



## “COLABORACIÓN EN EL MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DE SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS”



**RESIDENTE:** LUCERO BELÉN  
HERNÁNDEZ MORALES

**No. DE CONTROL:** 07270248

**ASESOR INTERNO:** IBQ. MARGARITA  
MARCELIN MADRIGAL

**REVISORES:** IBQ. JAVIER RAMIREZ DIAZ  
DRA. PATRICIA SANCHEZ  
ITURBE

**ASESOR EXTERNO:** IBI. JESUS CARMONA  
DE LA TORRE

**PERIODO:** FEBRERO – JUNIO 2012

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
1.- Introducción.....	1
2.-Justificación.....	3
2.1.- Impacto social.....	3
2.2.- Impacto ambiental.....	4
2.3.- Impacto económico.....	4
3.- Objetivos.....	5
3.1.- Objetivo general.....	5
3.2.- Objetivos específicos.....	5
4.- Características del área en donde participo.....	6
4.1.- Misión.....	6
4.2.- Visión.....	6
5.- Planteamiento del problema.....	8
6.- Alcances y limitaciones.....	9
6.1.- Alcances.....	9
6.2.- Limitaciones.....	10
7.- Marco teórico.....	11
7.1.- Ubicación geográfica de la cuenca de San Cristóbal de las casas, Chiapas.....	13
7.2.- Problemática en la cuenca hidrológica de San Cristóbal de las Casas.....	15
7.3.- Clasificación de los tipos de agua.....	18
7.4.- Normatividad requerida para el monitoreo de calidad del agua.....	23
7.5.- Marco legal.....	25
7.6.-Ley de salud.....	28
7.7.- Ley de aguas para el estado de Chiapas.....	29
8.- Metodología.....	30

8.1.- Descripción detallada de la metodología.....	31
9.- Análisis y evaluación de resultados.....	40
10.- Conclusión.....	41
11.- Bibliografía.....	43
12.- Anexos.....	45
12.1.- Actividades realizadas.....	45
12.2.- Memoria fotográfica.....	46

## 1.- INTRODUCCION

Al hablar de Cuenca Hidrográfica nos referimos a un área físico-geográfica delimitada por sistemas topográficos y geológicos que permiten definir territorialmente un área de drenaje común, en donde interdependen e interactúan en un proceso permanente y dinámico, los subsistemas: físico, biótico y socioeconómico. Una cuenca no solo abarca la superficie, a lo largo y ancho, sino también la profundidad, comprendida desde el extremo superior de la vegetación hasta los estratos geológicos limitantes bajo la tierra. Dentro de la cuenca se puede distinguir 3 partes principales: la parte alta, la parte media y la parte baja. En la parte alta, la topografía normalmente es empinada y generalmente esta cubiertas de bosque. Tanto en la parte alta y media se encuentran la gran mayoría de las nacientes y de los ríos, la parte baja a menudo tienen más importancia para la agricultura y los asentamientos humanos, porque ahí se encuentran las áreas más planas. La importancia del manejo y cuidado de la cuenca incluyen los ámbitos ecológicos, político y social. (Franquet, 2005)

La ciudad de San Cristóbal de las Casas está situada sobre la cuenca hidrológica cerrada del Valle de Jovel, compuesta por un suelo de composición calcárea de origen volcánico, lo que conlleva a la formación de forma natural a una serie de conductos, cavernas y sumideros subterráneos que infiltran el agua pluvial, alimentando a los mantos freáticos y formando originalmente 25 manantiales, distribuidos a lo largo

de la zona norte y este de la cuenca. Los ríos principales que componen la cuenca son los ríos Amarillo, Fogótico y San Sebastián; siendo los más afectados los ríos Amarillo y Fogótico, estos a su vez son alimentados por los arroyos Chamula, El Chorro y La Tibia; los cuales se encuentran contaminados con agua residual, agrícola y doméstica provenientes de la zona urbana y agrícola.

En este proyecto se evaluará la calidad del agua presente en los ríos Amarillo y Fogótico y en los arroyos Chamula, El Chorro y La Tibia.

Para conocer la calidad del agua de la cuenca del Valle de Jovel se evaluarán los siguientes parámetros: Dureza Total, pH, Alcalinidad, Oxígeno disuelto, Temperatura del agua, Temperatura del aire, Turbidez, Coliformes totales y Coliformes fecales, empleando el kit de campo de la marca LaMotte.

En la realización de un plan de monitoreo de calidad de agua en los que incluyen 27 puntos de monitoreo en 3 niveles de prioridad (alta, media y baja) dependiendo de la contaminación presente a simple vista, la presencia o ausencia de descargas y la presencia o ausencia de seres vivos. De la misma manera se referencian dichos puntos en mapas ubicándolos sobre los ríos y arroyos incluyendo coordenadas geográficas. El monitoreo se sugiere llevar a cabo cada mes para tener la referencia del comportamiento de los cuerpos de agua.

## **2.- JUSTIFICACION**

Este proyecto se realiza con el objetivo de colaborar en el monitoreo de tipos diferentes de aguas de la cuenca de San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Los resultados obtenidos podrán utilizarse como base de la situación actual de la calidad del agua para la toma de decisiones sociales, ambientales y normativas.

### **2.1.- IMPACTO SOCIAL**

- Con los resultados obtenidos del monitoreo de la calidad del agua en la cuenca de San Cristóbal de las Casas; se podría realizar una gestión para la solicitud de plantas de tratamiento de aguas residuales, al mismo tiempo ayudaría a corregir descargas directas de drenaje a los ríos e involucraría no solo a personas conocedoras del tema sino también a los usuarios del agua los cuales obtendrán conocimiento de la calidad del agua, la problemática de salud que proviene del consumo de la misma y las prácticas de cuidado al agua que pueden realizar para ayudar a mejorar la calidad del agua de los ríos y arroyos.
- Al conocer la calidad del agua, da la pauta para gestionar acciones de mejora en el sistema de abastecimiento, saneamiento y uso agrícola.

## **2.2.- IMPACTO AMBIENTAL**

- Con la participación de los usuarios del agua en el monitoreo y las buenas prácticas de cuidado al agua, se pretende disminuir el impacto ambiental de los cuerpos de agua y con ello aumentar su calidad.

## **2.3.- IMPACTO ECONOMICO**

- Después de conocer la calidad del agua en la cuenca de acuerdo a su comportamiento en diversas épocas del año se podrá constituir un plan de manejo de cuenca y un posible diseño de planta de tratamiento de aguas residuales que vaya de acuerdo a la cantidad de contaminantes que se desea reducir y con ello obtener agua de mejor calidad que pueda ser utilizada en diversos ámbitos de la ciudad disminuyendo el costo de operación que se llevaría si se extrajera el agua directamente de los ríos y arroyos que se encuentran actualmente contaminados.
- El impacto económico es en el gasto familiar para combatir enfermedades gastrointestinales, conjuntivitis, en piel y problemas en las vías respiratorias derivados de la contaminación biológica del agua de los ríos.
- Ya se visualiza que los turistas, sobre todo extranjeros solo consumen agua envasada de marcas reconocidas, sin embargo de seguir creciendo el problema, en el futuro se incrementarán los turistas enfermos quienes seguramente si asociarán al agua sus problemas de salud y el potencial turístico económico caerá.

### **3.- OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el monitoreo de tipos diferentes de aguas de la cuenca de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

#### **3.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar el diseño de sitios específicos para monitoreo.
- Establecer frecuencia de monitoreo y parámetros a determinar.
- Definir diferentes tipos de aguas a monitorear.
- Participar en la capacitación para la formación de monitores de calidad de agua

## **4.- CARACTERISTICAS DEL AREA EN DONDE PARTICIPO**

### **4.1.- MISION**

El Colegio de la Frontera Sur es un centro de investigación científica, que busca contribuir al desarrollo sustentable de la frontera sur de México, Centroamérica y el Caribe a través de la generación de conocimientos, la formación de recursos humanos y la vinculación desde las ciencias sociales y naturales.

### **4.2.- VISION**

Ser un centro de investigación científica reconocido nacional e internacionalmente por la calidad, pertinencia, relevancia e impacto de sus aportaciones.

Dentro del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) existe el área de Laboratorios Institucionales que se conforma por siete laboratorios en tres diferentes unidades de ECOSUR. Desde 2003 ofrece servicios a investigadores, otras instituciones y particulares para analizar diferentes tipos de muestras en las ramas de química, agua, alimentos, sanidad agropecuaria, herramientas moleculares, diagnósticos fitosanitarios y microscopía electrónica.

Los laboratorios institucionales trabajan bajo un sistema de gestión de la calidad (basado en la NORMA NMX-EC17025-IMNC) y cuenta con tres

laboratorios certificados ante la Entidad Mexicana de Acreditación, en áreas de sanidad agropecuaria, alimentos y agua.

La coordinación de los laboratorios institucionales se encuentra a cargo del IBI. Jesús Carmona de la Torre, quien desde hace varios años trabaja en temas relacionados al medio ambiente, agua, residuos peligrosos y de la misma forma ha incursionado en la construcción de prototipos.

## **5.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Conocer la calidad del agua de la Cuenca del Valle de Jovel en San Cristóbal de las Casas, Chiapas para tener una línea base en la realización de una gestión para un manejo integral de cuenca y con ello poner en manifiesto las posibles alternativas de saneamiento de la Cuenca del Valle de Jovel evitando gastos innecesarios; la calidad del agua se conocerá monitoreando 27 puntos específicos distribuidos en los ríos Fogótico y Amarillo y en los arroyos Chamula, El Chorro y La Tibia; midiendo los parámetros de pH, Dureza total, Alcalinidad, Oxígeno disuelto, Temperatura del aire y Temperatura del agua con el kit de campo de la marca LaMotte, para lo cual será necesario la realización de recorridos a los ríos y arroyos antes mencionados y la ubicación de cada punto a monitorear en mapas ubicándolos con puntos geográficamente referenciados.

## **6.- ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **6.1.- ALCANCES**

Monitorear el agua de la cuenca de San Cristóbal de las Casas.

1.- Investigación bibliográfica: Esto con el fin de obtener conocimientos de la situación actual, avances del manejo y estudios realizados de la Cuenca de San Cristóbal de las Casas, Chiapas; al mismo tiempo de obtener conocimientos para realizar un plan de monitoreo para calidad del agua.

2.- Recorridos: el alcance de estos recorridos fue conocer y ubicar los posibles puntos a monitorear en los municipios de San Cristóbal, Chamula y Tenejapa.

3.- Elaboración de mapas de ubicación en Google Earth de sitios de monitoreo.

4.- Capacitación y práctica de manejo de equipo de análisis de campo para medición de parámetros de calidad del agua.

5.- Realizar análisis de laboratorio de muestras de agua en el marco de los puntos del plan de monitoreo para determinar calidad del agua de la Cuenca de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

## 6.2.- LIMITACIONES

- La falta de equipo y periodos para la adquisición de equipo para análisis de campo fue la principal limitante para realizar el monitoreo, al igual que para el uso del equipo de campo se requería participar en cursos para uso del equipo, por lo cual no se logro realizar el monitoreo en la cuenca de San Cristóbal, quedando el proyecto hasta la ubicación grafica de los puntos de monitoreo.

## 7.- MARCO TEORICO

En la superficie terrestre del planeta Tierra abunda el agua, pero solo una mínima parte es apta para el uso y consumo de los seres vivos terrestres. El agua dulce, además de ser escasa, se encuentra desigualmente repartida, por lo que hay lugares de la superficie terrestre que disponen de ella sin problemas y otros, como las zonas desérticas, que padecen carestías de agua y que, por desgracia, cada vez están más extendidas.

Aunque más de las tres cuartas partes de la superficie terrestre están cubiertas de agua, solo es dulce una cantidad inferior al 3%, y de esta, más de sus tres cuartas partes se encuentran heladas en los polos y glaciares. De la restante, el 99% se localiza bajo la tierra (aguas subterráneas) y solo un 1% en la superficie (escorrentía superficial). Por tanto, solo una centésima parte del total del agua del planeta está disponible para la vida terrestre. El agua dulce de la escorrentía superficial (torrentes, ríos, lagos, etc.) y las aguas subterráneas son las únicas que puede utilizar el ser humano para satisfacer sus necesidades fisiológicas. (López et al. 2006)



Figura 1.- Distribución del agua en el planeta.

El tiempo de permanencia del agua en uno u otro sistema difiere. La medida es de diez días para la atmosfera, algunas semanas en los cursos de agua, desde algunos meses hasta centenares de años en los lagos, y varios siglos en los acuíferos.

	Reservorios	Volumen en km <sup>3</sup>	% del total
	Océanos	1,313,600,000	97.2
	Casquetes polares y glaciares	29,000,000	2.15
	Atmosfera	15,000	0.001
	Organismos vivos	600	0.0000004
AGUAS SUPERFICIALES CONTINENTALES	Lagos de agua dulce	125,000	0.009
	Lagos salados y mares interiores	104,000	0.008
	Ríos y torrentes	1,250	0.0001
AGUAS SUBTERRANEAS CONTINENTALES	Humedad del suelo	65,000	0.005
	Agua a 0.5 km de profundidad	3,660,000	0.31
	Aguas profundas (+ de 0.5 km)	3,660,000	0.31
	<b>TOTAL</b>	1,350,230,850	99.9931

Cuadro 1.- Distribución del agua en el planeta en reservorios.

En la naturaleza el agua se mueve sin cesar de un lado a otro, de un sistema a otro. A este movimiento lo llamamos ciclo natural del agua.

Este permite su renovación y facilita su autodepuración. El agua, esencial para la vida, realiza un continuo movimiento entre la atmosfera; la tierra, la lluvia, la nieve, el granizo y otros fenómenos son el resultado de ese movimiento. (López et al. 2006)

### **7.1 Ubicación geográfica de la cuenca de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.**

El estado de Chiapas está situado al sur de México. La ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas se encuentra ubicada en la gran cuenca del sistema Grijalva-Usumacinta y la microcuenca del Valle del Jovel, en la porción central de Chiapas, aproximadamente a 70 kilómetros al este de la capital del Estado, Tuxtla Gutiérrez. La cuenca ocupa 20,056 hectáreas y es topográficamente cóncava.

La ciudad de San Cristóbal de las Casas se sitúa en la porción central del sur de la cuenca. El área urbana ocupa las porciones más bajas de la cuenca, con elevaciones de 2,180 a 2,200 metros. Actualmente, la ciudad ocupa cerca de 3,600 hectáreas o 18% del total de la cuenca. Las paredes del valle se elevan abruptamente alcanzando elevaciones de 2,500 metros al sur y oeste. Las paredes del valle se levantan más gradualmente al noroeste y al este, pero alcanzan aproximadamente la misma elevación. La máxima elevación ocurre en el norte de la cuenca y es de aproximadamente 2,800 metros. (Bencala et al. 2006)

La cuenca incluye partes de cuatro municipios, pero está situado sobre todo en dos. La porción meridional de la cuenca está en el municipio de San Cristóbal de Las Casas, mientras que la parte norte se establece en Chamula. Una sección pequeña al este de la cuenca está situada en Huixtan, y una sección incluso más pequeña al noroeste está situada en Tenejapa. (Bencala et al. 2006)

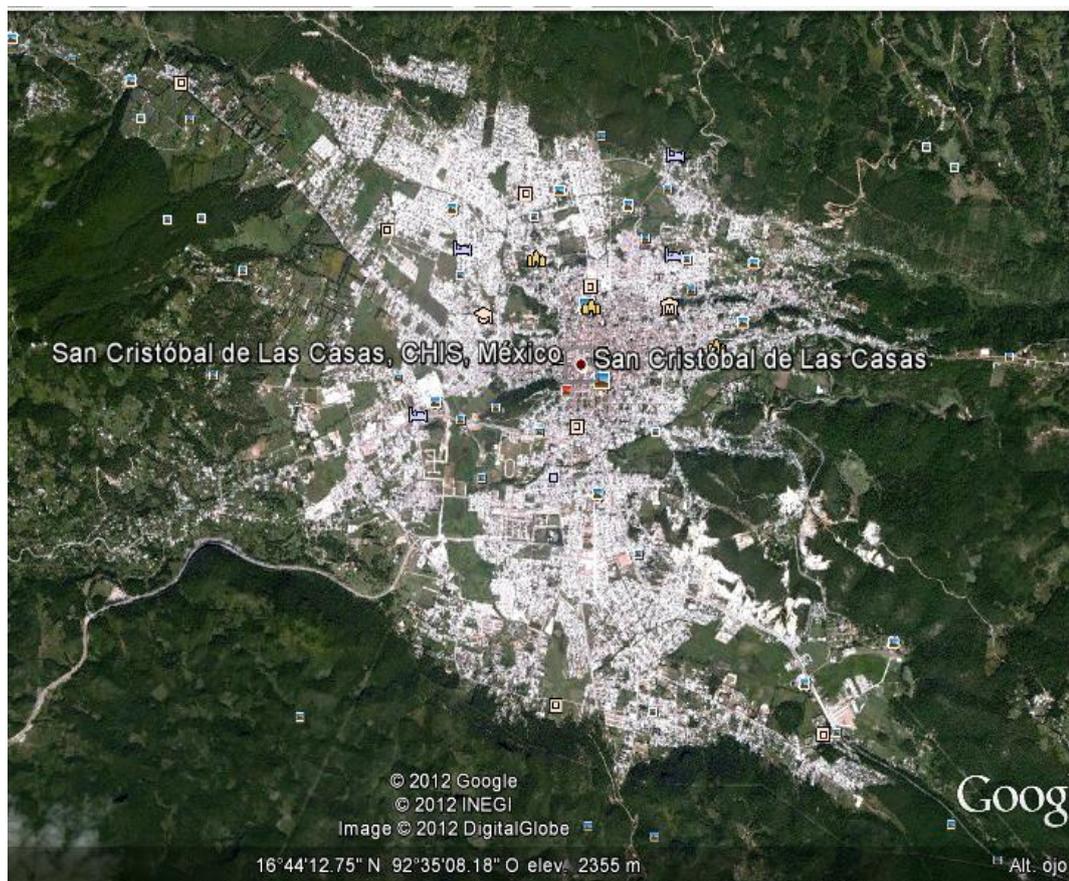


Figura 2.- Ubicación geográfica de la Ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas. (Fuente: Google Earth)

La cuenca se puede dividir en cuatro sub-cuencas en base al patrón de drenaje, cada una de las cuales nombramos de acuerdo al sistema de agua superficial que las drena. Las cuatro subcuencas son: la Chamula (5,955 hectáreas), la Amarillo (2,866 hectáreas), la del Fogótico (7,068 hectáreas), y la del Sumidero (4,167 hectáreas). El Chamula, la Amarillo, y el Fogótico son subcuencas primarias, drenando hacia la sub-cuenca del Sumidero, que es el punto más bajo de la cuenca.

Los dos sistemas más grandes de agua superficial de la cuenca son el Río Fogótico y el Río Amarillo. El Río Fogótico es el más grande, originando en la sección noreste de la cuenca; viaja aproximadamente 22 kilómetros hasta que alcanza su confluencia con el Río Amarillo. El Río Amarillo origina en la porción norteña de la cuenca y su longitud es aproximadamente de 12 kilómetros. Aunque es mucho más pequeño, el arroyo Chamula es de importancia porque se sospecha que contribuye con una cantidad significativa de contaminantes debido a prácticas agrícolas originadas corriente arriba. (Bencala et al. 2006)

## **7.2 Problemática en la cuenca hidrológica de San Cristóbal de las Casas.**

La cuenca hidrológica de San Cristóbal de las Casas es el acuífero es de los que tiene menor recarga en la región y presenta altos niveles de contaminación debido a la descarga de aguas negras y grises en los cuerpos de agua superficiales. Siete de los 25 pozos artesianos del Valle

del Jovel se han secado en las últimas décadas y actualmente sólo seis de éstos alimentan de manera regular a la población.

La ciudadanía padece de problemas de calidad y escasez de agua, sobretodo en temporada de estiaje. Además, no existe entendimiento de la problemática del agua ni propuestas de solución entre los diferentes sectores y se carece de un espacio efectivo para la coordinación interinstitucional y la toma de decisiones para enfrentar el problema. (Bencala et al. 2006)

El rápido crecimiento demográfico ha creado una presión adicional a la infraestructura que la ciudad tiene, por lo que existe drenaje solo en la zona urbana de la ciudad, pero dicha infraestructura solo saca el agua negra del centro de la ciudad y la deposita sin tratamiento alguno en los ríos que atraviesan la ciudad. Estos ríos se han convertido en los receptores de la descarga de aguas negras, y por lo tanto se han contaminado de manera que ya no cumplen con los estándares nacionales de calidad de agua. Como resultado, el municipio debe varios millones de en multas a la Comisión Nacional del Agua, y continuará acumulando multas si no cumple con las normas establecidas.

Además de la baja calidad del agua superficial de la ciudad, el crecimiento de la población también ha afectado a la red de la distribución del agua de la región. A pesar de ser una de las regiones más húmedas

de México, mucha gente dentro de la cuenca todavía no tiene acceso regular al agua potable. No hay infraestructura para surtir el agua fuera del área urbana de San Cristóbal, y la red dentro de la ciudad experimenta interrupciones frecuentes del servicio. Los operadores cierran los pozos periódicamente para evitar sobre-extraer agua de los mantos acuíferos.

Determinar la calidad del agua superficial de la cuenca permite conocer las condiciones del agua para su aprovechamiento desde su origen en las zonas altas de la cuenca, y su transformación a lo largo del recorrido de los escurrimientos superficiales.

La importancia que tiene el estudio de la calidad del agua para los diferentes usos se hace radical, fundamentalmente, en la repercusión que tiene en los seres vivos, si bien otros problemas importantes derivados de la falta de calidad del recurso pueden ser la deforestación de los suelos, la filtración de sustancias nocivas en el terreno, etc. El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los 4 recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía.

Para conocer la calidad del agua es necesario partir de un plan de monitoreo que es una herramienta de administración básica y vital que provee a los miembros de la red y a otros interesados información que es esencial para el diseño, implementación, administración, y evaluación de las actividades de defensa y promoción.

Para cumplir la función de monitoreo, el plan debe incluir sistemas para la recolección de datos e información sobre actividades claves, así como sistemas para sintetizar, analizar, y usar la información para tomar decisiones e iniciar acciones. La información del monitoreo puede ayudar a:

- ✓ Demostrar estrategias innovadoras y eficaces
- ✓ Generar apoyo financiero y político para las actividades de defensa y promoción
- ✓ Mejorar la imagen de la red.

(CATHALAC)

### 7.3 Clasificación de tipos de agua.

Para iniciar un plan de monitoreo es primordial conocer el tipo de agua que requiere monitorear y la ubicación geográfica.

Existen diferentes tipos de agua, de acuerdo a su procedencia y uso:

**Agua potable.** Es agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

**Agua salada.** Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10 000 mg/l).

**Agua salobre.** Agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina. La concentración del total de sales disueltas está generalmente comprendida entre 1000 - 10 000 mg/l. Este tipo de agua no está contenida entre las categorías de agua salada y agua dulce.

**Agua dulce.** Agua natural con una baja concentración de sales, generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.

**Agua dura.** Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve mal en las aguas duras.

**Agua blanda.** Agua sin dureza significativa.

**Aguas negras.** Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.

**Aguas grises.** Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, fregaderos y lavaderos.

**Aguas residuales.** Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja o una industria, que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.

**Aguas residuales municipales.** Residuos líquidos originados por una comunidad, formados posiblemente por aguas residuales domésticas o descargas industriales.

**Agua bruta.** Agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo o agua que entra en una planta para su tratamiento.

**Aguas muertas.** Agua en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno.

**Agua alcalina.** Agua cuyo pH es superior a 7.

**Agua capilar.** Agua que se mantiene en el suelo por encima del nivel freático debido a la capilaridad.

**Agua de adhesión.** Agua retenida en el suelo por atracción molecular, formando una película en las paredes de la roca o en las partículas del suelo.

**Agua de desborde.** Agua que se inyecta a través de una fisura en una capa de hielo.

**Agua de formación.** Agua retenida en los intersticios de una roca sedimentaria en la época en que ésta se formó.

**Agua de gravedad.** Agua en la zona no saturada que se mueve por la fuerza de gravedad.

**Agua de suelo.** Agua que se encuentra en la zona superior del suelo o en la zona de aireación cerca de la superficie, de forma que puede ser cedida a la atmósfera por evapotranspiración.

**Agua disfórica.** Agua pobre en nutrientes y que contiene altas concentraciones de ácido húmico.

**Agua estancada.** Agua inmóvil en determinadas zonas de un río, lago, estanque o acuífero.

**Agua fósil.** Agua infiltrada en un acuífero durante una antigua época geológica bajo condiciones climáticas y morfológicas diferentes a las actuales y almacenada desde entonces.

**Agua freática.** Agua subterránea que se presenta en la zona de saturación y que tiene una superficie libre.

**Agua funicular.** Agua presente en los mayores poros que rodea las partículas del suelo formando, en los puntos de contacto con dichas partículas, anillos que se fusionan entre ellos.

**Agua primitiva.** Agua proveniente del interior de la tierra que no ha existido antes en forma de agua atmosférica o superficial.

**Agua magmática.** Agua impulsada hasta la superficie terrestre desde gran profundidad por el movimiento ascendente de rocas ígneas intrusivas.

**Agua metamórfica.** Agua expulsada de las rocas durante el proceso de metamorfismo.

**Agua vadosa.** Cualquier agua que aparece en la zona no saturada.

**Agua subterránea.** Agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo, zona formada principalmente por agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.

**Agua superficial.** Toda agua natural abierta a la atmósfera, como la de ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales.

(Fuente: CATHALAC).

De la misma manera se necesita determinar las condiciones geográficas del lugar de monitoreo que se realiza ubicando las coordenadas geográficas en cada punto con ayuda de un GPS.

#### **7.4 Normatividad requerida para el monitoreo de calidad de agua.**

Los análisis y la toma de muestra que se debe realizar en el monitoreo de agua están establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas que a continuación se describen:

NOM-014-SSA1-1993. PROCEDIMIENTOS SANITARIOS PARA EL MUESTREO DE AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PUBLICOS Y PRIVADOS.

En esta Norma se describe el tipo de envase para toma de muestra para análisis bacteriológico y análisis físico-químico, los materiales adicionales y el tiempo de transporte para los análisis a realizar.

NOM-001-SEMARNAT-1996, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES.

Esta Norma Oficial Mexicana Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objetivo de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales.

NOM-002-SEMARNAT-1996 QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS RESIDUALES A LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO URBANO O MUNICIPAL.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta norma no se aplica a las descargas de las aguas residuales domesticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

NOM-003-SEMARNAT-1997, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REUSEN EN SERVICIO AL PUBLICO.

Esta Norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicio al público, con el objetivo de proteger al medio ambiente y la salud de la población, y

es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y rehúso.

## **7.5 MARCO LEGAL**

Otra manera de proteger los ríos y arroyos es el uso de los mismos para delimitarlas propiedades, el límite máximo permisible de contaminantes en las descargas y el saneamiento de las mismas como a continuación se describe en el marco legal:

En el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares constituyendo la propiedad privada. Las expropiaciones solo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización. La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el derecho internacional; las aguas marinas inferiores, las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanentes o intermitentemente con el mar; la de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes, las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquellas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la república, las de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas estén cruzadas por líneas divisorias de 2 o más entidades o entre la república y un país vecino.

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radiactivas y el calor. La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante periodos

previsibles de tiempos. Para evitar las consecuencias del uso del agua contaminada se idean mecanismos para esto existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea dañina.

## 7.6.- LEY DE SALUD

En el título séptimo encontramos:

ARTICULO 118. Corresponde a la Secretaría de Salud:

I. Determinar los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente;

II. Emitir las Normas Oficiales Mexicanas a que deberá sujetarse el tratamiento del agua para uso y consumo humano;

1 III. Establecer criterios sanitarios para la fijación de las condiciones particulares de descarga, el tratamiento y uso de aguas residuales o en su caso, para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas ecológicas en la materia;

1 IV. Promover y apoyar el saneamiento básico;

V. Asesorar en criterios de ingeniería sanitaria de obras públicas y privadas para cualquier uso;

VI. Ejercer el control sanitario de las vías generales de comunicación, incluyendo los servicios auxiliares, obras, construcciones, demás dependencias y accesorios de las mismas, y de las embarcaciones, ferrocarriles, aeronaves y vehículos terrestres destinados al transporte de carga y pasajeros, y VII. En general, ejercer actividades similares a las anteriores ante situaciones que causen o puedan causar riesgos o daños a la salud de las personas.

ARTICULO 122.- Queda prohibida la descarga de aguas residuales sin el tratamiento para satisfacer los criterios sanitarios emitidos de acuerdo con

la fracción III del artículo 118, así como de residuos peligrosos que conlleven riesgos para la salud pública, a cuerpos de agua que se destinan para uso o consumo humano.

#### **7.7.- LEY DE AGUAS PARA EL ESTADO DE CHIAPAS.**

Las disposiciones de esta ley son de orden público e interés social y regulan en el estado de Chiapas la participación de las autoridades Estatales y Municipales, en el ámbito de su competencia, en la realización de acciones relacionadas con la explotación, uso y aprovechamiento del recurso agua, así como los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

## 8.- METODOLOGIA

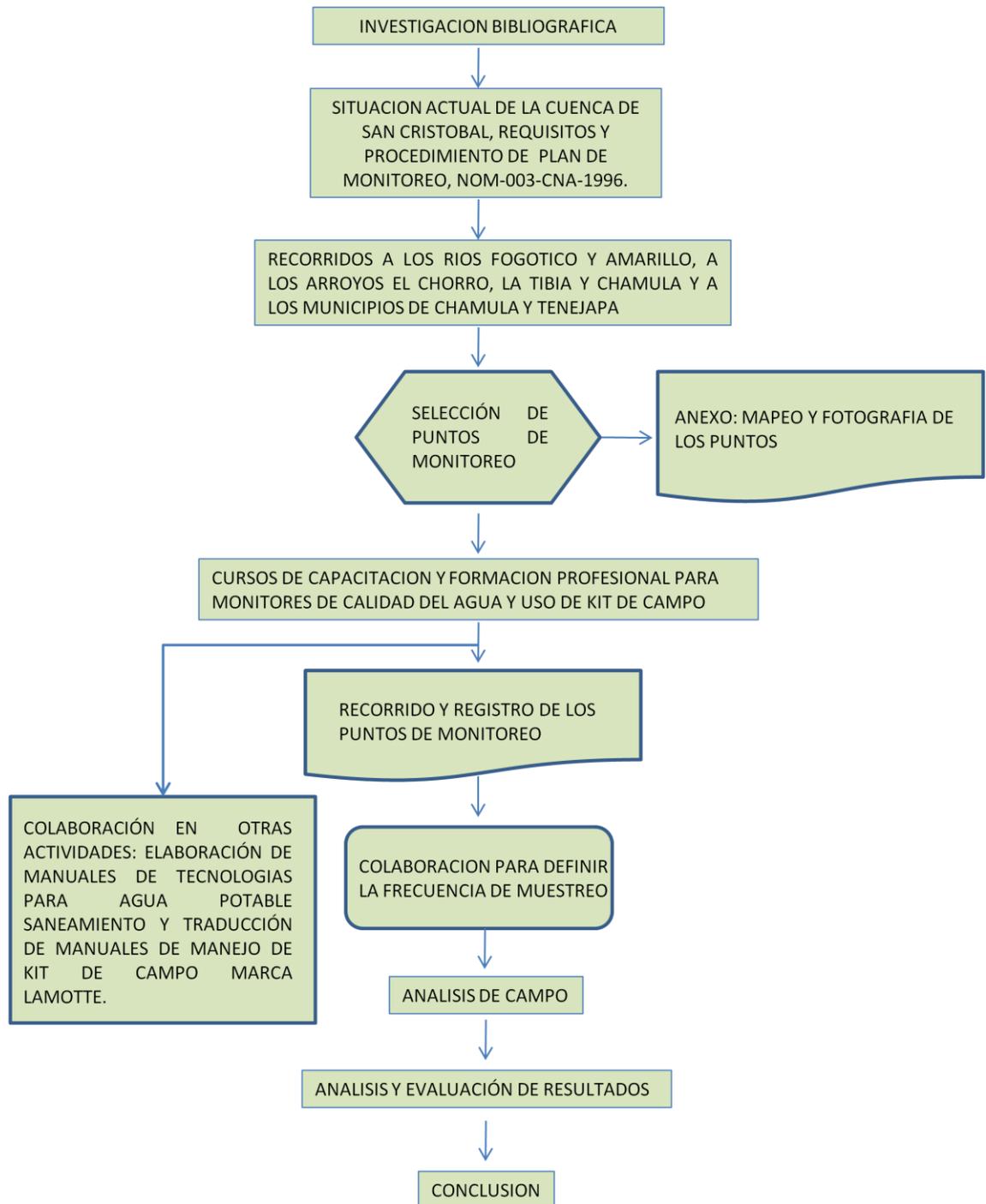


Figura 1.- Diagrama de flujo de la metodología del proyecto.

## **8.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA METODOLOGÍA**

### **8.1.- Investigación bibliográfica.**

Este apartado fue necesario para conocer la situación política, social y ambiental actual de la Ciudad de San Cristóbal de las Casas, los estudios que se han realizado en la Cuenca de San Cristóbal de las Casas, la función y requisitos para realizar un plan de monitoreo, investigación de Legislación, NOM y NMX relacionados con el derecho al agua, calidad del agua, límites permisibles de contaminantes en descargas, muestreo para análisis de aguas, tipos de análisis y técnicas para su realización.

### **8.2.- Recorridos a los ríos Fogótico y Amarillo y a los arroyos El Chorro, La Tibia y Chamula y al municipio de Tenejapa.**

El día 19 y 20 de enero se realizó el recorrido en los ríos Amarillo y Fogótico y a los arroyos El Chorro, La Tibia y Chamula, sobre las colonias y barrios: Peje de Oro, San Juan de Dios, Santa Cecilia, Nueva Esperanza, Ampliación Sonora, Azteca, La Isla, San Ramón, Fátima, Santa Martha, Fraccionamiento La Esperanza, Santa Rosa, La Hacienda y Amolonga y en el municipio de Chamula esto con el objetivo de tener un panorama del tipo de agua y la ubicación de los posibles puntos a monitorear. El día 5 de marzo se realizó el recorrido en el municipio de Tenejapa visitando el sistema de agua potable, la Planta de Aguas Residuales (PTAR), sistema de agua potable y alcantarillado y el tanque de abastecimiento de agua para el municipio.

### **8.3.- Selección de puntos de monitoreo.**

Para seleccionar los puntos de monitoreo se requirió de la experiencia de profesionales en el ámbito de calidad del agua para la ubicación de los puntos de monitoreo por prioridad (alta, media y baja) de acuerdo al grado de contaminación visible y la presencia o ausencia de descargas, ubicando puntos estratégicos en los ríos y arroyos antes mencionados que pudieran tomarse como punto representativo de la calidad del agua de esa parte del cuerpo de agua por lo que también es conveniente escoger una hora adecuada de tal modo que el muestreo siempre sea realizado a la misma hora, para que pueda ser comparable; al mismo tiempo el sitio de muestreo debe ser seguro, accesible y de acceso permitido para una mejor protección de los monitores de agua.

### **8.4.-Cursos de capacitación y formación profesional para monitores de calidad del agua y uso de kit de campo.**

Los primeros dos cursos de capacitación se realizaron en las instalaciones del Colegio de la Frontera Sur. El primer curso se realizó los días 28 y 29 de marzo del presente año con la participación del IBI. Jesús Carmona de la Torre de ECOSUR, Teresa Margarita Zepeda Torres de Alianza Cívica y el QFB. Juan Jesús Morales López; en este primer curso se dio a conocer la disponibilidad del agua, la importancia de la misma, la calidad del agua, el plan de monitoreo (IBI. Carmona) y los análisis para conocer la calidad del agua. El segundo curso fue realizado el día 11 de

abril del presente año en el cual se tuvo la participación del IBI. Jesús Carmona de la Torre y del QFB. Juan Jesús Morales López, quienes instruyeron la capacitación teórico –práctico del uso del kit de campo LaMotte® realizando una demostración práctica de cada uno de los análisis que se realizan con dicho kit. El tercer curso de formación profesional se realizó los días 17, 18 y 19 de abril en la reserva ecológica Moxviquil ubicada en las afueras de la ciudad de San Cristóbal de las Casas, este curso de formación profesional fue instruido por la M. en C. Miriam G. Ramos Escobedo y LCA. Adriana C. Flores Díaz, entrenadoras certificadas de la empresa Global Water Watch (GWW), en este curso se dio a conocer la función de la empresa GGW en el cuidado de la calidad del agua, la importancia de la formación de monitores de agua, descripción del contenido del kit de campo, descripción de cada análisis del kit de campo y de forma practica la realización de análisis bacteriológicos y físico-químicos, evaluación e interpretación de resultados.

#### **8.5.- Colaboración en otras actividades**

Realice manuales de tecnologías para agua potable y saneamiento para conocer la factibilidad y accesibilidad de las tecnologías aplicables en agua potable y saneamiento; también la traducción del manual de técnicas de kit de campo LaMotte fue necesaria para facilitar el manejo del kit de campo para todos los colaboradores del monitoreo de calidad del agua.

## 8.6.- Recorrido y Registro de los puntos de monitoreo.

Los recorridos se realizaron los días 19 y 20 de enero del presente año ubicando 27 puntos de monitoreo en los ríos Amarillo y Fogótico y en los arroyos Chamula, La Tibia y El Chorro.

Núm.	Lugar recorrido	Prioridad 1- Alta 2- Media 3- Baja
1	Puente p. de Oroz	1
2	San Juan de Dios	1
3	31 de marzo, calle R. Usumacinta	1
4	Santa Cecilia, Nueva Esperanza, ampliación	1
5	14 sep. Col. Azteca, prolongación caminero	1
6	Hemeroteca	1
7	Arrollo la Isla	2
8	Frente H. Chedraui	1
9	Rio Fohon	
10	Colector Panteón	1
11	Col. Sta. Martha Puente Morelos	1
12	Descargas Hospital de la Cultura	1
13 a	Arrollo Navajuelos	1
13 b	Rio Col.Pra.	1
13 c	Colector abierto, emisor R.A:	1
14	Sumidero Santa Rosa	1
15	Arroyo Chamula	3
16	Puente Arroyo Chamula	
17	Pozo de visita antes de PTAR	2

18	PTAR	2
19	Fracc. La hacienda ampliación Nva. Maravilla	3
20	Arroyo Chamula junto al mercado Zona Norte	1
21	Arroyo del Chorro	1
22	La Tibia	1
23	Intersección Arroyo Chamula, el Chorro, la Tibia	1
24	Intersección amarillo 3 arroyos	1
25	Rastro	3
26	Terminal Colectivo OCC	3
27	Fogótico, La Almolonga	3

Cuadro No 1.- Registro de los puntos de monitoreo.

### **8.7.- Colaboración para definir la frecuencia de muestreo.**

Para realizar un monitoreo efectivo del agua y conocer el comportamiento de un cuerpo de agua es necesario determinar la frecuencia de muestreo en dicho cuerpo; para definir la frecuencia de muestreo en los cuerpos de agua de la cuenca de San Cristóbal de las Casas, se requirió de la experiencia de personas involucradas en el monitoreo de calidad del agua y de un análisis minucioso de los cambios de clima presentes en las diversas épocas del año que podrían modificar los resultados y con ello ayudar a conocer el comportamiento de los ríos y arroyos a monitorear, con todo esto se llegó al acuerdo de realizar el monitoreo del agua cada mes.

## **8.8.- Análisis de Campo**

El monitoreo físico-químico se realiza usando un laboratorio portátil (kit de campo) fabricado por la compañía LaMotte<sup>®</sup> y mide los siguientes parámetros básicos de la calidad del agua:

1. Temperatura del agua
2. Temperatura del aire
3. pH
4. Dureza total
5. Alcalinidad total
6. Oxígeno disuelto
7. Turbidez
8. Coliformes totales
9. Coliformes fecales

**8.8.1.- Temperatura del agua:** Se mide en grados Centígrados o Celsius (°C) usando un termómetro protegido por una cubierta plástica y está calibrado de 0 a 50 °C. La temperatura afecta las propiedades físicas y químicas del agua y tiene una gran influencia sobre los organismos acuáticos, modificando sus hábitos alimenticios, reproductivos y sus tasas metabólicas; es uno de los factores que determinan la cantidad de oxígeno que el agua puede mantener en disolución, así como también afecta la velocidad de reciclado de los nutrientes en un sistema acuático. Esta prueba se realiza sumergiendo el termómetro en el agua hasta que la

lectura de temperatura se estabilice, tomar la lectura mientras el termómetro esta dentro del agua.

**8.8.2.- Temperatura del aire:** Se mide en grados Centígrados o Celsius (°C) usando un termómetro protegido por una cubierta plástica y esta calibrado de 0 a 50 °C. la temperatura del aire puede variar de acuerdo al estado climático del lugar, lo que a su vez afecta directamente a la temperatura del agua. Esta prueba se realiza colocando el termómetro en un lugar seco y a la sombra hasta que la lectura se estabilice (por lo regular de 2 a 3 minutos).

**8.8.3.- pH:** Es una medida de que tan acida o básica es el agua. El rango óptimo de pH para la vida acuática es de 6.5 a 8.5, valores de pH menores de 4.0 o mayores de 10.0 son considerados letales para los peces y otros organismos. El pH de las aguas naturales es un reflejo del pH de los suelos por los que el agua ha recorrido.

**8.8.4.- Dureza total:** La dureza en el agua es principalmente una medida de la cantidad de calcio y magnesio disuelto en agua. La piedra caliza es la fuente natural de dureza; en aguas no contaminadas el valor de la dureza total es por lo general muy similar al valor de la alcalinidad total.

**8.8.5.- Alcalinidad total:** es una medida de la capacidad amortiguadora del agua. La alcalinidad de las aguas naturales procede principalmente de carbonatos y bicarbonatos que se filtran del suelo y rocas, la piedra caliza es una fuente natural de alcalinidad ya que cuando la piedra se disuelve en agua produce carbonatos y bicarbonatos. La alcalinidad alta en un

cuerpo de agua proporciona una “barrera de amortiguamiento” en caso de cambios súbitos de pH, ayudando a hacer el ambiente más estable para la vida acuática.

**8.8.6.- Oxígeno disuelto:** Al igual que los organismos terrestres, los animales y plantas acuáticas necesitan oxígeno para vivir. El oxígeno entra al agua mediante dos mecanismos principales: 1.- Fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, cuando éstas liberan O<sub>2</sub>. y 2.- Difusión desde la atmósfera. Un valor de oxígeno disuelto en el agua de 5.0 mg/L es la concentración más adecuada para la mayoría de organismos acuáticos. La concentración de oxígeno disuelto en el agua disminuye conforme la temperatura se incrementa, por lo que puede esperarse que los valores de oxígeno sean altos en los meses fríos y bajos en los meses cálidos; la concentración de oxígeno disuelto en el agua disminuye conforme la profundidad se incrementa, por lo que puede esperarse que los valores de oxígeno sean más altos en la superficie que en zonas profundas.

**8.8.7.- Turbidez:** es una medida de materiales en suspensión, puede ser causada por erosión del suelo y escorrentía, que da un color café al agua y es llamada “turbidez por arcilla”, también puede ocurrir por pequeñas plantas en suspensión (algas), coloreando de verde al agua; a esto se le llama “turbidez planctónica”.

**8.8.8 y 8.8.9.- Coliformes totales y fecales:** son miembros de la familia de la familia *Enterobacteriaceae*. Técnicamente las bacterias coliformes son clasificadas como bacilos gram – negativos, anaerobios, que no

forman esporas y que fermentan el azúcar lactosa produciendo ácidos y gas. Algunas bacterias coliformes viven naturalmente en el intestino de animales de sangre caliente (aves y mamíferos) por lo que son llamadas coliformes fecales; las coliformes fecales fueron las primeras bacterias usadas como indicadores de contaminación bacteriana en el agua. La presencia de ellas en el agua es un indicador muy ponente de contaminación por aguas servidas o desechos animales. La contaminación bacteriana detectada más comúnmente en la mayoría de cuerpos de agua proviene de fuentes humanas y animales.

## **9.- ANALISIS Y EVALUACION DE RESULTADOS**

Es muy importante registrar los datos en una bitácora de campo para llevar un registro adecuado de cada monitoreo y así poder comparar los resultados entre los monitoreos. Los resultados del monitoreo no solo dará un panorama del comportamiento del cuerpo de agua que se está monitoreando, sino al mismo tiempo nos indica si está mejorando o empeorando la calidad de agua de dicho cuerpo de agua. En aquellos cuerpos de agua que están limpios o mejorando, la información del monitoreo es importante para servir como referencia a otros ríos en diferente situación y en aquellos cuerpos de agua que se están degradando aceleradamente, el acopio de información es vital para tratar de solucionar problemas que requieran una atención inmediata.

La ubicación geográfica de los puntos de monitoreo será una gran herramienta para que en el momento que se requiera de personal para el monitoreo evitando la toma de muestra en un lugar equivocado.

## **10.- CONCLUSIÓN**

En este proyecto se revisaron los antecedentes de la cuenca hidrológica de la Cuenca de San Cristóbal de las Casas, se realizaron recorridos minuciosos y una amplia investigación para la elaboración de un plan de monitoreo de la calidad de agua, lo que proporciono suficientes datos para determinar el número y ubicación de puntos estratégicos para el muestreo de agua sobre fuentes de abasto, redes de distribución, los ríos Amarillo, Fogótico los arroyos Chamula, San Felipe y canales La Tibia y El Chorro.

El monitoreo no es suficiente para predecir el comportamiento de los contaminantes, hay que dar seguimiento en periodos anuales y los datos de periodos más cortos, seguramente se utilizarán para alimentar modelos de simulación que permitan hacer estas predicciones, pero sobre todo para emprender acciones que ayuden a mejorar la calidad del agua.

Los datos obtenidos en este trabajo sirvieron para establecer el alcance del plan de monitoreo que incluye las aguas para uso potable en sus fuentes, tanques de almacenamiento redes de distribución, ríos, arroyos, canales, agua envasada, aguas residuales y aguas residuales tratadas de la cabecera municipal de San Cristóbal de las Casas y comunidades de los municipios Tenejapa, Huistán, Chamula y Zinacantan.

En lo personal el colaborar en este proyecto me ha dado un amplio conocimiento acerca de manejo del agua ya sea en unidades de agua potable, agua envasada o en plantas de tratamientos de aguas residuales, al mismo tiempo que me ha ayudado a tomar conciencia de

acciones que llegan a afectar significativamente la calidad del agua y del impacto económicos que puede conllevar dichas acciones, de igual manera el conocer la situación actual de la cuenca de San Cristóbal de las Casas y el manejo que se lleva de la misma me permite conocer cómo se pueden aplicar metodologías similares en otros lugares y de esa manera cuidar el agua.

En lo profesional los conocimientos adquiridos en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez sirvieron como base para la investigación bibliográfica y la comprensión de las técnicas de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos que se realizan en el monitoreo, la participación en los diversos cursos realizados por medio de ECOSUR me ha servido para desarrollo profesional y en el desarrollo de dicho proyecto.

La participación de usuarios de agua como monitores de agua puede iniciar un proceso social para la gestión del agua debido a que como usuarios directos del agua se ven interesados en conocer el tipo de agua presente en su ciudad o comunidad sea el caso de cada persona y el conocimiento que van adquiriendo les incita a invitar a mas usuarios para que se interesen en la calidad del agua y la forma de cómo ellos pueden contribuir con el cuidado y preservación del vital liquido.

## 11.- BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Bencala K. Hains, R. Liu, E. Nogueira, T. Segan, D. Stevens, S. (2006). *Desarrollo de un Plan de Administración Sostenible para la Cuenca de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.* Tesis de Maestría publicado, Universidad de California, Santa Bárbara.
- 2.- Centro del Agua del Trópico Húmedo para la América Latina y el Caribe (CATHALAC)
- 3.- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917.
- 4.- Franquet Bernis, J. M. (2005) *Aqua que no has de beber... 60 respuestas al Plan Hidrológico Nacional.* España.
- 5.- López, C. Gavidia, V. y Rueda, J. (2006) *Aqua!!* (Vol. 3 de innovación). España: Ministerio de Educación y Ciencia.
- 6.- Ley General de Salud. *Publicado en el Diario Oficial de la Federación,* Febrero 7, 1984.
- 7.- Ley de Aguas para el Estado de Chiapas. *Publicado en el Diario Oficial del Estado Libre y Soberano de Chiapas,* Diciembre 8, 2000.
- 8.- Monitoring and Evaluation as Management Tools: A Handbook for NGOs in Malawi. Washington, D.C.: World Learning/SHARED Project. 1997.

9.- Deutsch, W. G. Romagnoli, O. y Ruiz-Córdoba, S. S. (2010). Manual de Monitoreo Comunitario del Agua: Monitoreo Bacteriológico y Físico-Químico. EEUU: Centro Internacional de Acuicultura y Ambientes Acuáticos, Global Water Watch Program, Universidad de Auburn, Alabama.

10.- NOM-001-SEMARNAT-1996, *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.* Publicado en el Diario Oficial de la Federación, Junio 24, 1996.

11.- NOM-002-SEMARNAT-1996, *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.* Publicado en el Diario Oficial de la Federación, Abril 23, 2003.

12.- NOM-003-SEMARNAT-1997, *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicio al público.* Publicado en el Diario Oficial de la Federación, Abril 23, 2003.

13.- NOM-014-SSA1-1993, *Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.* Publicado en el Diario Oficial de la Federación.

14.- IBI. Jesús Carmona de la Torre, asesoría técnica y verbal.

## 12.- ANEXOS

### 12.1.- ACTIVIDADES REALIZADAS

<b>EVENTO</b>	<b>LUGAR</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORARIO</b>
Recorrido	Río amarillo	19 de enero de 2012	8:00am – 13:00 pm
Recorrido	Ríos: Chamula, El Chorro y La Tibia, intersección río Amarillo con los 3 ríos.	20 de enero de 2012	8:00 am – 13:00 pm
Conferencia de intercambio de experiencia en manejo de cuenca.	Sede Chapingo-San Cristóbal	1 de febrero de 2012	5:00 pm
Reunión con el Comité de Cuenca del Valle de Jovel	Salón de conferencias del Café Relax	17 de febrero de 2012	10:00 am
4º Encuentro de la Comunidad de Aprendizaje de Cuencas y Ciudades	Hotel Villa Mercedes	7 de marzo de 2012	11:00 am
Curso de Capacitación Profesional para monitores de agua	ECOSUR Unidad San Cristóbal	28 y 29 de marzo y 11 de abril de 2012	9:00 am – 13:00 pm
Curso de capacitación Profesional “Monitoreo Bacteriológico y Físico – Químico”	Reserva Ecológica Moxviquil	17 – 19 de abril de 2012	9:00 am – 4:00 pm

## 12.2.- MEMORIA FOTOGRÁFICA



Fig. 2.1 Recorrido a los ríos.



2.2 Recorrido al arroyo



2.3 Recorrido al Arroyo Chamula.



2.4 Recorrido al Rio Amarillo



2.5 Recorrido al Rio Fogótico

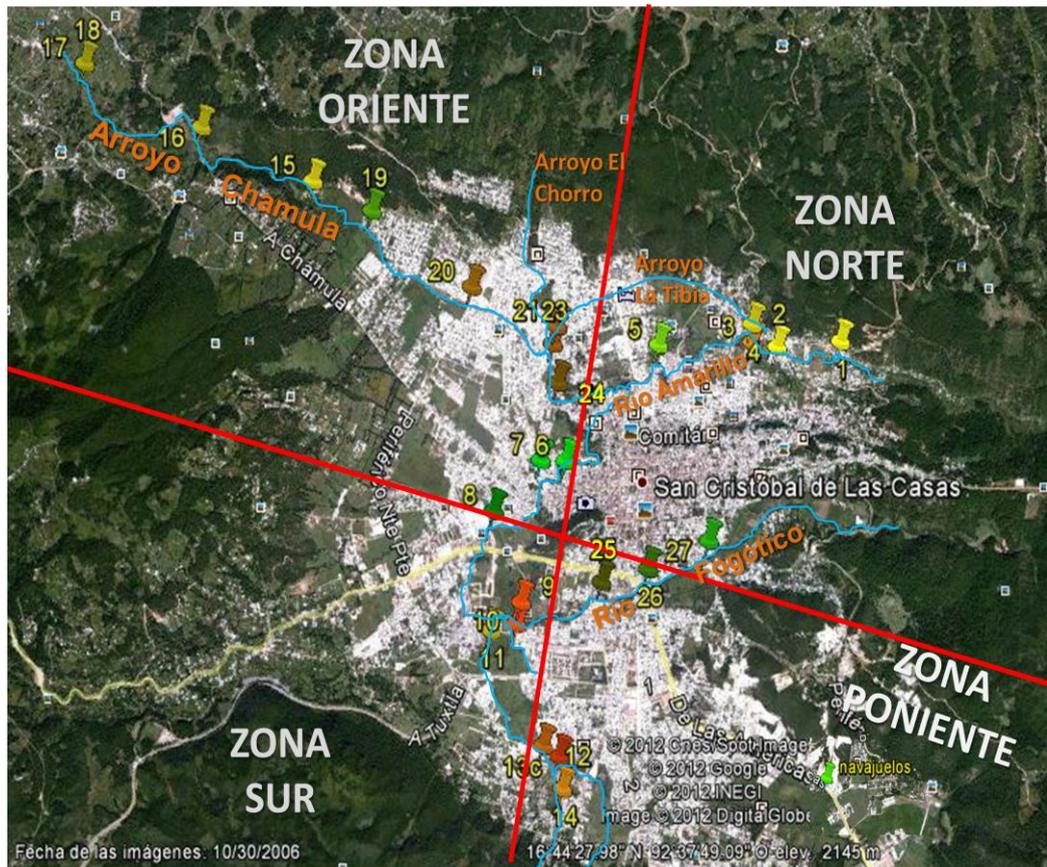


Figura 2.5 Ubicación de los 27 puntos de monitoreo sobre la Cuenca de San Cristóbal, en los ríos Amarillo y Fogótico y los Arroyos Chamula, La Tibia y El Chorro.