



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:

Gustavo Alonso Tamayo Roman

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

INGENIERIA QUIMICA

ASESOR INTERNO:

Dr. Juan José Villalobos Maldonado

ASESOR EXTERNO:

Ing. German Alejandro Herrera Flores

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Junio de 2022

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por todas las bendiciones que me ha dado en mi vida, y por permitirme alcanzar este logro profesional.

A mis padres por haberme instruido a lo largo de mi vida e inculcarme buenos valores y principios, así como inspirarme para mi desarrollo profesional, principalmente por el apoyo brindado y sus consejos en el desarrollo de mi preparación académica, que sin duda alguna fueron necesarios para que llevase a cabo el proyecto de residencia profesional, no hubiese podido llegar a estos resultados de no haber sido por su ayuda incondicional.

A mis maestros del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, que a lo largo de la carrera con dedicación y esmero me enseñaron sus conocimientos, logrando así los objetivos planteados desde el principio de la carrera, en especial al Dr. Juan José Villalobos Maldonado, quien con sus conocimientos me oriento y guio en cada una de las etapas de este proyecto para llegar a los resultados esperados.

A la empresa INESA por haberme dado la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y por permitirme cumplir mis objetivos trazados, y en gran medida a mi asesor por dedicar su tiempo para el desarrollo de este proyecto, por sus consejos y observaciones que me ayudaron a enriquecer mi trabajo final.

Resumen

El agua es un recurso vital y esencial para el ser humano, dado que con ella se realiza diversas actividades en el día a día, y como tal es un derecho instituido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, por lo tanto esta debe de ser suficiente, aceptable y físicamente accesible. Sin embargo en Chiapas a pesar de ser el estado de México con mayor accesibilidad a este recurso presenta una gran vulnerabilidad ante Fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos, e Incendios Forestales, y que históricamente han llegado a convertirse en “desastres”, ocasionando pérdidas humanas y económicas. Con el paso de tormentas tropicales, huracanes, sequias, olas de calor, frentes fríos, sismos e incendios forestales, la infraestructura de servicios básicos sufre afectaciones, principalmente en las obras de toma, fuentes de abastecimiento, líneas, redes, tanques, equipos de operación, caminos de acceso a manantiales, pozos comunitarios, etc. comprometiendo la calidad y abasto de agua a la población, provocando brotes de infección que conllevan a una contingencia sanitaria.

Ante tales casos se cuenta con la implementación de tecnologías hídras como son los equipos certificados ante la COFEPRIS “NOM-201-SSA1-2015”, con análisis de laboratorio certificado, donde se demuestre que el agua tratada cumpla con la calidad apta para uso humano “NOM-127-SSA1-1994. Siendo estos, Plantas Purificadoras de Agua con componentes sencillos para su operatividad y fácil manejo para el traslado a zonas de difícil acceso, con el objetivo de dar atención a la población afectada resguardando su salud, y a daños causados en la infraestructura pública estatal, ocasionados por desastres naturales y humanos.

Índice

Agradecimiento:.....	1
Resumen:.....	2
Introducción:	11
Descripción de la Empresa:	12
Problemas a Resolver:.....	15
Objetivos:	16
Objetivo general:.....	16
Objetivos específicos:.....	16
Justificación:	17
Marco teórico:.....	18
10.1.- El Derecho al Agua Potable:.....	18
10.1.1.-El Agua Potable	18
10.1.2.- Agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y Asequible:.....	18
10.1.3.- Deficiencias mundiales del servicio del Agua Potable	19
10.1.4.- El Agua potable en México.....	20
10.1.5.- El agua potable en Chiapas.	21
10.2- Fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales en Chiapas:.....	22
10.3- Enfermedades causadas por desabasto o mala calidad del agua potable:	24
10.4.- Normativa del agua potable.	25
10.4.1.- Norma oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.....	25
10.4.2.- NORMA Oficial Mexicana NOM-014-SSA1-1993, Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.....	25
10.4.2.1.- Procedimiento para toma de muestras para análisis bacteriológico.	26
10.4.2.2.- Procedimiento para toma de muestras para análisis físico-químico.....	28
10.4.3.- Normativa sobre las técnicas para el análisis de contaminantes presentes en el agua.	28
10.5.- Determinación de nitratos en aguas naturales. NMX-AA-079-SCFI-2001.	29
10.5.1.- Principio del método:.....	29
10.5.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	29

10.5.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de nitratos en Aguas.	29
10.6.- Determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales. NMX-AA-099-SCFI-2006	30
10.6.1.- Principio del método:.....	31
10.6.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	31
10.6.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de nitrógeno de nitritos en Aguas.	31
10.7.- Determinación de cloruros totales en aguas naturales. NMX-AA-073-SCFI-2001.....	33
10.7.1.- Principio del método:.....	33
10.7.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	33
10.7.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de cloruros totales en Aguas.	34
10.8.- Determinación de dureza total en aguas naturales. NMX-AA-072-SCFI-2001.	34
10.8.1.- Principio del método:.....	35
10.8.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	35
10.8.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de Dureza total en Aguas.....	35
10.9.- Determinación de fosforo total en aguas naturales. NMX-AA-029-SCFI-2001.....	36
10.9.1.- Principio del método:.....	36
10.9.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	37
10.9.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de Dureza total en Aguas.....	37
10.10.- Determinación de Solidos Totales (ST), Solidos Suspendidos Totales (SST) y Solidos Disueltos Totales (SDT) en aguas naturales. NMX-AA-034-SCFI-2015.....	38
10.10.1.- Principio del método:.....	39
10.10.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	39
10.10.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de Solidos Totales (ST), Solidos Suspendidos Totales (SST) y Solidos Disueltos Totales (SDT) en Aguas.	39
10.11.- Determinación de Sustancias Activas del Azul de Metileno (SAAM) en aguas naturales. NMX-AA-029-SCFI-2001.	42
10.11.1.- Principio del método:.....	42
10.11.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	42
10.11.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de Sustancias Activas del Azul de Metileno (SAAM) en Aguas.	43
10.12.- Determinación del ion sulfato en aguas naturales. NMX-AA-074-SCFI-2014.....	44
10.12.1.- Principio del método:.....	44
10.12.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	44
10.12.3.- Procedimiento para análisis del ion sulfato en Aguas.	45

10.13.- Determinación del pH en aguas naturales. NMX-AA-008-SCFI-2016	45
10.13.1.- Principio del método:.....	46
10.13.2.- Muestreo.....	46
10.13.3.- Procedimiento para análisis del pH en Aguas.....	47
10.14.- Determinación de la Temperatura en aguas naturales. NMX-AA-007-SCFI-2013.	49
10.14.1.- Principio del método:.....	49
10.14.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	50
10.14.3.- Procedimiento para análisis de la temperatura en Aguas.	50
10.15.- Métodos de análisis del Agua:	50
10.15.1- Métodos Físicoquímico:	51
10.15.1.1.-Métodos Gravimétricos:	51
10.15.1.2.-Métodos volumétricos:.....	52
10.15.1.2.1.-Titulación:	52
10.15.1.3.-Espectrofotometría:.....	53
10.15.1.3.1.-Curvas de calibración:.....	55
10.15.1.3.2.-Factor de dilución:	56
10.15.1.4.-Instrumentales (pH y temperatura):	56
10.15.1.4.1-Medidor Multiparametrico de PH/ORP/CE/OD/Presión/Temperatura HANNA-HI98194:.....	56
10.16.- Equipos de laboratorio:.....	58
10.16.1.- Balanza electrónica.	58
10.16.2.- Horno de secado.	58
10.16.3.- Desecador	59
10.16.4.- Parrilla eléctrica con agitador magnético.	59
10.16.5.- Potenciómetro	60
10.16.6.- Espectrofotómetro.....	60
10.16.7.- Autoclave:	61
10.16.8.- Campana de extracción.....	62
10.16.9.- Bomba de vacío:.....	62
10.17.- Material de laboratorio de laboratorio:.....	63
10.17.1.- Soporte universal	63
10.17.2.- Embudo de vidrio.	64

10.17.3.- Matraz Erlenmeyer	64
10.17.4.- Espátula.....	65
10.17.5.- Probeta.....	65
10.17.6.- Matraz volumétrico.....	65
10.17.7.- Bureta.....	66
10.17.8.- Mortero y pilón	66
10.17.9.- Matraz de Kitasato:.....	67
10.17.10.- Vaso de precipitado.	67
10.17.11.- Pipeta graduada.	68
10.17.12.- Pipeta volumétrica	68
10.17.13.- Vidrio de reloj.....	69
10.17.16.- Gradilla	69
10.17.17.- Tubos de ensayo	69
10.17.18.- Termómetro.....	70
10.17.19.- Embudo de separación:	70
10.17.20.- Capsulas de evaporación	71
10.17.21.- Crisol Gooch	71
10.17.22.- Propipeta.....	71
10.17.22.- Agitador.....	72
10.17.23.- Tenazas:	72
10.17.24.- Nuez:	72
10.17.24.- Pinzas de tres dedos.	73
10.18.- Manejo de reactivos químicos	73
10.18.1.- Manejo de reactivos:	73
10.18.2- Rombo de seguridad.	74
10.18.3.- Pictogramas.....	75
10.18.4.- Hojas de seguridad.....	76
10.19.-Planta purificadora de agua:.....	78
11.- Procedimiento y descripción de las actividades realizadas:	80
11.1.- Análisis de las regiones y municipios vulnerables del estado de Chiapas a Fenómenos Naturales que puedan afectar las fuentes de su abastecimiento de agua potable.....	80
11.2.- Realización del inventario de reactivos en el laboratorio y los Diagramas de flujo para análisis de cada parámetro conforme a cada NMX:	84

11.3 – Muestreo de las fuentes de abastecimiento de agua potable.....	85
11.3.1.- Acondicionamiento de materiales y equipos para muestreo	85
11.3.2.- Toma de la muestra.	86
11.3.3 – Análisis de la muestra:.....	87
11.3.3.1 – Análisis de nitritos en las muestras:.....	87
11.3.3.2 – Análisis de nitratos en las muestras:.....	89
11.3.3.3 – Análisis de cloruros en las muestras:	90
11.3.3.4 – Análisis de SAAM en las muestras:.....	91
11.3.3.5 – Análisis de Sólidos Totales (ST) y Sólidos Suspendedos Totales en las muestras: 93	
11.3.3.6 – Análisis de sulfatos en las muestras:.....	96
11.3.3.7 – Análisis de Fosfatos en las muestras:.....	97
11.3.3.8 – Análisis de dureza de las muestras de agua:.....	99
11.4 – Recopilación y cálculos de la concentración de nitritos, nitratos, sulfatos, fosforo, SAAM, cloruros, dureza, ST, SST y SDT en cada muestra.....	100
11.5 – Análisis de resultados y planteamiento de tecnologías hídricas a implementar para cada fuente de abastecimiento de agua potable.	104
11.6.- Concientización a las poblaciones sobre la importancia del saneamiento y el cuidado de sus fuentes de abastecimiento de agua potable.	107
Resultados de análisis:	108
Conclusiones del Proyecto:	123
Recomendaciones y Experiencia personal adquirida:.....	124
Competencias desarrolladas y/o aplicadas:.....	125
Fuentes de Información:	126
ANEXO 1:	130
ANEXO 2:	130
ANEXO 3:	131
ANEXO 4:	132
ANEXO 5:	133
ANEXO 6:	136
ANEXO 7:	138

ÍNDICE DE FIGURAS:

FIGURA 1: CROQUIS DE LA UBICACIÓN DEL INESA.....	13
FIGURA 2: ORGANIGRAMA GENERAL DEL INESA.....	14
FIGURA 3: MAPA DE FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN CHIAPAS.	22
FIGURA 4: LLUVIA ACUMULADA MENSUAL DE ENERO DE 2015 A OCTUBRE DE 2019.....	23
FIGURA 5: MÉTODOS ANALÍTICOS PARA PARÁMETROS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA.	51
FIGURA 6: RAYO DE LUZ A UNA LONGITUD DE ONDA DE INTENSIDAD I_0 ATRAVESANDO UNA SUSTANCIA.	54
FIGURA 7: PROCESO DE ESPECTROFOTOMETRÍA.....	55
FIGURA 8: MEDIDOR MULTIPARAMETRICO HANNA HI98194:	57
FIGURA 9: BALANZA ELECTRÓNICA.....	58
FIGURA 10: HORNO DE SECADO.....	58
FIGURA 11: DESECADOR.....	59
FIGURA 12: PARRILLA ELÉCTRICA CON AGITADOR MAGNÉTICO.....	59
FIGURA 13: POTENCIÓMETRO.....	60
FIGURA 14: ESPECTROFOTÓMETRO.....	61
FIGURA 15: AUTOCLAVE.....	62
FIGURA 16: CAMPANA DE EXTRACCIÓN	62
FIGURA 17: BOMBA DE VACÍO.....	63
FIGURA 18: SOPORTE UNIVERSAL	63
FIGURA 19: EMBUDO DE VIDRIO	64
FIGURA 20: MATRAZ ERLLENMEYER.....	64
FIGURA 21: ESPÁTULA.....	65
FIGURA 22: PROBETA.....	65
FIGURA 23: MATRAZ VOLUMÉTRICO	66
FIGURA 24: BURETA.....	66
FIGURA 25: MORTERO Y PILÓN	67
FIGURA 26: MATRAZ DE KITASATO	67
FIGURA 27: VASO DE PRECIPITADO.....	68
FIGURA 28: PIPETAS GRADUADAS.....	68
FIGURA 29: PIPETA VOLUMÉTRICA.....	68
FIGURA 30: VIDRIO DE RELOJ.....	69
FIGURA 31: GRADILLA	69
FIGURA 32: TUBO DE ENSAYO.....	69
FIGURA 33: TERMÓMETRO DE MERCURIO.....	70
FIGURA 34: EMBUDO DE SEPARACIÓN.....	70
FIGURA 35: CAPSULA DE EVAPORACIÓN	71
FIGURA 36: CRISOL GOOCH.....	71
FIGURA 37: PROPIPETA	72
FIGURA 38: AGITADOR DE VIDRIO.....	72
FIGURA 39: TENAZAS	72
FIGURA 40: NUEZ.....	73
FIGURA 41: PINZA DE TRES DEDOS.....	73

FIGURA 42: ROMBO DE SEGURIDAD PARA REACTIVOS QUÍMICOS	74
FIGURA 43: PLANTA PURIFICADORA DE AGUA.....	78
FIGURA 44: ZONAS DE RIESGOS EN CHIAPAS POR INUNDACIONES.	80
FIGURA 45: ZONAS DE RIESGOS EN CHIAPAS POR INUNDACIONES. REGIÓN SOCONUSCO	81
FIGURA 46: ZONAS DE RIESGOS EN CHIAPAS POR INUNDACIONES. REGIÓN MESETA COMITECA TOJOLABAL	81
FIGURA 47: ZONAS DE RIESGOS EN CHIAPAS POR INUNDACIONES. REGIÓN NORTE.	82
FIGURA 48: ZONAS DE RIESGOS EN CHIAPAS POR INUNDACIONES. REGIÓN ISTMO-COSTA.	82
FIGURA 49: PRECIPITACIONES EN EL ESTADO DE CHIAPAS.....	83
FIGURA 50: SEQUIAS EN EL ESTADO DE CHIAPAS.....	83
FIGURA 51: REALIZANDO INVENTARIO DE REACTIVOS DEL INESA.....	84
FIGURA 52: REALIZANDO DIAGRAMAS DE FLUJOS DE LAS NMX	84
FIGURA 53: ACONDICIONAMIENTO DE MATERIALES PARA MUESTREO	85
FIGURA 54: CALIBRACIÓN DEL MULTIPARAMETRICO HANNA PARA EL MUESTREO.....	86
FIGURA 55: TOMA DE MUESTRA.....	86
FIGURA 56: PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	87
FIGURA 57: ANÁLISIS DE NITRITOS EN UNA MUESTRA DE AGUA.	88
FIGURA 58: LECTURA DE PH DE LA MUESTRA.....	89
FIGURA 59: ANÁLISIS DE NITRATOS EN UNA MUESTRA DE AGUA.	90
FIGURA 60: ANÁLISIS DE CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGUA.....	91
FIGURA 61: ANÁLISIS DE SAAM EN MUESTRA DE AGUA	93
FIGURA 62: ACONDICIONAMIENTO DE CAPSULAS Y CRISOLES GOOCH	94
FIGURA 63: ANÁLISIS DE ST EN UNA MUESTRA DE AGUA	95
FIGURA 64: ANÁLISIS DE SST EN UNA MUESTRA DE AGUA	96
FIGURA 65: ANÁLISIS DE SULFATOS EN UNA MUESTRA DE AGUA.	97
FIGURA 66: ANÁLISIS DE FOSFATOS EN UNA MUESTRA DE AGUA	98
FIGURA 67: ANÁLISIS DE LA DUREZA DE UNA MUESTRA DE AGUA.	99
FIGURA 68: CALCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN UNA MUESTRA DE AGUA.....	100
FIGURA 69: CALCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRITOS DE UNA MUESTRA DE AGUA.....	101
FIGURA 70: CALCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS EN UNA MUESTRA DE AGUA	101
FIGURA 71: CALCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE SULFATOS EN UNA MUESTRA DE AGUA	102
FIGURA 72: CALCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN UNA MUESTRA DE AGUA.	102
FIGURA 73: CALCULO DE LA DUREZA EXPRESADA EN CONCENTRACIÓN DE CaCO_3 DE UNA MUESTRA DE AGUA....	103
FIGURA 74: CALCULA DE LA CONCENTRACIÓN DE ST, ST Y SDT EN UN MUESTRA DE AGUA.....	103
FIGURA 75: PLANTA PURIFICADORA PURITRONIC.....	105
FIGURA 76: PLANTA PURIFICADORA DE AGUA KOLBE.....	106
FIGURA 77: DEMOSTRACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA PURIFICADORA PORTÁTIL.....	106
FIGURA 78: PLATICA SOBRE CONCIENTIZACIÓN DEL CUIDADO DEL AGUA Y SU SANEAMIENTO.	107

ÍNDICE DE TABLAS:

TABLA 1: MONITOREO DE SEQUÍA CORTE 30 DE ABRIL 2020:	23
TABLA 2: NMX QUE DESCRIBEN LA TÉCNICA PARA EL ANÁLISIS DE CADA PARÁMETRO DEL AGUA.	28
TABLA 3: VOLUMEN A SELECCIONAR PARA ANALIZAR LA MUESTRA A RAZÓN DE LA CONCENTRACIÓN ESPERADA DE NITRÓGENO DE NITRITOS.	32
TABLA 4: ESPECIFICACIONES SOBRE MEDICIÓN DE TEMPERATURA DEL MULTIPARAMETRICO HANNA.	57
TABLA 5: ESPECIFICACIONES SOBRE MEDICIÓN DE PH DEL MULTIPARAMETRICO HANNA.....	57
TABLA 6: PICTOGRAMAS PARA REACTIVOS QUÍMICOS.....	75
TABLA 7: MUESTREO 1, RESULTADOS DEL PARÁMETRO NITRATOS	108
TABLA 8: MUESTREO 1, RESULTADOS DEL PARÁMETRO NITRITOS.	108
TABLA 9: MUESTREO 1, RESULTADOS DEL PARÁMETRO FOSFORO	108
TABLA 10: MUESTREO 1, RESULTADOS DEL PARÁMETRO SULFATOS	109
TABLA 11: MUESTREO 1, RESULTADOS DEL PARÁMETRO SAAM.	109
TABLA 12: RESULTADOS DEL PARÁMETRO CLORUROS	109
TABLA 13: MUESTREO 1, RESULTADOS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL.....	109
TABLA 14: MUESTREO 1, RESULTADOS DEL PARÁMETRO ST.....	110
TABLA 15: MUESTREO 1, RESULTADOS DEL PARÁMETRO SST.....	110
TABLA 16: MUESTREO 2, RESULTADOS DEL PARÁMETRO NITRATOS.	110
TABLA 17: MUESTREO 2, RESULTADOS DEL PARÁMETRO NITRITOS.	111
TABLA 18: MUESTREO 2, RESULTADOS DEL PARÁMETRO FOSFORO	111
TABLA 19: MUESTREO 2, RESULTADOS DEL PARÁMETRO SULFATOS	111
TABLA 20: MUESTREO 2, RESULTADOS DEL PARÁMETRO SAAM	111
TABLA 21: MUESTREO 2, RESULTADOS DEL PARÁMETRO CLORUROS	111
TABLA 22: MUESTREO 2, RESULTADOS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL.....	112
TABLA 23: MUESTREO 2, RESULTADOS DEL PARÁMETRO ST.....	112
TABLA 24: MUESTREO 2, RESULTADOS DEL PARÁMETRO SST.....	112

Introducción:

El presente trabajo es un reporte de lo que en la actualidad está ocurriendo en el Estado de Chiapas con respecto al uso y consumo del agua, ya que como se ha observado varias regiones y municipios han sido afectadas por fenómenos Hidrometeorológicos, geológicos e incendios forestales, siendo principalmente en esta época del año por el paso de huracanes, tormentas, frentes fríos, inundaciones y fuertes lluvias, los cuales en repetidas veces debido a su intensidad terminan contaminando las fuentes de abastecimiento de agua potable de ciertos municipios y regiones, los cuales son vulnerables por su localización geográfica, por ejemplo, por estar cerca de un río que eventualmente con las lluvias aumenta su caudal y se desborda, por lo que su ingesta puede derivar en contraer enfermedades o daños a la salud, debido a lo anterior se generan contingencias sanitarias, en donde los pobladores se quedan sin este recurso que es vital en el día a día. Estas regiones según los datos obtenidos de la Comisión Nacional de Protección Civil (CNPC) en conjunto con el Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED) son los municipios de Tapachula, Tuxtla Chico, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar, por lo que se proyectó el poder implementar tecnologías hídricas que pudiesen solucionar esta problemática, para lo cual en primera instancia se realizaron muestreos de sus fuentes de abastecimiento de agua potable, mismas que fueron llevadas y analizadas en el laboratorio del INESA, donde fueron analizadas y calculadas las concentraciones presentes de los parámetros físico-químicos de las mismas, según su naturaleza propia de la región, tales como Nitratos, Nitritos, Fosforo, SAAM, Sulfatos, Dureza total, Cloruros, Solidos totales, Solidos suspendidos totales y Solidos disueltos totales, para eventualmente ser comparados con los valores permisibles según la NOM-127-SAA1-1994 y la CE-CCA-001/89 y poder detectar aquellos que estaban fuera de Norma, de estos estudios se presentó que la concentración de Solidos totales y Solidos suspendidos totales en las cinco fuentes y Fosforo en las tres primeras, caracterizadas como agua cruda al ser estas de ríos, estaban fuera de Norma, sobresaliendo que solo para el caso de los Solidos totales y Solidos Suspendidos estaban dentro de los criterios ambientales. Por lo que finalmente se optó por adquirir una planta purificadora de agua de la marca KOLBE para estas regiones, finalmente y no menos importantes se concientizo a los delegados del agua de los municipios del Estado de Chiapas sobre la importancia del cuidado del agua y su saneamiento para preservación de la salud de los Chiapanecos.

Descripción de la Empresa:

Con fecha 31 de Diciembre de 2008, mediante el Decreto número 026, publicado en el Periodo oficial del exgobernador del Estado de Chiapas Manuel Velasco Coello número 135, Segunda sección, fue creado el Instituto Estatal del Agua (INESA), como un organismo descentralizado de la Administración Publicada Estatal, con personalidad jurídica y patrimonio propio, autonomía administrativa, presupuestal, técnica, de gestión, de operación y de ejecución para el adecuado desarrollo de sus funciones y que hasta la fecha presente ha sido quien ha ejecutado lo relacionado a la administración del recurso hídrico y al abastecimiento de políticas publicase en esa materia.

Su objeto fundamental es el establecer mecanismos, sistemas de planeación, programación, financiamiento, y operación, que propicien y logre “Mayor racionalidad en el aprovechamiento sustentable del agua”, para consumo humano, para beneficio del desarrollo social y económico, este Instituto, en convenio con el Gobierno Federal, ejecuta el Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento, en los apartados de Desinfección y Escuela del Agua, con el objetivo de contribuir a incrementar y sostener las coberturas de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, mediante la implementación de diversas acciones que permitan avanzar en el cumplimiento del derecho al acceso, disposición y saneamiento del agua a las localidades rurales y urbanas, considerando poblaciones indígenas o afromexicanas y localidades con alto y muy alto grado de marginación e incorporar a las mujeres en las decisiones del agua.

Dentro de sus atribuciones generales encontramos el:

- Diseñar las políticas que permitan el uso sustentable de las fuentes de abastecimiento de agua, como los manantiales, arroyos, ríos, lagos, lagunas, litorales marítimos, etcétera; así como conservar, sanear y recuperar las cuencas y microcuencas chiapanecas.
- Diseñar las estragáis y políticas para garantizar la infraestructura necesaria para la dotación, el servicio de agua potable a todas las comunidades Chiapanecas.
- Diseñar las estragáis y políticas para garantizar la infraestructura necesaria para el servicio del alcantarillado sanitario o letrinas ecológicas a las comunidades chiapanecas, en función a su tamaño y medio de cada una de ellas.
- Promover la educación y la cultura entorno al agua, que fomente en la sociedad la conciencia que el líquido es un bien escaso que requiere del cuidado de su cantidad y calidad, así como de si aprovechamiento sustentable y de la mitigación de sus efectos destructivos.

- Contribuir al desarrollo, difusión e implementación de aquellas tecnologías del agua que mejor se adapten a las condiciones del Estado.
- Desarrollar y probar instrumentos de gestión integrada de recurso hídricos de diversa índole para el desarrollo del Sector Agua y coadyuvar en la solución de los problemas hídricos e hidráulicos del Estado.

El INESA es de giro público y actualmente tiene su domicilio legal en la calle **Unidad administrativa, Edificio A, Anexo A9, colonia Maya C.P 29010, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas**. RFC **EA090101PWO** y número de teléfono **9615790189** con correo alexhf365@gmail.com. Siendo el **Ing. Roger Efraín Ruiz Gómez** el Encargado del Instituto Estatal del Agua, con número telefónico 9611184356 Ext. 101, correo refrain@inesa.chiapas.gob.mx. Y en Dirección de Saneamiento y Calidad del Agua el **Ing. German Alejandro Herrera Flores**, con número telefónico 9611184356 Ext. 107, correo german@inesa.chiapas.gob.mx.

Figura 1: Croquis de la ubicación del INESA

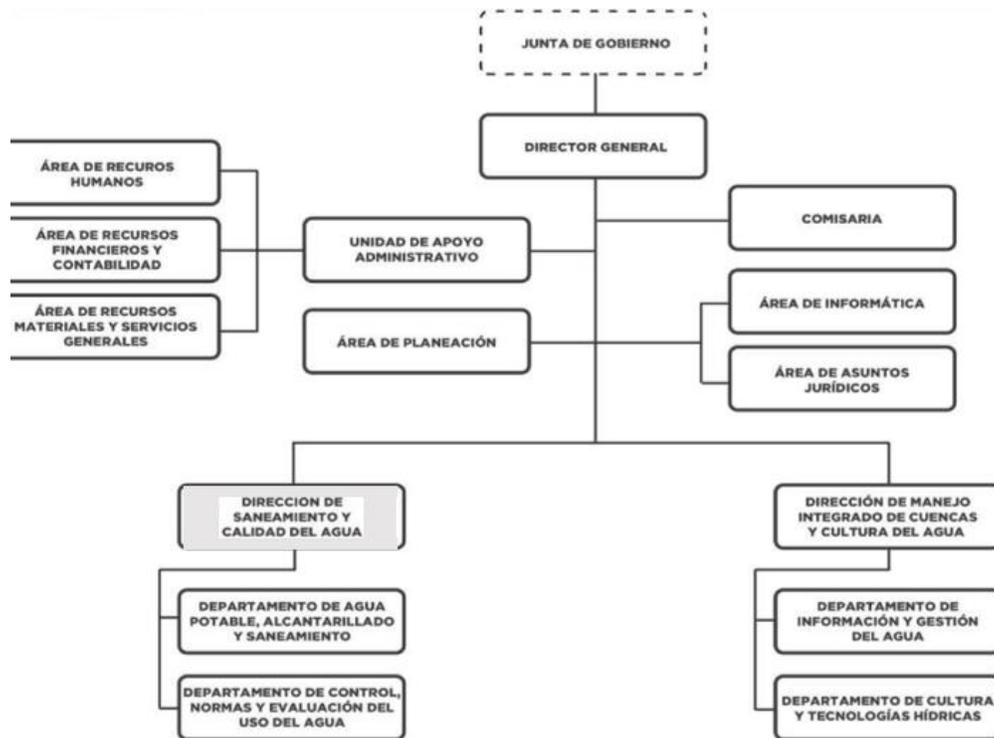


Fuente: Google maps.

Misión: Establecer mecanismos, métodos y sistemas de planeación, programación, financiamiento y operación, que propicien y logren la mayor racionalidad en el aprovechamiento sustentable del agua en el Estado, para consumo humano, industrial y agropecuario, para beneficio del desarrollo social y económico del Estado.

Visión: Ser un organismo rector especializado en la planeación, financiamiento, operación y normatividad del sector hídrico estatal, fortalecedor de los organismos operadores y propulsor de tecnologías.

Figura 2: Organigrama general del INESA



Fuente: Portal en línea del Instituto Estatal del Agua.

Objetivos:

- Programa agua limpia
- Programa cultura del agua
- Programa consejos de cuenca

Proyectos:

- Elaboración y supervisión de proyectos ejecutivos que incrementen la cobertura y calidad de los servicios de agua, así como sus diversos usos.
- Elevar la calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado.
- Ampliar la cobertura de los servicios de agua potable.
- Fomentar el uso racional y adecuado del agua.
- Elevar la calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado.
- Fomentar el cuidado del agua.

Problemas a Resolver:

Ante la presencia de fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos en Incendios Forestales en Chiapas se ha producido desastres que deriva en pérdidas humanas y económicas, tales como el paso de ciclones tropicales por los océanos del Atlántico y Pacífico, que a su vez derivan en temporadas de intensa lluvia, inundaciones y frentes fríos específicamente en la temporada de otoño e invierno. Por su contraparte los cambios climáticos de abril a Junio de cada año, propician a un déficit de precipitación en temporadas de lluvias en varios municipios del Estado, lo que origina que los niveles de las fuentes de abastecimiento de agua potable se reduzcan notablemente, por lo que las personas busca fuentes de agua alternas cuya calidad se desconoce y pueden generar enfermedades e intoxicaciones a dichas poblaciones.

Las sequías conllevan a material orgánico seco que se expone a las condiciones de incremento de la temperatura y ante la baja humedad en el ambiente de la temporada, terminan siendo fuentes de incendios forestales y de pastizales. Además 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.

Por lo tanto la población de los municipios que terminan siendo afectados por los fenómenos naturales anteriormente mencionados termina con una reducción o contaminación de sus fuentes de abastecimiento de Agua potable, mayormente superficiales como ríos y lagos, lo que origina que estas sean de mala calidad y cuyo uso y consumo humano pueden originar enfermedades diarreicas como cólera, enterobacterias, rotavirus, otras como influenza, intoxicaciones por alimentos y hepatitis.

El medio más efectivo de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo humano es aplicando un abordaje integral de evaluación y gestión de los riesgos hasta que llega al consumidor, por lo que es necesario implementar tecnologías hídricas a través de Plantas Purificadoras de agua a localidades vulnerables y que se vean afectadas por fenómenos hidrometeorológicos, geológicos e Incendios Forestales, para garantizar agua segura para su uso y consumo, vigilando su correcta operación.

Objetivos:

Objetivo general:

Brindar agua potable y de calidad según los estándares de las Normas correspondientes como lo es la NOM-127-SSA1-1994 a las poblaciones fronterizas y zonas afectas o vulnerables del Estado de Chiapas, que se ven impactadas por Fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales mediante la implementación de plantas purificadoras o de tratamiento de aguas.

Objetivos específicos:

- Determinar las zonas del Estado de Chiapas que son vulnerables a Fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales, que imposibilitarían el aprovechamiento de sus fuentes de abastecimiento de agua para su uso y consumo humano.
- Realizar muestreos de las fuentes de abastecimiento y sistemas de saneamiento cercanas a los municipios del estado de Chiapas con alta vulnerabilidad por afectaciones Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales, para analizar sus contaminantes presentes.
- Implementar tecnologías hídras para tener agua potable que se rija a los parámetros establecidos en la **NOM-127-SSA1-1994**, con el fin de ser de calidad para su uso y consumo humano.
- Concientizar a las poblaciones sobre cómo pueden cuidar sus fuentes de abastecimiento de agua y la importancia de saneamiento de las mismas.

Justificación:

De conformidad a lo establecido en el artículo 4º, párrafo sexto, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, “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 siendo el INESA según la ley de Aguas del Estado de Chiapas la Institución responsable de ejecutar lo relacionado a la administración del recurso hídrico y al abastecimiento de políticas publicase en esa materia, específicamente como lo subraya el artículo 4º, numeral XI, del Decreto por el que se crea la Comisión Estatal del Agua “Contribuir al desarrollo, difusión e implementación de aquellas tecnologías del agua que mejor se adapten a las condiciones del Estado.”

Y como ya se ha expuesto anteriormente la ubicación geográfica del Estado de Chiapas, lo expone a una alta vulnerabilidad de incidencias por desarrollo de fenómenos hidrometeorológicos extremos, tales como el paso de ciclones tropicales por los 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 frentes fríos en la temporada de otoño e invierno, derivando en inundaciones que afectan la red de suministro de agua potable de los municipios aledaños a estos cuerpos de agua. Por el contrario, durante los meses de abril a junio de cada año se presentan sequias debido al cambio climático actual, lo que orilla a que las poblaciones haga uso de otras fuentes de abastecimiento de agua, cuya calidad se desconoce y que puede contener contaminantes o patógenos dañinos para el ser humano, además de que en estas mismas fechas es frecuente que por las sequias, baja humedad y material orgánico seco se produzcan incendios en varias partes de la región. Finalmente de la misma manera no estamos exentos de la actividad sísmica impredecible en su totalidad, que puede derivar en pérdidas o daños en la infraestructura para el abastecimiento de agua de los municipios del Estado.

Todo lo enunciado en el párrafo anterior son fenómenos naturales que el ser humano no puede controlar a voluntad, y que dan lugar a “desastres” originan emergencias sanitarias como lo es el desabasto del Agua potable a los municipios afectados por los mismos, por lo que es necesario implementar tecnologías hídricas con las cuales se pueda vigilar el cumplimiento de la normatividad establecida en la NOM-127-SSA1-1994 ante tales situaciones, para prevenir enfermedades de origen hídrico como: diarreicas, influenza, rotavirus y hepatitis entre otras.

Marco teórico:

10.1.- El Derecho al Agua Potable:

10.1.1.-El Agua Potable

En la Observación General Número 15 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas (Comité DESC) señala en su parte introductoria que el agua es un recurso natural limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud. De acuerdo con el Programa Conjunto de Monitoreo para el Abastecimiento de agua y Saneamiento, efectuado por la Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (OMS/UNICEF), se considera agua potable aquella utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar. En el mismo sentido, agua potable salubre es el agua cuyas características microbianas, químicas y físicas cumplen con las pautas de la OMS o los patrones nacionales sobre la calidad del agua potable. (Comision Nacional del Agua, EL DERECHO HUMANO AL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, 2014)

10.1.2.- Agua suficiente, salubre, aceptable, físicamente accesible y Asequible:

“La Asamblea General de las Naciones Unidas, reconoció explícitamente el 28 de julio de 2010 a través de su resolución 64/292 el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La Resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento salubre, limpio, accesible y asequible para todos” (Asamblea general de las Naciones Unidas, 2014).

Así mismo se hace mención de las características que este debe de cumplir como cantidad, calidad y accesibilidad:

- **Suficiente:** “El abastecimiento de agua por persona debe ser suficiente y continuo para el uso personal y doméstico. Estos usos incluyen de forma general el agua de beber, el saneamiento personal, el agua para realizar la colada, la preparación de alimentos, la limpieza del hogar y la higiene personal. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), son necesarios entre **50 y 100 litros** de agua por persona y día para garantizar que se cubren las necesidades más básicas y surgen pocas preocupaciones en materia de salud”.
- **Salubre:** “El agua necesaria, tanto para el uso personal como doméstico, debe ser salubre; es decir, libre de microorganismos, sustancias químicas y peligros radiológicos que constituyan una amenaza para la salud humana. Las medidas de seguridad del agua potable vienen normalmente definidas por estándares

nacionales y/o locales de calidad del agua de boca. Las Guías para la **calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS)** proporcionan la bases para el desarrollo de estándares nacionales que, implementadas adecuadamente, garantizarán la salubridad del agua potable”.

- **Aceptable:** “El agua ha de presentar un color, olor y sabor aceptables para ambos usos, personal y doméstico. [...] Todas las instalaciones y servicios de agua deben ser **culturalmente** apropiados y sensibles al **género**, al **ciclo de la vida** y a las exigencias de **privacidad**”.
- **Físicamente accesible:** “Todo el mundo tiene derecho a unos servicios de agua y saneamiento accesibles físicamente dentro o situados en la inmediata cercanía del hogar, de las instituciones académicas, en el lugar de trabajo o las instituciones de salud. De acuerdo con la OMS, la fuente de agua debe encontrarse a menos de **1000 metros** del hogar y el tiempo de desplazamiento para la recogida no debería superar los **30 minutos**”.
- **Asequible:** “El agua y los servicios e instalaciones de acceso al agua deben ser asequibles para todos. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sugiere que el coste del agua no debería superar el **3%** de los ingresos del hogar”. (Asamblea general de las Naciones Unidas, 2014)

A lo que la Organización Mundial de Salud anexa que “el agua salubre y fácilmente accesible es importante para la salud pública, tanto si se utiliza para beber, para uso doméstico, para producir alimentos o para fines recreativos. La mejora del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza.” (Organización de las Naciones Unidas, 2022)

10.1.3.- Deficiencias mundiales del servicio del Agua Potable

En 2020, 5800 millones de personas utilizaban un servicio de suministro de agua para consumo humano gestionado de forma segura, es decir, utilizaban fuentes mejoradas de suministro agua en el lugar de uso, disponibles cuando se necesitan y no contaminadas, Entre los restantes 2000 millones de personas sin servicios gestionados de forma segura se contaban en 2020:

- 1200 millones de personas con servicios básicos, es decir, con acceso a una fuente mejorada de suministro de agua a menos de 30 minutos en un trayecto de ida y vuelta.
- 282 millones de personas con servicios limitados, es decir, una fuente mejorada de suministro de agua que, para acceder a ella, se precisan más de 30 minutos;
- 368 millones de personas que se abastecen de agua procedente de pozos y manantiales no protegidos, y
- 122 millones de personas que recogen agua superficial no tratada en lagos, estanques, ríos o arroyos.

Cifras que son preocupantes ante una globalización de ya más de una década, precisamente porque “El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Por lo que si no hay servicios de agua y saneamiento, o si estos son insuficientes o están gestionados de forma inapropiada, la población estará expuesta a riesgos para su salud prevenible”.

Lo que actualmente demuestran las cifras, ya que se calcula que unas 829 000 personas mueren cada año de diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de manos, siendo que la diarrea es ampliamente prevenible y la muerte de unos 297 000 niños menores de cinco años podría prevenirse cada año si se abordasen estos factores de riesgo.

En los lugares donde el agua no es fácilmente accesible, las personas pueden considerar que lavarse las manos no es una prioridad, lo que aumenta la probabilidad de propagación de la diarrea y otras enfermedades. “La diarrea es la enfermedad más conocida que guarda relación con el consumo de alimentos o agua contaminados. En 2017, más de 220 millones de personas requirieron tratamiento preventivo para la esquistosomiasis, una enfermedad grave y crónica provocada por lombrices parasitarias contraídas por exposición a agua infestada”. (Asamblea general de las Naciones Unidas, 2014).

10.1.4.- El Agua potable en México

El agua es un recurso esencial para la vida, a tal grado que la misma Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos lo dicta en su artículo 4, párrafo 6 “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”. (Camara de Diputados de H. Congreso de la Union, 2021)

En México se reconoce al agua como un asunto estratégico y de seguridad nacional, al día de hoy, se ha convertido en elemento central de la política ambiental, y más aún, en un factor clave de la política de desarrollo social y de la política económica; su disponibilidad condiciona la posibilidad de desarrollo de algunas regiones del país y su calidad es factor determinante para la salud y bienestar de la población.

En México, el agua de los ríos, lagos y acuíferos es propiedad de la nación y corresponde al Poder Ejecutivo su administración. Para ello, se cuenta con dos instrumentos principales:

La Ley de Aguas Nacionales (recientemente modificada), en la que se establecen los principios e instrumentos para el aprovechamiento y preservación del agua; y La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), autoridad responsable de la administración del recurso. (Comision Nacional del Agua, El agua en Mexico, 2006)

La Comisión Nacional del Agua (Conagua) es un órgano administrativo, normativo, técnico, consultivo y desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) con la misión de preservar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes para su administración sustentable y garantizar la seguridad hídrica con la responsabilidad de los órdenes de gobierno y la sociedad en general. Aunque los principales instrumentos que regulan la administración del recurso hídrico en nuestro país son la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, ordenamientos jurídicos reglamentarios del artículo 27 de nuestra Constitución “La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.” (Camara de Diputados de H. Congrso de la Union, 2021)

Es importante mencionar que, conforme al artículo 115, fracción III, inciso a, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los municipios tendrán a su cargo, entre otras, las funciones y servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

10.1.5.- El agua potable en Chiapas.

Lo que en su periodo de mandato el gobernador del Estado de Chiapas Manuel Velasco Coello, conforme a las facultades que le confiere los artículos 48 fracción y 59 fracción XVI de la Constitución Política del Estado-Libre y Soberano de Chiapas y la Ley Orgánica de la Administración Publica del Estado de Chiapas, expone en la Sexagésima Sexta Legislatura del Honorable Congreso del Estado que el agua como un recurso no renovable y siendo parte del patrimonio nacional requiere de estragáis y políticas públicas de largo alcance y mayor eficiencia, para su uso sustentable, en lo domestico, comercial e industrial, que asegure una mayor cobertura y eficiente al uso actual, lo que preservara este recuro para futuras generaciones. Por lo tanto mediante el Decreto número 026, publicado en el Periodo Oficial número 135, Segunda Sección, fue creado el Instituto Estatal del Agua (INESA) como un organismo relacionado a la administración del recurso hídrico y al establecimiento de políticas en esta materia.

Como tal dentro de sus funciones según lo establecido en el capítulo II, **numeral II, X, XI, XIII** de su artículo 4° del Decreto por el que se crea la **Comisión Estatal del Agua**; “Diseñar las estragáis y políticas para garantizar la infraestructura necesaria para la dotación, el servicio de agua potable a todas las comunidades Chiapanecas”... “Promover la educación y la cultura entorno al agua, que fomente en la sociedad la conciencia que el líquido es un bien escaso que requiere del

cuidado de su cantidad y calidad, así como de su aprovechamiento sustentable y de la mitigación de sus efectos destructivos”...“**Contribuir al desarrollo, difusión e implementación de aquellas tecnologías del agua que mejor se adapten a las condiciones del Estado**”...“Desarrollar y probar instrumentos de gestión integrada de recursos hídricos de diversa índole para el desarrollo del Sector Agua y coadyuvar en la solución de los problemas hídricos e hidráulicos del Estado” (Congreso del Estado de Chiapas)

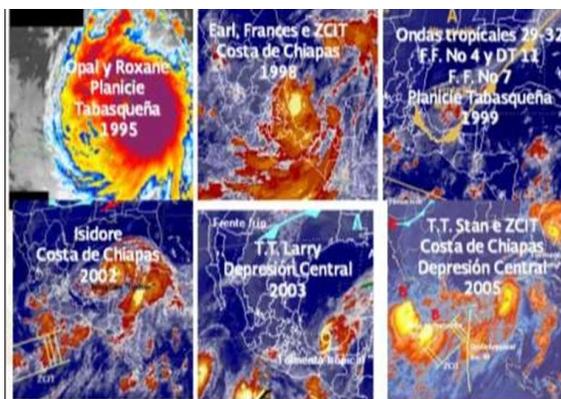
10.2- Fenómenos Hidrometeorológicos, Geológicos e Incendios Forestales en Chiapas:

En Chiapas, hemos vivido el impacto de un gran número de fenómenos Hidrometeorológicos Geológicos e 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

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 km², principalmente a la Costa de Chiapas, fueron lluvias extraordinarias de 1998 y en 2005 la Tormenta Tropical Stan, afectando a 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. (CONAGUA, 2020)

Figura 3: Mapa de Fenómenos Hidrometeorológicos en Chiapas.

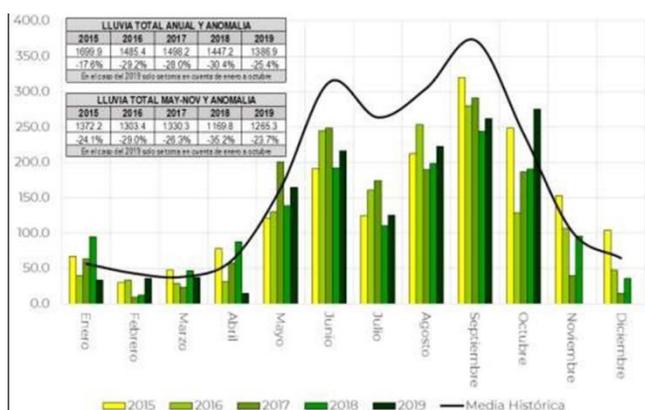


Fuente: Dirección Técnica de la CONAGUA OCFS 2020

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.

Figura 4: Lluvia acumulada mensual de enero de 2015 a octubre de 2019



Fuente: Dirección Técnica de la CONAGUA OCFS 2020

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.

Tabla 1: Monitoreo de sequía corte 30 de Abril 2020:

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

Fuente: Dirección Técnica de la CONAGUA OCFS 2020

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.

10.3- Enfermedades causadas por desabasto o mala calidad del agua potable:

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.

Después de un desastre natural, se pueden contaminar las fuentes de abastecimiento de agua potable de los municipios y regiones que los sufren, lo que normalmente origina enfermedades diarreicas como cólera, enterobacterias, rotavirus, otras como influenza, intoxicaciones por alimentos y hepatitis que pueden estar relacionadas a consumo de agua contaminada.

“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”. (SubSecretaria de Prevencion y Promocion de Salud, 2022)

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.

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.

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. (DIRECCIÓN DEL ÁREA DE PREVENCIÓN, 2022)

10.4.- Normativa del agua potable.

10.4.1.- Norma oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Para evitar que la población sufra de enfermedades por contaminantes o patógenos que puedan estar en el agua potable que usa y consume, es necesario que estas sean saludables y de calidad, para lo cual existe una Normativa oficial que determina los niveles máximos de concentración así como la ausencia de las sustancias presentes en la misma, la cual actualmente es 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”.

Según su numeral 4, “Límites permisibles de calidad de agua”. Se establece en su tabla 1 los Límites permisibles de características microbiológicas del agua, tales como Organismos coliformes totales y E.coli o coliformes fecales u organismos termotolerantes, de los cuales no debe haber presencia. (**Ver ANEXO 1**)

De la misma manera también podemos encontrar los límites permisibles de las características físicas y organolépticas del agua, como lo son el color, olor y turbiedad, información recolectada al momento de tomar la muestra. (**Ver ANEXO 2**)

Además también se establece los límites permisibles de características químicas del agua, tales como la concentración de metales pesados (Cromo, Mercurio, etc), así como de otros contaminantes que pueden ser dañinos para la salud de los seres humanos como lo son los Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Sólidos Disueltos Totales (SDT), entre otros; y dañinos para el medio ambiente como el Fosforo, Cloruros y SAAM, así como también parámetros de Dureza y pH. (**Ver ANEXO 3**)

10.4.2.- NORMA Oficial Mexicana NOM-014-SSA1-1993, Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

La **NOM 014-SSA1-1993** establece los materiales a usar, así como también las técnicas y los procedimientos correctos para el muestreo de las diferentes fuentes de abastecimiento de agua potable distribuida para el público, especificando que los materiales a utilizar dependerán del tipo de análisis que se realizara posteriormente:

- Para análisis bacteriológico: Frascos de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado o tapa roscada, o frascos de polipropileno; resistentes a esterilización en estufa o autoclave o bolsas estériles con cierre hermético y capacidad de 125 o 250 ml.
- Para análisis físico-químico: Envases de plástico o vidrio inertes al agua de 2 L de capacidad como mínimo, con tapones del mismo material que proporcionen cierre hermético.

Tomando las siguientes recomendaciones para análisis bacteriológico según la fuente:

- Toma de muestra de agua sin cloro residual. Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170° C, por un tiempo mínimo de 60 min o en autoclave a 120° C durante 15 min. Antes de la esterilización, con papel resistente a ésta, debe cubrirse en forma de capuchón el tapón del frasco.
- Toma de muestra de agua con cloro residual.- Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170° C, por un tiempo mínimo de 60 min o en autoclave a 120° C durante 15 min, los cuales deben contener 0.1 ml de tiosulfato de sodio al 3% por cada 125 ml de capacidad de los mismos. Debe colocarse un papel de protección al tapón del frasco en forma similar a la indicada anteriormente

Para análisis físico-químico los envases deben lavarse perfectamente y enjuagarse a continuación con agua destilada o desionizada.

10.4.2.1.- Procedimiento para toma de muestras para análisis bacteriológico.

En bomba de mano o grifo del sistema de distribución: El agua de los grifos debe provenir directamente del sistema de distribución. No debe efectuarse toma de muestra en grifos que presenten fugas entre el tambor y el cuello, ya que el agua puede correr por la parte exterior del grifo y contaminar la muestra. Deben removerse los accesorios o aditamentos externos como mangueras, boquillas y filtros de plástico o hule antes de tomar la muestra.

Siendo el procedimiento el que se describe a continuación.

- Debe limpiarse el orificio de salida con una torunda de algodón impregnada de solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 100 mg/l.
- Debe dejarse correr el agua aproximadamente 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.
- Cerca del orificio de salida, deben quitarse simultáneamente el tapón del frasco y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, o el papel de protección, o el cuello del frasco.
- Debe mantenerse el tapón hacia abajo para evitar contaminación y procederse a tomar la muestra sin pérdida de tiempo y sin enjuagar el frasco;

se debe dejar el espacio libre requerido para la agitación de la muestra previa al análisis (aproximadamente 10% de volumen del frasco). Efectuada la toma de muestra, deben colocarse el tapón y el papel de protección al frasco.

Para captación de un cuerpo de agua superficial o tanque de almacenamiento se debe proceder a lo siguiente:

- Deben lavarse manos y antebrazos con agua y jabón.
- Debe quitarse el papel de protección evitando que se contamine.
- Sumergir el frasco en el agua con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm, abrir y enderezar a continuación con el cuello hacia arriba (en todos los casos debe evitarse tomar la muestra de la capa superficial o del fondo, donde puede haber nata o sedimento y en el caso de captación en cuerpos de agua superficiales, no deben tomarse muestras muy próximas a la orilla o muy distantes del punto de extracción); si existe corriente en el cuerpo de agua, la toma de muestra debe efectuarse con la boca del frasco en contracorriente. Efectuada la toma de muestra debe colocarse el tapón, sacar el frasco del agua y colocar el papel de protección.

Para pozo profundo:

Si el pozo cuenta con grifo para toma de muestra, debe procederse como muestreo del grifo del sistema de distribución.

- Si el pozo no cuenta con grifo para toma de muestra, debe abrirse la válvula de una tubería de desfogue, dejarse correr el agua por un mínimo de 3 min.
- Debe dejarse correr el agua aproximadamente 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.
- Cerca del orificio de salida, deben quitarse simultáneamente el tapón del frasco y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, o el papel de protección, o el cuello del frasco.

Para pozo somero o fuente similar:

- Cuando no es posible tomar la muestra con la extensión del brazo, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio.
- Deben quitarse simultáneamente el tapón y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, o el papel de protección, o el cuello del frasco.
- Debe mantenerse el cuello del frasco hacia abajo y se procede a tomar la muestra, bajando el frasco dentro del pozo, y desenrollando el cordel lentamente, evitando que el frasco toque las paredes del pozo.
- Efectuada la toma de muestra, deben colocarse el tapón y el papel de protección al frasco.

10.4.2.2.- Procedimiento para toma de muestras para análisis físico-químico.

En bomba de mano o grifo del sistema de distribución o pozo profundo.

- Debe dejarse correr el agua aproximadamente por 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.
- El muestreo debe realizarse cuidadosamente, evitando que se contaminen el tapón, boca e interior del envase; se requiere tomar un poco del agua que se va a analizar, se cierra el envase y agitar fuertemente para enjuagar, desechando esa agua; se efectúa esta operación dos o tres veces, procediendo enseguida a tomar la muestra.

En captación de un cuerpo de agua superficial, tanque de almacenamiento, pozo somero o fuente similar, debe manejarse el envase siguiendo las indicaciones comprendidas en los procedimientos para toma de muestras para análisis bacteriológico correspondiente a cada tipo de fuente de agua. (NOM-014-SSA1-1993, 1994)

10.4.3.- Normativa sobre las técnicas para el análisis de contaminantes presentes en el agua.

Para analizar la concentración y presencia de cada parámetro en el agua, se realiza conforme a las Normas Mexicanas, donde se establece, los materiales, equipos y reactivos a utilizar, el tipo de muestreo y tiempo de análisis máximo, así como también la correcta preparación de reactivos y técnica a emplear.

Tabla 2° NMX que describen la técnica para el análisis de cada parámetro del Agua.

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS
Nitratos	NMX-AA-028-SCFI-2001
Nitritos	NMX-AA-099-SCFI-2006
Cloruros	NMX-AA-073-SCFI-2001
Dureza total	NMX-AA-072-SCFI-2001
Fosforo	NMX-AA-029-SCFI-2001
Solidos totales	NMX-AA-034-SCFI-2015
Solidos disueltos totales	NMX-AA-034-SCFI-2015
Solidos suspendidos totales	NMX-AA-034-SCFI-2015
Sustancias activas al azul de metileno	NMX-AA-039-SCFI-2001
Sulfatos	NMX-AA-074-SCFI-2014
pH	NMX-AA-008-SCFI-2016
Temperatura	NMX-AA-007-SCFI-2013
Organismos Coliformes Totales, Organismos Coliformes Fecales y E.coli	NMX-AA-042-SCFI-2015

10.5.- Determinación de nitratos en aguas naturales. NMX-AA-079-SCFI-2001.

El nitrato es una de las formas de nitrógeno de mayor interés en las aguas naturales, residuales y residuales tratadas, se presenta generalmente a nivel de trazas en el agua de superficie, pero puede alcanzar niveles elevados en las subterráneas.

El nitrato es un nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos, y en algunos casos ha sido identificado como el determinante del crecimiento de estos.

Una concentración alta de nitratos es indicio de una etapa mayor de mineralización de los compuestos nitrogenados. En las aguas de algunos pozos suele encontrarse cantidades apreciables de nitratos, lo que es objetable desde el punto de vista sanitario. (NMX-AA-079-SCFI-2001, 2001)

10.5.1.- Principio del método:

Método de sulfato de brucina: La brucina es un complejo que reacciona con los nitratos bajo condiciones ácidas y temperatura elevada para producir un complejo de color amarillo. Generalmente las muestras deben ser diluidas para obtener una concentración de nitrógeno de nitratos en el intervalo de concentraciones de 0,1 mg/L a 1,0 mg/L. La intensidad del color desarrollado es función del tiempo y la temperatura; ambos factores deben ser cuidadosamente controlados. (NMX-AA-079-SCFI-2001, 2001)

10.5.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Recolectar 500 ml de muestra en frascos de vidrio o polietileno.
- Si la muestra presenta turbiedad, filtrarlas a través de un filtro de 0,45µm.
- Los análisis deben realizarse lo más pronto posible. Se puede almacenar hasta por 48 h a 4°C. Para un periodo mayor, preservar con 2 ml de ácido sulfúrico/L y almacenar a 4°C. Sin embargo cuando la muestra es preservada con ácido, no es posible determinar nitritos y nitratos individualmente.

10.5.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de nitratos en Aguas.

Método de sulfato de brucina.

- Si la muestra contiene cloro residual libre, remover por adición de una gota (0,05mL) de disolución de arsenito de sodio por cada 0,10 mg de cloro y mezclar.
- Filtrar la muestra para remover turbiedad.
- Transferir una alícuota de 10 mL de muestra o una alícuota diluida a 10 mL, al tubo de reacción.

- Colocar en la gradilla los tubos de reacción necesarios incluyendo un tubo para el testigo y patrones.
- Colocar la gradilla en un baño de agua fría y añadir 2,0 mL de la disolución de cloruro de sodio a cada tubo. Mezclar y añadir 10,0 mL de disolución de ácido sulfúrico. Mezclar y enfriar.
- Si se desarrolla color o turbiedad sacar los tubos y leer los testigos de muestra contra el testigo de reactivos a 410 nm.
- Colocar la gradilla en el baño de agua fría y añadir 0,5 mL del reactivo brucina - ácido sulfanílico. Mezclar y colocar la gradilla en el baño de agua en ebullición manteniendo la temperatura de ebullición.
- Después de 20 min exactamente sacar los tubos y sumergirlos en agua fría.
- A temperatura ambiente, leer los patrones y muestras contra el testigo de reactivo a 410 nm.

Obtener una curva de calibración graficando la absorbancia contra la concentración de N-NO_3 de los estándares. Calcular las concentraciones de la muestra directamente de la curva de calibración. Hacer una gráfica con los valores de la curva de calibración y asegurarse obtener el coeficiente de correlación aceptable. Reportar $\text{mg N-NO}_3/\text{L}$ con la precisión correspondiente. (NMX-AA-079-SCFI-2001, 2001).

10.6.- Determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales. NMX-AA-099-SCFI-2006

El nitrito considerado como una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno puede estar presente en el agua como resultado de la descomposición biológica de materiales protéicos. En aguas superficiales crudas, las huellas de nitritos indican contaminación. También se puede producir el nitrito en las plantas de tratamiento o en los sistemas de distribución de agua, como resultado de la acción de bacterias sobre el nitrógeno amoniacal.

El nitrito puede entrar en un sistema de abastecimiento a través de su uso como inhibidor de corrosión en agua de proceso industrial. El nitrito es un agente etiológico potencial de metahemoglobinemia. El ácido nitroso, que se forma de nitritos en solución ácida, puede reaccionar con aminas secundarias ($\text{RR}'\text{-NH}$) para formar nitrosaminas ($\text{RR}'\text{-N-N=O}$) muchas de las cuales son conocidas por ser potentes agentes carcinogénicos.

El nitrógeno de nitritos rara vez aparece en concentraciones mayores a 1 mg/L aún en efluentes de plantas de tratamiento municipales. Su concentración en aguas superficiales y subterráneas es normalmente más baja de 0,1 mg/L Debido a que el nitrógeno es un nutriente esencial para organismos fotosintéticos, es importante el monitoreo y control de descargas del mismo al ambiente. (NMX-AA-099-SCFI-2006, 2006)

10.6.1.- Principio del método:

El principio del método consiste en que los nitritos presentes reaccionan en medio ácido (pH = 1.9 a 2.5), para formar ácido nitroso que reacciona con la sulfanilamida por una reacción de diazoación para formar una sal de diazonio, la cual por copulación con el diclorhidrato de N-(1-Naftil) etilendiamina forma un colorante azóico de color purpura rojizo que se mide espectrofotométricamente a 543 nm.

El método de prueba espectrofotométrico para la determinación de nitrógeno de nitritos, en agua natural, residual y residual tratada, en un intervalo de 0.01 mg/L a 1 mg/L de N-N02. (NMX-AA-099-SCFI-2006, 2006)

10.6.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Las muestras deben ser colectadas y conservadas en frascos de vidrio o polietileno, a una temperatura de $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, para evitar la conversión de nitritos a nitratos o amoníaco.
- El análisis debe realizarse durante las 24 h posteriores a su recolección, almacenar las muestras a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Las muestras congeladas a -10°C pueden conservarse máximo 48 h antes de ser analizadas.

10.6.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de nitrógeno de nitritos en Aguas.

La muestra debe estar libre de turbiedad y color, para lograr esto, filtrarla a través de membranas de $0,45\ \mu\text{m}$ de poro, filtros de fibra de vidrio de $0,7\ \mu\text{m}$ de poro o adicionar 2 mL o la cantidad necesaria de suspensión clarificadora según sea el caso, a aproximadamente 100 mL de muestra con agitación y filtrarla a través de papel de poro medio. Si existe color en la muestra continuar con el procedimiento y efectuar la corrección por color establecida a continuación.

Neutralizar el filtrado a un pH aproximado de 7,0 con $\text{H}_2\text{SO}_4\ 1\text{N}$ o $\text{NaOH}\ 1\text{N}$.

De la disolución obtenida anteriormente tomar una porción de muestra, dependiendo del contenido esperado de nitritos según la siguiente tabla:

Tabla 3: Volumen a seleccionar para analizar la muestra a razón de la concentración esperada de nitrógeno de nitritos.

Cantidad de nitrógeno de nitritos en la muestra (mg / L)	Volumen de muestra necesario (mL)
0,05	50
0,10	25
0,50	10
1,00	5

Fuente: NMX-AA-099-SCFI-2006.

- Con una pipeta volumétrica tomar 50 mL de la muestra o lo que indica la tabla y transferirla a un matraz Erlenmeyer o tubo Nessler. En caso de realizar diluciones, tomar el volumen de muestra con pipeta volumétrica y depositarlo en un matraz volumétrico de 50 mL, llevar a la marca de aforo con agua y posteriormente vertir el contenido en un matraz Erlenmeyer o tubo Nessler. En donde se llevará al cabo el desarrollo del color.
- Adicionar 1 mL de la disolución de sulfanilamida y agitar varias veces. Permitir que la mezcla reaccione de 2 min a 8 min.
- Adicionar 1 mL de NEDA, y agitar varias veces, revisar que el pH esté entre 1,9 y 2,5
- Dejar reposar por lo menos 10 min pero no más de 1 h, la presencia de nitritos desarrolla una coloración púrpura.
- Leer la absorbancia a 543 nm.

Corrección por color: Si el color de la muestra pretratada persiste, puede interferir con la medición de la absorbancia. Tratar otro volumen igual de muestra, pero en lugar de agregar las soluciones de sulfanilamida y NEDA, adicionar 1 mL de HCl al 10 % y leer la absorbancia. Corregir la absorbancia de la muestra por medio de la ecuación:

$$A = A_m - A_b - A_c$$

Donde:

A: Es la absorbancia corregida;

A_m: Es la absorbancia de la muestra determinada;

A_b: Es la absorbancia del blanco.

A_c: Es la absorbancia de la muestra empleada para corrección, de color. En caso de muestras incoloras A_c=0.

Calcular la concentración de la muestra por medio de la ecuación de la recta que se obtiene de las curvas de calibración. (NMX-AA-099-SCFI-2006, 2006)

10.7.- Determinación de cloruros totales en aguas naturales. NMX-AA-073-SCFI-2001.

El ión cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, su presencia es necesaria en aguas potables. En agua potable, el sabor salado producido por la concentración de cloruros es variable. En algunas aguas conteniendo 25 mg Cl⁻ /L se puede detectar el sabor salado si el catión es sodio. Por otra parte, éste puede estar ausente en aguas conteniendo hasta 1g Cl⁻ /L cuando los cationes que predominan son calcio y magnesio.

Un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de plantas. Las altas concentraciones de cloruro en aguas residuales, cuando éstas son utilizadas para el riego en campos agrícolas deteriora, en forma importante la calidad del suelo.

Es entonces importante el poder determinar la concentración de cloruros en aguas naturales, residuales y residuales tratadas en un amplio intervalo de concentraciones. (NMX-AA-073-SCFI-2001, 2001)

10.7.1.- Principio del método:

La determinación de cloruros por este método se basa en una valoración con nitrato de plata utilizando como indicador cromato de potasio. La plata reacciona con los cloruros para formar un precipitado de cloruro de plata de color blanco. En las inmediaciones del punto de equivalencia al agotarse el ión cloruro, empieza la precipitación del cromato. La formación de cromato de plata puede identificarse por el cambio de color de la disolución a anaranjado-rojizo así como en la forma del precipitado. En este momento se da por terminada la valoración. (NMX-AA-073-SCFI-2001, 2001)

10.7.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Se deben tomar las muestras en envases limpios de polietileno o de vidrio. Pueden utilizarse muestras compuestas o simples. Tomar un volumen de 500 mL.
- Se debe preservar la muestra a 4°C hasta su análisis.
- El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de una semana.

10.7.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de cloruros totales en Aguas.

Acondicionamiento de la muestra:

- Utilizar un volumen de muestra de 100 mL. Ajustar el pH entre 7 y 10 utilizando las disoluciones de hidróxido de sodio (0,1N) y/o ácido sulfúrico (0,1N)
- Si la muestra tiene mucho color, añadir de 3 mL a 5 mL de la suspensión de hidróxido de aluminio antes de acondicionar. Mezclar, dejar sedimentar y filtrar con papel filtro cualitativo.

Valoración:

- A 100 mL de muestra acondicionada, adicionar 1 mL de disolución indicadora de cromato de potasio. Valorar con la disolución patrón de nitrato de plata. hasta el vire de amarillo a naranja rojizo, manteniendo un criterio constante en el punto final.
- Titular un blanco con las muestras.

Calcular la concentración de iones Cloruro en la muestra original, en mg/L como sigue:

$$\text{Cl}^- \text{ mg /L} = [(A - B) \times N \times 35,450] / \text{mL de muestra}$$

Donde:

A: Son los mL de disolución de nitrato de plata gastados en la valoración de la muestra;

B: Son los mL de disolución de nitrato de plata gastados en la valoración del blanco,

N: Es la normalidad del nitrato de plata.

Reportar los resultados en Cl^- mg/L, con la precisión correspondiente. (NMX-AA-073-SCFI-2001, 2001)

10.8.- Determinación de dureza total en aguas naturales. NMX-AA-072-SCFI-2001.

La dureza se entiende como la capacidad de un agua para precipitar al jabón y esto está basado en la presencia de sales de los iones calcio y magnesio. La dureza es la responsable de la formación de incrustaciones en recipientes y tuberías lo que genera fallas y pérdidas de eficiencia en diferentes procesos industriales como las unidades de transferencia de calor. El término dureza se aplicó en principio por

representar al agua en la que era difícil (duro) de lavar y se refiere al consumo de jabón para lavado, en la mayoría de las aguas alcalinas esta necesidad de consumo de jabón está directamente relacionada con el contenido de calcio y magnesio. (NMX-AA-072-SCFI-2001, 2001)

10.8.1.- Principio del método:

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. El complejo del EDTA con el calcio y el magnesio es más fuerte que el que estos iones forman con el negro de eriocromo T, de manera que la competencia por los iones se desplaza hacia la formación de los complejos con EDTA desapareciendo el color rojo de la disolución y tornándose azul. (NMX-AA-072-SCFI-2001, 2001)

10.8.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Recolectar un volumen de muestra, homogéneo y representativo, de aproximadamente 400 mL en un frasco de polietileno o vidrio de borosilicato. Pueden utilizarse muestras simples y/o compuestas.
- Acidificar la muestra con ácido nítrico hasta pH 2 o menor inmediatamente después de la recolección. Normalmente 2 mL/L son suficientes.
- Mantener la muestra en refrigeración a 4°C hasta el momento del análisis. El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis recomendado es de seis meses.

10.8.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de Dureza total en Aguas.

Si la muestra contiene partículas o materia orgánica requiere un tratamiento previo al análisis. Se recomienda llevar a cabo una digestión con ácido nítrico - ácido sulfúrico ó ácido nítrico - ácido perclórico y ajustar posteriormente el pH de la disolución a un valor de 9, utilizando disolución de amoníaco.

Titulación de muestras:

- Colocar 50 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- Añadir 1 mL ó 2 mL de disolución amortiguadora. Generalmente un mL es suficiente para alcanzar un pH de 10,0 a 10,1.
- Añadir una cantidad adecuada (0,2 g) del indicador eriocromo negro T. La muestra debe tomar un color vino rojizo.
- Titular con la disolución de EDTA 0,01 M (ver inciso 5.20) agitando continuamente hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos. Añadir

las últimas gotas con intervalos de 3 s a 5 s. En el punto final la muestra cambia de color rojizo a azul.

Calcular la dureza total como se indica en la siguiente ecuación:

$$\text{Dureza total expresada como CaCO}_3 \text{ (mg/L)} = \frac{(A - B) \times C \times 1,000}{D}$$

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 CaCO₃ equivalentes a 1 mL de EDTA,
- D: Son los mL de muestra.

Expresar la dureza total como mg/L CaCO₃ con la precisión correspondiente. (NMX-AA-072-SCFI-2001, 2001)

10.9.- Determinación de fósforo total en aguas naturales. NMX-AA-029-SCFI-2001.

El fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales, residuales y residuales tratadas como fosfatos. Éstos se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados y compuestos órganofosfatados. Estas formas de fosfatos provienen de una gran cantidad de fuentes, tales como productos de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos, etc.

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos, por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de aguas puede estimular el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos en cantidades nocivas. (NMX-AA-029-SCFI-2001, 2001)

10.9.1.- Principio del método:

Método cloruro estanoso:

Este método se basa en la reacción del fósforo contenido en la muestra como ortofosfato con el ácido molíbdico para formar el ácido 12-molibdofosfórico según la reacción:



El ácido 12-molibdofosfórico es reducido por el cloruro de estaño a azul de molibdeno, compuesto de composición desconocida que contiene una mezcla de Mo (VI) y Mo (V), que absorbe a 690 nm. La intensidad del color azul formado depende de la concentración de fosfatos adicionados al heteropoliácido. El método

es aplicable cuando el contenido de fósforo en las muestras se encuentra entre las concentraciones de 0,01 mg P/L a 6,0 mg P/L.

Todo el fósforo contenido en la muestra debe estar como ión ortofosfato $(\text{PO}_4)_3^-$, ya que el método espectrofotométrico es esencialmente específico para este ión ortofosfato $(\text{PO}_4)_3^-$. La materia orgánica de la muestra es destruida por medio de una digestión con persulfato de amonio y ácido sulfúrico, rompiendo las ligaduras orgánicas del fósforo (C-P y/o C-O-P), e hidrolizando los polifosfatos a ortofosfatos. (NMX-AA-029-SCFI-2001, 2001)

10.9.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Tomar un mínimo de 500 mL de muestra en envases de plástico. Pueden utilizarse muestras compuestas o simples.
- Si la muestra solamente es analizada para determinar la forma de fósforo disuelto, filtrar la muestra inmediatamente después de la colecta a través de un papel filtro de poro fino.
- Conservar en refrigeración a 4°C.
- El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 28 días.

10.9.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de Dureza total en Aguas.

Preparación de la muestra por medio de la digestión con persulfato:

- Usar 50 mL o la porción adecuada de la muestra bien mezclada. Adicionar una gota de fenolftaleína. Si aparece un color rojo, adicionar gota a gota ácido sulfúrico concentrado hasta que desaparezca el color. Posteriormente adicionar 1 mL de disolución de ácido fuerte y 0,4 g de persulfato de amonio o 0,5 g persulfato de potasio.
- Calentar por 30 min en un autoclave u olla de presión de 98 kPa a 137 kPa. Enfriar, añadir una gota de fenolftaleína y neutralizar hasta desvanecer a un color rosa pálido con la disolución de hidróxido de sodio. Aforar a 100 mL con agua destilada. En algunas muestras puede formarse un precipitado en esta fase, pero no se debe filtrar. Mezclar bien para cualquier subdivisión de la muestra. El precipitado (posiblemente de fosfato de calcio) se redisuelve bajo condiciones ácidas de la prueba colorimétrica para determinar fósforo.

Método cloruro estanoso:

- Ajustar el pH de la muestra. A 100 mL de muestra que contenga no más de 200 µg P y libre de color y turbidez adicionar 1 gota de fenolftaleína. Si la disolución tiene un color rosado, adicionar unas cuantas gotas de disolución de ácido fuerte para neutralizar.

- Desarrollo del color en la muestra. Adicionar, agitando fuertemente después de cada adición, 4,0 mL de disolución de heptamolibdato de amonio tetrahidratado y 0,5 mL (10 gotas) de disolución de cloruro estanoso. La intensidad del color depende de la temperatura ambiente de la disolución final, incrementándose ésta alrededor de 1 % por cada grado centígrado más de temperatura ambiente. Por lo que es importante realizar las mediciones a la misma temperatura.
- Medición de color. El tiempo en el cual se realiza la medición es importante para tener un buen resultado, la medición debe de efectuarse después de 10 min de haber desarrollado el color, pero antes de 12 min, utilizar el mismo intervalo de tiempo para todas las mediciones, medir la intensidad de color espectrofotométricamente a 690 nm y comparar contra la curva de calibración, utilizar como blanco agua.

NOTA.- Es necesario tener un blanco de agua y un blanco de reactivos. Debido a que el color se desarrolla primero de manera progresiva y posteriormente se desvanece, mantener siempre condiciones iguales de tiempos de desarrollo de color y medición para muestras y estándares. Preparar al menos un estándar por cada lote de muestras o una cada día que se realiza la prueba. La curva de calibración es lineal en un intervalo de concentraciones de 0,3 mg/L a 2,0 mg/L. (NMX-AA-029-SCFI-2001, 2001)

10.10.- Determinación de Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Disueltos Totales (SDT) en aguas naturales. NMX-AA-034-SCFI-2015.

Todas las aguas contienen sustancias disueltas en cantidades variables que dependen de su origen.

El agua puede contener varios tipos de sólidos, entre ellos, sólidos disueltos y los sólidos suspendidos.

Los sólidos y sales disueltas pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua, un efluente o un proceso de varias formas, en plantas potabilizadoras por ejemplo el análisis de sólidos disueltos son importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento del agua.

Entendiéndose como:

Sólidos Totales (ST): Es el residuo que permanece en una cápsula después de evaporar y secar una muestra a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sólidos Suspendidos Totales (SST): Es el material constituido por los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos y coloidales que son retenidos por un filtro

de fibra de vidrio con poro de 1,5 μm secado y llevado a masa constante a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

Masa constante: Es la masa que se registra cuando el material ha sido calentado, enfriado y pesado, y que en dos ciclos completos consecutivos presenta una diferencia $\leq 0,0005\text{ g}$. (NMX-AA-034-SCFI-2015).

10.10.1.- Principio del método:

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, mediante la evaporación 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-AA-034-SCFI-2015)

10.10.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 7 días y almacenarlas a una temperatura de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Es conveniente que para muestras provenientes de reactores biológicos el análisis se realice dentro de las 24 h posteriores a la toma de muestra para minimizar la interferencia por generación de biomasa.
- Al menos recolectar un mínimo de 600 mL de muestra en envases de plástico o vidrio y taparse inmediatamente después de la recolecta. Pueden utilizarse muestras compuestas o simples. Evitar llenar los recipientes completamente (hasta el borde) para permitir eficientemente la homogenización por medio de la agitación.

10.10.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Disueltos Totales (SDT) en Aguas.

Preparación de cápsulas:

- Introducir las cápsulas al horno a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 20 min como mínimo. Trasladar la cápsula al desecador y dejar enfriar por 20 min como mínimo.
- Pesar las cápsulas y repetir el ciclo horno-desecador hasta obtener una diferencia $\leq 0,0005\text{ g}$ en dos pesadas consecutivas. Registrar como m_1 considerando para los cálculos el último valor de la masa.

Preparación de dispositivo de filtración y/o soportes de secado:

- Utilizar filtro de fibra de vidrio que adapte al dispositivo de filtración y/o secado y/o charola de aluminio, con la ayuda de unas pinzas colocarlo con la cara rugosa hacia arriba en el dispositivo de secado y/o filtración.
- Mojar el filtro con agua para asegurar que se adhiera perfectamente, solo en caso de utilizar crisol Gooch.
- El soporte de secado con el filtro se introduce al horno a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 20 min como mínimo, después de este tiempo transferirlo a un desecador.
- Pesar el dispositivo de filtración y/o soportes de secado y repetir el ciclo horno-desecador hasta obtener una diferencia $\leq 0,0005\text{ g}$ en dos pesadas consecutivas. Registrar como m_2 , considerando para los cálculos el último valor de la masa.

Preparación de la muestra:

- Las muestras deben estar a temperatura ambiente al realizar el análisis. Agitar las muestras para asegurar la homogeneización.

Medición de sólidos totales (ST)

- Se recomienda seleccionar el volumen de muestra de tal manera que el residuo seco sobre la cápsula se encuentre en un intervalo de masa de 2,5 mg a 200 mg.
- Transferir la muestra a la cápsula previamente puesta a masa constante y evaporar a sequedad en el horno de secado a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- En caso de utilizar placa de calentamiento llevar a casi sequedad sin llegar a ebullición de la muestra y posteriormente pasar al horno de secado a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su secado total por una hora.
- Trasladar la cápsula al desecador y dejar enfriar por 20 min como mínimo. Llevar la cápsula a masa constante repitiendo el ciclo horno-desecador, hasta obtener una diferencia $\leq 0,0005\text{ g}$ en dos pesadas consecutivas.
- Registrar como m_3 , la última masa obtenida.

Medición de sólidos suspendidos totales (SST):

- Se recomienda seleccionar el volumen de muestra de acuerdo a las características de esta.
- Homogeneizar la muestra mediante agitación vigorosa del envase, transferir de forma inmediata y en un solo paso un volumen adecuado de muestra a una probeta.
- Filtrar la muestra: A través del filtro colocado en el crisol Gooch puesto anteriormente a masa constante. (Algunos tipos de agua contienen

materiales que bloquean los poros del filtro o reducen su diámetro. Esto incrementa el tiempo de filtrado y los resultados se relacionan en función del volumen de la muestra. Si se observa tal bloqueo del filtro, deberá repetirse la medición con menor volumen. Los resultados deberán interpretarse considerando lo anterior).

- Introducir el soporte de secado con el filtro al horno a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 h como mínimo, Posteriormente llevar a masa constante y registrar como m_6 la masa obtenida

Para el cálculo de los sólidos totales de las muestras tenemos:

$$ST = \frac{m_3 - m_1}{V} * 1000000$$

Donde:

ST: Son los sólidos totales, en mg/L;

m_3 : Es la masa de la cápsula con el residuo, después de la evaporación, en g;

m_1 ; Es la masa de la cápsula vacía a masa constante, en g,

V: Es el volumen de muestra, en mL.

Para el cálculo de los sólidos suspendidos totales de las muestras tenemos:

$$SST = \frac{m_6 - m_2}{V} * 1000000$$

Donde:

SST: Son los sólidos suspendidos totales, en mg/L;

m_6 : Es la masa del soporte de secado con el filtro, en g;

m_2 ; Es la masa del soporte de secado con el filtro antes de la filtración, en g;

V: Es el volumen de muestra, en mL.

Y Finalmente para el cálculo de los sólidos disueltos totales de las muestras tenemos:

$$SDT = ST - SST$$

Donde:

SDT: Son los sólidos disueltos totales, en mg/L;

ST: Son los sólidos totales, en mg/L;

SST: Son los sólidos suspendidos totales, en mg/L;

Si parte de los sólidos de la muestra se adhieren a las paredes de los contenedores, ya sea en el material de muestreo o en los instrumentos de trabajo, consignar en las observaciones del informe de resultados. (NMX-AA-034-SCFI-2015)

10.11.- Determinación de Sustancias Activas del Azul de Metileno (SAAM) en aguas naturales. NMX-AA-029-SCFI-2001.

Los tensoactivos entran en las aguas limpias y residuales principalmente por descarga de residuos acuosos del lavado doméstico e industrial de ropa y otras operaciones de limpieza. Un tensoactivo combina en una sola molécula un grupo hidrófobo con uno hidrófilo. Dichas moléculas tienden a congregarse en las interfaces entre el medio acuoso y las otras fases del sistema, como aire, líquidos oleosos y partículas, impartiendo por tanto propiedades tales como formación de espuma, emulsificación y suspensión de partículas.

La mayoría de los tensoactivos de las aguas residuales domésticas se combinan con cantidades proporcionales de las partículas adsorbidas. En las aguas la concentración de tensoactivos suele ser inferior a 0,1 mg/L excepto en las proximidades de una desembocadura u otra fuente de entrada puntual. Un alto contenido de detergentes en agua puede provocar formación de espuma, toxicidad para la vida acuática y crecimiento desmesurado de la flora acuática por el aporte de fosfatos. (NMX-AA-039-SCFI-2001)

10.11.1.- Principio del método:

El principio de este método se basa en la formación de un par iónico extractable en cloroformo de color azul por la reacción del azul de metileno catiónico y un tensoactivo aniónico incluyendo al sulfonato de alquilbenceno lineal, otros sulfonatos y ésteres de sulfonatos. La muestra se acidifica y se mezcla con una disolución de azul de metileno. El par iónico hidrofóbico que se forma se extrae con cloroformo. Los extractos de cloroformo son lavados con una disolución ácida para remover los pares iónicos menos hidrófobos (con coeficientes de partición bajos) que pueden formarse por sustancias que interfieren potencialmente. El cloroformo retiene los pares iónicos altamente hidrófobos. La intensidad del color azul presente en la fase orgánica se mide espectrofotométricamente a una longitud de onda de 652 nm y es proporcional a la cantidad de surfactantes aniónicos presentes en la muestra. (NMX-AA-039-SCFI-2001)

10.11.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Debe tomarse un mínimo de 600 mL de muestra en un envase de polietileno. Pueden utilizarse muestras compuestas o simples.
- Debe preservarse la muestra con ácido sulfúrico concentrado hasta obtener un pH igual a 2. Posteriormente mantener a 4°C hasta su análisis.
- El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 1 semana.

10.11.3.- Procedimiento para análisis de la concentración de Sustancias Activas del Azul de Metileno (SAAM) en Aguas.

- Seleccionar un volumen de muestra en base a la concentración de SAAM estimado y colocar en embudo de separación de 500 mL.
- Añadir 3 gotas de la disolución indicadora de fenolftaleína y agregar suficiente disolución de hidróxido de sodio para producir un color rosa.
- Adicionar disolución diluida de ácido sulfúrico, en pequeñas cantidades hasta que el color rosa desaparezca completamente.
- Adicionar 25 mL de la disolución de azul de metileno y mezclar.
- Adicionar 10 mL de cloroformo y agitar durante 30 s con fuerza.
- Permitir la separación de las fases y drenar el cloroformo dentro de un segundo embudo de separación de 500 mL. Si una cantidad excesiva de las formas de emulsión se encuentran dentro de una muestra, es evidente que ocurre una pérdida sustancial de SAAM, entonces se recomienda al analista usar las técnicas más conocidas en el intento de romper la emulsión. Algunas de las técnicas conocidas son: (1) la breve aplicación local de calor por medio de vapor de agua caliente aplicado al exterior del embudo de separación en el área de la capa de emulsión y (2) filtrando la emulsión a través de un tapón de fibra de vidrio para remover la materia particulada, etc. Si la emulsión no puede romperse, entonces tomar nota registrando el hecho, hacer otro intento para analizar la muestra usando una menor cantidad de la misma. Liberar la presión del embudo cuidadosamente
- Dejar cualquier capa de emulsión en el primer embudo de separación y repetir la extracción, en forma seriada, con dos porciones adicionales de 10 mL de cloroformo. Liberar la presión del embudo cuidadosamente.
- Adicionar 50 mL de la disolución de lavado de fosfatos a los extractos combinados de cloroformo en el segundo embudo de separación y agitar vigorosamente por 30 s. Colocar el embudo de separación en posición vertical. Permitir que la muestra se estabilice durante 1 min.
- Filtrar la capa de cloroformo a través de un embudo y un tapón de fibra de vidrio a un matraz volumétrico de 100 mL.
- Adicionar una alícuota de 20 mL de cloroformo al segundo embudo de separación y repetir los pasos de agitación. Pasar la capa de cloroformo a través del tapón de fibra de vidrio al matraz volumétrico de 100 mL. Aforar a 100 mL con cloroformo.
- Usar una celda de paso óptico de luz de 1 cm, a una longitud de onda de 652 nm, ajustar el espectrofotómetro a una absorbancia de cero con cloroformo.
- Medir la absorbancia de cada uno de los extractos. Ya que existe la tendencia de un desvanecimiento lento del extracto del complejo de azul de metileno, la absorbancia debe medirse dentro de un período de 30 min después de su formación.

Calcular y expresar como SAAM, la concentración aparente de sulfonato de alquilbenceno lineal como se indica a continuación:

$$\text{SAAM, mg/L} = \frac{W * 1\ 000}{S}$$

Donde:

- W: Son los mg/100 mL de SAL en la muestra calculada a partir de la ecuación de la recta de la curva de calibración,
- S: Son los mL de alícuota de la muestra.

Reportar los resultados en mg/L con la precisión correspondiente. (NMX-AA-039-SCFI-2001)

10.12.- Determinación del ion sulfato en aguas naturales. NMX-AA-074-SCFI-2014.

Los sulfatos SO_4^{2-} están ampliamente distribuidos en la naturaleza y pueden estar presentes en aguas naturales, en concentraciones que varían desde pocos hasta miles de miligramos por litro, los desechos del drenaje de minas pueden contribuir con grandes cantidades de iones sulfatos SO_4^{2-} a través de la oxidación de pirita. (NMX-AA-074-SCFI-2014)

10.12.1.- Principio del método:

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, y es aplicable en el intervalo de concentraciones de 1 mg/L a 40 mg/L de SO_4^{2-} . (NMX-AA-074-SCFI-2014)

10.12.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Tomar la muestra en frascos de plástico o de vidrio.
- Tomar un volumen mínimo de 200 mL.
- Todas las muestras deben refrigerarse a una temperatura de $4\ ^\circ\text{C} \pm 2\ ^\circ\text{C}$ hasta su análisis.
- Conservando la muestra en refrigeración puede mantenerse hasta 28 días.

10.12.3.- Procedimiento para análisis del ion sulfato en Aguas.

Formación de turbiedad de sulfato de bario:

- Transferir a un matraz Erlenmeyer de 250 mL una muestra de 100 mL, o una porción conveniente llevada al aforo con agua a 100 mL. Añadir 20 mL del reactivo buffer A (Esta disolución es requerida cuando las muestras de sulfatos tienen concentraciones mayores a 10 mg/L de SO_4^{2-}) o B (Esta disolución es requerida cuando las muestras de sulfatos tienen concentraciones menores a 10 mg/L de SO_4^{2-}) según sea el caso y mezclar en el aparato agitador.
- Mientras la disolución se está agitando, añadir el contenido de una cucharilla llena de cristales de cloruro de bario y empezar a medir el tiempo inmediatamente. Agitar durante un minuto a una velocidad constante. (La velocidad exacta de agitación no es crítica, pero debe ser constante para cada corrida de muestras y de patrones, y debe ajustarse a casi el máximo al cual no ocurran salpicaduras).
- Una vez concluida la agitación vaciar a la celda y medir la turbiedad en unidades de absorbancia o nefelométricas después de 5 min \pm 0,5 min. Leer la absorbancia de las muestras y las disoluciones de referencia a 420 nm en una celda de 1 cm o mayor de longitud de paso óptico de luz.
- Corrección por el color o turbiedad de la muestra.
- Correr un blanco de muestra sin agregar cloruro de bario y restarlo a la muestra que contiene color y/o turbiedad.

Para efectos de cálculos es por medio de una curva de calibración:

- Si se usó la disolución buffer A, calcular la concentración de la muestra directamente.
- Si se usó la disolución buffer B, se debe restar la concentración del blanco, de la concentración de la muestra, esto debido a que la curva de calibración no es un línea recta y por lo tanto no es equivalente a restar la absorbancia del blanco a la absorbancia de la muestra.

Calcular la concentración de masa de SO_4^{2-} expresada en mg/L de SO_4^{2-} . (NMX-AA-074-SCFI-2014).

10.13.- Determinación del pH en aguas naturales. NMX-AA-008-SCFI-2016

La medición del pH del agua es muy importante para muchos tipos de muestra. Los valores altos y bajos de pH son tóxicos para organismos acuáticos, ya sea directa o indirectamente. Es el parámetro más importante utilizado en la evaluación de las propiedades corrosivas de un medio ambiente acuático. Los métodos

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

El pH se define en términos de la actividad relativa de los iones de hidrógeno en la disolución:

$$\text{pH} = -\log a_H = -\log \left(\frac{m_H y_H}{m^o} \right)$$

Donde: a_H es la actividad relativa del ión hidrógeno (en base molal); y_H es el coeficiente de actividad molal del ión hidrógeno H^+ a la molalidad m_H ; y m^o es la molalidad estándar. La magnitud pH es considerada como una medida de la actividad de los iones hidrógeno en la disolución. (NMX-AA-008-SCFI-2016)

10.13.1.- Principio del método:

La medición del valor de pH está basada en la diferencia de potencial de una celda electroquímica empleando un pHmetro adecuado. El valor de pH de una medición depende de la temperatura debido al equilibrio de disociación. Por lo tanto, la temperatura de la muestra siempre debe ser reportada en conjunto con el pH de la muestra.

En caso de utilizar equipo con compensador de temperatura, no se requiere reportar la temperatura para cada lectura realizada. (NMX-AA-008-SCFI-2016)

10.13.2.- Muestreo.

El valor de pH puede cambiar rápidamente en la muestra de agua como resultado de procesos químicos, físicos o biológicos. Por esta razón, es recomendable medir el pH directamente del cuerpo de agua, si esto no es posible, tomar al menos 500 mL de muestra de agua en un recipiente de muestreo y medir sin exceder las 6 h después de la toma de muestra, cuando éste sea el caso señalar en el informe final de laboratorio el tiempo en que se midió el pH.

Cuando se está recolectando la muestra, evitar el intercambio de gases, ejemplo la liberación de dióxido de carbono entre las muestras y el aire del ambiente. Llenar el recipiente completamente y taparlo adecuadamente evitando en la medida de lo posible la formación de burbujas.

Las muestras deberán mantenerse a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en la obscuridad o protegido de la luz solar, durante su transporte y almacenamiento. (NMX-AA-008-SCFI-2016)

10.13.3.- Procedimiento para análisis del pH en Aguas.

Preparación:

- Para asegurar la buena funcionalidad del electrodo de pH, se debe realizar el mantenimiento, limpieza y verificación periódica, de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a lo establecido por el propio laboratorio, todo lo anterior debe quedar documentado.
- Atemperar las disoluciones patrón de referencia para la calibración y patrones de trabajo para la verificación (muestra control), que serán utilizadas, siempre que sea posible éstas no deberán variar en $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, de la muestra problema.
- La selección de las disoluciones patrón de referencia indicadas en el párrafo anterior, estará en función del pH esperado en la muestra problema, lo cual se puede saber mediante un análisis rápido, por medio de una tira indicadora de pH, la cual se humedece con la muestra problema y con ayuda de la escala de colores provista por el fabricante de las tiras indicadoras, realiza una estimación del valor esperado de pH, esto es importante sobre todo cuando se realiza la calibración solo a dos puntos.
- Cuando se usa un electrodo de pH sin un sensor de temperatura interno, sumergir el sensor de temperatura o el termómetro en la disolución, al mismo tiempo, para todas las mediciones que se efectúen.

Calibración analítica:

- Lea cuidadosamente el manual del equipo
- Calibrar el electrodo en el intervalo requerido, en función de la muestra problema que se desea medir, ya sea en 2 puntos usando disoluciones patrón de referencia o realizar la calibración en 3 puntos usando disoluciones patrón de referencia siguiendo instrucciones del fabricante, en ambos casos.
- Registrar los valores iniciales obtenidos de la calibración, así como la temperatura a la cual se efectuó la medición, en caso de que no se realice con equipo con compensador de temperatura. El valor práctico de la pendiente debe ser de al menos 95% de la pendiente teórica, a menos que el fabricante del equipo especifique otro valor.
- Una vez que la calibración se ha realizado de manera exitosa, esta se deberá comprobar, realizando al menos 3 lecturas de cada una de estas mismas disoluciones patrón de referencia. Llevando a cabo lecturas independientes consecutivas, de la misma alícuota, enjuagar el electrodo de pH con agua destilada o desionizada, entre cada lectura. La medición no debe desviarse

por más de $\pm 0,05$ unidades de pH del valor nominal del patrón de referencia usado y entre las lecturas independientes realizadas no deberá haber una diferencia mayor a 0,03 unidades de pH entre ellas, registrar para cada lectura de pH, la temperatura a la cual se efectuó la medición, en caso de que no se realice con equipo con compensador de temperatura.

- En caso de que la variación de las lecturas no sea la adecuada, repetir el procedimiento y reemplazar las disoluciones o el electrodo de pH si es necesario.
- El procedimiento de calibración con patrones de referencia y verificación de patrones control (muestra control) descrito anteriormente, es necesario que se realice en el laboratorio antes de salir a campo y en el primer punto de muestreo en campo de cada día de trabajo o antes de analizar un lote de muestras en el laboratorio por día.

Medición de la muestra:

- Una vez que el equipo está calibrado y verificado correctamente, como se menciona en los puntos descritos anteriormente, se procede a realizar la medición de la muestra problema. Cuando sea posible, medir las muestras directamente del cuerpo de agua, en caso de no ser posible, o extraer como se menciona anteriormente y realizar las mediciones sobre esta alícuota.
- Sumergir el electrodo en la muestra problema, agitar levemente, esperar que la lectura de pH se estabilice, obtener y registrar al menos tres lecturas sucesivas independientes, entre cada medición enjuagar el electrodo de pH con agua destilada o desionizada (véase 6.1) y secar. La variación de las tres lecturas obtenidas no deberá desviarse más de 0,03 unidades de pH. Sólo en caso de que el equipo no cuente con compensador de temperatura, registrar el valor de temperatura a la cual se realizó la medición.
- Si las tres lecturas consecutivas difieren en más de 0,03 unidades de pH, repetir si es posible con otra porción de la muestra problema, en caso de que esto no sea posible o persista el problema repetir desde el procedimiento de calibración.

Reportar el valor promedio de pH de las tres mediciones de las lecturas independientes redondeando a una cifra decimal. Reportar la temperatura promedio a la cual se efectuó la medición, redondeando al entero y en grados Celsius. (NMX-AA-008-SCFI-2016)

10.14.- Determinación de la Temperatura en aguas naturales. NMX-AA-007-SCFI-2013.

La temperatura termodinámica, también denominada temperatura absoluta, es una de las magnitudes fundamentales que definen el Sistema Internacional de Unidades (SI) y cuya unidad es el kelvin, simbolizado como K. Esta unidad se utiliza tanto para expresar valores de temperatura termodinámica como intervalos de temperatura. Por acuerdo del Comité Internacional de Pesas y Medidas en 1989, la Escala Internacional de Temperatura (ITS-90) se define operacionalmente en términos de técnicas de medición por termometría de presión de vapor, termometría de gas, termometría con resistencia de platino y pirometría óptica. Es usual expresar la temperatura con base en la escala Celsius (°C).

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

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

- Temperatura: Potencial o grado calorífico referido a un cierto cuerpo.
- Termómetro: Instrumento que usualmente se pone en contacto con la sustancia cuya temperatura desea conocerse hasta que se alcance el equilibrio térmico. Dicho dispositivo, cuando está correctamente calibrado, permite obtener indirectamente el valor de temperatura, midiendo el cambio de alguna propiedad de un constituyente del mismo termómetro que varía monotónicamente con la temperatura. (NMX-AA-007-SCFI-2013)

10.14.1.- Principio del método:

El principio se basa en las propiedades de los materiales de dilatarse o contraerse con los cambios de temperatura o en las propiedades eléctricas de los mismos con los que se realizará la medición; estas propiedades son siempre las mismas para una temperatura dada, lo que permite graduar los instrumentos de medición. (NMX-AA-007-SCFI-2013)

10.14.2.- Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

Para esta medición no se requiere preparación ni conservación de las muestras.

- Las determinaciones de temperatura deben efectuarse de inmediato en el lugar de muestreo.
- Cuando sea preciso extraer una muestra, se toma un volumen aproximado de 1 L para termómetros de inmersión parcial en un envase de polietileno, de vidrio limpio o de doble pared y aproximado de 500 mL para Termopar u otro instrumento, en un envase de polietileno, de vidrio limpio o de doble pared; se determina la temperatura de inmediato. (NMX-AA-007-SCFI-2013)

10.14.3.- Procedimiento para análisis de la temperatura en Aguas.

- Siempre que sea posible se debe realizar la medición directamente en el cuerpo de agua, en caso de que esto no sea posible, extraer una porción de la muestra como se indica anteriormente. Esperar el tiempo suficiente para obtener mediciones constantes. Enjuagar con agua destilada el instrumento de medición.
- Las lecturas se obtienen directamente de la escala del aparato medidor de temperatura, y se informan en grados Celsius (°C).

Calcular el promedio de las tres lecturas. Los resultados obtenidos se expresan redondeando al entero y en grados Celsius (°C). (NMX-AA-007-SCFI-2013)

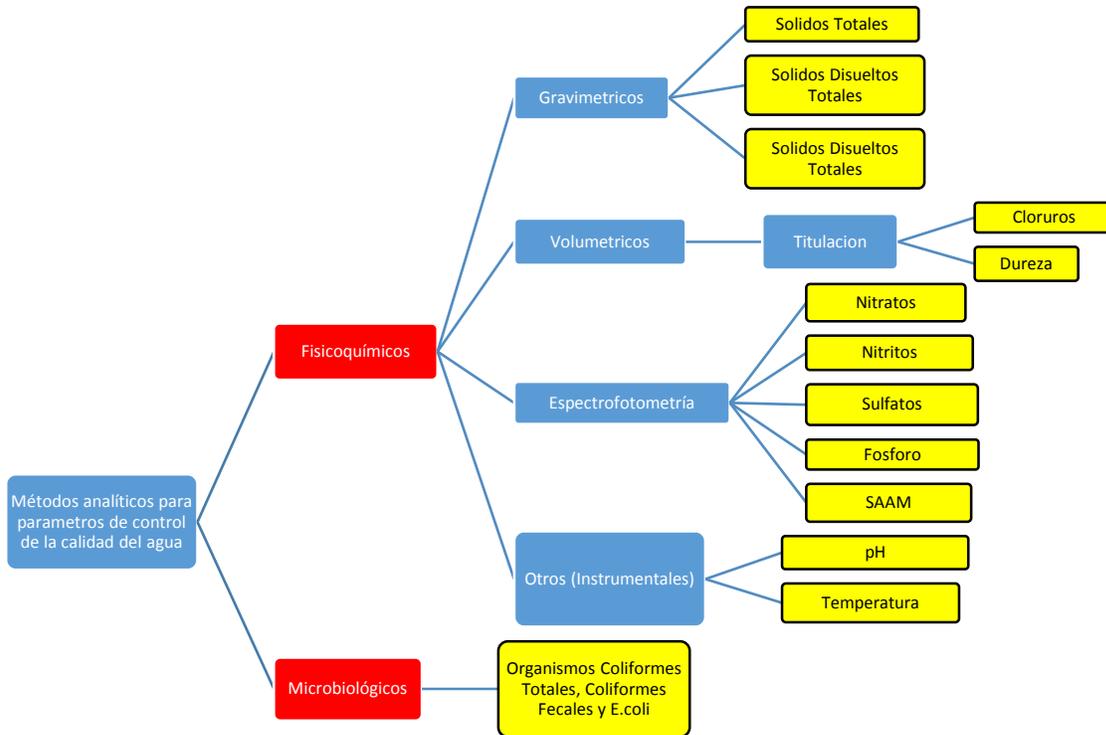
10.15.- Métodos de análisis del Agua:

En la actualidad existen diversos equipos instrumentales sensibles que facilitan la capacidad del ingeniero para cuantificar y reconocer los materiales contaminantes (cuya complejidad va en aumento), con el fin de obtener información que le permita tomar decisiones frente a su campo de acción. [...] Gracias a estos métodos, las mediciones analíticas se pueden realizar inmediatamente en la fuente, y el registro a una distancia del sitio donde se realiza la medición.

Estos métodos de análisis son una herramienta fundamental para definir la calidad física y química del agua, que son determinantes en el diseño de un sistema de potabilización apropiado, que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad vigente. En síntesis, el conocimiento de estas técnicas es importante, al igual que los métodos gravimétricos y volumétricos que se emplean en la actualidad para el análisis de las características físico químicas del agua. (Chaquea, 2016)

Siendo que los métodos utilizados para la determinación de cada parámetro referente al análisis de la calidad del agua se presentan a continuación.

Figura 5: Métodos analíticos para parámetros de control de la calidad del agua.



Fuente: Elaboración propia

10.15.1- Métodos Fisicoquímico:

Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

Entendiéndose “muestra” como parte representativa del material a estudiar (agua natural, agua para consumo humano, agua superficial, agua subterránea) en la cual se analizaran los parámetros de interés. (UNILLANOS, 2013)

10.15.1.1.-Métodos Gravimétricos:

El análisis gravimétrico se basa en la determinación del contenido de analito en una muestra mediante operaciones de pesada. (Análisis Gravimétrico, 2016)

La gravimetría es un método en el que la señal es una masa o cambio de masa. Particularmente, la determinación de sólidos para el análisis de la calidad del agua

se fundamenta en la gravimetría de partículas. Este método es utilizado para determinar la masa de partículas de analito a partir de su separación de la matriz, que puede ser sólida, líquida o gaseosa.

En la gravimetría de partículas se utilizan dos enfoques distintos para separar el analito de su matriz. El más frecuente es la filtración, en el que las partículas sólidas se separan de su matriz; un ejemplo de esta técnica puede ser la separación de los sólidos suspendidos totales a través de un filtro. Un segundo enfoque es el de la extracción de fase sólida o de fase líquida, como por ejemplo la determinación de sólidos disueltos totales, en la que se extrae la matriz líquida a través de su evaporación o secado. El análisis gravimétrico en aguas se centra en la determinación cuantitativa de los sólidos y sales disueltos. (L. Erdey, 1965)

10.15.1.2.-Métodos volumétricos:

Consta de un grupo de métodos analíticos que se basan en la determinación del volumen de una disolución patrón de concentración conocida, utilizada para producir una reacción química completa con el analito, de modo que se determina el contenido absoluto del mismo.

10.15.1.2.1.-Titulación:

También conocida como valoración, es un método de análisis químico cuantitativo, que se utiliza en el laboratorio, para determinar la concentración exacta de un reactivo cuya concentración se sabe solo en forma aproximada. (Vázquez)

Es el procedimiento empleado en análisis volumétrico, en el cual una solución de concentración conocida llamada titulante o patrón, se le agrega a una solución de concentración desconocida (analito) desde una bureta hasta lograr el punto final o de equivalencia (diferente al punto de equilibrio).

Para que este método se pueda emplear acertadamente se debe cumplir lo siguiente:

- No deben existir reacciones colaterales.
- La reacción debe terminar por completo en el punto de equivalencia, es decir, que sea estequiométricamente completa. (Normalmente marcada por el viraje de color).
- Para obtener resultados satisfactorios es importante escoger el indicador adecuado de acuerdo con el pH en el punto de equivalencia de la reacción.

Finalmente, para el cálculo de la concentración de la solución desconocida, se debe de considerar la siguiente fórmula, donde las correcciones correspondientes

pertencen a cada reacción en específico, siendo los coeficientes en su estequiometría. (Rodolfo, 2015)

$$f_1 * V_1 * C_1 = V_2 * C_2 * f_2$$

Donde:

V_1 = Es el volumen del titulante gastado.

C_1 = Es la concentración conocida de la solución titulante.

f_1 = Factor de corrección para titulante. (Coeficiente del titulante en la estequiometría de la reacción)

f_2 = Factor de corrección para el analito. (Coeficiente del analito en la estequiometría de la reacción)

V_2 = Es el volumen del analito empleado en la titulación.

C_2 = Es la concentración del analito.

10.15.1.3.-Espectrofotometría:

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma.

El fundamento de la espectroscopia se debe a la capacidad de las moléculas para absorber radiaciones, entre ellas las radiaciones dentro del espectro UVvisible. Las longitudes de onda de las radiaciones que una molécula puede absorber y la eficiencia con la que se absorben dependen de la estructura atómica y de las condiciones del medio (pH, temperatura, fuerza iónica, constante dieléctrica), por lo que dicha técnica constituye un valioso instrumento para la determinación y caracterización de biomoléculas.

En espectroscopia el término luz no sólo se aplica a la forma visible de radiación electromagnética, sino también a las formas UV e IR, que son invisibles. En espectrofotometría de absorbancia se utilizan las regiones del ultravioleta (UV cercano, de 195-400 nm) y el visible (400-780 nm).

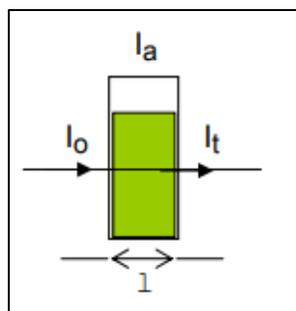
La región UV se define como el rango de longitudes de onda de 195 a 400 nm. Es una región de energía muy alta. Provoca daño al ojo humano así como quemadura común. La fuente de radiación ultravioleta es una lámpara de deuterio.

En la región visible apreciamos el color visible de una solución y que corresponde a las longitudes de onda de luz que transmite, no que absorbe. El color que absorbe es el complementario del color que transmite. Por tanto, para realizar mediciones de absorción es necesario utilizar la longitud de onda en la que absorbe luz la solución coloreada. La fuente de radiación visible suele ser una lámpara de tungsteno y no proporciona suficiente energía por debajo de 320 nm. (Díaz, 2014)

Cuando un rayo de luz de una determinada longitud de onda de intensidad I_o incide perpendicularmente sobre una disolución de un compuesto químico que absorbe luz o cromóforo, el compuesto absorberá una parte de la radiación incidente (I_a) y dejará pasar el resto (I_t), de forma que se cumple:

$$I_o = I_a + I_t$$

Figura 6: Rayo de luz a una longitud de onda de intensidad I_o atravesando una sustancia.



Fuente: Díaz N. "Espectrometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomolecular".

La **transmitancia (T)** de una sustancia en solución es la relación entre la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra, I_t , y la cantidad de luz que incidió sobre ella, I_o , y se representa normalmente en tanto por ciento:

$$\% T = \frac{I_t}{I_o} \times 100$$

La transmitancia nos da una medida física de la relación de intensidad incidente y transmitida al pasar por la muestra. La relación entre %T y la concentración no es lineal, pero asume una relación logarítmica inversa.

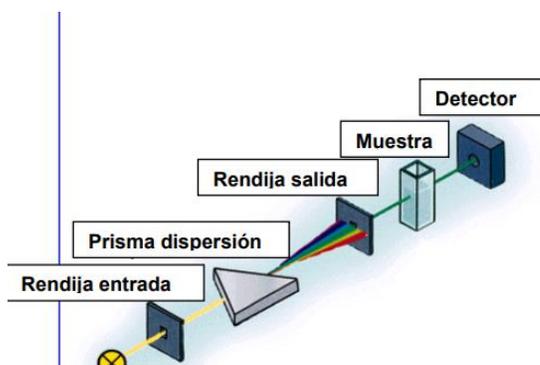
La **absorbancia (A)** es un concepto más relacionado con la muestra puesto que nos indica la cantidad de luz absorbida por la misma, y se define como el logaritmo de $1/T$, en consecuencia:

$$A = \log \frac{1}{T} = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_o}$$

Cuando la intensidad incidente y transmitida son iguales ($I_o = I_t$), la transmitancia es del 100% e indica que la muestra no absorbe a una determinada longitud de onda, y entonces A vale $\log 1 = 0$. La cantidad de luz absorbida dependerá de la distancia que atraviesa la luz a través de la solución del cromóforo y de la concentración de éste. La medición de absorbancia de la luz por las moléculas se realiza en unos aparatos llamados espectrofotómetros.

Se mide primero la absorbancia del disolvente (conocido como blanco) y al que se le asigna el valor de cero mediante el ajuste del mando, de forma que la intensidad incidente y transmitida sean iguales ($I_o = I_t$), y por tanto la absorbancia es cero. A continuación se pone en la celdilla la cubeta con la muestra y se lee la absorbancia de ésta. (Díaz, 2014)

Figura 7: Proceso de Espectrofotometría.



Fuente: Díaz N. "Espectrometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomolecular".

10.15.1.3.1.-Curvas de calibración:

Para obtener una curva de calibrado o calibración de un compuesto se debe preparar soluciones de diferentes concentraciones del mismo, determinándose para cada una de ellas el valor de absorbancia por análisis espectrofotométrico. Estos valores de absorbancia se representan en el eje de abscisas (eje de x) y los de concentración en el eje de ordenadas (eje de y), para finalmente hacer un ajuste de curva, obteniendo en su defecto una recta que describirá la relación absorbancia-concentración del mismo.

Ahora bien, dada una sustancia cuya concentración de este compuesto es desconocida, solo se deberá medir su absorbancia (a las mismas condiciones ambientales) la cual deberá ser un valor dentro del rango de la curva de calibración

(de lo contrario es necesario diluir), y finalmente despejando “y” de la ecuación de la recta que lo describe, podremos conocer su concentración. (Díaz, 2014)

10.15.1.3.2.-Factor de dilución:

Una dilución es un procedimiento, cuya finalidad es disminuir la cantidad de soluto por unidad de volumen de dilución. Este procedimiento se logra mediante la adición de una cantidad específica de diluyente en una cantidad determinada de soluto para generar una mezcla homogénea entre dos o más sustancias.

El factor de dilución (FD) es el número de veces que debe diluirse una solución para obtener una de menor concentración. Este factor permite determinar qué tan diluido se encuentra el último volumen con respecto al primero.

Un factor de dilución se puede presentar de distintas formas como: 1:10, 1/10 o 10-1

Es común encontrar una dilución expresada, por ejemplo, de la forma siguiente: 1/5, 1/10, 1/100. Indicando que, para obtener una solución con la concentración deseada, se debe diluir la solución madre las veces que indica el denominador de la fracción nombrada. (EACTC-LAB)

Esto es especialmente importante cuando se requiere conocer la concentración de un componente presente en una solución, dado que resuelve el problema cuando este se encuentra en una concentración mayor a los alcances del método analítico. Permittiéndonos estimar la concentración del mismo en una dilución de la solución principal, para luego multiplicar este valor por el factor de dilución que se empleó.

10.15.1.4.-Instrumentales (pH y temperatura):

10.15.1.4.1-Medidor Multiparametrico de PH/ORP/CE/OD/Presión/Temperatura HANNA-HI98194:

El HI98194 es un medidor Multiparametrico portátil impermeable con registro que monitorea hasta 12 parámetros de calidad del agua los cuales son 6 medidos y 6 calculados. La sonda multisensor con microprocesador permite la medición de parámetros claves como pH, ORP, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. La sonda transmite lecturas digitalmente al medidor, donde se pueden exhibir y registrar puntos de datos.

El medidor HI98194 presenta una pantalla de matriz de punto, retroiluminada con gráficos en pantalla con la capacidad y la habilidad de ajustar automáticamente los tamaños de los dígitos que aparecen basadas en el número de parámetros seleccionados. Cada parámetro medido es totalmente configurable.

HI98194 está diseñado para soportar ambientes exigentes y es la solución ideal para las mediciones de campo de lagos, ríos y océanos. El medidor cumple con IP67 y la sonda multisensor cumple con las normas IP68. (Hanna Instruments, s.f.)

Figura 8: Medidor multiparametrico Hanna HI98194:



Fuente: Hanna Instrumens. “Manual de instrucciones”

Siendo el rango que dispone para lectura de Temperatura de una muestra el siguiente:

Tabla 4: Especificaciones sobre medición de Temperatura del multiparametrico Hanna.

Rango	-5.00 a 55.00 °C; 23.00 a 131.00 °F; 268.15 a 328.15 K
Resolución	0.01 °C; 0.01 °F; 0.01 K
Precisión	± 0.15 °C; ± 0.27 °F; ±0.15 K
Calibración	Automática en 1 punto

Fuente: Hanna Instrumens. “Manual de instrucciones”

Del mismo modo tenemos que el rango y otras especificaciones para lectura de pH de una muestra son:

Tabla 5: Especificaciones sobre medición de pH del multiparametrico Hanna.

Rango	0.00 a 14.00 pH; ± 600.0 mV
Resolución	0.01 pH; 0.1 mV
Precisión	± 0.02 pH; ± 0.5 mV
Calibración	Automática en 1, 2 o 3 puntos con reconocimiento automático de 5 soluciones buffer (pH 4,01, 6,86, 7,01, 9,18, 10,01) y 1 buffer personalizado

Fuente: Hanna Instrumens. “Manual de instrucciones”

10.16.- Equipos de laboratorio:

10.16.1.- Balanza electrónica.

La balanza se utiliza para medir la masa de un cuerpo o sustancia o también el peso de los mismos, dado que entre masa y peso existe una relación bien definida. En el laboratorio se utiliza la balanza para efectuar actividades de control de calidad –con dispositivos como las pipetas–, para preparar mezclas de componentes en proporciones predefinidas y para determinar densidades o pesos específicos. (Gutierrez, 2005)

Figura 9: Balanza electrónica



Fuente: Cañar M, 2005. "Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio"

10.16.2.- Horno de secado.

La estufa de secado es un equipo que se utiliza para secar y esterilizar recipientes de vidrio y metal en el laboratorio. Se identifica también con el nombre Horno de secado. Los fabricantes han desarrollado básicamente dos tipos de estufa: las que operan mediante convección natural y las que operan mediante convección forzada. Las estufas operan, por lo general, entre la temperatura ambiente y los 350 °C. Se conocen también con el nombre de Poupinel o pupinel. (Gutierrez, 2005)

Figura 10: Horno de secado.

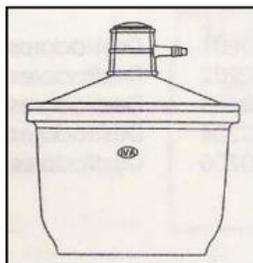


Fuente: Cañar M, 2005. "Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio"

10.16.3.- Desecador

Está construido con material resistente de vidrio, encierra un ambiente seco o con un mínimo de humedad. Consta de un cuerpo y tapa que con ayuda de grasa siliconada da un buen cierre. La muestra que se coloca en una capsula la que se sitúa sobre una placa, debajo de esta se ubica el desecante o sustancia higroscópica que sea eficaz para eliminar toda la humedad presente en el interior del desecador. (Romero, 2009)

Figura 11: Desecador.



Fuente: Romero C. A, 2009. "Material de laboratorio".

10.16.4.- Parrilla eléctrica con agitador magnético.

Este equipo ha sido desarrollado con el propósito de poder calentar y mezclar fluidos contenidos en recipientes de laboratorio como Erlenmeyers, tubos de ensayo y tubos de precipitados, entre otros. Normalmente dispone de una superficie plana sobre la cual se colocan estos recipientes, dicha superficie está fabricada con materiales que se caracterizan por ser buenos conductores térmicos como el Aluminio (Al) o materiales cerámicos. En general disponen de un elemento calefactor (una resistencia eléctrica), un sistema de control (encendido, apagado, control de temperatura, control de agitación y control de agitación y su respectivo motor). Los motores que se utilizan en este tipo de instrumentos, por lo general, son de inducción de tipo monofásico, a los que se les denomina de polo degradado. Su velocidad depende del número de polos y de la frecuencia del voltaje de alimentación. (Gutierrez, 2005)

Figura 12: Parrilla eléctrica con agitador magnético.



Fuente: Cañar M, 2005. "Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio"

10.16.5.- Potenciómetro

El analizador de pH se utiliza para determinar la concentración de iones del gas hidrógeno $[H^+]$ en una disolución. Este equipo permite realizar mediciones de la acidez de una solución acuosa, siempre que el mismo sea utilizado de forma cuidadosa y se ajuste a procedimientos plenamente comprobados. A los analizadores de pH se les denomina, además, pHmetros, monitores de pH o potenciómetros.

El analizador de pH mide la concentración de iones $[H^+]$, utilizando un electrodo sensible a los iones. Un electrodo de pH es generalmente un electrodo combinado, en el cual se encuentran integrados un electrodo de referencia y un electrodo de vidrio, en una misma sonda. La parte inferior de la sonda termina en un bulbo redondo de vidrio delgado. El tubo interior contiene cloruro de potasio saturado (KCl), invariable y una solución 0.1 M de ácido clorhídrico (HCl). También, dentro del tubo interior, está el extremo del cátodo del electrodo de referencia. El extremo anódico se envuelve así mismo en el exterior del tubo interno y termina con el mismo tipo de electrodo de referencia como el del tubo interno. Ambos tubos, el interior y el exterior, contienen una solución de referencia, pero únicamente el tubo exterior tiene contacto con la solución del lado externo del electrodo de pH, a través de un tapón poroso que actúa como un puente salino. (Gutierrez, 2005)

Figura 13: Potenciómetro.



Fuente: Cañar M, 2005. "Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio"

10.16.6.- Espectrofotómetro.

El espectrofotómetro, construido mediante procesos avanzados de fabricación, es uno de los principales instrumentos diagnósticos y de investigación desarrollados por el ser humano. Utiliza las propiedades de la luz y su interacción con otras sustancias, para determinar la naturaleza de las mismas. En general, la luz de una lámpara de características especiales es guiada a través de un dispositivo que selecciona y separa luz de una determinada longitud de onda y la hace pasar por una muestra. La intensidad de la luz que sale de la muestra es captada y comparada con la intensidad de la luz que incidió en la muestra y a partir de esto se calcula la transmitancia de la muestra, que depende de factores como la concentración de la sustancia. (Gutierrez, 2005)

La medición de absorbancia de la luz por las moléculas se realiza en unos aparatos llamados espectrofotómetros. Aunque pueden variar en diseño, en especial con la incorporación de ordenadores para el análisis de datos, todos los espectrofotómetros constan, según se indica en la figura, de:

- Una fuente de energía radiante: lámpara de deuterio y tungsteno.
- Un monocromador para la selección de radiaciones de una determinada longitud de onda: filtros, prismas, redes de difracción.
- Un compartimento donde se aloja un recipiente transparente (cubetas o tubos) que contenga la muestra. Pueden ser de vidrio, cuarzo o plástico transparente. Para medir en UV se deben usar las de cuarzo o sílice fundido, porque el vidrio no transmite la radiación UV.
- Un detector de luz y un amplificador convertidor de las señales luminosas en señales eléctricas.
- Un registrador o sistema de lectura de datos.

Desde el punto de vista operativo, el primer paso es seleccionar la fuente de luz y longitud de onda a la que se va a realizar la medida. Hay espectrofotómetros de un solo haz (con una sola celdilla para alojar la cubeta con la muestra) y de doble o triple haz (con dos o tres celdillas para cubetas). (Díaz, 2014)

Figura 14: Espectrofotómetro.



Fuente: VELAB, Amazon.

10.16.7.- Autoclave:

Es un equipo de paredes gruesas y cierre hermético, en el que se realizan reacciones a altas presiones y temperaturas. Se utiliza para esterilizar materiales y preparados de microbiología. (Reyes)

Los autoclaves se encuentran disponibles en muchos tamaños, los más pequeños son los de sobremesa y los más grandes, equipos complejos que requieren gran cantidad de preinstalaciones para su operación.

Las autoclaves son equipos que trabajan aprovechando las propiedades termodinámicas del agua, la cual puede ser considerada como una sustancia pura. (Díaz, 2014)

Figura 15: Autoclave.

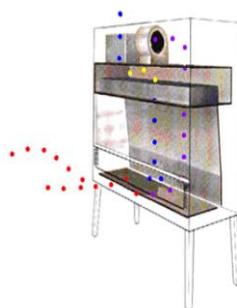


Fuente: Cañar M, 2005. "Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio"

10.16.8.- Campana de extracción.

Permite efectuar reacciones en las que se desprenden gases tóxicos. Para evacuarlos están provistas de un extractor. Existen otras más sofisticadas cuya función es proteger al hombre y al ambiente cuando se trabaja con microorganismos patógenos. (Reyes)

Figura 16: Campana de extracción



Fuente: Reyes. "Guía: Materiales de laboratorio"

10.16.9.- Bomba de vacío:

La bomba de vacío es una herramienta que se encarga de extraer moléculas de gas de un volumen sellado, formando un alto vacío que llega a extraer sustancias no deseadas en el sistema de refrigeración.

Este tipo de bombas elimina la humedad y deshidrata un sistema de manera rápida y eficiente, pues cuenta con una clasificación de micrón de 15 y desplaza el aire a

una velocidad de 6, 8 y 12 pies cúbicos por minuto (CFM, por sus siglas en inglés), dependiendo del modelo.

La bomba de vacío tiene un funcionamiento muy parecido al de una bomba de agua, sólo que, en vez de sacar agua, genera un vacío dentro del circuito al extraer la humedad y el aire, es decir, el funcionamiento de una bomba de vacío se caracteriza por su velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuado por unidad de tiempo; y entre más potente sea la bomba, más rápido se logrará alcanzar el nivel adecuado para la inserción de refrigerante en el equipo. (Danahé, 2016)

Figura 17: Bomba de vacío.



Fuente: Danahé, 2016. "La Bomba de vacío"

10.17.- Material de laboratorio de laboratorio:

10.17.1.- Soporte universal

También llamado soporte de bunsen, como su nombre lo indica, se lo utiliza para "soportar" aros y pinzas metálicas, está compuesto por un elemento de soporte (base plana, trípode o forma de L) y una varilla de hierro. En la varilla en forma vertical, se adaptan pinzas, agarraderas, nueces o aros metálicos, para sostener buretas o elementos que se requieran calentar y permite además la formación de los diferentes aparatos. (Romero, 2009)

Figura 18: Soporte universal

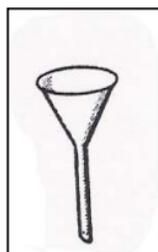


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.2.- Embudo de vidrio.

Se utiliza para trasvasar líquidos de un recipiente a otro, como soporte de papel de filtro, etc. Tiene forma cónica en tubo desagüe, es importante que este último esté cortado en bisel porque se agiliza la filtración. Puede ser de vástago corto o largo. Un embudo muy útil es el rizado o que presenta estrías, porque aumenta la superficie de contacto y acelera el proceso de filtración. (Romero, 2009)

Figura 19: Embudo de Vidrio



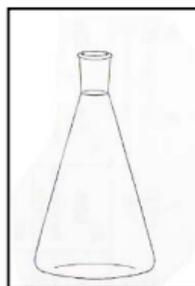
Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.3.- Matraz Erlenmeyer

Son de forma cónica y fondo plano, hay de diferentes formas y tamaños: de cuello estrecho y cuello ancho. Pueden tener cuello esmerilado lo que les permite un cierre hermético en caso de trabajar con sustancias muy volátiles. También hay de cuello no esmerilado. Se utiliza en especial en técnicas volumétricas, por ejemplo titulaciones. Pueden utilizarse además diluciones o recoger un filtrado.

También son usados para llevar a cabo evaporaciones más lentas por su forma cónica que actúa de superficie de reflujo. (Romero, 2009)

Figura 20: Matraz Erlenmeyer



Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.4.- Espátula

Se utilizan para extraer sólidos de los frascos, en pesadas, para mover y mezclar sólidos con líquidos. Deben estar siempre perfectamente limpias y secas. También hay de plástico, vidrio y acero inoxidable. (Romero, 2009)

Figura 21: Espátula

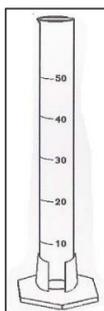


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.5.- Probeta

Se utiliza para medir volúmenes de líquidos generalmente mayores a 10 ml, y cuando no se requiere demasiada exactitud en la medición. Son cilíndricas, poseen base plástica y algunas pueden tener o no un pico vertedor en extremo abierto. (Romero, 2009)

Figura 22: Probeta

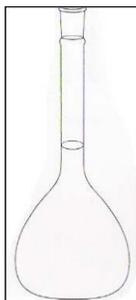


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.6.- Matraz volumétrico.

Un matraz volumétrico o aforado es un recipiente de fondo plano con forma de pera, que tiene un cuello largo y delgado. El matraz está graduado para contener un cierto volumen de líquido a una temperatura dada. Se utilizan fundamentalmente para preparar soluciones. (Romero, 2009)

Figura 23: Matraz volumétrico

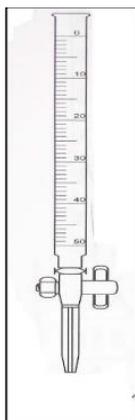


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.7.- Bureta.

Son tubos largos de vidrio graduados que contienen el líquido. Tienen una llave de paso robinete que controla el flujo de la solución en la parte inferior, y punta capilar. El robinete puede ser de plástico, teflón o vidrio, el mismo se debe lubricar de forma que no se altere la solución y con un lubricante adecuado como lo es la grasa siliconada o vaselina. Pueden ser manuales o automáticas. Se utilizan en operaciones volumétricas en las que se realizan descargas variables y exactas de líquidos (titulaciones). Pueden ser de color caramelo o transparentes. (Romero, 2009)

Figura 24: Bureta

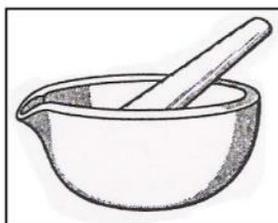


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.8.- Mortero y pilón

Este material está constituido por cerámica vitrificada, su resistencia química y mecánica son buenas. Se usa para pulverizar sustancias. Su interior es áspero. No se aconseja su uso en pequeñas cantidades. Para desmenuzar la sustancia se lo hace con el pilón y dando un movimiento de rotación. (Romero, 2009)

Figura 25: Mortero y pilón

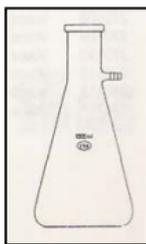


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.9.- Matraz de Kitasato:

Son de forma cónica y fondo plano. Poseen paredes más gruesas que los erlenmeyers para resistir el vacío. Tiene en la pared lateral un tubo que se conecta a una fuente de vacío. Se emplea acoplado a un embudo Buchner para efectuar filtraciones forzadas aplicando el vacío. (Romero, 2009)

Figura 26: Matraz de Kitasato

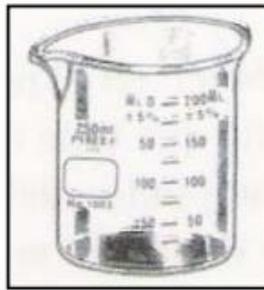


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.10.- Vaso de precipitado.

Presentan forma cilíndrica, fondo plano y poseen pico vertedor. Hay de distintos volúmenes y de forma alta (Berzelius) o de forma baja (Griffin). Se utiliza en operaciones de obtención de precipitados, de disolución, para calentar líquidos o soluciones, para evaporar soluciones. Vienen graduados pero a pesar de ello no se los utiliza para mediciones volumétricas. La capacidad varía de 25 ml. hasta varios litros. Resisteen cambios bruscos de temperatura, pero deben calentarse sobre tela de amianto. (Romero, 2009)

Figura 27: Vaso de precipitado.

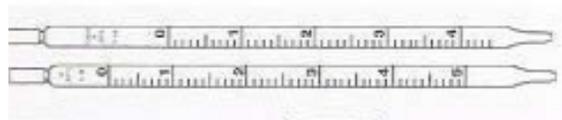


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.11.- Pipeta graduada.

Se utilizan para medir o emitir con exactitud volúmenes de líquidos. Sirve para medir volúmenes variables con precisión dentro de su escala. Están fabricadas en vidrio. (Romero, 2009)

Figura 28: Pipetas graduadas

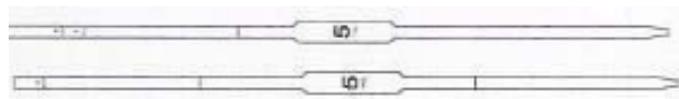


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.12.- Pipeta volumétrica

Se utilizan para medir o emitir con exactitud volúmenes de líquidos. Están fabricadas en vidrio. Posee una zona central ensanchada. Sólo sirve para medir un volumen fijo con alta precisión. Puede ser graduada entre dos aforos (doble) o entre un aforo y la punta (simple) o de libre escurrimiento. Para medir el volumen deseado, se debe hacer coincidir el fondo del menisco con la línea de enrase (aforo). (Romero, 2009)

Figura 29: Pipeta volumétrica

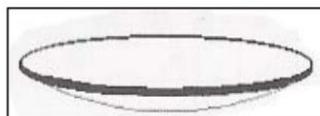


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.13.- Vidrio de reloj

Se utilizan como condensadores sobre los vasos de precipitación, cuando se desea calentar un líquido sin que el volumen varíe apaciblemente. También como elemento de gran superficie para realizar evaporaciones de pequeños volúmenes. Suelen utilizarse asimismo para pesar sólidos y recibir pequeñas cantidades de reactivos. (Romero, 2009)

Figura 30: Vidrio de reloj

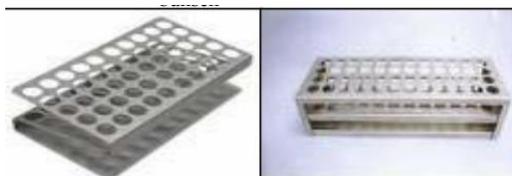


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.16.- Gradilla

Se emplean para sostener los tubos de ensayo. Las más modernas son de acero inoxidable. (Romero, 2009)

Figura 31: Gradilla

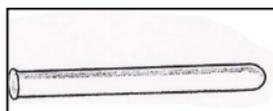


Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.17.- Tubos de ensayo

De forma cilíndrica, de paredes delgadas, cerrados por un extremo. Pueden ser graduados o no. Pueden presentar boca esmerilada o no. Son recipientes para mezclar pequeños volúmenes, efectuar reacciones y ensayos en general. Se pueden calentar directamente flameando a la llama. (Romero, 2009)

Figura 32: Tubo de ensayo



Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.18.- Termómetro.

Termómetros los hay de muchos tipos, pero quizás los más habituales sean o hayan sido los que contienen un líquido en su interior que se dilata o contrae con los cambios de temperatura. Este líquido puede ser mercurio, alcohol coloreado etc. También se pueden termómetros de láser, entre otros, pero su función es la misma, medir la temperatura del ambiente, cuerpos y medios. (Termómetro de Mercurio., 2022)

Figura 33: Termómetro de Mercurio.

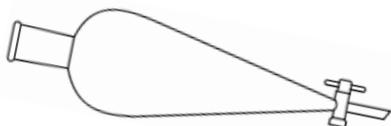


Fuente: Wikipedia, 2022. "Termómetro de mercurio"

10.17.19.- Embudo de separación:

Un embudo de decantación o embudo de separación es un elemento de vidrio que se puede encontrar en los laboratorios, y que se emplea para separar dos líquidos inmiscibles. En la parte superior presenta una embocadura taponable por la que se procede a cargar su interior. En la parte inferior posee un grifo de cierre o llave de paso que permite regular o cortar el flujo de líquido a través del tubo que posee en su extremo más bajo. (Embudo de decantacion, 2022)

Figura 34: Embudo de separación.

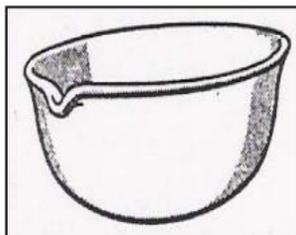


Fuente: Wikipedia, 2022. "Embudo de separación"

10.17.20.- Capsulas de evaporación

Material de porcelana que pueden tener o no pico vertedor. Se utiliza para lograr la evaporación de una sustancia. Hay de varios tamaños. Suelen exponerse a fuego directo. Se utilizan para calentamientos superiores a 150°C. Soportan temperaturas superiores a los 750°C. También son empleados para ensayar reacciones con ácidos o ataques a metales. No cuando se quiere analizar sílice en una muestra. (Romero, 2009)

Figura 35: Capsula de evaporación



Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.21.- Crisol Gooch

Material de porcelana. Posee doble piso, el superior desmontable, ambos con orificios y entre ellos se coloca el material filtrante: asbesto, lana de vidrio, etc. (Romero, 2009)

Figura 36: Crisol Gooch



Fuente: EISCO. Amazon.

10.17.22.- Propipeta.

Es un instrumento de laboratorio que se utiliza junto con la pipeta para transvasar líquidos de un recipiente a otro. También se le denomina pera de goma de 3 vías o bulbo de succión. (Rivas, 2020)

Figura 37: Propipeta



Fuente: Rivas M. V. 2020. "La propipeta"

10.17.22.- Agitador.

Varilla de cristal maciza que sirve para mezclar o agitar sustancias, los extremos se redondean puliéndolos a la llama y se coloca a uno de ellos un trozo de 20-25 mm de tubo de goma para evitar rayar el material de vidrio y para orientar la caída de sustancias en un determinado lugar. (Romero, 2009)

Figura 38: Agitador de vidrio



Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.23.- Tenazas:

Son metálicas. Se utilizan para retirar los crisoles de la estufa, o para sujetar otros utensilios calientes. (Reyes)

Figura 39: Tenazas



Fuente: Reyes C. L. "Guía: Materiales de laboratorio"

10.17.24.- Nuez:

Soporte separado de la pinza y sostén del mismo, que se coloca en el pie de hierro del soporte universal. Sirve para unir dos utensilios de forma perpendicular. (Romero, 2009)

Figura 40: Nuez



Fuente: Romero C. A. 2009. "Materiales de laboratorio"

10.17.24.- Pinzas de tres dedos.

La Pinza de Laboratorio se considera generalmente como una herramienta de metal dentro de un laboratorio químico. Esta permite sostener firmemente diferentes objetos mediante el uso de una doble nuez ligada a un soporte universal. La pinza se compone dos brazos o tenazas, que aprietan el cuello de los frascos u otros materiales de vidrio mediante el uso de tornillos que pueden ajustarse manualmente. (Pinza de laboratorio 3 dedos, s.f.)

Figura 41: Pinza de tres dedos



Fuente: CIS-LAB. "Pinza de laboratorio 3 dedos"

10.18.- Manejo de reactivos químicos.

En los Laboratorios de Química existen muchos accidentes en potencia. La principal causa de los accidentes es la ignorancia y falta de precaución, algunos de los accidentes pueden ser serios. Existen consideraciones de uso rutinario que si se toman en cuenta evitan la mayoría de los mismos: (Universidad de la Salle)

10.18.1.- Manejo de reactivos:

- Siempre se debe revisar la ficha de seguridad y el inserto (aplica para reactivo de diagnóstico in vitro) del reactivo a utilizar por primera vez.
- No fumar, no comer, no beber, fumar ni apliques cosméticos mientras manipule los reactivos o se encuentre en el área de trabajo
- Siempre utilice guantes y cámbielos antes y después de cada ensayo
- Mantenga cerrados los envases del reactivo que no está utilizando

- Verifique siempre que los reactivos estén rotulados
- Siempre se debe lavar las manos después de manipular los reactivos y antes de salir del laboratorio.
- Siempre utilice la bata en el laboratorio en las áreas de trabajo con reactivos
- Para manipular los reactivos debe portar el equipo de protección personal (gafas de seguridad, o careta, trajes quirúrgicos, polainas, cofias y/o respirador)
- Siempre se debe descontaminar las superficies e instrumentos (esterilización cuando sea requerido) antes de empezar a manipular los reactivos del ensayo en específico.
- Los residuos generados deben desecharse asegurándose que corresponde a la actividad realizada previamente. (UDCA)

10.18.2- Rombo de seguridad.

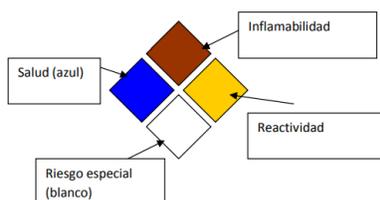
El esquema del sistema debe ser un rombo. El rombo debe tener cuatro divisiones con los colores de fondo y contrastante con el siguiente orden:

- riesgo a la salud, en color azul;
- riesgo de inflamabilidad, en color rojo;
- riesgo de reactividad, en color amarillo;
- riesgos especiales, en color blanco.

Se debe clasificar a la sustancia de acuerdo con los criterios de clasificación de grado de riesgo establecidos.

Con excepción del área de riesgos especiales, las otras tres áreas tienen un valor numérico que varía desde 0 hasta 4 para indicar el nivel de peligro en cada área, el valor cero se da al riesgo mínimo o nulo, y el valor cuatro se asignan para el máximo riesgo. Se ilustra el diamante de la N.F.P.A. desglosando el significado del riesgo que representa cada valor numérico. (Universidad de la Salle)

Figura 42: Rombo de seguridad para reactivos químicos



Fuente: Universidad de la Salle. "Manejo de reactivos químicos, Tips de seguridad"

10.18.3.- Pictogramas.

Según el GHS, un pictograma es una representación de composición gráfica que incluye un símbolo más otros elementos gráficos, como un borde, un diseño de fondo o colores con la intención de transmitir información específica. En términos más sencillos, un pictograma es una imagen más un borde utilizados para transmitir información. (SCHC-OHSA Alliance)

Tabla 6: Pictogramas para reactivos químicos.

ANTIGUO	NUEVO		SIGNIFICADO
		bomba explotando	Explosivo: Pueden explotar al contacto con una llama, chispa, electricidad estática, bajo efecto del calor, choques fricción etc.
		llama	Inflamables: Pueden inflamarse al contacto con una fuente de ignición (llama, chispa, electricidad estática, etc.); por calor o fricción; al contacto con el aire o agua; o si se liberan gases inflamables.
		llama sobre círculo	Comburentes: Pueden provocar o agravar un incendio o una explosión en presencia de productos combustibles.
		Corrosión	Corrosivos: Pueden atacar o destruir metales. Pueden causar daños irreversibles a la piel u ojos, en caso de contacto o proyección.
		bombona de gas	Gases a presión en un recipiente (gases comprimidos, licuados o disueltos). Algunos pueden explotar con el calor. Los licuados refrigerados pueden producir quemaduras o heridas relacionadas con el frío, son las llamadas quemaduras o heridas criogénicas.
		Calavera con tibias	Tóxicos: sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades producen efectos adversos para la salud. Pueden provocar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, pérdida de conocimiento e, incluso, la muerte.
 Xn Nocivos Xi Irritantes		Exclamación	Producen efectos adversos en dosis altas. También pueden producir irritación en ojos, garganta, nariz y piel. Provocan alergias cutáneas, somnolencia y vértigo.
		Peligro para la salud	Pueden ser: Cancerígenos (pueden provocar cáncer); Mutágenos (pueden modificar el ADN de las células); Tóxicos para la reproducción; Pueden modificar el funcionamiento de ciertos órganos, como el hígado, el sistema nervioso, etc., provocar alergias respiratorias o entrañar graves efectos sobre los pulmones.
 N		Medio ambiente	Peligroso para el medio ambiente: presentan o pueden presentar un peligro inmediato o futuro. Provocan efectos nefastos para los organismos del medio acuático (peces, crustáceos, algas, otras plantas acuáticas, etc.). Símbolo en el que no suele existir la palabra de advertencia pero, cuando existe, es siempre: "Atención".

Fuente: Departamento de Química Orgánica. "Normas de seguridad en los laboratorios químicos"

10.18.4.- Hojas de seguridad.

Las hojas de seguridad sobre materiales peligrosos contienen material impreso sobre reactivos químicos dañinos prescritos por la ley. Ellas contienen información necesaria para asegurar la seguridad y salud de los usuarios en todas las etapas de su manufactura, almacenamiento, uso y disposición. La finalidad de las hojas de seguridad de materiales peligrosos es tener información completa sobre las propiedades físicas y químicas de los reactivos más utilizados en la industria. Las hojas de seguridad contienen información necesaria para asegurar la seguridad y la salud de los usuarios en la manufactura, almacenamiento, usos y eliminación de reactivos.

Normalmente las hojas de seguridad nos proporcionan los siguientes datos, aunque pueden variar según la empresa que las expida. (Universidad de la Salle)

SECCION 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa.

1.1.-Identificador del producto.

1.2.-Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados.

1.3.-Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad.

1.4.-Teléfono de emergencia.

Importador.

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla.

2.2 Elementos de la etiqueta.

2.3 Otros peligros.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias.

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza.

6.4 Referencia a otras secciones.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades.

7.3 Usos específicos finales.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control.

8.2 Controles de exposición.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas.

9.2 Otros datos.

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad.

10.2 Estabilidad química.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas.

10.4 Condiciones que deben evitarse.

10.5 Materiales incompatibles.

10.6 Productos de descomposición peligrosos.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre las clases de peligro definidas en el Reglamento (CE) n.o 1272/2008.

11.2 Propiedades de alteración endocrina.

11.3 Información relativa a otros peligros.

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad.

12.2 Procesos de degradación.

12.3 Potencial de bioacumulación.

12.4 Movilidad en el suelo.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB.

12.6 Propiedades de alteración endocrina.

12.7 Otros efectos adversos.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos.

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos.

13.3 Observaciones.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicos para la sustancia o la mezcla.

15.2 Evaluación de la seguridad química.

SECCIÓN 16: Otra información

Por lo que se recomienda leer las hojas de seguridad de los reactivos con que se trabaja en el Laboratorio para evitar accidentes.

10.19.-Planta purificadora de agua:

La planta tiene una producción que se beneficia entre los 300 y 500 garrafones por día, con una calidad que cumple con los estándares permitidos por la COFEPRIS, que determina una purificación mediante el generador de ozono, permitiéndole tener un grado mayor de vida al embazado del garrafón.

Figura 43: Planta purificadora de agua.



Fuente: KOLBE. Soluciones integrales.

Esta planta consta de los siguientes componentes:

1. Una bomba tipo jet de 0.5 hp (cuerpo de acero inoxidable).
2. Un filtro multicapa de 8 x 40.
3. Un filtro carbón activo de 8 x 40.
4. Un filtro suavizador de 8 x 40.
5. Un filtro pulidor de 10 BB.
6. Una lámpara ultravioleta de 4 galones.
7. Un generador de ozono de 1 gr.
8. Llenadora de 2 garrafones y botella PET.

Los equipos de filtración y purificación son montados en estructura rack de acero inoxidable. Esto facilita el manejo que pretendan para los usuarios en el punto donde se encuentren.

1.- Sistema hidroneumático que consta de una bomba de 0.5 hp, tipo jet y un equipo presurizador electrónico modelo PC-10.

2.- Filtro para retención de sedimentos por medio de “zeolita/ multicama” con tanque de fibra de vidrio de 8x40 y válvula manual de tres pasos.

3.- Un filtro de carbón activado con tanque de fibra de vidrio de 8x40 con válvula manual de 3 pasos

4.- Filtro suavizador con tanque de fibra de vidrio de 8x40 con resina catiónica, integrada con un cabezal manual para inyección de sal y un tanque para preparar “salmuera” que genera calidad de agua sin descomposición de dicho mineral compuesto. “Los minerales de los filtros deberán ser cambiados aproximadamente cada 2 años”.

5.- Porta cartucho para pulidor de 10 BB con 1 cartucho pulidor multiretencion y 1 abrillantador de 5 micras. “El cartucho deberá ser cambiado aproximadamente cada 5 a 7 meses dependiendo de la producción de agua”.

6.- Equipo purificador bactericida por medio de luz U.V. 4 galones.

7.- Equipo de generador de ozono permitiéndole tener un grado mayor de vida/tiempo al embazado del garrafón sellado. Incluyendo como conjunto 1 equipo VENTURY para inyección.

8.- Equipo modular que incluye: llenadora para 2 garrafones, pipeta para llenado de botellas, fabricado de acero inoxidable. (KOLBE)

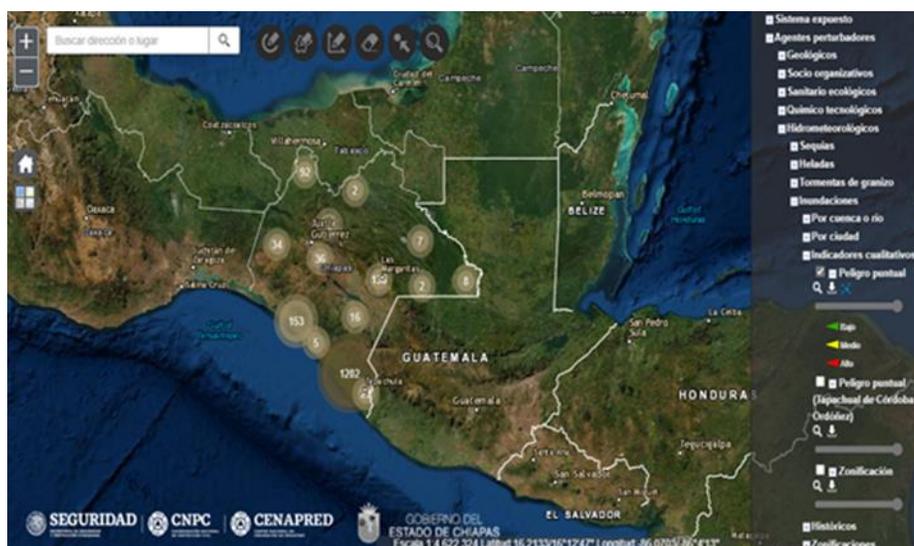
11.- Procedimiento y descripción de las actividades realizadas:

Se realizaron muestreos de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable de los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas, para posteriormente analizar las muestras en el laboratorio de análisis de calidad del agua del Instituto Estatal del Agua, ubicado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, y posteriormente implementar las tecnologías hídricas que mejor se ajustó a las necesidades de cada una, con el objetivo de brindar agua potable de acuerdo a los estrictos requerimientos establecidos en la NOM-127-SSA1-1994.

11.1.- Análisis de las regiones y municipios vulnerables del estado de Chiapas a Fenómenos Naturales que puedan afectar las fuentes de su abastecimiento de agua potable.

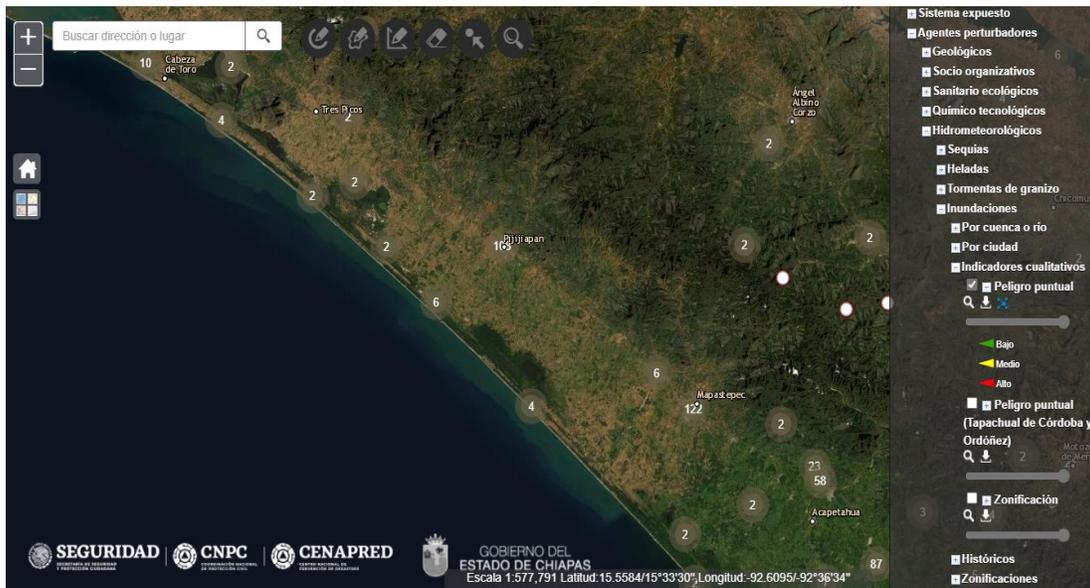
El proyecto comenzó con el análisis de las situaciones de desastres por fenómenos naturales que favorecen la contaminación del agua, lo que constituyen fuentes de infección de rápida dispersión en el estado de Chiapas, para lo cual nos apoyamos de los mapas recabados por la Comisión Nacional de Protección Civil (CNPC) en conjunto con el Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED) que ilustran las zonas del estado con riesgo a inundaciones.

Figura 44: Zonas de Riesgos en Chiapas por inundaciones.



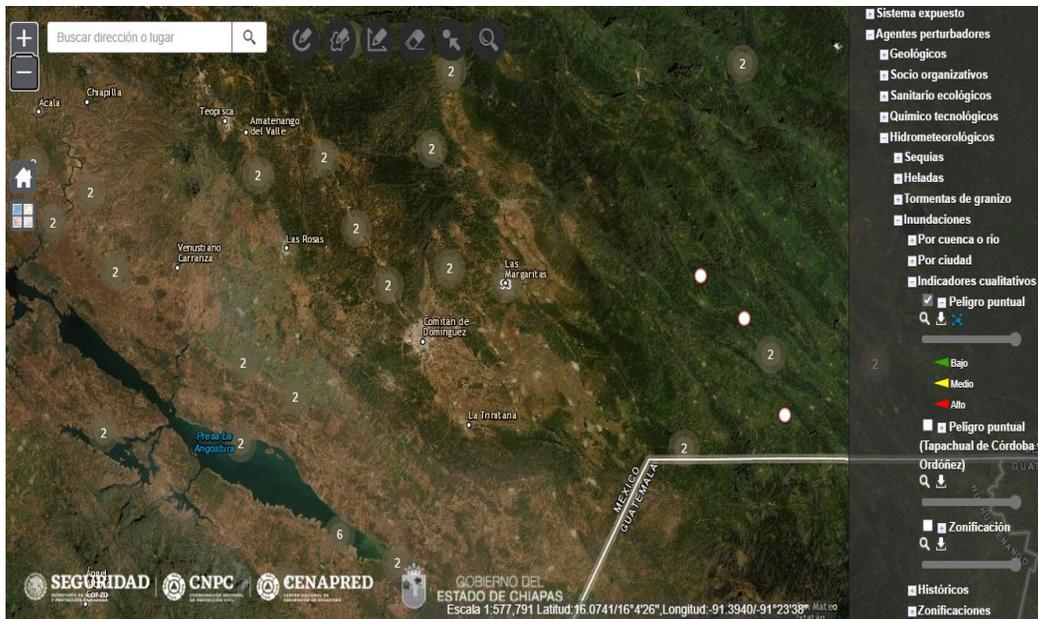
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED)

Figura 45: Zonas de Riesgos en Chiapas por inundaciones. Región Soconusco



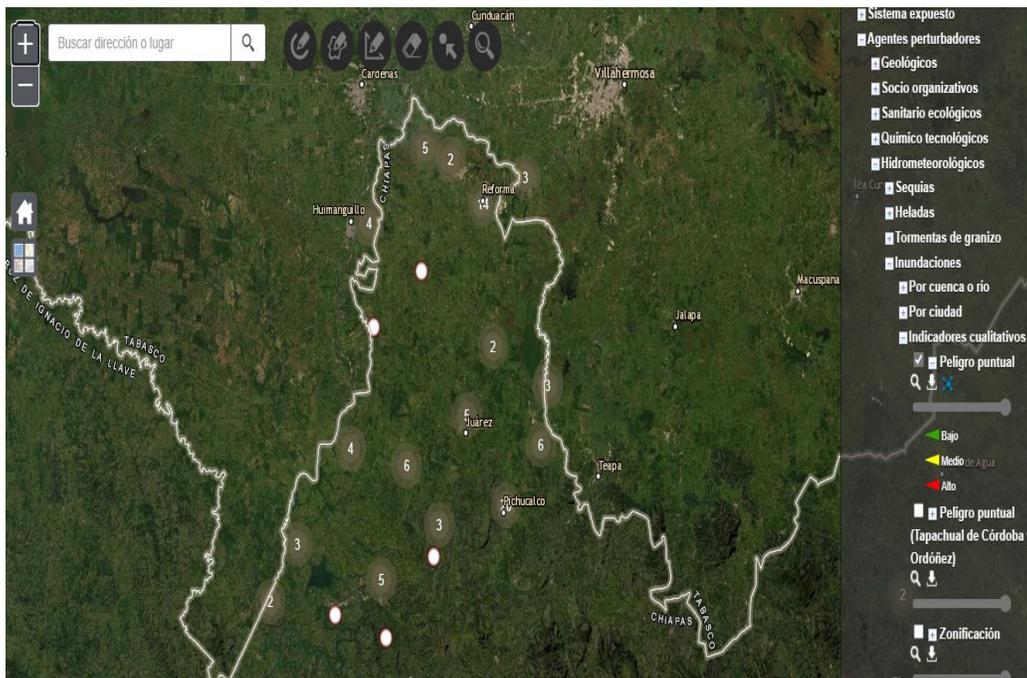
Fuente: Centro de Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED)

Figura 46: Zonas de Riesgos en Chiapas por inundaciones. Región Meseta Comiteca Tojolabal



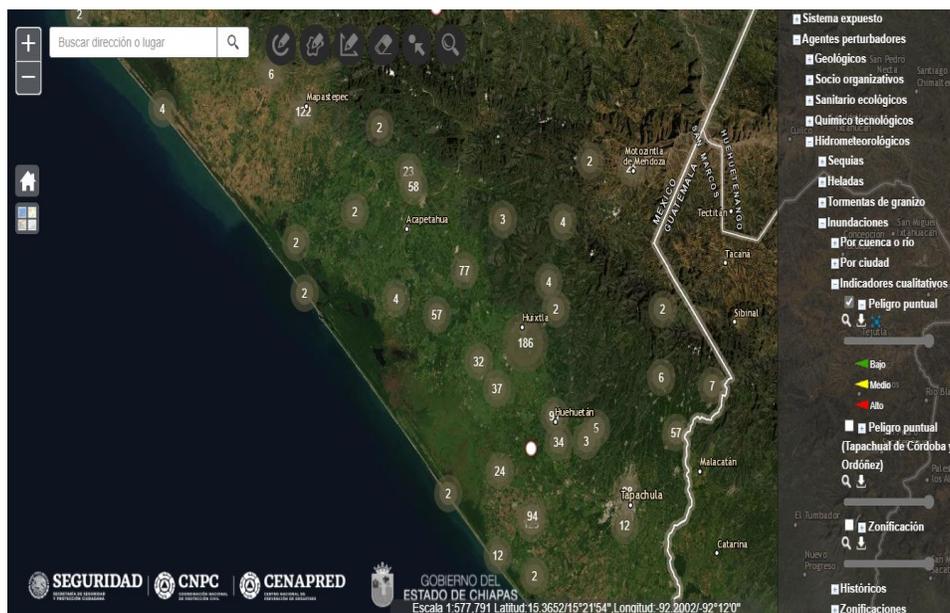
Fuente: Centro de Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED)

Figura 47: Zonas de Riesgos en Chiapas por inundaciones. Región Norte.



Fuente: Centro de Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED)

Figura 48: Zonas de Riesgos en Chiapas por inundaciones. Región Istmo-Costa.



Fuente: Centro de Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED)

Del mismo modo se analizaron los mapas recabados por la Comisión Nacional de Protección Civil (CNPC) en conjunto con el Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED) que ilustran las zonas del estado en donde se presenta una mayor precipitación fluvial y sequías, lo que representa un riesgo para las poblaciones, siendo la primera por una contaminación de sus fuentes de abastecimiento agua y la segunda por el desabasto de las mismas.

Figura 49: Precipitaciones en el Estado de Chiapas.



Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED)

Figura 50: Sequías en el Estado de Chiapas.



Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED)

11.2.- Realización del inventario de reactivos en el laboratorio y los Diagramas de flujo para análisis de cada parámetro conforme a cada NMX:

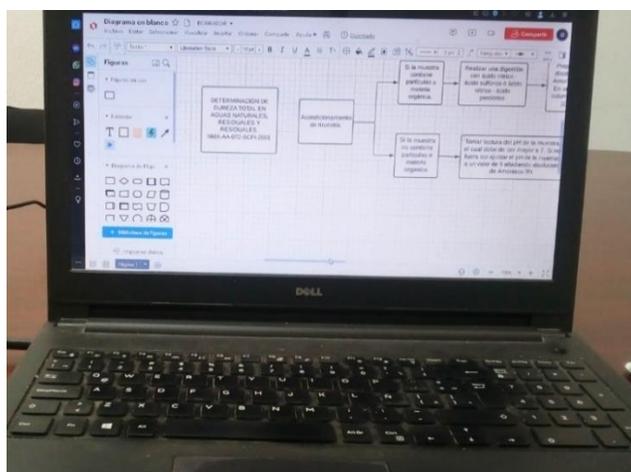
Se realizó el inventario de los reactivos tanto líquidos (**ANEXO 4**), como el de los sólidos (**ANEXO 5**) con los que cuenta el laboratorio del INESA, para tener registro de lo que se gastaría de ambos para la realización de las pruebas físico-químicas que conciernen a este proyecto.

Figura 51: Realizando inventario de reactivos del INESA



Se dio lectura de las NMX que dictan los procedimientos correctos para el análisis de los parámetros a analizar del agua, y se realizaron esquemas de lo necesario tanto materiales como equipos para cada una, además de un diagrama de flujo donde se presentase paso a paso las actividades a realizar. (**ANEXO 7**).

Figura 52: Realizando diagramas de flujos de las NMX



11.3 – Muestreo de las fuentes de abastecimiento de agua potable.

11.3.1.- Acondicionamiento de materiales y equipos para muestreo.

Una vez determinado que los municipios de Chiapas a muestrear serían Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar se preparó los materiales del laboratorio del INESA, pertinentes para realizar el muestreo, siendo necesario garrafas y frascos de vidrio de boca ancha desinfectados con cloro para el análisis físico-químico, todo de acuerdo a lo establecido por la **NOM 014-SSA1-1993**, hielera con hielo para el transporte de las mismas y frasco de color ámbar con gotero de H_2SO_4 para preservación de las mismas si los análisis conforme a las NMX así lo requiriera, siendo el caso de la **NMX-AA-039-SCFI-2001** para el análisis de Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).

Figura 53: Acondicionamiento de materiales para muestreo



Del mismo modo se calibró el multiparamétrico Hanna, para lecturas de pH y temperatura, siguiendo las indicaciones de su instructivo con sus correspondientes soluciones de calibración, según lo establecido en las **NMX-AA-008-SCFI-2016** y **NMX-AA-007-SCFI-2013**.

Figura 54: Calibración del multiparamétrico Hanna para el muestreo



11.3.2.- Toma de la muestra.

Se trasladó a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas para realizar el muestreo de las fuentes de abastecimiento de agua potable de las regiones, los cuales fueron cinco ríos, por lo que se procedió conformes a la técnica establecida en la **NOM 014-SSA1-1993**.

Realizando un lavado de las manos y antebrazos con agua y jabón, se sumergió el recipiente de muestreo a una profundidad de 15 a 30 cm para luego abrirlo y enderezar su cuello hacia arriba, manteniéndolo a contracorriente, para posteriormente a su recolección, acidificarla si fuese el caso, cerrar el recipiente de muestreo, etiquetarla para su identificación y almacenarlo en la hielera con hielo para su preservación

Figura 55: Toma de muestra.



11.3.3 – Análisis de la muestra:

Recolectadas las muestras se procedió a trasladarlas al laboratorio de “Análisis de la calidad del agua” del INESA en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas para su análisis físico-químico de acuerdo a la normativa correspondiente y vigente. Para su preservación en el interior del refrigerador de la misma, que está programado a 4°C. Toda la manipulación de las muestras siempre fue con guantes, cubre bocas y bata de laboratorio.

Figura 56: Preservación de las muestras



11.3.3.1 – Análisis de nitritos en las muestras:

Se analizó los nitritos presentes en las muestras de los cinco ríos correspondientes a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas en el Laboratorio del INESA conforme al procedimiento establecido por la **NMX-AA-099-SCFI-2006**.

Al ser un método Espectrofotométrico, fue necesario obtener una curva de calibración a las condiciones ambientales del laboratorio, para lo cual preparamos una disolución madre de nitritos (250 mg/l N-NO₂) a partir de nitrito de sodio, tomando una alícuota de esta primera se diluyo para formar una disolución intermedia de nitritos (50 mg/l N-NO₂), para finalmente tomar una alícuota de esta última y diluirla para obtener una disolución patrón de nitritos (0.5 mg/l N-NO₂) conforme a lo dictado por la NMX en cuestión, para finalmente obtener 5 soluciones de calibración dentro del rango del mismo método (0.01 a 0.1 mg/L N-NO₂), las cuales se analizaron conforme al procedimiento que se describe a continuación,

para finalmente graficar concentración N-NO₂ vs Absorbancia, y mediante un ajuste de curva obtener una curva de calibración. **ANEXO 6**

El procedimiento empleado es el de la norma ya mencionada, contando que se realizó el análisis a un blanco (agua destilada) y una alícuota de 100 ml de cada muestra.

- A un matraz Erlenmeyer de 250 ml con 100 ml de muestra le agregamos 1 ml de disolución sulfanilamida y la agitamos intermitentemente por 5 min.
- Medimos el pH de la muestra con un potenciómetro para asegurarnos de que se encuentre en el rango de 1.9 a 2.5.
- Agregamos 1 ml NEDA a la solución anterior y la agitamos intermitentemente por 10 min. Esta se tornaba de un color rosa pálido.
- Analizamos la solución introduciéndola en una celda de 1 cm, misma a la que le realizamos tres lavados con la muestra a analizar, para finalmente medir su absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 543 nm. (Esta lectura se realizaba antes de que pasara una hora después de agregar el NEDA)

Figura 57: Análisis de Nitritos en una muestra de agua.



Figura 58: Lectura de pH de la muestra.



11.3.3.2 – Análisis de nitratos en las muestras:

Se analizó los nitratos presentes en las muestras de los cinco ríos correspondientes a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas en el Laboratorio del INESA conforme al procedimiento establecido por la **NMX-AA-028-SCFI-2001**.

Al ser un método Espectrofotométrico, fue necesario obtener una curva de calibración a las condiciones ambientales del laboratorio, para lo cual preparamos una disolución madre de nitratos (100 $\mu\text{g/ml}$ de N-NO_3^-) a partir de nitrato de potasio, tomando una alícuota de esta primera se diluyo para formar una disolución estándar intermedia de nitratos (1,0 $\mu\text{g/ml}$ de N-NO_3^-). conforme a lo dictado por la NMX en cuestión, para finalmente obtener 5 soluciones de calibración dentro del rango del mismo método (0.1 a 1 mg/l de N-NO_3^-), las cuales se analizaron conforme al procedimiento que se describe a continuación, para finalmente graficar concentración N-NO_3^- vs Absorbancia, y mediante un ajuste de curva obtener una curva de calibración. **ANEXO 6**

El procedimiento empleado es el de la norma ya mencionada, contando que se realizó el análisis a un blanco (agua destilada) y una alícuota de 10 ml de cada muestra.

- A un tubo de ensayo con 10 ml de la muestra le agregamos 2 ml de NaCl y esperamos 2 min, para luego agregarle 10 ml de disolución H_2SO_4 .(reacción exotérmica)

- Esperamos que la solución se enfríe y agregamos 0.5 ml (10 gotas) de disolución de Brucina-ácido sulfúrico, a continuación agitamos considerablemente fuerte
- Introducimos todos los tubos de ensayo en un baño con agua en ebullición por 20 min.
- Esperamos que los tubos de ensayo tomen la temperatura ambiente y analizamos la solución introduciéndola en una celda de 1 cm, misma a la que le realizamos tres lavados con la muestra a analizar, para finalmente medir su absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 410 nm.

Figura 59: Análisis de Nitratos en una muestra de agua.



11.3.3.3 – Análisis de cloruros en las muestras:

Se analizó los cloruros presentes en las muestras de los cinco ríos correspondientes a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas en el Laboratorio del INESA conforme al procedimiento establecido por la **NMX-AA-073-SCFI-2001**.

El procedimiento empleado es el de la norma ya mencionada, contando que se realizó el análisis a un blanco (agua destilada) y una alícuota de 10 ml de cada muestra.

- En un matraz Erlenmeyer de 25 ml con 10 ml de Disolución de NaCl (0.014 N) le agregamos 1 ml de solución indicadora $KCrO_4$ y valoramos con

disolución de AgNO_3 hasta que llegamos a un viraje de color de amarillo a rompopo con cristales blancos precipitados). Finalmente obtenemos la concentración de disolución de AgNO_3 por estequiometria.

- Analizamos las muestras, y dado que no tenía color y su pH estaba dentro del rango de 7-10, no fue necesario acondicionarlas.
- En otro matraz de 25 ml con 100 ml de muestra agregamos 1 ml de solución indicadora KCrO_4 y valorar con disolución AgNO_3 hasta llegar a un viraje de color de amarillo a naranja rojizo.

Figura 60: Análisis de cloruros de una muestra de agua



11.3.3.4 – Análisis de SAAM en las muestras:

Se analizó las sustancias activas al azul de Metileno (SAAM) presentes en las muestras de los cinco ríos correspondientes a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas en el Laboratorio del INESA conforme al procedimiento establecido por la **NMX-AA-039-SCFI-2001**.

Al ser un método Espectrofotométrico, fue necesario obtener una curva de calibración a las condiciones ambientales del laboratorio, para lo cual preparamos una patrón de sulfonato de aqulbenceno lineal (1 ml = 1 mg SAL), tomando una

alícuota de esta primera se diluyo para formar una disolución intermedia de sulfonato de alquilbenceno línea (1 ml = 0.01 mg SAL). Conforme a lo dictado por la NMX en cuestión, para finalmente obtener 5 soluciones de calibración dentro del rango del mismo método (0.01 a 0.2 mg de SAL), las cuales se analizaron conforme al procedimiento que se describe a continuación, para finalmente graficar concentración SAAM vs Absorbancia, y mediante un ajuste de curva obtener una curva de calibración.

- El procedimiento empleado es el de la norma ya mencionada, contando que se realizó el análisis a una alícuota de 100 ml de cada muestra.
- En un embudo de separación de 500 ml con 100 ml de muestra en un embudo de 500 ml, agregamos 3 gotas de fenoltaleína, (la ausencia de color de la misma demostraba que estaba en medio ácido), después adicionamos 3 gotas de disolución de H_2SO_4 (0.7% volumen por volumen) y 25 ml de disolución azul de metileno (30 mg/l).
- Adicionamos 10 ml de cloroformo concentrado a la solución anterior y agitamos por 30 segundos fuertemente liberando presión intermitentemente por la boquilla del embudo. Después limpiamos con una servitoalla la boquilla del mismo para limpiar impurezas.
- De las dos fases que se presentaron, se extrajo la inferior (cloroformo) en otro embudo de separación de 500 ml, dejando la emulsión en el primer embudo.
- Repetimos los últimos dos pasos dos ciclos más, para mejores resultados.
- Al segundo embudo con los extractos de cloroformo, le adicionamos 50 ml de disolución de lavado de fosfatos (2.74 M) y agitamos fuertemente por 30 segundos liberando presión intermitentemente. Después limpiamos con una servitoalla la boquilla del mismo para limpiar impurezas. Para finalmente dejar que se estabilice por 1 min y extraerle la fase inferior (cloroformo) en un matraz volumétrico de 100 ml.
- Se repitió el paso anterior pero con 20ml de disolución de lavado de fosfatos (2.74 M), y la fase inferior extraída se vació en el mismo matraz volumétrico de 100 ml de la primera vez. Después aforamos este último con Cloroformo concentrado.
- Analizamos la solución introduciéndola en una celda de 1 cm, misma a la que le realizamos tres lavados con la muestra a analizar, para finalmente medir su absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 652 nm.

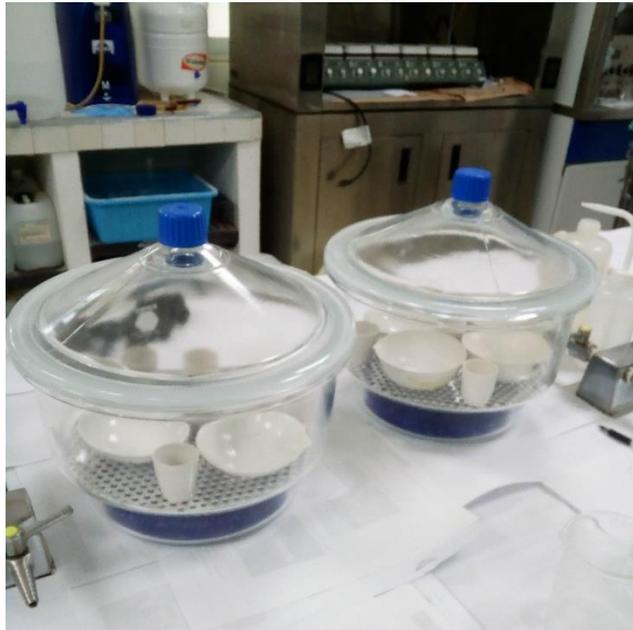
Figura 61: Análisis de SAAM en muestra de agua



11.3.3.5 – Análisis de Solidos Totales (ST) y Solidos Suspendidos Totales en las muestras:

Acondicionamos las capsulas y los crisoles Gooch (a estos últimos les adherimos un papel filtro con agua destilada) dos días antes de la prueba, para ello las calentamos dentro del horno de secado a 105°C por 24 horas, después se pasaron al desecador por 4 horas para retirarles la humedad, y finalmente las pesamos en la balanza electrónica, anotando el peso de las mismas. Este procedimiento se repitió una vez más con un tiempo en el horno de 30 min y 20 minutos en el desecador, para luego ser pesadas. Obteniendo el peso constante de las mismas (diferencias de pesos de menos o igual a 0.005 g). Las capsulas y los crisoles Gooch se guardaron dentro de los desecadores hasta el día de prueba.

Figura 62: Acondicionamiento de capsulas y crisoles Gooch



Se analizó los Solidos totales presentes en las muestras de los cinco ríos correspondientes a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas en el Laboratorio del INESA conforme al procedimiento establecido por la **NMX-AA-034-SCFI-2015**.

El procedimiento empleado es el de la norma ya mencionada, contando que se realizó el análisis a una alícuota de 100 ml de cada muestra.

- Adicionamos 100 ml de muestra a temperatura ambiente y homogenizada tras agitación a una capsula previamente puesta a peso constante.
- Introducimos la capsula con la muestra al horno a 105 °C por 24 horas, después las pasamos al desecador por 4 horas, para finalmente pesarlas en la balanza electrónica.

Figura 63: Análisis de ST en una muestra de agua



De la misma manera se analizó los Solidos suspendidos totales presentes en las muestras de los cinco ríos correspondientes a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas en el Laboratorio del INESA conforme al procedimiento establecido por la **NMX-AA-034-SCFI-2015**.

El procedimiento empleado es el de la norma ya mencionada, contando que se realizó el análisis a una alícuota de 100 ml de cada muestra.

- Medimos con una probeta de 100 ml, 100 ml de la muestra homegenizada tras agitación.
- Armamos el equipo de filtrado, donde la bomba de vacío estaba conectado al primer matraz de kitazato y este a su vez a un segundo por mangueras de laboratorio, siendo que en el último se colocaría el crisol gooch a utilizar, al cual, vertimos poco a poco los 100 ml de muestra para su filtración.
- Terminando la filtración, con las pinzas colocamos los crisoles gooch dentro del horno a 105 °C por 24 horas, luego los introducimos en el desecador por 4 horas, para finalmente pesarlos en la balanza electrónica.

Figura 64: Análisis de SST en una muestra de agua



11.3.3.6 – Análisis de sulfatos en las muestras:

Se analizó los sulfatos presentes en las muestras de los cinco ríos correspondientes a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas en el Laboratorio del INESA conforme al procedimiento establecido por la **NMX-AA-074-SCFI-2014**.

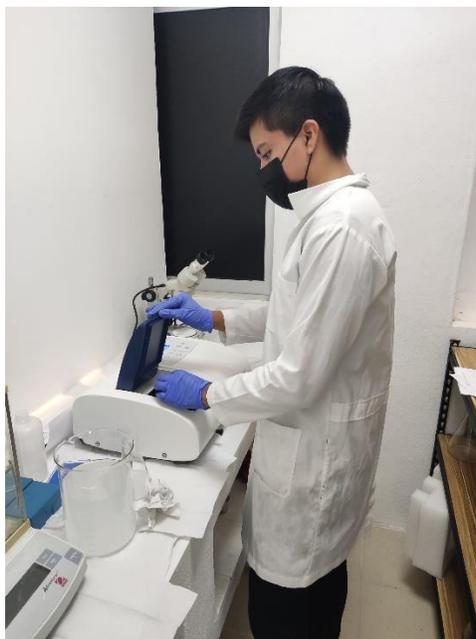
Al ser un método Espectrofotométrico, fue necesario obtener una curva de calibración a las condiciones ambientales del laboratorio, para lo cual preparamos una disolución de referencia de ion Sulfato (100 mg/l de SO_4^{2-}) a partir de sulfato de sodio anhídrido conforme a lo dictado por la NMX en cuestión, para finalmente obtener 10 soluciones de calibración (dentro del rango de concentración de 0 mg/l a 40 mg/l de SO_4^{2-}) las cuales se analizaron conforme al procedimiento que se describe a continuación usando la solución Buffer A para aquellas de concentración mayor a 10 mg/l SO_4^{2-} y la solución Buffer B para aquellas de concentración menores a 10 mg/l SO_4^{2-} , para finalmente graficar concentración SO_4^{2-} vs Absorbancia para cada Buffer, y mediante un ajuste de curva obtener una curva de calibración. **ANEXO 6**

El procedimiento empleado es el de la norma ya mencionada, contando que se realizó el análisis a un blanco (agua destilada) y una alícuota de 100 ml de cada muestra.

- En un matraz Erlenmeyer de 250 ml con 100 ml muestra le agregamos 20 ml de Buffer A (para concentraciones de SO_4 mayor a 10 ml/L) y con un agitador electromagnético se agita a la velocidad intermedia del mismo.

- Mientras la Disolución se estaba agitando le agregamos 1 cucharilla de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a la muestra y dejamos agitar por 1 min, para después dejarla reposar por 5 min.
- Analizamos la solución introduciéndola en una celda de 1 cm, misma a la que le realizamos tres lavados con la muestra a analizar, para finalmente medir su absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm.

Figura 65: Análisis de Sulfatos en una muestra de agua.



11.3.3.7 – Análisis de Fosfatos en las muestras:

Se analizó los fosfatos presentes en las muestras de los cinco ríos correspondientes a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas en el Laboratorio del INESA conforme al procedimiento establecido por la **NMX-AA-029-SCFI-2001**.

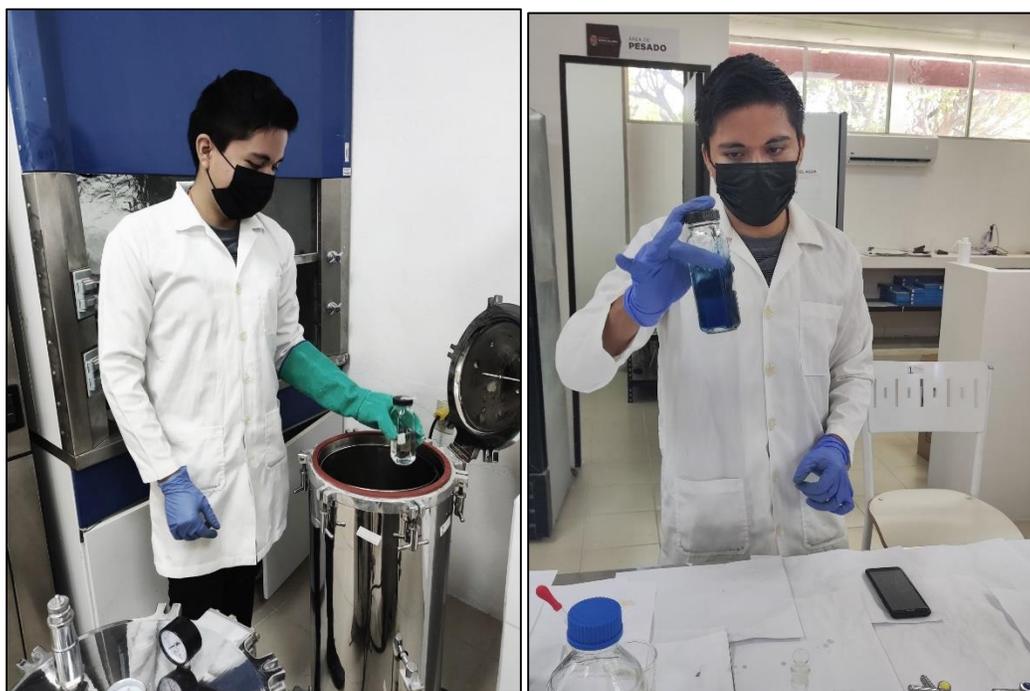
Al ser un método Espectrofotométrico, fue necesario obtener una curva de calibración a las condiciones ambientales del laboratorio, para lo cual preparamos una disolución madre de fosfato ($1 \text{ ml} = 50 \mu\text{g}$ de P como PO_4^{3-}). a partir de fosfato monobásico de potasio anhidro conforme a lo dictado por la NMX en cuestión, para finalmente obtener 5 soluciones de calibración dentro del rango del mismo método (0.3 a 2 mg/l de PO_4^{3-}), las cuales se analizaron conforme al procedimiento que se describe a continuación, para finalmente graficar concentración PO_4^{3-} vs Absorbancia, y mediante un ajuste de curva obtener una curva de calibración.

ANEXO 6

El procedimiento empleado es el de la norma ya mencionada, contando que se realizó el análisis a un blanco (agua destilada) y una alícuota de 100 ml de cada muestra.

- A frascos de vidrio Corning de 100 ml con 100 ml de muestra se les agrego 1 gota de fenolftaleína, 1 ml de disolución de ácido fuerte (que contenía H_2SO_4 concentrado y HNO_3 concentrado), y 0.4 gramos de persulfato de Potasio.
- Sellamos los frascos con sus respectivas tapas etiquetadas, y los introducimos en el autoclave para ser calentados por 30 minutos a $110\text{ }^\circ\text{C}$ con una presión de 15 psi. Después de este tiempo sacamos los frascos y dejamos enfriar al ambiente.
- A cada frasco se le añado 4 ml de disolución de heptamolibdato de amonio tetrahidratado y agitamos fuertemente, para enseguida agregar a cada frasco 10 gotas de disolución de cloruro estano y agitar fuertemente nuevamente.
- Analizamos la solución introduciéndola en una celda de 1 cm, misma a la que le realizamos tres lavados con la muestra a analizar, para finalmente medir su absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 690 nm. Siempre cuidando que la medición se realizara después de 10 min del último paso pero no más de 12 minutos.

Figura 66: Análisis de fosfatos en una muestra de agua



11.3.3.8 – Análisis de dureza de las muestras de agua:

Se analizó la dureza que presentaba las muestras de agua de los cinco ríos correspondientes a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Tonalá, Salto de Agua y Cenobio Aguilar del estado de Chiapas en el Laboratorio del INESA conforme al procedimiento establecido por la **NMX-AA-072-SCFI-2001**.

El procedimiento empleado es el de la norma ya mencionada, contando que se realizó el análisis a un blanco (agua destilada) y una alícuota de 100 ml de cada muestra.

- A un matraz Erlenmeyer de 100 ml con 25 ml de disolución de CaCO_3 (1mg/ml) le agregamos 1 ml de disolución amortiguadora (la cual contiene cloruro de amonio, amoniaco concentrado y sal de magnesio de EDTA), y después le vertimos 0.2 gramos de indicador negro de ericromo T. Finalmente titulamos esta solución con disolución de EDTA (0.01M aproximadamente) hasta el viraje de color de rojo a azul, y obtuvimos la relación entre ml de EDTA corresponde a ml de CaCO_3
- A otro matraz Erlenmeyer con 50 ml de la muestra le agregamos 1 ml de disolución amortiguadora (la cual contiene cloruro de amonio, amoniaco concentrado y sal de magnesio de EDTA), y después le vertimos 0.2 gramos de indicador negro de ericromo T. Finalmente titulamos esta solución con disolución de EDTA (0.01M aproximadamente) hasta el viraje de color de rojo a azul.

Figura 67: Análisis de la dureza de una muestra de agua.



11.4 – Recopilación y cálculos de la concentración de nitritos, nitratos, sulfatos, fosforo, SAAM, cloruros, dureza, ST, SST y SDT en cada muestra.

Se recopiló los datos de cada técnica, como lo es la absorbancia medida de cada muestra a las distintas longitudes de ondas, para el análisis de la concentración de nitritos, nitratos, sulfatos, fosforo y SAAM, al igual que los volúmenes gastados del titulante en las titulaciones realizadas en el análisis de cloruros y dureza, y los pesos iniciales y finales para el caso de sólidos totales y sólidos suspendidos totales.

Se realizaron los cálculos de acuerdo a lo establecido en cada NMX de cada parámetro analizado de cada muestra, todo lo anterior a través de la herramienta informática Excel, y se creó un programa en la misma plataforma para realizar de manera más precisa y rápida estos cálculos.

Figura 68: Cálculo de la concentración de nitratos en una muestra de agua.



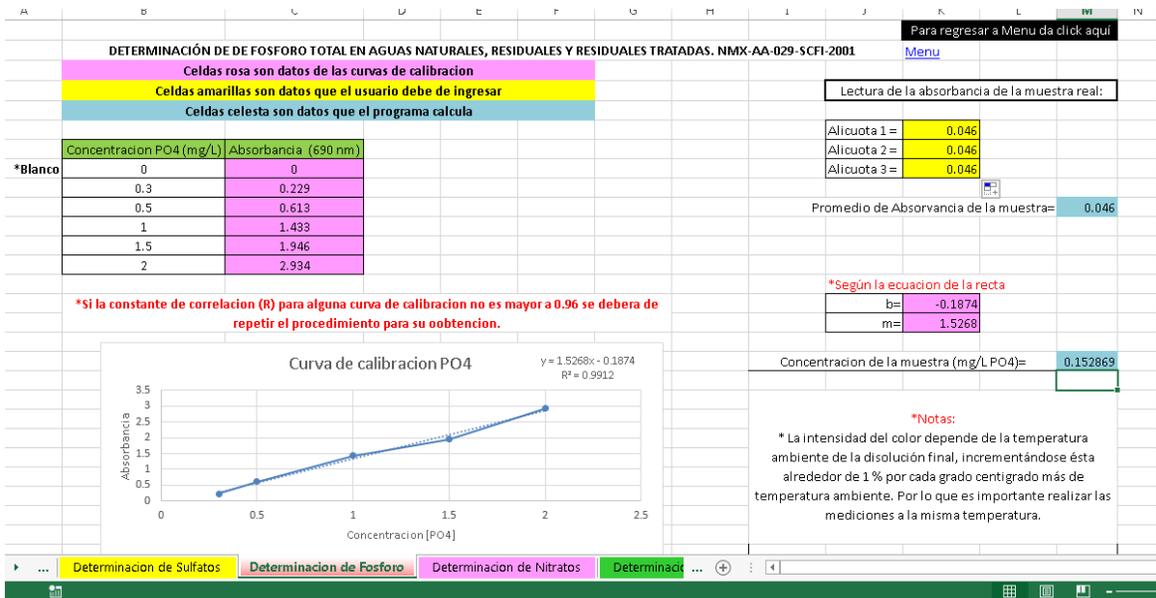
Fuente: Elaboración propia.

Figura 69: Calculo de la concentración de nitritos de una muestra de agua.



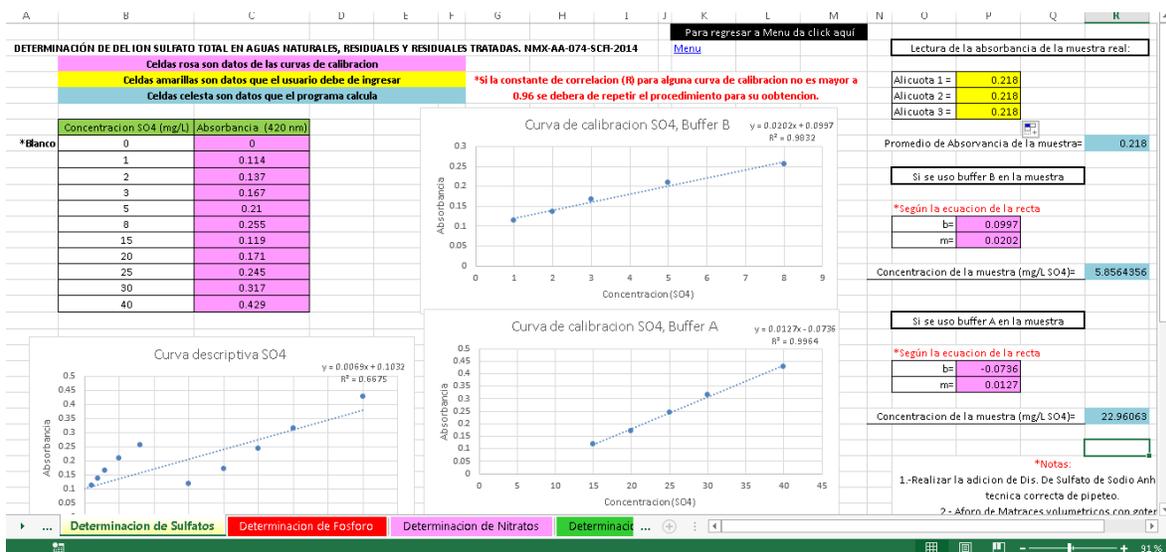
Fuente: Elaboración propia.

Figura 70: Calculo de la concentración de Fosfatos en una muestra de agua



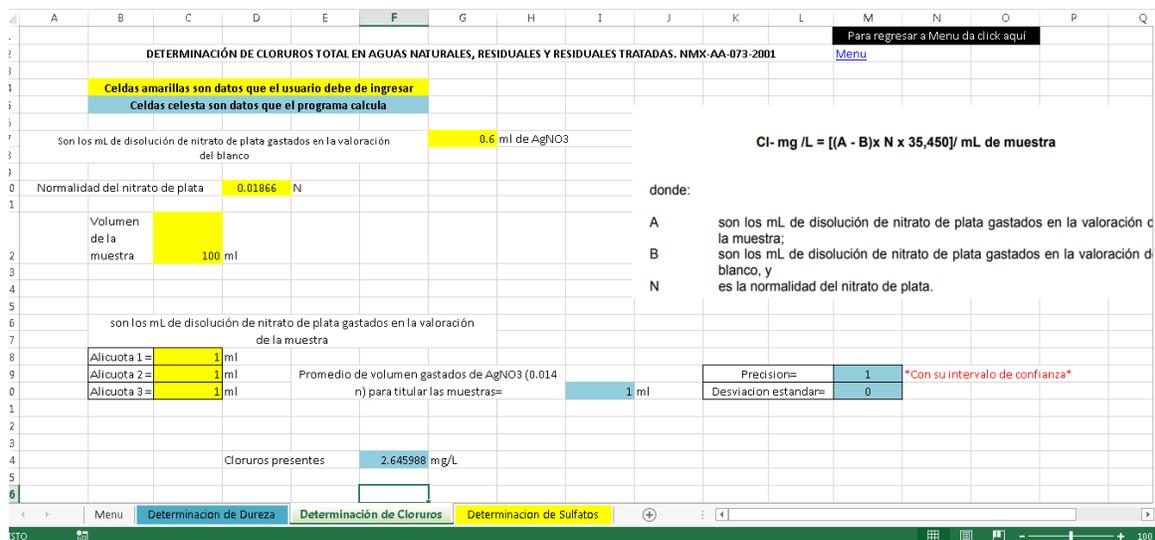
Fuente: Elaboración propia.

Figura 71: Calculo de la concentración de sulfatos en una muestra de agua



Fuente: Elaboración propia.

Figura 72: Calculo de la concentración de Cloruros en una muestra de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 73: Calculo de la dureza expresada en concentración de CaCO3 de una muestra de agua

Para regresar a Menu da click aqui
[Menu](#)

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 a tomar de la solución con NH3 =	19.6244421 ml

Volumen de EDTA (0.01 M) gastados en la titulación de la alícuota de 25 ml de solución de CaCO3(1 mg/ml) = 24.7 ml de EDTA

mg de equivalentes a ml de EDTA (0.01 M) = 1.01214575 mg/ml

Volumen de EDTA (0.01 M) gastados en la titulación de la alícuota de 50 ml del blanco (agua destilada) = 0.05 ml de EDTA

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

Alicuota 1 =	2.7 ml	Promedio de volumen gastados de EDTA (0.01 M) para titular las muestras=	2.7 ml
Alicuota 2 =	2.7 ml		
Alicuota 3 =	2.7 ml		

Dureza total expresada como CaCO3 (mg/L) = 53.6437247 mg/L

Precisión=	2.7	*Con su intervalo de confianza*
Desviación estandar=	5.43896E-16	

Dureza total expresada como CaCO₃ (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 CaCO₃ equivalentes a 1 mL de EDTA, y
D son los mL de muestra.

10.2 Expresar la dureza total como mg/L CaCO₃ con la precisión correspondiente.

Menu **Determinación de Dureza** Determinación de Cloruros Determinación de Sulfatos

Fuente: Elaboración propia.

Figura 74: Calculo de la concentración de ST, ST y SDT en un muestra de agua

Para regresar a Menu da click aqui
[Menu](#)

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS. NMX-AA-034-SCR-2015

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

SÓLIDOS TOTALES (ST)

Muestra	Volumen de muestra (ml)	Peso inicial de las capsulas (g)	Peso final de las capsulas (g)	Concentración ST (mg/l)
1	100	69.7492	69.7622	130
2	100	74.1163	74.1298	135
3	50	54.9464	54.9533	138
4	100	73.9942	74.0068	126
5				#DIV/0!

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Muestra	Volumen de muestra (ml)	Peso inicial de las crisoles (g)	Peso final de las crisoles (g)	Concentración SST (mg/l)
1	100	21.0099	21.0122	23
2	100	21.5899	21.5923	24
3	100	21.4802	21.4832	30
4	100	17.6749	17.6757	8
5				#DIV/0!

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)

Muestra	Concentración SDT (mg/l)
1	107
2	111
3	108
4	118
5	#DIV/0!

10.1 Calcular el contenido de sólidos totales de las muestras como sigue:

$$ST = \frac{(m_1 - m_2)}{V} \cdot 1\,000\,000$$

Donde:

ST Son los sólidos totales, en mg/L;
m₁ es la masa de la cápsula con el residuo, después de la evaporación, en g;
m₂ es la masa de la cápsula vacía a masa constante, en g, y
V es el volumen de muestra, en mL.

a) SST

$$SST = \frac{(m_6 - m_7)}{V} \cdot 1\,000\,000$$

SST son los sólidos suspendidos totales, en mg/L;
m₂ es la masa del soporte de secado con el filtro antes de la filtración, en g;
m₆ es la masa del soporte de secado con el filtro, en g;
m₇ es la masa del soporte de secado con el filtro después de la calcinación, en g, y
V es el volumen de la muestra, en mL.

a) SDT

$$SDT = (ST) - (SST)$$

Donde:

SDT Son los sólidos disueltos totales, en mg/L;
ST Son los sólidos totales, en mg/L, y
SST son los sólidos suspendidos totales, en mg/L.

... **Determinación de Nitros** **Determinación de SAAM** **Determinación de Sólidos** **Determinación de ...**

Fuente: Elaboración propia.

11.5 – Análisis de resultados y planteamiento de tecnologías hídricas a implementar para cada fuente de abastecimiento de agua potable.

Se compararon los datos de las concentraciones obtenidas de cada parámetro con las establecidas por 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", para conocer cual o cuales estaban fuera de requerimiento y en qué medida. De igual manera también se comparó con los límites máximos establecidos por el CECCA, "Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89" publicado en el diario oficial de la federación DOF el 13 de Diciembre de 1989, debido a que como tal es una fuente de agua cruda.

Tenemos que para la eliminación de fosfatos existen diversos métodos que van desde eliminación biológica de fósforo, filtración, adsorción por medios específicos y claro la osmosis inversa. Sin embargo la limitación del espacio y costo influyen en su uso.

La eliminación biológica de fósforo implica que estos sean asimilados en sólidos suspendidos por sólidos biológicos o precipitación química (como lo son el uso de coagulantes, que usualmente también reducen la materia orgánica), para dar paso al medio de clarificación o filtración. Este medio implica en un gran tiempo de sedimentación tanto del medio coagulante como clarificante (comúnmente Alumbre), además de que ante grandes volúmenes de agua se requiere un mayor espacio de operación para un proceso efectivo.

Para el segundo caso por adsorción se opta normalmente como medio el hidróxido de hierro granulado, aunque también se puede utilizar calcio, estos son comercializados como VSN-15, entre otros, el proceso consiste en pasar la corriente de agua en el medio adsorbente y por afinidad los iones de fosfatos serán capturados, para finalmente hacer un retrolavado y volver a utilizar el medio adsorbente.

En la actualidad se ha estado empleando filtros de carbón activado que contiene carbón en gránulos o bloques, mismos que por adsorción pueden retener y atrapar una amplia gama de contaminantes, es importante utilizarlos con una presión baja y agua fría para tener una mayor eficiencia, pero lo que influirá en mayor medida en el desempeño del filtro es el tamaño de los poros del carbón activado, que suelen ser de 0.5 a 10 micras, siendo que el primero retiene una mayor cantidad de contaminantes pero con un flujo de agua menor, por lo que lo ideal es que sea de 1 a 5 micras. Como todo filtro este se saturará y habrá que cambiarlos, por lo que se estima un tiempo de vida de 3 meses. Los filtros de carbón activado suelen eliminar el 70-90 % de los fosfatos presentes en el agua. Y suelen ir acompañados de otro filtro de zeolita, que es otro medio absorbente, capaz de reducir incluso la concentración de sales y metales pesados en el agua.

Finalmente el proceso de osmosis inversa consiste en la separación de dos corrientes de agua, una con concentración baja de fosfatos y SDT, y una segunda corriente de rechazo con alto contenido de sales y fosfatos, divididas por una membrana semipermeable que permite el paso de las moléculas de agua pero no la mayoría de los contaminantes y bacterias, donde la corriente de concentración alta es empujada por la presión ejercida de una bomba, obligando a que la osmosis sea inversa, permitiendo el paso de agua pura y reteniendo los contaminantes. Normalmente esta tecnología ofrece hasta un 90 a 95% de rechazo de fosfatos, sin embargo la desventaja se ve en su costo.

Finalmente en base a los parámetros que se encontraron por encima de los límites máximos (fosforo, ST y SDT) establecido por la NOM-127-SSA1-1994, se escogió una planta purificadora que permitiese la entrada de un caudal con una concentración más elevada a la encontrada de estos parámetros y que cuya salida estuviese en Norma, como parte de una tecnología hídrica a implementar. Evidentemente es una planta que se ajustó al presupuesto del INESA conforme al número de regiones a las que se iban a distribuir, y claro también verificando que esta tuviera elemental el suavizador y los filtros de carbón activado y zeolita.

De la marca KOLBE se presenta una planta purificadora que se equipa con una bomba tipo Jet de 0.5 HP, un filtro multicama, un filtro de carbón activado, un filtro suavizador, un filtro pulidor, una lámpara ultravioleta de 4 galones, un generador de ozono de 1 gr y el llenador de garrafrones.

De la marca PURITRONIC se presenta una planta purificadora que se equipa con un Hidroneumático, el filtro de Lecho profundo, el filtro de carbón activado, el filtro suavizador, el filtro pulidor, el equipo de osmosis inversa, el generador de ozono, lámpara de luz ultravioleta, lavadora de garrafrones, mesa de llenado y 2 cisternas de 5,000 L. Claro que los costos son mayores a la planta KOLBE, por lo que se optó la compra de esta última.

Figura 75: Planta purificadora PURITRONIC

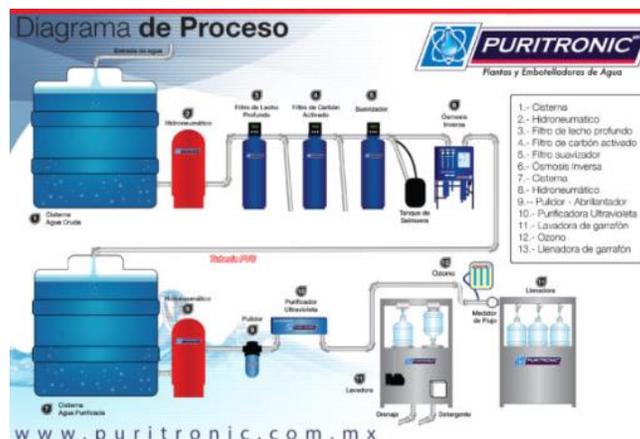


Figura 76: Planta purificadora de agua KOLBE.



Figura 77: Demostración de funcionamiento de una planta purificadora portátil.



11.6.- Concientización a las poblaciones sobre la importancia del saneamiento y el cuidado de sus fuentes de abastecimiento de agua potable.

En el patio del Instituto Estatal del Agua ubicado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, se organizó una reunión junto con los delegados del agua de cada municipio del Estado, y se les impartió una plática sobre la importancia de su cargo y la responsabilidad que tienen por participar en el cuidado de este vital líquido, siendo capacitados para el uso de Hipoclorito de Sodio como medio desinfectante y de su aplicación por medio de Hipocloradores.

Figura 78: Platica sobre concientización del cuidado del agua y su saneamiento.



Resultados de análisis:

De los análisis físico-químicos realizados se obtuvo los siguientes valores, que son valores de absorbancia, volúmenes de titulante gastados y pesos iniciales y finales de las muestras tratadas.

1° MUESTREO

Simbología:

- M1= Muestra de Tonalá.
- M2= Muestra de Tuxtla Chico (presenta solidos sedimentados)
- M3= Muestra de Tapachula (presenta solidos disueltos)
- Blanco = Agua destilada.
- * = Duplicado

Tabla 7: Muestreo 1, resultados del parámetro Nitratos

Nitratos:	Absorbancia con una longitud de onda de 410 nm.
Blanco	0.046
M1	0.118
M2	0.190
M3	0.224
M3*	0.222

Tabla 8: Muestreo 1, resultados del parámetro Nitritos.

Nitritos:	Absorbancia con una longitud de onda de 543 nm
Blanco	0.032
M1	0.036
M2	0.052
M3	0.078
M3*	0.075

Tabla 9: Muestreo 1, resultados del parámetro Fosforo

Fosforo:	Absorbancia con una longitud de onda de 690 nm
Blanco	0.079
M1	0.117
M2	0.125
M3	0.137
M3*	0.141

Tabla 10: Muestreo 1, resultados del parámetro Sulfatos

Sulfatos:	Absorbancia con una longitud de onda de 420 nm
Blanco	0.038
M1	0.268
M1*	0.256
M2	0.221
M3	0.362

Tabla 11: Muestreo 1, resultados del parámetro SAAM.

SAAM:	Absorbancia con una longitud de onda de 652 nm
Blanco	0.037
M1	0.052
M1*	0.049
M2	0.058
M3	0.063

Tabla 12: Resultados del parámetro Cloruros

Cloruros:	ml gastados de AgNO₃
Disolución de NaCl (0.014 N) (10 ml)	7.5
Blanco (100 ml)	0.6
M1 (100 ml)	1
M2 (100 ml)	0.7
M3 (100 ml)	0.9
M3* (100 ml)	0.9

Tabla 13: Muestreo 1, resultados del parámetro Dureza total

Dureza:	ml gastados de EDTA
Disolución de CaCO ₃ (1mg/ml) (25 ml)	24.7
Blanco (100 ml)	0.05
M1 (100 ml)	2.7
M2 (100 ml)	1.1
M3 (100 ml)	1.7
M3* (100 ml)	1.7

Tabla 14: Muestreo 1, resultados del parámetro ST

ST:	Volumen (ml)	Peso final	Peso inicial	Peso ST
M3*	100	69.7622	69.7492	0.0130
M3	100	74.1298	74.1163	0.0135
M2	50	54.9533	54.9464	0.0069
M1	100	74.0068	73.9942	0.0126

Tabla 15: Muestreo 1, resultados del parámetro SST

SST	Volumen (ml)	Peso final	Peso inicial	Peso ST
M3	100	21.0122	21.0099	0.0023
M2	100	21.5923	21.5899	0.0024
M2*	100	21.4832	21.4802	0.0030
M1	100	17.6757	17.6749	0.0008

2° MUESTREO

Simbología:

- M1= Muestra de Salto de Agua
- M3= Muestra del Cenobio Aguilar
- Blanco = Agua destilada.
- * = Duplicado

Tabla 16: Muestreo 2, resultados del parámetro Nitratos.

Nitratos:	Absorbancia con una longitud de onda de 410 nm.
Blanco	0.086
M1	0.215
M3	0.250
M3*	0.248

Tabla 17: Muestreo 2, resultados del parámetro Nitritos.

Nitritos:	Absorbancia con una longitud de onda de 543 nm
Blanco	0.043
M1	0.052
M3	0.051
M3*	0.051

Tabla 18: Muestreo 2, resultados del parámetro Fosforo

Fosforo:	Absorbancia con una longitud de onda de 690 nm
Blanco	0.067
M1	0.082
M1*	0.083
M3	0.091

Tabla 19: Muestreo 2, resultados del parámetro Sulfatos

Sulfatos:	Absorbancia con una longitud de onda de 420 nm
Blanco	0.041
M1	0.291
M3	0.301
M3*	0.289

Tabla 20: Muestreo 2, resultados del parámetro SAAM

SAAM:	Absorbancia con una longitud de onda de 652 nm
Blanco	0.046
M1	0.058
M3	0.108

Tabla 21: Muestreo 2, resultados del parámetro Cloruros

Cloruros:	ml gastados de AgNO₃
Disolución de NaCl (0.014 N) (10 ml)	9.5
Blanco (100 ml)	0.7
M1 (100 ml)	1.3
M3 (100 ml)	1.6
M3* (100 ml)	1.6

Tabla 22: Muestreo 2, resultados del parámetro Dureza total.

Dureza total:	ml gastados de EDTA
Disolución de CaCO ₃ (1mg/ml) (25 ml)	24.5
Blanco (50 ml)	0.1
M1 (50 ml)	9.1
M1* (50 ml)	9.1
M3 (50 ml)	8.4

Tabla 23: Muestreo 2, resultados del parámetro ST

ST:	Volumen (ml)	Peso final	Peso inicial	Peso ST
M1	100	69.7736	69.7513	0.0223
M3	50	54.9563	54.9477	0.0086

Tabla 24: Muestreo 2, resultados del parámetro SST

SST	Volumen (ml)	Peso final	Peso inicial	Peso ST
M1	100	17.7084	17.7079	0.0005
M3	100	21.3735	21.3729	0.0006

Con los datos anteriores y con el programa creado en Excel que para los métodos espectrofotométricos se basa de las curvas de calibración del **ANEXO 6**, además de las formulas establecidas en las **NMX-AA-072-SCFI-2001** para el cálculo de Dureza, **NMX-AA-073-SCFI-2001** para el cálculo de cloruros y **NMX-AA-034-SCFI-2015** para Solidos Totales, Solidos Suspendidos Totales y Solidos Disueltos Totales, se calcula la concentración de cada parámetro presente en cada fuente de agua muestreada.

Localidad: Cabecera Municipal de Tonalá.

Lugar de toma de muestra: Compuerta 2 de Rio Zanatenco.

Coordenadas geográficas: 16.101157, -93.704170.

Tipo de Muestra: Agua cruda.

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	0.23	5	10

NITRITOS	mg/l	<LDM	0.05	1
CLORUROS	mg/l	2.65	250	250
DUREZA TOTAL	mg/l	53.64	NA	500
FOSFORO	mg/l	0.11	0.1	NA
SOLIDOS TOTALES	mg/l	126	1000	NA
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	118	500	1000
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	8	500	NA
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	0.11	0.5	0.5
SULFATOS	mg/l	23.94	500	400

Nota: LDM= Limite de detección mínimo; NA = No aplica.

Localidad: Cabecera Municipal de Tuxtla Chico.

Coordenadas geográficas: 14.953392, -92.157488.

Tipo de Muestra: Agua cruda.

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	0.02	0.05	1
CLORUROS	mg/l	0.66	250	250
DUREZA TOTAL	mg/l	21.26	NA	500
FOSFORO	mg/l	0.12	0.1	NA
SOLIDOS TOTALES	mg/l	138	1000	NA

SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	27	500	1000
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	30	500	NA
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	0.49	0.5	0.5
SULFATOS	mg/l	20.25	500	400

Nota: LDM= Limite de detección mínimo; NA = No aplica.

Nota: NA = No aplica.

Localidad: Cabecera Municipal de Tapachula.

Lugar de toma de muestra: Efluente de agua proveniente del rio Coatán

Coordenadas geográficas: 14.959035, -92.253918.

Tipo de Muestra: Agua cruda.

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	0.66	5	10
NITRITOS	mg/l	0.01	0.05	1
CLORUROS	mg/l	1.98	250	250
DUREZA TOTAL	mg/l	33.4	NA	500
FOSFORO	mg/l	0.21	0.1	NA
SOLIDOS TOTALES	mg/l	135	1000	NA
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	109.5	500	1000

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	23	500	NA
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	0.19	0.5	0.5
SULFATOS	mg/l	31.32	500	400

Nota: NA = No aplica.

Localidad: Cabecera Municipal de Salto de Agua.

Lugar de toma de muestra: Efluente de agua de manantial.

Coordenadas geográficas: 17.5578, -92.3524.

Tipo de Muestra: Agua cruda.

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	0.24	5	10
NITRITOS	mg/l	<LDM	0.05	1
CLORUROS	mg/l	3.13	250	250
DUREZA TOTAL	mg/l	183.67	NA	500
FOSFORO	mg/l	<LDM	0.1	NA
SOLIDOS TOTALES	mg/l	223	1000	NA
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	218	500	1000
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	5	500	NA
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	<LDM	0.5	0.5
SULFATOS	mg/l	7.44	500	400

Nota: LDM= Limite de detección mínimo; NA = No aplica.

Localidad: Muestra de Cenobio Aguilar (La trinidad)

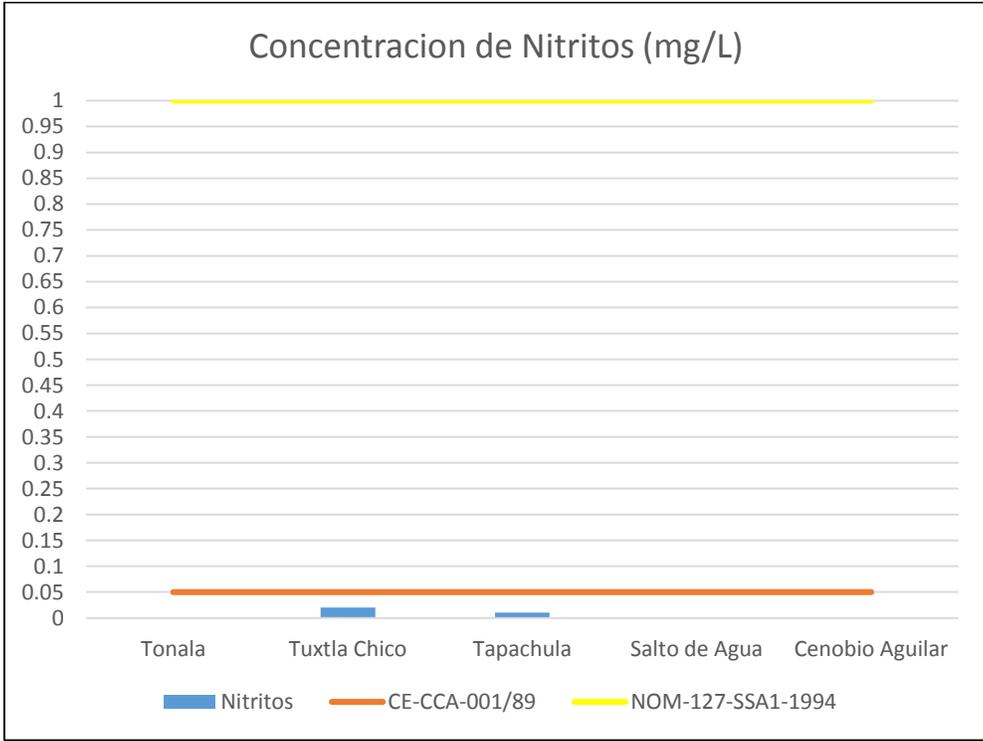
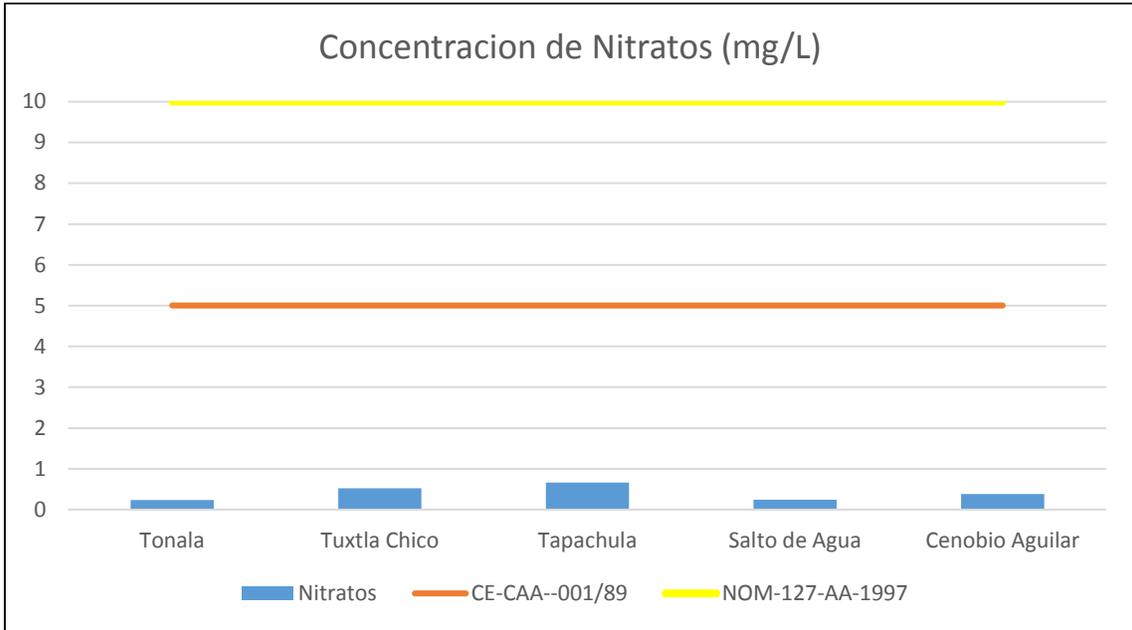
Coordenadas geográficas: 17.4060, -92.3192.

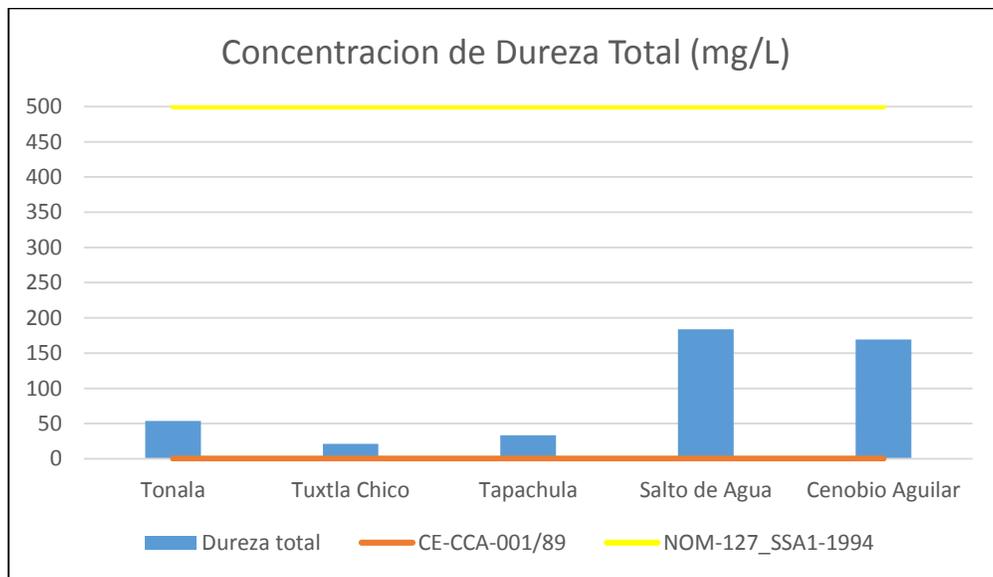
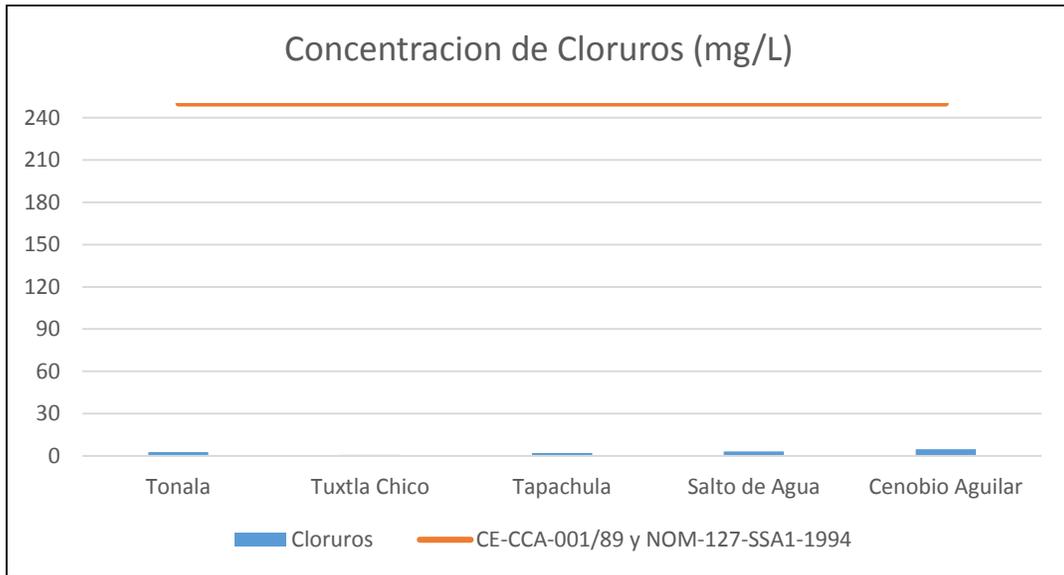
Tipo de Muestra: Agua cruda.

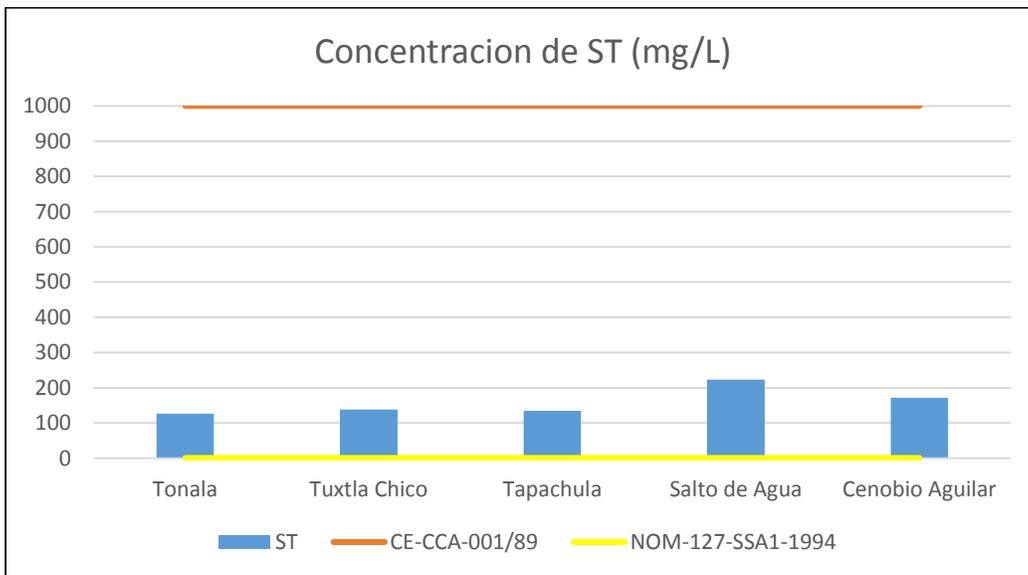
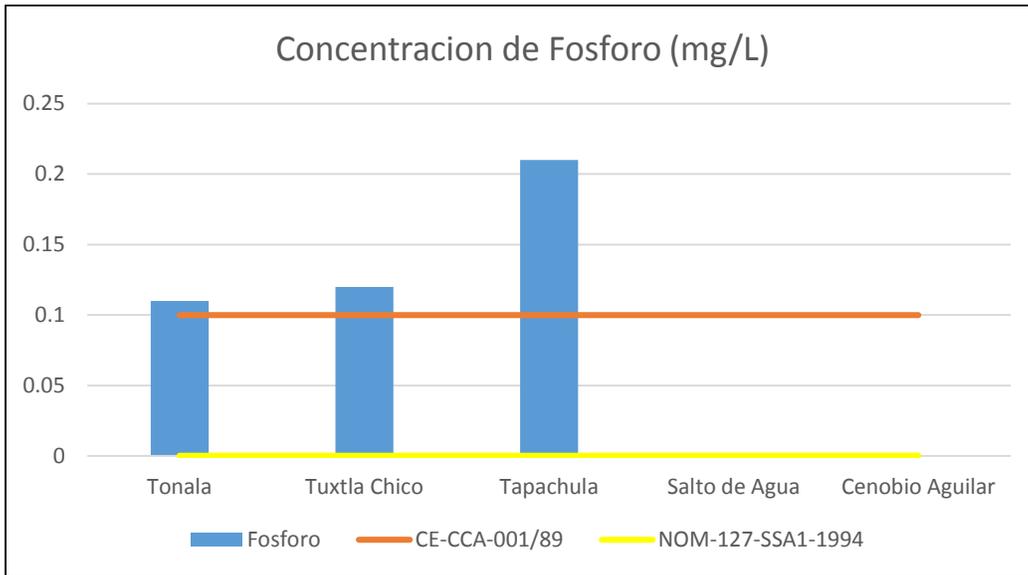
PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO DE ANALISIS	CRITERIOS ECOLOGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. (FUENTE DE ABASTECIMIENTO)	NOM-127-SSA1-1994. (AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO)
NITRATOS	mg/l	0.38	5	10
NITRITOS	mg/l	<LDM	0.05	1
CLORUROS	mg/l	4.7	250	250
DUREZA TOTAL	mg/l	169.39	NA	500
FOSFORO	mg/l	<LDM	0.1	NA
SOLIDOS TOTALES	mg/l	172	1000	NA
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	166	500	1000
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	6	500	NA
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	<LDM	0.5	0.5
SULFATOS	mg/l	7.94	500	400

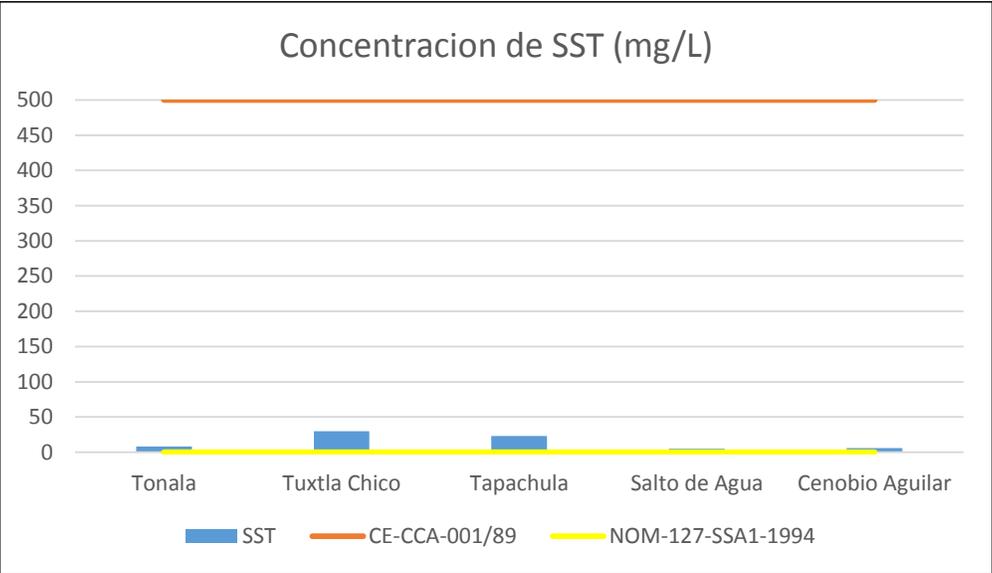
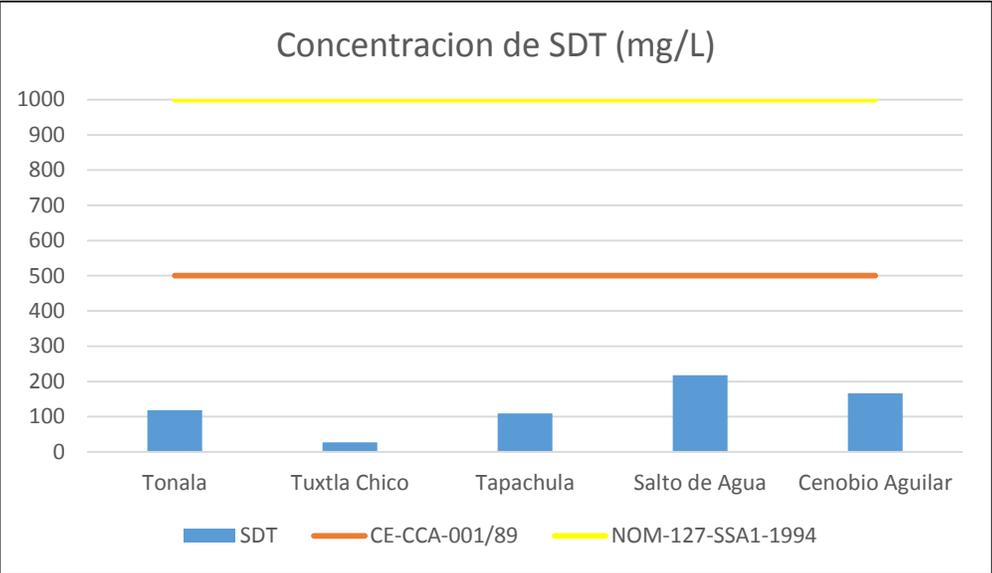
Nota: LDM= Limite de detección mínimo; NA = No aplica.

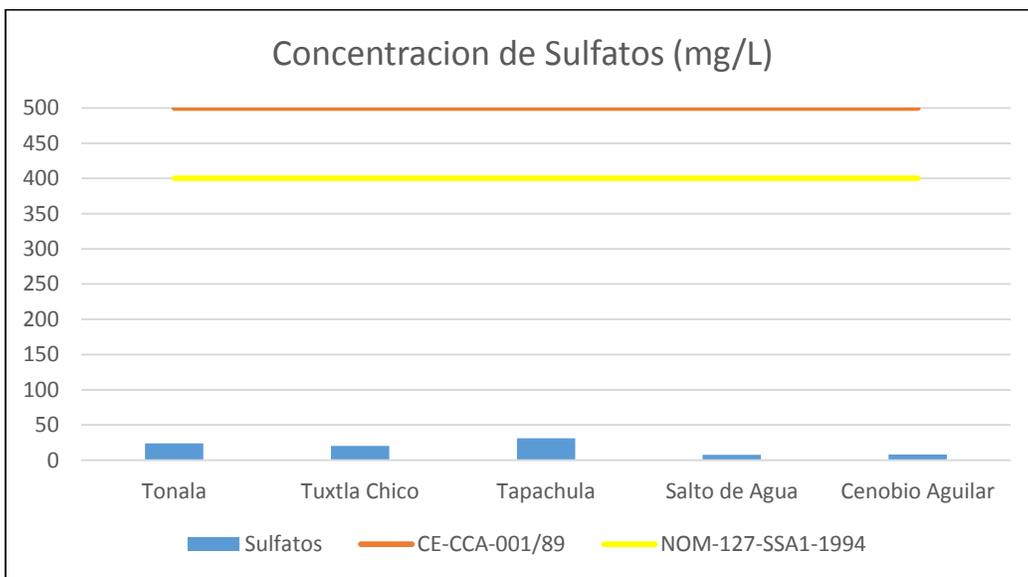
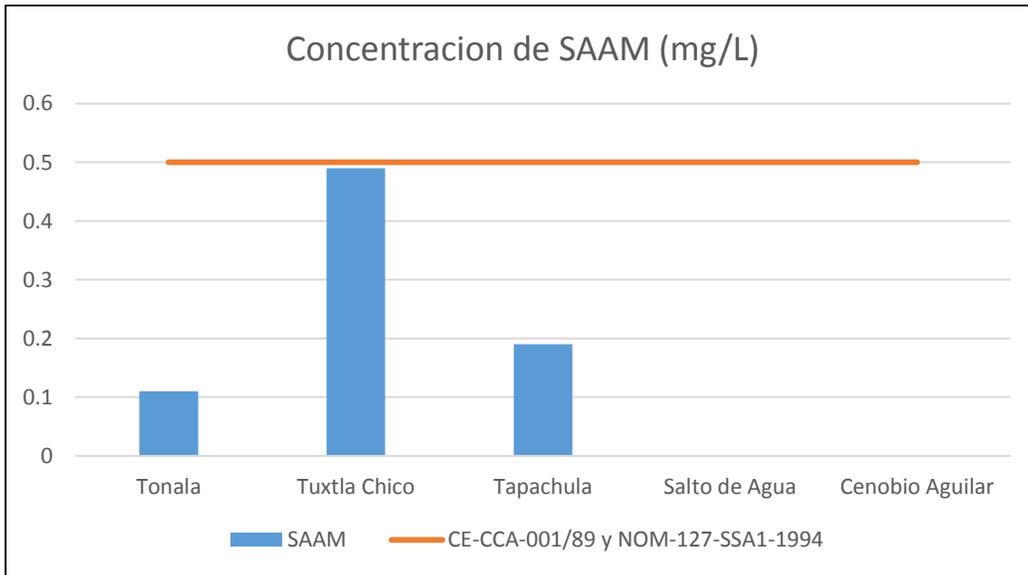
Con los datos anteriores se realizaron gráficas para poder analizar visualmente los resultados obtenidos, específicamente si se excedía las concentraciones de cada parámetro permitidas por el CE-CCA-001/89 y la NOM-127-SSA1-1994.











De los datos calculados se obtiene que en las cinco fuentes de abastecimiento del agua potable de los municipios de Tonalá, Tuxtla Chico, Tapachula, Salto de Agua y Cenobio Aguilar se encuentra fuera de norma para uso y consumo humano según la NOM-127-SSA1-1994 en los parámetros de Sólidos Totales y Sólidos Suspendedos y únicamente para las tres primeras también el parámetro Fósforo. Por otra parte, no hay que olvidar que son fuentes de agua cruda superficial, por lo tanto su naturaleza dictada por los CE-CCA-001/89 los parámetros de Sólidos totales y Sólidos Suspendedos se encuentran bajo los límites permisibles según este acuerdo de criterios ecológicos, quedando el parámetro de fosfatos fuera de norma aun en comparación con este acuerdo, cuyo límite máximo establecido para la presencia del mismo es de 0.1 mg/l. Tal y como se puede observar en la gráficas de barras anteriores para cada parámetro

Para el caso de Sólidos Totales, de acuerdo a los análisis realizados se encontraron en las concentraciones de 126 mg/l para Tonalá, 138 mg/l para Tuxtla Chico, 135 mg/l para Tapachula, 223 mg/l para Salto de Agua y 172 mg/l para Cenobio Aguilar, lo que los deja en un 87.4% para Tonalá, 86.2% para Tuxtla Chico, 86.5 % para Tapachula, 77.7 % para Salto de Agua, 82.8 % para Cenobio Aguilar por debajo de límite establecido por los CE-CCA-001/89, y era de esperarse su presencia debido a que son fuentes superficiales, sin embargo en lo que respecta a la NOM-127-SSA1-1994 (Agua para uso y consumo humano) estos deben de estar ausentes, lo que deja a las cinco fuentes de agua potable fuera de Norma para Sólidos Totales.

Para el caso de Sólidos Suspendidos Totales, de acuerdo a los análisis realizados se encontraron en las concentraciones de 8 mg/l para Tonalá, 30 mg/l para Tuxtla Chico, 23 mg/l para Tapachula, 5 mg/l para Salto de Agua y 6 mg/l para Cenobio Aguilar, lo que los deja en un 98.4% para Tonalá, 94% para Tuxtla Chico, 95.4 % para Tapachula, 99 % para Salto de Agua y 98.8 % para Cenobio Aguilar por debajo de límite establecido por los CE-CCA-001/89, y era de esperarse su presencia debido a que son fuentes superficiales, sin embargo en lo que respecta a la NOM-127-SSA1-1994 (Agua para uso y consumo humano) estos deben de estar ausentes, lo que deja a las cinco fuentes de agua potable fuera de Norma para Sólidos Suspendidos Totales.

Por su parte para el caso de los fosfatos presentes tenemos que se encontraron las concentraciones de 0.11 mg/l para Tonalá, 0.12 mg/l para Tuxtla Chico y 0.21 mg/l para Tapachula, lo que los deja en un 10% para Tonalá, 20% para Tuxtla Chico y 110 % para Tapachula por encima de los límite establecido por los CE-CCA-001/89, resaltando el hecho de que para el caso del río de Tapachula la concentración encontrada de fosfatos es un poco más del doble de la permitida, por lo que se puede considerar como una fuente de agua cruda contaminada. Finalmente en lo que respecta a la NOM-127-SSA1-1994 (Agua para uso y consumo humano) estos deben de estar ausentes, lo que deja a las tres fuentes de agua potable fuera de Norma para Fósforo.

La presencia de fósforo en aguas superficiales puede derivar en crecimiento de algas, que cuando es en grandes cantidades terminan dañando el equilibrio natural, consumiendo rápidamente el oxígeno del agua, lo que provoca que el resto de los organismos vivos mueran, además de que visiblemente el agua se torna de color verde, con un mal olor y de sabor a moho, lo que lo vuelve en un peligro para su consumo. Tan sólo 1 gramo de fósforo en forma de fosfatos provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas. Las posibles causas de la presencia de este contaminante es por descargas de aguas residuales que contienen productos de limpieza como lo son jabones o detergentes o por de los fertilizantes que normalmente los campesinos suelen usar para sus plantaciones, mismos que cuando se suministran en una medida mayor a la necesitada por las plantas, estas no logran absorberlo en su totalidad y termina depositándose en la tierra, para después ser arrastrados por

las lluvias a estos cuerpos de agua. Cabe aclarar que esta última opción está un poco alejada de la realidad ya que dichos fertilizantes no solo contienen fósforo, entre otros elementos químicos, se les encuentra en gran medida nitrógeno en forma de nitratos, y de acuerdo a los resultados de los análisis estos se encontraron en niveles muy inferiores a lo permitido por CE-CCA-001/89, parámetro más restringido que la misma NOM-127-SSA1-1994, siendo en un 95.4% para Tonalá, 89.6% para Tuxtla Chico y 86.8% para Tapachula menor de acuerdo a este criterio. Debido a lo anterior es más probable que la presencia de este contaminante se deba por la costumbre humana que existe en algunas poblaciones de lavar la ropa en el río, por lo que los fosfatos de estos detergentes y jabones usados terminan depositándose y contaminando este cuerpo de agua. Es algo tan simple, pero en medida cotidiana perjudicial, y es ahí donde recae la importancia de en primer lugar concientizar a las personas de dichas poblaciones a cuidar y preservar sus fuentes de agua y en segunda instancia a organizar y capacitar, ofreciéndoles los recursos y tecnologías en la medida posible, al municipio para el correcto saneamiento de esta, antes de suministrarla a la población, con el objetivo de preservar la salud de la misma.

Conclusiones del Proyecto:

Entender que Chiapas es una región con gran cantidad de agua a su disposición, no significa el poder explotarla sin consideración, ya que cada vez, son más los cuerpos de agua que terminan siendo contaminados por la acción humana, lo que deriva en que el servicio de agua potable para las diferentes regiones, municipios y poblaciones dependan solo de una o dos fuentes de abastecimiento, lo que provoca que cuando se presente situaciones inevitables, como lo son fenómenos Hidrometeorológicos, geológicos o incendios forestales que dañan de manera directa o indirecta este servicio provocando su contaminación, deriva en que las personas de estas poblaciones terminen sufriendo por enfermedades por el consumo de la misma o en su defecto por el desabasto de este vital líquido, y por ende se crea una contingencia sanitaria.

Tal es el caso de los municipios de Tonalá, Tapachula, Tuxtla Chico, Salto de Agua y Cenobio Aguilar que de acuerdo a los mapas realizados por la Comisión Nacional de Protección Civil (CNPC) en conjunto con el Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED) son municipios vulnerables a los fenómenos naturales mencionados anteriormente. Por lo que gracias al correcto muestreo de estos cuerpos de agua, así como también el análisis físico-químico de los parámetros nitratos, nitritos, sulfatos, fósforo, SAAM, cloruros, dureza, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales, todo conforme a lo establecido en las NOM y NMX correspondientes, se logró determinar cuantitativamente los contaminantes que se encontraban por encima de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-1994, además de un análisis de los mismos conforme a los CE-CCA-001/89, para un estudio más profundo de la naturaleza del

agua, para que finalmente se pudiese implementar la tecnología hídrica que pudiese resolver la problemática en cuestión. Teniendo en cuenta que los parámetros de fosfatos, sólidos totales y sólidos suspendidos totales fueron los que estaban fuera de Norma, y considerando igualmente que el suministro necesario era de un caudal basto, ante una población mediana en estos municipios, se optó por la compra de plantas purificadoras que pudiesen disminuir la concentración presente de estos contaminantes a niveles inferiores a los permitidos por las NOM-127-SSA1-1994, asegurando así, que esta fuera de calidad para uso y consumo humano, todo con el objetivo de preservar la salud. Compartiendo siempre la importancia de estas acciones de saneamiento y cuidado del agua con las autoridades de dichas poblaciones para su difusión y concientización.

Recomendaciones y Experiencia personal adquirida:

Se recomienda que periódicamente se efectúen, en la medida de lo posible, muestreos y análisis rutinarios de las fuentes de agua potable de los municipios de Tonalá, Tuxtla Chico, Tapachula, Salto de Agua y Cenobio Aguilar con el objetivo de garantizar que no se produzcan una contaminación mayor de los mismos, o en su caso, poder detectarlo a tiempo para su erradicación. De la misma manera, se recomienda realizar estos análisis con la misma frecuencia al agua que suministran las plantas purificadoras para asegurarse de su correcto funcionamiento y de que estas no contiene contaminantes que puedan ser nocivos para la salud humana y que los que tiene presentes están por debajo de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-1994, al igual que darle manteniendo a las mismas conforme a lo estipulado por el fabricante.

Fue grata la experiencia que me llevo de la realización de este proyecto, desde el hecho de cómo se desarrolla una empresa profesionalmente y los roles que cada departamento tiene, hasta haber sido capacitado por los Ingenieros Químicos del mismo laboratorio del INESA para el análisis físico-químico y bacteriológico del agua, que involucra una correcta interpretación de las NOM y NMX aplicadas, el uso adecuado del material y las técnicas para buenas prácticas de laboratorio, así como también el equipo y las medidas de seguridad a implementar en cada situación y para la manipulación de cada tipo de reactivos, además de las posibles variaciones que me puedo encontrar en la realización de las prácticas para el análisis del agua y de cómo poder solucionarlas usando métodos alternos o factores de dilución, y finalmente el cálculo e interpretación de resultados obtenidos en el laboratorio para su posterior presentación en el informe oficial. Lo que personalmente creo que son herramientas fundamentales para desarrollarme profesionalmente en mi campo.

Competencias desarrolladas y/o aplicadas:

- Química analítica: Al momento de preparar las soluciones a las concentraciones establecidas o requeridas por la normativa vigente, para cada método de análisis, y del mismo modo, modificar la concentración estimada de las muestras mediante diluciones para que estuviesen dentro del rango de análisis de los métodos. Y en la realización de curvas de calibración.
- Analisis Instrumental: Cuando se buscaba las técnicas con que mediante señales dispuestas por los equipos del laboratorio, en este caso el del espectrofotómetro, se pudiese calcular la concentración de los parámetros a analizar del agua, así como el correcto uso de los mismo.
- Laboratorio integral: Siendo este el departamento donde estuve, era necesario conocer las instalaciones, los equipos, tales como balanzas electrónicas, hornos de secado, incubadoras, parrillas, etc., y materiales a utilizar, así como sus usos correctos y cuidados pertinentes. Además de las notables similitudes entre las prácticas de análisis de la calidad del agua con las realizadas en el laboratorio. Y en la construcción de diagramas de flujo de los procedimientos a seguir para cada metodología en la plataforma en línea "Lucidchart".
- Química Orgánica e Inorgánica: Para la interpretación y cálculos de las reacciones químicas que se llevaban a cabo tras el tratamiento de las muestras con el objetivo de reducir las interferencias causadas por agentes externos para el análisis de cada parámetro de calidad del agua.
- Salud y seguridad: Al estar en un medio con muchos reactivos químicos que en su mayoría son nocivos o dañinos para la salud, era necesario conocer las medidas de protección a utilizar para su manipulación, desde uso de guantes y cubrebocas hasta su aislamiento en la campana de extracción, así como también conocer aquellos que son inflamables, explosivos y dañinos para el medio ambiente para su correcto almacenamiento y disposición final.
- Síntesis y optimización de procesos: En el diseño de un programa en "Excel" para la realización de los cálculos correspondientes de acuerdo a su normativa de cada parámetro para el análisis de la calidad del agua, de una manera más precisa y eficiente.

Fuentes de Información:

- Análisis Gravimétrico*. (2016). Obtenido de https://www.uv.es/baeza/Tema_4_Análisis%20gravimétrico_2016.pdf
- Asamblea general de las Naciones Unidas. (07 de Febrero de 2014). *Decenio Internacional para la acción "El agua fuente de vida 2005-2015"*. Obtenido de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml
- Camara de Diputados de H. Congrso de la Union. (28 de Mayo de 2021). *CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Chaquea, M. Y. (2016). *Análsis Físico y Químico de la calidad del Agua*. Bogota: USTA.
- Comision Nacional del Agua. (Marzo de 2006). *El agua en Mexico*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/el-agua-en-mexico.pdf>
- Comision Nacional del Agua. (Diciembre de 2014). *EL DERECHO HUMANO AL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO*. Obtenido de <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-08/Derecho-Humano-Agua-PS.pdf>
- CONAGUA, D. t. (2020). *Direccion tecnica de la CONAGUA OCFS*.
- Congreso del Estado de Chiapas. (s.f.). *Decreto por el que se reforma la denominacion y el Contenido del decreto por el que se crea el Instituto Estatal del Agua*. Obtenido de Iniciativa-0260: http://www.congresochiapas.gob.mx/new/Info-Parlamentaria/iniciativas/INIC_0260.pdf?v=MQ==
- Danahé, S. J. (04 de Febrero de 2016). Obtenido de Cero gradoscelsius: <https://0grados.com/la-bomba-del-vacio/>
- Díaz, N. A. (2014). *Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. Obtenido de Departamento de Bioquímica y Biología Molecular.: https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf
- DIRECCIÓN DEL ÁREA DE PREVENCIÓN. (Marzo de 2022). *Boletín Epidemiologico Marzo 2022*. Obtenido de https://www.issea.gob.mx/Docs/Boletines%20Epidemiologia/Panoramas%202022/Boletin%20Epidemiologico_Marzo%202022.pdf
- EACTC-LAB. (s.f.). *Procedimiento práctico para realizar diluciones*. Obtenido de <https://reactlab.com.ec/wp-content/uploads/2022/04/Proceso-Dilucion-B12-1.pdf>
- Embudo de decantacion*. (25 de Noviembre de 2022). Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Embudo_de_decantación

- Gutierrez, J. E. (2005). *Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio*. Whashington D.C: Biblioteca Sede OPS.
- L. Erdey. (1965). *Gravimetric analysis*. Oxford: Pergamon Press. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33952/Capitulo2Analisisgravimetrico2016MyriamChacon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- M., R. H. (s.f.). *Gotero*. Obtenido de GuateQuimica: <http://guatequimica.com/bootstrap/pages/eqlab/gotero.html>
- NMX-AA-007-SCFI-2013. (s.f.). *ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA* . Obtenido de Diario Oficial de la Federacion: http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa007-2014_01.pdf
- NMX-AA-008-SCFI-2016. (s.f.). *ANÁLISIS DE AGUA.- MEDICIÓN DEL pH EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.- MÉTODO DE PRUEBA*. Obtenido de Diario Oficial de la Federacion: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166767/NMX-AA-008-SCFI-2016.pdf>
- NMX-AA-029-SCFI-2001. (2001). *ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA*. Obtenido de Diario Oficial de la Federacion.: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166773/NMX-AA-029-SCFI-2001.pdf>
- NMX-AA-034-SCFI-2015. (s.f.). *ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA* . Obtenido de Diario Oficial de la Federacion: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>
- NMX-AA-038-SCFI-2001. (s.f.). *ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA* . Obtenido de Diario Oficial de la Federacion: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166777/NMX-AA-038-SCFI-2001.pdf>
- NMX-AA-039-SCFI-2001. (s.f.). *ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM) EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA*. Obtenido de Diario Oficial de la Federacion: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166779/NMX-AA-039-SCFI-2001.pdf>
- NMX-AA-072-SCFI-2001. (2001). *ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA*. Obtenido de Diario Oficial de la Federacion: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166788/NMX-AA-072-SCFI-2001.pdf>

- NMX-AA-073-SCFI-2001. (2001). *ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE CLORUROS*. Obtenido de Diario Oficial de la Federacion:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166789/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>
- NMX-AA-074-SCFI-2014. (s.f.). *ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DEL ION SULFATO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA*. Obtenido de Diario de la Federacion: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166149/nmx-aa-074-scfi-2014.pdf>
- NMX-AA-079-SCFI-2001. (2001). *ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN*. Obtenido de Diario Oficial de la Federacion:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166794/NMX-AA-079-SCFI-2001.pdf>
- NMX-AA-099-SCFI-2006. (2006). *ANÁLISIS DE AGUA – DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO DE NITRITOS EN AGUAS NATURALES Y RESIDUALES*. Obtenido de Biblioteca de SEMARNAT:
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/DO3046.pdf>
- NOM-014-SSA1-1993. (27 de Abril de 1994). *NORMA OFICIAL MEXICANA. "PROCEDIMIENTOS SANITARIOS PARA EL MUESTREO DE AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PUBLICOS Y PRIVADOS"*. Obtenido de Diario Oficial de la Federacion:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4691189&fecha=27/04/1994#gsc.tab=0
- Organizacion de las Naciones Unidas. (21 de Marzo de 2022). *Agua para consumo humano*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=Todas%20las%20personas%20tienen%20derecho,para%20uso%20personal%20y%20doméstico.>
- Pinza de laboratorio 3 dedos*. (s.f.). Obtenido de CIS-LAB: <https://www.cislab.mx/p/pinza-de-laboratorio-3-dedos/>
- Reyes, C. L. (s.f.). *Guia: Materiales de laboratorio*. Obtenido de http://alexanderriosa.ucoz.es/LABORATORIO/MATERIALES_LABORATORIO2.pdf
- Rivas, M. V. (13 de Julio de 2020). *La propipeta*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/469021998/LA-PROPIPETA>
- Rodolfo. (15 de Marzo de 2015). *Laboratirio De Volumetria Quimica Analitica E Instrumental*. Obtenido de <https://www.clubensayos.com/Ciencia/Laboratirio-De-Volumetria-Quimica-Analitica-E-Instrumental/2391525.html>
- Romero, C. A. (2009). *Material de laboratorio*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA:
<http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/CUADERNOS%20DE%20CATEDRA/cesar%20Romero/MATERIAL%20DE%20%20LABORATORIO%20II%202009-04.pdf>

SCHC-OHSA Alliance. (s.f.). *Sistema Globalmente Armonizado (GHS) de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos*. Obtenido de alliance:
https://schc.memberclicks.net/assets/docs/ghs_info_sheets/es/schc_ghs_fs1_pictograms.es-us-final.pdf

SubSecretaria de Prevencion y Promocion de Salud. (2022). *Programa de prevención de enfermedades diarreicas agudas y cólera*. Obtenido de
<https://slp.gob.mx/ssalud/Paginas/Programas%20Epidemiológicos/Prevención-de-enfermedades-diarreicas-agudas-y-cólera.aspx>

Termometro de Mercurio. (16 de Noviembre de 2022). Obtenido de Wikipedia:
https://es.wikipedia.org/wiki/Termómetro_de_mercurio

UDCA. (s.f.). *MANUAL DE MANEJO DE REACTIVOS*. Obtenido de LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y DIAGNOSTICO:
<https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4192/Manual.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

UNILLANOS. (15 de 02 de 2013). *PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA POTABLE*. Obtenido de <https://sig.unillanos.edu.co/phocadownloadpap/PD-GAA-73%20PROCEDIMIENTO%20DE%20ANALISIS%20FISICOQUIMICO%20DE%20AGUA%20POTABLE.pdf>

Universidad de la Salle. (s.f.). *Manejo de reactivos quimicos, Tips de seguridad*. Obtenido de Doc Player: <https://docplayer.es/11857961-Manejo-de-reactivos-quimicos-tips-de-seguridad.html>

Vázquez, M. V. (s.f.). *Química Analítica I, Análisis volumétrico: fundamentos*. Obtenido de Academia. Education:
https://www.academia.edu/31686126/Química_Analítica_I_Análisis_volumétrico_fundamentos_at_BULLET

ANEXO 1:

Límites permisibles de calidad de agua, límites de características microbiológicas, tomado de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".

TABLA 1

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos termotolerantes	Ausencia o no detectables

ANEXO 2:

Límites permisibles de calidad de agua, límites de características físicas y organolépticas, tomado de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".

TABLA 2

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

ANEXO 3:

Límites permisibles de calidad de agua, límites de características químicas, tomado de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".

TABLA 3

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN-)	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl-)	250,00
Cobre	2,00
Cromo total	0,05
Dureza total (como CaCO ₃)	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F-)	1,50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrin y dieldrin (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 - D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como SO ₄ =)	400,00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00

***Nota 1.** Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

***Nota 2.** El límite permisible para arsénico se ajustará anualmente, de conformidad con la siguiente tabla de cumplimiento gradual:

ANEXO 4:

INVENTARIO DE LOS REACTIVOS LIQUIDOS EN EL LABORATORIO DEL INESA:

No	REACTIVO	Volumen (ml)	FORMULA	FRASCOS
1	Ácido Sulfúrico	2500	H ₂ SO ₄	16
2	1-Propanol	1000	C ₃ H ₈ O	1
3	2-Propanol	1000	CH ₃ CHOHCH ₃	1
4	Acetona	1000	(CH ₃) ₂ CO	1
5	Ácido acético glacial	500	CH ₃ COOH	2
6	Ácido acético glacial	2500	CH ₃ COOH	4
7	Ácido Clorhídrico	2500	HCl	4
8	Ácido Clorhídrico	1000	HCl	9
9	Ácido nítrico	2500	HNO ₃	1
10	Ácido nítrico (70%)	1000	HNO ₃	2
11	Ácido perclórico	500	HClO ₄	1
12	Alcohol Etílico 96° G.L.	20000	C ₂ H ₅ OH	5
13	Alcohol etílico absoluto	500	C ₂ H ₅ OH	2
14	Alcohol etílico absoluto	1000	C ₂ H ₅ OH	1
15	Alcohol isobutilico	3400	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	3
16	Alcohol isopropilico	950	CH ₃ CHOHCH ₃	2
17	Alcohol isopropilico	1000	CH ₃ CHOHCH ₃	1
18	Carbonato de Calcio	1000	CaCO ₃	2
19	Cloroformo	500	CHCl ₃	2
20	Cloroformo	4000	CHCl ₃	5
21	Éter de petróleo	950	-	3
22	Éter Etílico Anhidro	950	(CH ₃ CH ₂) ₂ O	5
23	Fenol	500	C ₆ H ₆ O	1
24	Glicerina	500	C ₃ H ₈ O ₃	1
25	Glicerol, Anhidro	1000	HOCH ₂ CHOHCH ₂ OH	5
26	Glucosa	1000	C ₆ H ₁₂ O ₆	2
27	Hexanos	1000	C ₆ H ₁₄	4
28	Hidróxido de amonio	1000	NH ₄ OH	1
29	Hidróxido de amonio	2500	NH ₄ OH	2
30	Lugol	500	KI	1
31	Metanol	3400	CH ₃ OH	2
32	Peróxido de Hidrogeno (30%)	500	H ₂ O ₂	3
33	Tolueno	950	C ₆ H ₆ CH ₃	3
34	Yodo lugol concentrado	1000	KI	1

ANEXO 5:
INVENTARIO DE LOS REACTIVOS SOLIDOS EN EL LABORATORIO DEL INESA:

No	REACTIVO	PRESENTACION	GRAMAJE (g)	FORMULA	FRASCOS
1	Acetato de Amonio	Cristales	500	CH3COONH4	2
2	Acetato de Sodio	Polvo	500	CH3COONa	1
3	Acetato de Sodio trihidratado	Cristales	500	CH3COONa*3H2O	1
4	Ácido bórico	Cristales	500	H3BO3	1
5	Ácido bórico	Granular	500	H3BO4	3
6	Ácido fosto-molibdico	Cristales	250	H3PMo12O40*nH2O	2
7	Ácido Glutámico	Polvo	100	C5H9NO4	1
8	Ácido Prosolico	Polvo	10	C19H14O3	1
9	Ácido Sulfanilico	Polvo	500	C6H7NO3S	1
10	Ácido Sulfanilico	Granular	500	C6H7NO3S	1
11	Ácido Sulfanilico	Polvo	100	C6H7NO3S	1
12	Almidón	Polvo	500	C6H10O5	1
13	Almidón soluble	Polvo	100	C6H10O5	1
14	Anaranjado de metilo	Polvo	2	C14H14N3NaO3S	1
15	Azida de sodio	Granular	500	NaN3	1
16	Azida de sodio	Cristales	500	NaN3	1
17	Aziuro de Sodio	Polvo	100	NaN3	1
18	Azul de Bromofenol	Polvo	5	C19H10Br4O5S	4
19	Azul de metileno	Polvo	25	C16H18N3SCl*3*H2O	7
20	Azul de Timol	Polvo	5	C27H30O5S	1
21	Benzoato de Sodio	Polvo	500	C6H5COONa	1
22	Bicarbonato de Sodio	Polvo	500	NaHCO3	1
23	Biftalato de Potasio	Cristales	500	HOCOC6H4COOK	1
24	Bisulfato de Sodio Monohidratado	Cristales	100	NaHSO4*H2O	3
25	Borato de Sodio, 10-Hidrato	Cristales	500	Na2B4O7*10H2O	3
26	Carbón vegetal activado	Polvo	500	C	1
27	Carbonato de Calcio	Polvo	75	CaCO3	1
28	Carbonato de Plomo	Polvo	500	PbCO3	1
29	Carbonato de Sodio	Polvo	500	Na2CO3	1
30	Cianuro de Sodio	Granular	500	NaCN	1
31	Clorhidrato de Hidroxilamina	Cristales	25	NH2OH*HCl	1
32	Clorhidrato de Hidroxilamina	Cristales	500	NH2OH-HCl	1
33	Cloruro Cúprico	Cristales	500	CuCl2*2H2O	1
34	Cloruro de Amonio	Cristales	500	NH4Cl	1
35	Cloruro de Bario	Polvo	100	BaCl2	1
36	Cloruro de Bario Dihidratado	Cristales	125	BaCl2H2O	1
37	Cloruro de Calcio	Granular	500	CaCl2	1
38	Cloruro de Calcio	Granular (4-8 mallas)	500	CaCl3	2
39	Cloruro de Calcio Anhidro	Granular (malla 20)	500	CaCl4	1
40	Cloruro de Cobalto	Granular	50	CoCl2	1
41	Cloruro de Estaño	Cristales	500	SnCl2	1

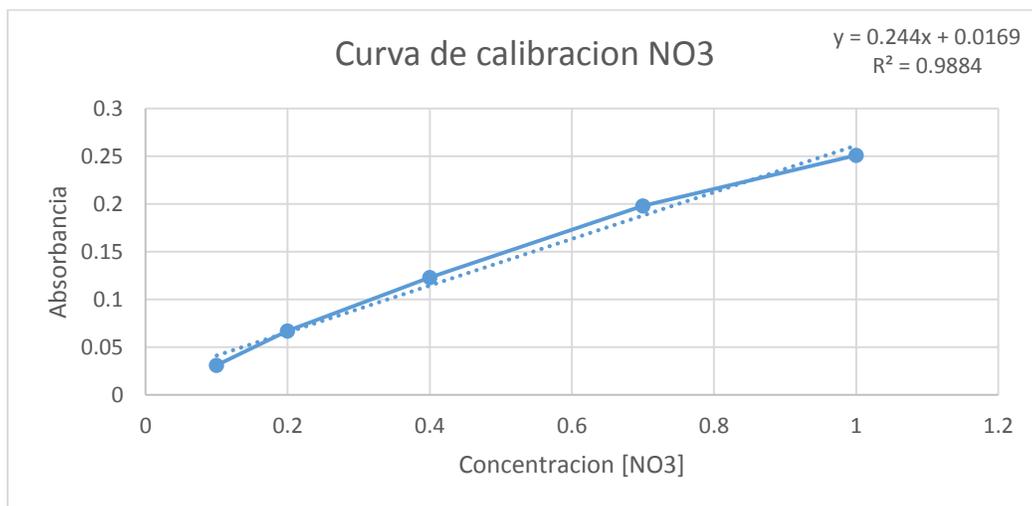
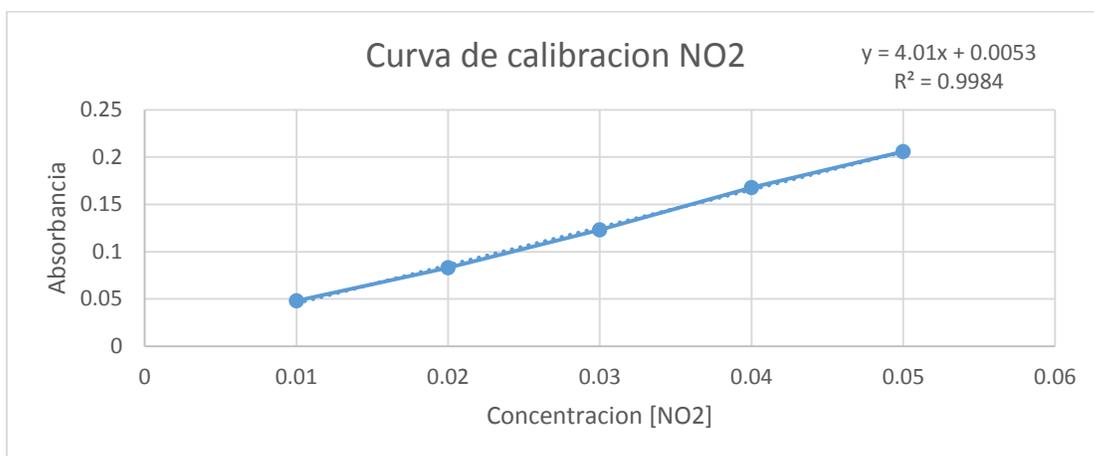
42	Cloruro de Litio	Granular	250	LiCl	1
43	Cloruro de Magnesio Hexahidratado	Cristales	500	MgCl*6H2O	2
44	Cloruro de Potasio	Cristales	500	KCl	1
45	Cloruro de Sodio	Cristales	500	NaCl	1
46	Cloruro Estanoso Dihidratado	Cristales	500	SnCl2*2H2O	2
47	Cloruro Férrico	Polvo	500	FeCl3*6H2O	1
48	Cloruro Manganoso	Cristales	500	MnCl2*4H2O	1
49	Cloruro Mercúrico	Cristales	500	HgCl2	1
50	Cromato de Potasio	Cristales	500	KCrO4	3
51	Dicromato de potasio	Cristales	500	K2Cr2O7	4
52	Dicromato de potasio	Cristales	2500	K2Cr2O7	3
53	Dicromato de potasio	Cristales	500	K2Cr2O7	1
54	Ditizona	Polvo	5	C13H12N4S	1
55	Dodecilbenzeno sulfonato sódico	Polvo	500	C18H29Na3S	1
56	EDTA	Escamas	500	C10H14N2Na2O8*2H2O	1
57	EDTA- Dihidratado	Cristal	500	C10H14N2Na2O8*2H2O	1
58	Eosina amarillenta	Polvo	25	C20H8Br4O5	2
59	Fenantrolina	Agujas	5	C12H8N2*H2O	4
60	Fenantrolina	Cristales	5	C12H8N2*H2O	1
61	Fenantrolina monohidratada	Polvo	10	C12H8N2*H2O	4
62	Fenoltaleína	Polvo	500	C20H14O4	1
63	Fenoltaleína	Polvo	25	C20H14O4	2
64	Ferrocianuro de Potasio	Cristales	500	K3Fe(CN)8	1
65	Fluoruro de Sodio	Polvo	500	NaF	1
66	Fosfato de Potasio Dibasico	Polvo	500	KH2PO4	1
67	Fosfato de Potasio Dibasico	Polvo	500	KH2PO4	1
68	Fosfato de Potasio Dibasico Anhídrido	Polvo	500	KH2PO4	1
69	Fosfato de Potasio Monobásico	Cristales	500	KH2PO4	1
70	Fosfato de Potasio Monobásico	Cristales fino	500	KH2PO4	2
71	Fosfato de Sodio 7-Hidrato	Cristales	500	Na2HPO4*7H2O	2
72	Fosfato de Sodio Dibasico	Cristales	500	Na2HPO4*7H2O	1
73	Fosfato de Sodio Dibasico	Cristales	500	Na2HPO4	2
74	Fosfato de Sodio Dibasico, 12-Hidrato	Cristales	500	Na2HPO4*12H2O	2
75	Fosfato de Sodio Monobásico Monohidratado	Cristales	500	Na2HPO4*H2O	3
76	Fucsina basica	Polvo	25	C20H20ClN3	1
77	Hidróxido de Bario	Cristales	500	Ba(OH)2*BH2O	1
78	Hidróxido de Calcio	Polvo	500	Ca(OH)2	1
79	Hidróxido de Potasio	lentejas	500	KOH	2
80	Hidróxido de Sodio	Escamas	500	NaOH	2
81	Hidróxido de Sodio	Lentejas	500	NaOH	2
82	Molibdato de Amonio	Cristales	500	(NH4)6Mo7O24	1
83	Molibdato de Amonio	Cristales	500	(NH4)6Mo7O24	2
84	Molibdato de Amonio tetrahidratado	Cristales	500	(NH4)6Mo7O24*4H2O	2
85	Murexida	Cristales	5	C8H8N6O	1

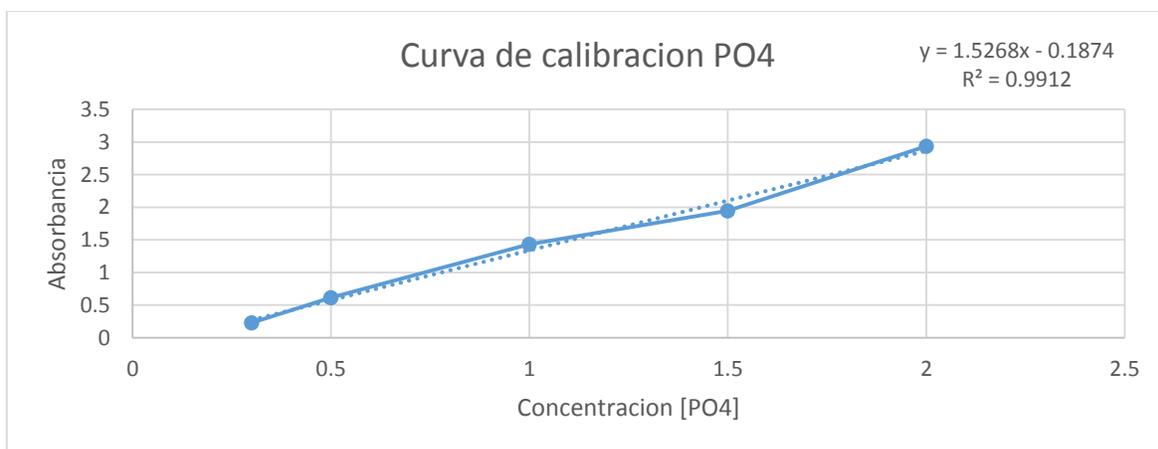
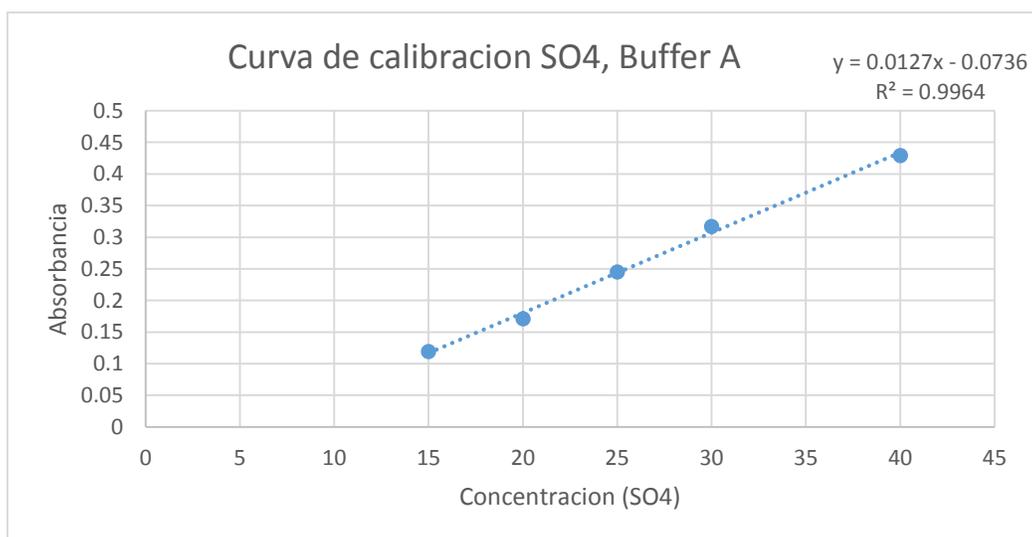
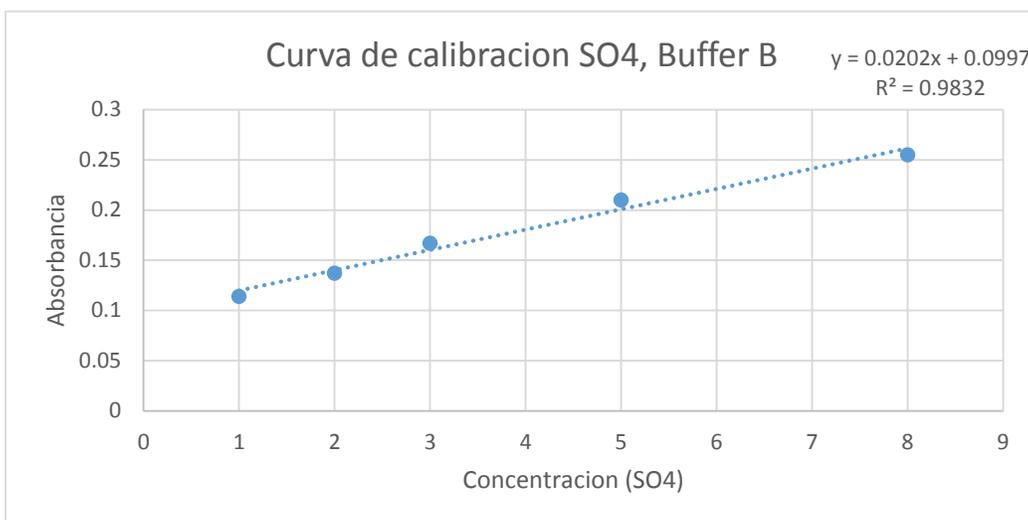
86	Murexida anhidra	Polvo	10	C8H8N6O	2
87	n-(1-naftil) etildiamina diclorhidrato	Polvo	100	C12H16Cl2N2	2
88	Naranja de metilo	Polvo	10	C14H14N3NaO3S	3
89	Naranja de metilo	Polvo	30	C14H14N3NaO3S	1
90	Negro de Eriocromo T	Polvo	10	C20H12N3O7SNa	2
91	Negro de Eriocromo T	Polvo	50	C20H12N3O7SNa	1
92	Negro de Eriocromo T	Polvo	100	C20H12N3O7SNa	1
93	Nitrato de Amonio	Cristales	500	NH4NO3	1
94	Nitrato de Plata	Polvo	50	AgNO3	1
95	Nitrato de Plata	Polvo	100	AgNO3	3
96	Nitrato de Potasio	Cristales	500	KNO3	1
97	Nitrito de Sodio	Cristales	500	NaNO2	1
98	Oxalato de amonio	Cristales	500	(COONH4)2*H2O	1
99	Oxalato de Potasio	Polvo	500	(COOK)2*H2O	1
100	Oxalato de Sodio	Polvo	50	N2C2O4	1
101	Oxalato de Sodio	Polvo	25	N2C2O4	2
102	Oxido de Mercurio rojo	Polvo	50	HgO	1
103	Oxido de Mercurio rojo	Polvo	500	HgO	1
104	Permanganato de Potasio	Cristales	500	KMnO4	1
105	Persulfato de amonio	Cristales	500	(NH4)2S2O8	4
106	Persulfato de potasio	Cristales	500	K2S2O8	1
107	Rojo de metilo	Polvo	25	C15H14N3O2Na	2
108	Rojo neutro	Polvo	25	C15H17ClN4	2
109	Silica gel con indicador	Granular	500	SiO2*n-H2O	1
110	Sulfanilamida	Cristales	500	C6H8N2O2S	1
111	Sulfanilamida	Polvo	100	C6H8N2O2S	1
112	Sulfato cúprico	Cristales	500	CuSO4*5H2O	1
113	Sulfato Cúprico Anhidrido	Polvo	500	CuSO4	1
114	Sulfato de Aluminio y Potasio	Cristales	500	AlK(SO4)2*12H2O	1
115	Sulfato de Aluminio, 18-hidrato	Polvo	500	Al2(SO4)3*18H2O	1
116	Sulfato de Aluminio, 18-hidrato	Cristales	500	Al2(SO4)3*18H2O	1
117	Sulfato de amonio	Granular	500	(NH4)2SO4	1
118	Sulfato de Brucina Heptahidratado	Polvo	25	(C23H26N2O4)2*H2CO4*7H2O	5
119	Sulfato de Calcio	Cristales	250	CaSO4*2H2O	2
120	Sulfato de Magnesio Heptahidratado	Cristales	500	MgSO4*7H2O	4
121	Sulfato de mercurio	Cristales	500	HgSO4	1
122	Sulfato de mercurio	Polvo	500	HgSO4	1
123	Sulfato de Plata	Cristales	100	Ag2SO4	1
124	Sulfato de Plata	Polvo	100	Ag2SO4	3
125	Sulfato de Potasio	Polvo	2500	K2SO4	1
126	Sulfato de Sodio Anhidrido	Granular	500	Na2SO4	2
127	Sulfato de Zinc	Cristales	500	ZnSO4*7H2O	2
128	Sulfato Férrico	Polvo	500	Fe2(SO4)3*nH2O	1
129	Sulfato Ferroso Amoniacal 6-hidrato	Cristales	500	Fe(NH4)2(SO4)2*6H2O	1
130	Sulfato Ferroso, 6-hidrato	Granular	500	Fe(NH4)2(SO4)2*6H2O	2
131	Sulfato Ferroso, 7-hidrato	Granular	500	Fe(NH4)2(SO4)2*7H2O	1

132	Sulfato Manganoso	Polvo	500	MnSO4*H2O	2
133	Sulfato mercúrico	Cristales	125	HgSO4	1
134	Sulfito de Sodio	Cristales	500	Na2SO3	2
135	Tierra Diatómacea	Polvo	500	SiO2	2
136	Tiosulfato de Sodio	Cristales	500	Na2S2O3*5H2O	2
137	Violeta de genciana	Polvo	25	C24H28N3Cl	2
138	Yodo Sublimado	Polvo	100	I2	3
139	Yoduro de potasio	Granular	500	KI	1
140	Yoduro de potasio	Cristales	500	KI	1
141	Yoduro de Sodio	Cristal	500	NaI	1
142	Yoduro Mercúrico	Polvo	250	HgI2	1

ANEXO 6:

CURVA DE CALIBRACION DE METODOS ESPECTROFOTOMETRICOS:





ANEXO 7:

ESQUEMAS DE MATERIALES Y REACTIVOS, MUESTREO Y DIAGRAMA DE FLUJO CONFORME A LAS NMX EMPLEADOS EN ESTE PROYECTO:

DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA. NMX-AA-079-SCFI-2001

Equipos y materiales:

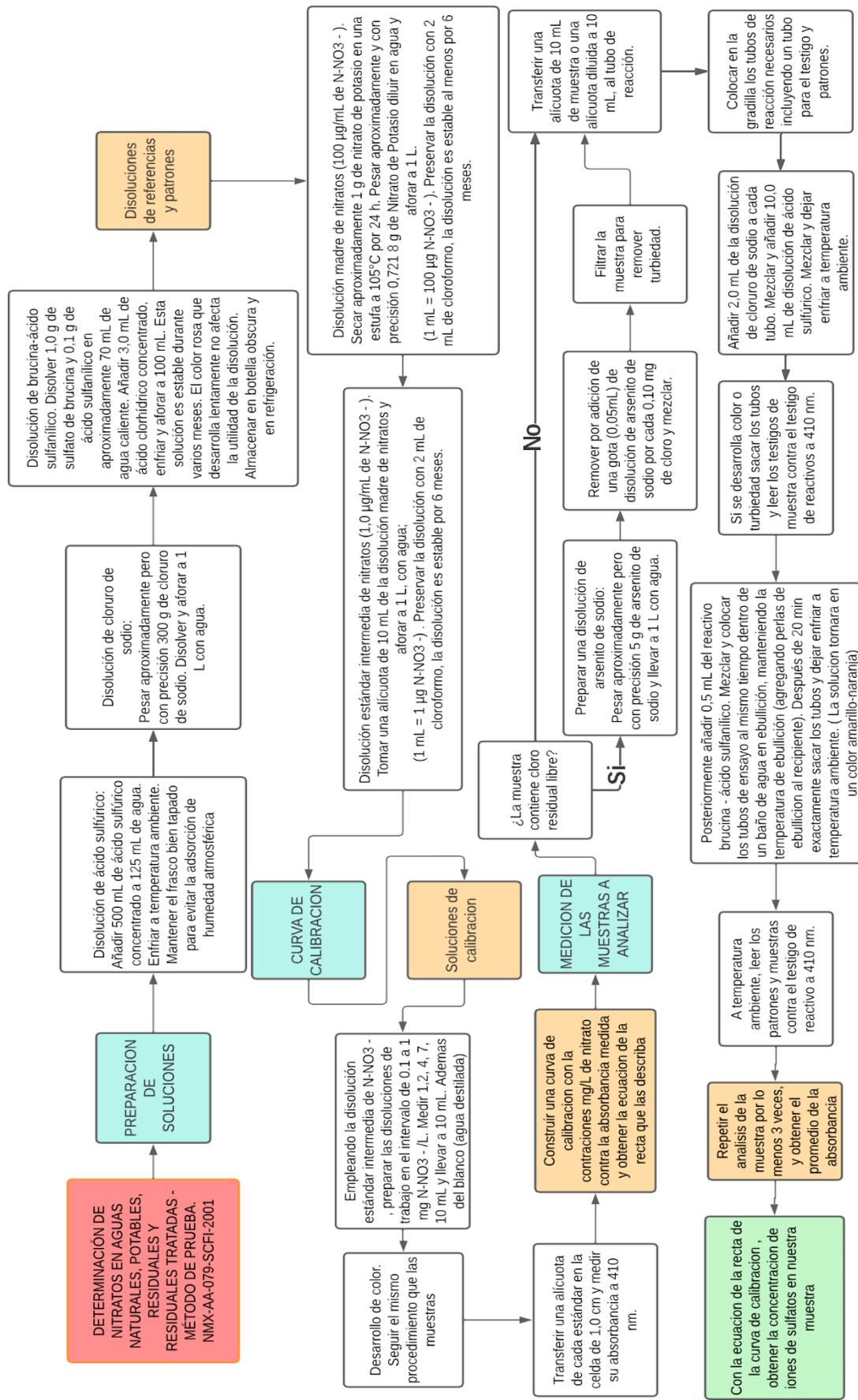
- ✓ Baño de agua con agitación para mantener temperatura de ebullición del agua.
- ✓ Balanza analítica con precisión de 0.1 mg
 - Probeta 500 ml.
 - Probeta de 100 ml
 - Espátula.
 - Vidrio de reloj
 - Vaso de precipitado de 250 ml.
 - Frasco de vidrio color ámbar 100 ml.
 - Frasco de vidrio con tapa. 1L
 - Gotero
 - Gradilla
 - Vaso de precipitado 1 L
- ✓ Espectrofotómetro. Disponible para utilizarse de 190 nm a 900 nm y equipado con celdas de 5 cm y/o 1 cm de paso óptico de luz.
- ✓ Horno eléctrico con capacidad de llegar a 105 °C por 24 hrs.
- ✓ Parrilla eléctrica.
 - 3 Matraz volumétrico 1 L.
 - 2 Pipeta volumétrica 1 ml
 - 3 Pipeta volumétrica 2 ml
 - Pipeta volumétrica 5 ml
 - 2 Pipeta volumétrica 10 ml
 - 9 tubos de ensayo de 10 ml
 - Pipeta graduada 1 ml
 - Termómetro

Reactivos:

- ✓ Agua de características: a) Resistividad, megohm-cm a 25°C: 0,2 min; b) Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C: 5,0 Máx. y c) pH: 5,0 a 8,0.
- Nitrato de potasio (KNO_3)
- Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- Arsenito de sodio (NaAsO_2)
- Ácido clorhídrico (HCl).
- Ácido sulfanílico ($\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$)
- Cloruro de sodio (NaCl)
- Sulfato de brucina [$(\text{C}_{23}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{O}_4)_2 \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$]

Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Recolectar 500 ml de muestra en frascos de vidrio o polietileno.
- Si la muestra presenta turbiedad, filtrarlas a través de un filtro de 0,45 μm .
- Los análisis deben realizarse lo más pronto posible. Se puede almacenar **hasta por 48 h** a 4°C. Para un periodo mayor, preservar con 2 mL de ácido sulfúrico/L y almacenar a 4°C. Sin embargo cuando la muestra es preservada con ácido, no es posible determinar nitritos y nitratos individualmente.



DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM) EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA. NMX-AA-039-SCFI-2001

Equipos y materiales:

- ✓ Balanza analítica con precisión de 0.1 mg.
- ✓ Espectrofotómetro. Disponible para utilizarse de 190 nm a 900 nm y equipado con celdas de 1 cm de paso óptico de luz.
- Probeta 250 ml
- Vaso volumétrico 100 ml
- 2 Vaso de precipitado 250 ml
- 6 Embudo de separación 500 ml
- Probeta 500 ml
- 3 Probeta 100 ml
- 3 Pipeta volumétrica 10 ml
- 2 Pipeta Volumétrica 20 ml
- 4 Pipeta Volumétrica 25 ml
- 2 Gotero
- Espátula
- 5 Matraz Volumétrico 100 ml
- Vidrio de reloj
- 5 Matraz volumétrico 1L

***Todo el material volumétrico utilizado en este procedimiento debe ser clase A con certificado o en su caso debe estar calibrado.**

*** Todo el material de vidrio que es usado para la determinación de SAAM debe estar libre de rayaduras y marcas de corrosión dada la tendencia de las superficies activas de los materiales a adsorber este tipo de sustancias.** (El material debe ser lavado con estrán o tensoactivos que no interfieran en la prueba.)

Reactivos:

- ✓ Agua de características: a) Resistividad, megohm-cm a 25°C: 0,2 min; b) Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C: 5,0 Máx. y c) pH: 5,0 a 8,0.
- Cloroformo (CHCl_3)
- Sulfonato de alquilbenceno lineal (SAL)
- Azul de metileno
- Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- Fosfato de sodio dihidrogenado monohidratado ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- Fenolftaleína
- Fibra de vidrio. Prelavada con cloroformo
- Alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)

Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Debe tomarse un mínimo de 600 mL de muestra en un envase de polietileno. Pueden utilizarse muestras compuestas o simples.
- Debe preservarse la muestra con ácido sulfúrico concentrado hasta obtener un pH igual a 2. Posteriormente mantener a 4°C hasta su análisis.
- El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 1 semana.

MEDICIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS– MÉTODO DE PRUEBA. NMX-AA-034-SCFI-2015

Equipos y materiales:

- ✓ Horno de secado capaz de mantener una temperatura de $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- ✓ Equipo de filtración al vacío.
- ✓ Balanza analítica con precisión de 0.1 mg
- ✓ Parrilla de calentamiento.
- Pinzas para cápsula y/o crisol.
- Cápsulas de evaporación (porcelana, níquel o platino), del tamaño acorde al volumen de la muestra.
- Desecador, provisto con un desecante o con control de humedad.
- Filtro de fibra de vidrio. Los filtros deberán ser circulares, con una porosidad de $1,5\ \mu\text{m}$ y del diámetro correspondiente para adaptarse perfectamente en el dispositivo de filtrado.
- Soporte de secado: charola de aluminio o Crisol Gooch.
- Dispositivo de filtración o Crisol Gooch
- Probeta (250 ml).

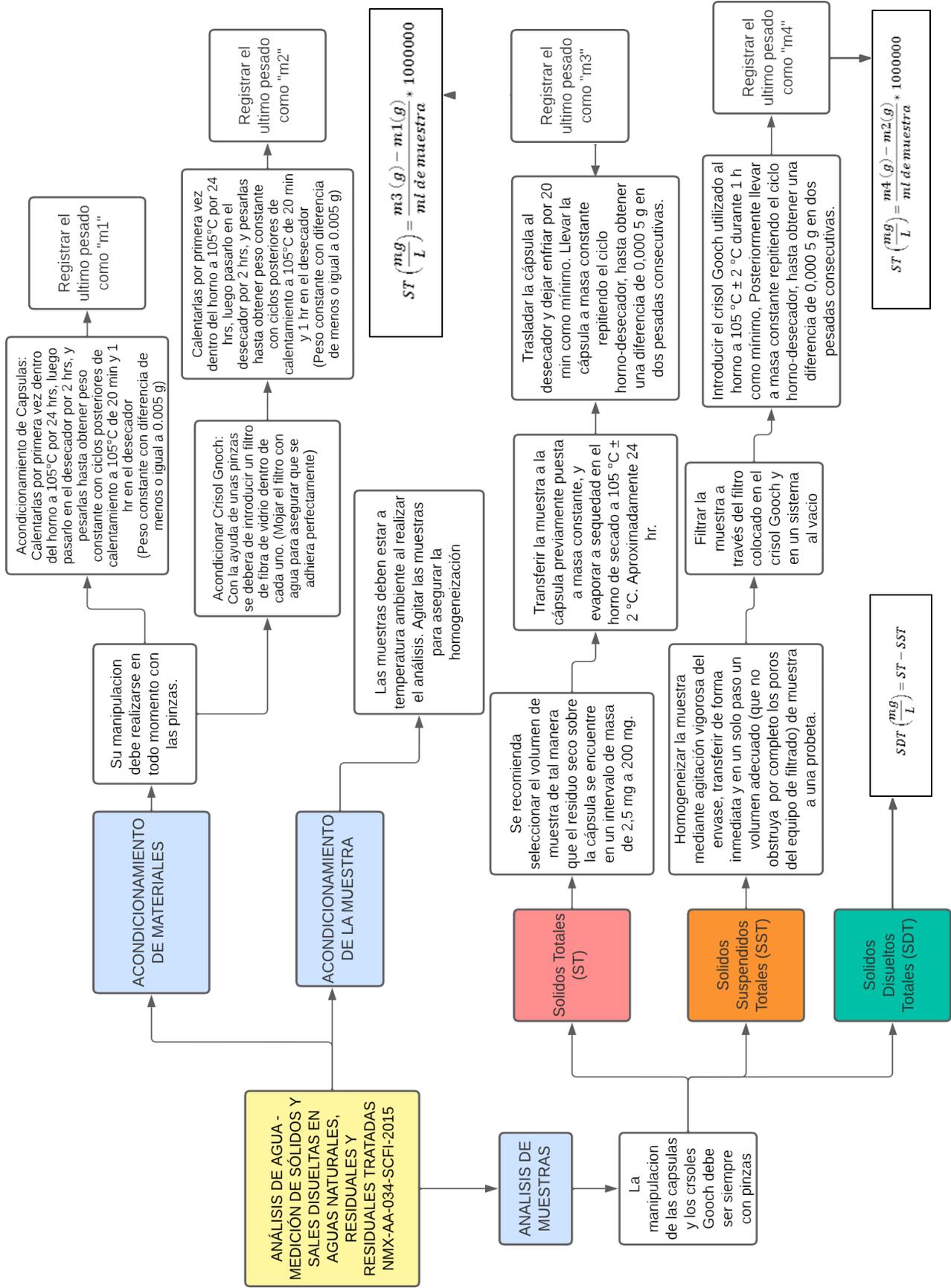
Reactivos:

- ✓ Agua: Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características: Conductividad, $5\ \mu\text{S/cm}$ a 25°C : y pH: 5,0 a 8,0.

*Todos los productos químicos usados en este método deben ser grado reactivo, a menos que se indique otro grado.

Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 7 días y almacenarlas a una temperatura de $4\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- Al menos recolectar un mínimo de 600 ml de muestra en envases de plástico o vidrio y taparse inmediatamente después de la recolecta. Pueden utilizarse muestras compuestas o simples. Evitar llenar los recipientes completamente (hasta el borde) para permitir eficientemente la homogenización por medio de la agitación.



MEDICIÓN DEL ION SULFATO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA. NMX-AA-074-SCFI-2014.

Equipos y materiales:

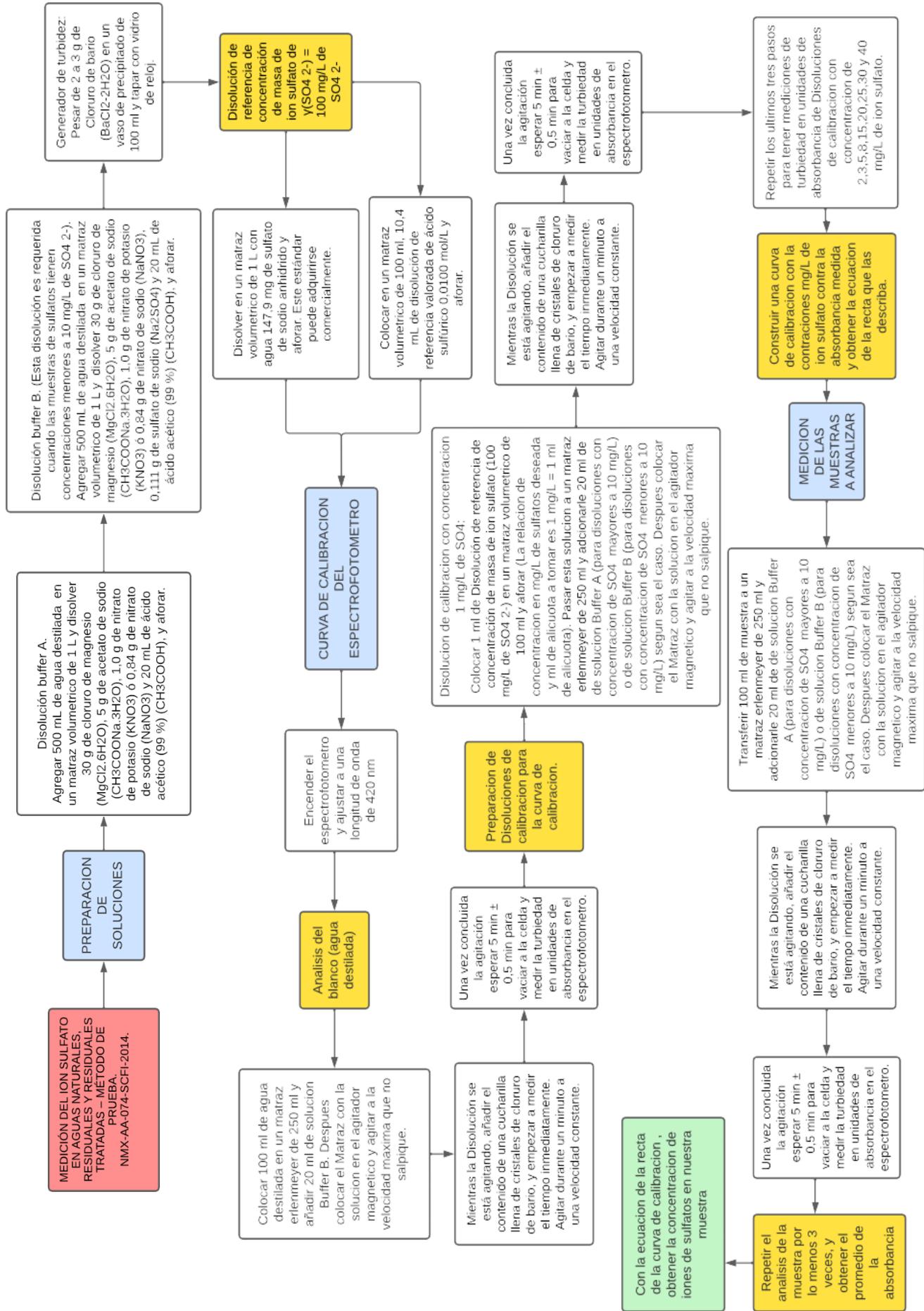
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Espectrofotómetro, para utilizarse a 420 nm, y equipado con celdas de 1 cm o mayor de paso óptico de luz.
- ✓ Balanza analítica con precisión de 0.1 mg
- ✓ Cronometro.
- Espátula.
- Vidrio de reloj
- Pipeta graduada 10 ml
- 11 Matraz Erlenmeyer 250 ml
- Probeta 500 ml
- 2 vaso de precipitado 100 ml
- Propipeta
- 3 Matraz volumétrico 1 L
- 11 Matraz volumétrico 100 ml
- Pipeta volumétrica 1 ml
- Pipeta volumétrica 5 ml
- Pipeta volumétrica 10 ml
- Pipeta volumétrica 20 ml

Reactivos:

- ✓ Agua: Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características: Conductividad, 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C: y pH: 5,0 a 8,0.
- Cloruro de Magnesio hexahidratado ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- Acetato de sodio Trihidratado ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- Nitrato de Potasio (KNO_3) o nitrato de Sodio (NaNO_3)
- Ácido Acético al 99% (CH_3COOH)
- Sulfato de Sodio (Na_2SO_4)
- Cloruro de Bario ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- Sulfato de Sodio anhídrido o Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)

Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Tomar la muestra en frascos de plástico o de vidrio. Tomar un volumen mínimo de 200 mL.
- Todas las muestras deben refrigerarse a una temperatura de $4\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ hasta su análisis.
- Conservando la muestra en refrigeración puede mantenerse hasta **28 días.**



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

Equipos y materiales:

- ✓ Parrilla eléctrica
- ✓ Ph-metro
- ✓ Balanza analítica con precisión de 0.1 mg
- Espátula.
- Pipeta volumétrica 20 ml
- 3 Pipeta volumétrica 1 ml
- 2 Matraz volumétrico 100 ml
- Embudo.
- Matraz Erlenmeyer 500 ml
- 6 Matraz Erlenmeyer 250 ml
- Pipeta volumétrica 10 ml
- Matraz volumétrico 50 ml
- 3 Matraz volumétrico 1 L
- Probeta 100 ml

Reactivos:

- ✓ Agua: Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características: Resistividad, megohm-cm a 25°C: 0,2 min; Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C: 5,0 Máx. y pH: 5,0 a 8,0.
- Amoniaco concentrado (NH_3)
- Sal de Magnesio de EDTA
- Sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Indicador de negro de eriocromo T
- Rojo de metilo
- Carbonato de calcio anhidro (CaCO_3)
- Ácido clorhídrico concentrado (HCl)
- Cloruro de sodio (NaCl)
- Ácido nítrico (HNO_3) “Solo en caso de que las muestras tengan partículas o materia orgánica”
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) “Solo en caso de que las muestras tengan partículas o materia orgánica”

Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

- Recolectar un volumen de muestra, homogéneo y representativo, de aproximadamente 400 mL en un frasco de polietileno o vidrio de borosilicato. Pueden utilizarse muestras simples y/o compuestas.
- Acidificar la muestra con ácido nítrico hasta pH 2 o menor inmediatamente después de la recolección. Normalmente 2 mL/L son suficientes.
- Mantener la muestra en refrigeración a 4°C hasta el momento del análisis. El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis recomendado es de **seis meses**.

