se transportaron al Laboratorio de Monitoreo Ambiental para su análisis correspondiente.

Los resultados obtenidos fueron comparados con las normatividades siguientes:

*Tabla 7. Normas utilizadas para la comparación de resultados*

<b>Normatividad</b>	<b>Descripción</b>
<b>NOM-001-SEMARNAT-1996</b>	Establece los Límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
<b>NOM-127-SSA1-1994</b>	Salud Ambiental, Agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que se debe someterse el agua para su potabilización
<b>Ley Federal de Derechos y Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) (1989)</b>	Establece los usos de consumo del agua y la protección de la vida acuática.
<b>Ley Federal de Derechos Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2022</b>	Lineamientos regulatorios en materia del agua

Con el fin de conocer la calidad de las aguas superficiales de la República Mexicana, y en sustitución del Índice de Calidad internacional, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) establece cuatro indicadores para dicha evaluación:

Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub>) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST). (SINA, 2023)

## XI. RESULTADOS

En la realización de este trabajo se recolecto una muestra puntual de agua, durante tres campañas de muestreo, en los diez sitios seleccionados (muestras simples); las muestras colectadas en campo fueron trasladadas al Laboratorio de Monitoreo Ambiental para su posterior análisis en las áreas de fisicoquímica y microbiología, realizando un total de nueve análisis de laboratorio y cuatro de campo.

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en campo y en el laboratorio se compararon con los valores establecidos en CE-CCA-001/89 y/o con normas oficiales mexicanas según el uso del agua, como:

- 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"
- La Ley Federal de Derechos en materia de aguas nacionales 2022.

Así mismo se calculó el índice da calidad del agua con 9 parámetros, con el fin de evaluar la calidad o grado de contaminación del agua y se comparó con los indicadores que utiliza actualmente la CONAGUA para evaluar la calidad del agua.

### Índice de calidad del Agua

Calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito. Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra los cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

Tabla 8. Escala de clasificación del ICA según el Criterio General

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente.		85-100
Aceptable.		70-84
Poco contaminado		50-69
Contaminado		30-49
Altamente Contaminado		0-29

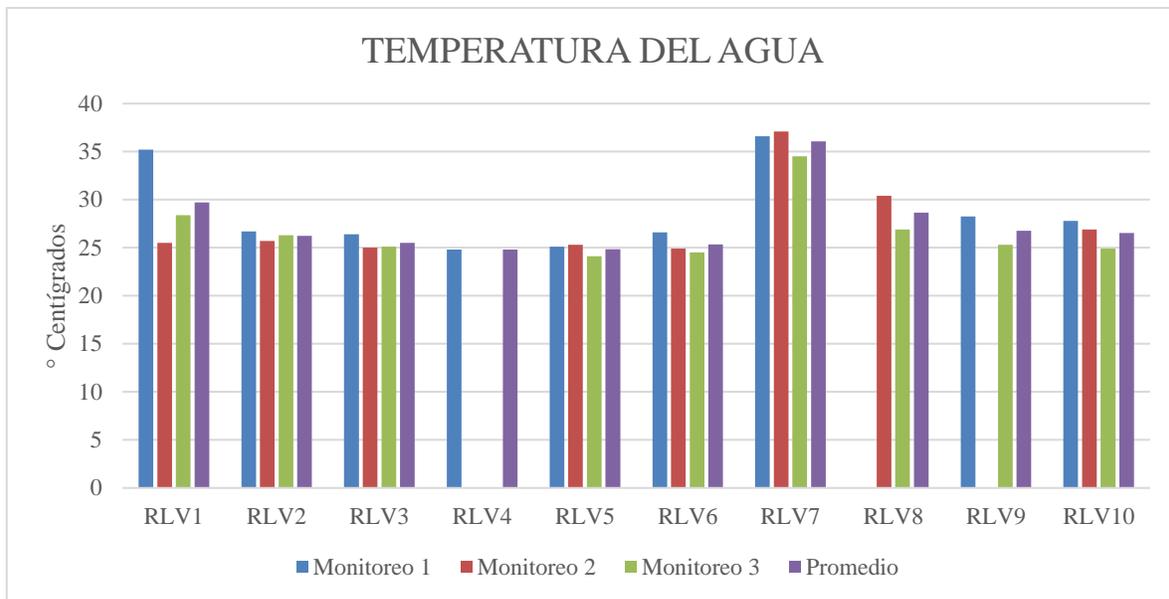
## XI.1. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE PARÁMETROS DE CAMPO

### XI.1.1 TEMPERATURA DEL AGUA

Tabla 9. Resultados de TEMPERATURA DEL AGUA (°C) obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

TEMPERATURA DEL AGUA (°C)					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	35.2	25.5	28.40	29.7
RLV2	Cueva el Encanto	26.7	25.7	26.30	26.23
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	26.4	25	25.10	25.5
RLV4	Cascada la Conchuda	24.8	NM	NM	24.8
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	25.1	25.3	24.10	24.83
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	26.6	24.9	24.50	25.33
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	36.6	37.10	34.50	36.06
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	30.4	26.90	28.65
RLV9	Arco del Tiempo	28.25	NM	25.30	26.77
RLV10	Río Negro	27.8	26.9	24.9	26.53

NM: Valores no monitoreados



Gráfica 1. Temperatura del agua.

Las temperaturas de los sitios muestreados de fuente de abastecimiento oscilaron entre 24.10 a 37.10°C siendo el sitio **RLV5** “Fuente de Abastecimiento de Llano Grande” la más baja y tanque de abastecimiento de unidad modelo la más alta se debe a que el agua se trasporta en un tubo de hierro galvanizado lo cual provoca que tenga una temperatura más alta a comparación del otro sitio que se encuentra de manera natural en un pequeño yacimiento.

En cuanto a los sitios del río sus promedios de temperatura, estos dieron 24.8 a 29.7°C, con el valor más alto el sitio de muestreo **RLV1** “Puente Las Flores” debido a que la cantidad de agua es menor en temporada de seca caso contrario sucede con el sitio denominado **RLV4** “Cascada La Conchuda”, donde se registró el valor más bajo dado que donde se airea y esa actividad permite permanecer la temperatura del agua más fresca, sin embargo cabe aclarar que este sitio fue monitoreado una sola vez debido a que en las dos siguientes campañas el nivel alto de agua en el río no fue propicio para la recolectan de muestra.

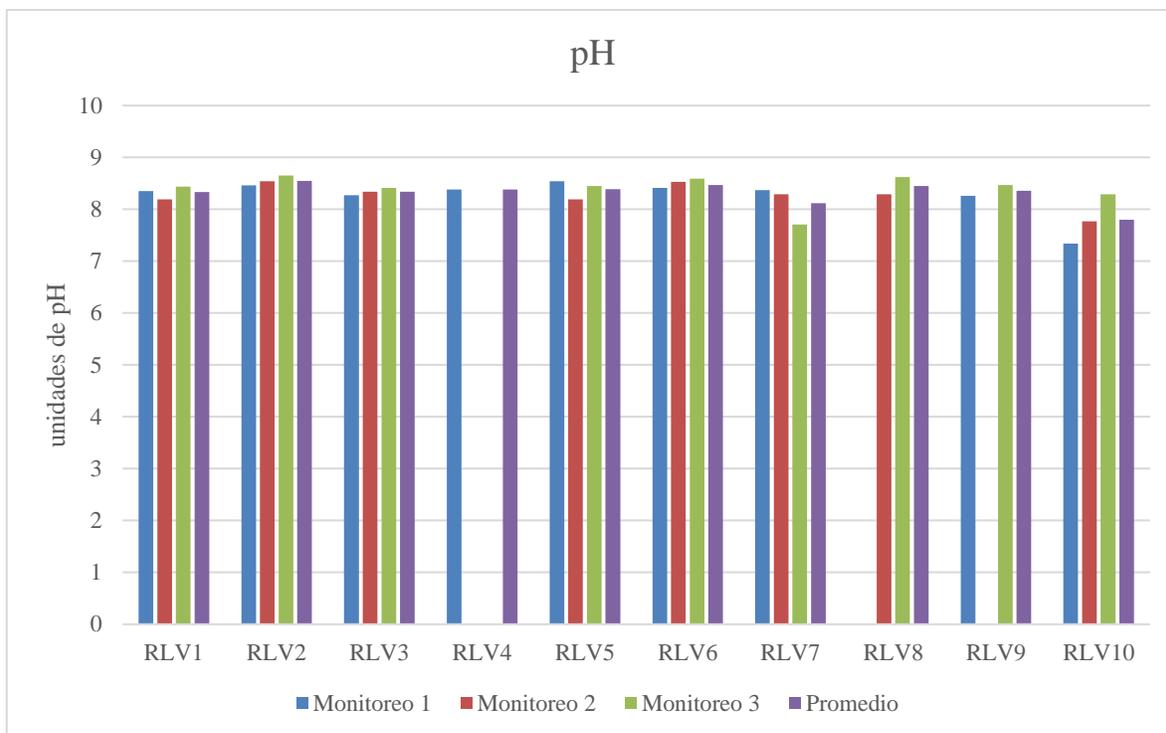
En todos los sitios muestreados; las temperaturas no rebasaron el límite máximo permisible estipulado por la NOM-001-SEMARNAT-1996 (40°C).

## XI.1.2 PH

Tabla 10. Resultados de pH obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

pH					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	8.35	8.19	8.44	8.33
RLV2	Cueva el Encanto	8.46	8.54	8.65	8.55
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	8.27	8.34	8.41	8.34
RLV4	Cascada la Conchuda	8.38	NM	NM	8.38
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	8.54	8.19	8.45	8.39
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	8.41	8.53	8.59	8.47
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	8.37	8.29	7.71	8.12
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	8.29	8.62	8.45
RLV9	Arco del Tiempo	8.26	NM	8.47	8.36
RLV10	Río Negro	7.34	7.77	8.29	7.80

NM: Valores no monitoreados



Gráfica 2. pH

El pH del agua de los sitios que se monitorearon en la reserva de la biosfera de la selva del ocote, oscilaron sus valores durante las tres campañas entre 7.34 y 8.65 UpH; dichos valores corresponden a los sitios denominados **RLV10** “Río Negro” y **RLV2** “Cueva el encanto” respectivamente, en el caso del sitio muestreado **RLV2** “Cueva del Encanto” se registró el valor promedio más alto de 8.55 UpH, este resultado está ligeramente más alto que el valor límite máximo permisible que la NOM-127-SSA1-1994 y La Ley Federal de Derecho en Aguas establece que dicho valor se le atribuye al tipo de suelo que existe en su contorno, infiriéndose como típico del lugar por los compuestos carbonatados que existe de manera natural dentro de la misma.

Cabe aclarar que los lugares monitoreados son de sitios de río y no de fuentes de abastecimientos, sin embargo, para este parámetro y con fines comparativos se empleó la NOM-127-SSA1-1994, los valores promedio obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma excepto el sitio denominado la **RLV2** “Cueva del Encanto”.

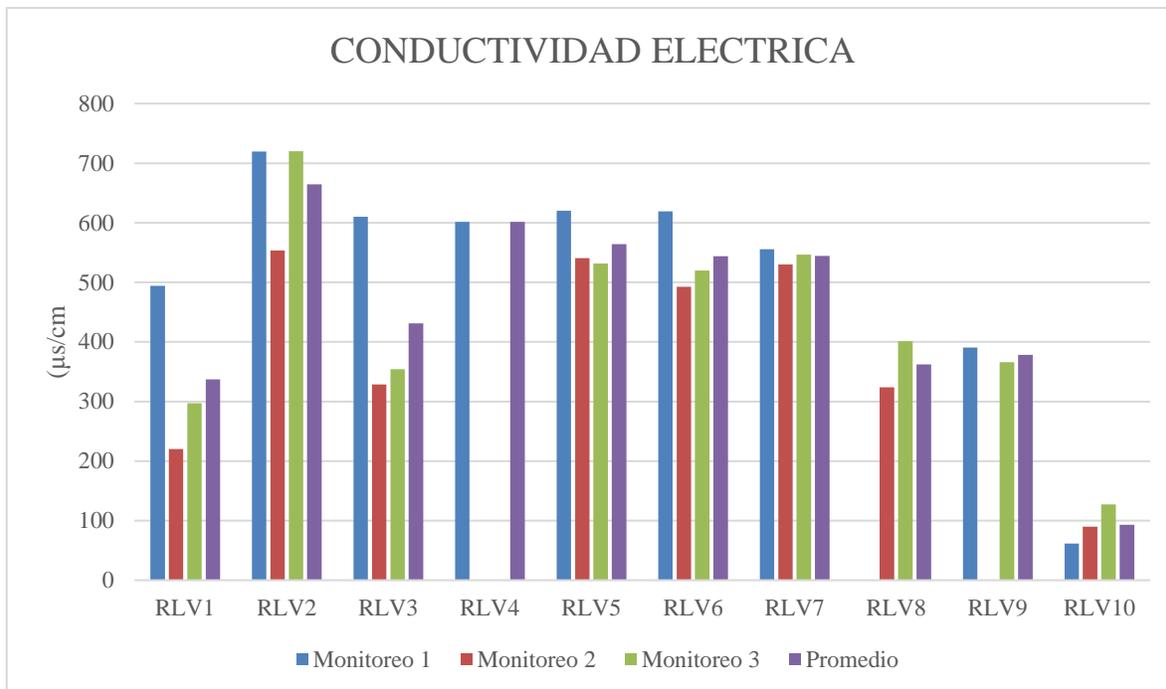
Para el caso de los puntos de muestreo **RLV5** “Fuente de Abastecimiento de Llano Grande” y **RLV7** “Tanque de Abastecimiento de Unidad Modelo” por tratarse de fuentes de abastecimiento, los valores obtenidos se compararon con el límite máximo permisible de la NOM-127-SSA1-1994, donde establece un rango de 6.5 a 8.5 unidades de pH, por lo cual, los promedios de estos tanques de abastecimiento se encuentran dentro de los límites establecidos de la norma.

### XI.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Tabla 11. Resultados de CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	494.33	220.33	297	337.22
RLV2	Cueva el Encanto	719.67	553.33	720	664.333
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	610	328.67	354.33	431
RLV4	Cascada la Conchuda	601.33	NM	NM	601.33
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	620	540.67	531.33	564
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	619	492.67	519.67	543.78
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	555.67	530	546.67	544.113
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	323.67	401.33	362.5
RLV9	Arco del Tiempo	390.67	NM	366	378.335
RLV10	Río Negro	61.4	90	127.30	92.9

NM: Valores no monitoreados



Gráfica 3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de los sitios muestreados, nos dan los resultados de 61.4 hasta 720  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , siendo el **RLV10** “Rio negro” con el valor más bajo y **RLV2** “Cueva el encanto” con el valor más alto. En cuanto a los promedios que se obtienen en el muestreo, la conductividad se encuentra entre 92.2 hasta 664.33  $\mu\text{s}/\text{cm}$  siendo los mismos puntos de muestreo antes mencionados con la conductividad más baja y alta.

Observando en la gráfica anterior, los resultados obtenidos en el primer monitoreo se registraron los valores de 61.4 a 719.67  $\mu\text{s}/\text{cm}$  siendo estos los más altos debido a la presencia de minerales en los lugares evaluados, mientras que, en las segunda y tercer monitoreo, se aprecia una dilución de conductividad por la temporada de lluvia.

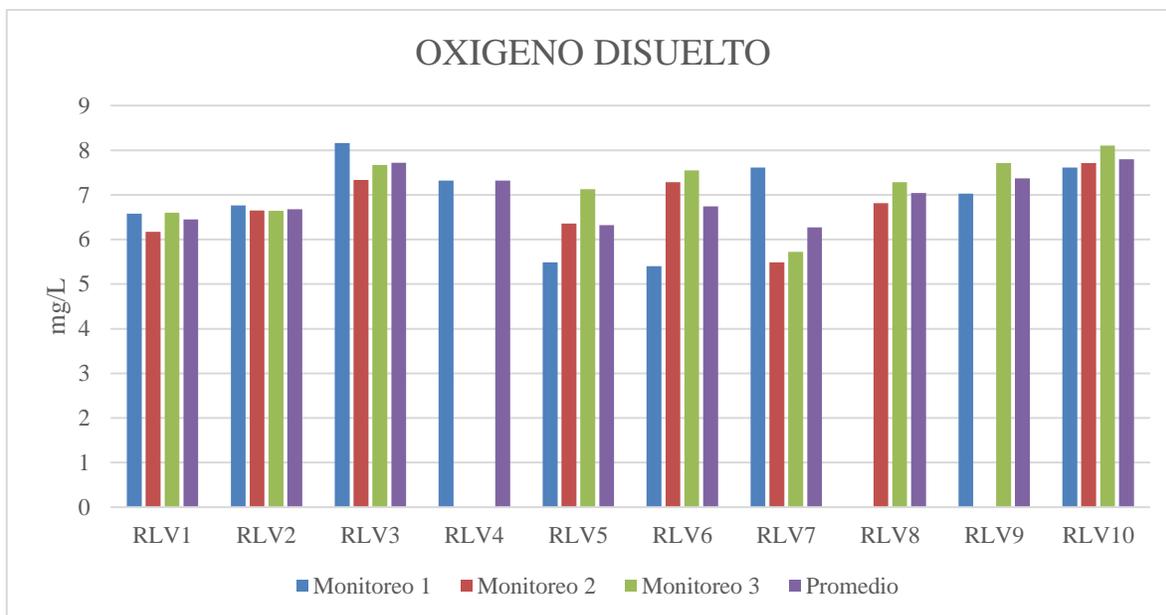
La conductividad de las aguas de río de acuerdo a la SEMANH 2021 donde reportaron valores promedio 728.1  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , comportamiento similar a la obtenido en la cueva del encanto del presente estudio, infiriendo que las cuevas suelen presentar esta característica de conductividad eléctrica mayor que el de los ríos.

#### XI.1.4. OXÍGENO DISUELTO

Tabla 12. Resultados de OXÍGENO DISUELTO obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

<b>OXÍGENO DISUELTO</b>					
<b>Clave del sitio</b>	<b>Sitio de muestreo</b>	<b>Monitoreo 1</b>	<b>Monitoreo 2</b>	<b>Monitoreo 3</b>	<b>Promedio</b>
RLV1	Puente las Flores	6.58	6.17	6.60	6.45
RLV2	Cueva el Encanto	6.76	6.65	6.64	6.68
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	8.16	7.33	7.67	7.72
RLV4	Cascada la Conchuda	7.32	NM	NM	7.32
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	5.49	6.36	7.13	6.32
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	5.4	7.28	7.55	6.74
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	7.61	5.49	5.72	6.27
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	6.81	7.28	7.04
RLV9	Arco del Tiempo	7.03	NM	7.71	7.37
RLV10	Río Negro	7.61	7.71	8.10	7.80

NM: Valores no monitoreados



Gráfica 4. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto de los sitios muestreados se registra de 5.4 a 8.16 mg/L siendo **RLV6** “*Agua Abajo de Llano Grande*” el valor más bajo y **RLV3** “*Antes de La Cascada La Conchuda*” el más alto. Los promedios se registran de un valor de 6.27 a 7.80 mg/L siendo el más bajo **RLV7** “*Tanque De Abastecimiento Unidad Modelo*” y el valor más alto de **RLV10** “*Rio Negro*”.

Al no existir una norma que establezca límites permisibles para este parámetro, los resultados obtenidos se compararon con CE-CCA-001/89 y con la Ley Federal de derechos en aguas; en los cuales para fuentes de abastecimiento se considera 4 mg/L de oxígeno disuelto y 5 mg/L para la protección de la vida acuática en agua dulce; requerido para la supervivencia de especies acuáticas.

Con lo antes mencionado los todos los puntos muestreados cumplen con el valor mínima lo que la hace adecuada para la vida de peces y organismos acuáticos.

## XI.1.5. MATERIA FLOTANTE

Tabla 13. Resultados de Materia Flotante obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

MATERIA FLOTANTE				
Clave del sitio	Sitio	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3
RLV1	Puente las Flores	Ausente	Presente	Ausente
RLV2	Cueva el Encanto	Ausente	Ausente	Ausente
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	Ausente	Ausente	Ausente
RLV4	Cascada la Conchuda	Ausente	NM	NM
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	Ausente	Ausente	Ausente
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	Presente	Presente	Ausente
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	Ausente	Ausente	Ausente
RLV8	Río la Venta (Unidad Modelo)	NM	Ausente	Ausente
RLV9	Arco del Tiempo	Ausente	NM	Ausente
RLV10	Río Negro	Ausente	Ausente	Ausente

NM: Valores no monitoreados.

Para la materia flotante en la mayoría de los 3 monitoreo dieron ausente, con excepción de **RLV1** “*Puente Las Flores*” en el segundo monitoreo y **RLV6** “*Aguas Abajo de Llano Grande*” que estuvo en el primer y segundo monitoreo. En el caso de aguas debajo de llano grande la presencia de materia flotante se debe a que en ese punto el agua atraviesa una comunidad rural, teniendo de esta forma un impacto antropogénico y al llegar al punto de muestreo el agua se encuentra con estancamiento temporal, aunado a esto se la orilla del rio es acompañado de árboles que hace que se acumule toda esta materia flotante.

Para el caso de **RLV1** “*Puente las Flores*”, se debe a que en la temporada de lluvia hay arrastres de materia flotante como plástico, papel, corteza de árboles y mayormente hojarasca que están en interacción con el cuerpo de agua.

De acuerdo a la norma NOM-001 SEMARNAT 1996 indica ausente de materia flotante los sitios que cumple en las tres campañas son:

- Cueva el encanto
- Antes de la cascada la conchuda
- Fuente de abastecimiento llano grande
- Tanque de abastecimiento unidad modelo
- Rio Negro

Las fuentes de abastecimiento deben de ser libres de materia flotante las cuales marca CE-CCA-001/89 y la Ley Federal de Derechos en Aguas, estos cumplieron en su totalidad.

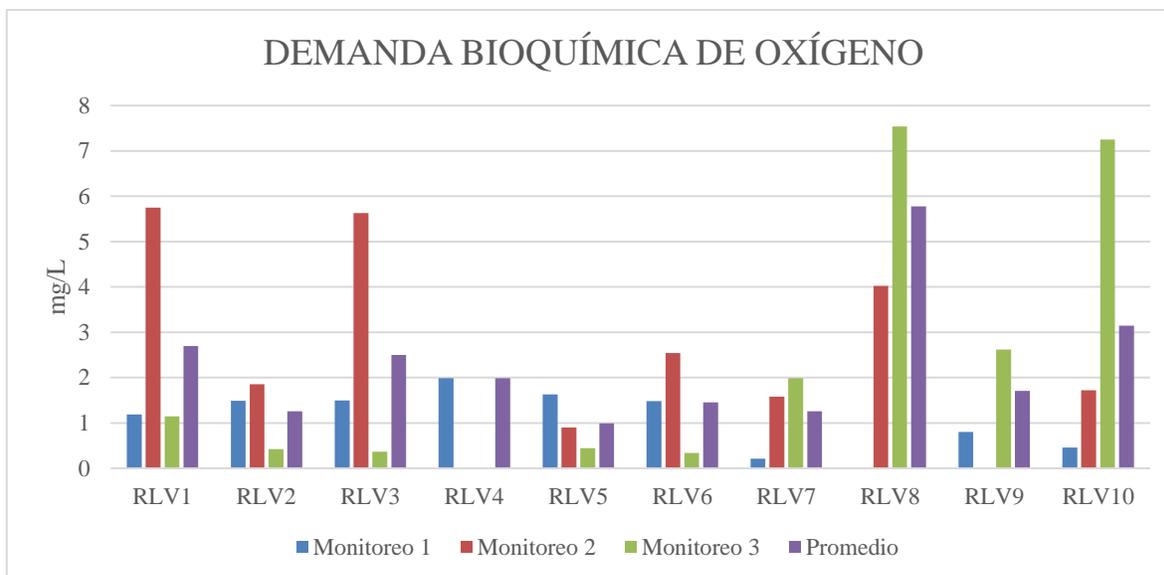
## XI.2. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

### XI.2.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

Tabla 14. Resultados de DBO5 obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO</b>					
<b>Clave del sitio</b>	<b>Sitio de muestreo</b>	<b>Monitoreo 1</b>	<b>Monitoreo 2</b>	<b>Monitoreo 3</b>	<b>Promedio</b>
RLV1	Puente las Flores	1.188	5.75	1.147	2.695
RLV2	Cueva el Encanto	1.488	1.852	0.427	1.256
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	1.5	5.63	0.367	2.499
RLV4	Cascada la Conchuda	1.992	NM	NM	1.992
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	1.632	0.9	0.442	0.991
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	1.482	2.542	0.3375	1.454
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	0.216	1.5825	1.987	1.262
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	4.02	7.537	5.779
RLV9	Arco del Tiempo	0.804	NM	2.617	1.711
RLV10	Río Negro	0.456	1.725	7.252	3.144

NM: Valores no monitoreados



Gráfica 5. Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno indica contaminación de productos orgánicos en el agua, si en un cuerpo de agua hay desechos orgánicos también habrá bacterias trabajando para descomponerlos, proceso que requiere de oxígeno, de ahí el aumento o disminución de este.

Debido a la importancia de este parámetro, en el presente trabajo se evaluó, presentándose similitud entre sus tendencias durante los tres monitoreos tal como se puede observar en el gráfico anterior. Donde los valores oscilaron de 0.3375 a 7.537 mg/L, registrándose el valor más bajo en el sitio denominado como **RLV6** “Agua Abajo de Llano Grande” y el valor más alto en el sitio denominado como **RLV8** “Rio La Venta (Unidad Modelo)”. Cabe resaltar que durante las campañas de monitoreo el comportamiento observable es el aumento de DBO en las mayorías de los sitios evaluados durante la 2da campaña de monitoreo, este se debió posiblemente a los arrastres de contaminantes orgánicos que suele presentarse en la temporada de lluvia.

En la tabla N°14 se observa que, en la segunda y tercera campaña de muestreo, presentaron las concentraciones más altas esto es debido al aumento de circulación de bacterias debido al término de la temporada de estiaje, por lo que se presentan variaciones en la calidad física y química del agua.

Por otra parte; la NOM-001-SEMARNAT-1996 establece dentro del rubro "protección de vida acuática" establece un valor de 60 mg/L promedio diario de DBO<sub>5</sub>, por lo que los resultados obtenidos se encuentran por debajo de la normatividad vigente cumpliendo dicha norma.

Las aguas típicamente no contaminadas tienen valores de DBO de 2 mg/L o menos; mientras aquellas que reciben aguas residuales pueden tener valores superiores a los 10 mg/L o más,

particularmente cerca del punto de descargas de aguas residuales, por lo que este es un parámetro indicador en la clasificación de la CONAGUA.

Los valores promedios de los sitios evaluados se compararon con la escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO<sub>5</sub>) de CONAGUA, catalogándose la mayoría de las muestras de los sitios monitoreados dentro de la categoría de aguas de excelente calidad (no contaminada), excepto los sitios **RLV8** “*Río La Venta (Unidad Modelo)*” y **RLV10** “*Río Negro*” los cuales se encuentran clasificados dentro del criterio de buena calidad (aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable).

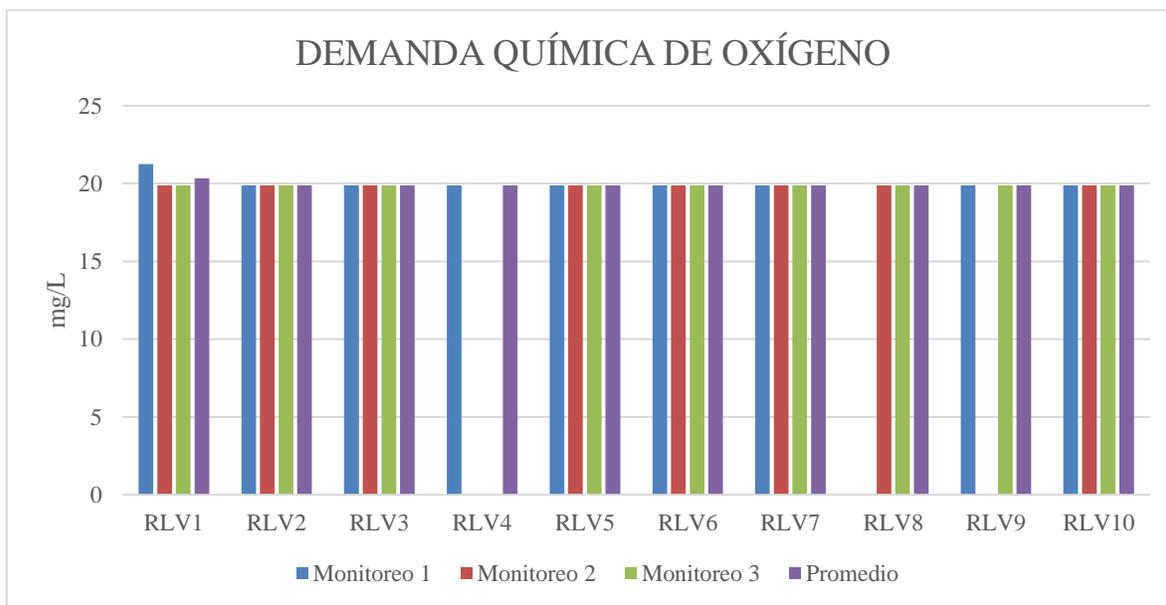
En el caso de las muestras tomadas en los sitios ubicados en lugares de abastecimiento que son **RLV5** “*Fuente de abastecimiento de Llano Grande*” y **RLV7** “*Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo*” los resultados fueron de 0.991y 1.262 mg/L clasificándose dentro de la categoría de excelente calidad (no contaminada), resultado esperado al estar tratando con aguas que se destinan para uso humano

## XI.2.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

Tabla 15. Resultados de DQO obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	21.248	<19.88	<19.88	20.336
RLV2	Cueva el Encanto	<19.88	<19.88	<19.88	<19.88
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	<19.88	<19.88	<19.88	<19.88
RLV4	Cascada la Conchuda	<19.88	NM	NM	<19.88
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	<19.88	<19.88	<19.88	<19.88
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	<19.88	<19.88	<19.88	<19.88
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	<19.88	<19.88	<19.88	<19.88
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	<19.88	<19.88	<19.88
RLV9	Arco del Tiempo	<19.88	NM	<19.88	<19.88
RLV10	Río Negro	<19.88	<19.88	<19.88	<19.88

NM: Valores no monitoreados



Gráfica 6. Demanda Química de oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO), mide la contaminación orgánica e inorgánica, ya que evalúa la cantidad de oxígeno necesaria para degradar compuestos no biodegradables por bacterias (SEMARNAT, 2009). La DQO es un parámetro no normado sin embargo para este estudio se considera por la importancia que tiene en la calidad del agua.

Los promedios de la DQO oscilaron en un intervalo que va de <19.88 a 21.248 mg/L, es importante mencionar que se presentaron variaciones temporales en las mediciones realizadas, por lo que únicamente se reportó un valor cuantificable durante la primera campaña de muestreo en el sitio de muestreo **RLV1**; los demás resultados son menores a 19.88 mg/L que es el límite de cuantificación del método.

Por lo mencionado anteriormente las muestras analizadas se encuentran dentro del valor característico de aguas superficiales no contaminadas; obteniéndose la concentración más elevada durante la primera campaña de muestreo en el sitio denominado como **RLV1** “*Puente Las Flores*”, por lo que este sitio de muestreo presenta un mayor aporte de materia orgánica oxidable que la existente en los otros sitios de muestreo, pudiendo estar condicionada por la actividad humana sobre estos cuerpos receptores.

No obstante, los resultados obtenidos se encuentran catalogados dentro de la clasificación de la CONAGUA como la mayoría de los sitios de buena calidad (aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable), con la excepción del sitio **RLV1** “*Puente Las Flores*” que clasificó en la categoría de aceptable (con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente).

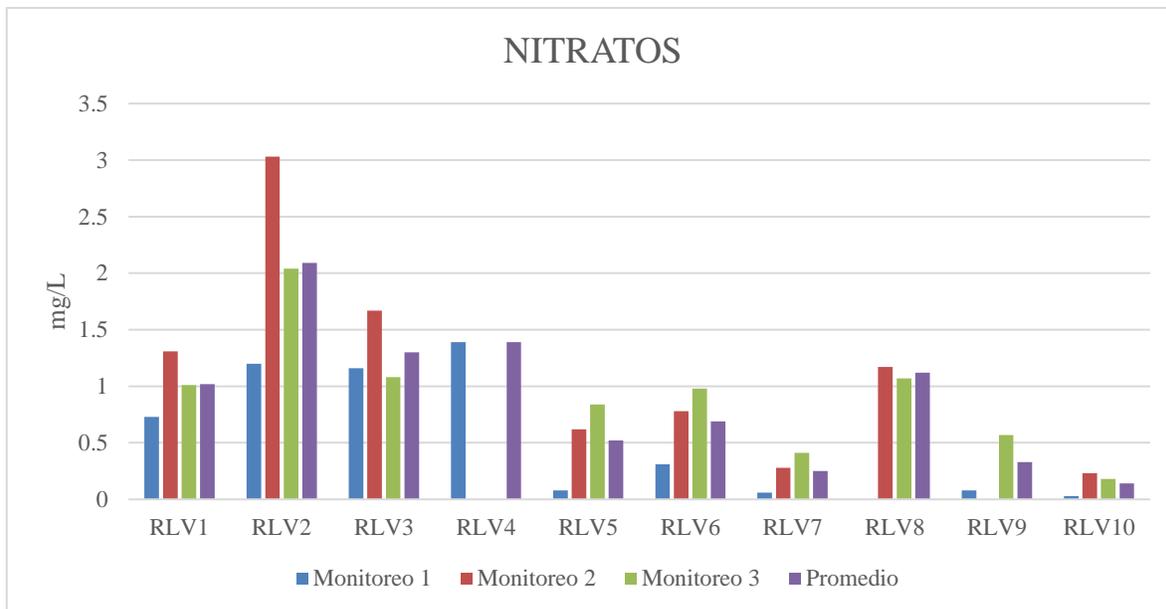
### XI.2.3.NITRATOS

Tabla 16. Resultados de NITRATOS (COMO N3) (mg/L) obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

NITRATOS					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	0.73	1.31	1.01	1.02
RLV2	Cueva el Encanto	1.2	3.03	2.04	2.09
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	1.16	1.67	1.08	1.30
RLV4	Cascada la Conchuda	1.39	NM	NM	1.39
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	*0.08	0.62	0.84	0.52
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	0.31	0.78	0.98	0.69
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	*0.06	0.28	0.41	0.25
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	1.17	1.07	1.12
RLV9	Arco del Tiempo	*0.08	NM	0.57	0.33
RLV10	Río Negro	<0.03	0.23	0.18	0.14

NM: Valores no monitoreados

\*: Valores estimados



Gráfica 7. Nitratos

En el parámetro de nitratos los valores promedios arrojados se encuentran entre 0.14 mg/L hasta 2.09 mg/L, siendo el sitio denominado **RLV10 “Rio Negro”** el valor más bajo y **RLV2 “Cueva El Encanto”** el valor más alto. Para el valor más alto se debe a que se encontraban dentro de la cueva; murciélagos, y el guano de murciélago es alto en nitratos de acuerdo a su composición química, lo que hace que tenga una cantidad más elevada a comparación de los otros puntos.

Los niveles naturales, raramente exceden 0.1 mg/L de nitratos; pero estos valores pueden aumentar por aguas residuales municipales e industriales. Todos los sitios de muestreados indican arriba de este número ya que tienen rastros de actividad humana.

Ningún sitio monitoreado rebasa los límites máximos permisibles de la NOM-127-SSA1-1994 que estipula dicha normatividad (10mg/L); así mismo se cumple con el valor establecido de 5mg/L por CE-CCA-001/89 y la Ley Federal de Derechos en Aguas; para fuentes de abastecimiento de agua potable.

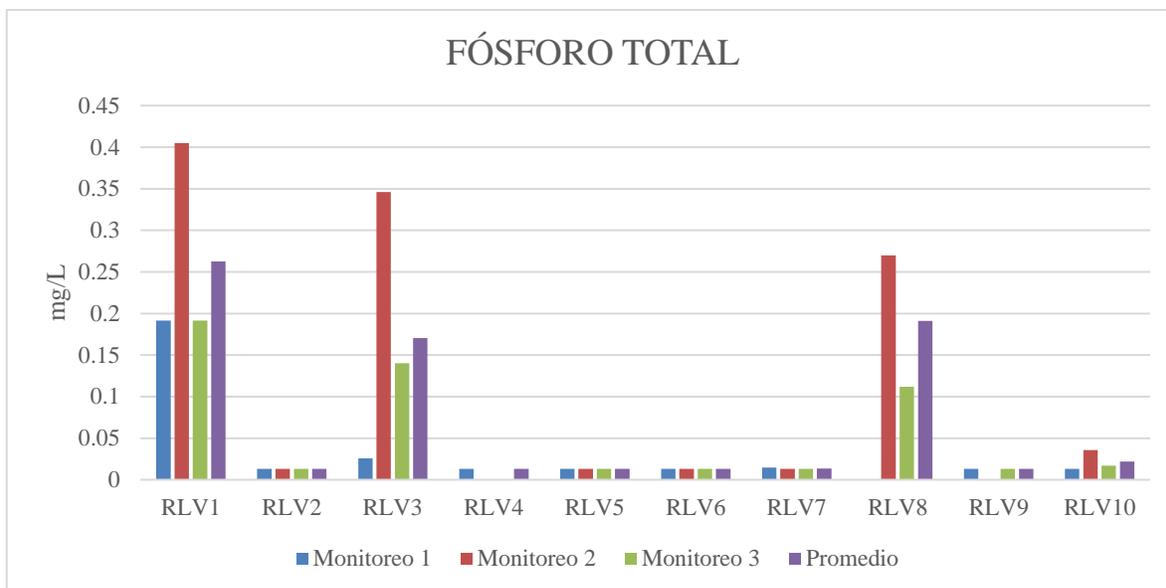
## XI.2.4. FÓSFORO

Tabla 17. Resultados de FÓSFORO TOTAL (mg/L) obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

FÓSFORO TOTAL (mg/L)					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	0.19	0.40	0.19	0.26
RLV2	Cueva el Encanto	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	*0.02	0.34	0.14	0.17
RLV4	Cascada la Conchuda	<0.013	NM	NM	<0.013
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	*0.014	<0.013	<0.013	0.013
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	0.26	0.112	0.19
RLV9	Arco del Tiempo	<0.013	NM	<0.013	<0.013
RLV10	Río Negro	<0.013	*0.03	*0.0168	0.02

NM: Valores no monitoreados

\*: Valores estimados



Gráfica 8. Fósforo total

Los valores registrados para fósforo se encuentran en promedio de < 0.013 hasta 0.26 mg/L, siendo el valor registrado más bajo en los sitios: **RLV2** “Cueva El Encanto”, **RLV4** “Cascada La Conchuda”, **RLV6** “Aguas Abajo De Llano Grande” y **RLV9** “Arco Del Tiempo”, mientras que en el sitio **RLV1** “Puente Las Flores” se registró el valor más alto y en el lugar se pudo observar la formación de lirios acuáticos, lo que indica que hay un pequeño aumento de fósforo.

Para los sitios de muestreo **RLV2** “Cueva El Encanto”, **RLV4** “Cascada La Conchuda”, **RLV6** “Aguas Abajo De Llano Grande”, **RLV9** “Arco Del Tiempo” y **RLV10** “Rio Negro” cumplen con el valor límite de 0.1 mg/L CE-CCA-001/89 para ríos

Mientras que los sitios, **RLV1** “Puente Las Flores”, **RLV3** “Antes de La Cascada La Conchuda” y **RLV8** “Rio La Venta (Unidad Modelo)” no cumplen con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua; por lo que se infiere que estos puntos están siendo impactados por fuentes antropogénicas. Sin embargo dichos sitios cumplen el límite establecido por NOM-001 SEMARNAT 1996.

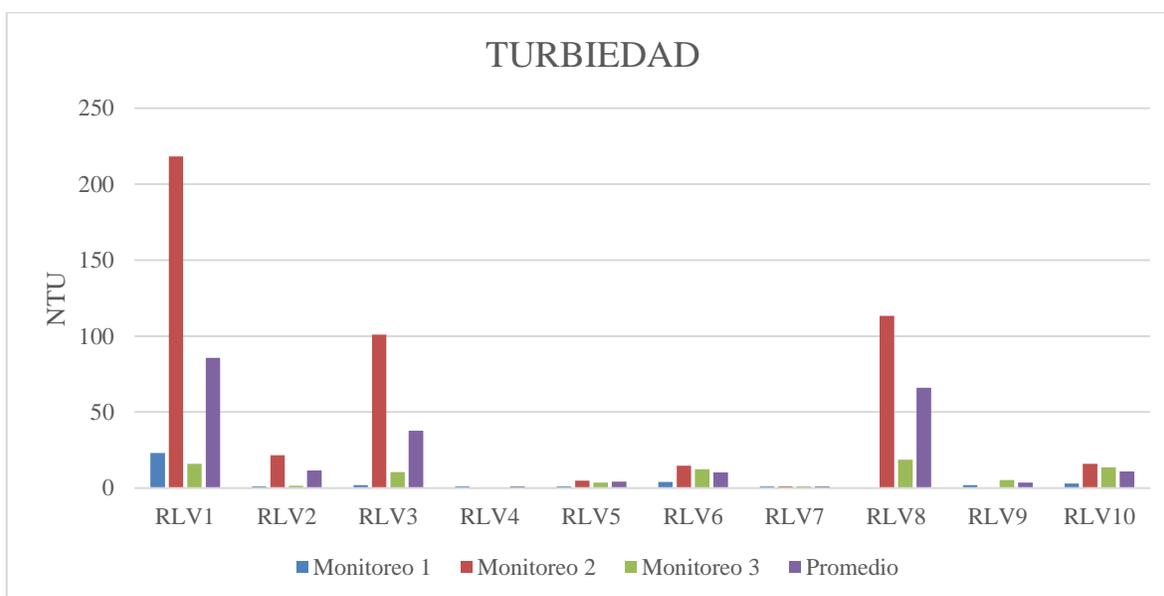
para las fuentes de abastecimiento **RLV5** “Fuente de Abastecimiento de Llano Grande” y **RLV7** “Tanque de Abastecimiento Unidad Modelo”, ninguna rebasa el valor límite de 0.1 mg/L para fuentes de abastecimiento de agua potable y la protección de vida acuática en agua dulce y humedales establecidos en CE-CCA-001/89.

## XI.2.5. TURBIEDAD

Tabla 18. Resultados de turbiedad obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

TURBIEDAD					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	23	218.33	16	85.777
RLV2	Cueva el Encanto	<1	21.59	1.5	11.545
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	2	101	10.46	37.820
RLV4	Cascada la Conchuda	<1	NM	NM	<1
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	<1	4.79	3.66	4.225
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	4	14.76	12.36	10.373
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	1	<1	<1	1
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	113.33	18.69	66.010
RLV9	Arco del Tiempo	2	NM	5.36	3.680
RLV10	Río Negro	3	15.97	13.63	10.867

NM: Valores no monitoreados



Gráfica 9. Turbiedad

La turbidez es una propiedad física en el agua y es causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaño desde el coloidal hasta partículas macroscópicas. En los ríos el aumento de turbidez se debe a las dispersiones que existen a lo largo del mismo.

En la gráfica anterior se aprecia que, de las tres campañas monitoreadas; en la primera se detectó los valores de turbidez más bajos en 8 sitios; no sobrepasando el límite establecido por la NOM-127-SSA1-1994; relacionando este fenómeno a la temporada de estiaje y al flujo estático de agua. No obstante, el sitio denominado Puente las Flores no cumplió con dicho límite estipulado por la normatividad.

En la segunda campaña de monitoreo se presentaron las concentraciones más elevadas en la mayoría de los sitios evaluados contrario a la primera, en la cual el sitio de muestreo denominado **RLV6** ubicado en “*Aguas debajo de Llano Grande*” fue el lugar donde se identificó la concentración más baja con un valor de 14.76 UNT y el de mayor valor se presentó en el sitio **RLV1** “*Puente las Flores*” con la cantidad de 218.33 UNT, dicho comportamiento son atribuibles a la temporada de lluvias, en esta época la cantidad de agua que cae al suelo (tierra) es mayor de la que se infiltra, lo que ocasiona un aumento en la cantidad de agua que forma la escorrentía ocasionando erosión y arrastres de sólidos.

Así mismo los promedios de los sitios monitoreados del río oscilaron de <1 a 85.777 UNT, donde los **RLV1**, **RLV2**, **RLV3**, **RLV6**, **RLV8** y **RLV10**, fueron los sitios que están fuera de la norma y de CE-CCA-001/89.

En el caso del sitio denominado **RLV4** “*Cascada La Conchuda*” que solo fue monitoreado en una de las tres campañas de monitoreo y del sitio denominado **RLV9** “*Arco del tiempo*”, solo fue monitoreado en dos de las tres campañas de monitoreo. Los valores promedio de estos sitios fueron de <1 y 3.68 UNT, respectivamente, cumpliendo de esta forma con la normatividad vigente antes mencionada.

Las estaciones de muestreo designadas como **RLV1**, **RLV3**, **RLV8** son los sitios en los que se presentaron las concentraciones más elevadas en promedio durante las diferentes campañas de muestreo, indicando que los valores obtenidos no solamente se ven afectados por la temporalidad en la que se llevó a cabo el muestreo; sino que también las actividades antropogénicas que se desarrollan en su entorno modifican la calidad del agua.

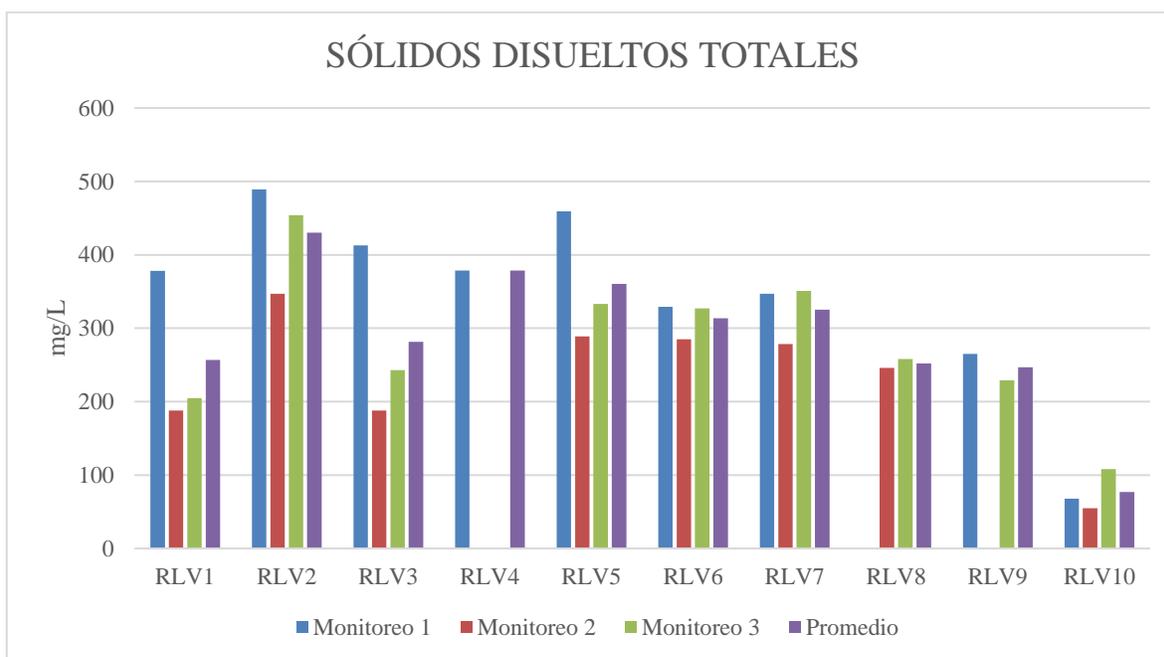
En el caso de las muestras tomadas en los sitios ubicados en lugares de abastecimiento que son **RLV5** “*Fuente de abastecimiento de Llano Grande*” y **RLV7** “*Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo*” los resultados fueron de 4.225 y 1 UNT. Valores que se encuentran dentro del límite permisible al compararse con la NOM-127-SSA1-1994 y Ley Federal de Derechos en Aguas, este resultado cumple con el manejo del agua que se destinada al uso humano.

## XI.2.6. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Tabla 19. Resultados de sólidos disueltos totales obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	378	188	205	257
RLV2	Cueva el Encanto	489	347	454	430
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	413	188	243	281.333
RLV4	Cascada la Conchuda	378.5	NM	NM	378.500
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	459	289	333	360.333
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	329	285	327	313.667
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	347	278.5	351	325.500
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	246	258	252
RLV9	Arco del Tiempo	265	NM	229	247
RLV10	Río Negro	68	55	108	77

NM: Valores no monitoreados.



Gráfica 10. Sólidos disueltos totales.

De acuerdo a la definición de sales disueltas totales, estas son sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en agua y que no son retenidas en el material filtrante. De ahí se dice que las partículas menores de  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$  se clasifican en sales disueltas y su tiempo en decantar va de 80 días hasta 20 años. Aquí radica la importancia de monitorear este parámetro para evaluar la calidad del agua durante las diferentes épocas del año y contar con un perfil del impacto que ha tenido las sales disueltas con respecto al transcurso del tiempo.

El promedio de sólidos disueltos en los diferentes sitios de monitoreo en el presente trabajo, oscilaron en promedio un intervalo de 77 a 430 mg/L, siendo los sitios más impactados los denominados como **RLV2** “*Cueva El Encanto*” y **RLV4** “*Cascada La Conchuda*”, con valores de 430 y 378.5 mg/L respectivamente, quedando por debajo del límite máximo permisible establecido en la NOM-127-SSA1-1994, la cual indica un límite máximo permisible con un valor de 1000 mg/L. Cumpliendo de esta forma con la normatividad vigente antes mencionada.

Para los sitios de abastecimiento **RLV5** “*Fuente de Abastecimiento de Llano Grande*” y **RLV7** “*Tanque de Abastecimiento Unidad Modelo*”, ninguna rebasa el valor límite de 500 mg/L para fuentes de abastecimiento de agua potable y la protección de vida acuática en agua dulce establecidos en CE-CCA-001/89. Así como tampoco rebasan el límite máximo permisible establecido en la NOM-127-SSA1-1994, la cual indica un valor de 1000 mg/L.

## XI.2.7. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Tabla 20. Resultados de sólidos suspendidos totales obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	26	332	115	157.667
RLV2	Cueva el Encanto	7	21	6	11.333
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	9	232	47	96
RLV4	Cascada la Conchuda	9.5	NM	NM	9.500
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	5	11	19	11.667
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	11	23	33	22.333
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	5	7.5	1	4.500
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	124	30	77.000
RLV9	Arco del Tiempo	7	NM	31	19.000
RLV10	Río Negro	6	37	28	23.667

NM: Valores no monitoreados



Gráfica 11. Sólidos suspendidos totales.

Los sólidos suspendidos son los responsables de la turbidez en el agua lo que impide el crecimiento de vegetación natural en ríos, lagos, arroyos, estos mismos alteran la cadena alimenticia natural al destruir el hábitat donde viven los organismos más pequeños y provoca disminuciones de peces así mismo los depósitos de sólidos alteran el caudal de agua y reducen la profundidad de la misma, lo que dificulta el esparcimiento del agua degradando la calidad del agua para el consumo humano y para el suelo que rodea los sitios.

Los valores estudiados durante los tres monitoreos, oscilaron entre 6 a 332 mg/L, registrándose el valor más bajo en los sitios denominados como **RLV2** “Cueva El Encanto” y **RLV10** “Río Negro”, el valor más alto en el sitio denominado como **RLV1** “Puente Las Flores”. Cabe resaltar que durante las campañas de monitoreo el comportamiento observable es el aumento de SST en las mayorías de los sitios evaluados durante la 2da campaña de monitoreo, este se debió posiblemente a los arrastres de contaminantes que suele presentarse en la temporada de lluvia.

Al comparar los valores promedios de los sitios evaluados tanto los que se encuentran ubicados en los ríos, como los que están ubicados en lugares denominados como sitios de abastecimiento, con los criterios antes mencionados podemos concluir que ninguno de los sitios sobrepasa el límite máximo permisible, lo que sugiere que los sitios no han sido impactados de una manera notoria de sólidos suspendidos totales con respecto al paso del tiempo.

Por último, de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 el límite máximo permisible para SST dentro de los Ríos en el rubro de *Protección de vida acuática* es de 60 mg/L, por lo que los sitios **RLV2** “Puente Las Flores”, **RLV4** “Cascada La Conchuda”, **RLV6** “Aguas debajo de Llano Grande”, **RLV9** “Arco del Tiempo” y **RLV10** “Río Negro” se encuentran por debajo de este límite, y los sitios **RLV3** “Antes de la Cascada La Conchuda”, **RLV8** “Río La Venta (Unidad Modelo)” y **RLV1** “Puente las Flores” se encuentran por encima de este límite.

Con respecto a los promedios de los valores de sólidos suspendidos se puede destacar que los únicos que rebasaron con los lineamientos que establece la Ley Federal de Derechos del Agua para la protección de vida acuática de 30 mg/L; son los sitios identificados con **RLV1** “Puente las Flores”, **RLV3** “Antes de la Cascada La Conchuda”, y **RLV8** “Río La Venta (Unidad Modelo)”.

Por último, de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 el límite máximo permisible para SST dentro de los Ríos en el rubro de *Protección de vida acuática* es de 60 mg/L, por lo que los sitios **RLV2** “Puente Las Flores”, **RLV4** “Cascada La Conchuda”, **RLV6** “Aguas debajo de Llano Grande”, **RLV9** “Arco del Tiempo” y **RLV10** “Río Negro” se encuentran por debajo de este límite, y los sitios **RLV3** “Antes de la Cascada La Conchuda”, **RLV8**

“Río La Venta (Unidad Modelo)” y **RLV1** “Puente las Flores” se encuentran por encima de este límite.

Por otra parte, los sólidos suspendidos totales son considerados como indicador de calidad que establece la CONAGUA para evaluar la calidad del agua, de acuerdo a esta clasificación los sitios **RLV2** “Puente Las Flores”, **RLV4** “Cascada La Conchuda”, **RLV6** “Aguas debajo de Llano Grande”, **RLV9** “Arco del Tiempo” y **RLV10** “Río Negro” se encuentran catalogados en Excelente (no contaminada), los sitios **RLV3** “Antes de la Cascada La Conchuda” y **RLV8** “Río La Venta (Unidad Modelo)” se encuentran catalogados en Aceptable revelando que existe indicio de contaminación y con capacidad de autodepuración, mientras que en el sitio **RLV1** “Puente las Flores” se encuentra catalogado en Contaminada indicándonos que las Aguas superficiales del sitio tienen aporte de descargas de aguas residuales crudas de origen antropogénico.

En el caso de las muestras tomadas en los sitios ubicados en lugares de abastecimiento que son **RLV5** “Fuente de abastecimiento de Llano Grande” y **RLV7** “Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo” los resultados fueron de 11.667 y 4.5 mg/L, encontrándose estos valores dentro del límite máximo permisible que se indica en CE-CCA-001/89 y por la Ley Federal de Derecho en Aguas que establece como lineamiento de 50 mg/L. Los valores obtenidos en estos sitios se clasifican en Excelente Calidad según la ponderación de la CONAGUA.

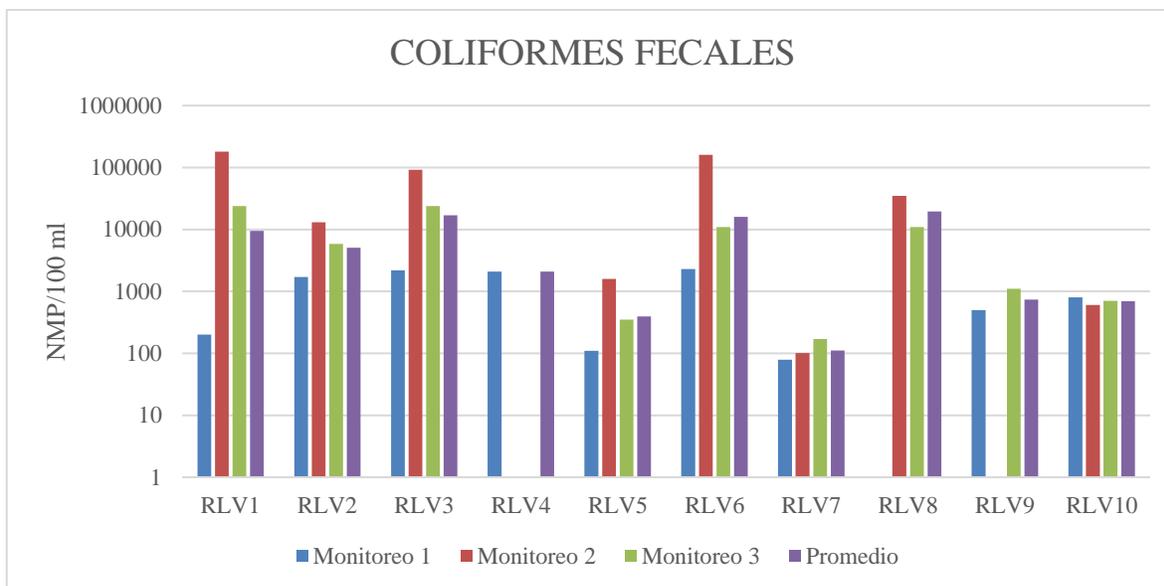
## XI.3. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

### XI.3.1. COLIFORMES FECALES

*Tabla 21. Resultados de COLIFORMES FECALES (NMP/100 ML) obtenidos en los sitios monitoreados de la Reserva De La Biosfera El Ocote*

COLIFORMES FECALES (NMP/100 ML)					
Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	Puente las Flores	200	≥180000	24000	9524
RLV2	Cueva el Encanto	1700	13000	5856	5058
RLV3	Antes de la cascada la Conchuda	2200	92000	24000	16936
RLV4	Cascada la Conchuda	2100	NM	NM	2100
RLV5	Fuente de abastecimiento de llano Grande	110	1600	350	395
RLV6	Aguas abajo de Llano Grande	2300	160000	11000	15937
RLV7	Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo	79	101	170	111
RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	35000	11000	19621
RLV9	Arco del Tiempo	500	NM	1100	742
RLV10	Río Negro	800	600	700	695

- Valores no monitoreados
- El promedio fue usando MEDIA.GEOM



Gráfica 12. Coliformes fecales

Los valores obtenidos de coliformes fecales nos dan una media geométrica de 695 NMP/100 mL hasta 16936 NMP/100 mL de los puntos **RLV10** “Río Negro” y **RLV3** “Antes de la Cascada La Conchuda” respectivamente. Sin embargo, en la primera campaña se registró los valores de coliformes más bajos de las tres campañas, esto se considera que es debido a la temporada de estiaje, ya que no existen escurrimientos que lleven heces provenientes de los organismos de sangre caliente. Es importante mencionar que los únicos sitios que no cumplieron con la normatividad fueron: **RLV2** “Puente Las Flores”, **RLV3** “Antes de la Cascada La Conchuda”, **RLV4** “Cascada La Conchuda” y **RLV6** “Aguas debajo de Llano Grande”. Por otro lado, en la gráfica 12, se aprecia que en el segundo muestreo se detectaron los valores más altos de coliformes, este fenómeno se da como típico de la temporada de lluvias donde existe escurrimiento de aguas que llegan a los sitios evaluados con sólidos y con bacterias. Para esta campaña el único sitio que cumplió tanto con la NOM-001 SEMARNAT- 1996 como la Ley Federal de Derechos fue el sitio identificado como Río Negro.

Con respecto a la media geométrica; los sitios identificados como; **RLV9** “Arco del Tiempo” y **RLV10** “Río Negro” cumplen con los lineamientos de la Ley Federal de Derechos y del límite que establece la NOM-001 SEMARNAT- 1996 de 2000 NMP/100mL de promedio diario, indicándonos que los sitios el impacto por coliformes no se ve marcada actualmente.

Mientras que los demás puntos lo sobrepasan dicho límite; esto se debe a las actividades antropogénicas que acompañan al río; al igual que se observa en la gráfica anterior que mientras avanza el río se va disminuyendo los coliformes fecales y en el sitio **RLV6** “Aguas debajo de Llano Grande” hay un incremento infiriendo que este aporte es debido a la comunidad rural que se encuentra cerca de ese punto.

Para las fuentes de abastecimiento la media geométrica fue de 111 NMP/ 100 mL para el punto denominado **RLV7** “*Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo*” y 395 NMP/ 100 mL para **RLV5** “*Fuente de abastecimiento de Llano Grande*”, CE-CCA-001/89 y la Ley de Derechos en Agua establecen un límite 1000 NMP/ 100 mL para fuentes de abastecimiento de agua potable; el cumpliendo con estos lineamientos es de importancia sanitaria, garantizando el uso de estas fuentes de abastecimientos.

#### XI.4. RESULTADOS Y DISCUSIONES DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

La contaminación de los recursos acuáticos superficiales actualmente define la necesidad del desarrollo de criterios conceptuales y empíricos para su evaluación rápida. De esa manera, los denominados Índices de Calidad del Agua (ICA), representan una herramienta que sintetiza la calidad del agua en función de ecuaciones predictivas, obtenidas a partir de un conjunto seleccionado de variables provenientes de los ambientes acuáticos. Estos índices están basados en indicadores físicos, químicos y biológicos y han sido protocolizados por diferentes agencias ambientales. Son adecuados para una evaluación rápida y permiten informar en general sobre el estado ecológico de los cuerpos de agua.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100%. (SEMAHN, 2017)

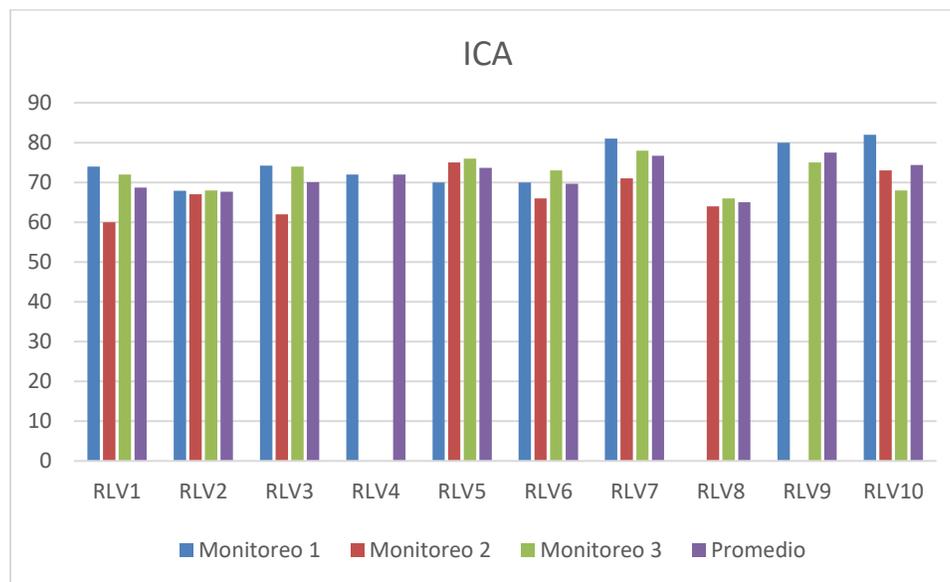
A continuación, se presentan los índices de Calidad de agua obtenidos en los diferentes sitios de muestreo en la Reserva de la Biosfera Selva el Ocote.

Tabla 22. Índices de Calidad de Agua

Clave del sitio	Sitio de muestreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Promedio
RLV1	<i>Puente las Flores</i>	74	60	72	68.67
RLV2	<i>Cueva el Encanto</i>	67.92	67	68	67.64
RLV3	<i>Antes de la cascada la Conchuda</i>	74.17	62	74	70.06
RLV4	<i>Cascada la Conchuda</i>	72	NM	NM	72.00
RLV5	<i>Fuente de abastecimiento de llano Grande</i>	70	75	76	73.67
RLV6	<i>Aguas abajo de Llano Grande</i>	70	66	73	69.67
RLV7	<i>Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo</i>	81	71	78	76.67

RLV8	Río La Venta (Unidad Modelo)	NM	64	66	65.00
RLV9	Arco del Tiempo	80	NM	75	77.50
RLV10	Río Negro	82	73	68	74.33

NM: Valores no monitoreados



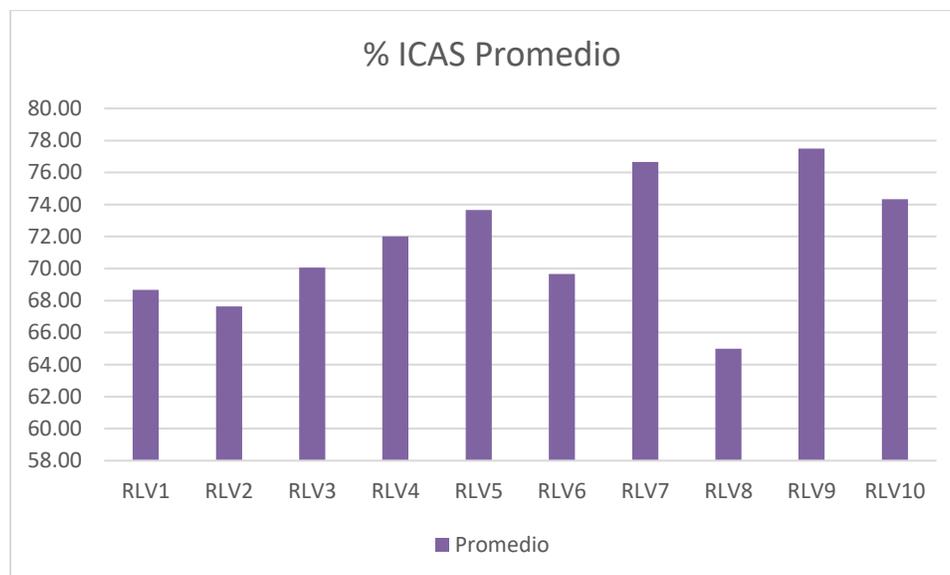
Gráfica 13. Índice de Calidad del Agua

El índice de calidad del agua se calculó en el presente estudio con los valores obtenidos dentro del laboratorio de estos 9 parámetros (Diferencia de temperatura, DBO, Oxígeno disuelto, Fosforo, Nitratos, Sólidos disueltos, Turbiedad, pH, Coliformes fecales) representando sus características físicas, químicas y biológicas.

Con respecto a los ICAS obtenidos en la primera campaña en los cuerpos hídricos monitoreados se pudo observar una relación de 6/7 que registraron con un ICA de calidad **Acceptable**, mientras que se presentó una relación de 1/7 con una calidad dentro de la categoría **Poco Contaminado**. Cabe aclarar que en este periodo de muestreo se dio en tiempo de secas infiriendo que no existen corrientes que pudieran estar alterando la calidad de agua en los diferentes sitios monitoreados.

Caso contrario se registró en el segundo muestreo; debido a que se invirtieron las relaciones de los ICAS y en esta campaña solamente se mantuvo el sitio denominado **RLV10** "Río Negro" que se catalogó en **Acceptable**, a pesar que su ICA bajó ligeramente a 73, mientras que el resto se fue a poco contaminado, a este descenso del ICA se le atribuye a la temporada de lluvias, principalmente por las escorrentías.

En la tercera campaña, las lluvias son escasas y se refleja en los valores del ICA donde ya se empiezan a regularizar los valores tal como se aprecia en el grafico 13.



*Gráfica 14. Promedio de Índice de Calidad del Agua*

Con respecto a los promedios del ICA; estos oscilaron en un intervalo que va de 60 a 82 %, clasificándose en **Aceptable** a **Poco Contaminado**; aclarando que 4 sitios que resultaron tener una Calidad Aceptable de acuerdo al valor de su ICA, fueron los sitios; RLV3 “**Antes de la Cascada La Conchuda**”, RLV4 “**Cascada La Conchuda**”, RLV9 “**Arco del Tiempo**” y RLV10 “**Rio Negro**”, estos sitios se localizan a una distancia retirada de las comunidades.

Mientras que para los sitios **RLV5** “*Fuente de abastecimiento de Llano Grande*” y **RLV7** “*Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo*” tienen un ICA promedio fue de 73.7 y 76.67 respectivamente, clasificándose en **Aceptable**. Para el uso de aguas potables no requiere de un tratamiento de potabilización, sin embargo, es necesario darle un tratamiento previo antes de su consumo como puede ser hervirla o clorarla. Cabe aclarar que durante los tres monitoreos los valores del ICA fueron muy similares indicándonos que su calidad es confiable y que es independiente de la temporada debido a que los tanques están bien protegidos de eventualidades.

## XII. ACTIVIDADES SOCIALES REALIZADAS EN LA EMPRESA O INSTITUCIÓN (SI ES EL CASO)

---

La Dirección de Gestión, Investigación y Educación Ambiental pone a su alcance los siguientes servicios, con el fin de generar conocimiento, acciones y participación a favor del medio ambiente. De los cuales usted puede seleccionar aquel que se amolde a sus propósitos o necesidades.

### Pláticas

<b>Modalidad</b>	Pláticas: Es una de las actividades más solicitadas por los diversos grupos. De una manera sencilla y contextualizada al nivel de los participantes se da información sobre algún tema ambiental en particular.
<b>Propósito</b>	Que los participantes amplíen sus conocimientos sobre el entorno próximo y los problemas que enfrenta.
<b>Destinatario</b>	Alumnos de nivel básico, medio o superior, docentes, grupos civiles o religiosos, así como a instituciones gubernamentales.
<b>No. máximo de participantes</b>	30 personas
<b>Días</b>	Lunes a viernes en un horario de 09.00 – 14:00 horas
<b>Duración</b>	60 minutos aproximadamente
<b>No. de sesiones</b>	Una sesión
<b>Material didáctico</b>	- Presentación en power point - Rotafolios - Vídeos
<b>Lugar</b>	Existen dos opciones: * En las aulas de la DGIEA o del ZOOMAT * En el espacio físico que proporcione el solicitante
<b>Temas</b>	* El agua * Los suelos * Biodiversidad de Chiapas * Especies en riesgo * Animales con mala fama * Bienes y servicios ambientales de los bosques * Problemas ambientales * Cambio climático * Residuos sólidos * Consumo responsable * Crisis de civilización

## Conferencias

---

<b>Modalidad</b>	Las conferencias: generalmente son exposiciones sobre temas ambientales, ofrecen la posibilidad no solo de comprender, sino de asimilar en muchos casos el tema ambiental que se esté abordando.
<b>Propósito</b>	Que los participantes amplíen sus conocimientos sobre el entorno próximo y los problemas que enfrenta.
<b>Destinatario</b>	Alumnos de nivel medio y superior
<b>No. máximo de participantes</b>	100 personas
<b>Días</b>	Lunes a viernes en un horario de 09.00 – 14:00 horas
<b>Duración</b>	90 minutos máximo
<b>No. de sesiones</b>	Una sesión
<b>Material didáctico</b>	- Presentación en power point
<b>Lugar</b>	* En el espacio físico que proporcione el solicitante
<b>Temas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>* El agua</li><li>* Los suelos</li><li>* Biodiversidad de Chiapas</li><li>* Especies en riesgo</li><li>* Animales con mala fama</li><li>* Bienes y servicios ambientales de los bosques</li><li>* Problemas ambientales</li><li>* Cambio climático</li><li>* Residuos sólidos</li><li>* Consumo responsable</li><li>* Crisis de civilización</li><li>* Agricultura sustentable</li><li>* La influencia de la publicidad en nuestros hábitos de consumo</li></ul>

## Recorridos de Interpretación Ambiental

<b>Modalidad</b>	Recorridos de Interpretación Ambiental: Es un recorrido guiado que se realiza por los andadores y espacios del ZOOMAT, así como en algunos senderos de la Reserva El Zapotal.
<b>Propósito</b>	Destinatario Alumnos de nivel básico, medio o superior, docentes, grupos civiles o religiosos, así como a instituciones gubernamentales.
<b>Destinatario</b>	Alumnos de nivel básico, medio o superior, docentes, grupos civiles o religiosos, así como a instituciones gubernamentales.
<b>No. máximo de participantes</b>	15 personas
<b>Días</b>	Lunes a viernes en un horario de 09.00 – 14:00 horas
<b>Duración</b>	120 minutos máximo
<b>No. de sesiones</b>	Una sesión
<b>Material didáctico</b>	Se utilizan los diversos sentidos durante el recorrido
<b>Lugar</b>	- Andadores del ZooMAT - Senderos de la Reserva El Zapotal
<b>Temas</b>	* El agua * Los suelos * Biodiversidad de Tuxtla Gutiérrez * Ecosistemas de Chiapas * Especies en riesgo * Bienes y servicios ambientales de los bosques * Problemas ambientales * Cambio climático * Residuos sólidos * El Huerto

## Teatro Guiñol

---

<b>Modalidad</b>	El teatro guiñol: o teatro de títeres facilita la comprensión de los temas ambientales, convirtiéndose en un instrumento que facilita la interacción social entre el interlocutor y el público.
<b>Propósito</b>	Que el participante se sensibilice sobre la degradación del planeta debido a la actividad humana.
<b>Destinatario</b>	Alumnos de nivel básico, medio o superior, docentes, grupos civiles o religiosos, así como a instituciones gubernamentales.
<b>No. máximo de participantes</b>	50 personas
<b>Días</b>	Lunes a viernes en un horario de 09.00 – 14:00 horas
<b>Duración</b>	30 minutos máximo
<b>No. de sesiones</b>	Una sesión
<b>Material didáctico</b>	- Guiñoles o títeres - Teatrino
<b>Lugar</b>	Existen dos opciones: * En las aulas de la DGIEA o del ZOOMAT * En el espacio físico que proporcione el solicitante
<b>Temas</b>	* ¿Y si no fuera un cuento? Tema: Consumismo

---

## Eventos Ambientales

---

<b>Modalidad</b>	Eventos ambientales: son aquellas actividades que están realizadas en el marco de días de relevancia ambiental. La idea central es mostrar que el ser humano vive en relación con su medio, y que sin este medio no puede sobrevivir. De esto se sigue que el respeto por otras formas de vida, y por el planeta tiene que ser la primera consideración a la hora de tomar cualquier tipo de decisiones.
<b>Propósito</b>	Que los participantes a partir de diversas actividades se informen de la situación ambiental y los motive a actuar.
<b>Destinatario</b>	Alumnos de nivel medio o superior, docentes, grupos civiles o religiosos, así como a instituciones gubernamentales.
<b>No. máximo de participantes</b>	Equipos de 10 participantes por actividad
<b>Días</b>	Lunes a viernes en un horario de 09.00 – 14:00 horas
<b>Duración</b>	20 minutos aproximadamente por grupo
<b>No. de sesiones</b>	Una sesión
<b>Material didáctico</b>	- Stand - Actividades ludodidácticas - Display - Lonas informativas
<b>Lugar</b>	Existen dos opciones: * En las instalaciones del ZOOMAT * En el espacio físico que proporcione el solicitante
<b>Temas</b>	* Día Mundial de la Educación Ambiental (26 de enero) * Día Mundial del Agua (22 de marzo) * Día Mundial de la Tierra (22 de abril) * Día Mundial de la Biodiversidad (22 de mayo) * Día Mundial del Medio Ambiente (5 de junio) * Día Mundial de la Alimentación (16 de octubre) * Día Mundial del Suelo (5 de diciembre)

---

## Talleres

<b>Modalidad</b>	Talleres: En esta actividad educativa donde se aprende haciendo, han sido confeccionados para desarrollarse en la aplicación, actualización y profundización de diversas temáticas ambientales. Una vía para lograrlo es mediante el desarrollo de actividades recreativas y científico-técnico organizadas de forma sistemática. Estas actividades se desarrollan con el fin de motivar los intereses cognitivos de los participantes.
<b>Propósito</b>	Promover en los participantes el respeto, amor e interés por nuestro mundo y contribuir a la formación de ciudadanos responsables, capaces de convivir en armonía con la naturaleza.
<b>Destinatario</b>	Alumnos de nivel medio o superior, docentes, grupos civiles o religiosos, así como a instituciones gubernamentales.
<b>No. máximo de participantes</b>	25 personas
<b>Días</b>	Lunes a viernes en un horario de 09.00 – 14:00 horas
<b>Duración</b>	5 horas
<b>No. de sesiones</b>	Una sesión
<b>Material didáctico</b>	- Plática - Actividades ludodidácticas - Recorridos guiados
<b>Lugar</b>	Existen dos opciones: * En las aulas de la DGIEA o del ZOOMAT * En el espacio físico que proporcione el solicitante
<b>Temas</b>	* El agua * Los suelos * Biodiversidad de Chiapas * Especies en riesgo * Bienes y servicios ambientales de los bosques * Problemas ambientales * Cambio climático * Residuos sólidos * Consumo responsable * Crisis de civilización

---

**Modalidad** Talleres: En esta actividad educativa donde se aprende haciendo, han sido confeccionados para desarrollarse en la aplicación, actualización y profundización de diversas temáticas ambientales. Una vía para lograrlo es mediante el desarrollo de actividades recreativas y científico-técnico organizadas de forma sistemática. Estas actividades se desarrollan con el fin de motivar los intereses cognitivos de los participantes.

---

- \* Construyendo un ambiente laboral sano
  - \* Huertos Urbanos
  - \* Elaboración de abonos orgánicos
  - \* Control natural de plagas y enfermedades
-

## XIII. CONCLUSIONES DE PROYECTO, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA PERSONAL ADQUIRIDA

### XIII.1 CONCLUSIONES

#### XIII.1.1 SITIOS DEL RÍO

El presente estudio es de suma importancia ya que los valores de los 13 parámetros evaluados (Temperatura del agua, pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Materia Flotante, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Nitratos, Fósforo, Turbiedad, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendedos Totales, Coliformes fecales) podrán ser utilizados como referencia para establecer una línea base que se podrá utilizar en estudios posteriores en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote.

Todos los parámetros se compararon con las normas mexicanas regulatorias (NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-127-SSA1-1994) así como criterios ecológicos (CE-CCA-001/89); excepto la Conductividad y DQO debido a que no se encuentran normalizadas sin embargo se toman en cuenta para el análisis de este estudio.

En cuanto a la NOM-001-SEMARNAT-1996, con respecto a la Temperatura, DBO y Fósforo (PO<sub>4</sub>); los valores obtenidos de los sitios evaluados cumplieron los límites establecidos de la norma. Caso contrario con Materia Flotante donde se registró presencia de esta en los sitios **RLV1** “*Puente Las Flores*” y **RLV6** “*Aguas Abajo de Llano Grande*”. En el caso de los Sólidos Suspendedos Totales los sitios que rebasaron el límite establecido por la norma fueron; **RLV1** “*Puente las Flores*”, **RLV3** “*Antes de la Cascada La Conchuda*” y **RLV8** “*Río La Venta (Unidad Modelo)*”. Cabe destacar que en el parámetro de Coliformes fecales la mayoría de los sitios evaluados no cumplieron con la norma; estos sitios fueron: **RLV1** “*Puente las Flores*”, **RLV2** “*Cueva el Encanto*”, **RLV3** “*Antes de la Cascada La Conchuda*”, **RLV4** “*Cascada La Conchuda*”, **RLV6** “*Aguas Abajo de Llano Grande*” y **RLV8** “*Río La Venta (Unidad Modelo)*”.

En cuanto a la NOM-127-SSA1-1994, con respecto a los Nitratos y Sólidos disueltos; los valores obtenidos de los sitios evaluados cumplieron los límites establecidos tanto de la norma como de criterios ecológicos. Por otro lado, con respecto a pH solo el sitio codificado **RLV2** “*Cueva El Encanto*” sobrepasa el límite máximo permisible de dicha norma y de acuerdo a Turbiedad los únicos puntos que cumplen con la norma son **RLV4** “*Cascada La Conchuda*” y **RLV9** “*Arco del Tiempo*”.

En cuanto a los Criterios ecológicos (CE-CCA-001/89), dentro del rubro “Protección de la vida acuática” para aguas dulces; los sitios **RLV1** “*Puente Las Flores*”, **RLV3** “*Antes de la cascada la Conchuda*” y **RLV8** “*Río La Venta (Unidad Modelo)*” no cumplieron con el límite establecido para fósforo, con respecto de materia flotante y Coliformes fecales, los

sitios evaluados que no cumplieron con los Criterios ecológicos coinciden con los que no cumplieron con la norma NOM-001-SEMARNAT-1996. Cabe destacar que, para los parámetros de Turbiedad, Sólidos Suspendidos y Temperatura se requiere conocer las condiciones naturales de los sitios evaluados, debido a que estas condiciones se desconocen, los parámetros no se compararon.

### XIII.1.2. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

En el caso de las aguas potables de los sitios: **RLV5** “*Tanque de Abastecimiento Unidad Modelo*” y **RLV7** “*Fuente de Abastecimiento Llano Grande*”; estos cumplieron con los límites establecidos de; Nitratos, Turbiedad, pH y Sólidos Disueltos por la NOM-127-SSA1-1994 (Agua y Uso para consumo Humano) y CE-CCA-001/89 (Fuente abastecimiento de Agua potable) y la Ley Federal de Derechos de Agua, por lo que se puede considerar que si es apta para consumo humano. Sin embargo, también se analizó DBO, y este parámetro se comparó con NOM-001-SEMARNAT-1996 cumpliendo con los límites establecidos para la Protección de la vida acuática, sin embargo, dicho parámetro carece de relevancia para este tipo de aguas.

El Índice de Calidad del Agua en promedio de los sitios: **RLV1** “*Puente las Flores*” (68.67), **RLV2** “*Cueva el Encanto*” (67.64), **RLV3** “*Antes de la cascada la conchuda*” (70.06), **RLV6** “*Aguas abajo de llano Grande*” (69.67) y **RLV8** “*Río La Venta (Unidad Modelo)*” (65); se clasificaron en Poco Contaminado; indicándonos que este tipo de calidad de agua está en el límite para peces muy sensitivos además en el caso del uso recreativo se recomienda restringir los deportes de inmersión, debido a la posibilidad de presencia de bacterias, sin embargo se puede emplear en el riego de cultivos.

En el caso de **RLV4** “*Cascada la conchuda*” (72.06), **RLV9** “*Arco del Tiempo*” (77.5) y **RLV10** “*Río Negro*” (74.3), estos sitios; se catalogaron en aguas Aceptables, por lo que se recomienda para la pesca y es apta para cualquier tipo de deportes acuáticos

El valor promedio que se obtuvo del ICA fue en Aceptable para los sitios de las Fuentes de Abastecimiento; **RLV7** “*Fuente de Abastecimiento Llano Grande*” (73.67) y **RLV5** “*Tanque de Abastecimiento Unidad Modelo*” (76.67) dichos valores calculados nos indican que para el rubro de agua potable se requiere una purificación menor requerida y que no requiere un tratamiento de potabilización.

## XIII.2. RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos se demuestra que existen actividades antropogénicas en la zona que afectan la calidad del agua, por lo que se hace necesario enlistar las siguientes recomendaciones a fin de reducir los niveles de contaminación encontrados.

- 1.- Realizar campañas de limpieza dentro de la Reserva, para evitar que, durante la temporada de lluvias, los residuos sólidos sean arrastrados hacia los ríos.
- 2.- Con la finalidad de evitar la llegada de aguas negras a los ríos, es importante contar con servicio de drenaje en la población que habitan dentro de la Reserva.
- 3.- Sensibilizar a la población del daño que están ocasionando al Río, mediante cursos y talleres de educación ambiental, puesto que toda la contaminación generada y vertida al río no solo afecta a la calidad de sus aguas, sino también a la calidad de vida de los habitantes, ya que son los más susceptibles para presentar enfermedades típicas de un sitio contaminado, como infecciones gastrointestinales generadas por parásitos, virus y/o bacterias provenientes de esta fuente de infección.
- 4.- Este documento es una herramienta para tener una línea base ambiental de los sitios monitoreados de Río La Venta y Río Negro durante su paso por la mancha urbana y agrícola, por lo tanto, es de suma importancia continuar con el monitoreo permanente de estos ríos para continuar con la evaluación del recurso hídrico.
- 5.- En cuanto a los sitios de abastecimiento, tales como: **RLV5** “*Tanque de Abastecimiento Unidad Modelo*” y **RLV7** “*Fuente de Abastecimiento Llano Grande*” tomando en cuenta los resultados se recomienda hervir o clorar el agua, o en su defecto establecer una planta de purificación para garantizar el consumo humano de este recurso y procurar el correcto cumplimiento de la NOM-230-SSA1-2002.

## XIII.3. EXPERIENCIA PERSONAL ADQUIRIDA

### XIII.3.1 SALIDAS DE CAMPO

Con el objetivo de evaluar la calidad del agua de los cuerpos hídricos de la Reserva de La Biosfera Selva El Ocote; se realizaron muestreos en varios sitios a lo largo del cauce de dos de sus principales ríos: Río La Venta y Río Negro. Dichos puntos son 10 y llevan por nombre: Puente Las Flores, Cueva el Encanto, Antes de la Cascada la Conchuda, Cascada la Conchuda, Fuente de abastecimiento de Llano Grande, Aguas debajo de Llano Grande, Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo, Río La Venta (Unidad Modelo), Arco Del Tiempo, Río Negro. El salir de campo incluye la recolección de muestras puntuales de agua y el análisis de los siguientes parámetros:

- pH

Los métodos electrométricos están basados en la medición de la diferencia de potencial de una celda electroquímica, la cual consta de dos medias celdas, la primera consiste en un electrodo de medición y la segunda en un electrodo de referencia. El potencial del electrodo de medición es una función de la actividad del ion hidrógeno de la disolución de medición.

Para el análisis de este parámetro se requiere calibrar el potenciómetro en 3 valores, los cuales son: 4, 7 y 10 UpH. Una vez que el equipo está calibrado se lee el pH de cada muestra por triplicado.

- Temperatura.

Las temperaturas elevadas en el agua pueden ser indicadores de actividad biológica, química y física, lo anterior tiene influencia en los tratamientos y abastecimientos para el agua, así como en la evaluación limnológica de un cuerpo de agua, por lo que es necesario medir la temperatura como un indicador de la presencia de compuestos y contaminantes, a través del método de prueba que se establece en la presente norma mexicana.

El valor de temperatura es un criterio de calidad del agua para la protección de la vida acuática y para las fuentes de abastecimiento de agua potable, es también un parámetro establecido como límite máximo permitido en las descargas de aguas residuales y una especificación de importancia en los cálculos de balance de energía y de calor de los procesos industriales

- Conductividad eléctrica.

Determinada mediante el recíproco de la resistencia medida bajo condiciones específicas, entre las caras opuestas de una unidad de cubo de dimensiones definidas, en una disolución acuosa. Para el análisis de la calidad del agua, ésta se expresa a menudo como "conductividad electrolítica" y puede ser utilizada como una medida de la concentración de solutos ionizables presentes en la muestra.

Se expresa en las unidades de siemens por metro (S/m) o unidades equivalentes como microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

La conductividad eléctrica se puede utilizar para supervisar la calidad de

- a) Las aguas naturales.
- b) Aguas de proceso en plantas de tratamiento.

c) Aguas residuales.

La medición es directa en disoluciones acuosas, utilizando un equipo y/o instrumento que cumpla con las características específicas. La conductividad eléctrica es una medida de la corriente conducida por los iones presentes en el agua ("fenómeno de los conductores de segundo tipo"), y depende de:

- a) Concentración de los iones;
- b) Naturaleza de los iones;
- c) Temperatura de la disolución.

- Oxígeno disuelto.

La concentración de oxígeno es relevante en el control de la calidad de las aguas, siendo su presencia y concentración esencial para sustentar las formas superiores de vida, como también para evaluar los efectos de potenciales agentes contaminantes, principalmente por el balance de oxígeno en el sistema.

En el método electrométrico los electrodos de membrana sensible al oxígeno, ya sean galvánicos o polarizados están constituidos por dos electrodos de metal en contacto con un electrolito soporte, separado de la disolución de muestra por medio de una membrana selectiva. En el cátodo, ocurre la reducción del oxígeno mientras que en el ánodo ocurre la oxidación del metal.

### XIII.3.2. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

- Nitratos

Como primer paso se acondiciona el material, posteriormente en tubos de ensayos se agrega las muestras, cloruro de sodio, solución ácida y por último se adiciona brucina como indicador, se digiere en baño maría digestión en húmedo, se deja reposar los tubos digeridos a temperatura ambiente y se lee en el espectrofotómetro UV.

- Fósforo Total

Se trabaja con muestras previamente preservadas en campo, donde como primer punto se acondiciona el material con solución ácida, para posteriormente verter a un frasco de dilución la muestra, se agrega ácido y persulfato de potasio, se mete a digerir en la autoclave por un tiempo de 30 minutos. Se deja reposar a temperatura ambiente, se colocan unas gotas de fenolftaleína como un indicador se neutraliza, se acidifica, se agrega cloruro estano y se realiza la lectura en el espectrómetro UV.

- SST

Los sólidos en suspensión son partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua. La concentración de sólidos en suspensión es un valor utilizado como uno de los indicadores de la calidad del agua. Todos los sólidos en suspensión se pueden eliminar del agua mediante la filtración; sin embargo, si los sólidos en suspensión tienen una densidad mayor que el agua, estas partículas se pueden eliminar también por sedimentación, si la turbulencia del agua es mínima.

- ST

Se prepara material (capsula) a peso constante, se agrega la muestra que va depender del volumen de dichas capsulas y se lleva el horno para posteriormente pesarlas y así poder llegar a peso constante.

- SDT

Los sólidos disueltos totales (TDS por sus siglas en inglés de total dissolved solids) son la cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos, como metales, minerales e iones, disueltos en un volumen particular de agua. Cuando un solvente, como el agua, encuentra material soluble, las partículas del material son absorbidas por el agua.

El TDS en el agua puede provenir de casi cualquier lugar, incluidos minerales en manantiales de una fuente de agua y pozos, se produce en condiciones naturales cuando el agua se mueve a través de rocas como la piedra caliza y la tiza que consisten en minerales como el carbonato de calcio y el carbonato de magnesio.

- Turbiedad

La turbidez es la dificultad del agua, para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. La turbidez nos da una noción de la apariencia del agua.

La turbidez puede impactar los ecosistemas acuáticos al afectar la fotosíntesis (limita el paso de la luz solar), respiración y la reproducción de la vida acuática. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

Para la determinación de este parámetro se trabaja con muestras preservadas a 4 grados previamente, se calibra previamente el turbidímetro y una vez calibrado se lee la muestra previamente homogenizada por triplicado.

- DBO

Se prepara agua de dilución, se ajusta el pH a las muestras y se vierte en frascos especiales para cada muestra se realizan 3 disoluciones diferentes con el inoculó, se calibra el oxímetro, se toman lecturas, para posteriormente incubar a 20 °C por 5 días. Al término del tiempo se vuelve a leer la muestra y se realiza cálculos.

- DQO

La demanda química de oxígeno (DQO) del agua, medida a través de este método del dicromato, puede ser considerada como una medida aproximada de la demanda teórica de oxígeno, por ejemplo: la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación química total de constituyentes orgánicos a productos inorgánicos finales. El grado en el cual los resultados de prueba se aproximan al valor teórico depende principalmente de qué tan completa es la oxidación. Este método se basa en que la concentración de la masa de oxígeno equivalente a la cantidad de dicromato consumida por la materia disuelta y suspendida cuando una muestra de agua se trata con este oxidante bajo condiciones definidas.

### XIII.3.3. PARAMETRO MICROBIOLÓGICO

- Coliformes fecales

En la norma mexicana NMX-AA-042-SCFI-2015 se establece que la presencia y el grado de contaminación fecal es un factor importante en la evaluación de la calidad de un cuerpo de agua. Examinar muestras de agua para detectar presencia de organismos del grupo de las bacterias coliformes<sup>1</sup> (los cuales normalmente habitan el intestino humano y de otros animales de sangre caliente), provee un indicador de contaminación. Ya que la habilidad de algunos organismos miembros del grupo de las bacterias coliformes de sobrevivir en el agua es limitada, su cantidad puede también ser utilizada para estimar el grado de contaminación fecal reciente.

El principio que sigue es el siguiente: Inoculación de alícuotas de muestra, diluida o no diluida, en una serie de tubos en medio líquido selectivo conteniendo lactosa. Examen de los tubos después de 24 h y de 48 h incubados a 35 °C ± 0,5 °C. Subcultivo de cada tubo que muestre turbidez y producción de gas en un medio confirmativo más selectivo y, cuando se busca E. Coli se subcultiva en un medio donde pueda ser demostrada la formación de indol. Incubación de estos medios confirmativos por un periodo de 24 h a 48 h ± 3 h ya sea a 35 °C ± 0,5 °C para la enumeración de organismos coliformes y de 44,5 °C ± 0,2 °C por 22 h a 26 h para organismos coliformes termotolerantes y E. coli. Mediante tablas estadísticas, cálculo del número más probable (NMP) de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y E. Coli expresadas como contenidas en 100 mL de la muestra a partir del número de tubos positivos en los resultados confirmativos

#### XIV. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

---

- Colabora en equipos interdisciplinarios y multiculturales en su ámbito laboral, con actitud innovadora, espíritu crítico, disposición al cambio y apego a la ética profesional.
- Utiliza las tecnologías de la información y comunicación como herramientas en la construcción de soluciones a problemas de ingeniería y difundir conocimiento científico y tecnológico.
- Se comunica de forma oral y escrita en el ámbito laboral de manera expedita y concisa.
- Demuestra actitudes de superación continúa para lograr metas personales y profesionales con pertenencia y competitividad.

## XV. FUENTES DE INFORMACIÓN

---

Breedlove, D.E. 1981. Flora Of Chiapas. Part 1. Introduction To The Flora Of Chiapas. California Academy Of Sciences. San Francisco, California, U.S.A. 35pp

Castillo S., M.A., García-Gil, G., March, I.J., Fernández, J.C., Valencia, E., Osorio, M. Y A. Flamenco, 1998. Diagnóstico Geográfico Y Cambios De Uso Del Suelo En La Selva El Ocote, Chiapas. Informe Final. El Colegio De La Frontera Sur-Fondo Mundial Para La Naturaleza Wwf México, Biodiversity Support Program, U.S. Aid. San Cristóbal De Las Casas, Chiapas, México, 121 Pp. + Anexo Cartográfico

Comisión Nacional del Agua. (2005). Ley Federal de Derechos:(disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales): 2005. Comisión Nacional del Agua.

Cuaron O. A.D. 1991. Conservación De Los Primates Y Sus Hábitat En El Sur De México. Tesis De Maestría. Sistemas De Estudio De Postgrado. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. 113 Pp.

Howell, S.N.G. Y Webb, S. (1995) A Guide To The Birds Of México And Northern Central America. Oxford Universidad Press, Oxford, 851 P.

Ihn. 1993. *Zona De Protección Forestal Y Fáunica Selva El Ocote, Plan Operativo 1993*. Departamento De Áreas Naturales, Ihn, Gobierno Del Estado De Chiapas.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s/f). Marco geoestadístico - Catálogo único de claves de áreas geoestadísticas estatales, municipales y localidades. Org.mx. Recuperado el 10 de enero de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/app/ageeml/>

Leopold S. 1950. Tipos De Vegetación De México

María Teresa Fernández Instituto Cubano De Investigaciones De Los Derivados De La Caña De Azúcar (Icidca) E.Mail: Maritere.Fernandez@Icidca.Edu.Icidca No. 1, 2007

Miranda F 1952. La Vegetación De Chiapas. Parte 1 Y2 Edic. 2ª. Ediciones De Gobierno Del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Pp. 225

Miranda F. 1952. La Selva El Ocote. Publicaciones Ateneo De Chiapas. Tuxtla Gtz. Pp.15

Miranda F. Y Hernández X. 1963. Los Tipos De Vegetación En México Y Su Clasificación. Boletín De La Sociedad Botánica De México No. 28. Geografía Agrícola Uach. México 41-55 Pp.

Mulleried F.K.G. 1957. La Geología De Chiapas. Gobierno Constitucional Del Estado Del Estado De Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 180 Pp.

NMX-AA-007-SCFI-2013. Análisis de agua - Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela la NMX-AA-007-SCFI-2000). Recuperado el 10 de enero de 2023, de [http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa007-2014\\_01.pdf](http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa007-2014_01.pdf)

NMX-AA-008-SCFI-2016 ANÁLISIS DE AGUA. Análisis de agua - Medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba- (cancela a la NMX-AA-008- SCFI-2011). Recuperado el 23 de enero de 2023, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166767/NMX-AA-008-SCFI-2016.pdf>

NMX-AA-012-2001. Análisis de agua - Determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-012-1980). Recuperado el 10 de enero de 2023, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166768/NMX-AA-012-SCFI-2001.pdf>

NMX-AA-028-SCFI-2001. Norma Mexicana “Análisis de agua-Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO5) y residuales tratadas-Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-028). De [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5669720&fecha=26/10/2022&print=true](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5669720&fecha=26/10/2022&print=true)

NMX-AA-029-SCFI-2001. Análisis de aguas - Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-029-1981). Recuperado El 11 De enero De 2023, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166773/NMX-AA-029-SCFI-2001.pdf>

NMX-AA-030/1-SCFI-2012. Análisis de agua - Medición de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba - Parte 1 - Método de reflujos abiertos - (Cancela a la NMX-AA-030-SCFI-2001). Recuperado el 10 de enero de 2023, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166774/NMX-AA-030-1-SCFI-2012.pdf>

NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-034-SCFI-2001). Recuperado el 10 de enero de 2023, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>

NMX-AA-038-2001. Análisis de agua - Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-038-1981). Recuperado el 11 de enero de 2023, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166777/NMX-AA-038-SCFI-2001.pdf>

NMX-AA-042-SCFI-2015. Análisis de agua - Enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* - Método del número más probable en tubos múltiples (Cancela a la NMX-AA-042-1987). Gob.mx.

Recuperado el 10 de enero de 2023, de

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166147/nmx-aa-042-scfi-2015.pdf>

NMX-AA-079-SCFI-2001. Análisis de aguas - Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-079-1986). Recuperado El 11 De enero De 2023, De <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166794/NMX-AA-079-SCFI-2001.pdf>

NMX-AA-093-2018. Análisis de agua - Medición de la conductividad eléctrica en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-093-2000). Recuperado El 11 De enero De 2023, De [http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/AA093-2018\\_06.pdf](http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/AA093-2018_06.pdf)

NMX-AA-014-1980 "Cuerpos Receptores-Muestreo". gob.mx., De <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166769/NMX-AA-014-1980.pdf>

Ochoa-Gaona S. 1996. La vegetación de La Reserva El Ocote a lo largo del cañón del río La Venta. En: Vásquez-Sánchez M.A. y March-Mifsut I. Eds. *Conservación y Desarrollo Sustentable en la Selva El Ocote, Chiapas*, pp. 45-86, El Colegio de la Frontera Sur-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Centro de Estudios para la Conservación de los Recursos Naturales, A.C., San Cristóbal de Las Casas.

Periódico Oficial, 24 De Mayo De 1972. Decreto No. 57. Gobierno Constitucional Del Estado Libre Y Soberano Del Estado De Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chis. Pp 4

Reconocimiento Cartográfico De La Reserva El Ocote: Retrospectiva Y Reflexiones Para Su Futuro. Por: García Gil, Gerardo. Doctor. García, Jerónimo, Flamenco Sandoval, Alejandro Fidel.

Reporte de los resultados y logros principales conseguidos por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas durante el 2021. (s/f). Gob.mx. Recuperado el 10 de enero de 2023, de <https://www.conanp.gob.mx/LogrosConanp/Logros2021.pdf>

Rzedowski, J. 1981. Vegetación De México. 1ª Edición, Limusa. México. 432 Pp

Secretaría de medio ambiente y recursos naturales comisión nacional de áreas naturales protegidas. Recuperado el 10 de enero de 2023, de [http://centro.paot.org.mx/documentos/ine/prog\\_manejo\\_selva\\_ocote.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/ine/prog_manejo_selva_ocote.pdf)

Sedue (1989). Acuerdo Por El Que Se Establecen Los Criterios Ecológicos De Calidad De Agua Ce-Cca-001/89. Secretaría De Desarrollo Urbano Y Ecología. Publicado En El Diario Oficial De La Federación Del 2 De Diciembre De 1989. Tomo Cdxxx, No. 9. México, D.F.

Sedue, 1991. Plano De La Situación Agraria En La Reserva Ecológica Selva El Ocote. Sustentabilidad Y Patrimonio Biocultural En La Reserva De La Biosfera El Ocote Sustainability And Biocultural Heritage In The El Ocote Biosphere Reserve Dora Elia Ramos

Muñoz\* María Guadalupe Álvarez Gordillo\*\* Magaly Carolina Morales López\*\*\* Fecha De Recepción: 23 De Febrero De 2018 • Fecha De Aprobación: 23 De Abril De 2018.

Villa Rojas, A.; J.M. Velasco T.; F. Baez-Jorge; F.R. Cordova O. Y N.D. Thomas. 1975. Los Zoques De Chiapas. Ed. Ini-Sep Serie De Antropología Social No. 39. México 278 Pp

Zamora S. Y Velasco F., 1977. Pinus Strobus Var Chiapensis. Una Especie En Peligro De Extinción En El Estado De Chiapas. Ciencia Forestal. Vol. 2 Julio-Agosto, 1977. México

## XVI. ANEXOS (CARTA DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN PARA LA TITULACIÓN U OTRO SI ES NECESARIO)

### XVI.1. ANEXO FOTOGRAFICO

#### RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

##### Recolección de muestras en Puente Las Flores



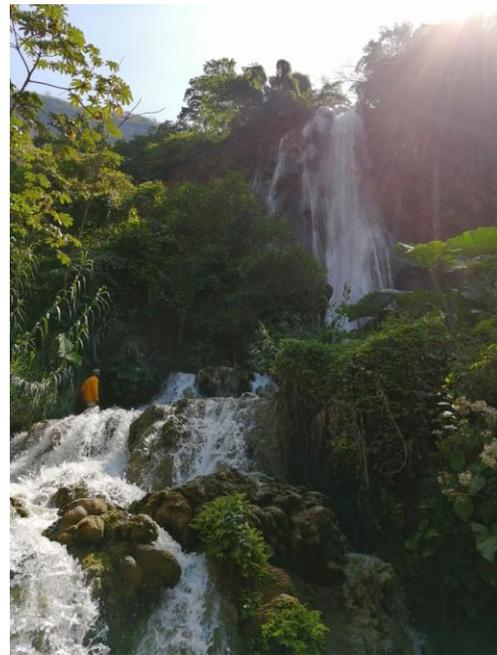
##### Recolección de muestras en Cueva El Encanto



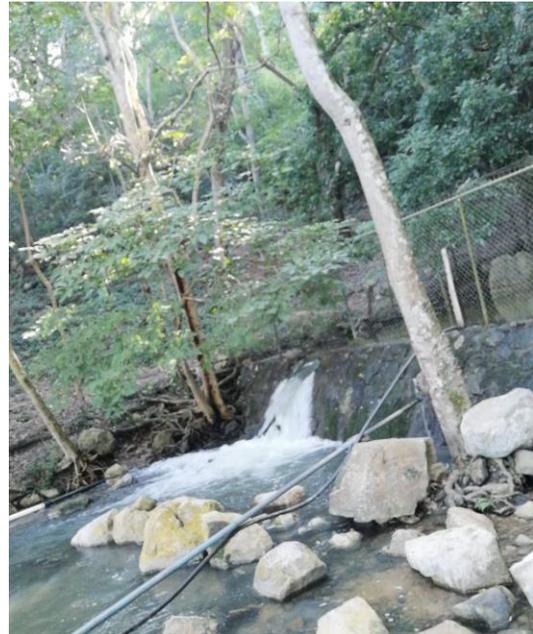
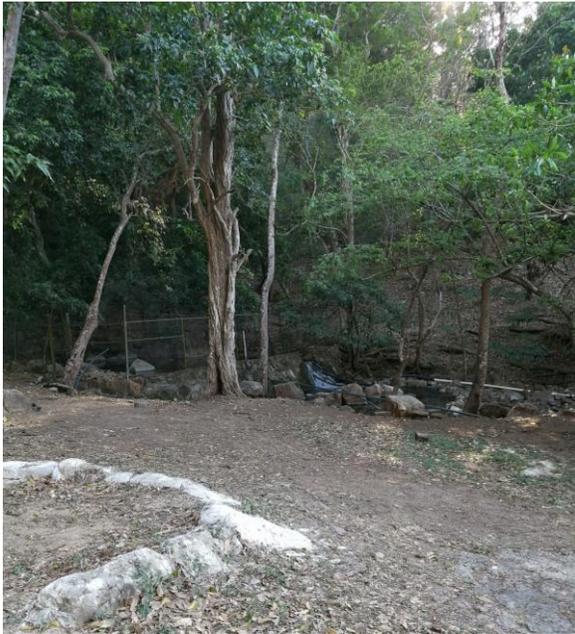
Antes de La Cascada La Conchuda



Cascada La Conchuda



## Fuente de abastecimiento de Llano Grande



## Aguas abajo de Llano Grande



## Tanque de abastecimiento de Unidad Modelo



## Río La Venta (Unidad Modelo)



Responsable de recolectar el punto Unidad Modelo

## Río Negro



## ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS



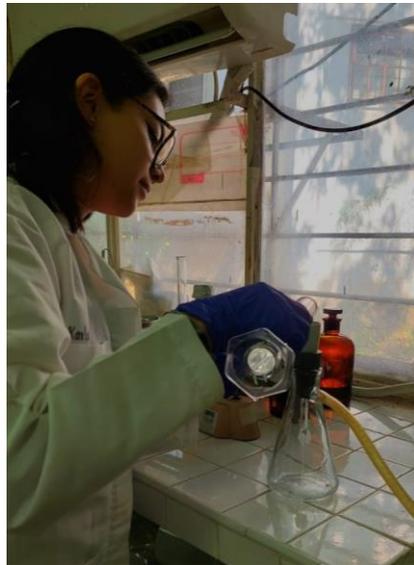
DBO



DQO



Turbiedad



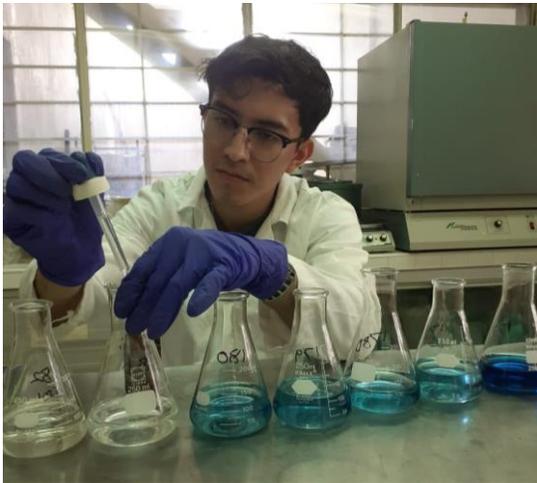
Sólidos suspendidos totales



Sólidos totales



Nitratos



Fósforo

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS



Limpieza de material utilizado en el área de microbiología



Preparando medio de crecimiento (caldo lactosado) en el área de microbiología



Resembrado de cultivos en medio



Incubadora



Baño maría