



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

**“IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS HÍDRICAS,  
PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE  
CONTINGENCIAS SANITARIAS, EN MUNICIPIOS  
AFECTADOS POR FENÓMENOS  
HIDROMETEOROLÓGICOS, GEOLÓGICOS E  
INCENDIOS FORESTALES.”**

REPORTE FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL  
QUE PRESENTA:

**RODOLFO ALAR ALBARRÁN CÓRDOVA**

Como requisito para acreditar la Residencia  
Profesional de la licenciatura en:

**INGENIERIA QUÍMICA**

## **Agradecimientos**

Dentro del proceso y conclusión de este informe se encuentran las personas quiénes me alentaron y persistieron junto conmigo, a mis padres Felipe Francisco Albarran Vallejo y Laura Eduviges Cordova Velasco, quiénes fueron clave principal en mi orientación para seguir adelante y no ceder a la derrota en mis momentos de tormenta, que, indudablemente me sostenían a lo largo de esta senda, que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez.

Agradezco a mi equipo de trabajo conformado por el I.Q. Romeo de Jesús Santiago Cabrera, quién me aportó la mayor información posible para poder completar este proyecto de residencia, el principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo, así también, mi profundo agradecimiento al ing. Gustavo Alonso Tamayo Román por hacer la residencia junto conmigo y apoyarme en los errores que cometía.

A todos los que conforman parte del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por haberme abierto las puertas para continuar con mi carrera profesional, por último y el más importante, agradezco infinitamente a Dios por haberme permitido concluir esta trayectoria, ya que sin Él nada de esto estaría pasando. Quiero expresar mi gratitud a nuestro Padre Celestial, que con su bendición siempre llena mi vida y a toda mi familia por estar siempre presente.

## **Resumen**

El presente informe plantea el proyecto "Implementación de tecnologías hídras, para la prevención y atención de contingencias sanitarias, en municipios afectados por Fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales.

En este informe se verán los análisis de diferentes muestras provenientes de municipios del estado de Chiapas, para así comparar los diferentes resultados y así seleccionar los filtros portátiles más adecuados para llevarlos a los lugares donde lo necesiten, además de eso en este informe se describen los problemas que aquejan a Chiapas, así como recomendaciones para evitar la contaminación del agua. También se presentan las actividades desarrolladas para que este proyecto tuviera éxito.

## **Abstract**

This report presents the project "Implementation of water technologies, for the prevention and care of health contingencies, in municipalities affected by Hydrometeorological and Geological Phenomena and Forest Fires.

In this report, the analyzes of different samples from municipalities in the state of Chiapas will be seen, in order to compare the different results and thus select the most suitable portable filters to take them to the places where they are needed, in addition to that, this report describes the problems that afflict Chiapas, as well as recommendations to avoid water contamination. The activities developed for this project to be successful are also presented.

## Índice

Introducción.....	6
Capítulo I. Generalidades.....	8
1.1 Justificación .....	8
1.2 Objetivos.....	9
1.3 Datos generales de la empresa .....	10
1.4 Planteamiento del Problema .....	10
1.5 Problema a resolver.....	17
Capitulo II: Fundamento teórico .....	18
2.1 Agua potable.....	18
2.2 Proceso de potabilización .....	19
2.2.1 Captación: .....	20
2.2.2 Conducción: .....	20
2.2.3 Floculación: .....	20
2.2.4 Sedimentación: .....	21
2.2.5 Filtración:.....	22
2.2.6 Desinfección:.....	22
2.3 Filtración lenta de arena o por gravedad .....	24
2.3.1 Canal de entrada.....	25
2.3.2 Lecho filtrante.....	25
2.3.3 Compartimento de agua de lavado. ....	26
2.3.4 Sifón.....	26
2.3.5 Coladeras o sistema de drenaje.....	27
2.3.6 Canal de efluentes .....	27
2.4 Arena de sílice .....	27
2.4 Zeolita .....	28
2.4.1.1 Aplicación de la zeolita.....	29
2.4.1.2 Ventajas de la zeolita .....	29
2.5 Aguas residuales .....	29
2.6 Muestra simple o puntual.....	31
2.7 Calidad del agua .....	31

Características físicas .....	32
Temperatura (°C) .....	32
Color.....	32
Turbiedad .....	33
Conductividad .....	33
Oxígeno disuelto .....	33
Solidos totales.....	34
Solidos disueltos .....	34
Solidos suspendidos .....	34
2.8 Características químicas.....	35
pH .....	35
Alcalinidad.....	35
Dureza del agua.....	35
Acidez .....	36
Nitrógeno, Nitritos Y Nitratos.....	36
DBO Y DQO.....	37
Fosforo Total y Fosfatos (PO4).....	38
Tensoactivos .....	38
Sodio (Na).....	38
Cloruros.....	39
Sulfatos .....	39
Hierro .....	39
Manganeso .....	40
Zinc .....	40
2.9 Características microbiológicas .....	40
Pruebas bacteriológicas de contaminación .....	41
2.10 Marco legal .....	41
Capítulo III: Actividades desarrolladas .....	42
3.0 Capacitación y documentación correspondientes.....	43
3.1 Actualización de las técnicas empleadas según la nueva Normativa .....	46
3.2 Análisis de las áreas afectadas y/o vulnerables.....	49
3.3 Muestreo de los cuerpos de agua y análisis de las muestras obtenidas..	51

Análisis de las muestras .....	52
Capitulo IV. Resultados .....	63
4.2 Otros resultados .....	75
Capitulo V. Conclusiones .....	84
Capitulo VI. Recomendaciones .....	85
Capitulo VII. Competencias desarrolladas .....	86
Capitulo VIII. Fuentes de información .....	86
Bibliografía .....	86
Capitulo IX. Anexos .....	90

## Introducción

*De acuerdo a la OMS (organización mundial de la salud) en 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al abastecimiento de agua y al saneamiento. Todas las personas tienen derecho a disponer de forma continuada de agua suficiente, salubre, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para uso personal y doméstico.*

De conformidad con lo establecido por el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los ayuntamientos del país tienen la obligación y facultad de prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en sus respectivas jurisdicciones, a través de los organismos operadores municipales respectivos o de los organismos que se constituyan en virtud de la coordinación y asociación de dos o más municipios, o bien convenir con el Gobierno del Estado para que éste los preste, por conducto de una comisión estatal.

Esos servicios públicos deberán ser prestados en condiciones que aseguren su continuidad, regularidad, calidad y cobertura, de manera que se logre la satisfacción de las necesidades de los usuarios y la protección del medioambiente.

Dado que el agua es un recurso natural en México el organismo encargado de administrar los recursos naturales es SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), este a su vez delega la responsabilidad de regular, controlar y proteger las aguas nacionales en México al organismo nacional CONAGUA, de acuerdo a el artículo 115 cada ayuntamiento tiene la responsabilidad de suministrar agua es por eso que cada estado tiene su propio sistema para administrar agua potable y manejo de alcantarillado.

De modo que en el estado de Chiapas el encargado del agua es SMAPE, que es el encargado de suministrar agua a toda la región de Chiapas.

Ahora bien, cada ciudad tiene o debería tener su propia planta de tratamiento de agua y de abastecimiento, por lo que se formó un organismo para analizar la calidad del agua de suministro y residual.

Conocida como INESA (instituto estatal de agua) esta se encarga de analizar el agua de abastecimiento y residual en base las normas mexicanas de calidad del agua NOM 127- SEMARNAT-2021 y NOM-001-SEMARNAT-1996 de tal modo de dar los resultados del agua potable con la que están suministrando y también como están tratando las aguas residuales, con el fin de que los ayuntamientos se apeguen a las normas o sean sancionados por parte del organismo regulador nacional en este caso CONAGUA.

Mediante este proyecto se tiene como objetivo brindar apoyo a las ciudades, comunidades, poblaciones, que haya o estén siendo afectadas por fenómenos hidrometeorológicos con una planta purificadora portátil para abastecer de agua potable a esas zonas afectadas.

# Capítulo I. Generalidades

## 1.1 Justificación

De conformidad a lo establecido en el artículo 4º del Constitución Política de México, “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.” Por lo que además de restablecer la infraestructura dañada es indispensable, vigilar el cumplimiento de la normatividad establecida en la 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”, mediante la implementación de acciones, con la adquisición de insumos y equipos necesarios, para prevenir enfermedades de origen hídrico como: diarreicas, influenza, rotavirus y hepatitis entre otros, que suelen incrementarse con el paso de los ya citados fenómenos.

Los habitantes de los centros urbanos y rurales de Chiapas, se merecen que sus autoridades, cumplan con eficacia y eficiencia una de las principales obligaciones que la ley les encomienda: el suministro adecuado de agua para el consumo humano y el óptimo tratamiento de las aguas Residuales.

El agua es el recurso natural más abundante e indispensable en la Tierra, ya que es la base fundamental de todas las formas de vida, y principalmente para el aprovechamiento del ser humano en sus diferentes actividades cotidianas, se puede obtener a través de procesos naturales como el ciclo hidrológico. . . Haciendo énfasis en el agua como un recurso renovable, obtenemos que, si se controla cuidadosamente, en su uso, tratamiento, liberación o circulación, tendremos un recurso renovable por mucho tiempo, de lo contrario se vuelve no renovable en un lugar determinado. El agua como servicio público; es decir, acercar a los usuarios

un bien común que empieza a escasear y que es vital para todo tipo de vida y para la producción de bienes. Se trata de grandes inversiones para la distribución de agua potable y la recogida de aguas residuales, por lo que cuidarla y distribuirla racionalmente es una tarea compleja.

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo General**

Adquisición de Plantas Purificadoras de Agua Portátiles de componentes sencillos para su operatividad y fácil manejo para el traslado a zonas de difícil acceso, con certificación ante la COFEPRIS “NOM-201-SSA1-2015”, con el objetivo de suministrar agua de calidad apta para uso humano “NOM-127-SSA1-2021, para prevenir y atender Contingencias Sanitarias en centros de población afectadas por el paso de Fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales.

### **Objetivos específicos**

- Monitoreo bacteriológico y físico-químico en las fuentes de abastecimiento y sistemas de saneamiento cercanas a los municipios con alta vulnerabilidad por afectaciones Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales.
- Adquisición de 7 Plantas Purificadoras, incluyendo todo lo necesario para su operatividad y funcionamiento en sitio.
- Difusión del proyecto denominado “Implementación de Tecnologías Hídricas para proporcionar servicio emergente de agua para uso y consumo humano que cumpla con la NOM-127-SSA1-1994, para la prevención de enfermedades de origen hídrico, en las zonas donde la infraestructura de servicio de agua se vea impactada por fenómenos hidrometeorológicos.”
- Capacitación al personal que opere las plantas en los centros de población, para uso eficiente y cumplimiento de las normas requeridas.
- Realizar monitoreo bacteriológico y físico-químico de manera periódica, para garantizar la calidad del agua suministrada, antes y durante la operación de las plantas purificadoras.

- Realizar Bitácoras, para el control y seguimiento al monitoreo, así como digitalizar toda la información surgida durante la implementación de las acciones.

### **1.3 Datos generales de la empresa**

**Nombre:** Instituto Estatal Del Agua

**Giro:** Servicios Públicos

**Principales servicios:** Administración de Servicios Públicos

**RFC:** IEA-090101-PW0

**Tamaño:** Mediano.

**Misión de la empresa:** Prestar servicios públicos para beneficio de la comunidad.

**Ubicación:** Unidad administrativa, Edificio A, Anexo A9, col. Maya. Número: S/N

**Código postal:** 29010

**Ciudad/Estado:** Tuxtla Gutiérrez

**Teléfonos / Fax:** 3280557, 3280311, fax 3281013

**Representante legal:** Ing. Roger Efraín Ruíz Gómez Encargado del Instituto del Agua

**Asesor externo:** Ing. German Alejandro Herrera Flores, director de Saneamiento y Calidad del Agua.

### **1.4 Planteamiento del Problema**

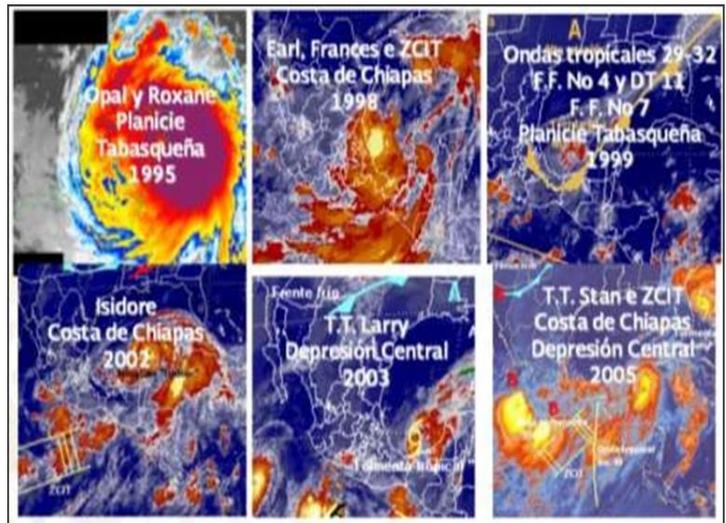
En Chiapas, hemos vivido el impacto de un gran número de fenómenos Hidrometeorológicos Geológicos en Incendios Forestales, mismos que han llegado a convertirse en “desastres” debido a las pérdidas humanas y económicas que han originado, siendo más recurrentes los siguientes:

- Inundaciones
- Deslizamiento de Laderas
- Sequías

- Incendios Forestales
- Sismos

La ubicación geográfica del Estado, lo expone a una alta vulnerabilidad de incidencias por desarrollo de fenómenos hidrometeorológicos extremos, el paso de ciclones tropicales en océanos del Atlántico y Pacífico, por encontrarse en latitud tropical, es vulnerable al paso de ondas tropicales y a los efectos que pueda tener la Modulación de la Zona de Convergencia Intertropical durante la temporada de lluvias y el paso de frentes fríos en la temporada de otoño e invierno.

Datos del CENAPRED, presentan que en los últimos 30 años, han sido afectados 1.3 millones de personas por fenómenos hidrometeorológicos extremos; aproximadamente 38 mil MDP en daños acumulados y una superficie afectada de 415 km<sup>2</sup>, principalmente a la Costa de Chiapas, fueron lluvias extraordinarias de 1998 y en 2005 la Tormenta Tropical Stan, afectando a



Fuente: Dirección Técnica de la CONAGUA OCFS 2020

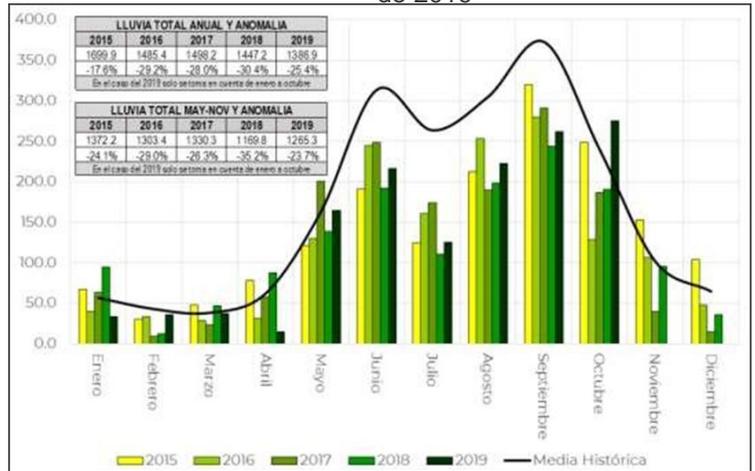
44 municipios del Estado, de igual forma las **inundaciones** ocurridas en julio de 1996, en octubre de 2003, y recientemente las de junio y noviembre de 2020.

Estos fenómenos, por su lluvia excesiva, incrementa la absorción de los suelos y por ende su peso, el cual puede generar la inestabilidad, las fallas o fracturas de la corteza terrestre (Este es un movimiento normal en edad y escala geológica), al moverse, mueven también a los suelos, volviéndose inestable y generando el deslizamiento de laderas.

Por otro lado, las condiciones de vulnerabilidad por el paso de sistemas hidrometeorológicos tropicales e invernales, el Estado de Chiapas genera situaciones de sequía.

Cuando la variabilidad climática establece periodos consecutivos con déficit de precipitación en temporadas de lluvias, debido al fenómeno de cambio climático, en varios municipios del Estado se ha observado que los niveles de las fuentes de abastecimiento de agua potable han reducido notablemente. Esta situación recurrente, pone de manifiesto esta problemática durante los meses de abril a junio de cada año.

Gráfico 1 Lluvia acumulada mensual de enero de 2015 a octubre de 2019



Fuente: Dirección Técnica de la CONAGUA OCFS 2020

Característica	No. Municipios
D0 Anormalmente seco	74
D1 Sequía moderada	32
D2 Sequía severa	3
<b>Total</b>	<b>109</b>

Tabla 1 Monitor de sequía con corte al 30 de abril de 2020

Municipios con alto grado de vulnerabilidad al Estiaje
Cintalapa, Jiquipilas, Ocozocoautla de Espinosa, Villaflores, Ángel Albino Corzo, Montecristo de Guerrero, La Concordia y Villa Corzo.

Tabla 2 Plan Operativo para enfrentar el posible estiaje en Chiapas, Brigada PIAE, CONAGUA

El Estiaje combinado con los vientos producidos por los últimos frentes fríos, el material orgánico seco expuesto a las condiciones de incremento de la temperatura y la reducción de humedad en el ambiente de la temporada invernal, provocan condiciones de combustibilidad que propician incendios forestales y de pastizales.

Los Sismos en Chiapas también son recurrentes, es la razón por la que debemos prepararnos, debido a que no podemos predecir el lugar, tiempo, magnitud y tipo de sismos que puedan ocurrir en nuestro Estado.

Las contingencias sanitarias también afectan comúnmente a localidades que sufren de desabasto de agua son las producidas por enfermedades gastrointestinales, debido al consumo de mala calidad de agua en zonas rurales con alta y muy alta

incidencia de marginación, y en algunos casos, por usos y costumbres, donde no aceptan la cloración debido al cambio en el sabor y olor del líquido, impidiendo su correcta desinfección.

El panorama epidemiológico actual del Virus SARS-CoV2 (COVID-19) en Chiapas, es con tendencia a la baja, pero resulta necesario continuar con los mecanismos y protocolos de seguridad sanitaria, que garanticen el correcto saneamiento del agua, cuyo elemento es indispensable para prevenir su propagación.

Otras enfermedades que pueden propiciarse después de un desastre pueden ser: enfermedades diarreicas como cólera, enterobacterias, rotavirus, otras como influenza, intoxicaciones por alimentos y hepatitis que pueden estar relacionadas a consumo de agua contaminada.

Municipios con mayor población sin servicio de agua potable

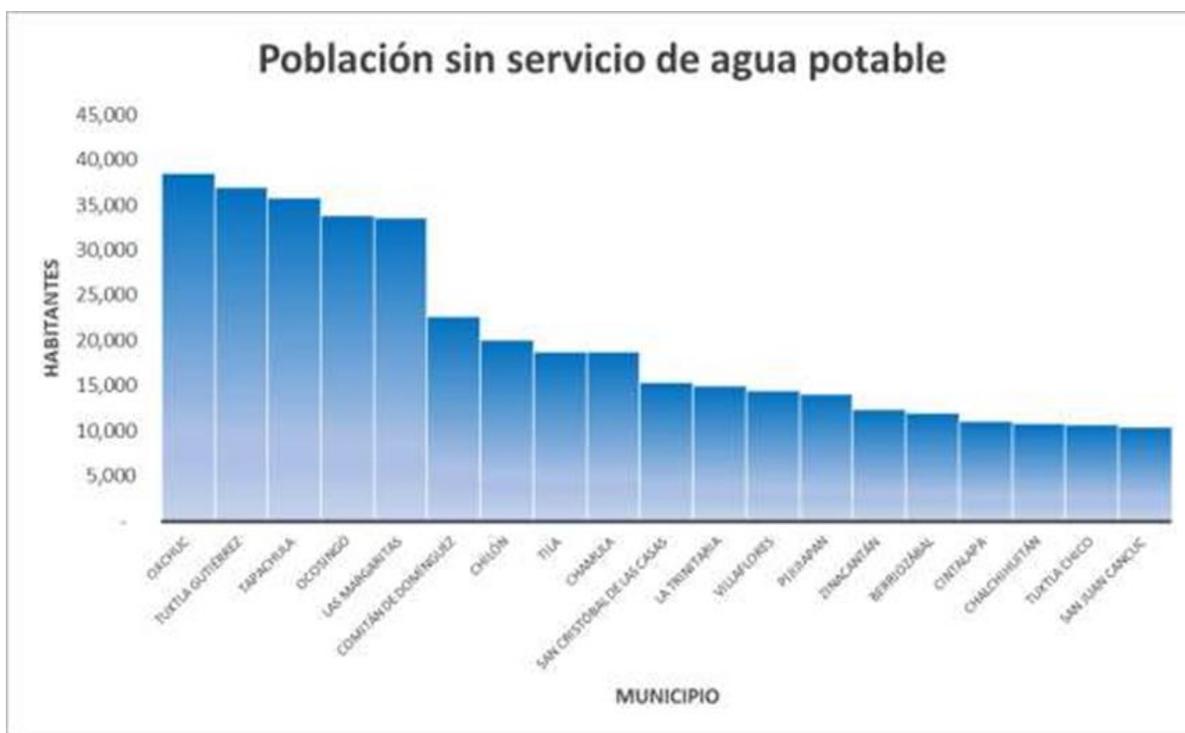


Imagen 1 INEGI Censo de población y vivienda 2020

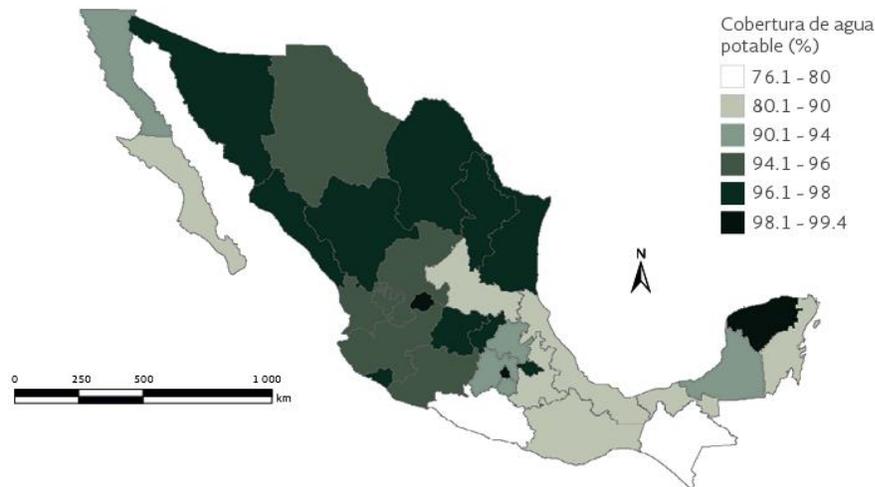
**Según la OMS/OPS la Enfermedad Diarreica Aguda se caracteriza por la presencia de evacuaciones líquidas o acuosas, que se observan generalmente en número mayor de 3 en 24 horas, para su identificación, es importante tomar en cuenta la disminución en la consistencia de las evacuaciones, que implica**

**el contener más agua de lo habitual, y pueden contener moco y sangre, a lo que se denomina disentería. (2018)**

La diarrea es un mecanismo de defensa del organismo ante la enfermedad producida por un agente agresor, la mayoría de las veces infeccioso y de carácter autolimitado.

**Los principales factores de riesgo que conllevan la presencia de EDA son la falta de higiene personal, desnutrición, contaminación fecal de agua y alimentos.** Durante la temporada de calor aumenta la frecuencia de estas enfermedades entre la población y sobre todo con un mayor riesgo de sufrir deshidratación.

Mapa 6.21 | Cobertura de agua potable por entidad federativa, 2015<sup>1</sup>



Nota:

<sup>1</sup> Los datos de cobertura de agua potable corresponden a la población que cuenta con el servicio o en servicio.

Fuente:

Elaboración propia con datos de:

SINA, Conagua, Semarnat. Agua potable y alcantarillado. Disponible en: <http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47>. Fecha de consulta: abril de 2016.

Imagen 2 Cobertura de agua potable por entidad federativa

Las enfermedades diarreicas agudas, son enfermedades prevenibles y tratables y siguen siendo un problema de Salud pública a nivel mundial que afectan a personas de cualquier edad y condición social, aunque los niños son más vulnerables al igual que los adultos mayores, y, por ejemplo, para el primer grupo, es la segunda mayor causa de muerte en menores de cinco años. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en todo el mundo se producen 1,500 millones casos por año, en países en vías de desarrollo, resultando de estos, en 1.5 millones de muertes.

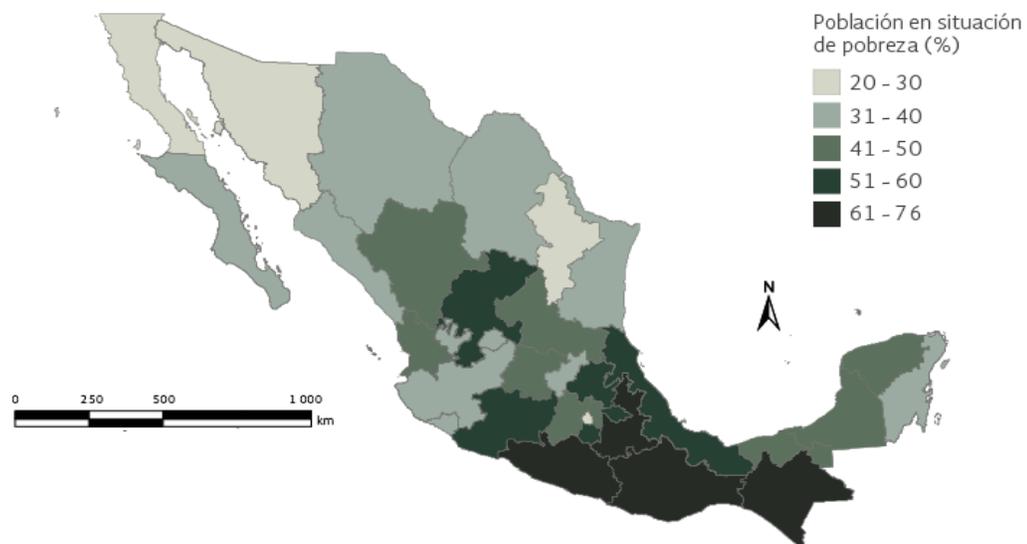
El cólera sigue siendo una amenaza global a la salud y su presencia es uno de los indicadores clave del desarrollo social de un país. Es una enfermedad típica de países pobres, con deficiente infraestructura de drenaje y distribución de agua potable, si como de limitado saneamiento básico.

A fin de mejorar el registro de esta enfermedad, la OMS, a través del Reglamento Sanitario Internacional, apoya e insta a los países para que exista una mayor capacidad de vigilancia a nivel nacional y subregional, para detectar en etapas tempranas eventos de importancia internacional en materia de salud pública, incluyendo cólera. Esta medida contribuye mejorar el registro y notificación, así como al intercambio de información abierta y transparente con el fin de prevenir y contener brotes de cólera.

***En México la EDA durante 2012 se situó como la segunda causa de morbilidad y la número diecinueve en mortalidad general, la población menor de cinco años es la más afectada, principalmente en comunidades con el menor índice de desarrollo humano.*** (Gómez, Vicuña, Morales,2020)

México debe fortalecer sistemas de vigilancia activa de EDA para determinar con mayor exactitud la morbilidad y mortalidad debida a los patógenos circulantes en el país. **Derivado de las situaciones de globalización como viajes y comercio, crecimiento demográfico, pobreza, acontecimientos climáticos y sociales adversos**, se pone de manifiesto la necesidad de un programa para mejorar la prevención y control de las EDA y cólera, garantizando la identificación oportuna, así como la prevención de brotes y epidemias.

Mapa 1.7 | Población en pobreza por entidad federativa, 2014



**Notas:**

<sup>1</sup> Se considera a toda la población en situación de pobreza moderada y extrema hasta el año 2014, de acuerdo a datos de Coneval (2015).

<sup>2</sup> La población total por entidad federativa se obtuvo de las proyecciones de la población 2010-2030 de Conapo para el año 2014.

**Fuentes:**

Elaboración propia con datos de:

Conapo. *Proyecciones de población 2010-2030*. Conapo. México. Disponible en: [www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones\\_Datos](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos). Fecha de consulta: agosto de 2016.

Coneval. *Medición de la pobreza. Anexo estadístico*. Coneval. México. Disponible en: [www.coneval.gob.mx](http://www.coneval.gob.mx). Fecha de consulta: julio de 2015.

La información de EDA reportadas por el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), son enfermedades estadísticamente significativas para la Salud Pública de México, e incluyen diversas enfermedades, con base en la clasificación internacional: amibiasis intestinal, giardiasis, intoxicaciones alimentarias, fiebre tifoidea, paratifoidea y otras salmonelosis, otras infecciones intestinales debidas a protozoarios, infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas. La distribución de la incidencia en el país, está asociada a la densidad demográfica y la accesibilidad a servicios de salud que facilitan el registro, es así que son precisamente las entidades federativas con mayor población quienes registran más casos de EDA. (Gómez, Vicuña, Morales,2020)

***En nuestro país la enfermedad diarreica aguda ha presentado un incremento de casos en los últimos años, sobre todo por el incremento poblacional, que en muchas zonas ocasiones se establecen en zonas sin servicios básicos o limitados, sobre todo con respecto a la disposición de agua segura, drenaje y electricidad.***

Ante esto, es necesario continuar con la vigilancia sanitaria y epidemiológica, además de la capacidad institucional para establecer de manera oportuna un diagnóstico y tratamiento adecuado para las enfermedades diarreicas incluyendo el cólera.

**Para mantener los logros alcanzados se requiere redoblar las acciones y fortalecer las actividades preventivas, manteniendo una vigilancia epidemiológica constante, intensificando las intervenciones dirigidas a promover el cambio de hábitos, actitudes, comportamientos o prácticas, enfocadas en estilos de vida saludables de los individuos y las comunidades, ya que aún persisten factores que favorecen riesgos para que se presenten casos de diarrea o brotes de cólera, esto último, dado que se tiene la circulación de la bacteria de cólera y de otros vibrios patógenos toxigénicos como el *Vibrio parahemolyticus* en agua y alimentos, por lo que se requiere garantizar que los sistemas de abastecimiento proporcionen permanentemente agua segura, además de buscar opciones alternativas para**

**el abasto en comunidades marginadas**; con estas acciones es posible reducir el riesgo de que el agua represente un riesgo para la transmisión de estas enfermedades.(Gómez, Vicuña, Morales,2020)

### **Descripción del Fenómeno Natural Perturbador para el cual se prevé la Acción Preventiva**

• ***Las situaciones de desastres por fenómenos naturales que favorecen la contaminación de agua y alimentos, lo que constituyen fuentes de infección de rápida dispersión.*** (Gómez, Vicuña, Morales,2020)

• La movilización de trabajadores del campo, de la construcción y el turismo dentro del país, así como la migración de centro y sudamericana a través de nuestro territorio hacia los Estados Unidos de América. (Gómez, Vicuña, Morales,2020)

• La llegada al país de personas provenientes de zonas geográficas con circulación de enfermedades reemergentes, como es el caso del cólera en países como Haití, República Dominicana y Cuba. (Gómez, Vicuña, Morales,2020)

#### • **Cambio climático**

Ante estos riesgos existentes en la actualidad, debido a las condiciones de pobreza de nuestro estado, la falta infraestructura e insumos para el debido tratamiento al agua que se distribuyen en los sistemas municipales de agua potable y la falta de buenos hábitos de higiene en la población, se suman los riesgos debido a la geografía de nuestra entidad, características como el tipo de suelo propician un aumento de los riesgos cuando ocurren estos fenómenos.

### **1.5 Problema a resolver**

1. El principal problema a resolver es el abastecimiento de agua cuando un municipio sufra una emergencia ya sea natural o antropológica.
2. Mejorar la calidad del agua de los diferentes municipios dando recomendaciones a las diferentes instituciones encargadas de suministrar agua a los municipios.
3. Evitar brotes de infección que conllevan a una contingencia sanitaria, por el desabasto de agua.
4. Evitar el mal uso del agua

5. Evitar la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua.

## **Capítulo II: Fundamento teórico**

### **2.1 Agua potable**

El agua potable es aquella que es apta para el consumo humano y que no supone ningún riesgo para su salud, es decir, está libre de microorganismos y sustancias tóxicas.

Las características en función de lo que establece la OMS, el agua potable:

- Debe ser limpia y segura: tanto su consumo como su uso en la producción de otros alimentos no puede conllevar ningún riesgo de contraer enfermedades infecciosas u otro tipo de enfermedades (cólera, tifus, salmonelosis o metahemoglobinemia).
- Debe ser incolora: esto implica que el agua debe ser transparente, aunque a veces puede ser un poco blanquecina debido al cloro.
- Debe ser inodora: es decir, no debe tener olor ya que no debería tener nada que pueda generarlo.
- Debe ser insípida: al igual que en el caso anterior tampoco debería tener ningún sabor.
- Libre de elementos en suspensión: el agua no debería tener nada que pueda generar turbidez. En algunos casos puede estar un poco translúcida, pero puede deberse a la presión de las tuberías y debería desaparecer al poco tiempo.
- No debe tener contaminantes orgánicos como pesticidas (DDT, por ejemplo), ni otros contaminantes inorgánicos (metales pesados), ni tampoco ningún elemento radiactivo.
- Debe tener una determinada proporción de gases y de sales inorgánicas disueltas.
- No debe contener microorganismos patógenos que pongan en peligro la salud. Para ello se realizan análisis exhaustivos de la concentración de bacterias coliformes y otras de origen fecal.

## 2.2 Proceso de potabilización

El agua se potabiliza en lo que técnicamente se conoce como una ETAP o Estación de Tratamiento de Agua Potable. Se suele referir a estas instalaciones como plantas potabilizadoras.

El proceso de potabilización del agua varía en función de las condiciones naturales del territorio.

- Si la fuente del agua es superficial (agua de un río o lago), el tratamiento de potabilización suele consistir en un proceso de separación de ciertos componentes del agua natural, seguido de la precipitación de impurezas, filtración y desinfección con cloro u ozono.
- Si la fuente de agua tiene presencia de sales y/o metales pesados los procesos de eliminación de este tipo de impurezas son más complicados y costosos. En zonas con escasez de recursos hídricos y costeras se puede obtener agua potable por desalinización, que se suele llevar a cabo por ósmosis inversa o destilación.

Las aguas superficiales necesitan de un proceso específico para llegar a ser potables, el cual tiene como objetivo la conversión del agua desde su estado natural hacia agua potable. Este proceso es complejo y costoso, y consta de varias etapas según (COMAPA, 2022).

- Captación.
- Conducción.
- Floculación.
- Sedimentación:
- Filtración.
- Desinfección.
- Almacenamiento y Distribución.

### **2.2.1 Captación:**

La captación de aguas superficiales como ríos, lagos y embalses es una estructura a nivel del terreno mediante la cual se hace uso y aprovechamiento del agua de la fuente que corresponda, ya sea por gravedad (nivel del terreno) o por bombeo, para garantizar el suministro del recurso a una población. Las características y tamaño de la infraestructura de captación van a depender de la cantidad o caudal de agua que necesite la comunidad (Barrios, 2009).

En esta etapa el agua se extrae desde las fuentes naturales, donde la misma se encuentra en estado crudo o natural.

### **2.2.2 Conducción:**

Una vez que el agua ha sido captada, debe ser conducida hacia la Planta Potabilizadora. Para ello pueden utilizarse dos tipos de sistemas: aducción (gravedad) o impulsión (bombeo) (COMAPA, 2022).

Entre la captación y la planta de potabilización del agua, como entre esta y la red de distribución urbana, El trazado y el tipo de conducción, en sus efectos sobre los suelos y la propiedad, son factores ambientales que deben ser convenientemente valorados en la etapa de diseño. De acuerdo con lo establecido por la CONAGUA, Aducción es aquel componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o presión y Conducción es el componente a través del cual se transporta agua tratada (CONAGUA, 2020).

### **2.2.3 Floculación:**

Las partículas disueltas y suspendidas están presentes en la mayoría de las aguas naturales. Estos surgen principalmente de la erosión de la tierra, la disolución de minerales y la descomposición de la vegetación, así como de algunos vertidos de desechos domésticos e industriales. Tal material puede incluir materia orgánica y/o inorgánica suspendida, disuelta, así como varios organismos biológicos, tales como bacterias, algas o virus. Este material debe eliminarse, ya que causa un deterioro de la calidad del agua al reducir la claridad (por ejemplo, causar turbidez o color) y,

eventualmente, transportar organismos patógenos o compuestos tóxicos, adsorbidos en sus superficies (TZOUPANOS, 2008).

La floculación es una técnica química de tratamiento del agua que se aplica, generalmente antes de un proceso físico de separación como puede sedimentación o filtración, con el objetivo de mejorar su capacidad de eliminación de partículas. La coagulación neutraliza cargas y forma una masa gelatinosa que atrapa (o une) partículas, aumentando su tamaño de modo que puede quedar atrapada en el filtro o sedimentar. La floculación mueve suavemente o agita tales partículas, haciendo que se unan formando masas mayores que sedimentan con más facilidad o pueden ser filtradas.

En este proceso se aplican agentes químicos, denominados coagulantes, que producen que estas partículas se unan formando los “flocs”. Esta aglomeración de partículas, al ser más pesada que cada partícula individual, se asienta, eliminando la turbiedad y permitiendo que el agua pueda clarificarse (COMAPA, 2022).

#### **2.2.4 Sedimentación:**

La sedimentación es el proceso por el cual los sólidos que se encuentran en suspensión en el agua caen al fondo del recipiente donde el agua esté contenida. La sedimentación es un proceso natural que ocurre por el efecto de la gravedad. Aunque sucede en ríos y lagos, las personas hemos utilizado este fenómeno para conseguir un agua más pura y segura.

La sedimentación se basa en la Ley de Stokes, según la cual las partículas más grandes o pesadas que el agua tendrán una mayor capacidad de sedimentación. También influye la viscosidad del líquido, a menor viscosidad mayor capacidad y velocidad de sedimentación. Las partículas en suspensión pueden clasificarse en función de su diámetro y del estado de suspensión:

- Partículas en suspensión de hasta  $10^{-4}$  cm.
- Coloides con partículas de tamaños de entre  $10^{-4}$  y  $10^{-6}$  cm.
- Soluciones con partículas de tamaño menor de  $10^{-6}$  cm.

En base a esta clasificación, existe una forma paralela de clasificar los métodos o tipos de sedimentación del agua según estos tipos de partículas:

- 1 Sedimentación simple. Las partículas de hasta  $10^{-4}$  cm son capaces de sedimentar solo por procesos físicos, como la gravedad.
- 2 Los coloides deben coagular para que formen flóculos sedimentables. Es necesario añadir productos químicos.
- 3 Las sustancias solubles deben convertirse en insolubles para poder formar flóculos sedimentables. Al igual que en el caso anterior es necesaria la adición de productos químicos.

Para que se produzca la sedimentación de las partículas es necesario que la velocidad del flujo del agua sea menor de la velocidad de sedimentación de los sólidos en suspensión que contienen. Este concepto de carga superficial es fundamental a la hora de construir los tanques de sedimentación (Garcia, 2018).

### **2.2.5 Filtración:**

La filtración es el proceso de remover sólidos suspendidos del agua al pasar ésta a través de una estructura permeable o un lecho poroso de materiales. El agua subterránea es filtrada naturalmente cuando fluye a través de capas porosas del suelo. Sin embargo, las aguas superficiales y el agua subterránea bajo la influencia de agua superficial están sujeta a contaminación de varias fuentes. Algunos de estos contaminantes ponen en riesgo la salud humana, y la filtración es uno de los métodos más antiguos y simples para removerlos.

Los métodos de filtración incluyen: filtración rápida y lenta con arena, filtración con tierra de diatomáceas, filtración directa, filtración con membranas, filtración empacada, y filtración con cartuchos (Guime, 2002).

### **2.2.6 Desinfección:**

Es el proceso en el que se destruyen los agentes microbianos que pudiesen estar presentes en el agua.

Las actividades de desinfección son consideradas como los mecanismos principales en la desactivación o eliminación de patógenos (organismos microscópicos) para prevenir la dispersión de enfermedades transmitidas a través del agua tanto a las personas como al ganado. Entre los principales contaminantes biológicos del agua encontramos diferentes agentes patógenos que provienen en su mayoría de residuos orgánicos; esta contaminación está relacionada con los desechos de origen doméstico e industrial vertidos a los cuerpos de agua. La carga contaminante de los residuos de origen doméstico está representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal. Estos microorganismos son causantes de enfermedades de origen hídrico, que generan altos porcentajes de morbilidad en la población. (CONAGUA, 2022)

La desinfección es un proceso de oxidación que conlleva a la eliminación, la desactivación o eliminación de microorganismos presentes en el agua, sean o no patógenos. La acción de los desinfectantes se puede explicar mediante cuatro mecanismos: • Daño a la pared celular • Alteración de la permeabilidad de las células • Alteración de la naturaleza coloidal del protoplasma • Inhibición de la actividad enzimática En la desinfección del agua, la meta es destruir o al menos inactivar a los organismos patógenos, con el objeto de prevenir epidemias de infecciones gastrointestinales como cólera, tifoidea, disentería, entre otras. La desinfección constituye la etapa final de todo tratamiento del agua. Su práctica es aceptada en todo el mundo, y aunque la cloración es el método dominante, algunos países como Francia (desde 1910), Alemania y Canadá prefieren la desinfección con ozono. Además, también son empleadas otras opciones como la luz ultravioleta (UV), el yodo y la radiación gamma. (CONAGUA, 2022)

Un desinfectante ideal para el agua debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Eliminación de todas las clases de agentes patógenos y en cantidad suficiente
- No ser tóxico para el hombre ni animales domésticos
- No tener un sabor desagradable
- Tener un costo razonable

- Ser de manejo, transporte y almacenamiento accesible y seguro
- Contrarrestar la posible contaminación en líneas de conducción y tanques de almacenamiento en el caso de agua potable
- No reaccionar con los compuestos presentes en el agua para producir sustancias tóxicas

Los compuestos químicos más utilizados para la desinfección del agua son:

- Hipoclorito de sodio, NaClO
- Hipoclorito de calcio, Ca (ClO)<sub>2</sub>
- Ácido hipocloroso, HClO
- Clorito de sodio, NaClO<sub>2</sub> • Dióxido de cloro, ClO<sub>2</sub>
- Ozono, O<sub>3</sub>
- Halógenos: Yodo
- Metales • cobre, Cu<sup>2+</sup>
- Plata, Ag<sup>+</sup>
- Permanganato HMnO<sub>4</sub>

### **2.3 Filtración lenta de arena o por gravedad**

La filtración lenta de arena consiste en circular agua cruda a través de arena. El principio consiste en la formación de una capa biológica, desarrollándose procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples. Los filtros contienen los siguientes componentes:

- Caja del filtro: se determina por lecho de arena, capa de soporte y sistema de drenaje, agua sobrenadante y borde libre.
- Capa sobrenadante de agua cruda: proporciona carga hidráulica para pasar agua sobre el lecho filtrante, crea un periodo de retención.
- Lecho de arena filtrante: compuesto por material granular (arena). Se describe en función de diámetro efectivo y coeficiente de uniformidad.
- Sistema de drenaje: sirve para soporte de material filtrante, asegura recolección uniforme del agua, llenado de los filtros.

- Estructura de entrada y salida: sirve para regular caudales de ingreso, ingreso de flujo uniforme, drenaje, graduación del líquido sobrenadante
- Dispositivos reguladores: sirven para controlar operaciones más importantes por medio de válvulas, vertederos y otros dispositivos.

Ventajas de este tratamiento: mejoran la calidad física, química y bacteriológica del agua sin uso de químicos, además de una operación sencilla, económica y eficaz.

El filtro está dividido en distintas secciones las cuales son:

- Canal de entrada
- Lecho Filtrante
- Compartimento de agua de lavado.
- Sifón
- Coladeras o sistema de drenaje.
- Canal de efluentes

### **2.3.1 Canal de entrada.**

Es por donde entra el agua que sale de la etapa de sedimentación al filtro, esta pasa a través de un collarín el cual puede regular el flujo de agua cruda, en esta zona el agua está libre de sólidos grandes, debido a la previa adición de floculante y la sedimentación.

### **2.3.2 Lecho filtrante.**

Está compuesto por material granular (arena). Se describe en función de diámetro efectivo y coeficiente de uniformidad. El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio. Experimentalmente se ha encontrado que el diámetro efectivo de la arena debe ser del orden de 0.15 a 0.35mm. La profundidad del lecho puede variar entre 0.50 y 1.00 m, pudiendo el filtro operar con un espesor mínimo de 0.30 m. El coeficiente de uniformidad puede ser menor de 3.0, se recomienda un rango de 1.8 a 2.0. En

última instancia, cualquier material inerte puede utilizarse como medio filtrante. (BLACIO & PALACIOS, 2011)

Coeficiente de uniformidad:

Coeficiente de uniformidad (Cu) Este coeficiente mide qué tan uniforme es la muestra. Se considera que un suelo con Cu inferior a 4 es mal graduado, un Cu superior a 4 es bien graduado y Cu igual a 1 corresponde a que todas las partículas tienen el mismo tamaño. (González, 2014)

Bien Graduado:

Que Contiene pocos espacios vacíos entre los granos de material dando como resultado una estructura densa y con buenas propiedades para soportar cargas.

### **2.3.3 Compartimento de agua de lavado.**

Es una cámara que se encuentra al aire libre, en donde se almacena el agua de lavado, donde se dan los mecanismos de transporte y adherencia que actúan sobre las partículas acarreadas por el agua en el proceso de remoción por filtración lenta, son los mismo que actúan en el proceso de filtración rápida, la diferencia fundamental está en el mecanismo biológico adicional que actúa en el filtro lento. Mientras que en el filtro rápido los microorganismos quedan entre el lodo retenido en el lecho filtrante y salen del filtro con el agua de lavado, quedando nuevamente liberados, en el filtro lento mueren como consecuencia del proceso de degradación biológica.

### **2.3.4 Sifón**

Es utilizado para proporcionar una carga hidráulica que permite realizar un retro lavado al filtro, cuando él está completo genera un vacío que permite succionar el agua que se encuentra en el compartimento de agua de lavado a través del lecho filtrante retirando las impurezas que quedaron en este y desechando el agua con estas, por medio de un drenaje de desechos.

### **2.3.5 Coladeras o sistema de drenaje.**

El drenaje puede estar conformado por drenes o por ladrillos de construcción. Los tubos de drenaje están compuestos de un dren principal y ramificaciones o drenes laterales. Los drenes laterales se unirán al principal mediante tubería T o cruces y podrán ser de concreto, de cerámica o de PVC (BLACIO & PALACIOS, 2011).

En los drenajes de ladrillo, los bloques que van sobre el fondo de la caja del filtro deben asentarse con mortero y los que techan los canales se colocarán dejando separaciones o aberturas de 2 cm para que pase el agua filtrada. (BLACIO & PALACIOS, 2011)

### **2.3.6 Canal de efluentes**

Es por donde el agua filtrada pasa, para su posterior desinfección, almacenamiento y distribución en la ciudad.

## **2.4 Arena de sílice**

La arena sílica es un compuesto resultante de la combinación de la sílice con el oxígeno. Su composición química está formada por un átomo de sílice y dos átomos de Oxígeno, formando una molécula muy estable:  $\text{SiO}_2$ .

El cuarzo  $\text{SiO}_2$  es el principal constituyente de las arenas de sílice y procede de rocas ricas en este mineral, tanto intrusivas como extrusivas y sedimentarias, como lo son las areniscas. Es por causa de su estabilidad química y física el mineral detrítico más abundante, y entre todos los minerales casi el único que constituye un compuesto químico puro, ya que su composición suele ser 100% de  $\text{SiO}_2$  (46.7% de Si y 53.3% de  $\text{O}_2$ ).

Esta molécula es insoluble en agua y en la naturaleza se encuentra en forma de cuarzo. Si el cuarzo está cristalizado se denomina Cristal de Roca.

Pertenece a la clase de los silicatos y al sistema cristalino trigonal. Este mineral es muy rico en variedades, los que se pueden agrupar en Macro cristalinas, con cristales bien visibles a simple vista, y Criptocristalinas, formada por cristales microscópicos.

La arena sílica se usa en la filtración de aguas municipales, industriales o residenciales. Su propósito es retener sólidos suspendidos, que en el lenguaje coloquial se conocen como “sedimentos”. Se obtiene de fuentes naturales y se produce por la trituración y cribado, o por el simple cribado de arena que pueda catalogarse como “sílica” por su alto contenido de sílice (SiO<sub>2</sub>) y una baja presencia de compuestos solubles (como calcio y magnesio). La sílice, prácticamente no es soluble en agua, por lo que no le aporta sabor ni modifica su composición.

Propiedades Físicas	
Dureza escala Mohs	7
Peso específico	2.65
índice de refracción	1.548
Carece de exfoliación	si
Propiedades piroeléctricas y piezoeléctricas	Si
Punto de fusión	1650°C
Resistencia a la compresión	160 kg/cm <sup>2</sup>

## 2.4 Zeolita

Las zeolitas son aluminosilicatos hidratados de metales alcalinos y alcalinotérreos (especialmente Na, K, Mg y Ca), estructurado en redes cristalinas tridimensionales, tetraedros compuestos de SiO<sub>4</sub> y AlO<sub>4</sub> tipo nos unió vértices a través de átomos de oxígeno (23). Absorbente natural por su alto grado de hidratación. Excelente estabilidad en su estructura cristalina al deshidratarse. Su densidad es baja y conserva un gran volumen de vacíos al deshidratarse. Captador de alta capacidad, retiene partículas de hasta 5 micras. Sus propiedades de intercambio del catión neutralizan ciertos elementos. Los canales moleculares uniformes se clasifican en orden al deshidratarse. Gran capacidad de absorción de gases y vapores.

Las zeolitas poseen una amplia gama de aplicaciones locales: en la agricultura (Ej. como fertilizante en plantaciones de platano y café), en la crianza de

animales (nutrición animal y desodorización de establos) y en agricultura (extracción de amonio de piscinas de cultivo de camarón).

#### **2.4.1.1 Aplicación de la zeolita**

Esto incluye aplicaciones como agentes de secado, en el gas purificación, y en procesos de separación importantes como n-parafinas de parafinas ramificadas, p-xileno de su isómero.

#### **2.4.1.2 Ventajas de la zeolita**

- Reduce un poco la acidez del agua.
- Se requiere una menor cantidad de producto respecto a la arena silica por la porosidad y densidad.
- Posee una mayor superficie y porosidad.
- Produce una mayor claridad en el agua filtrada.
- La zeolita es el medio filtrante más durable (más de 5 años).
- La zeolita solo requiere de un simple retro lavado periódico para mantener su eficiencia y su desempeño.
- La zeolita tiene una capacidad de flujo 4 veces superior a la de los medios filtrantes convencionales.
- La zeolita Incrementa el flujo en equipos con multimedia y sistemas de gravedad y presión comparado con los filtros de arena.

### **2.5 Aguas residuales**

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportadas por el sistema de alcantarillado. En general se consideran aguas residuales domesticas (ARD) los líquidos provenientes de las residencias, edificios comerciales e institucionales.

**AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES:** Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de la ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES: Son residuos líquidos que son descargados por industrias de manufactura.

AGUAS NEGRAS: Son residuos líquidos provenientes de inodoros, es decir que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno, y coliformes fecales.

AGUAS GRISES: Son residuos líquidos provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, a portantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes. (Rojas 2004)

### **CARACTERISTICAS IMPORTANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES:**

En general, las aguas residuales se caracterizan por presentar color, turbidez, una concentración baja en oxígeno y sólidos en suspensión que pueden ser orgánicos e inorgánicos. En las tablas 1 y 2 se muestran algunos de los parámetros más importantes de las aguas residuales:

Parámetro	Magnitud
DBO	200 mg O <sub>2</sub> /L
DQO	400 mg O <sub>2</sub> /L
Sólidos suspendidos totales	200 mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	150 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	30 mg/L - N
Orto fosfatos	10 mg/L -P

*Tabla 1 Características del agua residual CARDER (2004)*

Parámetro	Magnitud
Sólidos totales	720 mg/L
Sólidos disueltos	500 mg/L
Sólidos disueltos volátiles	200 mg/L
Sólidos suspendidos	220 mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	165 mg/L
Sólidos sedimentales	10 mg/L
DBO	220 mg O <sub>2</sub> /L
DQO	500 mg O <sub>2</sub> /L
Nitrógeno total	40 mg O <sub>2</sub> /L –N
Nitrógeno orgánico	15 mg/L –N
Nitrógeno amoniacal	25 mg/L –N
Nitritos	0 mg/L –N
Nitratos	0 mg/L –N
Fosforo total	8 mg/L –P
Fosforo orgánico	3 mg/L –P
Fosforo inorgánico	5 mg/L –P
Cloruros	50 mg/L –P
Alcalinidad	100 mg/L –CaCO <sub>3</sub>
Grasas	100

Tabla 2 Características de agua residual, Carder 2004

## 2.6 Muestra simple o puntual

Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado, a lo largo de distancias sustanciales en todas las direcciones, puede decirse que la muestra representa un intervalo de tiempo o un volumen más extenso. En tales circunstancias, un cuerpo de agua puede estar representado por muestras simples. Una muestra puntual o simple, es la que se toma en determinado punto del espacio, en determinado instante de tiempo. Las muestras puntuales indican las características del vertimiento específico, en el momento de su recolección. (Ospina Valdez y Nieto Roa, 2009)

## 2.7 Calidad del agua

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

utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

### **Características físicas**

Son características sensoriales (detectadas por los sentidos) que pueden influir en la aceptación o el rechazo del agua por el consumidor; las siglas LMA (Límite Máximo Aceptable) se refieren a valores de características no detectadas por el consumidor, o si las detecta son consideradas despreciables; las siglas LMP (Límite Máximo Permisible) se refieren a valores máximos de características arriba de las cuales el agua es considerada como no potable.

### **Temperatura (°C)**

La temperatura en el agua se ve afectada por la radiación solar y por el cambio de estaciones presenten en las zonas templadas, en lo general en los ecosistemas de montaña alta, el agua siempre permanece fría y empieza a incrementar su temperatura entre más cerca este al nivel del mar (Roldan, 2003). La temperatura a su vez también afecta mucho procesos y organismos biológicos, ya que muchos de estos son sensibles a cualquier cambio de temperatura o alteración del medio en el que se encuentra. Algunos organismos ya se pueden denominar dependiendo a la temperatura en donde su desarrollo es mucho más óptimo, estas agrupaciones se dividen en psicrófilos, mesófilos y termófilos (Roldan, 2003).

La temperatura a su vez también afecta los parámetros fisicoquímicos, uno de estos es el oxígeno disuelto, ya que a una temperatura menor las moléculas de agua se unen, reteniendo el escape de oxígeno gaseoso a la atmósfera, por lo tanto, comparten una relación inversamente proporcional. (Basto y Rojas, 2017).

### **Color**

Para hablar de color en el agua, hay que aclarar que se encuentra el color verdadero y el aparente. El color verdadero se debe principalmente a sustancias disueltas en el agua como el humus y materia orgánica disuelta, para analizar

este parámetro, no se toma en cuenta el material suspendido, por ende, antes de analizarlo se realiza filtración. (Basto y Rojas, 2017).

El color puede determinarse por fotómetro, espectrofotómetro o por test colorimétricos, todos estos manejan unidades de platino cobalto y su determinación no necesita de reactivos, solo se necesita una membrana de 0.45mm para lograr determinar color aparente.

### **Turbiedad**

La turbiedad en el agua es la dificultad que tiene el agua para transmitir luz, y esto se debe a la materia en suspensión como materia orgánica e inorgánica, lodos, material coloidal, arcilla entre otras. Este tipo de parámetro se mide generalmente con un turbidímetro, y las medidas se expresan en unidades nefelométricas de turbidez (UNT) (Wu, 2009).

### **Conductividad**

La conductividad es la propiedad que tiene las soluciones acuosas para transmitir corriente eléctrica. Este parámetro tiene una gran dependencia de los iones y se puede estimar con la cantidad de sólidos disueltos que tiene el agua. Los cuerpos de agua con compuestos inorgánicos tienden a tener una mejor conductividad a comparación de los orgánicos, esto se debe a que las moléculas orgánicas no se disocian en el agua y por ende disminuyen la capacidad de conducir electricidad (IDEAM, 2006).

### **Oxígeno disuelto**

Todos los organismos vivos dependen de oxígeno para vivir, ya que es necesario para los procesos de metabolismo que generan energía para crecer y reproducirse (Roldan, 2003). El oxígeno disuelto va directamente relacionado con la temperatura y la presión, ya que a mayor temperatura el agua es más soluble y permite que se escape el oxígeno gaseoso, pero a su vez esto se contrarresta con la presión ya que la presión ejerce una fuerza en la superficie del agua y no permite que se libere tan fácilmente. En época de verano, la temperatura también genera que oxidación biológica aumente y con esto el

incremento del OD en el agua (Cifuentes y León, 2017). El oxígeno libre en el agua se produce por fotosíntesis y por oxigenación mecánica, y su disminución se da por la temperatura, la respiración de la fauna acuática y la descomposición de materia orgánica por microorganismo y reacciones químicas (DBO Y DQO) (Basto y Rojas, 2017).

### **Sólidos totales**

Los sólidos totales son los que se obtienen manualmente por evaporación y secado a 105°C, los resultados de la medición de estos sólidos nos indican la sumatoria de sólidos suspendidos y disueltos que tiene el agua. Cuando no se puede obtener los sólidos suspendidos o disueltos, se puede obtener hallando los sólidos totales (Galvan, 2007). Los sólidos totales afectan negativamente la calidad del agua por ello el análisis de estos es de vital importancia en el proceso de tratamiento de aguas residuales y a su vez hallarlos nos ayuda a evaluar el cumplimiento de las normas que regulan su vertimiento (Galvan, 2007).

### **Sólidos disueltos**

Se puede denominar como sólidos disueltos totales a la sumatoria de minerales, sales, cationes y aniones disueltos en el agua, esto hace que sea una manera indirecta de calcular la conductividad, ya que depende básicamente de las mismas variables. Estos sólidos en general son menores a 0.5mm por ende tiene la capacidad de traspasar el papel filtro (Durán, 2016). Este parámetro se puede determinar por sonda o con la resta de sólidos totales y sólidos suspendidos.

### **Sólidos suspendidos**

Estos sólidos se mantienen en suspensión por movimiento del agua, por su densidad y porque muchos conservan su naturaleza coloidal (Basto y Rojas, 2017). Este tipo de parámetro va muy relacionado con la turbidez y el color aparente, ya que la disminución o aumento de estos sólidos afecta directamente este tipo de parámetros. Los sólidos en suspensión se pueden determinar filtrando una muestra de agua y posterior a esto el filtro se seca pesa, la idea es comparar el peso del filtro sin muestras con el peso del filtro con muestra. En

caso tal de que no se puede hallar por este método, se puede utilizar el cálculo de los sólidos totales menos los sólidos disueltos (Chacon, 2016).

## **2.8 Características químicas**

### **pH**

El pH esta dado por la concentración de ion hidrogeno en un cuerpo de agua. Cuando el pH está por encima de 7 se puede considera que el agua es alcalina, pero si está por debajo de 7 se asume que el agua empieza a ser acida. En el proceso de tratamiento de aguas residuales, este parámetro se toma en cuenta en procesos como la coagulación, la desinfección, entre otros (Chacon, 2016).

Mientras que en los procesos biológicos en donde se trata con diferentes microorganismos, el pH debe controlarse de tal forma que el medio se propició para el crecimiento de las cepas y con esto el consumo de materia orgánica sea eficaz.

El pH del agua se puede determinar con un potenciómetro o de forma menos precisa por medio del papel tornasol.

### **Alcalinidad**

La alcalinidad del agua hace referencia a la capacidad que tiene para neutralizar ácidos y a su vez para prevenir cambios bruscos en el pH, y se puede obtener con la suma de todas las bases titulables. Este parámetro se da principalmente en aguas superficiales por los carbonatos, bicarbonatos e hidroxilos, aunque también se puede encontrar aportes menores de fosfatos, boratos y silicatos presentes en el medio (Chacon, 2016). La alcalinidad en el agua se puede obtener por medio de titulación utilizando naranja de metilo como indicador y ácido sulfúrico como titulante.

### **Dureza del agua**

El agua que contiene una concentración relativamente alta de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  y otros cationes divalentes se conoce como agua dura. Aunque la presencia de estos iones no constituye en general una amenaza para la salud, puede hacer que el agua sea inadecuada para ciertos usos domésticos e industriales. Por ejemplo, estos iones

reaccionan con los jabones para formar una nata de jabón insoluble, que es lo que forma los anillos de las tinas de baño. (Brown, 1998.683).

Además, se pueden formar depósitos minerales cuando se calienta el agua que contiene estos iones. Cuando se calienta agua que contiene iones calcio y iones bicarbonato, se desprende dióxido de carbono. En consecuencia, la solución se hace menos ácida y se forma carbonato de calcio, que es insoluble:



El  $\text{CaCO}_3$  sólido recubre la superficie de los sistemas de agua caliente, lo cual reduce la eficiencia de calentamiento. Estos depósitos, llamados incrustaciones, pueden ser especialmente graves en las calderas donde el agua se calienta a presión en tubos que corren a través de un horno. La formación de incrustaciones reduce la eficiencia de la transferencia de calor y reduce el flujo de agua a través de los tubos. (Brown, 1998.683). La composición del agua subterránea está relacionada con la química de las formaciones geológicas a través de las cuales haya pasado la misma, el agua como solvente universal puede contener un gran número de compuestos químicos disueltos.

## **Acidez**

La acidez del agua se define como la capacidad de reaccionar con bases fuertes a un pH asignado. Esta se da principalmente en cuerpos de agua superficial por la disolución de dióxido de carbono atmosférico, por los vertimientos residuales industriales y por oxidación biológica (DBO). Las aguas con un pH ácido necesitan un pretratamiento que neutralice la acidez del agua y de esta forma no afecte a los microorganismos en el tratamiento biológico (Chacon, 2016).

Esto afecta directamente la fauna y flora del sistema acuático esto de la mano con la alteración de la cadena trófica.

## **Nitrógeno, Nitritos Y Nitratos**

El nitrógeno es un elemento esencial que en grandes concentraciones puede generar eutroficación y a su vez prolifera el crecimiento de algas, afectando el

directamente el oxígeno disuelto en el agua, esta afectación también se da por la oxidación que tiene el elemento para llegar a su última forma de nitratos. Es importante determinar todas las formas del nitrógeno, ya que de esta forma sabemos el tiempo transcurrido desde la polución en un cuerpo de agua. En el tratamiento de aguas residuales, más exactamente en la parte biológica, es necesario conocer los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico, ya que de esta forma se determina si contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los microorganismos (Roldan, 2003).

El nitrógeno se encuentra en diferentes formas como: amonio, nitritos, nitratos entre otras. Los nitritos son derivados de forma natural y antrópica, en la parte natural se da por medio de la cadena de nitrificación, en donde el nitrito por medio de bacterias nitrificadores cambia de forma a nitratos y queda para ser asimilada por el medio. Mientras que en la parte antrópica es generado en los fertilizantes nitrogenados, los cuales por escorrentía llegan a los cuerpos de agua más cercanos y en algunos casos generan eutroficación (Wu, 2009).

El nitrógeno dependiendo las condiciones y el medio en el que se encuentra puede oxidarse o reducirse, a esto se le conoce con nitrificación y desnitrificación. El agua superficial en general tiene concentraciones de nitratos menores a 10mg/l, mientras que las aguas que tienen escurrimiento de aguas procedentes de cultivos en donde se utiliza fertilizantes, las concentraciones pueden llegar a centenares de mg/l. Cuando el agua para consumo humano tiene concentraciones elevadas de nitratos puede generar cianosis infantil (Armando, 2015).

## **DBO Y DQO**

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario en el agua para oxidar la materia orgánica presente en un cuerpo de agua, esto se realiza bajo condiciones específicas como el tiempo y la temperatura (Durán, 2016). Mientras que la demanda biológica de oxígeno (DBO5) es el oxígeno que consumen los microorganismos para degradar la materia orgánica generalmente proveniente de descargas domésticas e industriales. Se toma la lectura a los primeros 5 días porque es el lapso de tiempo en donde más materia orgánica se descompone, pero en

general hasta los 20 días los microorganismos siguen descomponiendo materia orgánica (Durán, 2016). El método para determinar DBO es encontrando la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial (el cual es hallado antes de la incubación) y el oxígeno final, el cual es tomado a los 5 días después de la incubación a 20°C (Rojas, 2018). El método para determinar OD puede ser por con ayuda de un oxímetro o utilizando el método Winkler.

### **Fosforo Total y Fosfatos (PO<sub>4</sub>)**

El fosforo en cuerpos de agua permite la proliferación de biomasa, en general de algas y esto genera que aumente la DBO del sistema acuático para oxidar la materia orgánica. Esto de la mano con los problemas de eutrofización y el crecimiento del fitoplancton. Las formas en las que se puede encontrar el fosforo en el agua es por medio de fosfatos y es de vital importancia su determinación para el estudio de contaminación de cuerpos de agua y en los procesos de tratamiento de aguas (Roldan, 2003). El fosforo en el agua se da principalmente por las aguas residuales domésticas, por escorrentía agrícola en donde utilizan fertilizantes y a causa de la meteorización y arrastre de rocas con alta concentración de fosforo en su composición (Wu, 2009).

### **Tensoactivos**

Dentro de los tensoactivos entran aquellas sustancias jabonosas utilizadas frecuentemente en las actividades de aseo tanto domesticas como industriales denominadas detergentes. Estas sustancias reducen la tensión superficial del agua y las moléculas que los componen son anfifílicas (Tejedor, 2010) Los ingredientes para la fabricación de jabón son el sebo y el aceite de coco, la desventaja del aumento de detergentes en el agua es que estos precipitan el calcio y magnesio que se encuentran en el cuerpo de agua afectando directamente la dureza del agua (Tejedor, 2010).

### **Sodio (Na)**

El sodio es un elemento copioso en la naturaleza, generalmente se puede encontrar en la sal marina y en la mineral halita, aunque también puede llegar a un cuerpo de agua por arrastre en suelo y rocas donde su concentración es alta. Este elemento

a su vez puede intervenir en procesos fisiológicos dentro del organismo y genera un papel de vital importancia en el transporte y absorción de nutrientes (Mesa, 2017) El ion de sodio corresponde a uno de los primeros componentes catiónicos y su solubilidad en un medio acuoso es muy elevada y por ende es muy complicada de precipitar. Por lo general las aguas superficiales como ríos y quebradas tienen una concentración menor a 150mg/l. (Armando, 2015)

## **Cloruros**

Los cloruros se encuentran en concentraciones bajas (menor a 10mg/l) en aguas superficiales. El ion cloruro forma sales muy solubles en el agua y a su vez puede ser muy corrosivo dependiendo el tamaño del ion. Si la concentración de este parámetro es muy alta afecta directamente el uso potencial agrícola e industrial (APHA, 1996) citado en (Gallardo, 2009). En agua potable lo mejor es que no se exceda una concentración de 250mg/l, ya que si se excede esta concentración el sabor natural de un cuerpo de agua puede cambiar. Si se nota un incremento considerable de este parámetro se puede relacionar con alguna fuente de contaminación presente en el medio, por lo tanto, para disminuir la concentración se debe implementar procesos de desmineralización (Chacon, 2016).

## **Sulfatos**

Los sulfatos se pueden encontrar en diferentes concentraciones en el agua, pero por lo general los límites permisibles para aguas dulces es que no excedan los 250mg/l, ya que si se supera esta concentración puede tener efectos purgantes en el sistema acuático. El ion sulfatos también contribuye a la salinidad del agua y unido con otras sales aumenta su grado de solubilidad. (Gallardo, 2009).

## **Hierro**

El ion hierro se puede presentar como ion ferroso o ion férrico dependiendo el estado de oxidación que tenga el agua, la variabilidad de formas que pueda tener se debe al pH del agua, las condiciones oxidantes o reductoras y en general a la composición del medio (Gallardo, 2009) Cuando el hierro tiende a precipitarse, puede provocar complejidad en el proceso de tratamiento de aguas, más exactamente en el proceso de ablandamiento debido al intercambio iónico, por eso

lo más recomendable es eliminar el hierro del agua a tratar antes de empezar la operación de intercambio iónico (Chacon, 2016).

## **Manganeso**

El manganeso se puede evidenciar en aguas superficiales en suspensión en su forma tetravalente, esto genera que se produzcan al igual que el hierro manchas fuertes en la ropa y en infraestructuras de saneamiento (APHA, 1996) citado en (Gallardo, 2009). Este elemento se encuentra en abundancia en rocas metamórficas y sedimentarias, mientras que en las rocas ígneas su presencia es casi nula. Los óxidos de manganeso tales como manganita, pirolusita y hausmanita se aglomeran en los suelos, mientras que por acción de los lixiviados llegan a los cuerpos de agua más cercanos (Chacon, 2016). Para eliminar este metal del agua, se tiende a aplicar precipitación química, ajuste de pH, aireación y la implementación de materiales para el intercambio iónico (Chacon, 2016).

## **Zinc**

El zinc se puede encontrar de forma natural y antrópica en la naturaleza, se deriva principalmente de por medio de actividades humanas como minería, refinación de algunos minerales, residuos industriales, entre otros. La forma más común en la que llega el zinc a un cuerpo de agua es por vertimientos tanto industriales como domésticos. Al momento que entra a un medio acuoso la mayor parte se precipita en el fondo y algunas partículas finas permanecen suspendidas y disueltas en el agua. A su vez en pequeñas cantidades este elemento es nutritivo para la fauna acuática (ATSDR, 2005).

## **2.9 Características microbiológicas**

Las bacterias son los organismos vivos más numerosos que existen, por lo mismo están presentes casi en todas partes, el agua subterránea no es la excepción, por este motivo es necesario realizar pruebas bacteriológicas para determinar el grado de contaminación que tiene la misma. El agua puede contener pequeñas contaminaciones de aguas negras, las cuales no pueden ser detectadas mediante análisis físicos o químicos, en cambio, las pruebas bacteriológicas se han diseñado de tal manera que puedan detectarlas.

## **Pruebas bacteriológicas de contaminación**

Se presupone que el objetivo de los análisis microbiológicos del agua es para determinar la existencia de microorganismos patógenos en ella. Sin embargo, esto no es verdad, por las siguientes razones: a) Los organismos patógenos llegan al agua en forma esporádica y no sobreviven mucho tiempo; por lo tanto, pueden no estar en una muestra analizada. b) Si se encuentran en pequeñas cantidades pueden pasar desapercibidos a los procedimientos empleados. c) Se necesitan 24 horas o más para obtener resultados de los exámenes y si se encuentran microorganismos patógenos, muchas personas pueden haber tomado agua antes de que se conozcan los resultados y así haberse expuesto a la infección. (Pelczar, 1998.684). Los microorganismos patógenos que llegan a los depósitos de agua, proceden de las descargas intestinales de hombres y animales. Además, ciertas especies de bacterias, particularmente *Escherichia coli*, y varios microorganismos similares, denominados coliformes, estreptococos fecales (como *Streptococcus faecalis* y *Clostridium perfringens*), son habitantes normales del intestino grueso del hombre y animales y en consecuencia siempre están en las materias fecales. Así pues, la presencia de cualquiera de estas especies en el agua es evidencia de contaminación fecal y el camino está abierto a los patógenos ya que se encuentran en las materias fecales. (Pelczar, 1998.684).

El grupo coliforme comprende todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos, no esporulados que producen ácido y gas al fermentar la lactosa. Las especies clásicas de este grupo son *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*. *E. Coli*, como ya ha sido señalado, es un habitante normal del intestino humano y de los animales. *Ent. Aerogenes* es más frecuente en granos y plantas, pero también en las materias fecales. (Pelczar, 1998.684).

### **2.10 Marco legal**

**NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021**, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

Esta Norma establece los límites permisibles de calidad que debe cumplir el agua para uso y consumo humano.

Esta Norma es de observancia obligatoria en el territorio nacional para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

### **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996,**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto 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.

### **Capítulo III: Actividades desarrolladas**

Este proyecto se llevó a cabo en Instituto estatal del agua (INESA), en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



*Imagen 4 Instalaciones del Instituto estatal del agua*

Y en su laboratorio de análisis de calidad del agua del instituto correspondiente.



*Imagen 5 Laboratorio de análisis de calidad del agua, INESA*

### **3.0 Capacitación y documentación correspondientes**

De acuerdo al cronograma de actividades que se sugirió en el anteproyecto lo primero que nos otorgaron fue una capacitación en los métodos usados para determinar las propiedades fisicoquímicas del agua.

Se hizo un recorrido por el laboratorio a fin de aprender donde están los materiales, reactivos, equipos para su uso de acuerdo a cuando se necesiten.

También se nos proporcionaron las bases y fundamentos para hacer los análisis de las diferentes muestras de agua que se recibían, en este caso los fundamentos eran las **NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021** y **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996**, las cuales daban las características que debe tener el agua para consumo humano, así como sus límites máximos permisibles.

Estas normas a su vez mencionaban a otras normas la cuales daban la técnica para el análisis de una característica en específico como dureza, DQO, SST, etc.

Se procede a mostrar los equipos que están presentes en el laboratorio de análisis de calidad del agua.

El laboratorio cuenta con un sistema de osmosis inversa (Imagen 6) para la obtención de agua destilada, ya que esta es necesaria para la fabricación de diferentes soluciones usadas en las técnicas de análisis. También se tiene una balanza analítica para pesar los reactivos para la preparación de compuestos o para poner en peso constante el material usado.



Imagen 6 Sistema de osmosis inversa para obtener agua destilada



Imagen 7 Balanza analítica



Ilustración 8 Zona de lavado de material



Ilustración 9 Espectrofotómetro

Se nos capacito en el uso de un espectrofotómetro para analizar muestras debidamente preparadas, también se nos instruyó en la forma correcta de lavado de material donde se usa detergente libre de fosfatos y siempre al final se da una lavada con agua destilada.



Imagen 12 Autoclave y Horno de secado



Imagen 11 pH-metro (Potenciómetro)

También se nos instruyó en el uso de autoclave para diferentes técnicas, así como del pH-metro para analizar las diferentes muestras y así obtener los valores que nos arrojaba ese equipo.



Imagen 14 Multímetro Hanna



Imagen 13 Campana de extracción y equipo soxhlet

Continuando con los equipos presentes en el laboratorio también se nos indicó el uso y manejo de un multímetro de la marca *Hanna Instruments* para su uso en el laboratorio cuando se requiriera, también se contaba con dos campanas de extracción, para extraer los diferentes gases de reactivos.

### 3.1 Actualización de las técnicas empleadas según la nueva Normativa



Imagen 15 Reunión para la aplicación de la nueva normativa

En esta actividad se hizo una actualización a la NOM-127-SSA1-1994 a la actual Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, ya que cambiaba algunos límites máximos permisibles de la anterior esto se dará una mejor explicación en los resultados y conclusiones.

#### Hubo un aumento

	Anterior	Nuevo
Nitrógeno de nitrato	10.0 mg/L	11.0 mg/L
Bario	0.70 mg/L	1.3 mg/L
Mercurio	0.001 mg/L	0.006 mg/L

Tabla 3 Actualización de la NOM-127-SSA-2021

## Hubo una disminución

	Anterior	Nuevo	Ajustes graduales
Turbiedad	<b>5.0 UNT</b>	<b>5.0 UNT</b>	<b>3.0 UNT</b> a partir del segundo año
Nitrógeno de nitritos	<b>1.0 mg/L</b>	<b>0.90 mg/L</b>	
Color verdadero	<b>20.00 UC</b>	<b>15 UC</b>	
Fluoruros	–	<b>1.5 mg/L</b>	se ajustará de forma gradual durante los siguientes 6 años en todas las localidades hasta permanecer en <b>1.0 mg/L</b>
Arsénico	–	<b>0.025 mg/L</b>	se ajustará de forma gradual durante los siguientes 6 años en todas las localidades hasta permanecer en <b>0.01 mg/L</b>
Cadmio	–	<b>0.005 mg/L</b>	se ajustará de forma gradual durante los siguientes 6 años en todas las localidades hasta permanecer en <b>0.003 mg/L</b>
Radiactividad alfa total	<b>0.56 Bq/L</b>	<b>0.5 Bq/L</b>	
Radiactividad beta total	<b>1.86 Bq/L</b>	<b>1.0 Bq/L</b>	

Tabla 4 Actualización de la NOM-127-SSA-2021

### Se eliminó:

- Fenoles
- Sodio
- Zinc
- Coliformes totales
- Olor

- Sabor
- Cloruros
- Gamma-HCH
- Heptacloro y éóxido de heptacloro
- Hexaclorobenceno

Se agregó:

- Níquel
- Selenio
- Bromatos
- Plata
- *Giardia lamblia*
- Microcistina-LR
- Formaldehído
- Estireno
- Compuestos orgánicos sintéticos como lo son compuestos orgánicos halogenados adsorbibles fijos, compuestos orgánicos no halogenados, compuestos orgánicos halogenados absorbibles purgables, los cuales se desglosan en nuevos parámetros.

Para los trihalometanos en la versión anterior se reportaban totales con las sumatoria de estos dando **200 µg/L** como límite, con las nuevas modificaciones se desglosa en bromodiclorometano, bromoformo, cloroformo, dibromoclorometano que al sumarlos tenemos un límite permisible de **560 µg/L**.

La Norma entrará en vigor a partir del 27 de abril de 2023

### 3.2 Análisis de las áreas afectadas y/o vulnerables.

Se nos proporcionaron documentos en donde se iban a tomar muestras de zonas afectadas o en riesgo donde se implementarían estas tecnologías.



Imagen 16 Sitios de muestreo de la biosfera selva El ocote

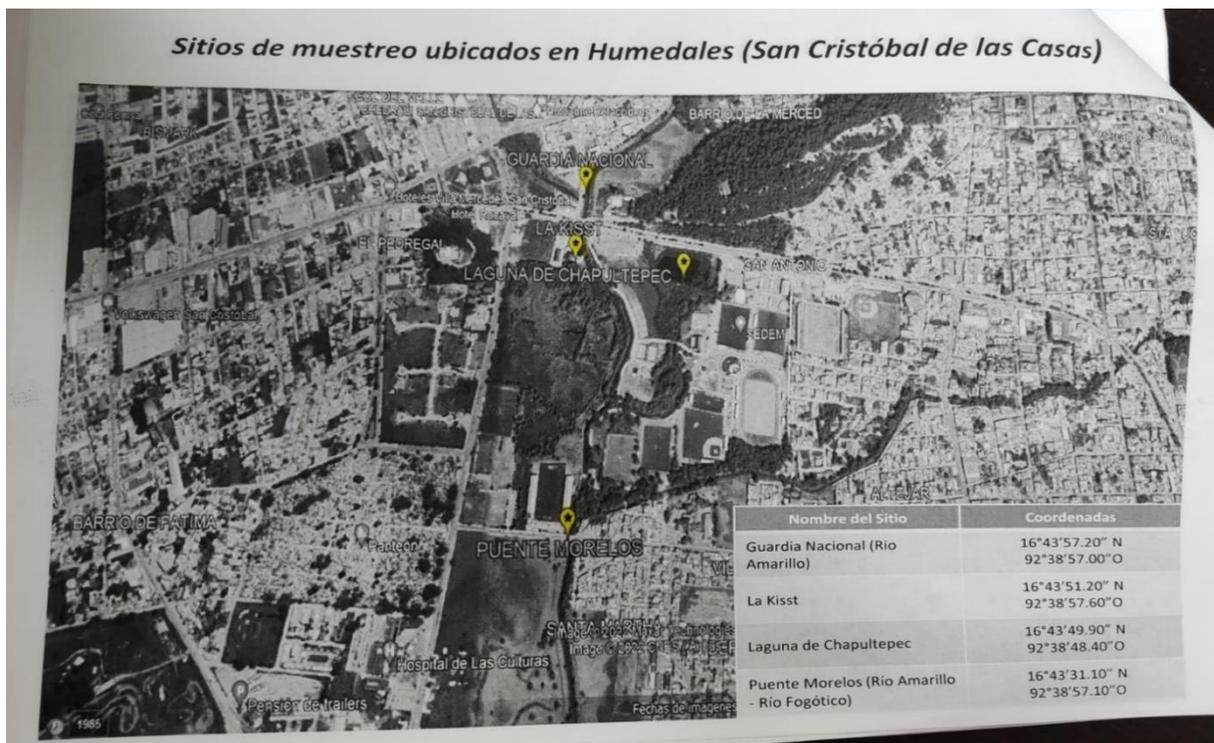


Imagen 17 sitios de muestreo san Cristóbal de las casas

**Sitios de muestreo ubicados en la parte baja del Río Suchiapa (Chiapa de Corzo)**

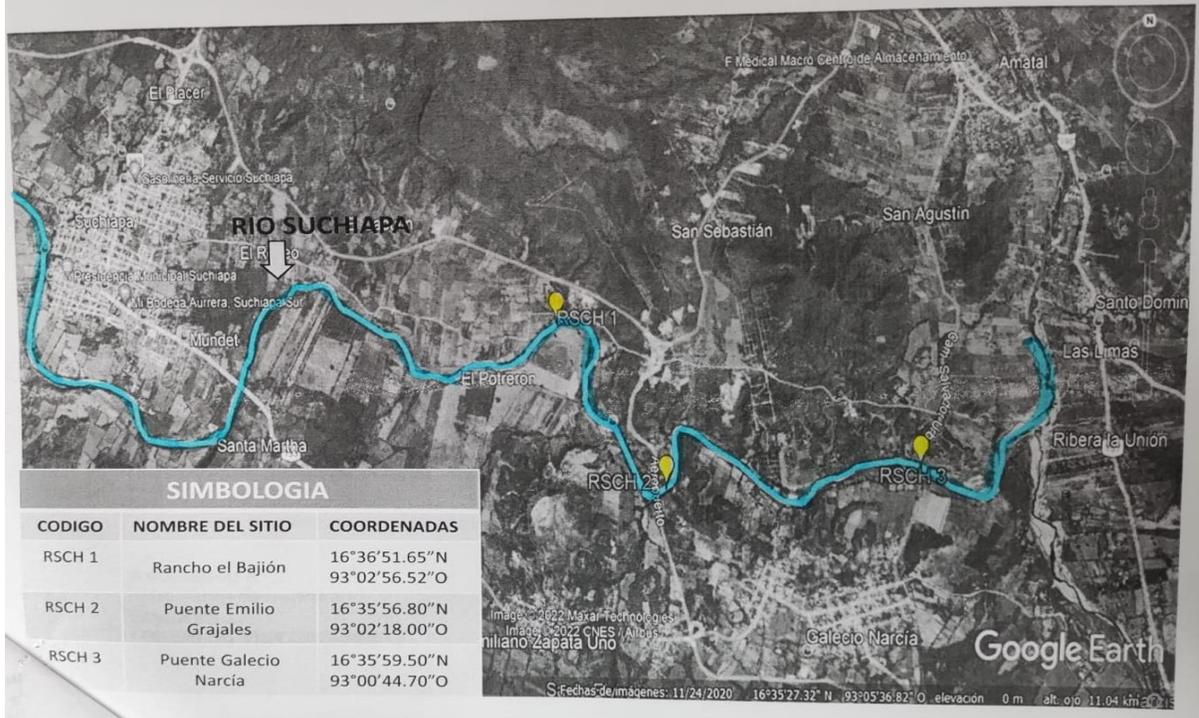


Imagen 18 Sitios de muestreo Chiapa de Corzo

**Sitios de muestreo ubicados en la parte baja del Río Suchiapa (Villaflores)**



Imagen 19 Sitio de muestreo Villaflores

Estos fueron los sitios que se propusieron para tomar muestras en caso de un desastre natural o alguna contingencia que pudiera suceder.

### 3.3 Muestreo de los cuerpos de agua y análisis de las muestras obtenidas.



*Imagen 20 muestreo ubicado en la fuente de abastecimiento Poza Azul, en el municipio de Salto de Agua.*



*Imagen 21 muestra en la entrada de la planta potabilizadora del Municipio de Tapachula de Córdoba y Ordoñez.*



*Imagen 22 Punto de toma en compuerta dos del Río Zanatenco, a 5 km de la cabecera municipal de Tonalá, Chiapas.*

### **Análisis de las muestras**

A todas las muestras que se muestreaban se les hacían los parámetros indispensables como lo son fosforo total, nitritos, nitratos, SAAM (sustancias activas al azul de metileno), y a otras además se hacían análisis de dureza, cloruros, solidos totales, sedimentable, sulfatos.

Siempre se preparaban las soluciones que se requerían para los diferentes análisis.



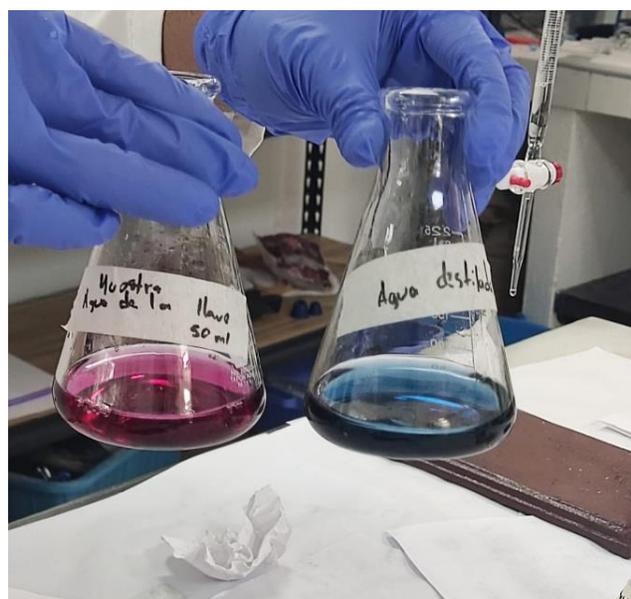
*Imagen 23 Obtención de agua destilada*



*Imagen 24 Técnica de dureza*

En la Imagen 25 se está haciendo la técnica de dureza, este método especifica el procedimiento para determinación de dureza en agua por titulación.

El método se basa en la formación de complejos por la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético con los iones calcio y magnesio. El método consiste en una valoración empleando un indicador visual de punto final, el negro de eriocromo T, que es de color rojo en la presencia de calcio y magnesio y vira a azul cuando estos se encuentran acomplejados o ausentes como se observa en la *Imagen 26*



*Imagen 26 Diferencia entre la dureza de agua destilada y agua de la llave*



*Imagen 25 Preparación de Cromato de potasio ( $K_2CrO_4$ )*

En la imagen 27 se observa la preparación de cromato de potasio que sirve como indicador en la titulación de muestras con cloruros.



*Imagen 28 Técnica de cloruros*

En la imagen 28 se observa la titulación de nitrato de plata con la muestra adicionada con cromato de potasio para después hacer una relación de gasto de nitrato de plata para ver cuanto cloruro hay en la muestra.



*Imagen 29 Técnica solidos sedimentables en cono IMHOFF*

En la *Imagen 29* podemos observar la técnica de solidos sedimentables donde la materia sedimentable en un tiempo determinado se deposita en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas.



*Imagen 30 Selección de buffer, técnica de sulfatos*

El ion sulfato precipita con cloruro de bario, en un medio ácido, formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme. La concentración de masa del ion sulfato se mide por comparación de la lectura con una curva de calibración analítica.



*Imagen 29 Análisis de la muestra en el espectrofotómetro, técnica de sulfatos*



*Imagen 31 Técnica de grasas y aceites*

En la *imagen 31* podemos ver el equipo de filtración, así como las muestras de agua residual, este método se basa en la adsorción de grasas y aceites en tierra de diatomeas, los cuales son extraídos en un equipo de extracción por recirculación empleando hexano como disolvente. Una vez terminada la extracción se evapora el hexano y se pesa el residuo que ha quedado en el recipiente; siendo este valor, el contenido de grasas y aceites.



*Imagen 31 Técnica de solidos suspendidos totales*

El principio de este método se basa en la medición cuantitativa de los sólidos y sólidos disueltos, así como la cantidad de materia orgánica contenidos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, mediante la evaporación y calcinación de la muestra filtrada o no, en su caso, a temperaturas específicas, en donde los residuos son pesados y sirven de base para el cálculo del contenido de estos. (NMX-034, 2015).



*Imagen 32 Técnica de nitritos*

En la *imagen 32* se observa la coloración (rosa) de las muestras al reaccionar los nitritos presentes en las muestras con las disoluciones de NEDA (N-(1-Naftil) etilendiamina) y sulfanilamida, esta después se pone en el espectrofotómetro para su análisis.



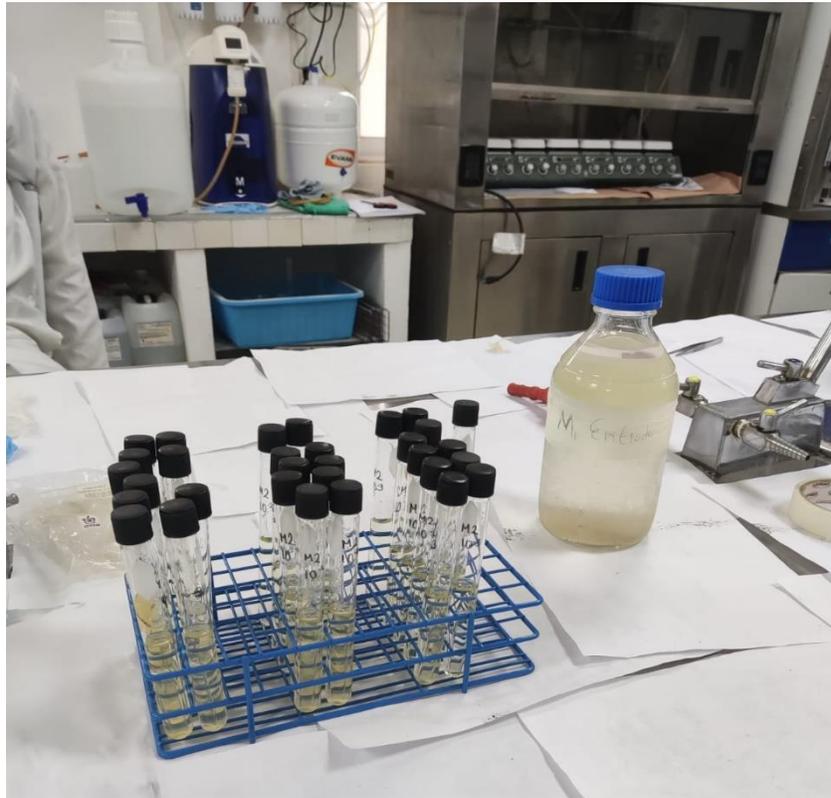
*Imagen 33 Técnica de fósforo total*

En la imagen 33 se observa la técnica de fósforo total ya formado ácido 12-molibdofosfórico para analizar en el espectrofotómetro.



*Imagen 34 Técnica de DQO tubos preparados para la titulación.*

En la imagen 34 se observa los tubos de color verde y amarillo que se titularan con FAS (sulfato de amonio y hierro (II)).



*Imagen 35 Técnica de Coliformes totales*

En la *imagen 35* se muestra tubos de ensaye ya incubados con poca presencia de organismos coliformes.



*Imagen 36 Técnica de nitratos*

En la imagen 36 se observa la adición de brucina a los tubos de ensaye que tienen la muestra de agua, cloruro de sodio y una disolución de ácido sulfúrico, para después calentarlo y leer en el espectrofotómetro.



*Ilustración 1 Exposición de la concientización del agua octubre 2022*

Se hizo una concientización a la población de la contaminación del agua en donde se expusieron lo que no se debe tirar directamente a los ríos, lagunas, mar, etc. Así como la manera de clorar el agua.



*Ilustración 2 Presentación del funcionamiento de un filtro purificador de agua para consumo*

Se nos presentó el funcionamiento de un filtro manual, donde contaba con un sistema de filtro de nanopartículas, carbón activado, este era el modelo de bombeo manual.

## Capítulo IV. Resultados

Los resultados de los análisis de las muestras de los diferentes lugares donde se realizaron muestreos darán las pautas para seleccionar el o los filtros con características que puedan suplir los diferentes parámetros de estos lugares. Son los siguientes.

### Planta potabilizadora municipal de Tapachula

#### Análisis Fisicoquímico

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
NITRATOS	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2001	0.66
NITRITOS	mg/l	NMX-AA-099-SCFI-2006	0.01
CLORUROS	mg/l	NMX-AA-073-SCFI-2001	1.98
DUREZA TOTAL	mg/l	NMX-AA-072-SCFI-2001	33.40
FOSFORO	mg/l	NMX-AA-029-SCFI-2001	0.21
SOLIDOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	130
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	107
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	23
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	NMX-AA-039-SCFI-2001	0.19
SULFATOS	mg/l	NMX-AA-074-SCFI-2014	31.32

Tabla comparativa

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>RESULTADO DE ANALISIS</b>	<b>CRITERIOS ECOLOGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. (FUENTE DE ABASTECIMIENTO)</b>	<b>NOM-127-SSA1-1994. (AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO)</b>
<b>NITRATOS</b>	mg/l	0.66	5	10
<b>NITRITOS</b>	mg/l	0.01	0.05	1
<b>CLORUROS</b>	mg/l	1.98	250	250
<b>DUREZA TOTAL</b>	mg/l	33.40	(1) N.A.	500
<b>FOSFORO</b>	mg/l	0.21	0.1	N.A.
<b>SOLIDOS TOTALES</b>	mg/l	130	1000	N.A.
<b>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES</b>	mg/l	107	500	1000
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>	mg/l	23	500	N.A.
<b>SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO</b>	mg/l	0.19	0.5	0.5
<b>SULFATOS</b>	mg/l	31.32	500	400

## Fuente de Abastecimiento de Salto de Agua

### Análisis Fisicoquímicos

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
NITRATOS	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2001	0.24
NITRITOS	mg/l	NMX-AA-099-SCFI-2006	<LDM
FOSFORO	mg/l	NMX-AA-029-SCFI-2001	<LDM
SULFATOS	mg/l	NMX-AA-074-SCFI-2014	7.44
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	NMX-AA-039-SCFI-2001	<LDM
CLORUROS	mg/l	NMX-AA-073-SCFI-2001	3.13
DUREZA	mg/l	NMX-AA-072-SCFI-2001	183.67
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	218
SOLIDOS SUSPENSADOS	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	5
SOLIDOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	223

Tabla comparativa

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO DE ANALISIS	CRITERIOS ECOLOGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. (FUENTE DE ABASTECIMIENTO)	NOM-127-SSA1-1994. (AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO)
TEMPERATURA	°C	25.3	T.A. +2.5	(1) N.A.
NITRATOS	mg/l	0.24	5	10
NITRITOS	mg/l	<LDM	0.05	1
FOSFORO	mg/l	<LDM	0.1	N.A.
SULFATOS	mg/l	7.44	500	400
SAAM	mg/l	<LDM	0.5	N.A.
CLORUROS	mg/l	3.13	250	250
DUREZA	mg/l	183.67	N.A.	500
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	218	1000	1000
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	5	500	N.A.
SOLIDOS TOTALES	mg/l	223	500	N.A.

Obra de Captación ubicada en el Rio Zanatenco, Tonalá

Análisis Fisicoquímicos

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
NITRATOS	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2001	0.23
NITRITOS	mg/l	NMX-AA-099-SCFI-2006	<LDM
CLORUROS	mg/l	NMX-AA-073-SCFI-2001	2.65
DUREZA TOTAL	mg/l	NMX-AA-072-SCFI-2001	53.64
FOSFORO	mg/l	NMX-AA-029-SCFI-2001	0.11

<b>SOLIDOS TOTALES</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-034-SCFI- 2015</b>	<b>126</b>
<b>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-034-SCFI- 2015</b>	<b>118</b>
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-034-SCFI- 2015</b>	<b>8</b>
<b>SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-039-SCFI- 2001</b>	<b>0.11</b>
<b>SULFATOS</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-074-SCFI- 2014</b>	<b>23.94</b>

Tabla comparativa

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>RESULTADO DE ANALISIS</b>	<b>CRITERIOS ECOLOGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. (FUENTE DE ABASTECIMIENTO)</b>	<b>NOM-127- SSA1-1994. (AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO)</b>
<b>NITRATOS</b>	<b>mg/l</b>	<b>0.23</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>NITRITOS</b>	<b>mg/l</b>	<b>(1) &lt;LDM</b>	<b>0.05</b>	<b>1</b>
<b>CLORUROS</b>	<b>mg/l</b>	<b>2.65</b>	<b>250</b>	<b>250</b>
<b>DUREZA TOTAL</b>	<b>mg/l</b>	<b>53.64</b>	<b>(2) N.A.</b>	<b>500</b>
<b>FOSFORO</b>	<b>mg/l</b>	<b>0.11</b>	<b>0.1</b>	<b>N.A.</b>
<b>SOLIDOS TOTALES</b>	<b>mg/l</b>	<b>126</b>	<b>1000</b>	<b>N.A.</b>
<b>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES</b>	<b>mg/l</b>	<b>118</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>	<b>mg/l</b>	<b>8</b>	<b>500</b>	<b>N.A.</b>
<b>SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO</b>	<b>mg/l</b>	<b>0.11</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>
<b>SULFATOS</b>	<b>mg/l</b>	<b>23.94</b>	<b>500</b>	<b>400</b>

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>RESULTADO</b>
<b>NITRATOS</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-028-SCFI-2001</b>	<b>0.38</b>
<b>NITRITOS</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-099-SCFI-2006</b>	<b>&lt;LDM</b>
<b>FOSFORO</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-029-SCFI-2001</b>	<b>&lt;LDM</b>
<b>SULFATOS</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-074-SCFI-2014</b>	<b>7.94</b>
<b>SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-039-SCFI-2001</b>	<b>&lt;LDM</b>
<b>CLORUROS</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-073-SCFI-2001</b>	<b>4.70</b>
<b>DUREZA</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-072-SCFI-2001</b>	<b>169.39</b>
<b>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-034-SCFI-2015</b>	<b>166</b>
<b>SOLIDOS SUSPENSADOS</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-034-SCFI-2015</b>	<b>6</b>
<b>SOLIDOS TOTALES</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMX-AA-034-SCFI-2015</b>	<b>172</b>

Cenobio Aguilar (La trinidad), municipio de Salto de Agua

**Análisis Físicoquímicos**

Tabla comparativa

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO DE ANALISIS	CRITERIOS ECOLOGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. (FUENTE DE ABASTECIMIENTO)	NOM-127-SSA1-1994. (AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO)
TEMPERATURA	°C	23.6	T.A. +2.5	(1) N.A.
NITRATOS	mg/l	0.38	5	10
NITRITOS	mg/l	<LDM	0.05	1
FOSFORO	mg/l	<LDM	0.1	N.A.
SULFATOS	mg/l	7.94	500	400
SAAM	mg/l	<LDM	0.5	N.A.
CLORUROS	mg/l	4.70	250	250
DUREZA	mg/l	169.39	N.A.	500
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	166	1000	1000
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	6	500	N.A.
SOLIDOS TOTALES	mg/l	172	500	N.A.

Planta potabilizadora de Tuxtla Chico

Análisis Físicoquímicos

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
NITRATOS	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2001	0.52
NITRITOS	mg/l	NMX-AA-099-SCFI-2006	<LDM
CLORUROS	mg/l	NMX-AA-073-SCFI-2001	0.66
DUREZA TOTAL	mg/l	NMX-AA-072-SCFI-2001	21.25

FOSFORO	mg/l	NMX-AA-029-SCFI-2001	0.12
SOLIDOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	138
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	114
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	24
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	NMX-AA-039-SCFI-2001	0.49
SULFATOS	mg/l	NMX-AA-074-SCFI-2014	20.25

Tabla comparativa

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO DE ANALISIS	CRITERIOS ECOLOGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. (FUENTE DE ABASTECIMIENTO)	NOM-127-SSA1-1994. (AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO)
NITRATOS	mg/l	0.52	5	10
NITRITOS	mg/l	(1) <LDM	0.05	1
CLORUROS	mg/l	0.66	250	250
DUREZA TOTAL	mg/l	21.25	(2) N.A.	500
FOSFORO	mg/l	0.12	0.1	N.A.
SOLIDOS TOTALES	mg/l	138	1000	N.A.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	114	500	1000
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	24	500	N.A.
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	0.49	0.5	0.5
SULFATOS	mg/l	20.25	500	400

## Cabecera Municipal de Salto de Agua

### Análisis Fisicoquímicos

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
NITRATOS	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2001	0.38
NITRITOS	mg/l	NMX-AA-099-SCFI-2006	<LDM
FOSFORO	mg/l	NMX-AA-029-SCFI-2001	<LDM
SULFATOS	mg/l	NMX-AA-074-SCFI-2014	7.93
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	NMX-AA-039-SCFI-2001	0.85
CLORUROS	mg/l	NMX-AA-073-SCFI-2001	4.69
DUREZA	mg/l	NMX-AA-072-SCFI-2001	169.39
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	166
SOLIDOS SUSPUENDIDOS	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	6
SOLIDOS TOTALES	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015	172

## Tabla comparativa

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO DE ANALISIS	CRITERIOS ECOLOGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. (FUENTE DE ABASTECIMIENTO)	NOM-127-SSA1-1994. (AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO)
TEMPERATURA	°C	26.4	T.A. +2.5	(1) N.A.
NITRATOS	mg/l	0.38	5	10
NITRITOS	mg/l	<LDM	0.05	1
FOSFORO	mg/l	<LDM	0.1	N.A.
SULFATOS	mg/l	7.93	500	400
SAAM	mg/l	0.85	0.5	N.A.
CLORUROS	mg/l	4.69	250	250
DUREZA	mg/l	169.39	N.A.	500
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	166	1000	1000
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	6	500	N.A.
SOLIDOS TOTALES	mg/l	172	500	N.A.

Como resultado de los análisis de agua se tomó la decisión de comprar 7 filtros de agua portátiles para llevarlas a los lugares donde sufran contingencias sanitarias, y/o en municipios afectados por Fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales, cuando sean necesarios, dado que a fecha de la realización de este informe solo se tiene el presupuesto de los filtros que se comprarán.

**“Implementación de Tecnologías Hídricas, para la prevención y atención de contingencias sanitarias, en municipios afectados por Fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales.”**

**DESGLOSE DE REQUERIMIENTOS**

**MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL**

No	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
1	<p>PLANTA PURIFICADORA DE AGUA CON CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 6,000 – 10,000 LITROS POR DÍA, LA CUAL ESTA INTEGRADA POR SIGUIENTES COMPONENTES:</p> <p>1.- SISTEMA HIDRONEUMATICO COMPUESTO POR:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-BOMBA DE 0.5 HP TIPO JET, IMPULSOR DE ACERO INOXIDABLE.</li> <li>-EQUIPO PRESURIZADOR ELECTRÓNICO VOLTAJE 110-115V, CORRIENTE MAXIMA DE 10A, GRADO DE PROTECCIÓN IP65.</li> </ul> <p>2.- FILTRO DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS POR MEDIO DE “ZEOLITA/MULTICAMA” CON TANQUE DE FIBRA DE VIDRIO DE 8x40 Y VALVULA MANUAL DE TRES PASOS.</p> <p>3.- FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO CON TANQUE DE FIBRA DE VIDRIO DE 8x40 CON VÁLVULA MANUAL DE TRES PASOS.</p> <p>4.- FILTRO SUAVIZADOR CON TANQUE DE FIBRA DE VIRIO DE 8x40 CON RESINA CATIONICA, INTEGRADA CON UN CABEZAL MANUAL PARA INYECCIÓN DE SAL.</p> <p>5.- FILTRO PULIDOR DE 10 BB CON 1 CARTUCHO PULIDOR MULTIRETENCIÓN Y 1 ABRILLANTADOR DE 5 MICRAS.</p>	PIEZA	7	\$ 116,785.34	\$ 817,497.41

6.- EQUIPO PURIFICADOR BACTERICIDA POR MEDIO DE LUZ U.V. CON CAPACIDAD DE 4 GALONES.

7.- EQUIPO GENERADOR DE OZONO.

8.- EQUIPO MODULAR DE ACERO INOXIDABLE PARA LLENADO DE 2 GARRAFONES, INCLUYE PIPETA PARA LLENADO DE BOTELLAS.

9.- 2 TANQUES CON CAPACIDAD DE 2,500 L. COLOR BLANCO, GRADO ALIMENTICIO.

10.- GENERADOR DE ENERGÍA DE 7 Hp de 3,100 WATTS.

**SUBTOTAL** \$ **817,497.41**

**IVA** \$ **130,799.59**

**TOTAL** \$ **948,297.00**

## 4.2 Otros resultados

De los demás resultados que se lograron del proyecto fue un inventario de los reactivos presentes en el laboratorio de análisis de calidad del agua, del instituto estatal del agua.

No	REACTIVO	Volumen (ml)	FORMULA	FRASCOS
1	Acido Sulfurico	2500	H2SO4	16
2	1-Propanol	1000	C3H8O	1
3	2-Propanol	1000	CH3CHOHCH3	1
4	Acetona	1000	(CH3)2CO	1
5	Acido acetico glacial	500	CH3COOH	2
6	Acido acetico glacial	2500	CH3COOH	4
7	Acido Clorhidrico	2500	HCl	4
8	Acido Clorhidrico	1000	HCl	9
9	Acido nitrico	2500	HNO3	1
10	Acido nitrico (70%)	1000	HNO3	2
11	Acido perclorico	500	HClO4	1
12	Alcohol Etilico 96° G.L.	20000	C2H5OH	5
13	Alcohol etilico absoluto	500	C2H5OH	2
14	Alcohol etilico absoluto	1000	C2H5OH	1
15	Alcohol isobutilico	3400	(CH3)2CHCH2OH	3
16	Alcohol isopropilico	950	CH3CHOHCH3	2
17	Alcohol isopropilico	1000	CH3CHOHCH3	1
18	Carbonato de Calcio	1000	CaCO3	2
19	Cloroformo	500	CHCl3	2
20	Cloroformo	4000	CHCl3	5
21	Eter de petroleo	950	-	3
22	Eter Etilico Anhidro	950	(CH3CH2)2O	5
23	Fenol	500	C6H6O	1
24	Glicerina	500	C3H8O3	1
25	Glicerol, Anhidro	1000	HOCH2CHOHCH2OH	5
26	Glucosa	1000	C6H12O6	2
27	Hexanos	1000	C6H14	4
28	Hidroxido de amonio	1000	NH4OH	1
29	Hidroxido de amonio	2500	NH4OH	2
30	Lugol	500	KI	1
31	Metanol	3400	CH3OH	2
32	Peroxido de Hidrogeno (30%)	500	H2O2	3
33	Tolueno	950	C6H6CH3	3
34	Yodo lugol concentrado	1000	KI	1

Imagen 37 Inventario del laboratorio en EXCEL

Se hizo un programa para agilizar los cálculos de las diferentes técnicas que requieran hacer cálculos complejos o comparar resultados con curvas de calibración. Este programa se hizo en Excel y puede ser usado siempre y cuando se usen las normas NMX-AA-SCFI, ya que este programa se basa en estas técnicas.

El programa solo solicita al ingeniero datos que se consiguen al realizar las técnicas de las NMX, y el programa calcula lo que requiere saber, y siempre trae el modelo matemático por si se requiere saber otro valor.

Menu de calculos de NMX-AA Para agua potable (1) - Excel

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda

Calibri 11 A<sup>+</sup> A<sup>-</sup> Ajustar texto General Formato condicional Dar formato como tabla Estilos

C37

Para regresar a Menu da click aquí

**DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS. NMX-AA-072-SCFI-2001**

Celdas amarillas son datos que el usuario debe de ingresar  
Celdas celeste son datos que el programa calcula

\*Calculo para preparar la solución de NH3 al 3 N. a partir de una disolución\*

Densidad de la solución:	0.89 g/ml
Pureza de NH3 en la solución	29.2 g/g
Volumen de solución de NH3 a 3 N preparar:	0.1 L

Volumen de EDTA (0.01 M) gastados en la titulación de la alícuota de 25 ml de solución de CaCO3(1 mg/ml) = 23.5 ml de EDTA

mg de equivalentes a ml de EDTA (0.01 M) = 1.06382979 mg/ml

Volumen de EDTA (0.01 M) gastados en la titulación de la alícuota de 50 ml del blanco ( agua destilada) = 0.6 ml de EDTA

Volumen de EDTA (0.01 M) gastados en la titulación de la alícuota de 50 ml de la muestra =

Alicota 1 =	9.2 ml	Promedio de volumen gastados de EDTA (0.01 M) para titular las muestras=	9.2 ml	Precisión= 9.2	Desviación estándar= 0	*Con su intervalo de confianza*
Alicota 2 =	9.2 ml					
Alicota 3 =	9.2 ml					

Dureza total expresada como CaCO3 (mg/L) = 182.978723 mg/L

**Dureza total expresada como CaCO<sub>3</sub> (mg/L) =  $\frac{(A-B) \times C \times 1,000}{D}$**

donde:

A son los mL de EDTA gastados en la titulación en la muestra;  
B son los mL de EDTA gastados en la titulación en el blanco (si fue utilizado);  
C son los mg de CaCO<sub>3</sub> equivalentes a 1 mL de EDTA, y  
D son los mL de muestra.

10.2 Expresar la dureza total como mg/L CaCO<sub>3</sub> con la precisión correspondiente.

Menu Dureza Nitritos Nitratos Solidos SAAM FOSFORO T SULFATOS Cloruros

Imagen 38 menú de cálculo de NMX, en EXCEL

Otro resultado que se logró en este proyecto es hacer una guía rápida de mediciones y diagramas de flujo, para facilitar la lectura de las técnicas y evitar

confusiones que se pueden llegar a generar por parte de las NMX, ya que estas consideran el que el lector tiene todo a disposición, y puede llegar a ser un poco ambiguo en algunas situaciones como al describir un color.

### **Fosforo: (hasta 200 ug de P)**

- **Blanco mas tres repeticiones de la muestra.**
- 100 ml de muestra + 1 gota de fenolftaleína + 1 ml de ácido fuerte + 0.4g persulfato de NH<sub>4</sub> ó K.
- Calentar por 30 min en autoclave. → Enfriar y agregar Disolución NaOH (1N) hasta quedar color rosa palido.
- Agregar acido fuerte hasta quedar incoloro.
- 4 ml de Dis. Heptamolibdato (Agitar fuertemente) y 10 gotas de SnCl.
- Medicion de color entre 10 a 12 min (690 nm)

### **Nitrato (0.1 a 1 mg/L de N-NO<sub>3</sub>)**

- **Blanco más tres repeticiones de la muestra.**
- A 10 ml de muestra agregar 2 ml de NaCl (esperar 2 min), y agregar 10 ml de Dis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Enfriar y agregar 0.5 ml (10 gotas) de Dis. Brucina (Agitar considerablemente).
- Meter los tubos en un baño con Agua en ebullición (perlas de ebulicion) al mismo tiempo por 20 min.
- Enfriar y medir absorbancia a 410 nm.

### **Nitrito (0.01 0.1 mg/L N-NO<sub>2</sub>)**

- **Blanco más tres repeticiones de la muestra.**
- A 100 ml de muestra agregar 1 ml de disoluion sufamilamida (agitar por 2 a 8 min) y despues medir ph acido (1.9 a 2.5)
- Agregar 1 ml NEDA
- 10 min despues analizar a 543 nm pero no mas de 1 hr.

### **Dureza**

- **Blanco más tres repeticiones de la muestra.**
- A 25 ml Dis CaCO<sub>3</sub> agregar 1 ml de Dis. Amortiguadora más 0.2 gr de Indicar Negro de ericromo preparado.
- Titular con Dis. EDTA (0.01 M) para obtener la relación entre ml de EDTA corresponde a ml de CaCO<sub>3</sub>
- A la muestra de 50 ml agregar 1 ml de Dis. Amortiguadora mas 0.2 gr de Indicar Negro de ericromo preparado.
- Titular con Dis. EDTA (0.01 M) (Cambio de color de rojo a azul)

*Imagen 39 Guía rápida de mediciones en PDF.*

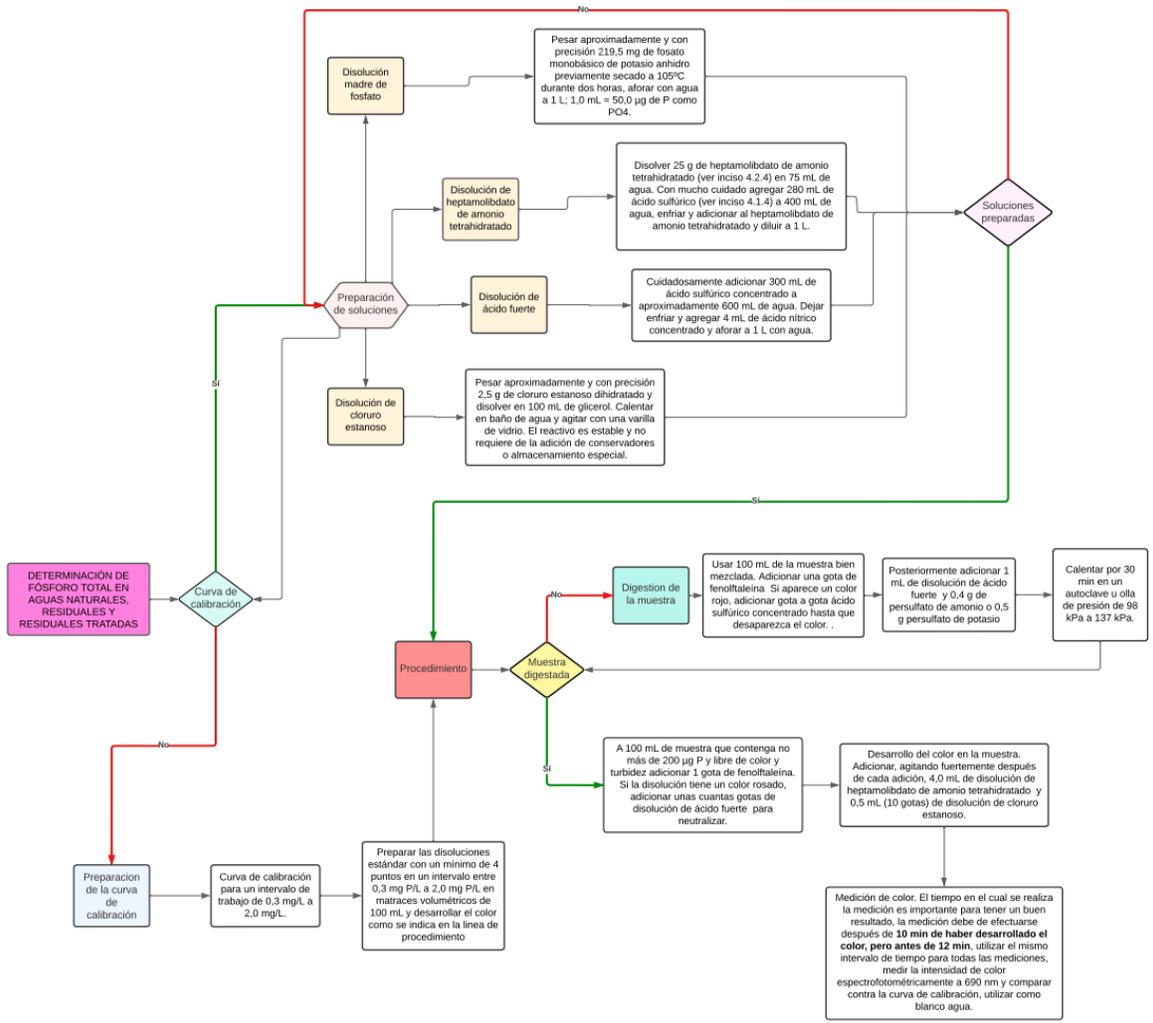


Imagen 40 Diagrama de determinación de fósforo total

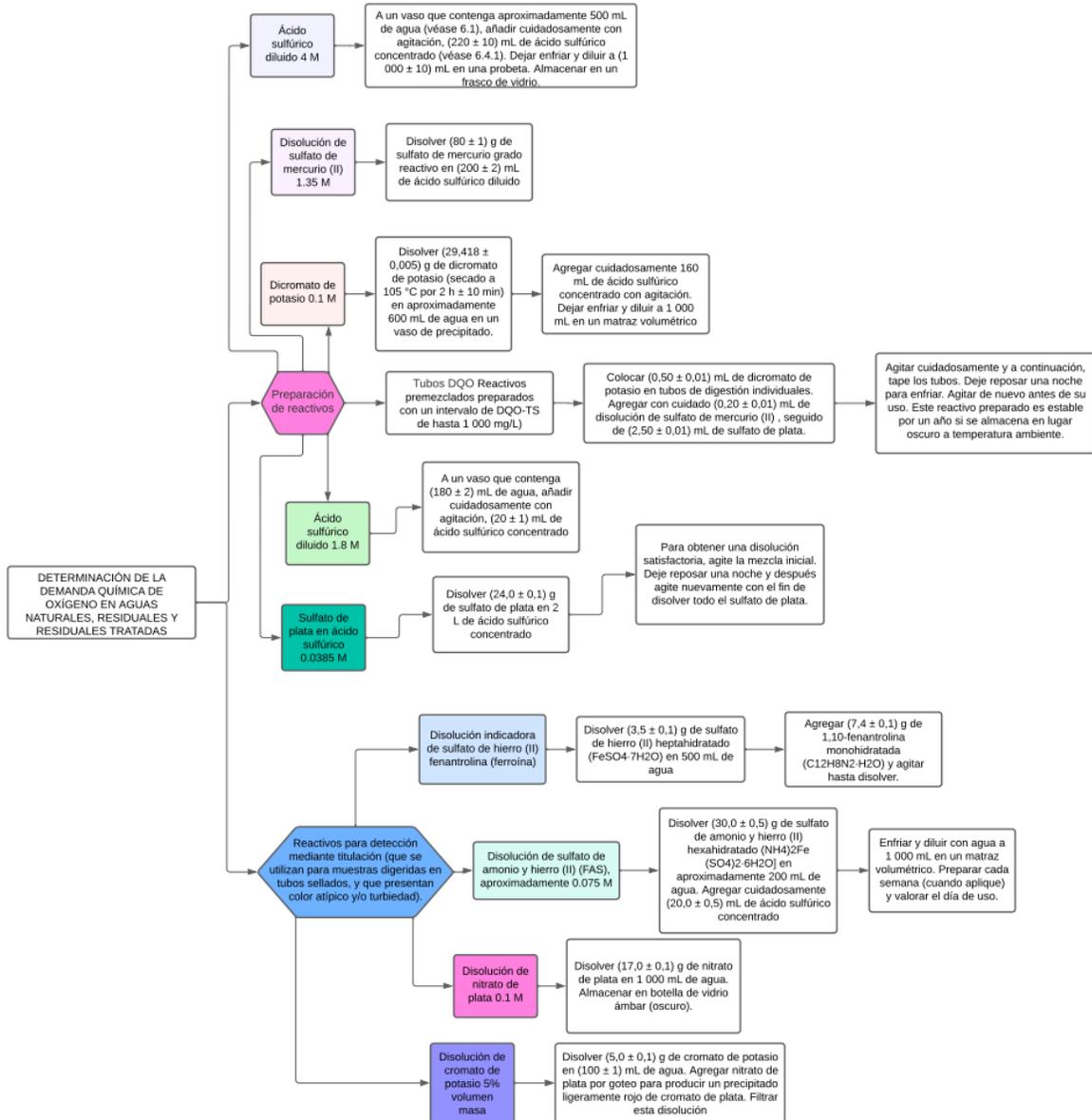
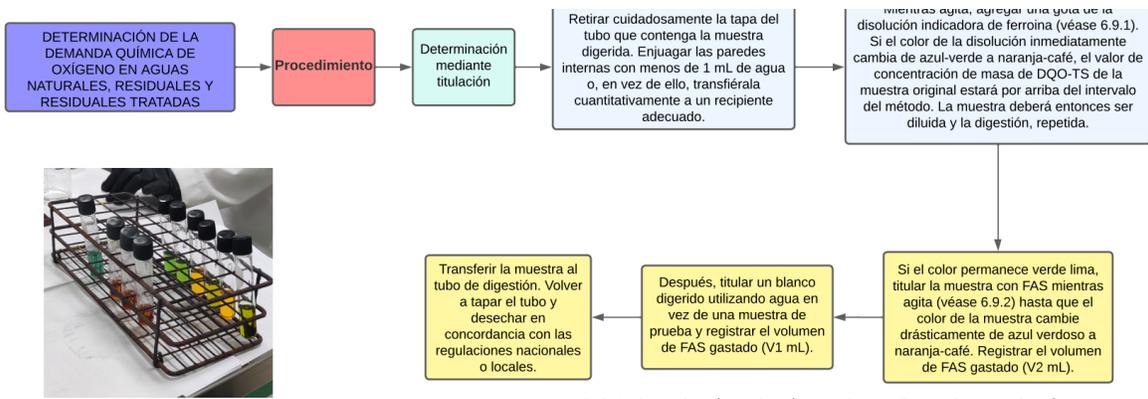


Imagen 41 Diagrama de DQO



Calcule la demanda química de oxígeno,  $\gamma$  (DQO-TS), en miligramos de oxígeno por litro, usando la siguiente ecuación:

$$\gamma(DQO-TS) = \frac{8000 \cdot c(FAS) \cdot (V_1 - V_2)}{V_0}$$

Dónde:

- $\gamma$  DQO-TS) Es la concentración de masa de DQO, expresado en mg/L
- c (FAS) Es la concentración de cantidad de sulfato de amonio y hierro (II) utilizada en la medición, expresada en mol/L
- $V_0$  Es el volumen de la porción de prueba antes de dilución (si hay), expresado en mililitros (mL).
- $V_1$  Es el volumen del sulfato de amonio y hierro (II) (FAS) usado en la titulación contra el blanco, expresado en mililitros (mL).
- $V_2$  Es el volumen del sulfato de amonio y hierro (II) (FAS) usado en la titulación contra la porción de prueba, expresado en mililitros (mL).
- 8 000 Es la masa molar de  $\frac{1}{2}$  O<sub>2</sub> (O), expresada en mg/mol.

Imagen 42 Diagrama de procedimiento de DQO

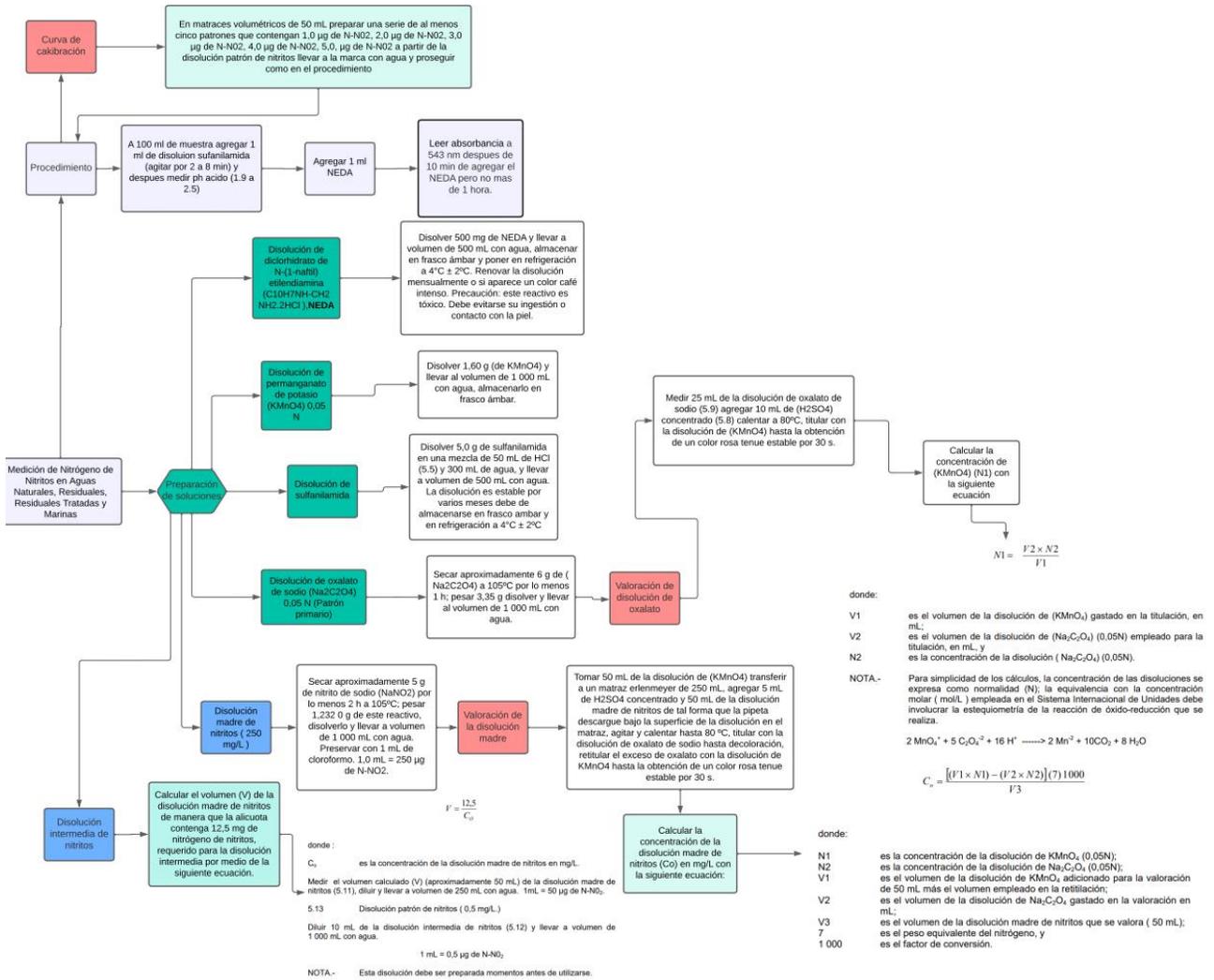


Imagen 43 Diagrama de Nitratos

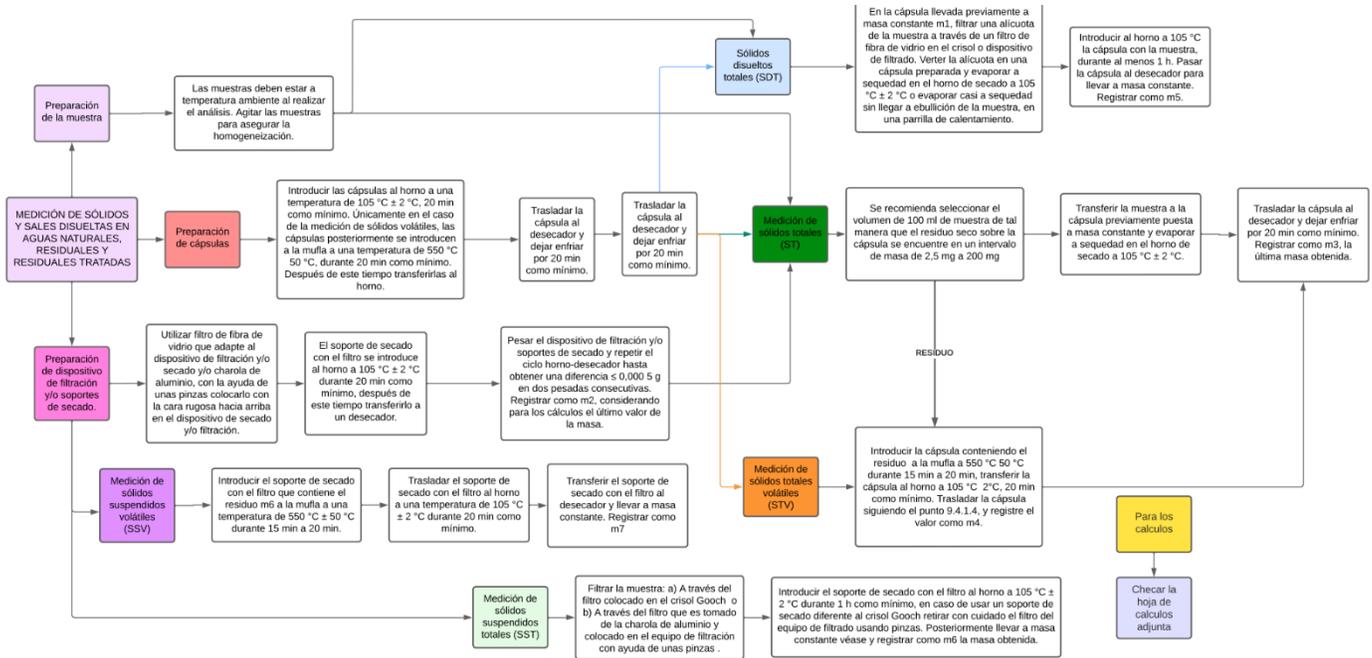


Imagen 44 Diagrama de sólidos disueltos

Estos son algunos de los diagramas que se hicieron, dado que son muchos más, aquí se pusieron algunos, sin embargo, si se solicitan pueden obtenerse todos en mucho mayor calidad, así como también la guía rápida, y el programa de Excel.

## Capítulo V. Conclusiones

1.- El agua analizada de los diferentes lugares, cumple con la normativa, sin embargo, hay algunas que rozan el límite máximo permisible en fosforo total y SAAM, por lo que me hace llegar a la conclusión que se usa detergente para lavar ropa, en las cercanías de las aguas de abastecimiento, esto puede llegar a ser perjudicial, ya que esta agua es la que se usa para las diferentes actividades y para su consumo y es que el fosforo en altas concentraciones, y a intervalos de exposición cortos, la sustancia puede tener efectos sobre el hígado y los riñones, llegando a producir la muerte. Una exposición repetida o prolongada al fósforo blanco, puede afectar a los huesos, provocando una degeneración ósea.

Además de los peligros que podrían generar al ser humano también afecta al medio ambiente como, por ejemplo:

- Incrementan el pH de aguas residuales elevando sus niveles modificando el ciclo de vida de especies acuáticas.
- Ocasionan incremento de nutrientes en los cauces de ríos que reciben las aguas residuales, produciendo incremento descomunal de algas y malos olores por la acumulación de grandes cantidades de fósforo.
- Los fosfatos se sustituyen por sustancias como Ácido Nitrilotriacético NTA o Ácido Etilendiaminotetraacético EDTA que no minimizan los efectos de la eutrofización, contienen iones pesados los cuales se disuelven en el agua y pueden ser ingeridos por la población.
- Mercurio, plomo y cromo que son metales pesados pueden disolverse en agua causando alteración de la cadena trófica o perjuicios de tipo genético en especies.
- Cloro y compuestos organoclorados pueden alcanzar aumento en su concentración convirtiéndose en una amenaza por sus efectos mutagénicos y cancerígenos.
- La demanda de oxígeno para llevar a cabo la descomposición de compuestos de origen orgánico originados por los detergentes, produce condiciones de anoxia provocando la muerte de flora y fauna acuática.

- Ciertos tensoactivos son tóxicos alterando las condiciones de vida de microorganismos y organismos superiores.
- Tienen impacto directo en los procesos de sedimentación, floculación y coagulación sobre las plantas que permiten y facilitan la depuración.
- Contamina las aguas subterráneas.
- Generan grandes cantidades de espuma en aguas induciendo cambio en los términos de dilución de oxígeno, a su vez afecta el atributo atractivo del paisaje (Karpinská y Moskal, 2004).

2.- En general se puede concluir que el agua puede purificarse con un buen sistema de purificación y llegar a ser bebible.

3.- El objetivo principal de adquirir filtros para su uso en diferentes situaciones y en diferentes lugares del estado de Chiapas se cumplió, ya que los filtros adquiridos están diseñados para el agua de abastecimiento que se encuentra en los diferentes municipios del estado.

4.- En cuestión de concientizar a las personas a cuidar el agua y el manejo de residuos, se cumplió, aunque ya es cuestión de cada comunidad el seguir llevando las recomendaciones que se les han dado, como el lavar lejos de las zonas de abastecimiento para que el suelo retenga la mayor cantidad de contaminantes como lo es el fosforo, algo así como un filtro natural que nos brinda la tierra.

## Capitulo VI. Recomendaciones

- Se debe analizar periódicamente el agua proveniente de los ríos para verificar el estado de la fuente de abastecimiento y poder tomar medidas ante cualquier cambio en su calidad, se recomienda al menos dos veces al año (periodo de estiaje y temporada de lluvias).
- Se deberá de analizar el agua que se distribuye a la población, ante la próxima entrada en vigor de la **NOM-127-SSA1-2021**, en el cual se incluyen nuevos parámetros y valores de límites máximos permisibles, de esta manera se tendrá certeza en el cumplimiento normativo.

- Revisar periódicamente los filtros, tuberías, válvulas, accesorios, y demás operaciones y procesos que intervengan en el tratamiento de las plantas potabilizadoras, con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y cumplimiento en el tratamiento.
- Se deberá tener en observación las cercanías de la fuente de abastecimiento con el fin de no contaminar por error con descargas inusuales el agua.

## **Capitulo VII. Competencias desarrolladas**

- Esta práctica profesional permitió reafirmar los conocimientos adquiridos durante la estancia en la carrera de Ingeniería en química, demostrando de esta forma la capacidad para analizar, diseñar e implementar estrategias para ayudar al Instituto estatal del agua (INESA) a alcanzar sus objetivos. De este modo, pude aplicar las habilidades de manejo y análisis.
- Se aplica los conceptos, principios, métodos y criterios para el diseño, selección, operación y adaptación de equipos industriales utilizados en procesos de separación mecánica. (filtro)
- Manejo de material y equipo de laboratorio
- Se Comprende, aplica y relaciona los fundamentos, métodos gravimétricos, volumétricos, de química analítica utilizados para el análisis de agua, soluciones, reactivos, para el desarrollo de las técnicas usadas.

## **Capitulo VIII. Fuentes de información**

### **Bibliografía**

- AWASA. (2022). AWASA. Obtenido de <https://awasa.com.mx/productos-tratamiento-de-aguas/filtracion-separacion-de-solidos-leopold/falso-fondo/>
- Barrios, C. T. (2009). *Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades*. Lima (Perú): Organización panamericana de la salud.

- BLACIO, D., & PALACIOS, J. (2011). *FILTROS LENTOS DE ARENA*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Brigard, M. (2007). *Purificación de aguas*. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- COMAPA. (2022). *Potabilización*. Altamira: COMAPA. Recuperado el Septiembre de 2022
- CONAGUA. (2020). *Manual de Agua Potable, alcantarillado y saneamiento fenómenos transitorios de líneas de conducción*. México D.F. Tlalpan: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2022). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento*. México D.F.: Publicaciones de SEMARNAT.
- Cough, R. (12 de Agosto de 2019). *Laminas y Aceros*.
- Garcia, A. (17 de Septiembre de 2018). *Ecología verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-sedimentacion-del-agua-potable-1507.html>
- Gardnerdenver. (2022). *Soplantes y retrolavados*. Obtenido de <https://www.gardnerdenver.com/es-mx/hoffmanandlamson/industries/water-and-wastewater-treatment/filter-backwash#:~:text=El%20retrolavado%20es%20un%20proceso,agua%20que%20pasa%20por%20él>.
- González, K. (2014). *Análisis Granulométrico*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Grace, M. (2016). *Performance of novel media in stratified filters to remove organic carbon from lake water*.
- Guime, F. (2002). Filtración Agua potable. *Agua Latinoamerica #60*, 10-13.
- Imperquimia. (2017). *GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S*. México, D.F.: Imperquimia.

- INSUTEC. (2011). *INSUTEC*. Obtenido de instituto superior tecnológico : <http://insutecmza.blogspot.com/2011/06/tamicas-definicion.html>
- Jorge, W. i. (2015). *EL AGUA COMO RECURSO NATURAL DESDE LA PERSPECTIVA DEL DERECHO ECONÓMICO*. Obtenido de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/8/3977/28.pdf>
- Macias, J. (2013). *Academia de ingeniería de Mexico*. Ciudad de México: Retrived.
- Mulley, R. (2004). *Flow of Industrial Fluids: Theory and Equations*. CRC.
- ORTHOS. (06 de Noviembre de 2020). *Boquillas filtrantes Tipos, Aplicaciones y metodos de fijación*. Obtenido de ORTHOS: <https://orthosfilters.com/nozzle-geometries-and-mounting-methods/>
- Puerto, S., & Daniel, S. (2008). *REHABILITACION FILTRO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA*. Bogotá.
- Revista española de tecnología. (2020). *redeweb*. Obtenido de <https://www.redeweb.com/actualidad/vernier/>
- Rojas, J. (2009). *Calidad del agua tercera*. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- SINA. (noviembre de 2022). *Agua renovable*. Obtenido de <https://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?p=2>
- SONDAGUA. (s.f.). *¿Cuál es la mejor solución de almacenamiento de agua potable?* Recuperado el 10 de Octubre de 2022, de SONDAGUA Ingenieros civiles: <https://www.sondagua.cl/blog/la-mejor-solucion-almacenamiento-agua-potable/>
- SUSTRAIAK grupo. (2022). *SUSTRAIAK*. Obtenido de <https://www.sustraiakgrupo.com/abastecimiento-de-agua/accesorios/collarines-de-toma/>
- TVL. (2022). *TVL compañía especialista en vapor*. Obtenido de <https://www.tlv.com/global/LA/product-solutions/automatic-air-vents.html#1>

TZOUPANOS, N. y. (2008). *Coagulation Flocculation Processes in Water Wastewater Treatment*. Grecia: IASME.

Sánchez, David. (2015). Ingeniería ambiental, calidad de las aguas. Capítulo 11, Calidad del agua y su control. Escuela de Ingenieros de caminos, canales y puentes. Ciudad Real, España.

UNESCO. (2009). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. De <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/factsand-figures/all-facts-wwdr3/fact-15-water-pollution/>

Carbajal Azcona, Á., & González Fernández, M. (2012). Propiedades y Funciones biológicas del agua. En Vaquero, Toxqui, & F. d. Farmacia (Ed.), *Agua para la Salud. Pasado, Presente y Futuro* (págs. 33-45). Madrid: Departamento de Nutrición. doi:978-84-00-09572-7

CONAGUA. (26 de FEBRERO de 2015). CRITERIOS GENERALES PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE RESULTADOS ANALITICOS. Obtenido de NORMATIVA DE CONTROL DE ANALISIS DE AGUA: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-115-SCFI-2001.pdf>

RODRIGUEZ, D. C. (26 de ENERO de 2015). MASTER EN INGENIERIA MEDIOAMBIENTAL Y GESTION DEL AGUA.

Sánchez Guillén, J. (2009). BIOMOLÉCULAS.

# Capitulo IX. Anexos

## Sequias en nuestra entidad



## Heladas en nuestra entidad



## ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS EDA'S 2020

No.	DISTRITO SANITARIO	MUNICIPIO	EDA'S 2020
1	VII	Acacoyagua	249
2	I	Acala	967
3	VII	Acapetahua	900
4	IX	Altamirano	576
5	V	Amatán	178
6	X	Amatenango de la Frontera	368
7	II	Amatenango del Valle	72
8	IV	Ángel Albino Corzo	415
9	VIII	Arriaga	1,667
10	X	Bejucal de Ocampo	95
11	X	Bella Vista	423
13	I	Berriozábal	794
14	V	Bochil	525
15	V	El Bosque	764
16	VII	Cacahoatán	2,529
17	VI	Catazajá	294
18	I	Cintalapa	1,343
19	I	Coapilla	65
20	III	Comitán de Domínguez	5,074
21	IV	La Concordia	313
22	I	Copainalá	329
23	II	Chalchihuitán	545
24	II	Chamula	1,134
25	II	Chanal	339
26	V	Chapultenango	236
27	II	Chenalhó	1,383
28	I	Chiapa de Corzo	2,080
29	I	Chiapilla	319
30	I	Chicoasén	177
31	III	Chicomuselo	1,106
32	IX	Chilón	2,728
33	VII	Escuintla	1,439

"2021, Año de la Independencia"

**ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS EDA'S 2020**

No.	DISTRITO SANITARIO	MUNICIPIO	EDA'S 2020
70	VIII	Pijijiapan	1,816
71	X	El Porvenir	173
72	V	Pueblo Nuevo Solistahuacán	1,466
73	V	Rayón	128
74	V	Reforma	10,744
75	II	Las Rosas	208
76	VI	Sabanilla	334
77	VI	Salto de Agua	673
78	II	San Cristóbal de las Casas	7,200
79	I	San Fernando	734
80	II	San Juan Cancuc	398
81	I	San Lucas	114
82	X	Siltepec	1,474
83	V	Simojovel	2,303
84	IX	Sitalá	526
85	III	Socoltenango	509
86	V	Solosuchiapa	321
87	I	Soyaló	154
88	I	Suchiapa	178
89	VII	Suchiate	1,407
90	V	Sunuapa	26
91	VII	Tapachula	11,271
92	V	Tapalapa	65
93	V	Tapilula	383
94	I	Tecpatán	1,113
95	II	Tenejapa	416
96	II	Teopisca	604
97	VI	Tila	763
98	VIII	Tonalá	2,881
99	I	Totolapa	131
100	III	La Trinitaria	1,676
101	VI	Tumbalá	634
102	VII	Tuxtla Chico	1,581
103	I	Tuxtla Gutiérrez	20,335
104	VII	Tuzantán	239
105	III	Tzimol	410

"2021, Año de la Independencia"

**ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS EDA'S 2020**

No.	DISTRITO SANITARIO	MUNICIPIO	EDA'S 2020
34	I	Francisco León	72
35	III	Frontera Comalapa	824
36	VII	Frontera Hidalgo	381
37	X	La Grandeza	68
38	VII	Huehuetán	652
39	II	Huixtán	447
40	V	Huitiupán	764
41	VII	Huixtla	1,788
42	III	La Independencia	749
43	V	Ixhuatán	537
44	v	Ixtacomitán	263
45	I	Ixtapa	776
46	V	Ixtapangajoya	145
47	I	Jiquipilas	510
48	V	Jitotol	31
49	V	Juárez	746
50	II	Larráinzar	557
51	VI	La Libertad	128
52	VII	Mapastepec	934
53	III	Las Margaritas	2,995
54	X	Mazapa de Madero	167
55	VII	Mazatán	632
56	VII	Metapa	47
57	II	Mitontic	409
58	X	Motuzintla	2,022
59	I	Nicolás Ruíz	27
60	IX	Ocosingo	8,054
61	I	Ocoatepec	128
62	I	Ocozacoautla de Espinosa	2,136
63	II	Oxchuc	918
64	V	Ostuacán	1,192
65	I	Osumacinta	67
66	VI	Palenque	2,209
67	II	Pantelhó	513
68	V	Pantepec	253
69	V	Pichucalco	2,407

## Otra tecnología hídrica



Ilustración 3 Hipo clorador eléctrico