



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

TESIS PROFESIONAL

“IDENTIFICACIÓN DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN EN EL RÍO CALABOZO”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA:
HUBERTO MARTÍNEZ DOMÍNGUEZ

No. DE CONTROL:
143S0234

Tantoyuca, Veracruz. Octubre de 2019

Contenido

DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTOS	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES	10
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Objetivos	11
1.2.1 Objetivo general	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
1.3 Justificación	12
1.4 Hipótesis	13
1.5 Estado del arte	14
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Marco Referencial	15
2.1.1.- Aspectos geográficos.....	15
2.1.2.- Medio ambiente. Usos de suelo y vegetación	17
2.1.3.- Fuentes de abastecimiento de agua.....	18
2.1.4.- Descarga de aguas residuales.	19
2.2 Marco Conceptual	20
2.2.1.- Consideraciones sobre el agua en la naturaleza.	20
2.2.2.- Parámetros Químicos	21
2.2.3.- Parámetros Microbiológicos.....	23
2.2.4.- Distintas clases de agua.	23
2.2.5.- Contaminación de aguas receptoras	23
2.2.6.- Muestreo y preservación de muestras.....	25
2.2.7 Aguas naturales	27
2.2.8.- Conservación y almacenamiento de muestras de agua	28
2.2.9.- Microbiología del agua, de aguas residuales y organismos indicadores.....	28
2.2.10.- Organismos indicadores.	29
2.2.11.- La calidad del agua y su salud.....	29
2.2.12.- Enterobacterias	29
2.2.13.- Cianobacterias acuáticas como especies potencialmente indicadoras.....	32
2.2.14.- Las diatomeas	33

2.2.15.- Semáforos ambientales.	35
2.2.16.- Sistemas de información geográfica (SIG)	36
2.3 Marco Legal.....	37
CAPÍTULO III.- MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1.- Ubicación del estudio.....	38
3.2.- Unidad del estudio.....	42
3.3.- Descripción del diseño experimental	42
3.4.- Descripción de las variables a considerar en el estado	44
3.5.- Metodología empleada para la obtención de datos y resultados	45
CAPÍTULO IV.- RESULTADOS.....	64
4.2 Análisis de los resultados.....	85
4.3 Análisis estadísticos de datos, procedimientos usados y software.	95
4.4 cronograma de actividades.	96
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	97
5.1.- Recomendaciones	99
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

INDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Catálogo de claves de Entidades Federativas, Municipios y Localidades.....	14
2. Superficie territorial, 2010.....	14
3. Superficie estatal por región y cuenca hidrológica (Porcentaje).....	15
4. División municipal de las cuencas.....	15
5. Usos de suelo y vegetación.....	17
6. Fuentes de abastecimiento y volumen diario de extracción de agua.....	18
7. Escala de ppm de $CaCO_3$ en el agua.....	22
8. Requerimientos para conservación y almacenamiento de muestras.....	28
9. Características de las Enterobacterias.....	30
10. Importancia clínica de las Enterobacterias.....	30
11. Evaluación ambiental. Semáforos ambientales.....	35
12. Posiciones geo-referenciales.	39
13. Descripción del diseño experimental.....	42
14. Determinación de temperatura mediante pH.	45
15. Determinación de STD y factor de conversión a NTU.....	46
16. Determinación de conductividad y factor de conversión a NTU.....	47
17. Determinación de salinidad.....	47
18. Determinación de pH y temperatura mediante pH.....	48
19. Metodología de nitrato.....	48
20. Metodología de Fosfato (Ortofosfatos)	49
21. Determinación de Dureza de Calcio.	50
22. Determinación de Sílice.....	51
23. Determinación de Oxígeno disuelto.....	52
24. Determinación de Nitrato mediante fotómetro portátiles.....	52
25. Determinación de Fósforo mediante medidores portátiles.....	54
26. Determinación de Fosfato mediante Colorímetro de mano.....	55
27. Determinación de Amoniaco mediante Colorímetro de mano.....	56
28. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras.....	56
29. Determinación de bacterias Coliformes.....	58
30. Colecta de Plancton.....	59
31. Evaluación ambiental.....	62
32. Identificación del número más probable.....	75
33. Informe de prueba 1 - Búsqueda de Coliformes fecales.....	76
34. Informe de prueba 2 - Búsqueda de Coliformes fecales.....	77
35. Informe de prueba 3 - Búsqueda de Coliformes fecales.....	77
36. Informe de prueba 4 - Búsqueda de Coliformes fecales.....	77
37. Informe de prueba 5 - Búsqueda de Coliformes fecales.....	78
38. Parámetros con Mala Calidad.....	88
39. Parámetros con Buena Calidad.....	88
40. Comportamiento de los parámetros microbiológicos.....	89
41. Zona de registro de Cianobacterias.....	89
42. Zona de registro de diatomeas.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México.....	16
2. Uso potencial agrícola.....	17
3. Unidades de producción con superficie de riego.....	18
4. Efectos negativos por degradación de la calidad del agua.....	19
5. Diseño de programa de muestreo.....	25
6. Diatomeas. Órdenes centrales y pennales.....	32
7. Zonas y hábitats de algas.....	33
8. Ciclo de un SIG.....	35
9. Ubicación geográfica del sitio de estudio.....	37
10. Georreferencia del sitio de estudio - La bomba.....	38
11. Georreferenciación sitio Acececa.....	39
12. Georreferencia del sitio - Platón Sánchez.....	39
13. Georreferencia Sitio - Tempoal.....	40
14. Georreferencia sitio - San diego.....	40
15. Variables a considerar.....	43
16. Grafica del monitoreo de temperatura.....	63
17. Grafica del monitoreo de TDS.....	64
18. Grafica del monitoreo de conductividad.....	65
19. Grafica del monitoreo de conductividad micro siemens.....	66
20. Grafica del monitoreo de pH.....	67
21. Grafica del monitoreo de Nitrato.....	68
22. Grafica del monitoreo de Fosfato.....	69
23. Grafica del monitoreo de ODO.....	70
24. Grafica del monitoreo de Dureza.....	71
25. Gráfica del monitoreo de Sílice.....	71
26. Grafica del monitoreo de Fósforo. Temporada de sequías.....	72
27. Grafica del monitoreo de Amoniaco. Temporada de sequías.....	72
28. Grafica del monitoreo de Amonio. Temporada de sequías.....	73
29. Grafica del monitoreo de Nitrógeno Amonio: Temporada de sequías.....	73
30. Planktothrix agardhii encontrada en Platón Sánchez.....	76
31. Anabaena Lemmernannii encontrada en San Diego.....	77
32. Lyngbya encontrada en Platón Sánchez.....	78
33. Diatomea de agua dulce encontrada en San Diego.....	79
34. Aspectos Geofísicos.....	80
35. Elementos Medio físico bióticos.....	80
36. Riesgos por actividades humanas.....	81
37. Riesgos por fenómenos naturales.....	81
38. Medio físico biótico Tempoal.....	82
39. Riesgos Sitio Tempoal.....	83
40. Representación de las concentraciones de Nitratos (Lluvias).....	89
41. Representación de las concentraciones de Nitratos (Sequias).....	89

42. Representación de las concentraciones de Fosfatos (Lluvias).....	90
43. Representación de las concentraciones de Fosfatos (Sequias).....	90
44. Representación de las concentraciones de Fósforo (Lluvias).....	91
45. Representación de las concentraciones de Nitrógeno (Lluvias).....	91
46. Representación de las concentraciones de Escherichia Coli.....	92
47. Resultado gráfico1 de correlación múltiple.....	94
48. Resultado gráfico 2 de correlación múltiple.....	95
49. Cronograma de actividades.....	95

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi Madre, mamá, desde que era un pequeño me enseñaste a forjarme y a siempre seguir de pie por más difícil que fuera el camino, éstas líneas son con todo mi corazón hasta ti, en tu corazón siempre vivirán y sentirlas siempre podrás. Hasta el cielo para ti ésta contribución al medio ambiente que refleja lo que siempre me enseñaste en la vida. Jamás rendirme. Gracias por amarme cada día de tu vida. Te amo con todo mi amor.

A mi Padre, papá, gracias por enseñarme lo que es la fortaleza, la valentía y la perseverancia, por siempre oírme y luchar a mi lado ante las adversidades, siempre creíste en mis decisiones y me apoyaste en cada aspecto de la vida. Fuiste y serás siempre mi mejor amigo, y sé que desde el cielo junto con mamá me guían. Te amo con todo mi corazón.

Diana, complemento de mi vida, gracias por desvelarte conmigo, por creer en mis proyectos, apoyarme en mis decisiones y por motivarme, por estar conmigo en la salud y la enfermedad, creo firmemente en que todos nuestros esfuerzos se verán reflejados para seguir construyendo el futuro que anhelamos. Te amo con toda mi vida

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer enormemente a mi asesor, el Doctor Enrique Mora Heredia por darme la oportunidad de desarrollarme bajo su tutela, por creer en mí, en mis conocimientos, por trasmitirme sus experiencias laborales y académicas y por apoyarme dentro y fuera del Instituto.

A mis asesoras, la Ingeniero Sofía Elizabeth García Martínez por permitirme ser su alumno una vez más en esta etapa, por contestar todas mis dudas y reafirmarme sus conocimientos dentro y fuera del Instituto, por comprender siempre mis situaciones extraescolares. Y a mi directora la M.C. Blanca Isabel Hernández Lara por haberme instruido en los momentos más difíciles en la revisión e interpretación de los datos y resultados de ésta investigación.

Por último, a todos mis profesores de las distintas divisiones, pero en especial a la de Ingeniería Ambiental, ya que día tras día hicieron lo posible para transmitirme los conocimientos y armas que hoy poseo, para poder ser un ciudadano ético y preparado en la vida. Al personal del laboratorio de Química por las facilidades prestadas en cuanto a equipo e instrumental.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural que cumple con un doble propósito, sirve como fundamento de la vida biológica y como fuente para la vida humana. (Méndez Sayago, 2010) . Un cuerpo de agua se refiere a la masa o extensión de agua, tal como un lago, mar u océano que cubre parte de la Tierra. En este caso, sólo se considera las aguas interiores, y, por lo tanto, como parte de la superficie continental. La capacidad útil de almacenamiento se refiere al volumen existente entre el máximo nivel de agua que puede operar la presa para satisfacer las demandas y el nivel más bajo con que opera una presa (Cotler, 2010).

(Goudie, 2000) menciona que los ríos en todo el mundo sirven como receptores de grandes cantidades de residuos generados por la agricultura, actividades industriales y usos domésticos En México, más de 70% de los cuerpos de agua presentan algún grado de contaminación, lo que ocasiona graves problemas de disponibilidad y acceso a este líquido vital, esto según informes de (INEGI, Anuario estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave., 2012) En Veracruz, la red hidrográfica está conformada por cientos de ríos perennes, intermitentes y arroyos, lo que constituye el recurso más accesible e importante para satisfacer las necesidades humanas. (Perez-Maqueo, 2011). El bajo saneamiento de las aguas residuales municipales se debe en parte a que se tienen 88 plantas de tratamiento en todo el estado informa (INEGI, Anuario estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave, 2012) de las cuales únicamente el 28 % está en operación, por lo que la cobertura de saneamiento es sólo del 11.4 %. Debido a las escasas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales conocidas como PTAR en la zona norte del estado y a que los usos de Suelo y Vegetación en la región se destacan por su orientación del uso de suelo a actividades del sector primario; (INEGI, 2012) y más del 71.4% ($8,636 \text{ km}^2$) de su territorio se destina a actividades agropecuarias como pastizal y agricultura, se tuvo como objetivo identificar los sitios puntuales de descarga de contaminantes que junto con los asentamientos urbanos representen un riesgo a la salud y un desequilibrio ambiental en la zona.

A través del monitoreo de dichos puntos se realizaron estudios físico-químicos y microbiológicos, así como de evaluación ambiental de los cuales se obtuvo como resultado la identificación como mayor fuente puntual de contaminación del Río Calabozo al sitio número 3.- Río de Tempoal con 9 parámetros de mala calidad, el segundo lugar con mayor concentración de Coliformes Fecales: *Escherichia Coli* y *Salmonella Typhi*.

Palabras Clave: Identificar Sitios Puntuales Contaminación Monitoreo

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

Sin duda alguna la calidad del agua es uno de los principales problemas en el estado de Veracruz. El río Calabozo representa un importante afluente en la zona norte del Estado, los municipios de Tantoyuca, Platón Sánchez, Tempoal, Ixcanelco, Chalma y Chiconamel utilizan el agua del río como agua potable y también como fuente de abastecimiento, por consiguiente, es de vital importancia conocer el estado de éste recurso hídrico. Por todo lo antes expuesto, se plantea el siguiente problema: El río Calabozo no cuenta con un programa de monitoreo de la calidad del agua que es usada para su distribución urbana, por lo tanto, no existe una identificación de las principales fuentes puntuales de contaminación o zonas que pudieran ser zonas de descargas y que afectarán la calidad del agua en temporadas de lluvia y de sequía.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Identificar las principales fuentes puntuales de contaminación en el Río Calabozo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar las fuentes puntuales de contaminación del Río Calabozo.
- Realizar análisis Fisicoquímicos, Químicos y Microbiológicos por fuente puntual de contaminación en el Río Calabozo.
- Comparar los resultados con base a la normatividad oficial mexicana para aguas de uso urbano.
- Determinar las fuentes de contaminación con mayores concentraciones fuera de la normatividad

1.3 Justificación

El aumento en los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas han generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Por otra parte, debido a las diferencias de interpretación entre los encargados de tomar decisiones, los expertos en el tema y del público en general fue necesario definir una metodología que pudiera agrupar los parámetros contaminantes más representativos bajo un marco de referencia unificado.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) realiza una agrupación simplificada de los parámetros más significativos en el deterioro de la calidad del agua, que son: Temperatura, Conductividad, pH, Oxígeno disuelto, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, Nitratos, Fosfatos, Fósforo total, Dureza total de Calcio, Silice, ion Amonio, Amoniacal, Nitrógeno Amoniacal y Coliformes fecales.

Por consiguiente, comunica y evalúa sobre la calidad en los cuerpos de agua. Si los valores del ICA son adecuados, los valores arrojados pueden ser representativos e indicativos del nivel de contaminación y así poder ser comparables con otros estudios de diversas zonas para establecer rangos y detectar tendencias.

Los beneficios servirán para realizar un cotejo de indicadores y poder mostrarlos a las instancias correctas del sector gubernamental o particular generando una bitácora previa de indicadores que servirán para la aplicación de estrategias que podrán ser tomadas en cuenta para la toma de decisiones respecto al manejo del afluente o del sistema hídrico.

1.4 Hipótesis

- Ha: La identificación de las fuentes puntuales de contaminación del Río Calabozo, permitirá determinar su influencia en la calidad del agua, en base con la Normatividad Oficial Mexicana
- Ho: La identificación de las fuentes puntuales de contaminación del Río Calabozo, no permitirá determinar su influencia en la calidad del agua, en base con la Normatividad Oficial Mexicana

1.5 Estado del arte

En la actualidad el estudio de la calidad de los cuerpos de agua en la región es un tema desconocido, pues la cultura ambiental que envuelve a la zona norte de Veracruz es realmente limitada (INE-INEGI, 2010), sin embargo, se tiene el conocimiento de que mundialmente los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas han ido en aumento en las últimas décadas.

El agua se contamina cuando la descarga de residuos perjudica la calidad del agua o perturba el equilibrio ecológico natural. Los contaminantes que causan problemas comprenden organismos causantes de enfermedades (patógenos), materia orgánica, sólidos, nutrientes, sustancias tóxicas, color, espuma, calor y materiales radioactivos. La descarga de contaminantes específicos no es la única causa de contaminación del agua. La construcción de presas, embalses y desviaciones de ríos también puede degradar seriamente la calidad del agua. (Henry & Heinke, 1999). Por lo tanto, la necesidad de cuantificar los principales parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, así como las fuentes puntuales de contaminación es realmente importante, ya que de esta manera se puede tener una visión más amplia de la situación actual que permita comprender el estado de la calidad del agua que distribuye el Río Calabozo.

Si se tiene información necesaria se pueden crear estrategias que permitan mejorar las condiciones actuales de la cuenca hidrográfica que suministra el agua utilizada diariamente para las diferentes actividades agrícolas y comerciales que permiten el desarrollo económico y social de la población de la zona norte de Veracruz.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Referencial

2.1.1.- Aspectos geográficos.

Según (INEGI, Catálogo de claves de Entidades Federativas, Municipios y Localidades., 2010) la división geo estadística municipal y coordenadas geográficas de las cabeceras municipales se establecen de la siguiente forma:

CLAVE	MUNICIPIO	CABECERA MUNICIPAL	LATITUD NORTE			LONGITUD OESTE			ALTITUD (msnm)
			Grados	Minutos	segundos	Grados	Minutos	segundos	
055	Chalma	Chalma	21	12	31	98	23	41	140
056	Chiconamel	Chiconamel	21	13	50	98	27	35	140
155	Tantoyuca	Tantoyuca	21	21	06	98	14	48	140
161	Tempoal de Sánchez	Tempoal de Sánchez	21	31	21	98	23	17	50

Tabla 1. Catálogo de claves de Entidades Federativas, Municipios y Localidades.

Superficie Territorial. Esta región abarca una superficie de 12,091 km cuadrados (16.8% del territorio estatal). (INEGI, 2010) resalta que por su extensión destacan los municipios de Pánuco, Ozuluama, Tantoyuca, Tempoal y Tamiahua, ya que en conjunto concentran el 74.7% del territorio regional. Se localiza en el norte del Estado. Limita al norte con el Estado de Tamaulipas, al este con el Golfo de México, al Oeste con San Luis Potosí y al sur con la región de la Huasteca Baja. Está integrada por 15 municipios: Naranjos Amatlán, Chalma, Chiconamel, Chinampa de Gorostiza, Ozuluama de Mascareñas, Pánuco, Platón Sánchez, Pueblo Viejo, Tamalín, Tamiahua, Tampico Alto, Tantima, Tantoyuca, Tempoal y El Higo.

MUNICIPIO	SUPERFICIE TERRITORIAL <i>Km²</i>	% DEL TERRITORIO ESTATAL	% DEL TERRITORIO REGIONAL
Pánuco	3,171	4.4	26.2
Platón	245	0.3	2.0
Tantoyuca	1,303	1.8	10.8
Tempoal	1,152	1.6	9.5

Tabla 2. Superficie territorial, 2010.

Superficie estatal por región y cuenca hidrológica

REGIÓN		CUENCA		TOTAL
CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	
RH26	PÁNUCO	A	R. PÁNUCO	8.49
		B	R. TAMESÍ	1.41
		D	R. MOCTEZUMA	4.60

Tabla 3. Superficie estatal por región y cuenca hidrológica (Porcentaje)

Ríos y cuencas .El Instituto Nacional de Ecología conjuntamente con el INEGI, han realizado una clasificación eco geográfica según (INE-INEGI, 2010) de cuencas hidrográficas, la cual permite avanzar hacia una planeación y atención por cuencas en la región.

MUNICIPIO	DIVISIÓN MUNICIPAL DE LAS CUENCAS		
	Individuales	Agrupadas	Regionalizadas
	Nombres		Individuales
Chalma	Río Pánuco	Río Pánuco	Río Pánuco
Chiconamel	Río Pánuco	Río Pánuco	Río Pánuco
Pánuco	Río Pánuco	Río Pánuco	Río Pánuco
Platón Sánchez	Río Pánuco	Río Pánuco	Río Pánuco
Tantoyuca	Río Pánuco	Río Pánuco	Río Pánuco
Tempoal	Río Pánuco	Río Pánuco	Río Pánuco

Tabla 4. División municipal de las cuencas

El escurrimiento a nivel región hidrológica, el número 26 denominada Pánuco y conformada por 77 cuencas, equivale al 63.1% del total registrado a nivel estatal. Los principales ríos de la región son: Pánuco, Tamesí y Moctezuma. Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de los 10 ríos principales por vertiente localizados en el Estado, uno se localiza en esta región, el Pánuco, el cual presenta un escurrimiento natural medio superficial equivalente a 20,330 millones de metros cúbicos anualmente (16.4% de los escurrimientos registrados en la entidad).

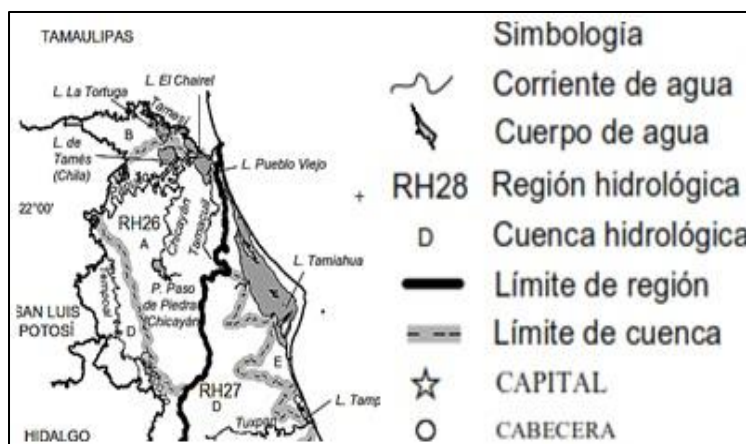


Figura 1. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México Escala 1:250 000.

2.1.2.- Medio ambiente. Usos de suelo y vegetación

La región se destaca por su orientación del uso de suelo a actividades del sector primario; (INEGI, 2012) establece que más del 71.4% ($8,636 \text{ km}^2$) de su territorio se destina a actividades agropecuarias como pastizal y agricultura. Por otra parte, el 0.4% (50 km^2) de su superficie es área selvática y 0.1% área boscosa (16 km^2) lo que muestra la baja presencia de estos tipos de vegetación en la región. En lo referente a cuerpos de agua, éstos representan el 10.9% de su área total.

Clase o Subclase			
Concepto	Clave	Descripción	Total
Uso Pecuario	A3	De tracción animal estacional	2.61
	A4	Manual continua	10.82
	A5	Manual estacional	1.56
	A6	No aptas para la agricultura	19.8
	P 1.1	Para el establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola	51.71
	P1.2	Para el establecimiento de praderas cultivadas con tracción animal	13.47
	P2	Para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal	8.90
	P3	Para el establecimiento de la vegetación natural con diferente pastizal	8.53

	P4	Para el establecimiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino	0.51
	P5	No aptas para consumo pecuario	16.88

Tabla 5. Usos de suelo y vegetación

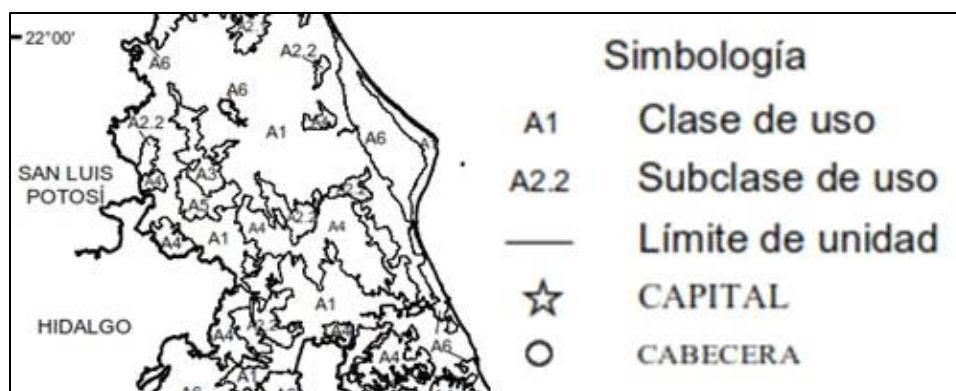


Figura 2. Uso potencial agrícola

2.1.3.- Fuentes de abastecimiento de agua

Un cuerpo de agua se refiere a la masa o extensión de agua, tal como un lago, mar u océano que cubre parte de la Tierra. En este caso, sólo se considera las aguas interiores, y, por lo tanto, como parte de la superficie continental.

La capacidad útil de almacenamiento se refiere al volumen existente entre el máximo nivel de agua que puede operar la presa para satisfacer las demandas y el nivel más bajo con que opera una presa (Cotler, 2010). En la región hay un total de 5,193 fuentes de abastecimiento, de las cuales 184 son pozos profundos y 120 manantiales, con un volumen promedio de extracción de 15.8 y 3.7 miles de m^3 , respectivamente. (INEGI-CONAGUA, 2007) señala, que los municipios que concentran el mayor volumen promedio de extracción diario en pozos profundos son Pueblo Viejo y El Higo, con un volumen diario de 6.6 y 3.1 miles de m^3 , respectivamente. En cuanto a la extracción de agua de manantiales, Tamalín (0.9 miles de m^3), Platón Sánchez y Tantoyuca (0.7 miles de m^3 cada uno) son los municipios de los que se obtiene más agua. Aunado a lo anterior, la región cuenta con la presa más importante localizada en Veracruz, Chicayán (Paso de Piedras), cuya capacidad útil de almacenamiento es de 340.0 millones de m^3 así lo indica (Desarrollo, 2011-2016).

2.1.4.- Descarga de aguas residuales.

En lo que se refiere a las descargas de aguas residuales, éstas son atendidas con 6 plantas de tratamiento, tanto públicas como privadas (INEGI, 2012). No obstante, en su mayoría responden a un volumen de tratamiento primario y secundario, el cual requiere de un tratamiento final (terciario) para aumentar la calidad del afluente al estándar requerido antes de su descarga al cuerpo receptor (mar, río, lago, campo, etc.). El volumen de aguas tratadas anualmente es de 2.5 millones de m^3

MUNICIPIO	FUENTES DE ABASTECIMIENTO				VOLÚMEN PROMEDIO DIARIO DE EXTRACCIÓN (MILES DE m^3)			
	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTROS	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTROS
CHICONAMEL	58	19	3	36	1.0	0.5	0.0	0.5
CHALMA	79	5	11	63	2.9	0.3	0.1	2.5
PLATÓN SÁNCHEZ	150	2	1	147	4.7	0.1	0.7	4.0
TANTOYUCA	533	3	19	511	9.6	0.1	0.7	8.8
TEMPOAL	537	10	27	500	7.4	0.6	0.5	6.4

Tabla 6. Fuentes de abastecimiento y volumen diario de extracción de agua, 2009

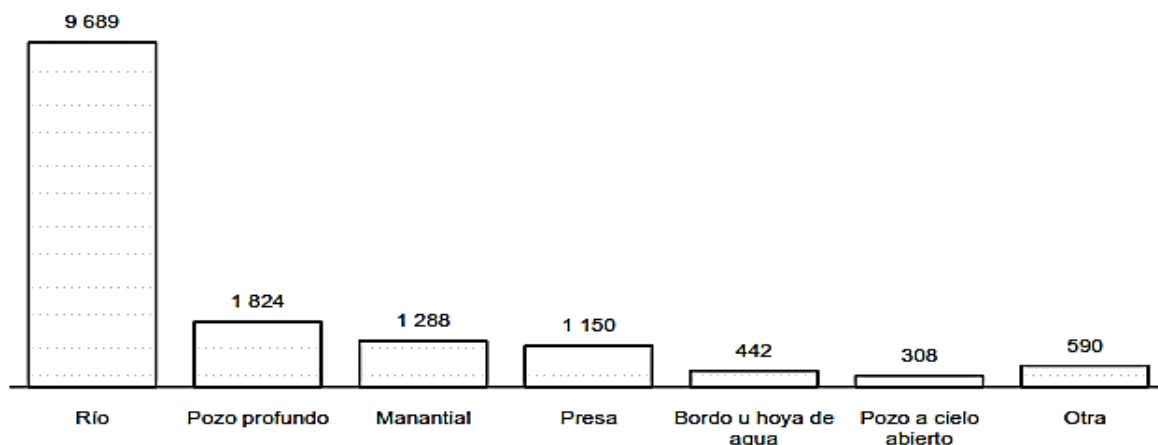


Figura 3. Unidades de producción con superficie de riego según fuente del agua utilizada para irrigación de los cultivos y con superficie agrícola y uso de tecnología según su empleo en cultivos y plantaciones 2007.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1.- Consideraciones sobre el agua en la naturaleza.

(Cotler, 2010) menciona que el agua, en contacto con la superficie de la tierra al atravesar sus estratos, va enriqueciéndose con las sustancias inorgánicas que encuentra. Favorecen este enriquecimiento los componentes gaseosos que ha absorbido en la atmósfera o que todavía adquiere en su camino subterráneo. La composición química natural de las aguas puede verse alterada por actividades humanas: agrícolas, ganaderas e industriales, principalmente. La consecuencia es la incorporación de sustancias de diferente naturaleza a través de vertidos de aguas residuales o debido al paso de las aguas por terrenos tratados con productos agroquímicos o contaminados (Johnson, 1980). Estas incorporaciones ocasionan la degradación de la calidad del agua provocando diferentes efectos negativos como se muestra en la figura:

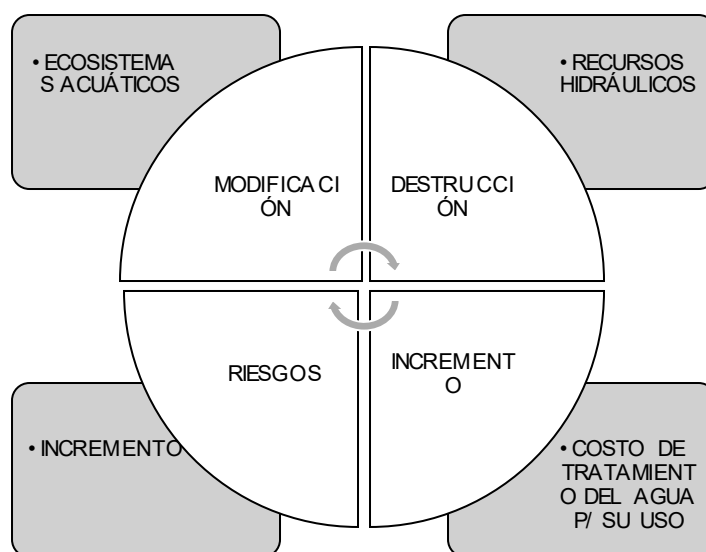


Figura 4. Efectos negativos por degradación de la calidad del agua.

(Rodier, Análisis de las aguas : aguas naturales, aguas residuales, agua de mar., 1989) hace mención sobre las aguas contaminadas y como es que presentan compuestos diversos en función de su procedencia: pesticidas, tenso activos, fenoles, aceites y grasas, metales pesados, etc. Los parámetros de control se pueden agrupar de la siguiente manera: Parámetros Físicos: Temperatura, Turbidez, Sólidos y Conductividad.

La temperatura es importante a causa de sus efectos sobre la solubilidad del oxígeno y, en consecuencia, sobre las velocidades en el metabolismo, difusión y reacciones químicas y bioquímicas. Temperaturas elevadas implican aceleración de

la putrefacción, con lo que aumenta la DBO y disminuye el oxígeno disuelto, así mismo, la Turbidez es una medida de la dispersión de la luz, la presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad (Catalán Lafuente, 1990) (por ejemplo, contaminación por microorganismos) y/o la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla) o de materiales orgánicos. La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. Las aguas turbias tienen, por supuesto, una actividad fotosintética más débil, lo que afecta a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del sistema. Sólidos. De forma genérica se puede denominar sólidos a todos aquellos elementos o compuestos presentes en el agua que no son agua ni gases (Cotler, 2010). Atendiendo a esta definición se pueden clasificar en dos grupos: disueltos y en suspensión. En cada uno de ellos, a su vez, se pueden diferenciar los sólidos volátiles y los no volátiles. La medida de sólidos totales disueltos (TDS) es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y proporciona una indicación general de la calidad química. TDS es definido analíticamente como residuo filtrable total (en mg/L). Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, etc. (Rodier, Análisis de las aguas : aguas naturales, aguas residuales, agua de mar., 1989)

2.2.2.- Parámetros Químicos

El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. (De la Lanza, 2014). El valor del pH compatible con la vida piscícola está comprendido entre 5 y 9. Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6.0 y 7.2. Fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas. Nutrientes. Dentro de los nutrientes, micronutrientes o micro elementos se encuentran sales del nitrógeno (nitratos, nitritos y amonio), del fósforo (orto fosfatos, fundamentalmente), básicos para una adecuada producción primaria. (ECONOMIA, 2012) Algunos autores incluyen a ciertos metales traza (fierro, cobre, zinc, manganeso, vanadio, molibdeno) como esenciales para los sistemas enzimáticos de los. El nitrógeno nitrato, aunque suele estar presente en bajas concentraciones en el agua natural, es a menudo la forma inorgánica más abundante del elemento. Las concentraciones naturales rara vez superan los 10 mg N por litro y, con frecuencia, son inferiores a 1 mg N por litro, especialmente durante los períodos de alta producción primaria (Lind, 1985). Fosfatos: El fósforo elemental no se encuentra habitualmente en el medio natural, pero los Ortofosfatos,

pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos sí se detectan en aguas naturales y residuales. No suele haber en el agua más de 1 ppm, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes.

Amoníaco. Además del amoníaco en su forma no ionizada (NH_3), se incluye la forma ionizada, o ion amonio (NH_4^+). El amoníaco presente en el medio ambiente procede de procesos metabólicos, agropecuarios e industriales, así como de la desinfección con corajina. Las concentraciones naturales en aguas subterráneas y superficiales suelen ser menores que 0.2 mg/l (WHO, 2003), pero las aguas subterráneas anaerobias pueden contener hasta 3 mg/l y la ganadería intensiva puede generar concentraciones mucho mayores en aguas superficiales. El amoníaco es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales. Nitrógeno amoniacal. Las descargas de aguas residuales y domésticas incrementan las concentraciones de nitrógeno amoniacal en las aguas superficiales y subterráneas, afectando la calidad de las mismas. Los aportes adicionales de nitrógeno amoniacal que alteran las concentraciones normales de este nutriente, implican una alteración perjudicial del medio al cual son vertidos, provocando entre otras consecuencias, la disminución de los niveles de oxígeno disuelto de los ríos, el cual es consumido en los procesos de degradación bacteriana de nitrógeno amoniacal. Provocando un ambiente anóxico, desencadenándose así una serie de reacciones químicas y microbianas que dan como resultado la disminución de la calidad del agua, muerte de especies que habitan en el sitio, entre otras consecuencias.

Dureza total: Se debe a la presencia de sales de calcio y magnesio y mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones. Dureza calcio: El ion calcio Ca^{++} , forma sales generalmente poco solubles así lo indica (DOF, 1994), en algunos casos de solubilidad muy moderada pero la mayoría son muy insolubles. Como Carbonato Cálcico es el principal componente de la dureza del agua y causante de incrustaciones

< 50 ppm de $CaCO_3$	Hasta 100 ppm de $CaCO_3$	Hasta 200 ppm de $CaCO_3$	> 200 ppm de $CaCO_3$
Aguas blandas	Ligeramente duras	Moderadamente duras	Muy duras

Tabla 7. Escala de ppm de $CaCO_3$ en el agua.

Silice: La Silice, SiO_2 se encuentra en el agua disuelta como ácido silícico y como materia coloidal, contribuye a provocar algo de alcalinidad en el agua. (Ambiental, 1992). Oxígeno disuelto. Es necesario para la vida de los peces y otros organismos

acuáticos. El oxígeno es moderadamente soluble en agua, dependiendo la solubilidad de la temperatura, la salinidad, la turbulencia del agua y la presión atmosférica: disminuye cuando aumenta la temperatura y la salinidad, y cuando disminuye la presión atmosférica. (De la Lanza, 2014). La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces, a saturación y al nivel del mar, oscila aproximadamente entre -15 mg/L a 0°C y 8 mg/L a 25°C.

2.2.3.- Parámetros Microbiológicos

Coliformes totales y fecales: Generalmente se emplea un grupo de bacterias como indicadores de contaminación: *Escherichia Coli*, *Streptococos fecales*, *Clostridios* (anaerobios y formadores de esporas). La medición se hace empleando técnicas estadísticas “Número más probable” (Índice NMP) en 100 ml de agua. (Salud S. d., 1994)

2.2.4.- Distintas clases de agua.

En la naturaleza el agua se puede encontrar en distintos lugares y en distintos estados, por ejemplo la nieve, el hielo y el granizo, la bruma, las nubes, los arroyos y ríos, el mar, son nada más que agua en sus tres estados: Líquido, sólido y gaseoso. Agua subterránea: Es la que corre con pequeña velocidad por debajo de la superficie terrestre. El agua subterránea que por su camino natural sale a la superficie, se llama manantial/. Agua superficial: Esta comprende aguas de río, lagos y mares. Las aguas de ríos límpidos pueden servir, convenientemente tratadas, para el abastecimiento de ciudades y de muchas industrias que en ellas se hallan radicadas (Aguilar Ibarra , 2010). Agua meteórica: Corresponde esta denominación al agua de lluvia, nieve, granizo, etc. El agua de lluvia se recoge en cisternas, siendo un agua blanda. En algunas regiones donde el agua blanda escasea, se acostumbra utilizarla para lavar. Se entiende por agua blanda al agua que posee muy poca cantidad de sales de Ca y Mg. Estas sales cuando se encuentran en altas concentraciones, se combinan con los ácidos grasos del jabón formando jabones de Ca o de Mg, los que son insolubles en agua e impiden la formación de espuma y por supuesto, el lavado.

2.2.5.- Contaminación de aguas receptoras

Efectos de los contaminantes. El agua se contamina cuando la descarga de residuos perjudica la calidad del agua o perturba el equilibrio ecológico natural. Los contaminantes que causan problemas comprenden organismos causantes de enfermedades (patógenos), materia orgánica, sólidos, nutrientes, sustancias tóxicas, color, espuma, calor y materiales radioactivos. La descarga de

contaminantes específicos no es la única causa de contaminación del agua. La construcción de presas, embalses y desviaciones de ríos también puede degradar seriamente la calidad del agua. (Henry & Heinke, 1999)

Patógenos. Surge preocupación por la salud pública cuando se descargan aguas negras, que pueden contener patógenos en aguas receptoras que se utilizan con fines de abastecimiento de agua o de recreación. Aunque las limitaciones para la densidad de los organismos “indicadores” controlan el grado de contaminación por residuos de origen humano, no aseguran la inocuidad absoluta del agua.

Materia Orgánica (DBO). Cuanto mayor es a DBO, esto es, cuanta más materia orgánica está presente, mayor es el problema que crea la descomposición de la misma. La actividad metabólica de las bacterias que necesitan oxígeno puede reducir el contenido normal de oxígeno disuelto (OD) en una corriente o lago hasta menos de 1 mg/L, abajo del cual la mayor parte de los peces son incapaces de sobrevivir. Cuando todo el OD desaparece, se presentan condiciones anaeróbicas y se generan olores desagradables. Puesto que la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en agua disminuye al aumentar la temperatura, la cantidad de oxígeno en las corrientes es más crítica para la vida acuática en el verano (cuando los flujos son bajos y las temperaturas altas) que en el invierno. (Rodier, Análisis de las aguas : aguas naturales, aguas residuales, agua de mar., 1989)

Sólidos. Los particulados orgánicos e inorgánicos en las aguas residuales son sólidos sedimentables, flotantes y en suspensión capaces de formar depósitos de aspecto desagradable y bancos de lodo olorosos, y de reducir la penetración de la luz solar en el agua.

Nutrientes. Los nitratos y fosfatos procedentes de las aguas residuales municipales son nutrientes inorgánicos que favorecen el crecimiento de plantas y algas. Las cantidades necesarias para generar floraciones algáceas no están bien establecidas, pero concentraciones tan bajas como 0.01 mg/L de fósforo y 0.1 mg/L de nitrógeno pueden ser suficientes para ocasionar eutrofización cuando otros elementos se encuentran en exceso. (Skougstat, 1974) Además de su efecto antiestético en los lagos (olor, aspecto) las algas pueden ser tóxicas para el ganado, perjudicar el sabor del agua, obstruir las unidades filtrantes y aumentar las necesidades químicas en el tratamiento del agua.

Sustancias tóxicas y peligrosas. Concentraciones bajas de ácidos, cáusticos, cianuros, arsénico, muchos metales pesados y numerosas sustancias químicas son tóxicas para los organismos vivos, incluso para los humanos, y para la población microbiana que se utiliza en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Dos

de los metales más dañinos son el Cadmio y el Mercurio, los cuales se bio acumulan. (Wehr, 2003). Las sustancias orgánicas tóxicas y persistentes, en particular los compuestos orgánicos clorados, constituyen una seria amenaza para la calidad del agua a causa de su uso no industrial generalizado. Los materiales radioactivos, que también son dañinos para la vida biológica y bio acumulativos, se manejan con más cuidado que los residuos industriales, y son raros los casos de sistemas de abasto de agua que se han vuelto inadecuados a causa de radioactividad. Otros contaminantes. El color, la espuma y el calor son otros contaminantes que causan problemas. El color (de la tintura textil, por ejemplo) y la espuma (residuos de fábricas de pulpa y papel) no son objetables sólo por razones estéticas; también limitan la penetración de la luz y pueden reducir los niveles de OD, todo lo cual altera el equilibrio ecológico natural del agua. (Aguilar Ibarra , 2010)

Fuentes de contaminación puntuales y no puntuales. Las fuentes puntuales descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías, acequias o desagües sobre capas de la superficie del agua. Ejemplos de éstas son fábricas, plantas de tratamiento de aguas residuales (que eliminan algunos contaminantes, pero no todos), minas subterráneas activas y abandonadas, pozos petrolíferos submarinos y depósitos de petróleo. Como las fuentes puntuales se encuentran en lugares específicos, son bastante fáciles de identificar, vigilar y regular. En los países desarrollados muchos vertidos industriales están rigurosamente controlados, mientras que en la mayoría de los países en vías de desarrollo tales vertidos están sin control en su mayor parte. (Lind, 1985) Las fuentes no puntuales son fuentes que no se pueden asociar a ningún lugar de vertido concreto. Normalmente son grandes zonas de terreno o capas aéreas que contaminan el agua por escorrentía, por curso subterráneo o por sedimentación desde la atmósfera. Son ejemplos la deposición de ácidos, escorrentía de productos químicos en la superficie del agua (incluyendo las aguas de lluvia) y filtrados en los terrenos desde los cultivos, corrales de ganado, calles, céspedes y zonas de aparcamiento.

2.2.6.- Muestreo y preservación de muestras

El proceso generador de datos empieza con la recolección de la muestra y la técnica analítica más cuidadosa no puede compensar los errores cometidos en este paso. El objetivo principal en la recolección de la muestra en agua es que sea representativa del sistema del cual se capta. La naturaleza del sistema determinará, junto con los objetivos de estudio, el diseño del programa del muestreo. (Wood, 1966) Indica que los sistemas de interés para los laboratorios de análisis de aguas incluyen: a) Plantas de tratamiento de agua potable, b) Sistemas de distribución, c) Sistemas de recolección de aguas residuales, d) Plantas de tratamiento de aguas

residuales, e) Corrientes, f) Ríos, g) Cuencas hidrográficas, h) Lagos, i) Acuíferos Subterráneos, j) Estuarios, k) Océano

El diseño del programa de muestreo debe considerar los siguientes factores a fin de asegurar que las muestras sean representativas: 1- Ubicación del lugar de muestreo, 2- Tiempo y frecuencia del muestreo, 3- Volumen de muestra, 4- Procedimiento de recolección, 5- Muestras simples o compuestas, 6- Transporte, preservación y almacenamiento de muestras y 7- Datos de campo recogidos con cada muestra. Un muestreo de aguas residuales se debe hacer siguiendo el siguiente procedimiento: Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existan en el punto y hora de muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar en las determinaciones correspondientes. Las muestras deben representar lo mejor posible las características del efluente total que se descarga por el conducto que se muestrea. (salud, 2000)

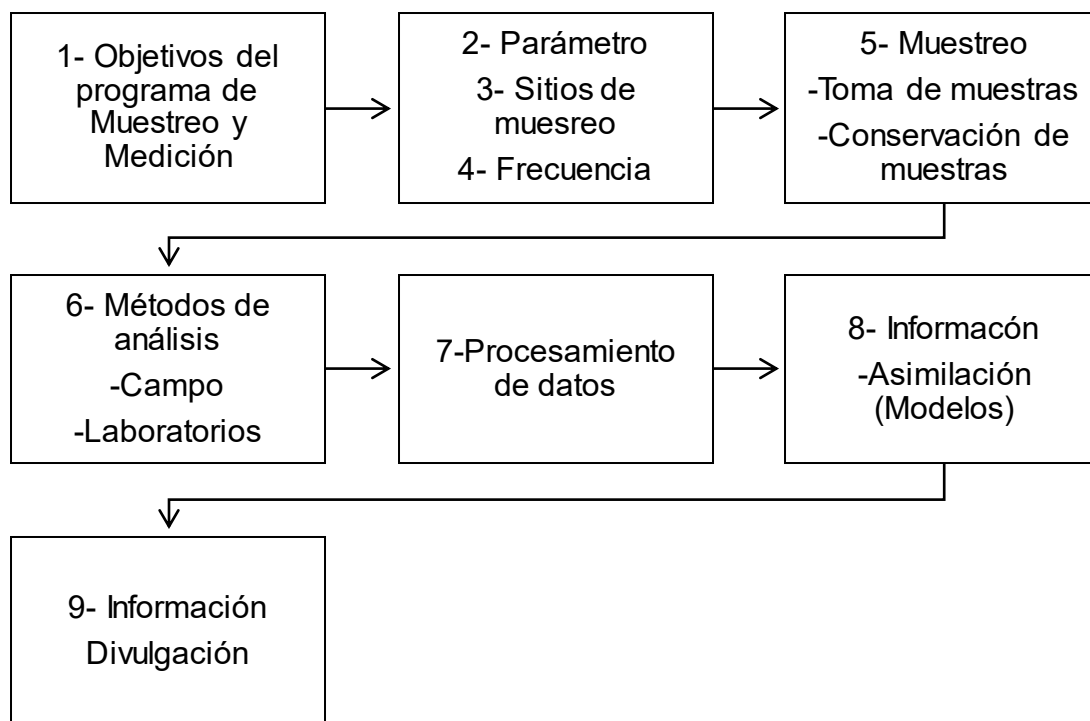


Figura 5. Diseño de programa de muestreo.

2.2.7 Aguas naturales

El muestreo de cuerpos de agua natural tales como ríos, lagos y estuarios es extremadamente complejo y se efectúa generalmente como parte de un programa de vigilancia de calidad del agua. El monitoreo se ha considerado en general como una actividad de ayuda en tres funciones: 1- Evaluación de la calidad y tendencia de cambio en el agua. 2- Programa de planeamiento y manejo. 3- Cumplimiento puesto en vigor y revisión de normas de calidad de agua. (Skougstat, 1974). Para muchos propósitos es necesario conocer el caudal del río en el momento del muestreo. Por tanto, los lugares de muestreo deben usualmente ser escogidos en forma que las descargas correspondientes sean conocidas o puedan ser estimadamente aceptadas. Cuando los efectos de un tributario o afluente sobre la calidad en un emplazamiento particular de la corriente principal son de interés, dos lugares por lo menos son necesarios. Uno aguas arriba de la confluencia, y el otro lo suficientemente corriente abajo para que las mezclas vertical y lateral resulten esencialmente completas. (salud, 2000). Generalmente debe evitarse el muestreo en o cerca de la superficie, fondo y orillas. Se necesita cuidado en no agitar los sedimentos del fondo y en evitar capas flotantes no representativas en la superficie.

Finalmente debe considerarse que la naturaleza inestable de muchos constituyentes químicos y físicos del agua subterránea exige procedimientos especiales de recolección y análisis de campo inmediata a ésta. Específicamente, es preferible analizar en el campo los siguientes parámetros: pH-Temperatura-Carbonato-Bicarbonato y Oxígeno disuelto. (Jiménez, 2001)

Canales abiertos. (Wood, 1966) Aplica para efluentes como canales, quebradas, ríos, zanjas etc. En algunas ocasiones se podrá observar la presencia de instalaciones que permiten la salida fácil del vertimiento y con dimensiones conocidas o fácilmente medibles, una vez se conozca el área de la sección transversal de la salida del vertimiento se determina la velocidad de salida. Esta velocidad se puede obtener mediante la utilización de un elemento que flote a lo largo del canal o tubería (método flotador), de manera que pueda determinarse la velocidad superficial del vertimiento o mediante la utilización de un molinete para hallar la velocidad media de la corriente.

2.2.8.- Conservación y almacenamiento de muestras de agua

Parámetro a analizar	Conservación	Máximo almacenamiento recomendado
Nitrato	Realizar estudio en campo. Conservar muestra a 23°C para evitar interferencias	24 horas. Refrigeración a 4° C con H_2SO_4 con pH <2
Fosfato (ortofosfatos)	Realizar estudio en campo. Conservar muestra a 23°C para evitar interferencias	24 horas. Filtración In Situ y refrigeración a 4°C
Sílice	Realizar estudio en campo.	7 días. Refrigeración a 4°C
Dureza total	Realizar estudio en campo.	INMEDIATO
Dureza (calcio)	Realizar estudio en campo.	INMEDIATO
Oxígeno disuelto	Realizar estudio en campo.	INMEDIATO

Tabla 8. Requerimientos para conservación y almacenamiento de muestras de agua.

2.2.9.- Microbiología del agua, de aguas residuales y organismos indicadores

El agua de superficie recoge muchas sustancias durante su recorrido por tierras agrícolas y áreas industriales. Los terrenos agrícolas aportan nitratos, fosfatos y otros nutrientes, junto con microorganismos del suelo. (Catalán Lafuente, 1990) El material orgánico como hojas, hierba recortada, deyecciones de aves y animales, y residuos de plantas procesadoras de alimentos, todo ello con su población microbiana asociada, también tienen acceso al agua de superficie. A menos que los contaminantes tóxicos sean excesivos, el resultado es que prácticamente todas las aguas superficiales del mundo sostienen una población microbiana floreciente.

Muchas formas de vida microbiana pueden existir en agua en tanto se satisfagan las necesidades físicas y nutricionales apropiadas para el crecimiento. Las bacterias aerobias y los protozoarios necesitan oxígeno disuelto para crecer. El nitrógeno y el fósforo, así como la luz, son indispensables para las algas. El número y tipo de microorganismos presentes constituyen un indicio de la calidad del agua. En el agua limpia o con un bajo contenido de nutrientes, el número total de microorganismos es limitado, pero puede haber una gran variedad de especies (Wehr, 2003) A medida que el contenido de nutrientes aumenta, también lo hace el número de microorganismos, en tanto el número de especies se reduce.

2.2.10.- Organismos indicadores.

El agua que se utiliza para beber y bañarse puede servir como vehículo para transmitir patógenos entéricos humanos que causan enfermedades transmitidas por agua. La detección de agentes patógenos en el agua es difícil, económicamente costosa y poca práctica en los análisis rutinarios del agua. En su lugar, el agua se valora empleando un sustituto, que actúa como un indicador de contaminación fecal. (Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017) Puesto que los organismos no patógenos también habitan en gran número en el intestino y están siempre presentes en las heces, junto con los agentes patógenos que pudiera haber, pueden servir como indicadores de contaminación fecal. Las principales características de un buen organismo indicador son (1) su ausencia implica la inexistencia de patógenos entéricos; (2) la densidad de los organismos indicadores está relacionada con la probabilidad de la presencia de patógenos; y (3) en el medio los organismos indicadores sobreviven un poco más que los patógenos. Es evidente que no existe un organismo ideal indicador de esta naturaleza. Sin embargo, la presencia de Coliformes totales, Coliformes fecales, estreptococos fecales y *Clostridium perfringens* se considera como indicio de contaminación por heces, y por muchos años se ha empleado para valorar la calidad del agua (Henry & Heinke, 1999)

2.2.11.- La calidad del agua y su salud

(Rock & Rivera, 2014) Refieren que numerosas agencias gubernamentales y estatales, así como grupos locales de cuencas hacen pruebas de la calidad del agua para confirmar que el agua es segura o si existen posibles problemas de contaminación. En el pasado, las pruebas de calidad del agua y la presentación de datos se basaban en grupos de bacterias llamados coliformes totales y fecales. Las bacterias coliformes se encuentran en el medio ambiente acuático, en el suelo, y en la vegetación. Están universalmente presentes en grandes cantidades en las heces de los animales de sangre caliente. Mientras que los coliformes normalmente no causan enfermedades graves, son fáciles de cultivar y su presencia se utiliza para indicar que otros organismos patógenos de origen fecal pueden estar presentes.

2.2.12.- Enterobacterias

La familia Enterobacteriaceae constituye un grupo grande y heterogéneo de bacterias gramnegativas. Reciben su nombre por la localización habitual como saprofitos en el tubo digestivo, aunque se trata de gérmenes ubicuos, encontrándose de forma universal en el suelo, el agua y la vegetación, así como formando parte de la flora intestinal normal de muchos animales además del hombre. (Puerta & Rodríguez, 2010)

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA ENTEROBACTERIACEAE
CARACTERÍSTICAS TÓPICAS Y DISTINTIVAS DE LAS ENTEROBACTERIAS
Reducen los nitratos a nitritos (con algunas excepciones)
Fermentan la glucosa a ácido con producción de gas o sin ella
Son oxidasa-negativos, a excepción de Plesiomonas
Producen catalase
No ven favorecido su crecimiento por la presencia de NaCl
La mayoría son móviles (con flagelos peritricos)

Tabla 9. Características de las Enterobacterias

Las Enterobacterias importantes desde el punto de vista clínico

GÉNERO	ESPECIE
Escherichia	Coli, Alberti,
Klebsiella	Pneumoniae, Oxytoca, Granulomatis
Salmonella	Choleraesuis

Tabla 10. Importancia clínica de las Enterobacterias

Escherichia Coli

Escherichia Coli (*E. Coli*) son bacterias Gram-negativo y son un tipo de bacterias coliformes fecales que se encuentran comúnmente en los intestinos de los animales y los seres humanos. La presencia de *E. Coli* en el agua es una fuerte indicación de una reciente contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos de animales. Es importante tener en cuenta que *E. Coli* y los residuos de animales/humanos pueden entrar en nuestra agua de muchas maneras diferentes. Por ejemplo, durante la lluvia y derretimiento de la nieve, *E. Coli* se puede lavar en los ríos, arroyos, lagos o aguas subterráneas. Otras formas son la fauna silvestre, fosas sépticas defectuosas, actividades recreativas y prácticas locales de uso del suelo (por ejemplo, estiércol utilizado como fertilizante y ganado). Las fuentes de contaminación fecales de humanos y animales representan un grave riesgo para la salud debido a la alta probabilidad de la existencia de agentes patógenos en los residuos fecales. Un patógeno es un microorganismo que puede causar enfermedades y causar enfermedades en las personas. (Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017)

Klebsiella. Los microorganismos del género *Klebsiella* son bacilos gramnegativos inmóviles que pertenecen a la familia Enterobacteriaceae. Aproximadamente del 60 al 80% de los microorganismos del género *Klebsiella* aislados de muestras de heces

y clínicas son *K. pneumoniae* y dan positivo en la prueba de coliformes termo tolerantes. (Ainsworth, 2004) *Klebsiella oxytoca* también se ha identificado como microorganismo patógeno.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo. No se considera que la ingestión de agua de consumo sea una fuente de enfermedades del aparato digestivo por *Klebsiella* spp. en la población general. Por lo general, los microorganismos del género *Klebsiella* detectados en el agua de consumo forman parte de biopelículas y es poco probable que constituyan un riesgo para la salud. Estos microorganismos son razonablemente sensibles a los desinfectantes y se puede evitar su entrada en los sistemas de distribución mediante un tratamiento adecuado. (Bartram, 2003) Su proliferación en los sistemas de distribución se puede minimizar mediante estrategias diseñadas para limitar la formación de biopelículas, como el tratamiento para optimizar la eliminación del carbono orgánico, la restricción del tiempo de residencia del agua en los sistemas de distribución y el mantenimiento de concentraciones residuales de desinfectantes. *Klebsiella* es un microorganismo coliforme y puede ser detectado por los análisis tradicionales de coliformes totales.

Salmonella. Son bacilos gramnegativos móviles que no fermentan la lactosa, aunque la mayoría producen sulfuro de hidrógeno o gas por fermentación de los hidratos de carbono. Fuentes y prevalencia. El género *Salmonella* está ampliamente distribuido en el medio ambiente, pero algunas especies o serotipos presentan especificidad de hospedador. Los agentes patógenos típicamente acceden a los sistemas de distribución de agua mediante su contaminación fecal por descargas de aguas residuales, o por el ganado y los animales silvestres. (Angulo, 1997)

Relevancia de su presencia en el agua de consumo. Los brotes de fiebre tifoidea transmitida por el agua tienen consecuencias devastadoras para la salud pública. Sin embargo, a pesar de su amplia distribución, es raro que las especies de *Salmonella* no tifoideas causen brotes transmitidos por el agua de consumo. (Koplan, 1978) En estos casos, frecuentemente debidos a *S. typhimurium*, la transmisión se ha asociado con el consumo de aguas subterráneas y superficiales contaminadas. Las especies de *Salmonella* son relativamente sensibles a la desinfección.

Pseudomona sp. El género *Pseudomonas* está constituido por bacilos aerobios Gram negativos móviles, posee una densa capa de polisacáridos que actúa como barrera fisicoquímica capaz de protegerla del efecto del cloro residual. Se identifican con base en varias características fisiológicas: uso de diversidad de compuestos orgánicos como fuentes de carbono y energía que aumentan su capacidad de resistir a factores ambientales. (Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017) Ha sido aislada de equipos destiladores, agua potable, tanques cisterna, tanques domiciliarios,

redes de distribución de agua para consumo humano, demostrando su capacidad de sobrevivir y multiplicarse en aguas sometidas a procesos de desinfección. Su resistencia al cloro es superior a la de otros microorganismos aislados del agua; además, su característica más importante es su capacidad de inhibir coliformes que, al ser indicadores de contaminación de agua más comúnmente usados en el mundo, existe gran probabilidad de consumir agua con índice de coliformes cero, que podrían estar inhibidos por microorganismos del género *Pseudomonas*.

2.2.13.- Cianobacterias acuáticas como especies potencialmente indicadoras.

(Pérez, Olivos, Quijano, Espinosa, & Jiménez, 2006) argumentan que los florecimientos de cianobacterias son comunes en cuerpos de agua eutrofizados del centro de México. Están conformados por agregaciones unicelulares, colonias o filamentos. Se consideran nocivos porque pueden afectar los cuerpos de agua donde se desarrollan, ya que modifican paulatinamente las características físicas y químicas del ecosistema, impactando directamente a la biota residente. Las principales especies que se han reportado como formadoras de florecimientos en México, pertenecen a los géneros *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Cylindrospermopsis*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Phormidium*, *Planktothrix* y *Pseudanabaena*. Las cianobacterias producen cianotoxinas que tienen la capacidad de causar efectos adversos sobre diferentes especies. La toxicidad de las cianotoxinas es altamente variable (Annadotter, 2006), es específica de cada especie dominante del florecimiento, del tipo de toxinas producidas, de su concentración y de la susceptibilidad de los organismos afectados. Las cianotoxinas que se han detectado en cuerpos de agua del centro de México entre los años 2000 y 2015 son: microcistinas, cilindrospermopsinas, saxitoxinas, nodularinas y lipopolisacáridos, las cuales son hepatotóxicas, neurotóxicas, citotóxicas, dermatóxicas, y pueden ser bioacumulables, afectando a animales y seres humanos.

Los reservorios de agua dulce, así como lagos naturales o artificiales que se han visto afectados por estos florecimientos, han recibido escasa atención en relación al impacto negativo potencial de estos eventos. Escasos estudios biológicos, ecológicos, limnológicos, taxonómicos y toxicológicos documentan la problemática de los florecimientos de cianobacterias y los efectos causados en ecosistemas acuáticos del centro de México. (Jiménez, 2001). Diversas especies de cianobacterias tienen la capacidad de sintetizar metabolitos que son tóxicos para un gran número de organismos del ecosistema acuático, además de animales domésticos y silvestres, aves migratorias, animales de granja y seres humanos. Según su mecanismo de acción, estas cianotoxinas se clasifican en hepatotóxicas, neurotóxicas, citotóxicas, dermatóxicas, y pueden ser bioacumulables. Los

síntomas conocidos por intoxicación en humanos incluyen fiebre, desórdenes gastrointestinales, irritaciones de la piel y reacciones alérgicas que afectan oídos, ojos, garganta y tracto respiratorio. En algunos casos la intoxicación por cianobacterias ha provocado la muerte.

2.2.14.- Las diatomeas

Las diatomeas son un grupo de organismos microscópicos unicelulares pertenecientes a la división Heteronkontophyta y a la clase Bacillariophyceae; son micro algas unicelulares de vida libre o colonial ; habitan en medios ambientes acuáticos y húmedos; presentan clorofila a, c y C^2 . En la clase Bacillariophyceae (Diatomophyceae) se reconocen dos líneas evolutivas representadas por los órdenes Centrales y Pennales (Imagen 2). Las diatomeas Centrales son simétricas en vista valvar, en vista periapical presentan simetría radial y presentan reproducción sexual orgánica; las Pennales son simétricas en vista valvar y presentan simetría bilateral en vista periapical y producen isogametos amoeboideos. La gran mayoría de las diatomeas son diploides en la etapa vegetativa del ciclo de vida. Las diatomeas son un grupo muy amplio y ecológicamente muy importante de organismos (Kociolek, 1988)

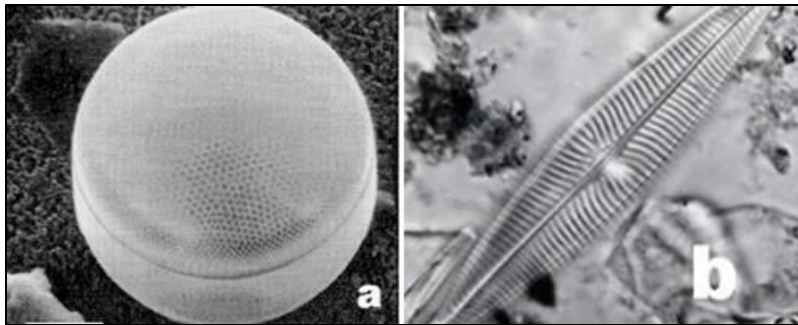


Figura 6. Diatomeas. Órdenes centrales y pennales

Hábitat

(Wehr, 2003) menciona que las diatomeas se encuentran representadas ampliamente: en aguas marinas, tanto en la línea costera como en aguas abiertas; así como en todos los ambientes acuáticos y húmedos continentales, ocurriendo en aguas tranquilas permanentes o con corrientes, formando parte del plancton o de los bentos. De acuerdo a la posición que ocupan en la columna de agua, se encontró una diatomea de tipo:

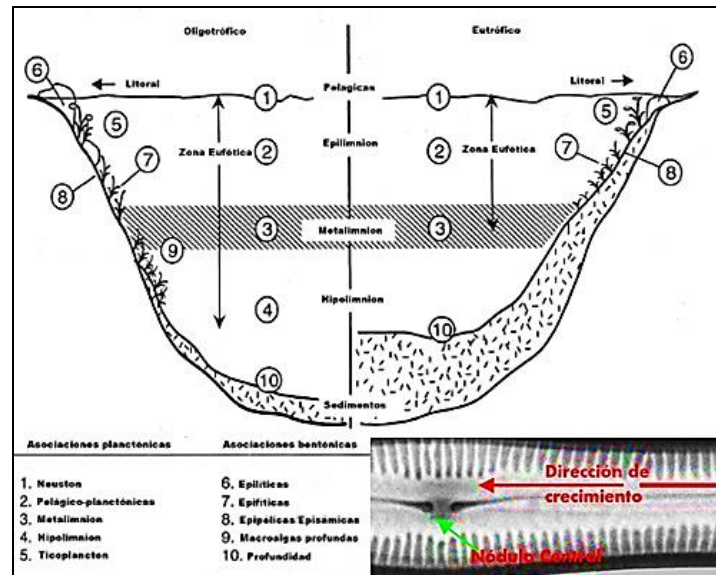


Figura 7. Zonas y hábitats de algas en un recipiente de agua oligotrófico y eutrófico, EZ= zona eufótica (tomado de Wehr, 2003).

Epífítica. Son las diatomeas que han colonizado las rocas y las piedras y los estratos rocosos del fondo, dominando la zona de oleaje y turbulencia. Dentro de esta clasificación también existen especies que están restringidas a la zona del litoral, en tanto que otras ocurren en aguas más profundas donde la acción del oleaje es menos severa. Estas especies de diatomeas se encuentran asociadas con plantas sumergidas y emergidas por lo que existe una correlación entre el tipo de planta hospedadora y la biomasa y diversidad de diatomeas epífíticas. De acuerdo a esta clasificación las diatomeas Pennales (familia Naviculaceae) están situadas en la siguiente línea taxonómica (Hustedt, 1930)

2.2.15.- Semáforos ambientales.

Actualmente existen muchas metodologías ambientales para medir los impactos ocasionados por los diferentes sectores industriales y urbanos, pero son escasas las técnicas que mediante la aplicación de escalas y matrices pueden conllevar a una medicación directa de la calidad del entorno correlacionando al ambiente urbano, rural y el natural. (Ministerio de Ambiente, 2004). Aunado a lo anterior, el instrumento del Semáforo Ambiental realiza una cobertura en cuanto a la situación social, ambiental y o la cobertura que puede presentar un servicio ambiental.

COLOR	COBERTURA DEL SERVICIO AMBIENTAL
A. Rojo	Mala calidad ambiental o de alto riesgo
B. Amarillo	Mala calidad ambiental o de alto riesgo
C. Verde	Mejor calidad o de bajo riesgo ambiental

Tabla 11. Evaluación ambiental. Semáforos ambientales

Éstos colores son utilizados debido a que se utilizan en el instrumento de tráfico vehicular, de esta manera son fácilmente reconocidos por todos, ya sean técnicos o comunidad en general. ¿Qué se evalúa? Tanto en el área urbana como en el área rural del municipio, la evaluación ambiental incluye: La identificación de potencialidades, Oferta ambiental, Debilidades o problemática, Ubicación espacial, Calificación cualitativa que representa la percepción de la comunidad acerca de la calidad y cobertura de bienes y servicios ambientales, Riesgo y la gestión ambiental municipal:

Calidad: Evalúa el estado actual de un recurso o servicio ambiental, en términos de ser percibida o considerada por la comunidad como: Muy Buena, Buena, Regular, Mala o Muy Mala calidad. Cobertura: Evalúa qué parte de la población o del área del municipio recibe o tiene acceso a un servicio determinado, se mide en términos de Muy Alta, Alta, Media, Baja o Muy Baja. Riesgo: Evalúa la probabilidad de que se produzca un daño o catástrofe social, es decir, sobre la vida y bienes de las personas, por causas naturales o antrópicas. Se mide en términos de Muy Alto, Alto, Medio, Bajo, Muy Bajo. Gestión: Mide tanto la capacidad institucional como las iniciativas comunitarias para planificar, ejecutar acciones, hacer seguimiento a la gestión y devolver a manera de retroalimentación, los procesos para el mejoramiento ambiental del municipio; Se mide en términos de Muy Buena, Buena, Regular, Mala o Muy Mala.

2.2.16.- Sistemas de información geográfica (SIG)

Según (INEGI, Sistema de Información Geográfica, 2014) se definen como el conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real. Tiene como objetivos: El almacenamiento, manejo y manipulación de grandes volúmenes de datos espacialmente referenciados. Proveer los medios para llevar a cabo análisis que implican, de manera específica, el componente de posición geográfica. Organización y administración de los datos, de tal forma que la información sea fácilmente accesible a los usuarios y la Vinculación de diversas bases de datos

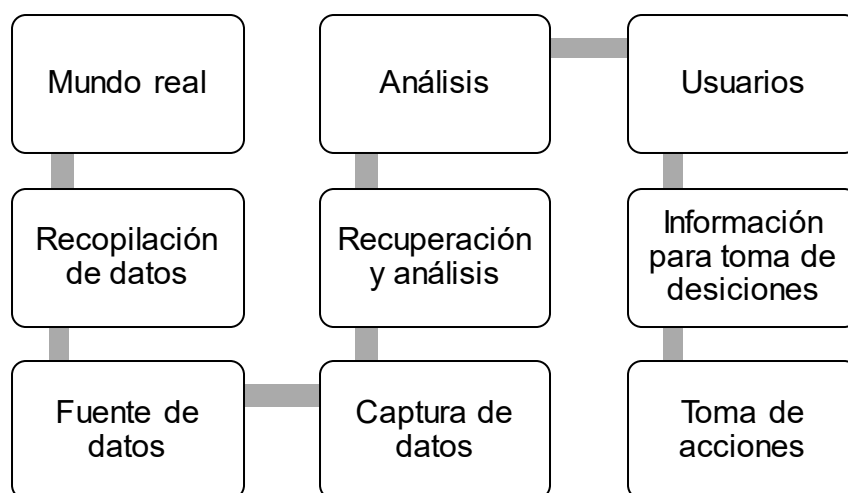


Figura 8. Ciclo de un SIG

La necesidad de información sobre el territorio es una constante histórica. Los fines para que dicha información pueda servir son inagotables, puesto que la persona no puede prescindir jamás de su dimensión espacial. (Moreno, 2008) Por tal razón casi ningunas de las actividades humanas puede ser ajena al uso de datos geográficos: de índole económica, política, social, familiar, lúdica, militar, etc. Y por supuesto de las científicas y educativas, precisan, en mayor o menor grado, de información geográfica. Con ello, el sistema estará capacitado para ofrecernos unas prestaciones muy variadas.

2.3 Marco Legal

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. México.

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

NORMA Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable

Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.

Norma de Caudal Ecológico para la determinación de caudal ecológico en cuencas hidrológicas (NMX-AA-159-SCFI-2012).

NMX-AA-008- Aguas- Determinación de pH método potenciométrico.

NMX-75-AA-1982 Análisis de agua-Determinación de Sílice.

Guía para la formulación de la AGENDA AMBIENTAL MUNICIPAL. Bogotá: Sistemas de Gestión Ambiental Municipal. (2004).

Total Coliforms. Environmental Protection Agency EPA. 1992.

Methods for chemical analysis of water and wastes. Cincinnati: Environmental protection agency EPA. 1994.

CAPÍTULO III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la Subcuenca del Río Calabozo; perteneciente a la región Pánuco con clave RH26 según (INEGI, Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de aguas superficiales, 2010) Esta región abarca una superficie de 12,091 km cuadrados (16.8% del territorio estatal). (INEGI, 2010) resalta que por su extensión destacan los municipios de Pánuco, Ozuluama, Tantoyuca, Tempoal y Tamiahua, ya que en conjunto concentran el 74.7% del territorio regional.

Se localiza en el norte del Estado. Limita al norte con el Estado de Tamaulipas, al este con el Golfo de México, al Oeste con San Luis Potosí y al sur con la región de la Huasteca Baja. Fueron elegidos 5 sitios de estudio: 1- Río La Bomba, 2- Río Acececa, 3- Río Platón Sánchez, 4- Río Tempoal Y 5- Río San Diego.

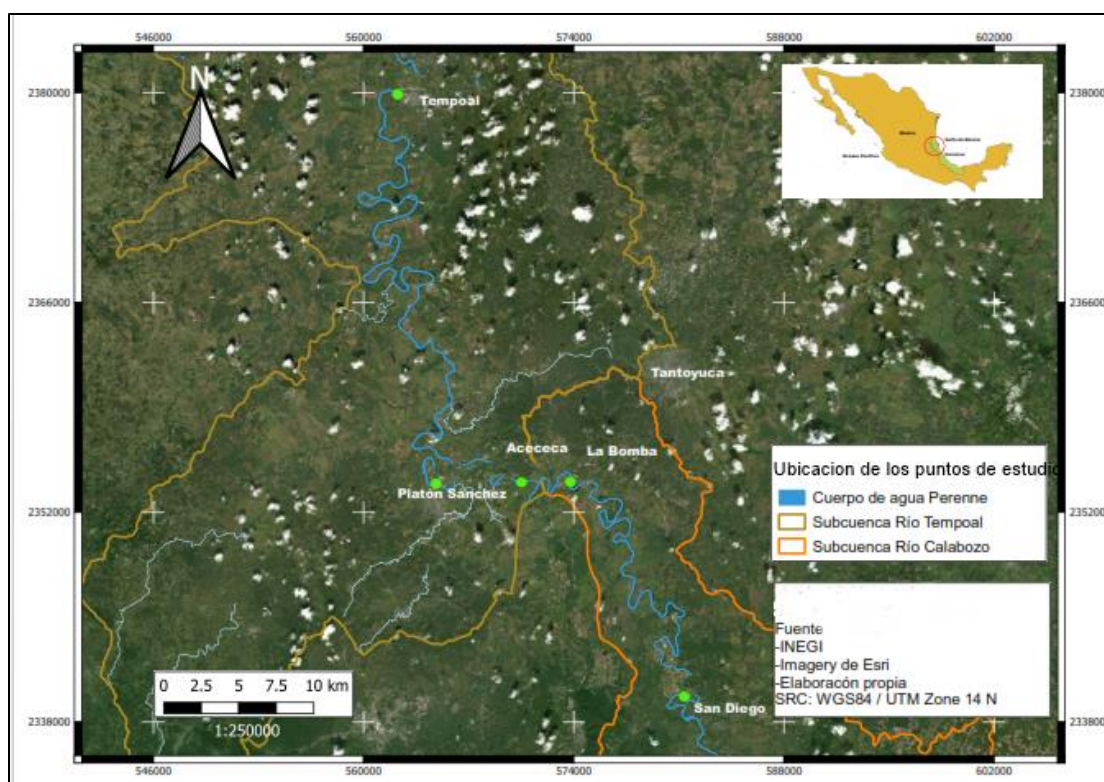


Figura 9. Ubicación geográfica del sitio de estudio.

Posición Geo -referencial de los sitios de estudio:

Sitios de estudio	Latitud	Longitud	Altitud
1- Río La Bomba	21.28686667	-98.320035	37.5 m
2- Río Acececa	21.28681333	-98.32011667	37.4 m
3- Río Platón Sánchez	21.28546667	-98.37452333	48.0 m
4- Río Tempoal	21.52089167	-98.398777667	16.2 m
5- Río San Diego	21.15696399	-98.21623672	60.3 m

Tabla 12. Posiciones geo-referenciales.

Tipo de relieve y características: Llanuras: Se observaron planicies para llegar al sitio de interés caracterizadas por una superficie con poca elevación y colinas aisladas, así mismo se observaron pequeñas colinas con elevaciones. La región se destaca por su orientación del uso de suelo a actividades del sector primario; (INEGI, 2012) establece que más del 71.4% (8,636 km^2) de su territorio se destina a actividades agropecuarias como pastizal y agricultura.

Árboles de Sauce, Aquiche, Humo, Orijuelo, Sauce, Framboyán, Aguacate, Guácima, Chalahuite, Chaca e Higo.

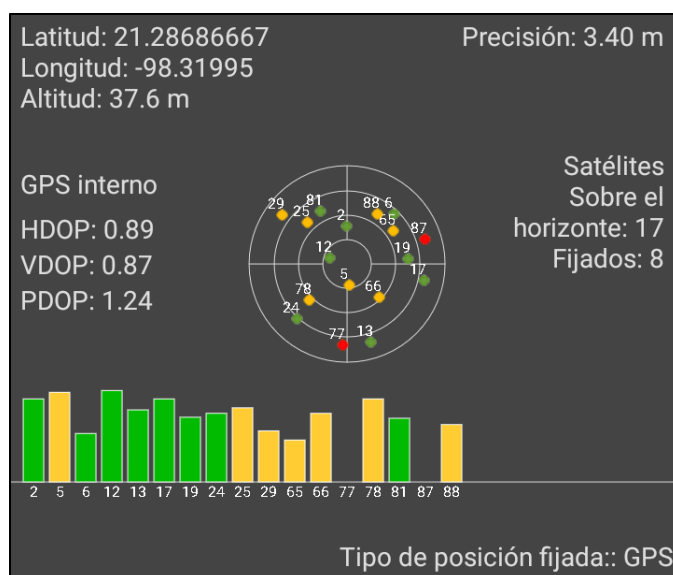


Figura 10. Georreferencia del sitio de estudio 1. La bomba

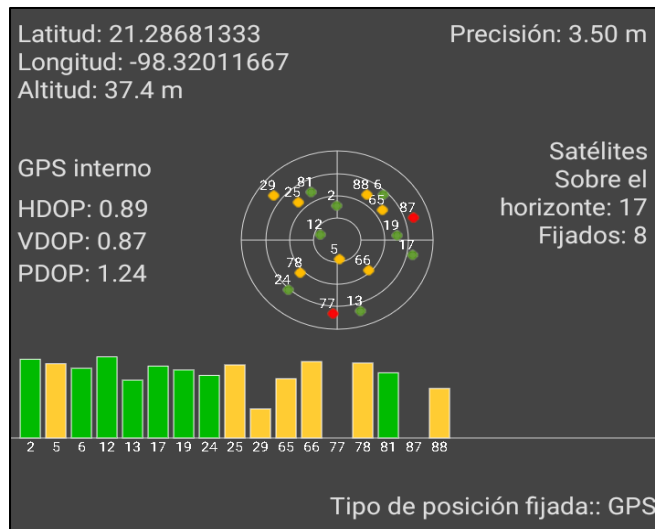


Figura 11. Georreferenciación sitio 2. Acececa

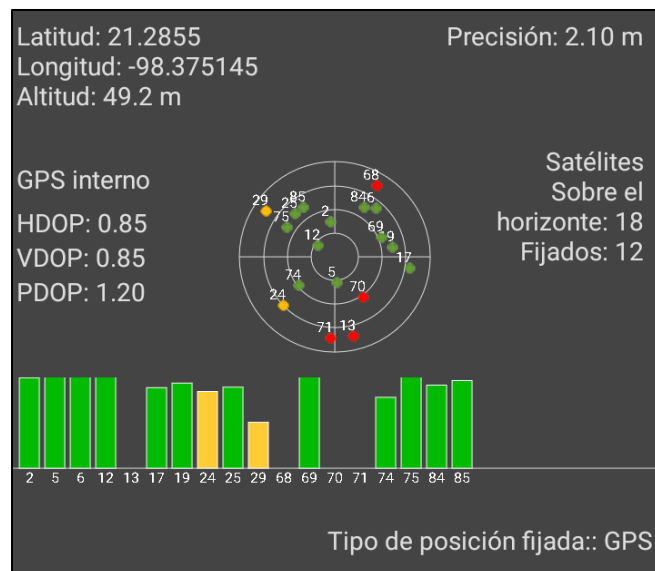


Figura 12. Georreferencia del sitio 3. Platón Sánchez

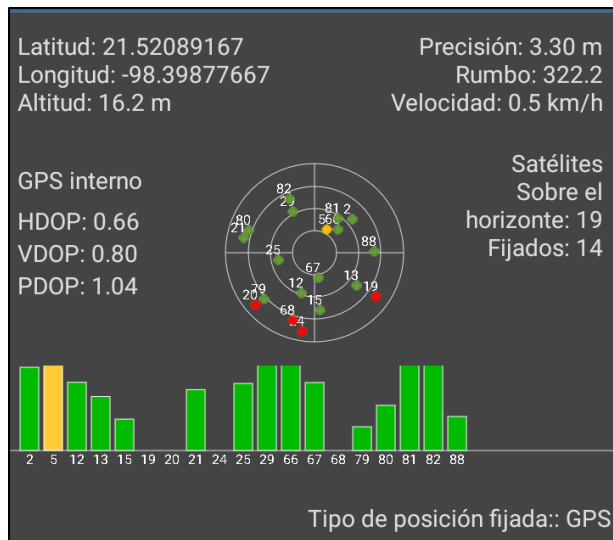


Figura 13. Georreferencia Sitio 4. Tempopal

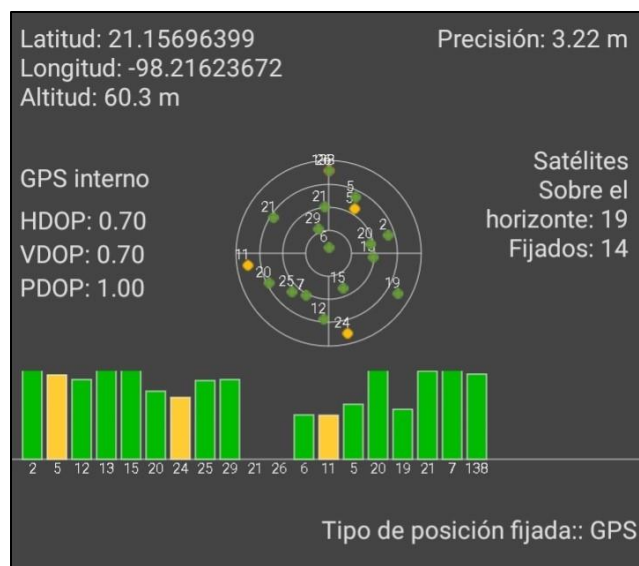


Figura 14. Georreferencia sitio 5. San diego

3.2.- Unidad del estudio

- Subcuenca del Río Calabozo; perteneciente a la región Pánuco con clave RH26 según (INEGI, Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de aguas superficiales, 2010) y perteneciente a la cuenca del R. Pánuco con clave A integrando a los municipios de Chalma, Chiconamel, Pánuco, Platón Sánchez, Tantoyuca y Tempoal en cuencas agrupadas pertenecientes al R. Pánuco. Fuente: (Subsecretaría de Planeación, 2010).

3.3.- Descripción del diseño experimental

Método de investigación	Número de etapas de la investigación	Número de sitios de estudio					Número de muestreos por sitio	Número de repeticiones	Sitio más contaminado
Exploratoria	2	1- La Bomba	2- Acececa	3- Platón Sánchez	4- Tempoal	5- San Diego	3	3	Sitio de estudio 2- Acececa

Tabla 13. Descripción del diseño experimental

Técnica de recolección de datos

Método elegido: Muestreo aleatorio sistemático

Según la Conserjería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente (SCAPMA) Este procedimiento resulta útil cuando no se tiene evidencia sobre la distribución espacial de las características fisicoquímicas o calidad del agua o de algún contaminante en el sitio. No se conoce si existe homogeneidad o heterogeneidad espacial en dicha distribución espacial. De modo que, es aconsejable su aplicación cuando no se tiene

un conocimiento del sitio o resulta complejo determinar a priori si la distribución espacial de las características o los contaminantes es homogénea o heterogénea. La aplicación del procedimiento permite, en estos casos, realizar un barrido de toda el área de estudio.

Método de investigación: Exploratoria: Es considerada como el primer acercamiento científico a un problema. Se utiliza cuando este aún no ha sido abordado o no ha sido suficientemente estudiado y las condiciones existentes no son aun determinantes. Se decidió elegir éste método debido a que el Río Calabozo no cuenta con algún registro por parte de las instancias encargadas sobre el índice de calidad del agua.

Nivel de investigación: Cuantitativa: Se realizaron análisis con utilización de datos ya existentes (parámetros, índices, rangos, etc.)

3.4.- Descripción de las variables a considerar en el estado

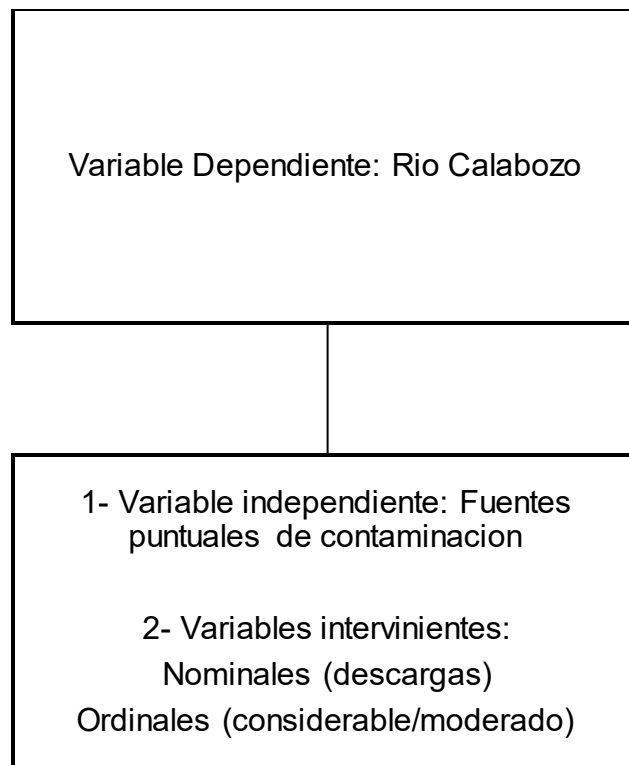


Figura 15. Variables a considerar

3.5.- Metodología empleada para la obtención de datos y resultados

La metodología que se utilizó durante este trabajo, fue de método cuantitativo donde se interpretan los datos una vez que se han registrado y analizado estadísticamente. Es por ello que el diseño metodológico que se siguió en el presente trabajo fue de tipo exploratorio, descriptivo (De la Lanza, 2014), con abordaje de triangulación considerando técnicas cualitativas y cuantitativas para recopilación de la información (Aguilar & Barroso, 2015). Además, de que la información se obtuvo mediante el trabajo de campo en los sitios de estudio (Ríos) seleccionados: La Bomba, Acececa, Platón Sánchez, Tempoal y San Diego.

La estrategia metodológica de triangulación se refiere a la combinación dentro de un mismo estudio de distintos métodos de recolección de información o de fuentes de datos como: la observación participante, entrevistas individuales, entrevistas grupales, análisis de documentos, etc., estas ofrecen puntos de vista divergentes que por un lado pueden ser opuestas, pero por el otro, enriquecerse y complementarse, ya combinadas (trianguladas) se fortalecen (De la Lanza, 2014)

Determinación de fuentes puntuales: Se llevaron a cabo recorridos de campo en los sitios de estudio identificando los diferentes giros industriales, zonas de actividades destinadas a la agricultura y ganadería con mayor concentración, asentamientos rurales y urbanos y la identificación de usuarios que originan la contaminación.

Una vez localizadas las probables fuentes puntuales de contaminación a los cuerpos de agua, se llevaron a cabo la geo posiciones con sonda multiparámetro ysi 6600 v2 que dispone de antena y receptor GPS de 12 canales que calcula la posición para localizar los puntos de ubicación junto con los datos de medición.

Metodologías analíticas empleadas para parámetros físicos

Metodología	Procedimiento	Descripción
1- Procedimiento para determinación de temperatura mediante pHmetro	Temperatura Determinación en campo para obtención de valores en Celsius.	Inmersión de un termómetro electrónico en el fluido hasta equilibrio térmico. Debe efectuarse en el momento de la toma de muestra.

Tabla 14. Determinación de temperatura mediante pH metro con electrodo sensible de vidrio.

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
2- Procedimiento para determinación de sólidos totales disueltos (TDS) mediante sonda ysi 6600 v2	Determinación en campo para obtención de valores de Conductividad en el agua El fundamento de la conversión manual es el siguiente: $1 \text{ PPM} = 3 \text{ NTU}$ Fórmula 2. Fundamento de conversión ppm a NTU	Mediante la introducción del electrodo de la sonda en el cuerpo de agua, se obtiene al instante lectura del parámetro de SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS expresado en unidades (TDS) Con el uso del software LENNTECH BV Conversorrel (Distributieweg 2645 EG) se realiza la conversión de STD a NTU(Unidades de Turbidez) Metodología 1. Seleccionar la pestaña WATER TREATMENT. 2. Realizar la conversión de STD a NTU (Unidades de Turbidez). 3. Registrar los resultados

Tabla 15. Determinación de STD y factor de conversión a NTU

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
3- Procedimiento para determinación de Conductividad	Determinación en campo para obtención de valores de Conductividad en el agua	Mediante la introducción del electrodo de la sonda en el cuerpo de agua, se obtiene al instante lectura del parámetro de

mediante sonda ysi 6600 v2		Conductividad que es reflejado en unidades de mS/cm^c y en $\mu S/cm$ Con el uso del software LENNTECH BV Conversorrel (Distributieweg 2645 EG) se realiza la conversión de conductividad a ppm ó $(\frac{mg}{L})$ Metodología: 1. Seleccionar la pestaña WATER TREATMENT. 2. Realizar la conversión de mS/cm^c y en $\mu S/cm$ a ppm. 3. Realizar la conversión de ppm a NTU (Unidades de Turbidez) 4. Registrar los resultados
-------------------------------	--	---

Tabla 16. Determinación de conductividad y factor de conversión a NTU

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
4- Procedimiento para determinación de Salinidad mediante sonda ysi 6600 v2	Determinación en campo para obtención de valores de Salinidad disuelto en el agua	Mediante la introducción del electrodo de la sonda en el cuerpo de agua, se obtiene al instante lectura del parámetro en unidades de $\mu S/cm$

Tabla 17. Determinación de salinidad

Metodologías analíticas empleadas para parámetros químicos.

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
1- Procedimiento para determinación de pH y Temperatura mediante pH metro	pH Determinación en campo para obtención de valores pH	Medida del pH: método potencio métrico con electrodo de vidrio sensible a H. Debe realizarse <i>in situ</i> . Hay que medir también temperatura.

Tabla 18. Determinación de pH y temperatura mediante pH metro con electrodo sensible de vidrio.

Técnicas analíticas utilizadas en campo mediante equipo LaMOTTE COMPANY

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
2- NITRATO	Determinación en campo de Nitrato para muestras de agua naturales en un rango de 0.2 a 1.0 ppm.	Se realizaron pruebas de reducción y agitación a la muestra para la obtención de concentración en ppm de Nitrato que fue comparado con un octeto axial de color.

Tabla 19. Metodología de nitrato.

Procedimiento de prueba de Nitrato (RANGO 0.2 - 1.0 ppm)

NOTA: Los nitritos pueden causar una interferencia grave en esta prueba de nitrato y deben determinarse por separado y compensarse si están presentes. Los mejores resultados se obtienen cuando las temperaturas de la solución están cerca de los 23 ° C. Llene el tubo de ensayo (0844) hasta la línea de 2.5 ml con agua de muestra. Diluir hasta la línea de 5 ml con * Reactivo Ácido Mixto (V-6278). Tapar y mezclar. Espera 2 minutos. Use la cuchara de 0,1 g (0699) para agregar una medida de nivel (evitar el exceso) de * Reactivo reductor de nitrato (V-6279). Tapar e invertir 60 veces en un minuto. Espera 10 minutos. Mezclar y quitar la tapa. Inserte la prueba en el comparador Nitrate-N & Phosphate (3120) con el Axial Reader (2071). Haga coincidir el color de la muestra con un estándar de color. Registrar como ppm de nitrato-N. Para convertir el resultado a nitrato, multiplica la lectura por 4.4. Registrar como ppm de nitrato.

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
3- Fosfato (Ortofosfatos)	Determinación en campo de Fosfato para muestras de agua naturales en un rango de 0.2 a 1.0 ppm.	Se realizaron pruebas en muestras claras añadiéndose reactivos de Ácido y reactivo reductor de Fosfato para la obtención de concentración en ppm de Fosfato, el cual fue comparado con un octeto axial de concentración de color.

Tabla 20. Metodología de Fosfato (Ortofosfatos)

Procedimiento de prueba de Fosfato (RANGO 0.2 - 1.0 ppm). Esta prueba determina los niveles de ortofosfatos solamente.

NOTA: Esta prueba debe ejecutarse solo en muestras claras. Filtrar la muestra si es necesario. Los mejores resultados se obtienen cuando las temperaturas de la solución están cerca de los 23 ° C. Llene el tubo de ensayo (0844) a 10 ml de Reactivo de ácido fosfato * (V-6282). Tapar y mezclar. Use la pipeta de 1.0 ml (0354) para agregar 1.0 ml * Reactivo de ácido fosfato (V-6282). Tapar y mezclar.

Use la segunda cuchara de 0,1 g (0699) para agregar una medida de nivel de * Reactivo reductor de fosfato (V-6283). Tapar y mezclar hasta que se disuelva. Espere 5 minutos. Quitar la tapa. Coloque en el comparador de nitrato-N y fosfato (3120) con el lector axial (2071). Haga coincidir el color de la muestra con un estándar de color. Registro como ppm de Ortofosfatos

Reactivos

- 120 mL * Reactivo ácido mixto * V6278-J
- 5 g * Reactivo reductor de nitrato * V6279-C
- 60 mL * Reactivo de ácido fosfato * V-6282-H
- 5 g * Reactivo reductor de fosfato * V6283-C
- 4 tubos de ensayo, 2.5-5-10 ml, vidrio, c / 2 tapones 0844
- cucharas, 0,1 g, plástico 0699
- 1 pipeta, 1 ml, plástico 0354
- 1 Tapa, Tire "n" Empuje 28571
- 1 ampolla de agua destilada, 5 ml 2748
- 1 lector axial 2071
- 1 Nitrate-N & Phosphate Comparator 3120

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
4- Prueba de Dureza de Calcio	Determinación en campo para prueba de Dureza de Calcio en muestras de aguas naturales expresadas en ppm	Para la obtención de la concentración total de Dureza de Calcio en muestras de agua superficiales se realizaron pruebas con tabletas indicadoras de Calcio así como un inhibidor de metales, a través de una titulación volumétrica y de un valorador de lectura directa se cuantificó la concentración de Dureza de Calcio expresada en ppm de $CaCO_3$.

Tabla 21. Determinación de Dureza de Calcio.

Procedimiento de prueba de Dureza de Calcio

Llene una muestra de prueba (0608) hasta la línea de 12,9 ml con la muestra de agua. Agregue 6 gotas de * Hidróxido de sodio con inhibidor de metales (4259). Tapar y agitar para mezclar. Agregue una tableta indicadora de dureza de calcio (T-5250). Tapar y agitar hasta que la tableta se desintegre. La solución se volverá roja. Llene el valorador de lectura directa (0382) con el reactivo de dureza n. ° 7 (4487DDR). Inserte el valorador en el orificio central de la tapa del tubo de ensayo.

Mientras gira suavemente el tubo, presione lentamente el émbolo para ajustar hasta que el color rojo cambie a azul claro. Lea el resultado de la prueba directamente desde la escala donde el anillo grande del Titrator se encuentra con el cilindro del Titrator. Registre como ppm Dureza de calcio como $CaCO_3$.

NOTA: Si el émbolo alcanza la línea inferior en la escala (200 ppm) antes de que ocurra el cambio de color del punto final, vuelva a llenar el valorador y continúe con la titulación. Al registrar el resultado de la prueba, asegúrese de incluir el valor de la cantidad original de reactivo dispensado (200 ppm)

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
5- Sílice	Determinación en campo de Sílice para muestras de agua naturales en un rango de .5-10.0 ppm de sílice o 5.0-100.0 ppm con dilución.	Se realizaron pruebas utilizando reactivos de diferentes concentraciones de Sílice, así como un reactivo reductor de la misma naturaleza, al presentarse un cambio de color en la muestra se presume exista Sílice por lo que se procede a insertar el tubo de a muestra a un comparador de concentración,

Tabla 22. Determinación de Sílice

Procedimiento de prueba de Sílice. Rango de prueba: 0.5-10.0 ppm de sílice o 5.0-100.0 ppm con dilución

Procedimiento

Llene el tubo de ensayo (0230) hasta la línea de 5 ml con agua de muestra. Agregue 7 gotas de * Reactivo de sílice # 1 (4571). Tapar y mezclar invirtiendo 4 veces. Agregue 6 gotas de * Reactivo de sílice # 2 (4467). Tapar y mezclar. Espere 5 minutos. Agregue 6 gotas de * Reactivo de sílice # 3 (4468). Tapar y mezclar. Espere 2 minutos. Use la pipeta (0352) para agregar 2 gotas de * Reactivo reductor (6405). Tapar y mezclar. Se desarrollará un COLOR AZUL en 10 segundos si la sílice está presente. Inserte el tubo de ensayo en el comparador de sílice (4465). Haga coincidir el color de la muestra con un estándar de color. Registrar como ppm de sílice.

NOTA: Si el color de la prueba es más oscuro que el estándar de 10.0 ppm, repita la prueba en la muestra diluida. Use la pipeta (0353) para agregar 0.5 ml de muestra de agua al tubo de ensayo. Diluir hasta 5 ml de línea con agua des ionizada. Siga los pasos 2 a 6 anteriores. Multiplique el resultado por 10. Registre como ppm Sílice

Reactivos

- 30 mL * Reactivo de sílice # 1 * 4571-G
- 15 mL * Reactivo de sílice # 2 * 4467-E
- 15 mL * Reactivo de sílice # 3 * 4468-E
- 5 mL * Reactivo reductor * 6405-C
- 2 tubos de ensayo, 5 ml, vidrio, c / tapas 0230
- 1 pipeta, liso, plástico 0352
- 1 pipeta, 0,5 ml, plástico 0353
- 1 Comparador de sílice, 0.5-10.0 ppm 4465

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
6- Procedimiento para determinación de Oxígeno disuelto mediante sonda ysi 6600 v2	Determinación en campo para obtención de valores de Oxígeno disuelto en el agua	Mediante la introducción del electrodo de la sonda en el cuerpo de agua, se obtiene al instante lectura del parámetro de Oxígeno disuelto que es reflejado en ODO unidades $\frac{mg}{L}$ así como ODO en %. (porcentaje de saturación).

Tabla 23. Determinación de Oxígeno disuelto

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
7- Procedimiento para determinación de Nitrato mediante medidores portátiles: • Colorimetría • Refractometría Con Equipo HANNA	Determinación en campo para obtención de Nitrato en fotómetro portátil	Adaptación del método de reducción de Cadmio. La reacción entre nitrato-nitrógeno y el reactivo produce una coloración ámbar en la muestra

Tabla 24. Determinación de Nitrato mediante fotómetro portátiles

Procedimiento de prueba de Nitrato

Encender el medidor pulsando en off. Cuando suena la señal acústica brevemente y la pantalla LCD muestra guiones, el medidor está listo. El “cero” parpadeante indica que el instrumento debe ponerse a cero. Añadir la cubeta de 10 ml de muestra y volver a colocar la tapa. Coloque la cubeta en el soporte de la cubeta y asegúrese de que la muesca de la tapa esté colocada firmemente en la ranura.

Presione ZERO/CFM y los íconos de la lámpara, cubeta y detector aparecerán en la pantalla, dependiendo de la fase de medición, después de unos segundos, la pantalla mostrará “0-0”. El medidor está ahora en cero y listo para la medición. Retire la cubeta. Agregue el contenido de un paquete de reactivo HI 93728-0. Vuelva a colocar la tapa y agite de inmediato energéticamente durante exactamente 10 segundos moviendo la cubeta hacia arriba y hacia abajo. Continúe mezclando invirtiendo la cubeta suavemente y lentamente durante 50 segundos, teniendo cuidado de no incluir burbujas. Podría quedar un depósito, pero la dosis no afectará a la medida. El tiempo y la forma de agitar podrían afectar sensiblemente la medición

Vuelva a colocar la cubeta en el soporte y asegúrese de que la muesca de la tapa esté bien colocada en la ranura. Presione y mantenga presionad READ/>/ TIMER durante tres segundos y la pantalla mostrará la cuenta regresiva antes de la medición o, alternativamente, espere 4 minutos y 30 segundos y presione READ/>/ TIMER. Un “pitido” audible indica el final del periodo de cuenta atrás. En todos los casos, los iconos de la lámpara, la cubeta y el detector aparecerán en la pantalla, dependiendo de la fase de medición. Al final de la medición, el instrumento muestra directamente la concentración en mg/L de nitrato en la pantalla LCD. Para convertir la lectura a mg/L de nitrato-nitrógeno multiplique por el factor 0.226.

Conjunto de reactivos

- HI 93728-01 Reactivos para 100 pruebas
- HI 93728-03 Reactivos para 300 pruebas

Otros accesorios

- HI 93786-11 CAL CHECK Cubetas estándar
- HI 721310 Batería de 9v
- HI731318 Paño para limpiar cubetas
- HI 731331 Cubetas de vidrio
- HI 731335 Tapones para cubetas
- HI93703-50 Solución de limpieza de cubetas

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
8- Procedimiento para determinación de Fósforo mediante medidores portátiles: • Colorimetría • Refractometría Con Equipo HANNA	Determinación en campo para obtención de Fósforo en fotómetro portátil	Método de aminoácidos, adoptado del estándar método para el examen de agua y aguas residuales

Tabla 25. Determinación de Fósforo mediante medidores portátiles

Procedimiento de prueba de Fósforo

Encienda el medidor presionando ON/OFF. Cuando suena la señal acústica brevemente y la pantalla LCD muestra guion, el medido está listo. El “ZERO” parpadeante indica que el instrumento debe ponerse a cero. Llene la cubeta con 10 ml de muestra sin reaccionar, hasta la marca, y vuelva a colocar la tapa. Coloque la cubeta en el soporte y asegúrese de que la muesca de la tapa esté colocada firmemente en la ranura. Presione ZERO/CFM y los íconos de lámpara, cubeta y detector aparecerán en la pantalla, dependiendo de la fase de medición. Después de unos segundos, la pantalla mostrará “-0.0- “. El medidor está ahora en cero y listo para la medición. Retirar la cubeta. Agregue 10 gotas de HI93706A-0 Reactivo de fosforo B a la cubeta. Vuelva a colocar la tapa y agite suavemente hasta que se complete la disolución. Vuelva a colocar la cubeta en el soporte y asegúrese de que la muesca de la tapa esté bien colocada en la ranura. Mantenga presionado READ/>/TIMER durante tres segundos. La pantalla mostrará la cuenta atrás antes de la medición. La señal acústica está sonando un pitido al final del periodo de cuenta atrás. Alternativamente, espere 5 minutos y simplemente presione READ/>/TIMER. En ambos casos, los iconos de la lámpara, la cubeta y el detector aparecerán en la pantalla, dependiendo de la fase de medición. El instrumento muestra directamente la concentración en mg/L de fosforo en la pantalla LCD

Conjunto de reactivos

- HI 93706-01 Reactivos para 100 pruebas
- HI 93706-03 Reactivos para 300 pruebas

Otros accesorios

- HI 96706-11 CAL CHECK Cubetas estándar
- HI 721310 Batería de 9v
- HI731318 Paño para limpiar cubetas
- HI 731331 Cubetas de vidrio

- HI 731335 Tapones para cubetas
- HI93703-50 Solución de limpieza de cubetas

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
9- Procedimiento para determinación de Fosfato mediante Colorímetro de mano Fosfato HR con Equipo HANNA	Determinación en campo para obtención de rango alto de Fosfato	Adaptación de los Métodos estándar para el Examen de aguas y Aguas Residuales 18 ^o edición, método de azul de hemol y Molibdeno. La reacción entre el fosfato y el reactivo provoca un tinte azul en la muestra.

Tabla 26. Determinación de Fosfato mediante Colorímetro de mano

Procedimiento de medición: Encienda el medidor presionando el botón. Se mostrarán todos los segmentos. Cuando la pantalla muestra “Agregar”, “C1” con “Presionar” parpadea, el medidor está listo. Llene la cubeta con 10 ml de muestra sin reaccionar y vuelva a colocar la tapa. Coloque la cubeta en el medidor y cierre la tapa del medidor. Presione el botón. Cuando la pantalla muestra “Agregar”, “C2” con “Presione” parpadeando, el medidor se pone a cero. Retire la cubeta del medidor y desenrosque la tapa. Agregue 10 gotas de reactivo H1717AS y el contenido de un paquete de reactivo H717B-0. Vuelva a colocar la tapa y agite suavemente hasta que el reactivo esté completamente disuelto. Coloque la cubeta de nuevo en el medidor. Mantenga presionado el botón hasta que aparezca el temporizador en la pantalla LCD (la pantalla mostrará la cuenta regresiva antes de la medición) o, alternativamente, espere 5 minutos y presione el botón. El instrumento muestra los resultados en mg/L de fosfato. El medidor se apaga automáticamente después de 10 minutos.

Conjunto de reactivos

- HI 717-25 Juego de reactivos para 40 pruebas de alto rango de fosfatos.

Otros accesorios

- HI 717-11 Kit estándar certificado de fosfato.
- HI 731318 Kit de cubetas de tela para limpiar las cubetas.
- HI731315 Paño para limpiar cubetas.
- HI 731353 Cubetas y tapas de vidrio para el color Checker HC Colorímetros

- HI 740028P Tapas de sello de la cubeta para el verificador HC Colorímetros
- HI93703-50 Solución de limpieza de cubetas

METODOLOGÍA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
10 -Procedimiento para determinación de Amoniaco mediante Colorímetro de mano Amoniaco HR con Equipo HANNA	Determinación en campo para obtención de rango alto de Amoniaco	Adaptación del Manual de Agua y Tecnología Ambiental ASTM método Nesster. La reacción entre el Amoniaco y el reactivo provoca un tinte amarillo en la muestra.

Tabla 27. Determinación de Amoniaco mediante Colorímetro de mano

Conjunto de reactivos

- HI 733-25 Juego de reactivos para 25 pruebas de alto rango de Amoniaco

Otros accesorios

- HI 733-11 Kit de Standard certificado por HR
- HI 731318 Paño para limpiar cubetas
- HI 731321 Cubetas de vidrio
- HI 731225 Tapas para cubetas de vidrio para Cheker HC
- HI 731353 Tapa de sello de cubeta para Cheker HC
- HI 740142 1 ml de jeringa graduada
- HI 740144 Punta de pipeta
- HI 740157 Pipeta de recarga de plástico
- HI 93703-50 Solución de cubetas de limpieza

Metodologías analíticas empleadas para parámetros microbiológicos

METODOLOGÍA	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
1- Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico mediante la NOM-109-SSA1-1994	Esta Norma Oficial Mexicana establece los procedimientos para la toma, transporte y manejo de muestras de alimentos para su análisis microbiológico

Tabla 28. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

Materiales:

- Bolsas de polietileno de varias medidas
- Hieleras de polietileno o de otro material aislante
- Papel estraza
- Papel aluminio
- Etiquetas auto adheribles
- Cinta testigo
- Marcadores indelebles
- Algodón
- Frascos con agua clorada y tiosulfato de sodio para toma de muestra
- Hielo o bolas refrigerantes
- Bata, cubre boca, cofia y guantes estériles

Preparación del material para la toma de la muestra: Todo el material e instrumentos de muestreo que se utilicen para la toma de, manejo y transporte de muestras requiere esterilización a 121° C durante 15 minutos o en horno a 170° C por dos horas. Se envolverá en forma individual, debidamente identificado, con papel de estraza antes de esterilizarlo. La tapa de los frascos se protegerá con papel de estraza o aluminio fijándolos adecuadamente. Procedimiento para la toma de muestra: La toma de la muestra debe hacerse con rapidez, pero cuidadosamente, los recipientes para toma de muestra deben abrirse únicamente al momento de introducir ésta y cerrar de inmediato. Evitar que la tapa se contamine. Conservación y transporte: Deberá efectuarse de tal manera que se impida su ruptura, alteración o contaminación, evitando su exposición a la luz solar. Las muestras deben entregarse al laboratorio lo más pronto posible a una temperatura de 2 a 8° C y deben mantenerse a esa temperatura hasta el momento de realizar las pruebas.

METODOLOGÍA	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	FUNDAMENTO
1- Determinación de bacterias Coliformes. Técnica del número más probable. Mediante la Norma Oficial Mexicana	Esta Norma Oficial Mexicana establece el método microbiológico para estimar el número de coliformes presentes en productos alimenticios, por medio	El método se basa en que las bacterias coliformes, fermentan la lactosa incubadas a $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24 a 48 horas, resultando una producción de ácidos y gas el cual se

NOM-112-SSA1-1994, bienes y servicios. Determinación de bacterias Coliformes. Técnica del número más probable	del cálculo del número más probable (NMP) después de la incubación a 35 °C de la muestra diluida en un medio líquido. Este procedimiento puede aplicarse a agua potable, agua purificada, hielo y alimentos procesados térmicamente	manifiesta en las campanas de fermentación.
---	---	---

Tabla 29. Determinación de bacterias Coliformes. Técnica del número más probable

Materiales

- Pipetas bacteriológicas
- Frascos de vidrio de 250 ml con tapón de rosca.
- Utensilios esterilizables para la obtención de muestras: cuchillos, pinzas, tijeras, cucharas, espátulas, etc.
- Tubos de cultivo 20 x 200 mm y de 16 x 160 mm con tapones metálicos o de rosca.
- Campanas de fermentación (tubos de Durham).
- Pipetas bacteriológicas graduadas de 10 y 1 ml.
- Gradillas.
- Asa de platino o nicromel de aproximadamente 3 mm de diámetro.
- Horno, durante 2 horas a 170 a 175 °C o 1 h a 180 °C o autoclave, durante 15 minutos como mínimo a $121 \pm 1,0$ °C.

Aparatos e instrumentos

- Horno para esterilizar que alcance una temperatura mínima de 170 °C.
- Incubadora con termostato que evite variaciones mayores de $\pm 1,0$ °C, provista con termómetro calibrado.
- Termómetro de máximas y mínimas.
- Autoclave que alcance una temperatura mínima de $121 \pm 1,0$ °C.

Preparación de la muestra. Las muestras deben prepararse y diluirse, siempre que sea posible, de acuerdo a la NOM-110-SSA1-1994. Preparación y Dilución de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico.

Procedimiento. Para agua potable y hielo Prueba presuntiva. Inoculación. Agitar la muestra. Transferir volúmenes de 10 ml de muestra a cada uno de 5 tubos con 20 ml de caldo lactosado de mayor concentración y 1,0 ml y 0,1 ml de muestra a cada uno de los tubos de las series de 5 respectivamente con 10 ml de caldo lactosado Incubación. Incubar los tubos a 35 °C. Examinar a las 24 ± 2 h y observar si hay formación de gas o la formación de gas no se observa en este tiempo, incubar por 48 ± 2 h. Prueba presuntiva. Inoculación. Tomar tres tubos de medio de enriquecimiento de mayor concentración. Usar una pipeta estéril para transferir a cada tubo 10 ml de la muestra si es líquida o 10 ml de la dilución primaria inicial, en el caso de otros productos. Tomar tres tubos de concentración sencilla del medio selectivo de enriquecimiento. Usar una pipeta estéril para transferir a cada uno de estos tubos 1 ml de la muestra si es líquida o 1 ml de la dilución primaria en el caso de otros productos. Para las diluciones subsecuentes, continuar como se indica en el párrafo anterior, usando una pipeta diferente para cada dilución. Mezclar suavemente el inóculo con el medio. Incubación. Incubar los tubos a 35 ± 0,5 °C por 24 ± 2 horas y observar si hay formación de gas, en caso contrario prolongar la incubación hasta 48 ± 2 horas.

Prueba confirmativa. De cada tubo que muestre formación de gas, tomar una azada y sembrar en un número igual de tubos con medio de confirmación. Incubar a 35 ± 0,5 °C por 24 ± 2 horas o si la formación de gas no se observa en este tiempo, prolongar la incubación por 48 ± 2 horas. En esta Norma Oficial Mexicana se considera una combinación de tres tubos por cada dilución de la serie. Para algunos productos y siempre que se requiera una mayor precisión en los resultados, será necesario inocular una serie de cinco o diez tubos. Expresión de los resultados. Tomar la serie de tubos de la prueba confirmativa que dé formación de gas después del periodo de incubación requerido y buscar el NMP en los cuadros correspondientes.

Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas

METODOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1- Colecta de plancton	El plancton es una comunidad acuática constituida por organismos vegetales fotosintéticos (fitoplancton), representado principalmente por micro algas, las cuales forman parte de varios grupos (algas verdes, rojas, diatomeas, Fito flagelados, cianobacterias). La mayoría vive sin movimiento, en la zona fótica, suspendidos y a merced de los movimientos del agua.

Tabla 30. Colecta de Plancton

Metodología de colecta: Red de plancton (nytal de 10 μ , 20 μ , 35 μ , de abertura de poro) para muestras de arrastre horizontal o vertical). Disco de secchi (útil para determinar la transparencia del agua y la profundidad de iluminación). Equipo multiparámetro portátil (análisis físico-químicos in situ: temperatura, pH, conductividad eléctrica). Solución de formol al 4-5 %. Lugol (para periodos de conservación cortos).

Técnicas de colecta. En la ficha de campo incluir: Localización del área de muestreo fijando las coordenadas (GPS), Descripción de la morfología y morfometría del lago (ancho, largo, tipo de orilla, profundidad promedio), Observación y descripción de las entradas y salidas de agua, vertidos puntuales, estado trófico del ecosistema y cobertura vegetal (microfitos), Fijación de estaciones de muestreo, cuyo número dependerá del propósito del estudio. Deberán estar ubicadas en las orillas y en la parte central del ambiente acuático. Previo a la colecta de las muestras, se deberán medir algunos parámetros físico-químicos (transparencia, temperatura, conductividad eléctrica y pH), pues constituyen datos importantes que servirán en la interpretación de resultados

Colecta de muestras cuantitativas

Muestras de superficie. Serán tomadas directamente con una botella de 150 ml de capacidad, de preferencia color ámbar, a 20-30 cm de profundidad. Llenar el frasco hasta el 90% de su capacidad.

Colecta de muestras cualitativas para estudios taxonómicos

Para este propósito es importante fijar varias estaciones, ya que el muestreo debe ser exhaustivo, tratando de abarcar la mayor extensión posible del lago, en orillas y zona abierta del ecosistema. Los métodos serán: Por arrastre horizontal y vertical, con el empleo de una red de plancton y desde una embarcación, hasta conseguir un filtrado visible. También desde la orilla efectuando lances repetidos.

Número de muestras

La colecta de muestras tanto cualitativas como cuantitativas deberá tener réplicas. Cuanto mayor sea el número de muestras por estación, será mejor (entre 3 a 6). La finalidad de tener varias muestras por punto de muestreo es la de asegurar la correcta identificación, para que éstas puedan ser certificadas por otros especialistas (control de calidad) cuando se tienen algunas dudas en las identificaciones.

Periodos de muestreo. Estará sujeto a la finalidad del estudio.

Para estudios taxonómicos y líneas base se recomienda coleccionar dos veces por año, coincidentes con las épocas lluviosa y seca. Además, se recomienda la evaluación de parámetros fisicoquímicos

Preservación. Los preservantes más usados son solución de formol al 4-5%, así como la solución de Lugol al 1% (0,5 ml/100 ml de muestra). Una vez colectada la muestra, ésta se vierte a un frasco por lo general de 200 ml, el cual deberá ser llenado con la muestra hasta las $\frac{3}{4}$ partes. Posteriormente, añadir el preservante hasta completar el volumen total, agitar la muestra y homogeneizar, para así evitar el enquistamiento de algunos organismos. Se recomienda que las muestras fijadas se guarden en lugares frescos y protegidos de la luz.

Identificación y análisis de las muestras

Equipo y material de laboratorio

- Microscopio compuesto equipado con oculares de 10 o 12.5, y objetivos de 10x, 40x y 100x
- Cámara digital acoplada al microscopio.
- Láminas y laminillas de 22 x 40 o 22 x 22.
- Lámina o placa de Palmer.
- Goteros.
- Pipetas.
- Colorantes (Lugol, azul de metileno, tinta china).
- Formularios para anotar la lista de taxones.
- Guías y claves de identificación.
- Se recomienda realizar dibujos y/o fotos de utilidad como colección de referencia.

Técnicas de análisis

Cualitativo: Consiste en realizar una identificación de los taxa presentes en la muestra, sin importar su cantidad. Se pueden hacer observaciones al microscopio con lámina-laminilla y realizar tratamientos específicos para cada grupo. Se recomienda hacer revisiones completas de cada lámina con un mínimo de 3 a 5 repeticiones por muestra (el número de repeticiones dependerá de la densidad de la muestra).

Cuantitativo: La cuantificación del fitoplancton es realizada estadísticamente, ya que no es posible contar todos los individuos que se encuentran en la muestra. Se recomienda realizar una visualización de la muestra antes de iniciar el recuento, con la finalidad de confeccionar una lista de los taxa presentes en la muestra y tener una idea general de la densidad de la muestra).

Métodos de evaluación ambiental

METODOLOGÍA	
2- Semáforos ambientales Formato a “Evaluación ambiental detallada de cada comuna (urbana) o corregimiento (rural) Subsistema 1. Medio físico biótico.	Con el Formato A, se pretende conocer y evaluar la calidad, cobertura, el riesgo y la gestión ambiental en el municipio y ubicar el lugar del municipio donde está el problema, el riesgo o la riqueza ambiental o recurso natural.

Tabla 31. Evaluación ambiental

Encabezado: Los Formatos **A** son los más detallados, se ha diseñado un “Semáforo Ambiental” para cada uno de los 4 Subsistemas considerados: Medio Físico Biótico; Socio cultural y simbólico; Económico y productivo e Institucional y de gestión. Cada subsistema contiene entre tres y cuatro componentes gruesos, los cuales podrán ser evaluados o calificados a partir de los indicadores más apropiados para cada variable. En la parte superior derecha de los cuadros se anota con una letra mayúscula el tipo de formato (A, B, C), con un número (de 1 a 4) el cual indica el Subsistema que además estará escrito debajo. En el encabezado de cada formato deberá colocarse el nombre del municipio; especificar con una X si corresponde al área URBANA o RURAL, el nombre y el número de la Comuna o Corregimiento analizado o en su lugar, el nombre de la localidad, el barrio o vereda donde se aplica, o explicar si se refiere a toda el área urbana o rural en caso de que ésta sea muy pequeña, y la fecha de recolección de la información.

¿CÓMO SE LLENA? Para iniciar se debe entender de qué se trata cada Indicador y su correspondencia con las Variables, Componentes y Subsistemas. Por ejemplo: el indicador "Contaminación de aguas de la bahía" nos ayuda a medir un Aspecto Geofísico (Variable) el cual es necesario Para definir cómo están los “Recursos Naturales” (Componente) correspondiente al Subsistema 1. Medio Físico Biótico

Cada indicador se evalúa de tres maneras:

1- Con una cualidad: Se manejan dos tipos de cualidades de fácil comprensión para todos: Bueno o Malo, generalmente para calificar el estado o la calidad del indicador Alto o Bajo, para calificar procesos (de contaminación, por ejemplo) o niveles de un indicador. 2-Con un número. Se otorga un número entre 1 y 5 para calificar cada indicador, siendo el 5 el mayor puntaje para Muy Bueno (estado o

calidad) o Muy Bajo (Riesgo o contaminación) y 1 el más bajo para Muy Malo (estado o calidad) o Muy Alto; (Riesgo o contaminación), igualmente este sistema permite sacar promedios numéricos. 3- Con un color. Se utilizan los colores del semáforo: Verde para puntajes mayores a 4; Amarillo para el puntaje de 3 y Rojo para puntajes menores de tres. Con el color se visualiza rápidamente el estado del indicador.

Procedimiento: Cada grupo de trabajo discutirá primero la evaluación cualitativa del indicador de estado o calidad en términos de Bueno o Malo (MB, B, R, M, MM); Para los indicadores de Riesgo o contaminación se califica como Alto-Bajo (MA, A, M, B, MB). En segundo lugar, colocarán UNA X correspondiente a la casilla escogida (MB=5, B=4, R=3, M=2, MM=1). En la casilla donde dice "Color" colorea el color que corresponde según el cuadro anterior.

¿Cómo se interpretan sus resultados? Si verticalmente se suman los promedios de las diferentes Variables (1.1.1, 1.1.2, 1.1.3) que conforman un Componente, tendremos el promedio del Componente 1.1: Recursos Naturales en la Comuna que se está evaluando. Con este dato se llena la última fila: PUNTAJE PROMEDIO DEL COMPONENTE 1.1.- Nota: El puntaje promedio se expresa en color así: Entre 1 y 2.99 (Rojo). Entre de 3 y 3.9 (Amarillo). Entre 4 y 5 (Verde).

CAPÍTULO IV.- RESULTADOS

Exposición de los resultados de Parámetros Físicos

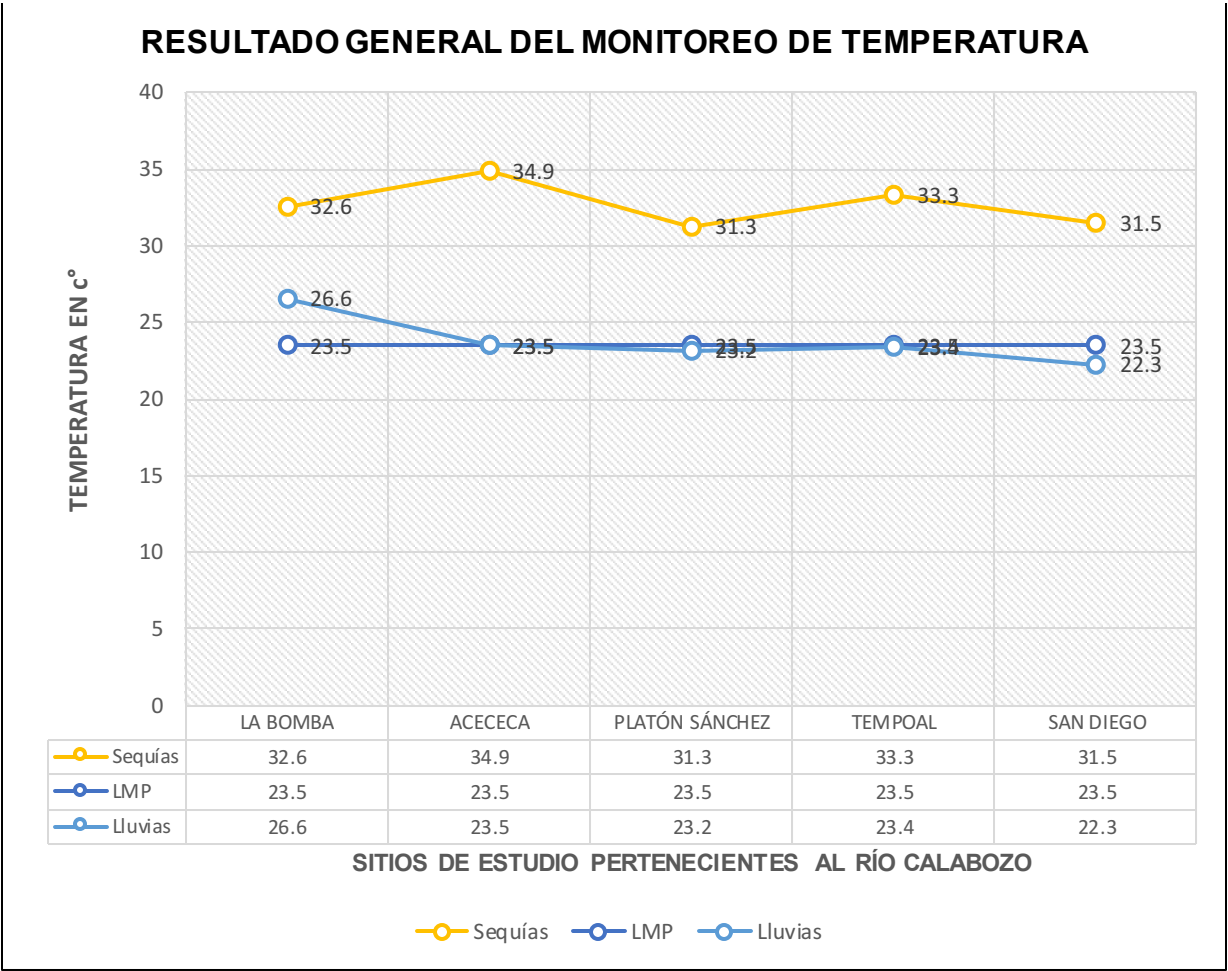


Figura 16. Grafica del monitoreo de temperatura.

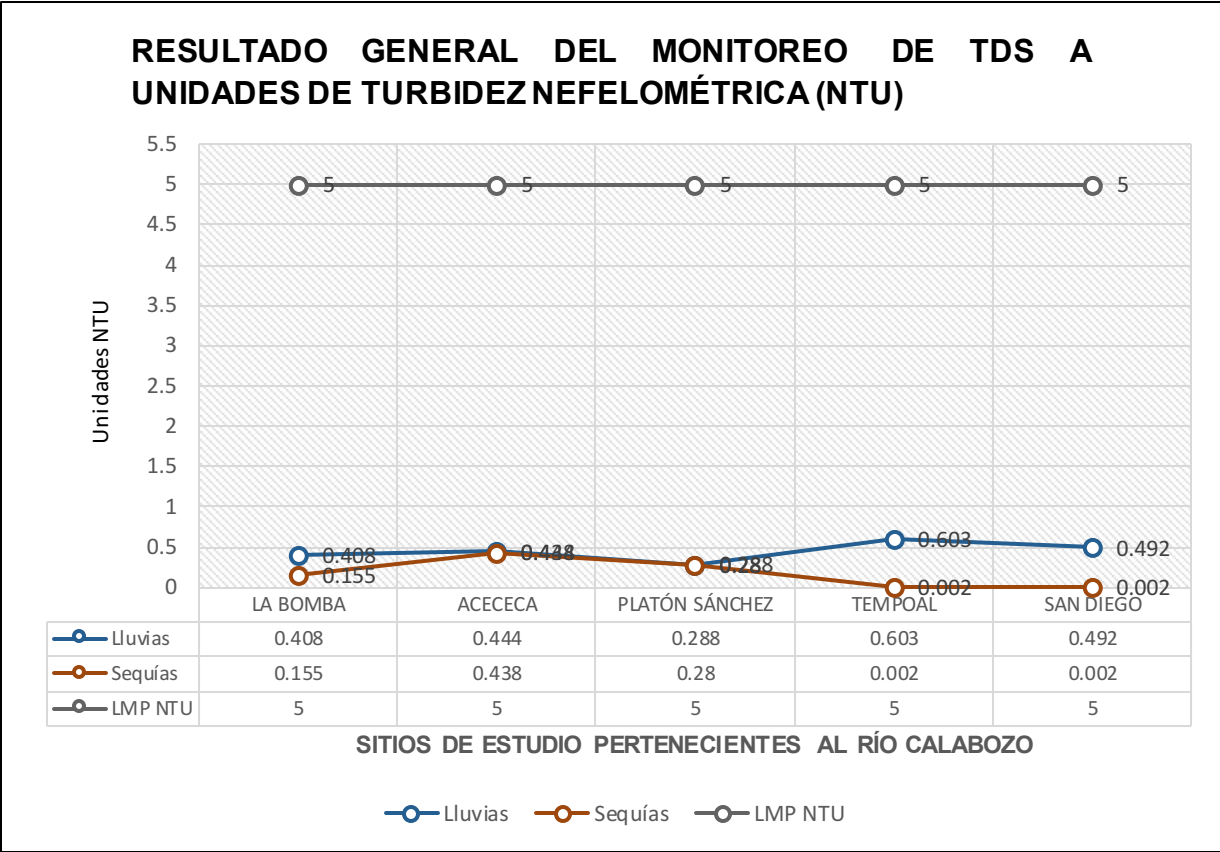


Figura 17. Grafica del monitoreo de TDS

RESULTADO GENERAL DEL MONITOREO DE CONDUCTIVIDAD SIEMENS EN UNIDADES DE TURBIDEZ NEFELOMÉTRICA (NTU)

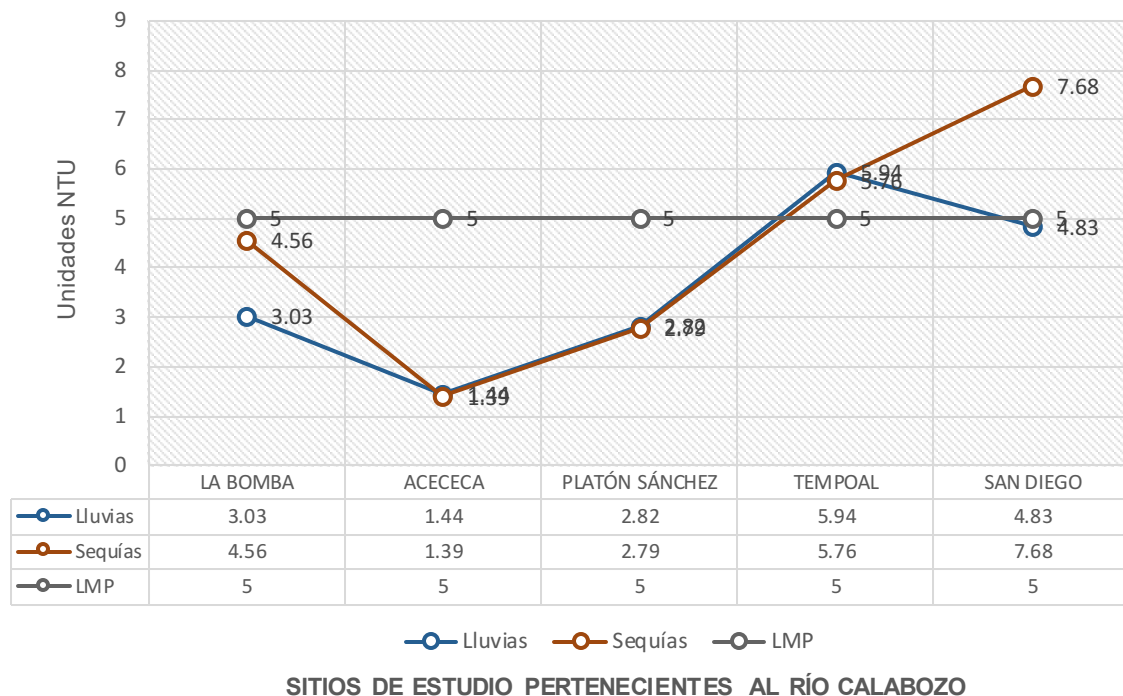


Figura 18. Grafica del monitoreo de conductividad

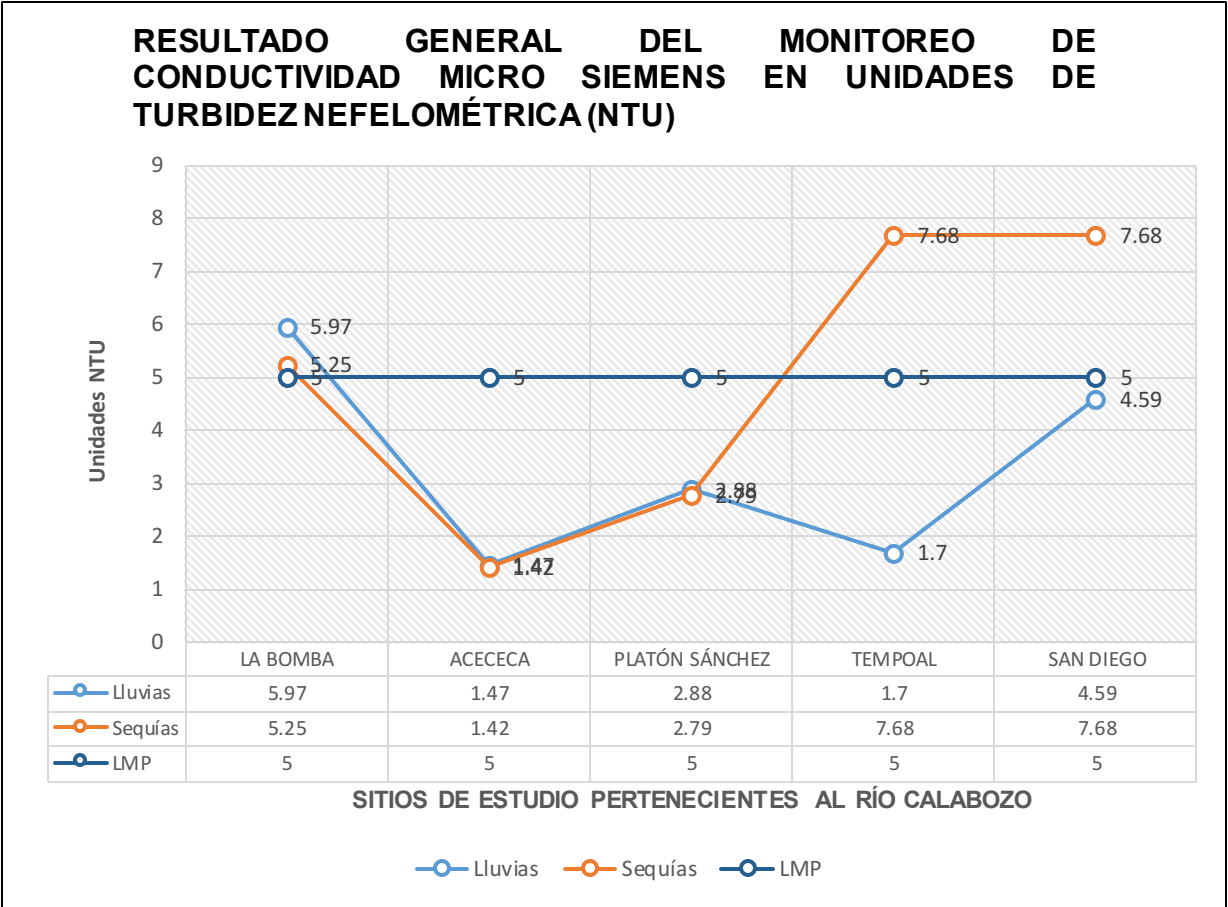


Figura 19. Grafica del monitoreo de conductividad micro siemens

Exposición de los resultados de Parámetros Químicos

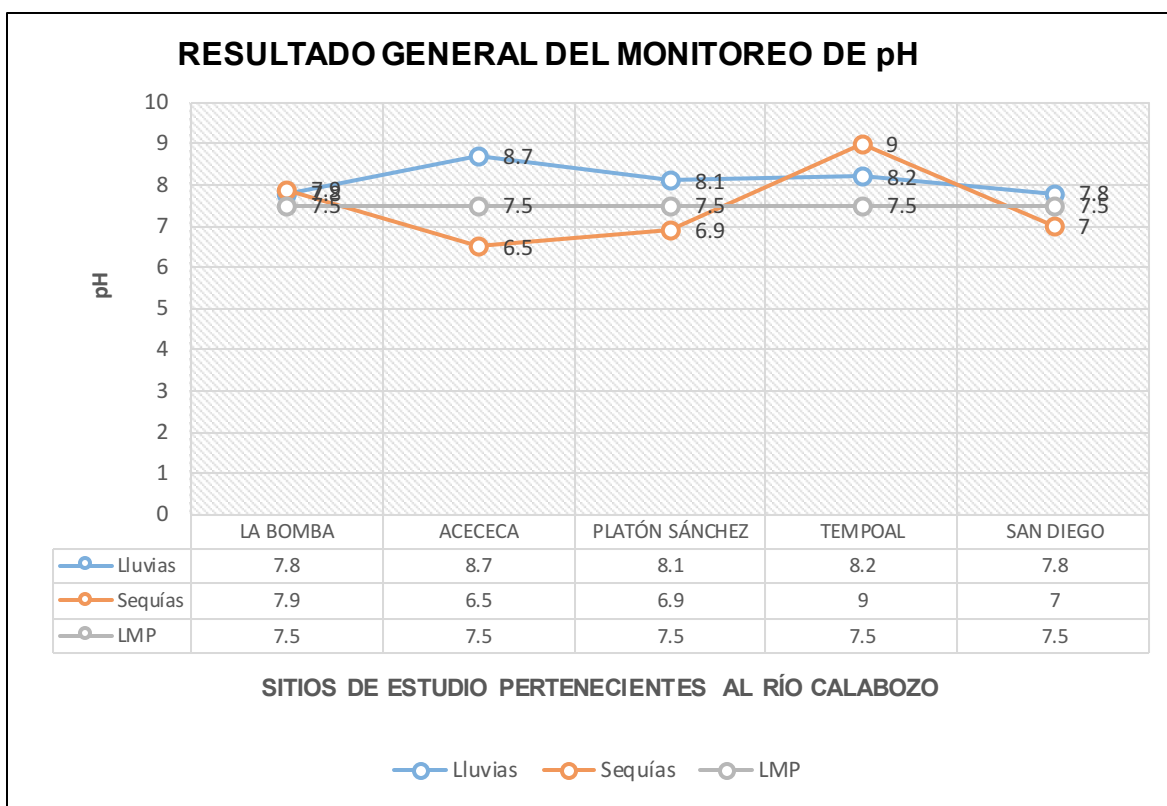


Figura 20. Grafica del monitoreo de pH

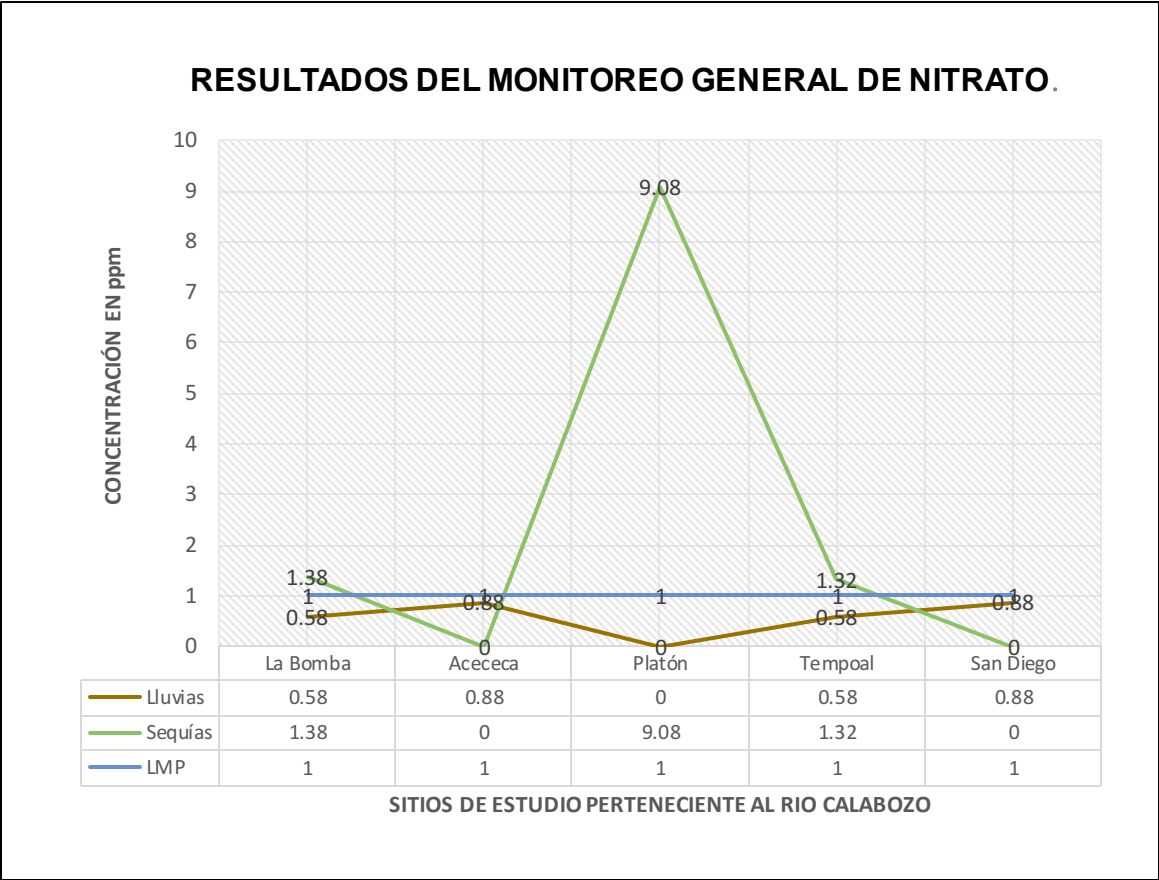


Figura 21. Grafica del monitoreo de Nitrato

RESULTADOS DEL MONITOREO GENERAL DE FOSFATO. PERIODO DE SEQUÍAS ENERO-JULIO 2019

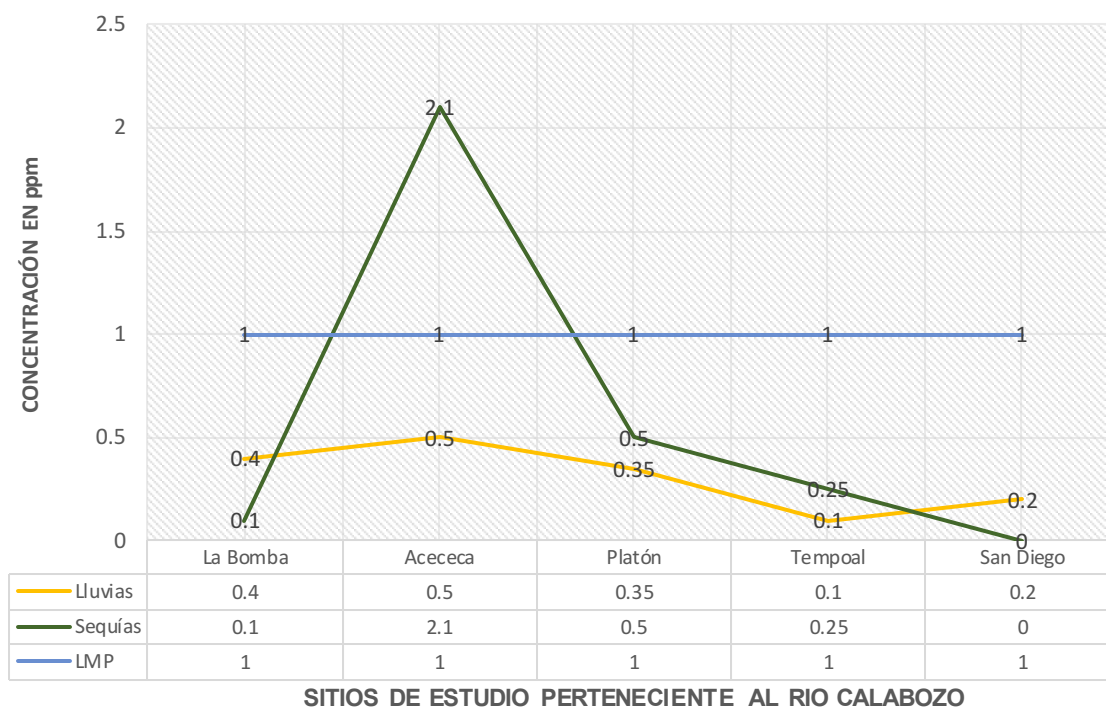


Figura 22. Grafica del monitoreo de Fosfato

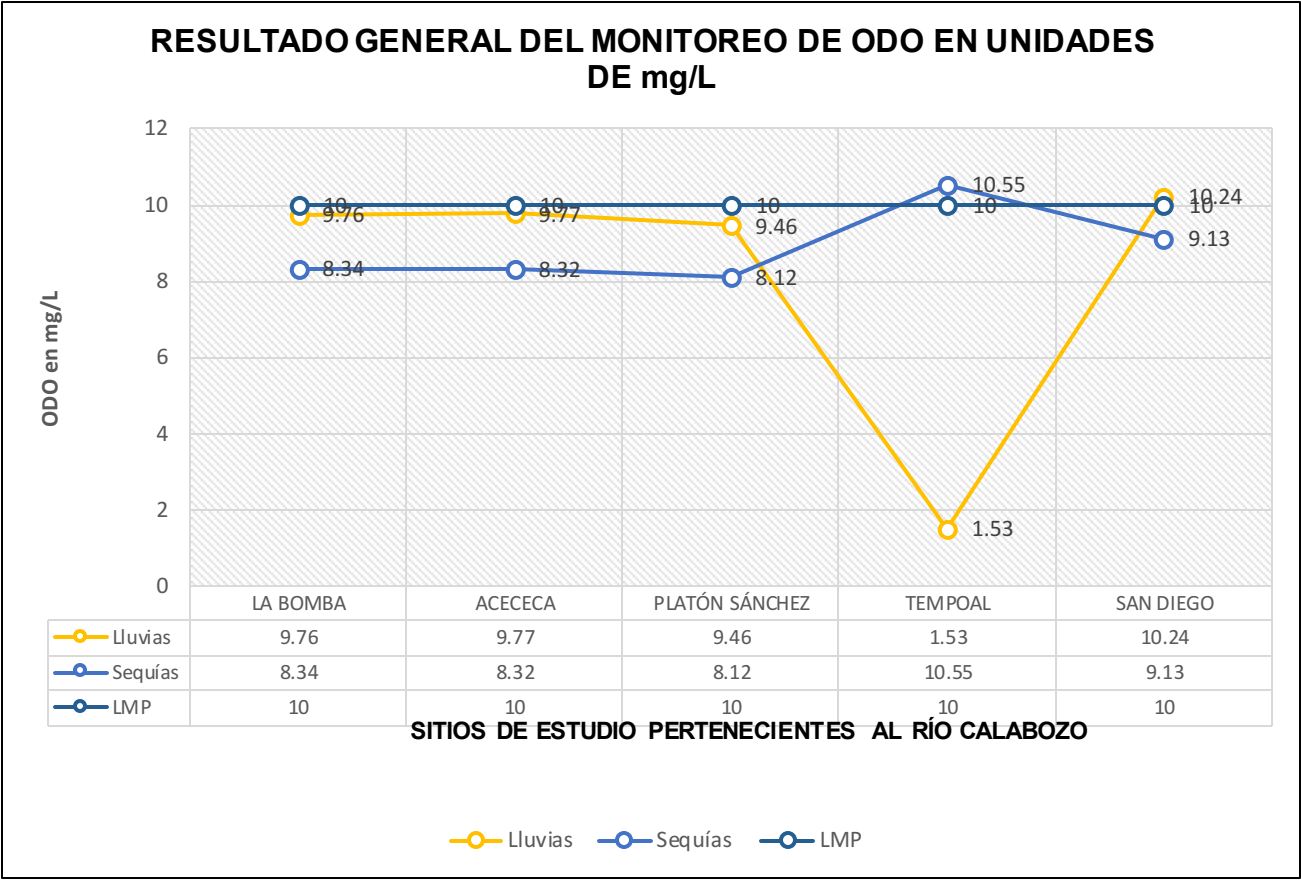


Figura 23. Grafica del monitoreo de ODO

Monitoreos de una sola temporada. Temporada de lluvias

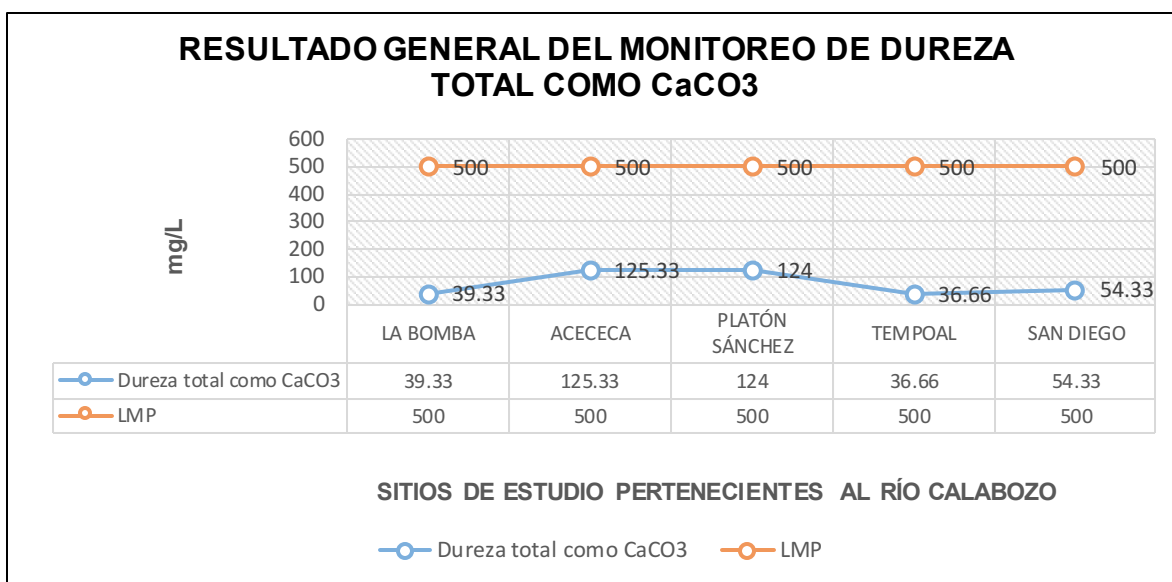


Figura 24. Grafica del monitoreo de Dureza.

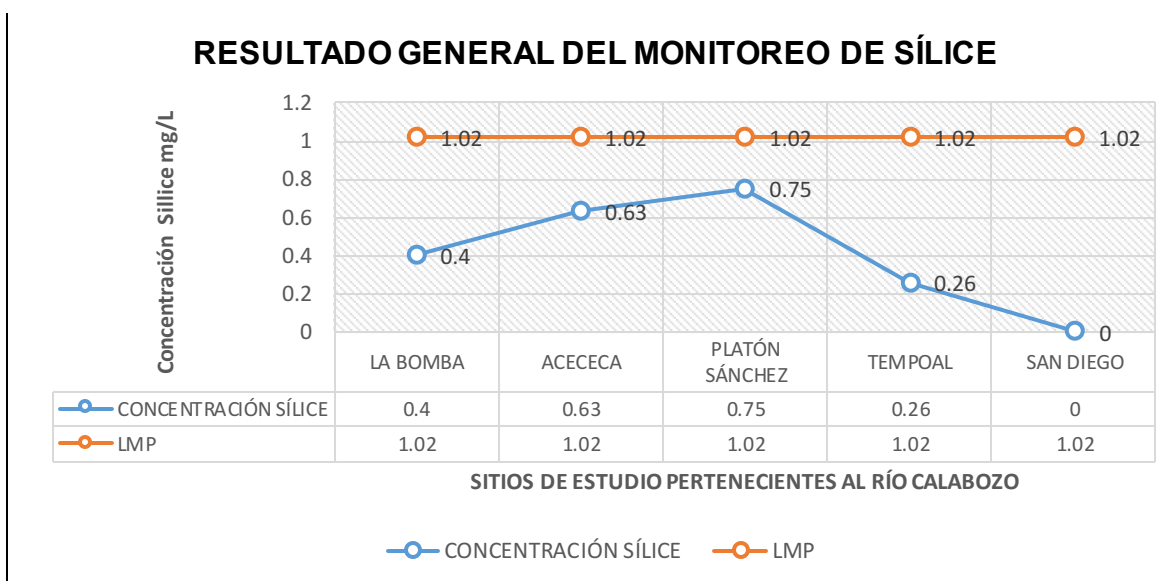


Figura 25. Gráfica del monitoreo de Sílice

Monitoreos de una sola temporada. Temporada de Sequías

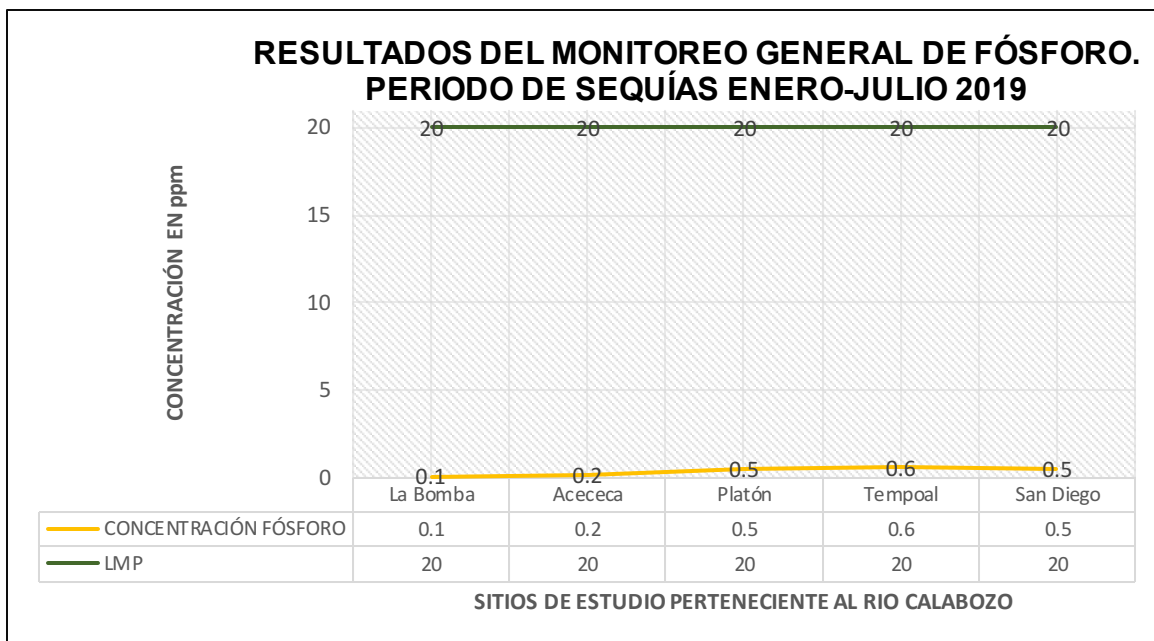


Figura 26. Grafica del monitoreo de Fósforo. Temporada de sequías

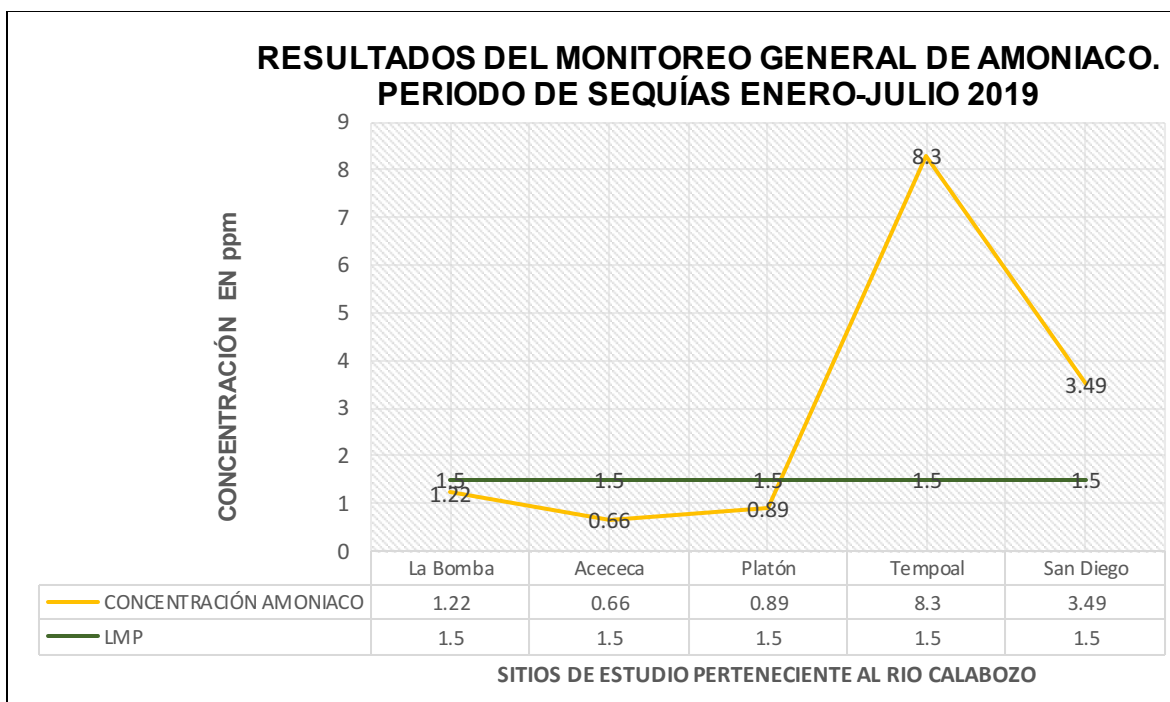


Figura 27. Grafica del monitoreo de Amoniaco. Temporada de sequías

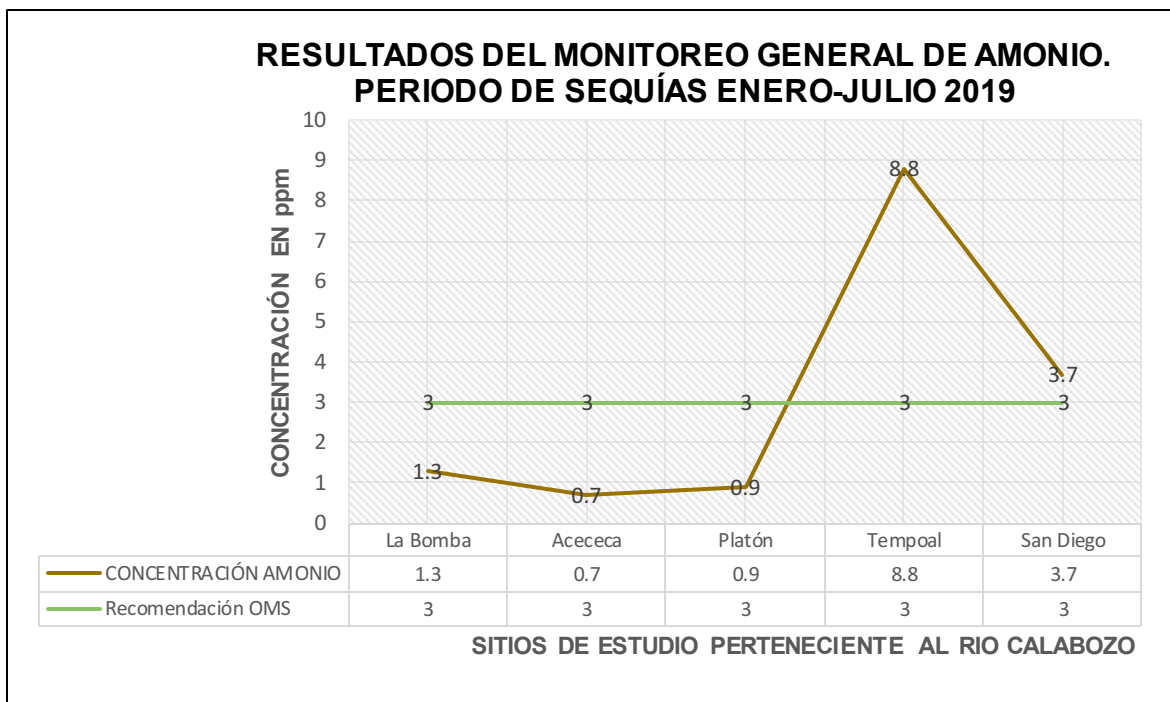


Figura 28. Grafica del monitoreo de Amonio. Temporada de sequías

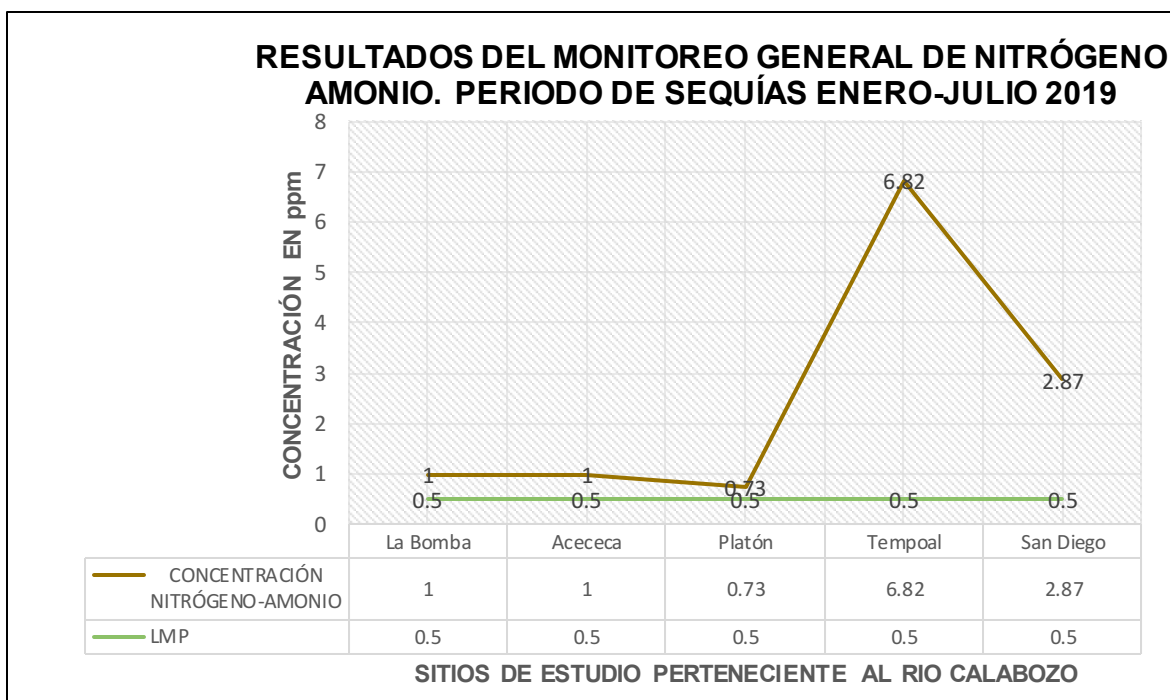


Figura 29. Grafica del monitoreo de Nitrógeno Amonio: Temporada de sequías

Exposición de resultados de parámetros microbiológicos

INFORME DE PRUEBA						
Combinación de tubos positivos			Índice del NMP por g	Combinaciones de resultados positivos cuando son usados varios números de tubos. (Diluciones)		
				95% límite de confianza		
				BAJO >1.50	ALTO >48.0	
3	3	3	>11.0	10 g	1.0 g	0.1 g
Informar como NMP/100 MI			11/100 = 0.11 NMP Coliformes por mililitro de muestra			

Tabla 32. Identificación del número más probable. Exposición de resultados de métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas

Informe de prueba Coliformes Fecales. Rio La Bomba

Muestra de agua:	Rio La Bomba		
Espécimen:	Agua de rio		
Búsqueda intencionada de: Coliformes fecales	Positivo		Negativo
	Escherichia coli	Pseudomona sp	
	➤ A 1000 000 UFC/mL de E. Coli	500 000 UFC/mL	

Tabla 33. Informe de prueba 1. Búsqueda intencionada de Coliformes fecales en Rio La Bomba

Informe de prueba Coliformes Fecales. Río Acececa

Muestra de agua:	Río Acececa		
Espécimen:	Agua de río		
Búsqueda intencionada de: Coliformes fecales	Positivo		Negativo
	Escherichia coli	Klebsiella sp	
	➤ 900 000 UFC/mL de E. Coli	500 000 UFC/mL	

Tabla 34. Informe de prueba 2. Búsqueda intencionada de Coliformes fecales en Río Acececa

Informe de prueba Coliformes Fecales. Río Platón Sánchez

Muestra de agua:	Río Platón Sánchez		
Espécimen:	Agua de río		
Búsqueda intencionada de: Coliformes fecales	Positivo		Negativo
	Escherichia coli		
	➤ 750 000 UFC/mL de E. Coli		

Tabla 35 Informe de prueba 3. Búsqueda intencionada de Coliformes fecales en Río Río Platón Sánchez

Informe de prueba Coliformes Fecales. Río Tempoal

Muestra de agua:	Río Tempoal		
Espécimen:	Agua de río		
Búsqueda intencionada de: Coliformes fecales	Positivo		Negativo
	Escherichia coli	Salmonella Typhi	
	➤ 1000 000 UFC/mL de E. Coli	250 000 UFC/mL	

Tabla 36. Informe de prueba 4. Búsqueda intencionada de Coliformes fecales en Río Tempoal

Informe de prueba Coliformes Fecales. Río: San Diego

Muestra de agua:	Río San Diego		
Espécimen:	Agua de río		
	Positivo		Negativo

Búsqueda intencionada de: Coliformes fecales			
	Escherichia coli	Salmonella Typhi	
	➤ 1000 000 UFC/mL de E. Coli	250 000 UFC/mL	

Tabla 37. Informe de prueba 5. Búsqueda intencionada de Coliformes fecales en Rio San Diego

Informe de registros de estudios Microbiológicos. Identificación de Cianobacterias y Diatomeas de agua dulce.

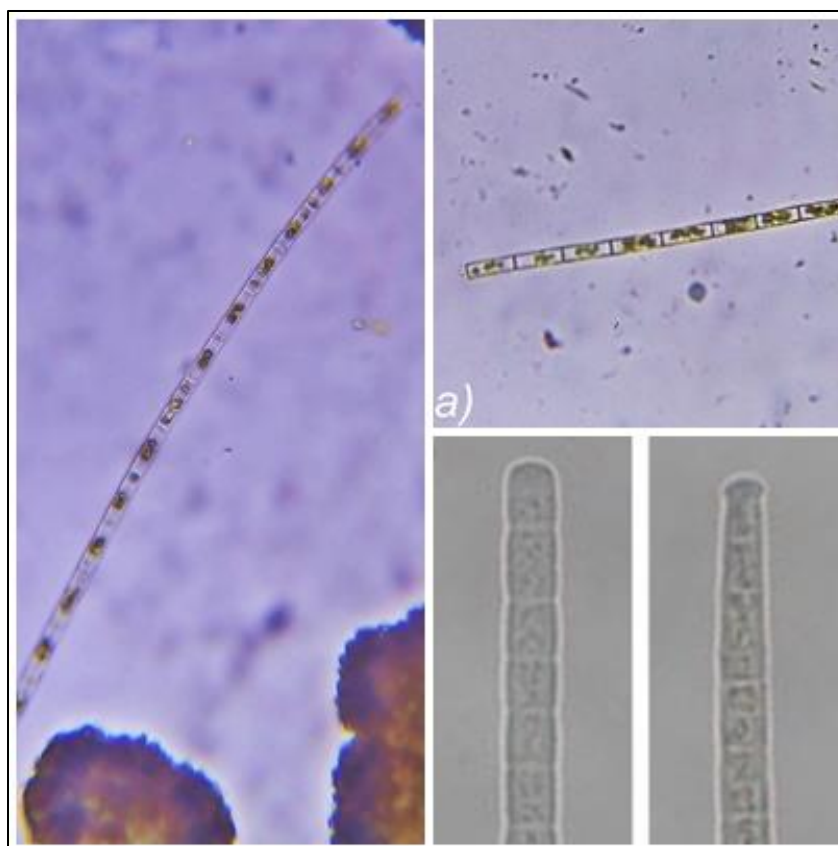


Figura 30. Planktothrix agardhii encontrada en sitio de estudio 3- Platón Sánchez vs imagen claves de cianobacterias

Tricomas solitarios, rectos, azul verdoso 3.5-5 μm de ancho, no constreñidos en las paredes transversales hacia el extremo ligeramente más estrechos, en su mayoría sin punta. Cosmopolita, común en el agua eutrófica. El género PLANKTOTHRIX tiene especies toxigénicas con producción de hepato y neurotoxinas. (Annadotter, 2006).

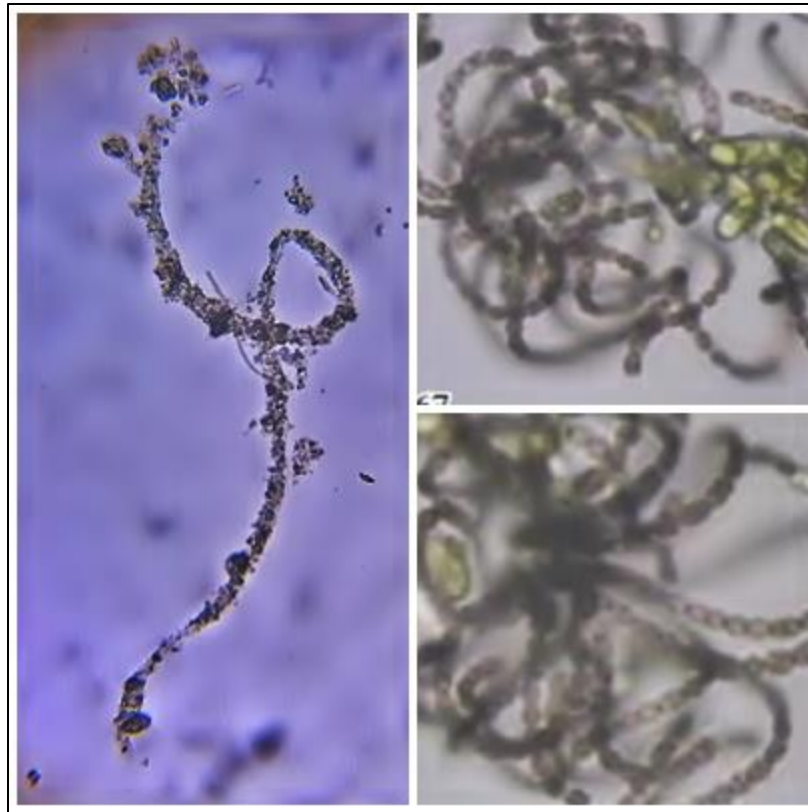


Figura 31. *Anabaena Lemmermannii* var. *Minor* (uterm.) Encontrada en sitio de estudio 5- San Diego vs imagen claves manual de cianobacterias

Tricomas solos o unidos en grandes grupos, torcidos irregularmente. Los akinetes son largos, un poco doblados, con extremos redondeados, 11-15-22 x 6-9 μm . Especies toxigénicas productoras de neurotoxinas (anatoxinas-a) y hepatotoxinas (microcistinas). Común en los lagos eutróficos en las regiones templadas.



Figura 32. Lyngbya encontrada en sitio de estudio 3- Platón Sánchez vs imagen claves de cianobacterias

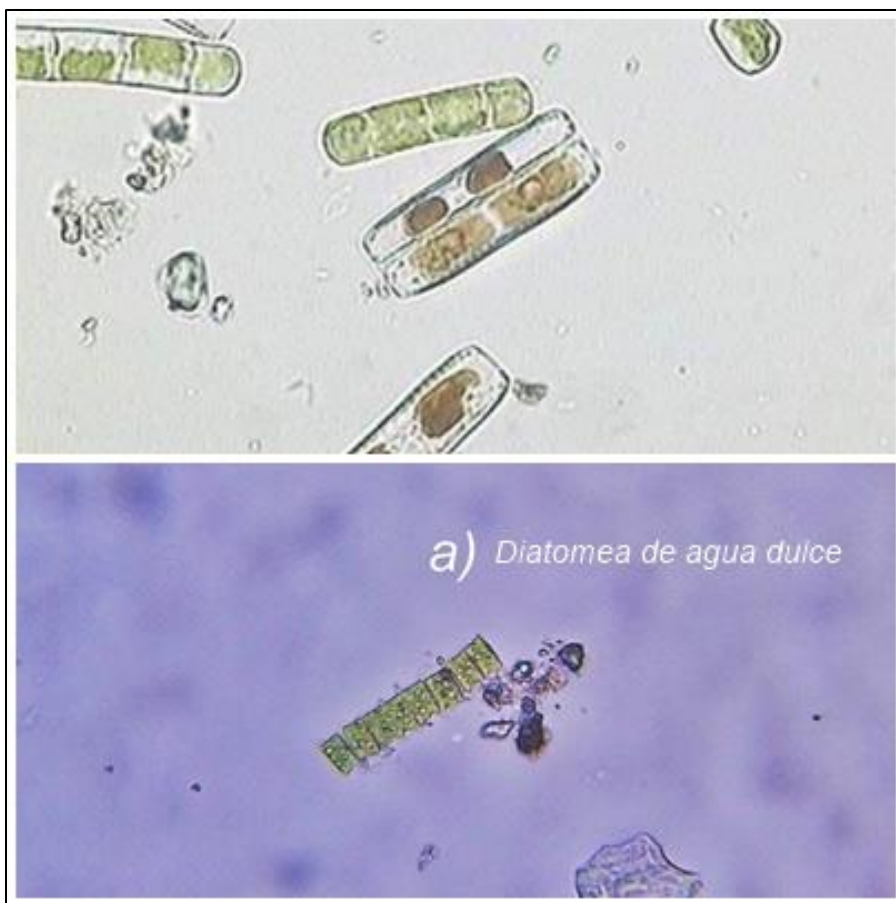


Figura 33. Diatomea de agua dulce encontrada en sitio de estudio 5-San Diego vs imagen claves de diatomeas en agua dulce.

Exposición de resultados sobre métodos de evaluación ambiental.

Formato A1 para el sitio de estudio 3.- Platón Sánchez

Evaluación Ambiental						Formato			
Municipio de : PLATÓN SÁNCHEZ, VERACRUZ.						A1			
Urbano		Comuna:	Fecha:						
Rural	X	Corregimiento: x	20/11/2018			BIOFISICO			
Subsistema 1. MEDIO FÍSICO BIÓTICO									
Componente: 1.1 MEDIO NATURAL									
	Indicadores			MB	B	R	M	MM	COLOR
	MB Muy buena; B Buena; R Regular; M Mala; MM Muy Mala.			5	4	3	2	1	
1.1.1 Aspectos Geofísicos	1. Calidad del suelo para uso urbano, agrícola y pecuario.				X				
	2. Calidad del aire (Gases, Partículas, Olores)					X			
	3. Estado de silencio y tranquilidad.				X				
	4. Disponibilidad natural de agua para uso humano.					X			
	5. Calidad del agua para consumo humano.						X		
	6. calidad del clima para la salud humana.					X			
	7. Estabilidad de los suelos.					X			
	8. Estado de Microcuencas.						X		
	9. Cantidad historia de áreas de bosques nativos.					X			
	10. Estado actual del paisaje natural.				X				
	Subtotal			0	12	15	4	0	(31)/(10)
PROMEDIO: 1.1.1 Aspectos Geofísicos			3.1						

Figura 34. Aspectos Geofísicos

1.1.2 Elementos Medio Físico Bióticos	1. Estado de conservación de bosques nativos.		X					
	2. Estado de ecosistemas estratégicos.			X				
	3. Estado de vegetación de bordes de los ríos o quebradas.			X				
	4. Oferta y mantenimiento de vegetación urbana.			X				
	5. Consevación de la diversidad de fauna silvestre.				X			
	Subtotal	0	4	9	2	0	(15)/(5)	
	PROMEDIO: 1.1.2 Elementos Medio Físico Bióticos	3						A
	Puntaje promedio del componente 1.1 Medio Natural							A
	1.1.1 + 1.1.2 / 2	3.1 + 3 = 6.1 / 2 = 3.05						

Figura 35. Elementos Medio físico bióticos

Componente: 1.3 RIESGOS							
	Indicadores	MB	B	R	M	MM	COLOR
	MB Muy buena; B Buena; R Regular; M Mala; MM Muy Mala.	5	4	3	2	1	
1.3.1 Riesgos por actividades humanas	1. Posibilidad de incendios espontaneos en bosques.			X			
	2. Posibilidad de explosiones e incendios.			X			
	3. Posibilidad de intoxicaciones o envenenamiento.			X			
	4. Presencia de plagas y vectores por mal manejo de residuos.				X		
	5. Población ubicada en área de riesgo.			X			
	6. Posibilidad de accidentes de tránsito.			X			
	7. Posibilidad de desabastecimiento de alimentos.		X				
	8. Posibilidad de bloqueos de puentes o vías.			X			
	9. Presencia de actividades económicas peligrosas e incompatibles con viviendas.		X				
	10. Posibilidad de colapso por sismo en las construcciones.		X				
	Subtotal	0	12	18	2	0	(32)7(10)
	PROMEDIO: 1.1.3 Riesgos por actividades humanas.	3.2					A

Figura 36. Riesgos por actividades humanas

1.3.2 Riesgos por fenómenos naturales.	1. Posibilidad de deslizamientos de tierra, derrumbes o remosion en masa.				X		
	2. Posibilidad de sismos.	X					
	3. Posibilidad de inundaciones.				X		
	4. Posibilidad de avalanchas o crecientes.				X		
	5. Posibilidad de erupciones volcánicas.	X					
	6. Posibilidad de sequías.				X		
	Subtotal	10	0	0	8	0	(18)/(6)
PROMEDIO: 1.1.2 Elementos Medio Físico Bióticos		3					A
Puntaje promedio del componente 1.3. Riesgos							
1.3.1 + 1.3.2 /2		3.2 + 3 = 6.2 / 2 = 3.1					A

Figura 37. Riesgos por fenómenos naturales

Calidad medio físico biótico: Regular

Formato A1 para el sitio de estudio 4 Tempoal

Evaluación Ambiental						Formato		
Municipio de : TEMPOAL, VERACRUZ.						A1		
Urbano	X	Comuna: x	Fecha:					
Rural		Corregimiento:	25/11/2018			BIOFISICO		
Subsistema 1. MEDIO FÍSICO BIÓTICO								
Componente: 1.1 MEDIO NATURAL								
		Indicadores	MB	B	R	M	MM	COLOR
		MB Muy buena; B Buena; R Regular; M Mala; MM Muy Mala.		4	3	2	1	
1.1.1 Aspectos Geofísicos	1.	Calidad del suelo para uso urbano, agrícola y pecuario.		X				
	2.	Calidad del aire (Gases, Partículas, Olores)			X			
	3.	Estado de silencio y tranquilidad.			X			
	4.	Disponibilidad natural de agua para uso humano.					X	
	5.	Calidad del agua para consumo humano.				X		
	6.	Calidad del clima para la salud humana.			X			
	7.	Estabilidad de los suelos.					X	
	8.	Estado de Microcuencas.				X		
	9.	Cantidad historia de áreas de bosques nativos.			X			
	10.	Estado actual del paisaje natural.				X		
		Subtotal		0	4	12	6	2
	PROMEDIO: 1.1.1 Aspectos Geofísicos		2.4					R
1.1.2 Elementos Medio Físico Bióticos	1.	Estado de conservación de bosques nativos.			X			
	2.	Estado de ecosistemas estratégicos.			X			
	3.	Estado de vegetación de bordes de los ríos o quebradas.			X			
	4.	Oferta y mantenimiento de vegetación urbana.				X		
	5.	Consevación de la diversidad de fauna silvestre.					X	
	Subtotal		0	0	9	2	1	(12)/(5)
	PROMEDIO: 1.1.2 Elementos Medio Físico Bióticos		2.4					R
	Puntaje promedio del componente 1.1 Medio Natural							
	1.1.1 + 1.1.2 / 2		2.4 + 2.4 / 2 = 4.8 / 2 = 2.4					R

Figura 38. Medio físico biótico Tempoal.

Componente: 1.3 RIESGOS							
	Indicadores	MB	B	R	M	MM	COLOR
	MB Muy buena; B Buena; R Regular; M Mala; MM Muy Mala.	5	4	3	2	1	
1.3.1 Riesgos por actividades humanas	1. Posibilidad de incendios espontaneos en bosques.			X			
	2. Posibilidad de explosiones e incendios.			X			
	3. Posibilidad de intoxicaciones o envenenamiento.				X		
	4. Presencia de plagas y vectores por mal manejo de residuos.				X		
	5. Población ubicada en área de riesgo.					X	
	6. Posibilidad de accidentes de tránsito.			X			
	7. Posibilidad de desabastecimiento de alimentos.		X				
	8. Posibilidad de bloqueos de puentes o vías.			X			
	9. Presencia de actividades económicas peligrosas e incompatibles con viviendas.		X				
	10. Posibilidad de colapso por sismo en las construcciones.		X				
	Subtotal	0	12	12	4	1	(29)/(10)
PROMEDIO: 1.1.3 Riesgos por actividades humanas.		2.9					R
1.3.2 Riesgos por fenómenos naturales.	1. Posibilidad de deslizamientos de tierra, derrumbes o remosion en masa.				X		
	2. Posibilidad de sismos.	X					
	3. Posibilidad de inundaciones.					X	
	4. Posibilidad de avalanchas o crecientes.				X		
	5. Posibilidad de erupciones volcánicas.	X					
	6. Posibilidad de sequías.			X			
	Subtotal	10	0	0	6	1	(17)/(6)
PROMEDIO: 1.1.2 Elementos Medio Físico Bióticos		2.8					R
Puntaje promedio del componente 1.3. Riesgos							
1.3.1 + 1.3.2 /2		2.9 + 2.8 = 5.7 / 2 = 2.8					R

Figura 39. Riesgos Sitio Tempoal.

CALIDAD MEDIO FÍSICO BIÓTICO: Mala

4.2 Análisis de los resultados

Con los lineamientos de la Norma de Caudal Ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012) versión 10 de junio de 2014 y de la Norma Oficial Mexicana 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”), se obtuvieron y aplicaron en su mayoría los Límites Máximos Permisibles de las concentraciones obtenidas durante la etapa de análisis de esta investigación, para finalmente enmarcar rangos y detectar tendencias dentro de los dos periodos de estudio; Temporada de lluvias y Temporada de sequías, de esta manera fue posible determinar un Índice en la Calidad del Agua (ICA) del Río Calabozo.

Comportamiento de los parámetros físicos. Temperatura. La temperatura registró valores de 23.22 °C a 26.63 °C con una media de 23.82 °C en la temporada de lluvias, mientras que los valores en la temporada de sequías fueron en aumento ya que oscilaron de mínima a máxima en 31.3 °C a 34.9°C teniendo como Límite permisible los 23.5°C, dicho incremento conllevó a una aprobación del 40% del total de los parámetros en la norma de referencia. Sólidos Totales Disueltos en unidades de turbidez nefelométrica (NTU). Teniendo como nivel aceptable 5 NTU de turbidez, éste parámetro cumplió en su totalidad con el ICA obteniendo niveles aceptables, los más elevados durante la temporada de lluvias originados por el arrastre de las corrientes del caudal. Conductividad. El resultado general del monitoreo de conductividad en unidades de turbidez nefelométrica (NTU) tiene como ponderación el rango del parámetro anterior. Con un cumplimiento del 60%, los niveles más altos en turbiedad se obtuvieron en los sitios de estudio 4 Tempoal y 5 San Diego con 7.68 NTU en la temporada de sequías, de igual forma, la concentración más baja se obtuvo en el sitio 2 Acececa con 1.42 NTU también en dicha temporada.

Comportamiento de los parámetros químicos. pH. El pH se mostró inestable principalmente en la temporada de sequías, ya que las variaciones fueron de un rango máximo de 9 hasta decrecer en 6.5 en el sitio 2 Acececa, solamente el 30% de los sitios de estudio durante las dos temporadas se mantuvieron estables. Los macro nutrientes nitrato y fosfato se ubicaron con una aceptación del 80 y 90% respectivamente en el límite permitido (salud, 2000) , se identificó una concentración muy elevada de Nitrato en el sitio de estudio 3 Platón Sánchez durante la temporada de sequías igual a 9.08 mg/L; fuentes puntuales aisladas de fertilizantes o agroquímicos pudieran ser las causantes, mientras que el sitio de San Diego registró las concentraciones más bajas con un promedio de 0.44 mg/L en ambas temporadas. OD en mg/L. El Límite Máximo Permisible del parámetro ODO en mg/L = 10; éste indicador se cumple en un 80% con un promedio de 9.7% en la temporada

de lluvias, los niveles más bajos se ponderaron en 0.002 y las causas que pudieron haber influido fueron: 1-Florecimiento algal 2- Desechos humanos 3- Desechos de animales.

A menor capacidad auto depuradora del cuerpo receptor, la aptitud del agua por mantener a las especies aerobias también lo será así, esto puede ser influenciado por la retención de oxígeno por efecto de eutrofización o por alguna especie potencialmente indicadora de toxicidad. (ECONOMIA, 2012)

Recordemos que las ubicaciones de los sitios de estudio se encuentran en una zona que está dedicada en su mayoría a la agricultura y ganadería, así como los asentamientos urbanos se encuentran a escasos metros de los afluentes. Dureza Total como CaCO_3 y Sílice cumplen en su totalidad con el cumplimiento de los parámetros para determinar el ICA, la dureza tiene un LMP de 500.00 ppm mientras que el Sílice según (Ambiental, 1992) estipula un rango aceptable de 0.04-2 mg/L, resalta el sitio de estudio 5 San Diego por un promedio bajo de 0.40.

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos, por lo que la descarga en cuerpos de aguas puede estimular el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos en cantidades nocivas, sin embargo, en los cinco sitios de estudio no se rebasa el límite máximo permisible (20 mg/L) y cumple en un 100% con los lineamientos de la norma, con un promedio concentrado de 0.38 mg/L siendo el nivel más bajo el sitio de estudio 1 La Bomba y el más elevado el sitio de estudio 4 Tempoal con una concentración de 0.6 mg/L, por lo que se supone no representa algún riesgo para la comunidad biótica tanto terrestre como marina.

Amoníaco. Solo un 60% del total de los estudios realizados en los cinco sitios de monitoreo logró mantenerse debajo del nivel, el amoníaco puede proceder en su mayoría de procesos metabólicos y agropecuarios incluso por desinfección de cloramina (WHO, 2003), puede producir problemas organolépticos, resalta la alta concentración en el sitio de estudio 4 Tempoal con una concentración de 8.3 seguido de otra de 3.49 por parte del sitio 5 San Diego en la temporada de lluvias. Amonio. Dos sitios arrojaron las concentraciones más altas registradas para este parámetro, el sitio de Tempoal mostró una carga amoniacal de 8.8 mg/L o ppm, seguida del sitio de San Diego con una concentración de 3.7 lo que representó un 40% del nivel de no aprobación para el estándar de calidad del agua.

Nitrógeno Amonio.

Teniendo como referencia de control de calidad y seguridad sanitaria, el LMP permitido para éste compuesto es de 0.50 mg/L (Salud S. d., 1993) los resultados

obtenidos para la prueba de Nitrógeno amonio mostraron niveles elevados de hasta el 6.82 mg/L del sitio de estudio 4 Tempoal, con un promedio elevado de 2.48 mg/L y un indicador menor de 0.73 mg/L.

Resultados de parámetros con Mala Calidad

B	R	M	Parámetros	Sitios de estudio (Río) más contaminado	Indicador
			Temperatura	Acececa	34.9 °C
			Ph	Tempoal	9 pH
			N-NH ₃	Tempoal	6.82 $\frac{mg}{L}$
			Coliformes Fecales	Todos los sitios	UFC < a 1,000,000 y > a 250,0000 /MI de muestra.

Tabla 38. Parámetros con Mala Calidad

Resultados de parámetros con Buena Calidad

B	R	M	Parámetros	Sitios de estudio (Río) menos contaminado	Indicador
			TSD – NTU	Tempoal - San Diego	0.002 NTU
			PO ₄	Acececa	2.1 $\frac{mg}{L}$
			Dureza Total	Acececa	125.33 $\frac{mg}{L}$
			Sílice	Platón Sánchez	0.75 $\frac{mg}{L}$
			F	Tempoal	0.6 $\frac{mg}{L}$

Tabla 39. Parámetros con Buena Calidad

Comportamiento de los parámetros microbiológicos

Normatividad	LMP UFC/100 mL ó NMP/100			EPA 1992		
NOM-001-SEMARNAT-1996	< 1000			<200		
La Bomba	Rebasa	el	LMP/No cumple	Rebasa	el	LMP/No cumple
Acececa	Rebasa	el	LMP/No cumple	Rebasa	el	LMP/No cumple

Platón Sánchez	Rebasa el LMP/No cumple	Rebasa el LMP/No cumple
Tempoal	Rebasa el LMP/No cumple	Rebasa el LMP/No cumple
San Diego	Rebasa el LMP/No cumple	Rebasa el LMP/No cumple

Tabla 40. Comportamiento de los parámetros microbiológicos

Análisis de los resultados de métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas

Se identificaron 3 especies de cianobacterias de orden oscilatorias:

NOMBRE CIENTÍFICO DE LA CIANOBACTERIAS	ZONA DE REGISTRO
1) <i>Planktothrix agardhii</i>	Sitio 3. Platón Sánchez
2) <i>Anabaena lemmernannii</i> Var. Minor (uterm).	Sitio 3. Platón Sánchez
3) <i>Lyngbya</i>	Sitio 5. San Diego

Tabla 41. Zona de registro de Cianobacterias.

A las cianobacterias se le asignaron dos peligros para la salud humana:

- Toxicidad por recreación: Al registrarse cerca de un asentamiento urbano que diariamente es frecuentado por sus pobladores aledaños.
- Toxicidad animal: Indirectamente afecta a los habitantes a través del consumo de estos animales que han acumulado las cianotoxinas a partir de su ingestión.

DIATOMEA DE AGUA DULCE	ZONA DE REGISTRO
Bentónica • Epilíticas	Sitio 3. Platón Sánchez

Tabla 42. Zona de registro de diatomeas

Análisis de los resultados del método de evaluación ambiental

Metodología: semáforos ambientales

Se decidió integrar esta metodología a dos de los cinco sitios de estudio debido a que están en mayor contacto con los asentamientos urbanos y poder correlacionar la relación del aspecto geofísico, las actividades humanas y los riesgos por fenómenos naturales con el sitio de estudio (afluente).

El componente “Medio construido” no fue tomado en cuenta debido a que no cumplió en esta fase de la investigación con la correlación antes mencionada. El puntaje

promedio se expresa en color así: Entre 1 y 2.99 (Rojo). Entre de 3 y 3.9 (Amarillo). Entre 4 y 5 (Verde).

El promedio de los resultados finales del formato A1 indica al sitio de estudio 3- PLATON SÁNCHEZ con el color AMARILLO que le da una calidad, cobertura, nivel de riesgo y gestión ambiental MEDIA O REGULAR.

Mientras que al sitio de estudio 4- TEMPOAL una ponderación de MALA a MUY MALA en cuanto a calidad, cobertura, nivel de riesgo y gestión ambiental

Sistema de Información Geográfica de las concentraciones más relevantes

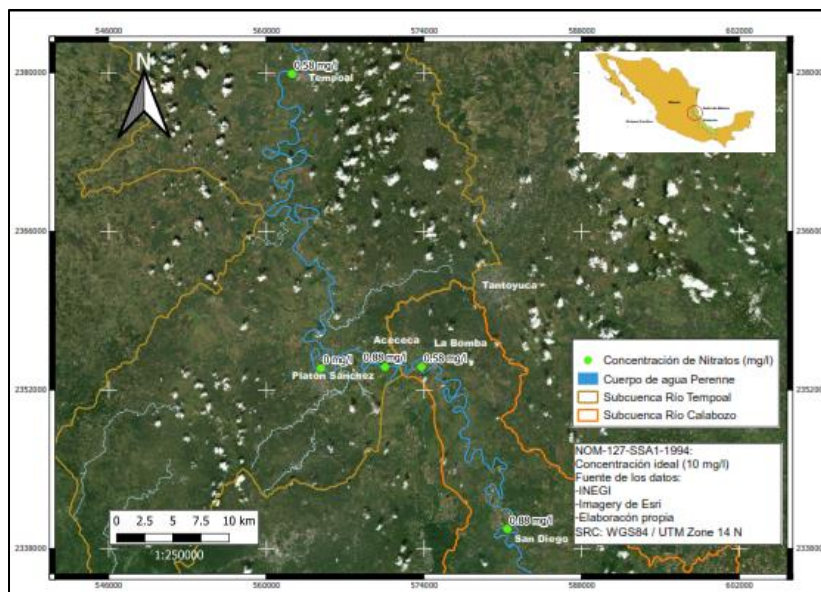


Figura 40. Representación de las concentraciones de Nitratos en la temporada de lluvias.

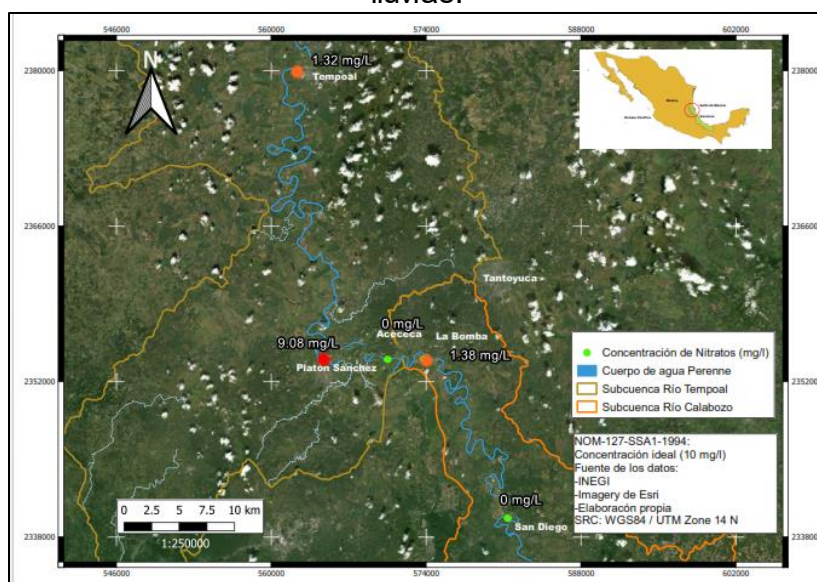


Figura 41. Representación de las concentraciones de Nitratos en la temporada de sequías

Norma de referencia: Norma Oficial Mexicana 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”

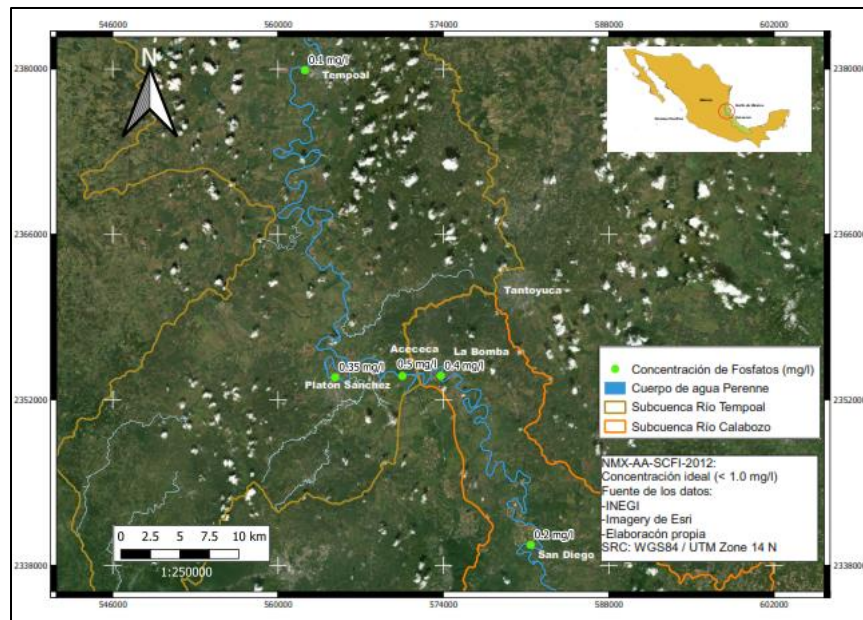


Figura 42. Representación de las concentraciones de Fosfatos en la temporada de lluvias

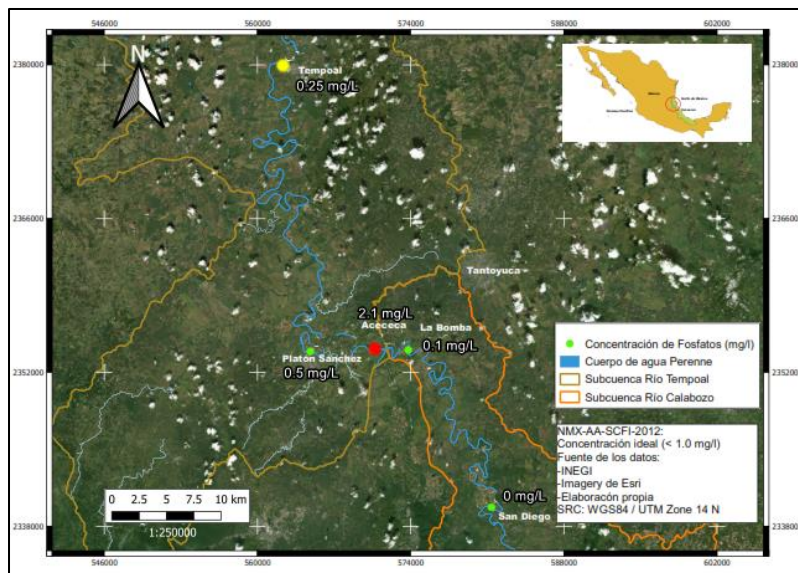


Figura 43. Representación de las concentraciones de Fosfatos en la temporada de sequías

Norma de referencia: Norma de Caudal Ecológico NMX-AA—159-SCFI-2012, versión 10 de junio de 2014

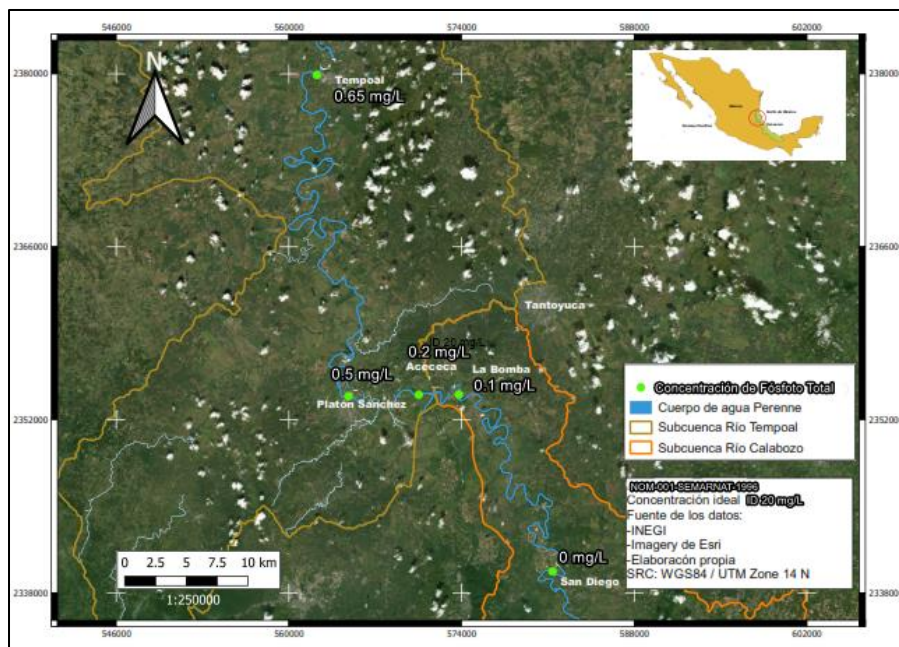


Figura 44. Representación de las concentraciones de Fósforo total en la temporada de lluvias

Norma de referencia: NOM-001-SEMARNAT-1996 en Promedio Diario ID 20 mg/L.
Uso público urbano

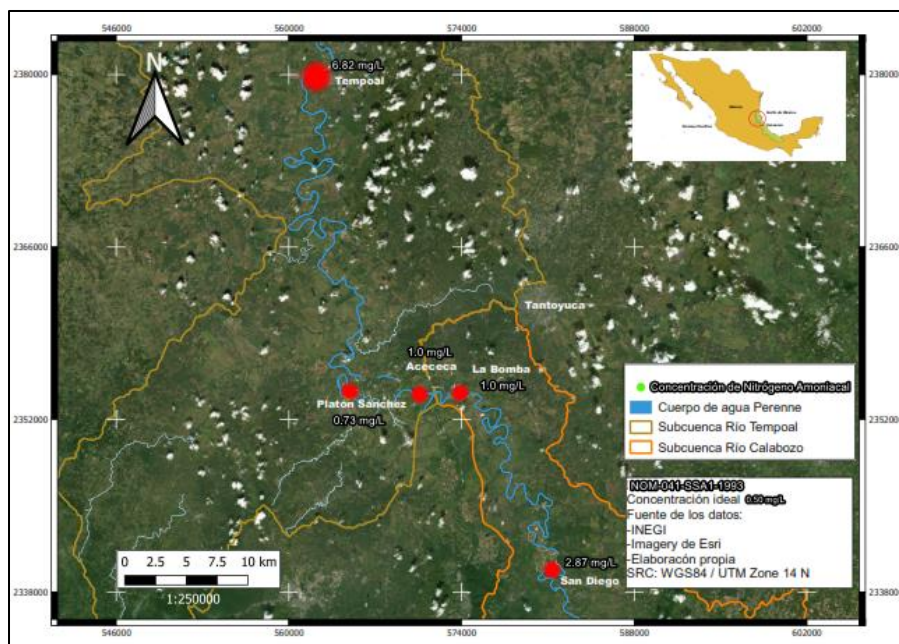


Figura 45. Representación de las concentraciones de Nitrógeno Amoniacal en la temporada de lluvias

Norma de referencia: NOM-041-SSA1-1993, Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.

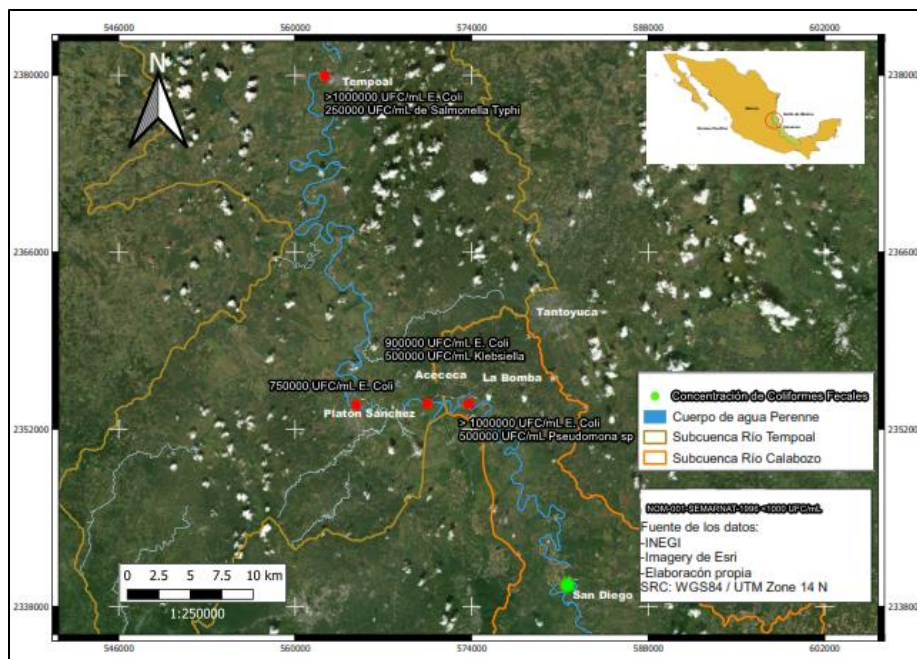


Figura 46. Representación de las concentraciones de *Escherichia Coli* en la temporada de sequías

Norma de referencia: NOM-001-SEMARNAT-1996

Con lo cual podemos determinar que se identificó como mayor fuente puntual de contaminación por sus altas concentraciones del Río Calabozo al sitio de estudio número 3.- *Río de Tempoal* con 12 parámetros con mala y mediana calidad incluyendo el segundo lugar con mayor concentración de Coliformos Fecales, los resultados del Río de Tempoal superaron los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas y NMX usadas en este proyecto como referencia del Índice de Calidad del Agua.

Asimismo, las fuentes puntuales de contaminación identificadas con calidad media en el Río Calabozo según la normatividad empleada fueron los sitios de estudio número 2.- Río Acececa y el número 3.- Río Platón Sánchez con 9 parámetros que rebasan de manera poco elevada los valores permitidos, sin embargo, es importante mencionar que en el Río Platón Sánchez se obtuvieron registros no cuantificados de especies de cianobacterias *Planktothrix agardhii* y *Lyngbya* las cuales son potencialmente indicadoras de toxicidad.

Por último, el sitio de estudio número 1.- La Bomba y el sitio de estudio número 5.- San Diego, fueron identificados como fuentes puntuales de contaminación con una calidad aceptable ya que solamente 5 parámetros se manejaron arriba de los LMP

A continuación, se presentan los parámetros que fueron detectados con concentraciones excesivas y que se correlacionan a una mala calidad del agua en especial a una mala oxigenación del agua lo que podría traer consigo un

desequilibrio en la cadena trófica y por lo tanto en las reacciones metabólicas del bio sistema:

- 1- Temperatura
- 2- pH
- 3- Nitrógeno Amoniacal
- 4- Coliformes fecales con presencia de enterobacterias como E. Coli, Salmonella typhi y Klebsiella

Los parámetros que tuvieron una calidad aceptable en los 5 sitios de estudio fueron:

- 1- Sólidos Totales Disueltos
- 2- Dureza total como CaCO_3
- 3- Fosfato
- 4- Fósforo total
- 5- Sílice

Por lo tanto, se le asignó una calidad Media a la cuenca del Río Calabozo integrada por 5 sitios de estudios: sub-cuenca del Río La Bomba. Acececa, Platón Sánchez, Tempoal y San Diego según resultados obtenidos y ponderados bajos los Límites Máximos Permisibles de la NOM-127-SSA1-1994, NOM-AA-159-SCFI-2012, NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-041-SSA1-1993 y NOM-112-SSA1-1994.

4.3 Análisis estadísticos de datos, procedimientos usados y software.

Correlación lineal Múltiple entre nutrientes y oxígeno disuelto con Minitab

Concentración de OD en ppm VS Concentración de Nitrato en ppm

Por lo que se interpreta que; por cada ppm que aumenta el Nitrato, el oxígeno disuelto va a disminuir en 0.096 ppm, esto se puede observar en la siguiente gráfica, donde se observa un crecimiento con relación positiva entre la variable dependiente e independiente.

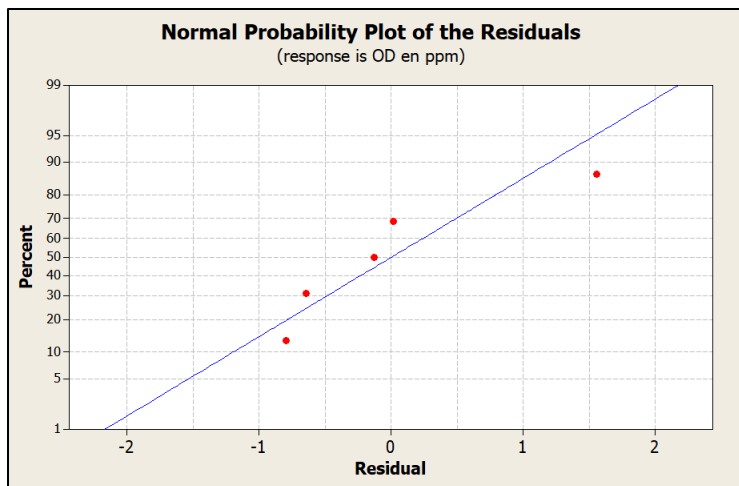


Figura 47. Resultado gráfico1 de correlación múltiple

Concentración de OD en ppm VS Concentración de Fosfato en ppm

Se interpreta que; por cada ppm que aumenta el Fosfato, el oxígeno disuelto va a disminuir en 0.410 ppm, esto se puede observar en la siguiente gráfica, donde se observa un crecimiento con relación positiva entre la variable dependiente e independiente.

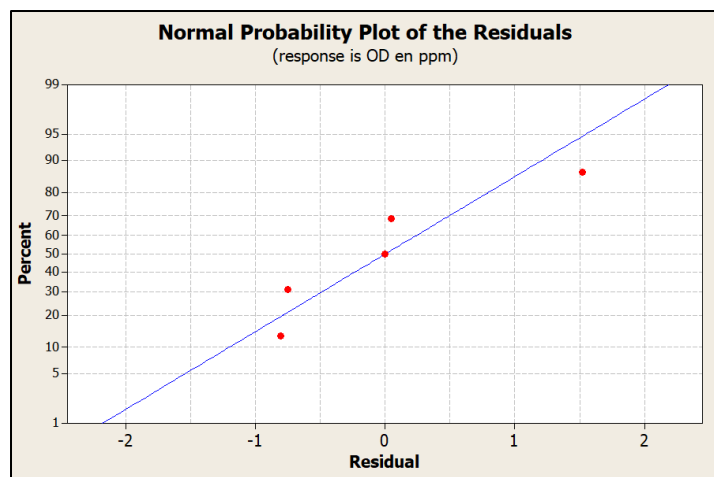


Figura 48. Resultado gráfico 2 de correlación múltiple

4.4 cronograma de actividades.

ACTIVIDAD FECHA	2018					2019						
	TEMP. LLUVIA					TEMP. SEQUÍA						
	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Identificar la normatividad de legislación correspondiente mediante investigación que será utilizada como fundamento teórico para ubicar los límites permisibles; avalado por las instancias oficiales.												
Planeación de los muestreos a realizar.												
Realizar análisis Fisicoquímicos, Químicos y Microbiológicos en el Río Calabozo.												
Obtener resultados de los diferentes sitios de estudio.												
Procesar la información obtenida mediante los resultados de los muestreos y análisis realizados												
Reconocimiento del área de estudio, y planeación de próximos muestreos, considerando materiales e instrumentos a utilizar.												
Recopilación de la información, y elaboración del formato de tesis.												

Figura 49. Cronograma de actividades.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

El afluente del Río Calabozo representa una gran importancia para los municipios, pueblos, rancherías y comunidades de la zona huasteca en el estado de Veracruz. El recurso hídrico es usado en su mayoría como fuente de agua potable y después para el riego de zonas agrícolas y ganaderas. La región se destaca por su orientación del uso de suelo a actividades del sector primario, más del 71.4% de su territorio se destina a actividades agropecuarias como pastizal y agricultura. Sin embargo, de éste río poco se sabe en cuanto a sus componentes, posibles impactos ambientales, desequilibrios ecológicos, daño trófico, toxicidad por parte de especies potencialmente indicadoras y sobretodo de la calidad del agua, de las cuales las instancias de los diferentes niveles de gobierno (municipal, estatal y/o federal) no realizan un marco de legislación ambiental ni de calidad.

La disponibilidad del agua no solo depende de la cantidad, sino también de su calidad. (Jiménez, 2001). Es por ello que los resultados aquí planteados se encuentran sustentados bajo un marco legal de Normatividades Oficiales Mexicanas las cuales cuentan con intervalos de concentraciones de los parámetros contaminantes más representativos para ríos que, una vez interpretados ayuden a conformar el Índice de Calidad del Agua del Río Calabozo.

De acuerdo a los resultados de los parámetros que sobrepasaron los límites máximos permisibles, se presentó un deterioro en los Índices De Calidad Del Agua en la temporada de lluvias que fueron: turbidez, oxígeno disuelto, nitratos y dureza, aunque estos resultados pudieran ser generalizados debido a que la temporada de lluvias y depresiones tropicales que estuvo presente durante la primera etapa de investigación debido al arrastre o un decremento debido a la escorrentía. En la segunda parte de la investigación, el incremento de valores fue notorio en los parámetros físicos de Temperatura, pH y químicos como la ODO y el compuesto NH_3 pudiendo resaltar la posibilidad del incremento de descargas de aguas residuales municipales no tratadas reflejándose en un incremento en la concentración del ion amonio, una elevada oxigenación y un incremento de la acidez.

Se identificaron zonas de descargas directas de aguas residuales en los sitios de Tempoal y de Platón Sánchez sin que exista sanción alguna o medidas de protección al sistema biótico que ahí se encuentra. En el sitio de La Bomba se realiza una extracción desmedida del recurso hídrico por parte de los servicios particulares del suministro de agua sin conocer el riesgo en que ponen a toda la

población no solo de Tantoyuca sino de todas las comunidades y rancherías que carecen de éste servicio. Por último, se identificaron en los sitios de San Diego, y con mayor presencia en Platón Sánchez, diferentes clases de cianobacterias, especies potencialmente indicadoras de toxicidad que además de causar un grave desequilibrio biológico pone en un riesgo latente a la población que tenga una relación directa o indirecta con sus actividades laborales como la pesca, el riego de cultivos, la simple recreación o la ganadería.

5.1.- Recomendaciones

Con la ejecución de esta investigación se pretende:

- Conocer las principales fuentes puntuales de contaminación en el Rio Calabozo.
- Catalogar los tipos de microorganismos encontrados durante los análisis microbiológicos.
- Determinar el impacto Ecológico-Ambiental que provienen de los aspectos físico químicos encontrados en la cuenca hidrológica.
- Documentar la información recabada para que esté al alcance de la población del ITSTA.
- Es importante seguir con el monitoreo y estudio de la calidad del agua del Rio Calabozo por su importante relación con los diferentes sectores productivos y sociales con la región.

CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Ibarra, A. (2010). *Calidad del agua: Un enfoque multidisciplinario*. México: Biblioteca nacional de México.
- Aguilar, S., & Barroso, J. (2015). *La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa*. Sevilla: Pixel-Bit.
- Ainsworth, R. (2004). Managing microbial water quality in piped distribution . *Safe piped water*.
- Ambiental, C. d. (1992). *NMX-75-AA-1982 Análisis de agua-Determinación de Sílice*. México: DOF.
- Angulo, F. (1997). A community waterborne outbreak of salmonellosis and the effectiveness of a boil water order. *American Journal of Public Health*, 580-584.
- Annadotter, G. C. (2006). *Manual on aquatic cyanobacteria*. UNESCO Publishing.
- Bartram, J. (2003). *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. Londres: Serie de la OMS Emerging Issues in Water and Infectious Disease.
- Catalán Lafuente, J. (1990). *Química del Agua*. Madrid: Bellisco.
- CONAGUA. (2006). *Indicadores de calidad del agua*. México: Jefatura de proyecto de estudios de calidad del agua.
- Cotler, H. (2010). *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. México: Pluralia.
- De la Lanza, G. (2014). *Protocolo para el muestreo de calidad del agua en ríos endorréicos y exorréicos, y en humedales para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMXAA-159-SCFI-2012)*. México: WWF México.
- Desarrollo, P. V. (2011-2016). *Región Huasteca Alta*. Xalapa, Ver.: Estudios regionales para la planeación.
- ECONOMIA, S. D. (2012). *Norma de Caudal Ecológico para la determinación de caudal ecológico en cuencas hidrológicas (NMX-AA-159-SCFI-2012)*. México: SCFI.
- Goudie, A. (2000). *The Human Impact on the Natural Environment*. Oxford: Blackwell.
- Henry, G., & Heinke, G. (1999). *INGENIERIA AMBIENTAL*. México: PRENTICE HALL.
- Hustedt, F. (1930). In A. Pascher *Die Susswasser-flora Mitteleuropas*. Gustav Fischer Verlag.
- INEGI. (2010). *Catálogo de claves de Entidades Federativas, Municipios y Localidades*. México: Dirección general de Geografía.
- INEGI. (2010). *Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de aguas superficiales*. México: INEGI.
- INEGI. (2010). *Superficie Territorial*. México: Subsecretaría de Planeación.

- INEGI. (2012). *Anuario estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave*. México: Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.
- INEGI. (2012). *Anuario estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave*. México: México: Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.
- INEGI. (2012). *Anuario estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave*. . México: Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.
- INEGI. (2014). *Sistema de Información Geográfica*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI-CONAGUA. (2007). *Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México*. México: Información topográfica digital.
- INE-INEGI. (2010). *Cuencas Hidrográficas de México*. México: Subsecretaría de Planeación.
- Jiménez, B. E. (2001). *La Contaminación Ambiental en México-Causas, Efectos y Tecnología Apropriada*. Limusa. Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA.
- Johnson, W. W. (1980). *Handbook of acute toxicity of chemicals to fish and aquatic invertebrates*. Washington D.C.: Resource Publication 137.
- Kociolek, J. &. (1988). *A preliminary investigation of the phylogenetic relationship among the freshwater, apical pore field-bearing cymbelloid and gonphonemoid diatoms (Bacillariophyceae)*. Galway: AlgaeBase.
- Koplan, J. (1978). Contaminated roof-collected rainwater s a possible cause of an outbreak of salmonellosis. *onellosis. Journal of Hygiene*, 303-309.
- Lind, O. (1985). *Manual of common methods in Limnology*.
- Méndez Sayago, J. y. (2010). Utilización del agua. ¿Instrumento de asignación eficiente del agua o mecanismo de financiación de la. En J. Méndez Sayago, *¿Instrumento de asignación eficiente del agua o mecanismo de financiación de la gestión ambiental?* (págs. 93-115). Estudios Gerenciales.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2004). *Guía para la formulación de la AGENDA AMBIENTAL MUNICIPAL*. Bogotá: Sistemas de Gestión Ambiental Municipal.
- Moreno, A. (2008). *Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGis*. Madrid, España: Alfaomega.
- Pérez, A., Olivos, A., Quijano, S., Espinosa, C., & Jiménez, M. (2006). *Estado actual del estudio de Cianobacterias dulceacuícolas formadoras de florecimientos en el centro de México*. México: CICESE.
- Perez-Maqueo, O. M.-V. (2011). *Hidrología. La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Veracruz*. México: Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.

- Puerta, G., & Rodríguez, M. (2010). *Enterobacterias*. Albacete, España: Medicine.
- Ríos, S., Agudelo, R., & Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública Vol. 35 Núm. 2*, 242.
- Rock, C., & Rivera, B. (2014). La calidad del agua, E. Coli y su salud. *The University of Arizona*, 3-4.
- Rodier, J. (1989). *Análisis de las aguas : aguas naturales, aguas residuales, agua de mar*. Barcelona: Omega.
- Rodier, J. (1989). *Análisis de las aguas : aguas naturales, aguas residuales, agua de mar*. Barcelona: Omega.
- Salud, S. d. (1993). *Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias*. México: DOF.
- Salud, S. d. (1994). *NORMA Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable*. México: DOF.
- salud, S. d. (2000). *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*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Skougstat, M. (1974). *Methods for chemical analysis of water and wastes*. Cincinnati: Environmental protection agency.
- Subsecretaría de Planeación, c. b. (2010). *Las Cuencas Hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización*. Ciudad de México: INE.
- Wehr, J. a. (2003). Ecology and Clasification. *Freshwater Algae of North America*, 24.
- WHO, S. (2003). *Ammonia in drinking-water*. Suiza: OMS.
- Wood, W. (1966). *Guidelines for collection and field analysis of groundwater samples for selected unstable constituents*. Cincinnati: ASCE.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

FORMATO DE LIBERACION DEL PROYECTO PARA TITULACION INTEGRAL

Ciudad: Tantoyuca Estado: Veracruz

Fecha: 01 de Octubre de 2019

Asunto: **Liberación De Proyecto Para La Titulación Integral**

C. MC SONIA CRUZ RIVERA

Jefe De Departamento De Estudios Profesionales Y Titulación

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del Alumno:	HUBERTO MARTINEZ DOMINGUEZ
Carrera	INGENIERÍA AMBIENTAL
No. De Control	14350234
Nombre del Proyecto	"IDENTIFICACIÓN DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN EN EL RÍO CALABOZO"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL POR TESIS

- Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines correspondientes a su Examen Profesional, por lo cual deberá de entregar al Departamento de Estudios Profesionales, su trabajo profesional en 5 mini CD's (debidamente rotulados) de su trabajo en archivo PDF, anexando al final la autorización de impresión, así como Donar un libro (nuevo) de su especialidad al centro de información y el presente documento digitalizado en formato PDF.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

DRA. CITIZALLY RAMÍREZ LÓPEZ

JEFE DE DIVISION DE CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

 M.C. BLANCA ISABEL HERNANDEZ LARA	 DR. JOSÉ JAIME GONZÁLEZ ELIZONDO	 ING. CARMEN KABELLY PRO TORRES
Nombre y firma del Asesor	Nombre y Firma del Revisor	Nombre y firma del Revisor

C.c.p Depto. De Servicios Escolares.- Para carta de no inconverencia
Depto. De Recursos Financieros.- Para el cobro de arancel correspondiente
Depto. Estudios Profesionales
Expediente

R01/09/19

F-EP-34