

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

**“EVALUAR LA MEZCLA DE AGUAS; PLUVIAL Y
PROVENIENTE DEL RIO GRIJALVA, PARA SU
POTABILIZACIÓN Y USO EN EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE LA PLANTA NESTLÉ CHIAPA
DE CORZO, CHIAPAS”**

OPCIÓN 1

TESIS PROFESIONAL

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO BIOQUÍMICO**

QUE PRESENTA:

ANA GABRIELA SEGOVIANO SARIÑANA

DEDICATORIAS

A dios:

*Por darme la familia que tengo
y permitir que me acompañen
en este momento tal especial
de mi vida.*

A mis padres:

*Margarita Sariñana Ortiz y A. Miguel Ángel Segoviano
Chávez Les doy las gracias por apoyarme siempre y ser los
motores que me han empujado a continuar todos estos años,
también por acompañarme en los buenos y malos momentos
de mi vida y por su infinito amor, cariño, comprensión
y apoyo incondicional he podido llegar hasta este momento.*

Gracias por darme una carrera y creer en mí.

A mis hermanos:

*Gracias por estar conmigo siempre
Adriana y Miguel ustedes han sido
una parte importante en mi vida,
los amo.*

*Este trabajo se lo dedico a la gente que amo con todo mi
corazón esto es por ustedes*

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por abrirme las puertas y permitirme ser parte de la carrera Ingeniería Bioquímica, por formarme profesionalmente con espíritu de servicio a la comunidad y elevadas normas éticas; y en donde he pasado gran parte de mi vida, no me queda más que agradecerle a esta institución y ofrecerle todo mi esfuerzo para poner muy en alto su nombre en donde quiera que me encuentre.

A mi asesor de tesis:

*Al Dr. Arnulfo
Por su amistad y sus consejos,
tiempo y apoyo incondicional
en la elaboración de esta tesis*

A mis revisoras:

*QBP. Aura Flores Pérez
IBQ. Margarita Marcelín Madrigal
Por sus consejos y su valiosa
Colaboración durante la revisión
de mi tesis y su amistad brindada
la cual continuara aun cuando ya
haya egresado.*

*A mis compañeros y amigos por el tiempo que hemos
compartido y la confianza que me han dado, nunca los
olvidare.*

RESUMEN

En la actualidad la escases de agua representa una de las mayores problemáticas para el mundo, el excesivo crecimiento poblacional y el desarrollo industrial han aumentado las necesidades de consumo; la gran demanda conlleva a serios problemas por baja disponibilidad, desperdicio y contaminación del vital líquido, afectando la salud del consumidor provocando enfermedades graves. Debido a estos problemas “ Nestlé Planta Chiapa de Corzo” está contribuyendo para el uso sustentable del agua, implementando alternativas en la utilización del agua pluvial para que sea mezclada con el agua de río Grijalva de donde originalmente se extrae para el proceso industrial y consumo humano, utilizando un sistema de captación y potabilización, a través, de diferentes etapas de tratamiento de agua potable que va desde el almacenamiento, sedimentación, clarificación, filtración y cloración, para después a través de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas determinar su calidad.

En esta tesis se realizó la captación de agua pluvial mediante un sistema de recolección con el fin de mezclarla en el tanque de agua de río. A esta mezcla se le realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos para la determinar el mejor tratamiento de potabilización; en la parte de los análisis fisicoquímicos se realizaron los siguientes: dureza, alcalinidad, sólidos totales, fosfatos, sulfitos, nitratos, nitritos, sílice, así también análisis microbiológicos como coliformes totales y gérmenes, esto con el fin de evaluar la calidad del agua de la mezcla y posteriormente al agua tratada. Se obtuvieron resultados muy favorables en las muestras del agua de la mezcla ya que al mezclar el agua de río con el agua pluvial, obtenemos una disminución de componentes químicos presentes en el agua que ayudan a tener un tratamiento de potabilización menos agresivo minimizando los reactivos utilizados y con esto obtener una disminución en el costo en los químicos utilizados, los resultados del agua tratada estos estuvieron dentro de los parámetros permisibles que marca la NOM-127-SSA1-1994 para la calidad de agua potable y los Lineamientos Internacionales de la Planta Nestlé de Chiapa de Corzo (LI'S) con ello llevando a cabo el cumplimiento legal de la Planta.

Con base a los resultados obtenidos en este proyecto, se obtuvo un porcentaje del 15.8% de agua captada en un área de 3000 m² de techado en el periodo de enero a julio, minimizando la extracción de agua del río Grijalva de un 100 % a 84.2 %, lo cual es un

parámetro ambiental relevante y muy significativo de ahorro de agua, además demostrando que en los 6 meses se capturaron 3690 m³ teniendo un ahorro de \$40,294.8 en el tratamiento de potabilización, con esto es importante saber que la captación de agua pluvial es de suma importancia no sólo en viviendas, sino también en industria donde la demanda de agua es mayor para poder satisfacer su producción diaria.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II.....	12
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	12
2.1 HISTORIA DE CAPTACIÓN DE AGUA PRUVIAL	12
2.3 SITUACIÓN ACTUAL DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DEL AGUA PLUVIAL	15
2.3.1 SUDAMÉRICA.....	16
2.3.2 NORTE Y CENTROAMÉRICA	16
2.3.3 MÉXICO.....	17
2.4 DEFINICIÓN Y CLASIFICACION DE LA CAPTACIÓN PRUVIAL.....	17
2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA PLUVIAL	18
2.6 IMPORTANCIA DEL AGUA PLUVIAL.....	18
2.6.1 AGUA PLUVIAL Y LA CONTAMINACIÓN.....	19
2.6.2 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA CHIAPA DE CORZO.....	20
2.7 CARACTERISTICAS IMPORTANTES DEL AGUA PRUVIAL.....	20
2.8 CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE AGUA SUPERFICIAL Y POTABLE.....	21
2.8.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	22
2.8.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	23
2.8.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.....	26
2.8.4 NORMAS DE CALIDAD Y LÍMITES PERMISIBLES DEL AGUA POTABLE .	27
2.9.4 CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL AGUA DE PROCESO (CALDERAS).....	29
2.9.5 CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE ACUERDO A SU USO.....	32
3. METODOLOGÍA.....	33
3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN PLANTA NESTLÉ CHIAPA DE CORZO.	33
3.1.1 CAPTACIÓN DE AGUA PRUVIAL	34
3.1.2 RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN	35
3.1.3 ALMACENAMIENTO	35
3.1.4 PROCESO DE COAGULACION A TRAVÉS DE ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO.....	36
3.1.4.1 COLOR DEL AGUA.....	36

3.1.5 FILTRACIÓN.....	36
3.1.5.1 FILTROS DE ARENA.....	36
3.1.5.2 FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO	37
3.1.5.3 OLOR Y SABOR DEL AGUA	37
3.1.6 SISTEMAS DE CLORACIÓN	37
3.1.7 SUAVIZACIÓN DEL AGUA POTABLE A TRAVÉS DE SUAVIZADORES.....	37
3.2. ANALISIS FISICOQUÍMICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS MUESTRAS DE AGUA	38
3.2.1 TOMA DE MUESTRA.....	38
3.2.2 DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN EL AGUA	38
3.2.3 DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD TOTAL EN EL AGUA.....	39
3.2.4 DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS.....	39
3.2.5 DETERMINACIÓN DE SÍLICE EN EL AGUA	39
3.2.6 DETERMINACIÓN DE SULFATOS EN EL AGUA	40
3.2.7 DETERMINACIÓN DE PH EN EL AGUA.....	40
3.2.8 DETERMINACIÓN DE FOSFATOS EN EL AGUA	40
3.2.9 DETERMINACIÓN DE ALUMINIO EN EL AGUA	41
3.2.10 DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE EN EL AGUA	41
3.2.11 DETERMINACIÓN DE FIERRO EN EL AGUA.....	41
3.2.12 DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN EL AGUA	42
3.2.13 DETERMINACIÓN DE NITRITOS EN EL AGUA	42
3.2.14 PRUEBA DE JARRAS.....	43
3.3. ANALISIS MICROBIOLÓGICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS MUESTRAS DE AGUA	43
3.3.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE GÉRMENES EN AGUA.....	43
3.3.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE COLIFORMES TOTALES EN AGUA....	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	47
4.1 FIGURA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RESULTADOS	47
4.2 CANTIDAD DE AGUA PLUVIAL CAPTADA	48
4.3 PORCENTAJES DE CAPTACIÓN DE AGUA PRUVIAL, EXTRACCIÓN DE RÍO Y AHORRO DEL TRATAMIENTO.....	48
4.4 RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUÍMICOS	50
4.4.1 TEMPERATURA.....	50
4.4.2 PH.....	51
4.4.3 ALUMINIO.....	52

4.4.4 CLORO RESIDUAL LIBRE	53
4.4.5 DUREZA TOTAL.....	54
4.4.6 FIERRO	55
4.4.7 NITRATOS	56
4.4.8 NITRITOS.....	57
4.4.9 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.....	58
4.4.10 ALCALINIDAD FENOLFTALEÍNA	59
4.4.11 ALCALINIDAD TOTAL.....	60
4.4.12 SULFATOS	61
4.4.13 FOSFATO	62
4.4.14 SÍLICE.....	63
4.5 RESULTADOS Y LÍMITES PERMISIBLES DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS.....	64
4.6 RESULTADOS Y LÍMITES PERMISIBLES DEL LAS PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS	65
5. CONCLUSIONES.....	66

INDÍCE DE FIGURAS

Figura.1 Elementos del <i>Cbultun</i>	13
Figura.2 Construcción de Yemen diseñada para captar agua pluvial.....	14
Figura 3. Captación del agua pluvial en los techos de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	34
Figura. 4 Diagrama para la identificación de resultados.....	47
Figura.5 Temperatura de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	50
Figura. 6 pH de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	51
Figura.7 Aluminio de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	52
Figura. 8 Cloro residual libre de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	53
Figura. 9 Dureza total de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.....	54
Figura .10 Hierro de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	55
Figura.11 Nitratos de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	56
Figura. 12 Nitritos de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	57
Figura. 13 Sólidos disueltos de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	58
Figura. 14 Alcalinidad fenolftaleína de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	59
Figura. 15 Alcalinidad total de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	60
Figura. 16 Sulfatos de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	61
Figura. 17 Fosfatos de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	62

Figura. 18 Sílice de las diferentes aguas en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo, 2013.....	63
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

INDÍCE DE CUADROS

Cuadro .1 Parámetros organolépticos expresado en mg/L excepto los que marquen otra unidad para el cumplimiento legal establecido por la norma NOM-127-SSA1- 1994.....	27
Cuadro .2 Parámetros fisicoquímicos expresado en mg/L excepto los que marquen otra unidad para el cumplimiento legal establecido por la norma NOM-127-SSA1- 1994.....	28
Cuadro. 3 Límites permisibles para los resultados microbiológicos del agua establecido por las NOM-127-SSA.1994.....	29
Cuadro. 4 Criterios de la calidad de agua y concentración de algunos parámetros analizados por Criterios ecológicos CE-CCA-001/89 y La ley Federal de Derechos de agua, 2009.....	32
Cuadro .5 Cantidad de agua pluvial captada en un área de 3000 m ² de techado de la Planta Nestlé de Chiapa de Corzo en el periodo enero- julio.....	48
Cuadro .6 Porcentaje de captación de agua pluvial y extracción de agua del río Grijalva en la Planta Nestlé de Chiapa de Corzo.....	49
Cuadro .7 Resultados de características físicas y organolépticas obtenidas en el laboratorio de análisis de calidad de la Planta Nestlé de Chiapa de Corzo abril 2013.....	64
Cuadro.8 Resultados microbiológicos obtenidos en el laboratorio de análisis de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo abril 2013.....	65

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El agua pluvial a pesar de no ser potable posee una gran calidad, ya que contiene una concentración muy baja de contaminantes, dada su nula manipulación. El agua pluvial es perfectamente utilizable para muchos usos domésticos en los que puede sustituir al agua potable; como en lavadoras, baños y para riego de jardines, todo ello con una instalación sencilla y rápidamente amortizable. Además gracias a la instalación de un sistema de recuperación de agua pluvial, se puede ahorrar fácilmente hasta un 50% del consumo de agua potable en las plantas industriales (García *et al.*, 2006).

En la actualidad la escases de agua representa una gran prioridad para el mundo, el excesivo crecimiento poblacional y el desarrollo industrial han aumentado las necesidades de consumo, la gran demanda conlleva serios problemas por baja disponibilidad, desperdicio y contaminación del recurso, afectando la salud del consumidor. Las enfermedades más comunes son las gastrointestinales, causadas por bacterias como gérmenes, Coliformes totales y fecales principalmente, otros contaminantes destacados son los metales pesados (cromo, plomo, mercurio, etc.) (Pelicho *et al.*, 2006).

Por lo que en este proyecto se realizó la captación de agua pluvial que consistió en filtrar el agua pluvial captada en una superficie de techado de 3000 m² de la Planta, el cual fue protegido por un recubrimiento de pintura hipoxica; se utilizó un medidor pluvial para la obtención de los m³ captados de agua en este periodo. El agua captada fue almacenada y posteriormente enviada a un depósito de agua de río, realizando la mezcla de las dos aguas mediante un transporte y almacenamiento de flujos esto con el fin de minimizar la extracción del agua de río Grijalva en el periodo de lluvias. También se realizaron análisis físicoquímicos diarios durante seis meses con muestras por duplicado de las diferentes aguas y análisis microbiológicos mensuales con el objetivo de obtener los resultados que fueron utilizados para determinar la calidad del agua de la mezcla e individualmente del agua de río, pluvial y potable y así verificar el cumplimiento con los parámetros que marca la NOM-127-SSA-1994 ya que el agua pluvial es una alternativa para el uso sustentable, motivo por el cual la Planta Nestlé creó lo necesario para su captación y uso en el proceso.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL

La captación de agua pluvial perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías en nuestros domicilios. Muchas obras históricas de captación de agua pluvial se originaron principalmente en Europa y Asia; se emplearon desde que surgieron los primeros asentamientos humanos; su uso data desde hace más de 4,000 años en la antigua Mesopotamia. En México, particularmente en la península de Yucatán, durante la época prehispánica, los mayas y los Toltecas aprovecharon los cenotes y las cuevas de formación natural, como medio de captar y almacenar el agua pluvial, (Anaya *et al.*, 1999). Utilizaron sistemas de almacenamiento como pozos, hondonadas y depósitos subterráneos denominados Chultunes. Estos sistemas tenían dos funciones, una como cisternas para almacenar el agua pluvial y otra como silos para guardar diversos granos alimenticios (Herrera *et al.*, 2010).

Los Chultunes fueron trascendentes en casi todos los asentamientos prehispánicos; su construcción implicaba excavar una cisterna en forma de botellón. La captación se hacía a través de los techos y la conducción mediante canaletas de barro o piedra labrada con un área de captación de aproximadamente 5 m de diámetro formada por un piso de aplanado de estuco el cual era una mezcla de piedra caliza cocida, cal y un pegamento orgánico extraído de un árbol endémico llamado localmente *Holol en Petén*; la boca y el cuello es la entrada circular por donde escurre el agua al depósito, los cuales estaban armados con piedras y recubiertos con estuco.



Figura.1 Elementos del Chultun (IMTA, 2004).

Se han encontrado Chultunes con capacidad de almacenamiento de hasta 9,300 litros con un diámetro de 3 m y una altura de 2 m, con una precipitación pluvial correspondiente a Uxmal de entre 900 y 1,250 mm, esto sin tomar en cuenta pérdidas debido a la evaporación y a la filtración, se puede decir que se guardaba un litro de agua por cada metro cuadrado de área de captación, con cada milímetro de precipitación. Su forma como tipo campana, botellón, amorfo y el de bóveda variaba debido a que aún dentro de una misma región, las condiciones del terreno para crearlos son diferentes. Con la llegada de los españoles en el siglo XIV, se adaptaron distintos sistemas para la obtención y almacenamiento del agua. Siglos después surgieron nuevos métodos; se propusieron y construyeron obras para el uso del agua superficial y subterránea como presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación.

Por otro lado el ser humano desde sus inicios ha aprovechado el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte por ello el valle de los ríos fue el lugar donde se establecieron las primeras civilizaciones. Allí desarrolló la agricultura y con ello la aplicación más natural de la lluvia. Estos primeros humanos no dependieron directamente del agua pluvial para su supervivencia debido a la presencia permanente del agua superficial. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente, el agua y el alimento comenzó a ser más demandado, por lo que algunos tuvieron que migrar a zonas más áridas. Entonces comenzó el desarrollo de formas de captación de agua pluvial como alternativa para el riego de cultivos y el consumo de la población en general (Ballén *et. al* 2006).

2.2 APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIAL A TRAVÉS DE LA HISTORIA

En Beluchistán, en la India, hay evidencia de estructuras de piedra para embalse de agua pluvial, que datan del tercer milenio a.C. (Gould y Nissen-Petersen, 1999). En el Desierto de Negev, en Israel y Jordania, se descubrieron sistemas de captación de pluvial que tienen 4000 o más años de antigüedad. Estos sistemas consistían en el desmonte de loma para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las zonas más bajas.



Figura.2 Construcción de Yemen diseñada para captar agua pluvial (Ballén, 2006)

Durante los tiempos de la República Romana, en los siglos II Y IV a.C., la ciudad de Roma en su mayoría está formada por viviendas unifamiliares denominadas la Domus que contaban con un espacio principal abierto, conocido como atrium, en el que se instalaba un estanque central para recoger el agua pluvial llamado impluvium. La lluvia entraba por un orificio en el techo llamado compluvium.

En la meseta de Loess, en la provincia de Gansu en China se han hallado pozos y jarras para la captación agua pluvial con más de 2000 años de antigüedad.

En Irán siguen existiendo los *abarbars*, que son los sistemas tradicionales locales para la captación y almacenamiento de la lluvia.

2.3 SITUACIÓN ACTUAL DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DEL AGUA PLUVIAL

En el siglo XIX y XX la mayoría de las ciudades del mundo tuvieron un gran crecimiento. Los ingenieros solucionaron el suministro de agua a la población por medio de la acumulación de agua superficial para luego ser distribuida por una red centralizada de acueducto. En muchas ocasiones se recurrió a la explotación del agua subterránea. En cualquiera de los casos se reduce o anula la posibilidad de sistemas de aprovechamiento de lluvia u otros sistemas alternativos más amigables con el ciclo hidrológico natural (Ballén *et al.* 2006).

En épocas recientes, el crecimiento acelerado de la población mundial está ejerciendo presión sobre las fuentes finitas de agua. Por ello, en las últimas dos décadas el interés por la captación del agua pluvial se ha incrementado. Mientras que en algunas regiones nunca se ha dejado de utilizar el agua de pluvial debido a la escasez de otras fuentes, como el caso de islas volcánicas y zonas áridas, en otros sitios su uso se está expandiendo rápidamente, particularmente por países en vías de desarrollo de África y Asia (Gould y Nissen-Petersen, 1999).

Acorde con (Ballén *et al.*, 2006), la mayor parte de los sistemas de aprovechamiento de agua pluvial son el resultado de 3 factores principales:

- La necesidad y demanda del recurso hídrico
- Las condiciones disponibles: precipitación pluvial, costo de inversión y las características de los materiales de construcción
- Las condiciones sociales y ambientales de cada región.

Por lo general, donde no existe red de agua potable, el suministro es deficiente o el agua tiene un costo muy alto, se piensa en buscar sistemas alternativos de abastecimiento. Por ello la documentación sobre sistemas de aprovechamiento de lluvia se limita a las acciones realizadas en las últimas décadas en zonas del planeta con las deficiencias mencionadas anteriormente.

La captación de agua pluvial se está desarrollando tanto en zonas rurales como urbanas, a nivel doméstico y comunitario, para uso agrícola y humano, en países desarrollados y en vías de desarrollo. Algunos casos concretos son los siguientes.

2.3.1 SUDAMÉRICA

En la década de los noventa en Brasil, muchas organizaciones ambientales se enfocaron en trabajar en el suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de lluvia. En la región noroeste, con promedio anual de lluvia de 200 a 1000 mm, las comunidades nativas tradicionalmente han recolectado agua pluvial en pozos excavados, pero este sistema no logra satisfacer las necesidades de la población. Por ello una ONG y el gobierno de Brasil iniciaron un proyecto para construir un millón de tanques para la recolección de agua pluvial para beneficiar a 5 millones de personas.

2.3.2 NORTE Y CENTROAMÉRICA

En barrios de Tegucigalpa, Honduras, se pueden encontrar viviendas acondicionadas con precarios sistemas de aprovechamiento pluvial. Estos sistemas, aún con sus deficiencias, logran mejorar el nivel de vida de los habitantes los usan.

Se estima que los sistemas de aprovechamiento de agua pluvial son usados por más de medio millón de personas en al menos 15 estados y territorios de los Estados Unidos. El agua se destina a uso doméstico, agrícola, comerciales e industriales. Existen más de 50 compañías especializadas en el diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento pluvial.

En Vancouver, Canadá, se provee de un subsidio para la compra de tanques plásticos para el aprovechamiento del agua pluvial, como parte de un programa piloto para la conservación del agua. Dicho tanque se utiliza para recolectar el agua proveniente de los techos, siendo utilizada para regar jardines, actividad que demanda más del 40 % del agua total que llega a las viviendas durante el verano. Las proyecciones indican que cada barril podría ahorrar cerca de 4 920 litros de agua durante los meses de verano donde la demanda de agua es más alta.

Healthy House es una casa familiar de tres habitaciones con un área de 158 m² ubicada en Toronto, Canadá. Esta edificación no depende del sistema de agua municipal, ya que el agua para consumo humano se suministra por medio de un sistema de canales que

conducen el agua pluvial hacia un tanque de almacenamiento donde se le adiciona cal, esta es utilizada para reducir la acidez del agua y darle un sabor fresco. Posteriormente el agua pasa a través de un filtro de arena fina y carbón activado para remover todas las impurezas y por último es sometida a un proceso de desinfección mediante luz ultravioleta.

2.3.3 MÉXICO

Aunque en México las condiciones geográficas son favorables y el desarrollo de este tipo de tecnología es de bajo costo, fácil de construir e implementar, implica poco o nulo consumo de energía, bajo impacto ambiental y muchas otras bondades, en la mayoría del país su uso está limitado a un medio de abastecimiento sólo aplicado en casos extremos de escasez. Existe poca información e interés sobre el potencial de este recurso como una solución sustentable al problema del agua e incluso cierta resistencia a la implementación de estas tecnologías por falta de estudios sobre el tema.

En tiempos recientes, algunas investigaciones orientadas al aprovechamiento pluvial y la misma necesidad del vital líquido trajeron como consecuencia ejemplos particulares de aprovechamiento.

2.4 DEFINICIÓN Y CLASIFICACION DE LA CAPTACIÓN PRUVIAL

Se puede definir a la captación pluvial como la recolección del escurrimiento de lluvia sobre una superficie para propósitos de aprovechamiento. El concepto hace énfasis en el almacenamiento del agua pluvial para su utilización posterior. Cuando se enfoca únicamente en el agua que cae en un sitio puntual, se denomina micro captación o captación de microcuencas. La captación de agua pluvial puede ser considerada como una forma rudimentaria de riego, usando surcos, canales, etc. La diferencia es que la idea de la captación está en el control sobre la aplicación del agua colectada y no está sujeta únicamente al momento en el que llueve.

Existe conocimiento sobre una gran variedad de técnicas relacionadas con sistemas de captación y aprovechamiento de agua pluvial. Dichas técnicas se pueden clasificar con base en sus diferentes fuentes, tipo de escorrentía, técnicas de manipulación, tipo de almacenamiento y a los diferentes usos que se le da al recurso (FAO, 2000).

2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA PLUVIAL

A continuación un resumen de las principales ventajas y desventajas que representa la implementación de éste tipo de enotecnia.

Ventajas:

- Alta calidad fisicoquímica del agua pluvial con respecto a fuentes superficiales
- El sistema es independiente y por lo tanto eficiente para comunidades dispersas
- Se puede emplear mano de obra y/o materiales locales
- No requiere energía significativa para la operación del sistema
- Fácil de construir y mantener con respecto a sistemas centralizados
- Y la facilidad de operación y ahorro de tiempo en la recolección de agua pluvial en vez de traerla de lejos.

Desventajas:

- Costo inicial, que en caso de cubrir el beneficiario puede impedir su implementación por falta de recursos económicos.
- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar, del área de captación, del espacio de almacenamiento y otras condiciones geográficas y técnicas incontrolables.
- El costo del proceso de tratamiento depende de la calidad del agua colectada y el uso que se dará a la misma, sustentado por las normas correspondientes (UNATSABAR, 2001).

2.6 IMPORTANCIA DEL AGUA PLUVIAL

En la actualidad, la humanidad enfrenta serios problemas de deterioro ambiental, debido al intenso desarrollo urbano e industrial, los cuales han influido en las características químicas de la atmósfera. La lluvia es un mecanismo natural de limpieza debido a la remoción de compuestos atmosféricos solubles y junto con la deposición seca son los únicos que retiran en forma definitiva los gases y partículas de la atmosfera. (Sanhueza *et al.*, 2005) Este tipo de deposiciones atmosféricas son las principales fuentes de constituyentes químicos para muchos ecosistemas. (Pelicho *et al.*, 2006).

El agua pluvial es ligeramente ácida con un pH de 5.6 debido a la presencia de bióxido de carbono disuelto en el aire, su composición se va afectada debido a la presencia de SO₂ y NO₂ emitido de diversas fuentes, los cuales interactúan con la radiación solar, la humedad atmosférica y la lluvia, (García *et al.*, 2006) estos gases reaccionan formando ácido sulfúrico y ácido nítrico, los cuales son transportados a grandes distancias de sus fuentes de emisión generando en algunas áreas la presencia de lluvia ácida.

Este fenómeno ha sido estudiado extensamente en Europa y América del Norte, la cual ha traído una serie de problemas medioambientales en el deterioro de los ecosistemas, en la calidad del aire, la acidificación del medio ambiente y la alteración química en el sistema climático esto en escalas regionales y globales. (Han *et al.*, 2005) Debido a esto, han desarrollado medidas para reducir sus emisiones de contaminantes.

En México, se han llevado a cabo investigaciones de lluvia ácida en la zona centro y parte del sur debido a los efectos negativos que ha ocasionado en zonas arqueológicas, bosques, zonas rurales y urbanas.

2.6.1 AGUA PLUVIAL Y LA CONTAMINACIÓN

Todas las industrias que producen alimentos, textiles plásticos, cosméticos, fármacos y pesticidas, arrojan desechos químicos en las fuentes de agua. Esto hace que el agua no sea potable y que se peligrosa. Estos químicos son generalmente invisibles y muy difíciles de detectar

El desarrollo industrial y de los desechos antes mencionados, los cuales son vertidos diariamente a la biosfera provocan un fenómeno llamado lluvia acida esta lluvia es la provoca un daño muy fuerte a la salud y a nuestro medio ambiente.

El agua es una de las sustancias más ampliamente distribuidas en la naturaleza y que se encuentra libre en tres estados: sólido, líquido y gaseoso; además podemos clasificarla por su origen como: agua pluvial, granizo, nieve, agua meteórica (proviene de condensación y solidificación del vapor de agua que contiene la atmosfera), aguas telúricas (las que forman corrientes como los ríos, y las que penetran en el suelo y originan los manantiales y los pozos). El agua circula por el planeta constantemente por un ciclo continuo que implica una serie de procesos físicos, este ciclo es conocido científicamente como el ciclo

hidrológico, se denomina al continuo intercambio de agua dentro de la hidrosfera entre la atmósfera, el agua superficial y subterránea y los organismos vivos. El agua cambia constantemente su posición de una a otra parte del ciclo implicando básicamente los siguientes procesos físicos: evaporación, transpiración, precipitaciones y escorrentía (desplazamiento hacia el mar).

El agua adecuada para consumo humano se llama agua potable, que puede ser consumida sin restricción, el término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales, el agua por naturaleza no reúne las condiciones adecuadas para su consumo, al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización, los procesos de potabilización son muy variados, y van desde una simple desinfección, para eliminar los microorganismos patógenos, que se hace generalmente mediante la adición de cloro, la irradiación de rayos ultravioletas, aplicación de ozono, etc.

2.6.2 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA CHIAPA DE CORZO

El municipio de Chiapa de Corzo se ubica en los límites de la depresión Central y del Altiplano Central, la extensión territorial del municipio es de 906.7 km² lo que representa el 7.1% del territorio de la región Centro y el 1.2% de la superficie estatal (INEGI, 2002).

El territorio del municipio está constituido por lomeríos que alternan con terrenos planos situados en los márgenes de los ríos, el noroeste del municipio es la transición de la depresión central del altiplano. Los principales ríos con que cuenta el municipio son: el Grande de Chiapa o Grijalva y su afluente Santo Domingo; así como El Chiquito, Majular, Nandaburé y Nandalumí. El clima es cálido sub húmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 29° C con una precipitación pluvial de 990 milímetros anuales (CONACULTA, 2000).

2.7 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL AGUA PRUVIAL

En la actualidad, la humanidad enfrenta serios problemas de deterioro ambiental, debido al intenso desarrollo urbano e industrial, los cuales han influido en las características químicas de la atmósfera.

La lluvia es un mecanismo natural de limpieza debido a la remoción de compuestos atmosféricos solubles y junto con la deposición seca son los únicos que retiran en forma definitiva los gases y partículas de la atmósfera. (Sanhueza *et al.*, 2005) Este tipo de deposiciones atmosféricas son las principales fuentes de constituyentes químicos para muchos ecosistemas. (Pelicho *et al.*, 2006)

El agua pluvial es ligeramente ácida con un pH de 5.6 debido a la presencia de dióxido de carbono disuelto en el aire, su composición se ve afectada debido a la presencia de SO₂ NO₂ emitido de diversas fuentes, los cuales interactúan con la radiación solar, la humedad atmosférica y la lluvia, (García *et al.*, 2006) estos gases reaccionan formando ácido sulfúrico y ácido nítrico, los cuales son transportados a grandes distancias de sus fuentes de emisión generando en algunas áreas la presencia de lluvia ácida.

Este fenómeno ha sido estudiado extensamente en Europa y América del Norte, la cual ha traído una serie de problemas medioambientales en el deterioro de los ecosistemas, en la calidad del aire, la acidificación del medio ambiente y la alteración química en el sistema climático esto en escalas regionales y globales.

(Han *et al.*, 2005) Debido a esto, han desarrollado medidas para reducir sus emisiones de contaminantes.

2.8 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE AGUA SUPERFICIAL Y POTABLE

El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Desde el momento que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo.

Además el agua contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos. Por estas razones suele ser necesario tratarla para hacerla adecuada para su uso como provisión a la población. El agua que contiene ciertas sustancias químicas u organismos microscópicos puede ser perjudicial para ciertos procesos industriales, y al mismo tiempo perfectamente idóneo para otros. Los microorganismos causantes de enfermedades que se transmiten por el agua la hacen peligrosa para el consumo humano. Las aguas subterráneas de áreas con piedra caliza pueden tener un alto contenido de bicarbonatos de calcio (dureza) y requieren procesos de ablandamiento previo a su uso.

De acuerdo al uso que se le dará al agua, son los requisitos de calidad de la misma. Por lo común la calidad se juzga como el grado en el cual se ajusta a los estándares físicos, químicos y biológicos fijados por normas nacionales e internacionales. Es importante conocer los requisitos de calidad para casa uso a fin de determinar si se requiere tratamiento y qué procesos se deben aplicar para alcanzar la calidad deseada. Los estándares de calidad también se usan para vigilar los procesos de tratamiento y corregirlos de ser necesario (Orellana *et al.*, 2005).

El agua se evaluará en cuanto a su calidad con sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Es necesario que dichos análisis se realicen para evaluar dichos parámetros de calidad, deben tener aceptación universal a fin de que sean posibles las comparaciones con los estándares de calidad

2.8.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

En la provisión de agua se debe tener especial cuidado con los sabores, olores, colores y la turbidez del agua que se brinda, en parte porque dan mal sabor, pero también a causa de su uso en la elaboración de bebidas, preparación de alimentos y fabricación de textiles.

Los sabores y olores se deben a la presencia de sustancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición. Las mediciones de los mismos se hacen con base en la dilución necesaria para reducirlos a un nivel apenas detectable por observación humana

El color del agua se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias.

La turbidez además de que es objetable desde el punto de vista estético, puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión. El agua con suficientes partículas de arcilla en suspensión (10 unidades de turbidez), se aprecia a simple vista. Las fuentes de agua superficial varían desde 10 hasta 1.000 unidades de turbidez, y los ríos muy opacos pueden llegar a 10.000 unidades. Las mediciones de turbidez se basan en las propiedades ópticas de la suspensión que causan que la luz se disperse o se absorba. Los resultados se comparan luego con los que se obtienen de una suspensión estándar (Orellana *et al.*, 2005).

2.8.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial y serán benéficos o dañinos de acuerdo a su composición y concentración. Por ejemplo el hierro y el manganeso en pequeñas cantidades no solo causan color, también se oxidan para formar depósitos de hidróxido férrico y óxido de manganeso dentro de las tuberías de agua.

Las aguas duras son aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y también forma incrustaciones en tuberías de agua caliente y calderas. La dureza del agua se expresa en miligramos equivalentes de carbonato de calcio por litro.

Estos son los elementos químicos que se encuentran en el agua natural y que producen alcalinidad, dureza y salinidad y se divide en cuatro grupos:

Grupo 1: Producen solo alcalinidad

- Carbonato de potasio - K_2CO_3
- Bicarbonato de Potasio - $KHCO_3$
- Bicarbonato de Sodio - $NaHCO_3$
- Carbonato de Sodio - Na_2CO_3

Grupo 2: Producen dureza carbonatada y alcalinidad

- Carbonato de Calcio - $CaCO_3$
- Carbonato de Magnesio - $MgCO_3$
- Bicarbonato de Calcio – $Ca(HCO_3)_2$
- Bicarbonato de Magnesio – $Mg(HCO_3)_2$

Grupo 3: Producen salinidad y dureza no carbonatada

- Sulfato de Calcio – $CaSO_4$
- Cloruro de Calcio – $CaCl_2$
- Nitrato de Calcio – $Ca(NO_3)_2$
- Sulfato de Magnesio – $MgSO_4$
- Cloruro de Magnesio – $MgCl_2$
- Nitrato de Magnesio – $Mg(NO_3)_2$

Grupo 4: Producen salinidad, pero no dureza

- Sulfato de Potasio – K_2SO_4
- Cloruro de Potasio – KCl
- Nitrato de Potasio – KNO_3
- Sulfato de Sodio – Na_2SO_4
- Cloruro de Sodio – $NaCl$
- Nitrato de Sodio – $NaNO_3$

Las sustancias que producen acidez al agua, pueden provenir de volamientos, pero también son frecuentes en el tratamiento de aguas y son:

- Ácido Sulfúrico – H_2SO_4
- Sulfato Ferroso – $FeSO_4$
- Sulfato de Aluminio – $Al_2(SO_4)_2$

Las aguas pueden contener además otras sustancias que generan molestias o trastornos al organismo, dichas sustancias son:

Fenol: en las fuentes de abastecimiento de agua solo se lo encuentra como proveniente de residuos industriales vertidos al agua. Una pequeña concentración en presencia de cloro produce un gusto muy desagradable

Arsénico: suele encontrarse en pequeñas cantidades salvo alguna excepción y se aumenta cuando existen vertidos de residuos industriales o por arrastre con aguas de lluvia del arseniato de plomo que se usa en desinfección de árboles frutales.

Selenio: Normalmente se presencia no es significativa en los servicios de agua superficiales, pero suele encontrarse con mayor frecuencia en los abastecimiento de aguas subterráneas, y depende naturalmente de la composición del suelo de donde se extrae el agua.

Hierro: No produce trastornos en la salud en las proporciones en que se lo encuentra en las aguas naturales. También puede provenir de residuos industriales en forma de sales ferrosas y férricas.

Manganeso: En las plantas de agua potable y en especial en los filtros de agua y conductos de distribución favorece el desarrollo de ciertos microorganismos.

Flúor: Procede de cenizas y rocas de formación ígnea. Se demostró que en concentraciones excesivas produce fluorosis, sin embargo en pequeñas cantidades favorece y fortalece la dentición de los niños hasta los 9 años, la dosis que produce ese efecto benéfico está entre

los 1,5 y 6 ppm, los efectos tóxicos ocurren con grandes concentraciones. Una dosis de 230 mg es muy tóxica y es mortal en los 4.000 mg por litro.

Cobre: En forma natural solo se encuentran indicios de la presencia del cobre y en el agua potable puede existir debido a la corrosión de las cañerías o accesorios de cobre o bronce, también el sulfato de cobre

(CuSO₄) que se aplica para controlar las algas en las plantas de potabilización. La presencia de cobre en aguas naturales no acarrea problemas de salud y en las concentraciones que pueden ser tóxicas, adquiere un sabor muy desagradable que la hacen imbebible.

Zinc: De forma similar al cobre solo hay indicios en las aguas naturales. En el agua potable proviene de la corrosión de las tuberías de hierro galvanizado o bronce. El exceso produce rechazo por el sabor desagradable.

Magnesio: Es uno de los minerales que junto con el calcio produce la dureza del agua. En cantidades importantes puede producir efectos laxantes.

Cloruro: En el agua potable, su presencia se debe al agregado de cloro en las plantas potabilizadoras como desinfectante. En altas concentraciones y en combinación con otras sales producen sabores desagradables.

Sulfatos: El radical sulfato tiene importancia cuando va asociado a aguas muy mineralizadas ya que produce un efecto laxante.

Calcio: Junto con el magnesio son los principales causantes de la dureza. Representa más un problema económico por las incrustaciones en cañerías, que un problema de salud.

Yodo: El agua natural contiene cantidades insignificantes. Su ausencia tiene significación en la enfermedad llamada bocio. Se estima que normalmente se deben ingerir 0,05 a 0,10 mg de yodo por día.

Nitratos: Se ha comprobado que altas concentraciones de nitratos en el agua produce cianosis o metahemoglobinemia, que afecta especialmente a los niños menores de 6 años. Las concentraciones altas de nitratos generalmente se encuentran en el agua en zonas rurales por la descomposición de la materia orgánica y los fertilizantes utilizados (Orellana *et al.*, 2005).

2.8.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Las aguas poseen en su constitución una gran variedad de elementos biológicos desde los microorganismos hasta los peces. El origen de los microorganismos puede ser natural, es decir constituyen su hábitat natural, pero también provenir de contaminación por vertidos industriales, como también por arrastre de los existentes en el suelo por acción de la lluvia. La calidad y cantidad de microorganismos va acompañando las características físicas y químicas del agua, ya que cuando el agua tiene temperaturas templadas y materia orgánica disponible, la población crece y se diversifica. De la misma manera los crustáceos se incrementan y por lo tanto los peces de idéntica manera.

La biodiversidad de un agua natural indica la poca probabilidad de que la misma se encuentre contaminada. Sin embargo para que el agua se destinada a la provisión de agua potable, debe ser tratada para eliminar los elementos biológicos que contiene. Del reino vegetal, los microorganismos más importantes desde el punto de vista de la Ingeniería Sanitaria son las algas y bacterias aunque la presencia de hongos, mohos y levaduras es un índice de la existencia de materia orgánica en descomposición.

- **Algas:** las algas contienen fundamentalmente clorofila necesaria para las actividades fotosintéticas y por lo tanto necesitan la luz solar para vivir y reproducirse. La mayor concentración se da en los lagos, lagunas, embalses, remansos de agua y con menor abundancia en las corrientes de agua superficiales.
- **Bacterias:** las llamadas bacterias son de los géneros Sphaerotilus y Crenothrix, relacionadas con el hierro y el manganeso del agua y del género Beggiatoa del grupo de las bacterias sulfurosas. Las bacterias que se pueden encontrar en el agua son de géneros muy numerosos, pero veremos aquí las que son patógenas para el hombre, las bacterias Coliformes y los estreptococos que se utilizan como índice de contaminación fecal. Recordemos que según necesiten o no oxígeno libre para vivir se las llama aerobias o anaerobias, existe un tercer tipo que se desarrolla mejor en presencia de oxígeno pero pueden vivir en medios desprovistos del mismo y se las denomina anaerobias facultativas.
- **Bacterias propias del agua:** son frecuentes las de género Pseudomonas, Serratia, Flavobacterium y Achromobacterium, en general dan coloración al agua como por ejemplo, rojo, amarillo anaranjado, violeta, etc.

- **Bacterias del suelo:** son arrastradas por el agua pluvial a los cursos superficiales en gran mayoría son aerobias, pertenecientes al género *Bacillus* y otras que tienen un papel preponderante en la oxidación de materia orgánica y sales minerales (Orellana *et al.*, 2005).

2.8.4 NORMAS DE CALIDAD Y LÍMITES PERMISIBLES DEL AGUA POTABLE

La necesidad de proveer agua potable a las poblaciones de manera tal que no produzcan problemas de salud impulsa la generación de normas de calidad. Las normas de calidad son adoptadas por distintos organismos gubernamentales de la República Mexicana. Se establecen parámetros a controlar mediante los análisis y ensayos correspondientes y también los Límites Obligatorios y Límites Recomendados, para cada uno de ellos.

A continuación se brindan una serie de tablas con los distintos parámetros que deben tenerse en cuenta para establecer la calidad de agua potable.

Cuadro.1 Características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido por la NOM-127-SSA1-1994 para determinar la calidad del agua potable analizada.

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 resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 Unidades de turbiedad nefelometrías (UTN) o su equivalente en otro método.

Cuadro.2 Parámetros fisicoquímicos expresados en mg/L, para el cumplimiento legal establecido por la NOM-127-SSA1-1994 para determinar la calidad del agua potable analizada.

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:	
Aldrín y dieldrín (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

Cuadro. 3 Límites permisibles para los resultados microbiológicos del agua potable establecido por las NOM-127-SSA1-1994.

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
<i>E. Coli</i> o coliformes totales u organismos termo tolerantes	Ausencia o no detectables

2.9.4 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA DE PROCESO (CALDERAS)

El agua para uso en calderas, es una parte especial de la tecnología del agua ya que en estos procesos ocurren cambios y alteraciones en las características del agua. La evaporación que ocurre cuando el agua se emplea en estos procesos, concentra las sales disueltas en el agua, por lo que alcanzan su punto de saturación y se separan del agua formando cristales algunos de ellos difíciles de remover y que dañan los equipos al formar incrustaciones en tuberías y accesorios de calderas y equipos de calentamiento y evaporación.

No solo ocurre la saturación salina cuando parte del agua se evapora: también ocurre la pérdida de gases como el bióxido de carbono que se encuentra disuelto en el agua y que forma parte de la alcalinidad del agua y esto favorece la precipitación de componentes poco solubles como el calcio y el magnesio que forman precipitados o sales insolubles de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio respectivamente.

Esta tecnología de tratamiento de agua se aplica con mucha frecuencia y en muchas industrias ya que los equipos de calentamiento y de evaporación se emplean en prácticamente todas las industrias como es la de generación de energía, farmacéutica, química, petroquímica, alimenticia, metalúrgica, de manufactura y de servicios donde se requiere de calderas para calentamiento del agua y de torres de enfriamiento para condensación del agua y disipación del calor.

Los equipos y accesorios se dañan en mayor intensidad en estos procesos de calentamiento y evaporación que en los procesos en los cuales el agua no sufre transformaciones físicas, por lo que es conveniente dar tratamiento al agua de proceso y agregar compuestos químicos que neutralicen y compensen por los efectos de calentamiento y concentración.

Lo importante del agua de proceso es que tiene que estar totalmente libre de dureza, ya que afecta a la elaboración de los productos y daña las tuberías. En estos casos se utiliza un suavizador de agua que ayuda a retirar toda la dureza del agua provocada por el calcio,

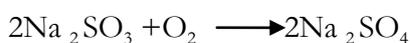
carbonatos, bicarbonatos, silicatos, fosfatos entre otros por medio de intercambio iónico. Posteriormente en la mayoría de los casos es pasada a una caldera a una temperatura entre 80- 85 °C para poder ser utilizado en el proceso para la preparación de algún alimento específico, el agua en este paso no tiene absolutamente ningún tipo de materia biológica ya que la mayoría es retirada en el proceso anterior de potabilización y a la temperatura a la que está sometida en una caldera es imposible el crecimiento de algún microorganismo. (Rigola *et al.*, 1990)

Los problemas más comunes en calderas y sistemas de enfriamiento son los siguientes:

Uno de los problemas de desgaste en una caldera son los daños y el desgaste que se presenta por corrosión. El oxígeno disuelto presente en el agua causa el desgaste del fierro de la estructura metálica de la caldera formando hidróxido férrico y esto causa corrosión por picadura que aparece en puntos muy localizados de la estructura. Las reacciones químicas entre el oxígeno y el fierro son las siguientes:

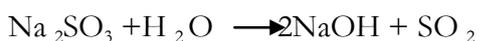
No solo el oxígeno es causante de la picadura, también el bióxido de carbono causa corrosión y este gas se genera abundantemente cuando el agua se calienta hasta el punto de ebullición.

Para evitar o disminuir al mínimo la corrosión, deberán separarse los gases y ventilarse a la atmósfera, sin embargo no se separan todos los gases y sus efectos corrosivos son neutralizados por la adición de reactivos que reaccionan con el oxígeno como lo es el sulfito de sodio.



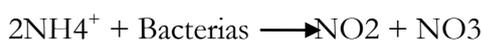
El oxígeno es uno de los agentes mas corrosivos en una caldera y por esta razón debe removerse por aireación y ventilación del agua de alimentación y de condensados en el sistema, y el resto por tratamiento con sulfito de sodio.

A altas temperaturas el sulfito se descompone y pierde sus propiedades.



También el agua tiene menos iones hidrogeno cuando el pH tiende a lo alcalino por lo que el agua de proceso debe estar en este rango de 8 a 9 unidades de pH

Los nitritos no se encuentran originalmente en el agua pero se producen por la conversión microbiana del ión amonio producto de descomposición de la materia orgánica que es oxidado por bacterias a nitratos y nitritos:

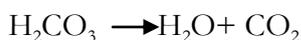


Para minimizar el ataque corrosivo por nitritos, es necesario desinfectar el agua que se alimenta a la caldera para inhibir el crecimiento microbiano.

La alcalinidad del agua, la cual se debe parcialmente a la presencia de ácido carbónico lleva a efecto las siguientes reacciones:



Si el pH es alto, el ácido carbónico se disocia a iones hidrogeno y ión carbonato. Si el pH es bajo, se favorece la reacción en sentido contrario y el ácido no se disocia. Si el ácido no se disocia entonces el ácido carbónico disuelto en el agua se descompone en el condensador a bióxido de carbono y agua, desprendiendo el corrosivo CO₂.



Este gas deberá extraerse del agua que se condensa y regresa nuevamente en un circuito cerrado a la caldera, o de lo contrario se tendrán efectos corrosivos en la tubería interior y otras partes de la caldera.

Precipitación de sólidos:

Los sólidos disueltos y suspendidos que pueda contener el agua sedimentan y precipitan parcialmente cuando el agua se evapora.

La mayoría de los sólidos suspendidos se concentran y son removidos en las purgas que regularmente se realizan en la caldera. Parte de los sólidos disueltos altamente concentrados también se desechan en la purga. Esta purga debe efectuarse precisamente para mantener en equilibrio los sólidos en la caldera ya que cuando parte del agua se evapora deja los sólidos disueltos que le acompañan y se acumulan en el agua que queda en la caldera.

El sílice presente en el agua también es parte de los precipitados y contribuye a formar depósitos cristalinos muy firmes y difíciles de desprender y lo mismo ocurre con las partículas sólidas que el agua pueda contener, por lo que calcio y magnesio (dureza del agua), sílice y sólidos suspendidos son factores de control en el tratamiento de agua para calderas.

La forma de evitar la precipitación es con el ablandamiento del agua.

El ablandamiento o suavización del agua es correspondiente consiste en el intercambio iónico por medio de una resina de carga (-) que atrae a los cationes de calcio y magnesio presente en las aguas naturales, por iones sodio.

Cuando se emplea agua blanda en las calderas las sales que se concentran son de naturaleza no incrustante ya que con el tratamiento con resinas en ciclo sodio el calcio y el magnesio se reemplazan por sodio y las sales formadas salen expulsadas en la purga de la caldera sin que ocurra la precipitación La forma de evitar la precipitación es con el ablandamiento del agua (Rigola *et al.*, 1990).

2.9.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE ACUERDO A SU USO

Cuadro. 4 Criterios de la calidad de agua y concentración de algunos parámetros analizados por Criterios ecológicos CE-CCA-001/89 y La ley Federal de Derechos de agua, 2009.

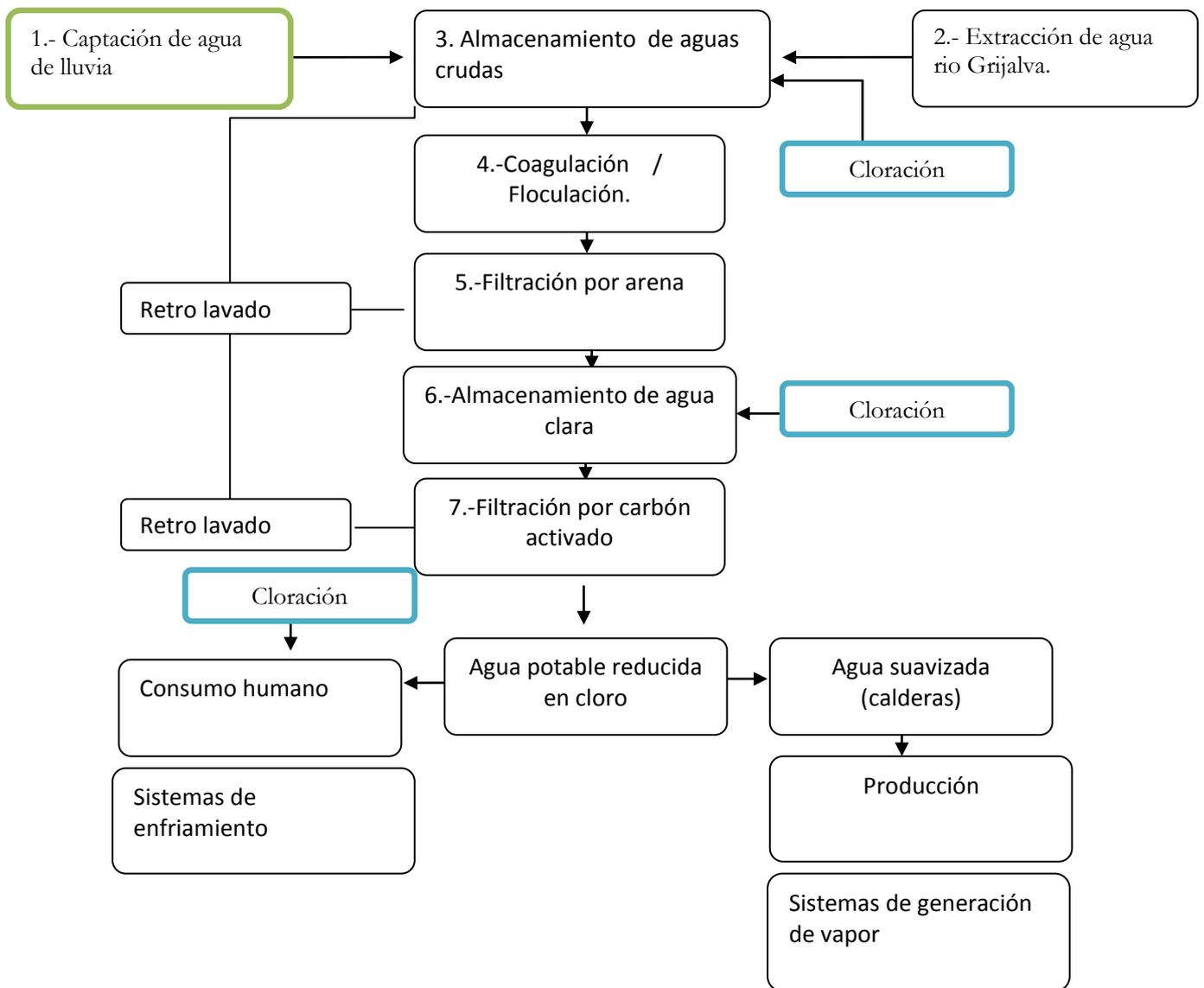
Parámetro mg. L ⁻¹	Criterios ecológicos CE-CCA-001/89		Ley Federal de Derechos de agua		
	Agua para uso domestico	Agua para riego agrícola	Agua para uso domestico	Agua para riego agrícola	Agua para uso industrial
Arsénico	0.05	0.10	0.05	0.10	-
Cobre	1.00	0.20	1.00	0.20	-
Manganeso	0.10	-	0.05	0.20	-
Plomo	0.05	5.00	0.05	5.00	-
Fierro	0.30	5.00	0.30	5.00	0.05
Dureza	500.00	500.00	500.00	500.00	2.00
Sulfatos	500.00	130.00	250.00	250.00	0.20
Nitratos (NO ₃)	5.00	-	5.00	-	0.20
Nitritos (NO ₂)	0.05	-	0.05	-	-
Grasas y aceites	0.03	0.03	0.03	0.03	1.00
Cloruros	250.00	147.50	250.00	150.00	2.00
Conductividad	-	1.00	-	-	-
Coliformes f. NMP/100 ml	50.00	300.00	50.00	600.00	Ausentes
Coliformes t. NMP/100 ml	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	Ausentes

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN PLANTA NESTLÉ CHIAPA DE CORZO.

El siguiente diagrama de bloques detalla en forma simplificada la entrada del agua de río y agua pluvial para su posterior mezcla en un tanque; así también el proceso a realizar para el tratamiento de potabilización del agua mezclada para su uso en la producción de la Planta Nestlé de Chiapa de Corzo.



3.1.1 CAPTACIÓN DE AGUA PRUVIAL

Es la superficie destinada para la recolección del agua pluvial. La mayoría de los sistemas utilizan la captación en los techos, los cuales deben tener adecuada pendiente (no inferior al 5%) y superficie, que faciliten el escurrimiento del agua pluvial hacia el sistema de recolección. Los materiales empleados para los techos pueden ser las tejas de arcilla, madera, paja, cemento, entre otros. Los techos de cemento y de teja son los más comunes debido a su durabilidad.

La siguiente figura nos muestra todas las áreas de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo así como también el área de captación de agua pluvial que cuenta con un techado de 3000 m², para ello la superficie del techo cuenta con un recubrimiento de pintura hipóxica que garantice que el agua pluvial captada a través de la superficie del techado no se contamine durante su recorrido al punto de almacenamiento para luego ser bombeado al tanque de agua de río para su mezcla y tratamiento de potabilización.

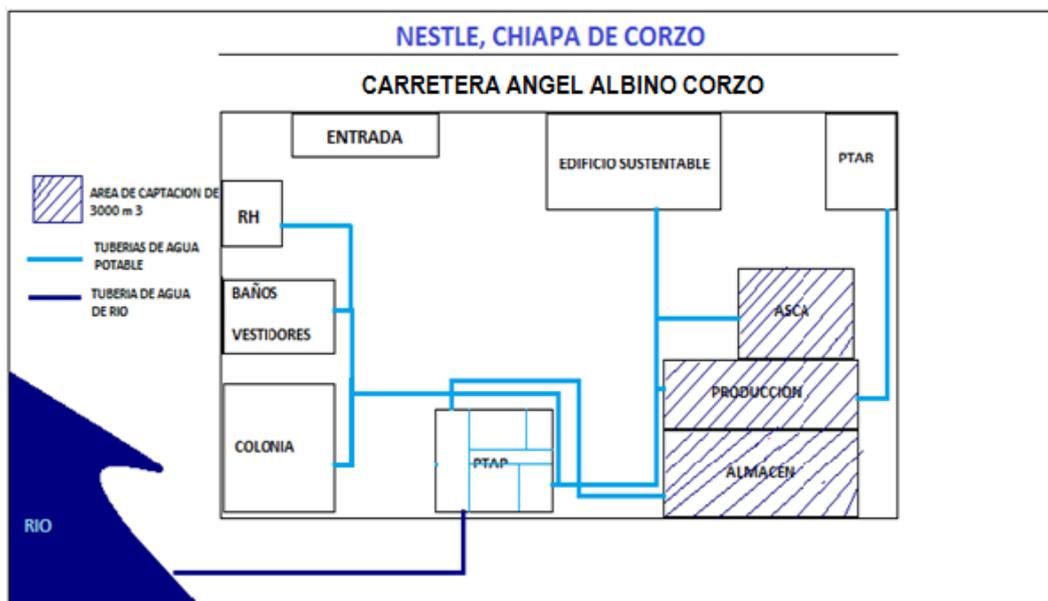


Figura 3. Zona de captación del agua pluvial en los techos de la planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013

3.1.2 RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN

Es el conjunto de canaletas en los bordes más bajos del techo, con el objeto de recolectar el agua pluvial y de conducirla hasta el sitio deseado. Las canaletas se deben instalar con una pendiente no muy grande que permitan la conducción hasta los tanques. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Para tal objetivo se pueden emplear materiales como el bambú, la madera, el metal o el PVC (policloruro de vinilo).

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó PVC (policloruro de vinilo) para poder trasladar el agua pluvial recuperada en el techado de la planta hacia la planta de tratamiento de agua potable para efectuar la mezcla con el agua de río, posteriormente pasar por el tratamiento de potabilización y pueda ser utilizada en el proceso de elaboración de productos de la planta Nestlé.

Cabe mencionar que en los primeros días de lluvia en agua captada tendrá que ser desechada al drenaje, para asegurar que esta no haya arrastrado contaminantes del techo y de las canaletas de captación.

3.1.3 ALMACENAMIENTO

En el tanque de almacenamiento de agua cruda es donde se lleva a cabo la mezcla del agua de río y pluvial en este punto del tratamiento se realizó el proceso de sedimentación por gravedad de las partículas sólidas más pesadas presentes en el agua de entrada. En este depósito se lleva a cabo una sedimentación primaria es decir sin ningún tipo de tratamiento químico, en este paso la cantidad de sustancias contaminantes presentes en el agua no disminuirá considerablemente, sin embargo la estancia en este tanque es importante porque el reposo prolongado natural también ayuda a mejorar la calidad del agua debido a la acción del aire y los rayos solares; además mejora el sabor y el olor, oxida el hierro y elimina algunas sustancias. Posteriormente este tanque tiene que tener una cloración concentrada por medio de una bomba dosificadora de hipoclorito de sodio, esto se realiza para mantener un residual de cloro libre de 0.1- 0.6 ppm y así evitar el crecimiento de algas y eliminación de algunos microorganismos. Además en esta parte se llevan a cabo una serie de análisis fisicoquímicos y microbiológicos para determinar la calidad de la mezcla de aguas pluvial y de río.

3.1.4 PROCESO DE COAGULACION A TRAVÉS DE ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO

En esta parte del proceso, el agua es enviada a un tanque precipitador para llevar a cabo el proceso fisicoquímico de coagulación y floculación en esta etapa se tienen a formar partículas más grandes y de mayor peso por unidad de volumen (mayor densidad o peso específico). La coagulación consiste en la dosificación de sulfato de aluminio que provoca la formación de polímeros que atrapan o encapsulan las partículas coloidales (partículas de pequeño tamaño), que por sí mismas nunca podrían separarse del líquido que las contiene.

3.1.4.1 COLOR DEL AGUA

El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color natural en el agua existe debido al efecto de partículas coloidales cargadas negativamente. En general, el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle un color rojizo y la del manganeso, un color negro.

3.1.5 FILTRACIÓN

La finalidad es eliminar los sólidos suspendidos retenidos en los precipitadores de la planta potabilizadora los filtros de arena y eliminar el exceso de cloro contenido en el agua ya potabilizada mediante los filtros de carbón.

3.1.5.1 FILTROS DE ARENA

Son los elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de arena. Una vez que el filtro se haya cargado de impurezas, alcanzando una pérdida de carga prefijada, puede ser regenerado por lavado a contra corriente.

3.1.5.2 FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

A los filtros que llevan carbón activado como medio filtrante, se les llama purificadores, ya que por medio del cloro se elimina la materia orgánica y su fin principal no es filtrar, sino purificar dando una agua libre de cloro y de bacterias.

3.1.5.3 OLOR Y SABOR DEL AGUA

Estos parámetros son determinaciones organolépticas y subjetivas, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registros, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl⁻ y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO₄⁻. EL CO₂ libre en el agua le da un gusto “picante”. Trazas de fenoles u otros compuestos le confiere un olor y sabor desagradable.

3.1.6 SISTEMAS DE CLORACIÓN

El sistema de cloración utilizado en la planta de tratamiento de agua potable, está basada en tres puntos de cloración estratégicos como: tanque de almacenamiento aguas crudas con una concentración de residual de cloro de 0.1-0.6 ppm, tanque de almacenamiento de aguas claras con una concentración mayor de 1.5 – 2.5 ppm, esta parte es de vital importancia porque se da la eliminación total de los microorganismos presentes en el agua, y el último punto de cloración está pasando la filtración de carbón activado por medio de una válvula de regulación para estar en los límites permisibles de residual de cloro de 0.2 – 1.5 ppm en el agua potable.

3.1.7 SUAVIZACIÓN DEL AGUA POTABLE A TRAVÉS DE SUAVIZADORES

Después de la etapa de filtración de carbón activado, el agua no contiene cloro y es trasladada hacia los suavizadores que tienen una capacidad de Flujo de Servicio por Unidad 300 Litros/Minuto. En esta etapa se asegura que el agua esté libre de dureza en especial libre de los minerales de calcio y magnesio los cuales son retenidos a través de una resina con carga negativa (-). Una vez que el agua se encuentra libre de dureza es utilizada para la elaboración de productos Nestlé.

3.2. ANALISIS FISICOQUÍMICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS MUESTRAS DE AGUA

3.2.1 TOMA DE MUESTRA

Se tomaron 4 muestras diarias de 500 ml de cada una de las diferentes aguas durante los 6 meses del periodo de captación, de los cuales 250 ml son para realizar los análisis fisicoquímicos y 250 ml para los microbiológicos, todas las determinaciones se realizaron por duplicado con el fin de obtener resultados más exactos y con ello determinar la calidad del agua pluvial, rio, mezcla, potable individualmente. Para realizar todas las determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas la toma de muestra de agua es muy importante; ya que para tener mejores resultados el agua tiene que manipularse correctamente sin que exista una contaminación cruzada. Limpiar, desinfectar y secar correctamente los frascos a utilizar, después purgar la llave de la línea de donde se van a tomar las muestras de agua; esto se realiza para tener una muestra más factible debido a que la primera salida de agua tiene mayor concentración de componentes naturales o bien adicionados como por ejemplo cloro. Después enjuagar el frasco con la misma agua y tomar la muestra tapando inmediatamente el frasco, colocarlo en una bolsa de plástico transparente y etiquetar para su identificación.

3.2.2 DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN EL AGUA

La Determinación dureza total descrita por la NOM-041-SSA1-1993 del método EDTA; tomar 50 ml de agua en un matraz enlermeyer de 250 ml, después se ajusta el agua a un pH de 10 con 6 gotas de buffer de amonio (solución amortiguadora), agregar una pizca de indicador negro de ericromo para obtener dos vías dependiendo de la dureza que tenga el agua, si obtenemos un color azul en el agua nos indica que el agua tiene $D=0$, si obtenemos un color violeta titular con solución EDTA 0.005 M hasta observar el vire de color violeta a color azul.

Cálculos de dureza en mg/L expresado en CaCO_3 .

$$\text{Dureza total} = (V \cdot 1000 \cdot F / M) / 2$$

Donde: V= ml EDTA gastados

F= Factor de EDTA

M=ml de muestra tomada

3.2.3 DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD TOTAL EN EL AGUA

Determinación de Alcalinidad total descrita por la NOM 041-SSA1-1993 y TM-203.11; tomar 100 ml de muestra en un matraz enlermeyer de 250 ml y agregar 6 gotas de solución indicadora fenolftaleína después agitar; si la solución permanece sin color alcalinidad ala fenolftaleína es (f = 0) sino titular con una solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4 0.02 N) hasta el cambio de color rosa a incoloro y anotar el número de ml gastados. Después a la misma solución ya incolora agregarle 6 gotas de indicador anaranjado de metilo y agitar, continuar la titulación hasta q una gota de ácido sulfúrico (H_2SO_4 0.02 N) cambie la muestra a color canela y anotar los ml totales gastados.

Cálculos de alcalinidad en mg/L expresado en $CaCO_3$:

Alcalinidad (F) = (ml gastados de H_2SO_4 0.02 N) (10) (factor del H_2SO_4)

Alcalinidad (T) = (ml gastados totales de H_2SO_4 0.02 N) (10) (factor del H_2SO_4)

3.2.4 DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé T.FCH.75.007-04; encender el conductivimetro (HACH), esperar a que el equipo cargue su configuración después transcurridos 5 minutos seleccionar el modo (STD) que es para sólidos totales disueltos o (COND) que es para determinar conductividad, lavar el electrodo del equipo con agua destilada y secar con papel. Homogenizar la muestra colocar el electrodo del equipo dentro de la muestra y presionar el botón (READ) para leer el resultado.

3.2.5 DETERMINACIÓN DE SÍLICE EN EL AGUA

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé T.FCH.75.008-04; colocar 10 ml de muestra en una celda con tapa, agregar el contenido del sobre con reactivo 1 (Molibdato) y luego el reactivo 2 (rangente acido), agitar y esperar a que pasen diez minutos de reacción colocar los tiempos en el espectrofotómetro DR2400, cuando suene la alarma del equipo agregar el ultimo sobre con el reactivo 3 (ácido cítrico) a la celda, tapar, agitar y esperar dos minutos más de reacción. Después limpiar la celda preparar la muestra blanco con agua destilada y colocar el código del programa de sílice en el espectrofotómetro,

poner la muestra blanco en el equipo para calibrar y presionar el botón (CERO), sacar la celda y colocar la otra con la muestra análisis presionar el botón de leer y esperar el resultado para registrarlo.

3.2.6 DETERMINACIÓN DE SULFATOS EN EL AGUA

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé T.FCH.75.004-04; tomar 100 ml de la muestra en un matraz enlermeyer de 250 ml, agregar 10 ml de solución de yodo al 0.025 N después adicionar 5 ml de ácido acético glacial al mismo matraz; titular con tiosulfato de sodio hasta que llegue a un color amarillo paja y teniendo esa totalidad agregar 2 ml de indicador de almidón con el que se obtendrá un color azul, continuar titulado con tiosulfato de sodio hasta que la muestra quede incolora y anotar ml gastados de tiosulfato de sodio. Repetir todos los pasos anteriores con una muestra de agua destilada como muestra blanco y calcular.

Cálculos para Sulfatos:

$\text{ppm de SO}_4 = (\text{ml gastados de muestra blanco} - \text{ml gastados de muestra analizada})(10)(\text{factor de tiosulfato})$

3.2.7 DETERMINACIÓN DE PH EN EL AGUA

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé LI.00.222; encender el potenciómetro y calibrar con soluciones buffer acida de 4 y alcalina 7, limpiar el electrodo con agua destilada y papel después colocar el electrodo dentro de la muestra analizar acompañado de un agitador magnético para mantener la muestra homogénea durante 30 segundos para que el equipo establezca la lectura y anotar los resultados.

3.2.8 DETERMINACIÓN DE FOSFATOS EN EL AGUA

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé T.FCH.75.006-03; introducir el número de procedimiento pre programado para reactivo fosforo, método molibdonadato (también llamado como orto fosfato) pulsar el número 480 del equipo DR-210-0, hacer girar la perilla de longitud de onda a 430 nm cuando la longitud de onda sea correcta la pantalla mostrara después de unos segundos (ZERO SIMPLE); usando una probeta graduada de 25 ml, llenar una celda con 25 ml de agua destilada (blanco) y adicionar los mismos reactivos que a la muestra. Usando otra probeta graduada de 25 ml

llenar una segunda celda con 25 ml de muestra, agregar 1 ml de reactivo molibdonato a cada celda y agitar de manera circular después pulsar SHIFT y luego TIMER esperar un periodo de 3 min que suene el timbre y colocar el blanco cerrar la tapa del equipo para calibrar a cero luego colocar la muestra y presionar el botón de READ, cerrar la tapa y esperar el resultado.

3.2.9 DETERMINACIÓN DE ALUMINIO EN EL AGUA

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé P.FCH.75.004-02; esta determinación se utiliza un kit de aluminio solo es necesario asegurarse en la caducidad, el kit tiene dos frascos de vidrio, uno para muestra blanco (agua destilada) y otro para la muestra de agua analizada; Añadir a los dos frascos una micro cucharada de AL-1A y disolver, siguiente reactivo que se añade es 1.2 ml de AL-2A y por ultimo añadir 4 gotas del último reactivo AL-3A, tapar el recipiente para evitar la luz y esperar 7 minutos de reacción. Pasado el tiempo de reacción observar el vire de color y verificar la gama de colores para obtener el resultado correcto de aluminio.

3.2.10 DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE EN EL AGUA

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé P.FCH.75.001-06; en un matraz aforado de 25 ml colocar la muestra de agua a analizar y aforar, colocar un sobre de reactivo (chlorine Reagent) tapar el matraz y agitar hasta la dilución del reactivo, después colocar la muestra en un tubo de 16 x 20 y comprar el vire de color con la gama de color en disco, con esto se obtendrá la cantidad de cloro libre en ppm.

3.2.11 DETERMINACIÓN DE FIERRO EN EL AGUA

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé P.FCH.75.000-08; Basado en el manual HACH del equipo DR/2400 con el número de programa 260. Llenar la celda circular con 25 ml de muestra, después añadir un sobre de FerroZine ® Hierro Reactivo Solución Pillow, tapar la muestra esperar un minuto y sacudir vigorosamente hasta mezclar totalmente el reagente en la muestra. Después tocar el icono temporizador con un tiempo de cinco minutos para que se efectúe la reacción, si la muestra vira de a color violeta es porque el fierro está presente. Posteriormente se toman 25 ml de agua destilada como muestra blanco, se coloca en el equipo, después se oprime la tecla ZERO para calibrar a 0.0

mg/L Fe. Ya efectuado ese paso se coloca la celda con la muestra inicial se oprime la tecla READ y se anota el valor de Fe obtenido.

3.2.12 DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN EL AGUA

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé P.FCH.75.002-04; Basado en el manual HACH del equipo DR/2400 con el número de programa 353. Llenar la celda circular con 10 ml de muestra, después añadir un sobre de Nítrate 5 Reagent Powder Pillow, tapar la muestra esperar un minuto y sacudir vigorosamente hasta mezclar totalmente el reagentes en la muestra. Después tocar el icono temporizador con un tiempo de cinco minutos para que se efectúe la reacción, si la muestra vira de color ámbar es porque el nitrato está presente. Posteriormente se toman 10 ml de agua destilada como muestra blanco, se coloca en el equipo, después se oprime la tecla ZERO para calibrar a 0.0 mg/L NO_3^- . Ya efectuado ese paso se coloca la celda con la muestra inicial se oprime la tecla READ y se anota el valor de NO_3^- obtenido.

3.2.13 DETERMINACIÓN DE NITRITOS EN EL AGUA

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé P.FCH.75.002-05; Basado en el manual HACH del equipo DR/2400 con el número de programa 371. Llenar la celda circular con 10 ml de muestra, después añadir un sobre de Nitrito 3 Reagent Powder Pillow, tapar la muestra esperar un minuto y sacudir vigorosamente hasta mezclar totalmente el reagentes en la muestra. Después tocar el icono temporizador con un tiempo de veinte minutos para que se efectúe la reacción, si la muestra vira de color rosa es porque el nitrito está presente. Posteriormente se toman 10 ml de agua destilada como muestra blanco, se coloca en el equipo, después se oprime la tecla ZERO para calibrar a 0.0 mg/L NO_2^- . Ya efectuado ese paso se coloca la celda con la muestra inicial se oprime la tecla READ y se anota el valor de NO_2^- obtenido.

3.2.14 PRUEBA DE JARRAS

Determinación descrita por el lineamiento internacional Nestlé P.FCH.75.003-03; obtener una muestra de agua para ser coagulada a cada uno de los vasos de precipitados con capacidad de 1000 ml. Colocar los 6 vasos llenos de agua en el equipo de prueba de jarras, empleando la solución estándar de aluminio preparada (coagulante), dosificar a cada vaso incrementando las concentraciones de coagulante en secuencia. Encender el equipo, con una agitación rápida de 130 rpm durante 1 min y agitar a 30 rpm por 10 minutos, dejar reposar media hora y ya transcurrido el tiempo verificar los resultados y seleccionar la mejor coagulación para posteriormente dosificar el sulfato de aluminio (coagulante) en el precipitador del proceso de potabilización.

3.3. ANALISIS MICROBIOLÓGICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS MUESTRAS DE AGUA

3.3.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE GÉRMENES EN AGUA

Para el análisis de los gérmenes de las muestras de agua analizadas se utilizó el lineamiento internacional LI.10-111 esta instrucción describe el método recuento de colonias en placa un método muy utilizado cuando se necesita determinar el tamaño de la población bacteriana de una muestra.

El recuento de microorganismos, en este caso, se basa en que cada uno desarrollará una colonia visible. Pero debido a que una muestra no es totalmente homogénea con respecto a su composición microbiológica, es posible que una colonia se origine de un microorganismo o de cientos de ellos, dando en este último caso un recuento menor del real. Esta instrucción se diseñó para medir la eficiencia operativa del proceso de tratamiento de los suministros públicos de agua potable y de aplicación general a todos los tipos de agua. Esto es particularmente aplicable a la exploración de las aguas destinadas al consumo humano, incluyendo el agua en recipientes cerrados y las aguas minerales naturales.

Esta LI.10-111 se basa en los mismos principios que la norma internacional ISO 6222:1999 ya que no hay grandes diferencias entre los métodos. El principio del método es hacer la inoculación mediante la mezcla del agar con la muestra de agua en una placa estéril como se describe a continuación, el cálculo del número de unidades formadoras de colonias UFC/ml de la muestra a partir del número de colonias formadoras visibles en el medio.

En este método se utiliza agar extracto de levadura (YEA) y un indicador (TTC) es una solución de Cloruro de Trifeniltretrazolio para la identificación de las colonias en la lectura. Para la inoculación es pipetear 1 ml de muestra del agua analizar y colocarlo en una placa estéril, en caso de tener una muestra muy turbia se hacen diluciones con agua peptonada ya que es medio usado como diluyente y para enriquecimiento bacteriano a partir de alimentos y otros materiales de interés sanitario, después se le añaden de 20 ml de medio fundido extracto de levadura (YEA) y mezclar cuidadosamente por rotación circular suave para homogenizar; esperar a que el medio se ajustaste. Es importante saber que el tiempo entre la adición de la muestra de ensayo o su dilución y la adición del medio no debe exceder 15 min. Posteriormente se realiza la incubación y se hace a 35 °C durante 48 horas, en la lectura de las placas se agrega con una pipeta estéril un 1 ml de indicador (TTC) y se deja reposar 3 min, este indicador tiñe las colonias de rojo claro para que sean mucho más visibles después de la incubación; contar todas las colonias presentes en cada placa tan pronto como se retiran de las incubadoras y rechazar cualquier placa con crecimiento confluyente. Calcular el número estimado de unidades formadoras de colonias presentes en 1 ml de la muestra (sin diluir y o diluido) los resultados son expresados en UFC/ml y como (no detectados en 1 ml). Si hay más de 300 colonias en las placas inoculadas con las diluciones más altas utilizadas, expresar los resultados como (>300) dividido por la placa de dilución más alta o como solo aproximada, el límite mínimo es (<30) y máximo permisible 300 UFC/ml.

3.3.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE COLIFORMES TOTALES EN AGUA

Para el análisis de coliformes totales en las muestras de agua se utilizó la técnica método de filtración por membrana indicado por la instrucción LI-10-113 en donde se describe el método para la determinación y el recuento de coliformes totales, coliformes termo tolerantes y *Escherichia coli* en el agua con el método filtración por membrana, basada en la norma internacional ISO 9308-1:2000. Se aplica a todas las aguas, excepto cuando hay grandes cantidades de materia en suspensión que es muy probable que sea retenido por la membrana. Para efectos de la presente LI-10-113, los coliformes totales se definen como: bacterias Gram (-) que crecen en condiciones aerobias o anaerobias facultativas a una temperatura de 37°C a 24 horas, en un medio selectivo de agar TTC con lactosa y tergitol 7 que contiene (lactosa 20, peptona 10, Extracto de Levadura 6, Extracto de Carne 5,

Sulfato de sodio heptadecil (Tergitol 7) 0,1, Bromotimol azul 0.05, Agar Bacteriológico 1) y es específico para determinar Coliformes totales en el agua.

En el procedimiento 100 ml de cada muestra son filtrados a través de una membrana de nitrato de celulosa estéril con un tamaño de poro de 0.45 micras. Colocar el filtro en el medio selectivo de agar TTC con lactosa y tergitol 7, con ayuda de unas pinzas estériles después en la incubación las placas se invierten y se meten a incubadora a una temperatura de 37° C a 48 horas. El Tergitol 7 es sustancia impide el crecimiento de bacterias Gram (+). El medio contiene también lactosa, TTC y azul de Bromotimol como indicador de pH. Los coliformes fermentan la lactosa y esto se evidencia por un cambio de color del indicador de pH; las bacterias no coliformes reducen el TTC (2, 3,5 Trifeniltretrazolio) en el medio para formar colonias de color rojo, también el medio se vuelve azul debido a la utilización de peptonas que se cambian en amoníaco por los microorganismos y por eso hay que contar diferentes tipos de colonia y hacer su confirmación individual. Las colonias típicas son de color amarillo con un centro anaranjado, a veces de color rosado-amarillento o bien marron, posiblemente con un aspecto ligeramente metálico. Son redondos, planos, granulada y en ocasiones muy mucosos. Las colonias que fermentan lactosa tienen un halo amarillo en el centro que a veces está claro debajo de la membrana.

Posteriormente de la confirmación de Coliformes totales se hace una confirmación de coliformes termo tolerantes como es el caso de la *Escherichia coli*, se realiza con las mismas propiedades de fermentación de 24 a 48 horas a una temperatura de 45 °C, dando lugar a la producción de gas con caldo Bilis verde brillante (Bilis de buey deshidratada 20 g, lactosa 10 g, peptona 10 g, verde brillante 0.0133g). En el medio de cultivo, la peptona aporta los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo bacteriano, la bilis y el verde brillante son los agentes selectivos que inhiben el desarrollo de bacterias Gram (+) y Gram (-) a excepción de coliformes, y la lactosa es el hidrato de carbono fermentable, esta es una propiedad del grupo coliformes, la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas. En esta prueba se añaden 40 g de polvo deshidratado por litro de agua destilada, después disolver y distribuir 10 ml por tubo con campanita de Durham y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos, para análisis de coliformes fecales a partir de colonias presentes en el medio, que se presume sean coliformes, transferir una asada a un tubo con Verde Brillante y Bilis al 2% caldo fresco, incubando a 45 +/- 0.5 °C

durante 24 horas, los resultados se ven con la turbiedad del caldo producción de gas visibles en el tubo, con el número de tubos positivos, calcular el número más probable. El resultado se expresa por gramos ó 100 ml de producto. Para la prueba de indol el cultivo bacteriano puro debe ser sembrado en un caldo, los resultados de una prueba de indol se indican con el caldo triptófano por 24 a 48 horas. Luego de la incubación, se añaden cinco gotas de reactivo Kovac (alcohol isoamilo, *p*-dimetilaminobenzaldehído y ácido clorhídrico concentrado al caldo del cultivo.

Los resultados positivos se muestran por la presencia de un color rojo o rojo-violeta en la superficie de la capa de alcohol en el cultivo. Un resultado negativo se muestra amarillo. Un resultado variable puede ocurrir cuando se muestra un color anaranjado. Ello es debido a la presencia de escatol, también conocido como metil-indol o indol metilado, otro posible producto de la degradación del triptófano.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 FIGURA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RESULTADOS

Con objeto de comprender los resultados se dividió en 4 bloques que son cada una de las aguas determinadas ubicadas en diferentes puntos de la planta Nestlé de Chiapa de Corzo; por otro lado es importante mencionar que los resultados de análisis fisicoquímicos que vienen a continuación son un promedio de análisis diarios durante seis meses, a diferencia de los análisis microbiológicos con un promedio de un análisis por mes durante 6 meses. A su vez dentro cada una de las gráficas de estos resultados fisicoquímicos, encerrado entre paréntesis el número que representa la desviación estándar (S), lo que permite percibir las variaciones de los resultados obtenidos de los análisis realizados.

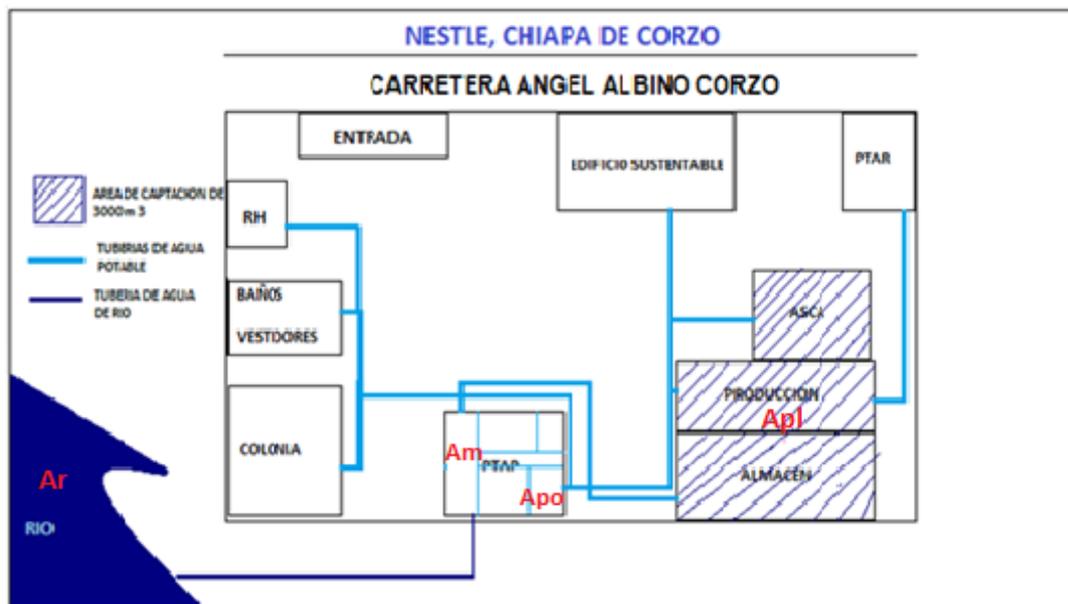


Figura. 4 Diagrama esquemática para la identificación de resultados donde: Ar) agua de río, Apl) agua pluvial, Am) mezcla de las dos aguas y Apo) agua potable

4.2 CANTIDAD DE AGUA PLUVIAL CAPTADA

En la figura anterior se mostraron los resultados de la captación de agua pluvial en m^3 con un área de captación en techado de $3000 m^2$, esta investigación se realizó por mes en el periodo de enero-julio obteniendo que a partir del mes de abril se tuvo una precipitación de 4 mm por día, con esto se tiene $360 m^3$ de agua en el mes de abril, ya que fue un mes en el que no se contó con suficiente lluvia, mencionando la precipitación más significativa fue el mes de junio teniendo 17 mm de precipitación al día, con esto se obtuvo una gran cantidad de agua captada de $1530 m^3$ en el mes.

Cuadro.5 m^3 de precipitación pluvial captada en el periodo de Enero- Julio

Mes	Precipitación pluvial promedio (mm)	Superficie del techo (m^2)	Cantidad captada promedio por mes (m^3)
Enero	0	3000	0
Febrero	0	3000	0
Marzo	0	3000	0
Abril	4	3000	360
Mayo	8	3000	720
Junio	17	3000	1530
Julio	12	3000	1080

4.3 PORCENTAJES DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL, EXTRACCIÓN DE RÍO Y AHORRO DEL TRATAMIENTO

Es importante mencionar esta parte de los resultados, debido a que es indispensable conocer en porcentaje la cantidad de extracción del agua de río y la captación de agua pluvial en el periodo de captación, así como también la cantidad de ahorro en costos de potabilización. Teniendo un ahorro de \$ 40,294.8 pesos de acuerdo a los m^3 de agua captados y una precipitación pluvial a partir del mes de abril de $3690 m^3$, el promedio de captación de agua pluvial en el periodo de enero-julio con un área de captación de techado de $3000 m^2$ fue de 15.8 % y durante esos meses se extrajo solamente el 84.2 % de agua de río del 100 % que convencionalmente se extrae, con lo cual se presenta un ahorro en la extracción de agua de río, convirtiéndose en un paso importante para mantener y ahorrar las aguas superficiales que son un recurso no renovable.

Cuadro. 6 Porcentajes de captación de agua pluvial y extracción del río Grijalva en la Planta Nestlé Chiapa de Corzo

Mes	Consumo mensual (m ³) extraídos del río	Agua pluvial captada (m ³)	Total (100%) m ³	% de Captación de agua pluvial	% Extracción de río	Ahorro (\$)
Enero	4538	0	4538	0	100%	0
Febrero	4013	0	4013	0	100%	0
Marzo	4868	0	4868	0	100%	0
Abril	5881	360	6241	5.7 %	94.3%	\$3931.20
Mayo	4914	720	5634	12.8 %	87.2 %	\$7862.40
Junio	4301	1530	5831	26.3%	73.7%	\$16,707.60
Julio	4804	1080	5884	18.4%	81.6 %	\$11,793.40

4.4 RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUÍMICOS

4.4.1 TEMPERATURA

La temperatura es un parámetro físico de suma importancia para los ecosistemas hidráulicos, aunque no es parte de las características de calidad del agua potable. Es de suma importancia para el crecimiento acuático y las reacciones biológicas, los resultados obtenidos de temperatura en las diferentes muestras no presentan una gran variación debido a que en la muestra (Ar) tenemos una temperatura de 31°C, en la muestra (Apl) una temperatura de 29°C, en la (Am) que es la mezcla de las dos aguas se homogeniza y obtenemos una temperatura de 30°C, la muestra (Apo) debido a su paso por filtros y tuberías baja un poco su temperatura por eso es que obtenemos una temperatura de 25°C, esta temperatura es la ideal que debe tener el agua tanto superficiales, atmosféricas y tratadas su variación depende de los cambios climatológicos de cada región DIGESA, 2010.

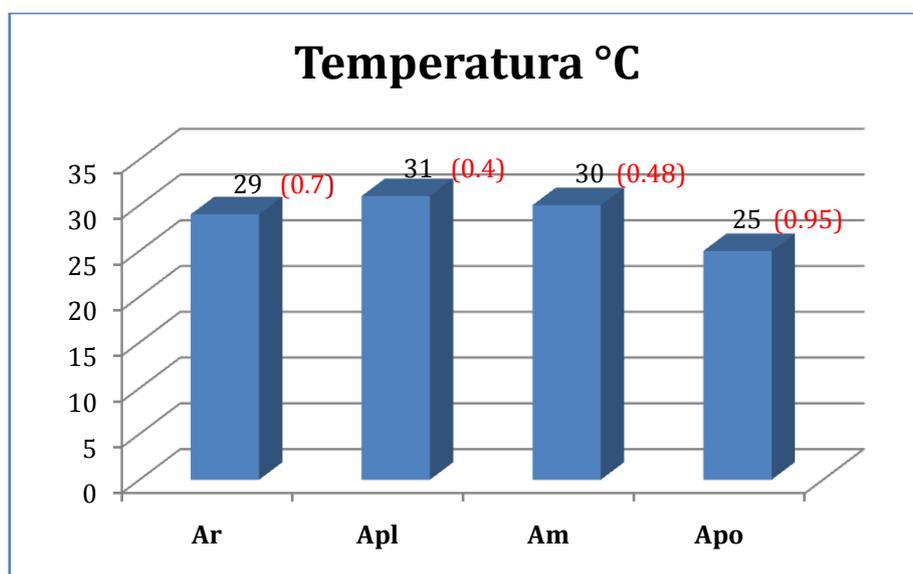


Figura.5 Temperatura promedio de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.2 PH

Las determinaciones de pH de los diferentes tipos de agua, se obtuvo que la muestra (Ar) es ligeramente ácido de 5.3 y la muestra (Ap) presenta un pH 7.2 por lo cual al mezclarse obtenemos que la muestra (Am) cambio a pH 6.6, esto se debe a la combinación de las aguas; al mezclarse los potenciales de hidrogeno y la homogenización. En la muestra (Apo) obtenemos un pH de 6.9 que está dentro de un rango 6.5-8.5 que marca la NOM-127-SSA-1994. El pH es importante ya que interviene en el cálculo de carbonatos y bióxido de carbono lo mismo que para el índice de corrosión o estabilidad y en los procesos de tratamiento para conocer el grado acidez o alcalinidad que se encuentra aunque entre más neutro se encuentre nos asegura una mejor calidad de agua.

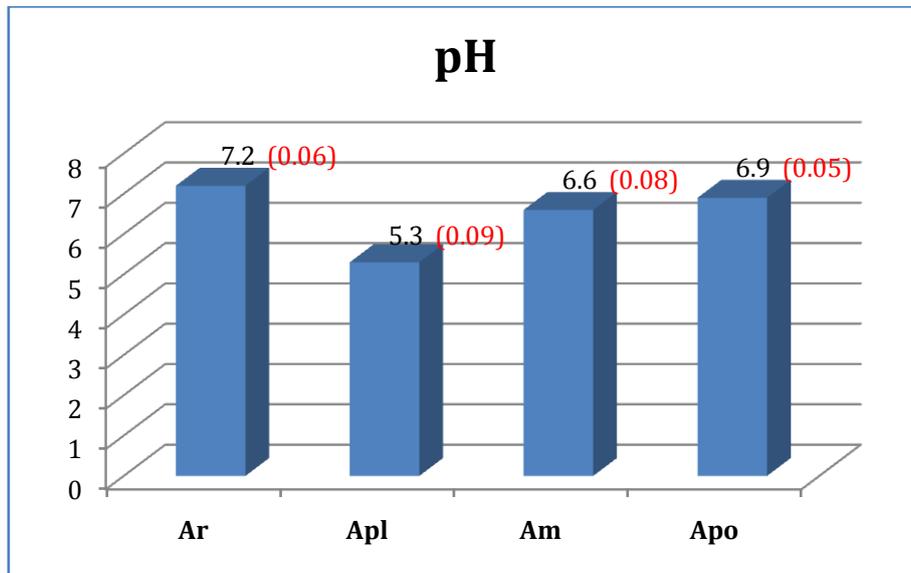


Figura. 6 pH de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.3 ALUMINIO

Los resultados obtenidos de residual de aluminio fueron las siguientes: en la muestra (Ar, Apl y Apo) no se obtuvo residual de aluminio debido a que no presentan contaminación de metales pesados en la muestra (Am) se obtuvo un residual de 0.07 debido que al ser mezcladas las dos aguas se pasan a los precipitadores con una cierta cantidad de coagulante como es el sulfato de aluminio para su tratamiento de potabilización, con esto se confirma el cumplimiento legal de la NOM-127-SSA1-1994 con un límite máximo permisible de 0.20 mg/L.

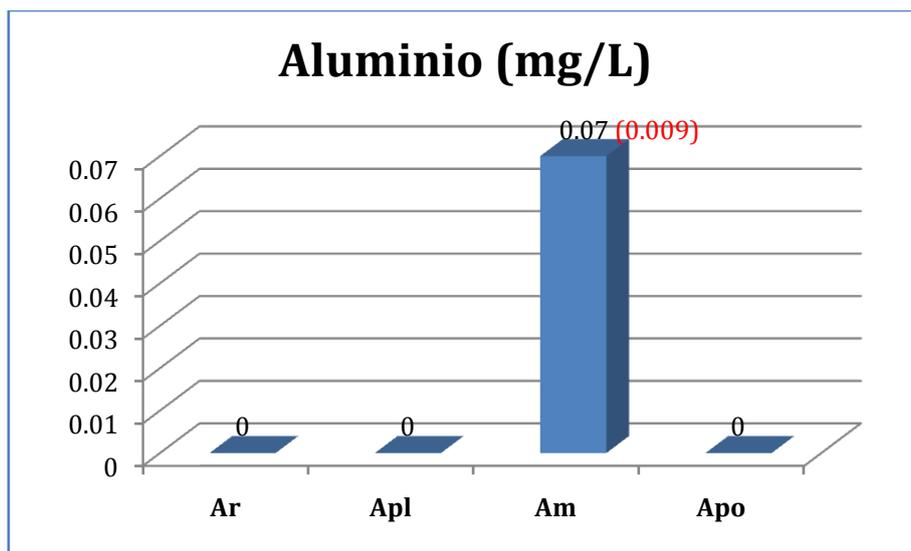


Figura. 7 Aluminio de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo.

4.4.4 CLORO RESIDUAL LIBRE

La determinación de cloro residual en las muestras (Ar y Apl) no presentan ningún residual de cloro. La muestra (Am) tiene un residual de cloro de 0.3 mg/L debido a que durante esta etapa se inicia el tratamiento de potabilización adicionando hipoclorito de sodio y la muestra (Apo) tienen un residual de cloro de 0.5 mg/L la concentración de esta muestra se debe a que después de la etapa de filtración por carbón activado hay una tercera cloración para garantizar la disminución total de microorganismos en el agua potable final siempre cumpliendo los lineamientos que marca la NOM-127-SSA-1994 ya que el límite máximo permisibles es de 0.2-1.5 mg/L de residual de cloro.

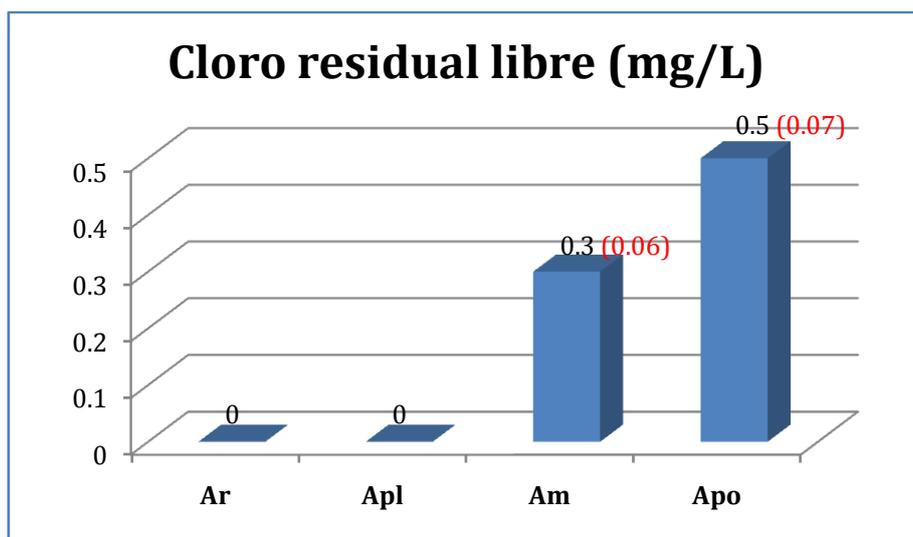


Figura. 8 Cloro residual libre de las diferentes aguas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.5 DUREZA TOTAL

Los resultados obtenidos de los análisis de dureza total en las diferentes muestras son los siguientes en la muestra (Ar) presentó una dureza de 214 mg/L, debido a que el agua en su composición contiene sales minerales como son calcio y magnesio que son los que reflejan dureza en un agua expresada como en carbonato de calcio. La muestra de (Apl) con una dureza de 52 mg/L, el agua pluvial no contiene ningún tipo de dureza, por lo tanto el resultado obtenido es realmente bajo pero se debe a los canales que se desinfectan con pastillas de hipoclorito de calcio a una concentración del 65 % por donde se transporta el agua pluvial, la muestra (Am) 182 mg/L aquí es la mezcla de las dos aguas y lo que pasa es que se homogeniza y cambia la concentración que tenían inicialmente, Y en la muestra (Apo) tiene 180 mg/L de dureza debido a que al pasar por los filtros de arena y carbón activado no se elimina más que el material orgánico que queda atrapado, también el cambio debe deberse al método analítico usado teniendo como margen de error (0.3), además el límite permisible que marca la NOM-127-SSA1-1994 es de 500 mg/L. También es importante saber que donde se eliminan totalmente los minerales como magnesio y calcio es en el suavizador de agua porque el agua ya potabilizada pasa por un intercambio iónico.

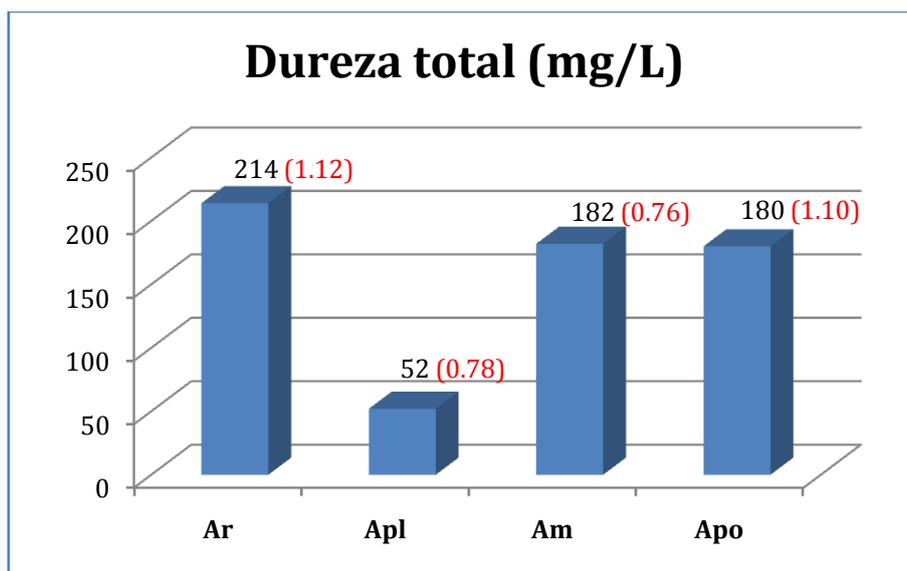


Figura.9 Dureza total de las diferentes aguas analizadas y la desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.6 FIERRO

Los resultados obtenidos de la determinación de fierro son los siguientes: en la muestra (Ar y Apl) se tiene 0.11mg/L de Fe residual esto nos indica presencia de fierro disuelto en el agua, este metal se encuentra en abundancia en la corteza terrestre por lo que siempre estará presente en el agua. En la muestra (Am) se obtuvo 0.06 mg/L este valor disminuyó debido a que esta muestra es la mezcla de las dos aguas y en este tanque se da una cloración y a su vez con el oxígeno del aire se produce una oxidación del fierro dando como resultado óxido ferroso (Fe_2O_3) el cual precipita por lo tanto baja la concentración y en el caso de la muestra (Apo) se obtuvo que se tiene 0.01 mg/L esto se debe a que pasa por el proceso de potabilización en el cual el tiempo de sedimentación es mayor, después pasa por los filtros y por dos cloraciones más es por eso que el resultado es muy bajo. A pesar de que nuestros resultados de fierro residual varían conforme el proceso de potabilización los valores obtenidos no son de gran importancia porque está por debajo del valor máximo que es 0.3 mg /L que marca la NOM-127-SSA1- 1994 y no resultan ningún peligro para la salud ni afectan la calidad del agua.

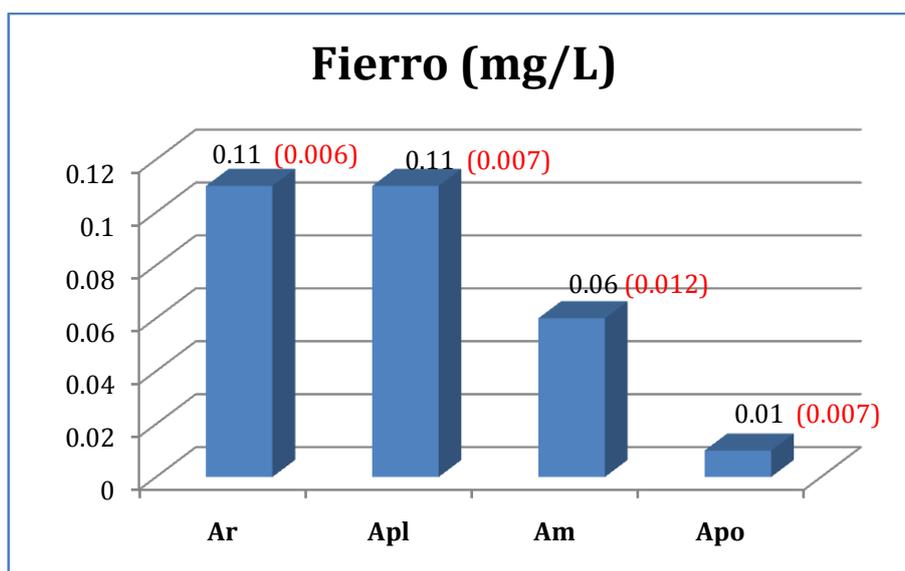


Figura. 10 Contenido de Fierro de las diferentes aguas analizadas y desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.7 NITRATOS

Los resultados del análisis de nitrato fueron los siguientes: en la muestra (Ar, Am y Apo) se obtuvo 0.03 mg/L de nitratos y un valor ligeramente más alto en la muestra (Apl) con 0.041 mg/L. Estos valores obtenidos no representan ningún problema debido a que en aguas superficiales y subterráneas su concentración es generalmente menor de 0.1 mg/L, además la muestra (AP) con tratamiento de potabilización está dentro de los límites que marca la NOM-127-SSA1-1994 ya que el límite mayor de nitratos es de 10 mg/L. Sin embargo, en las aguas muestreadas y analizadas existe residual de nitratos debido a fuentes contaminantes, como sistema séptico, estiércol, basuras, componente de fertilizantes y material vegetal en descomposición.

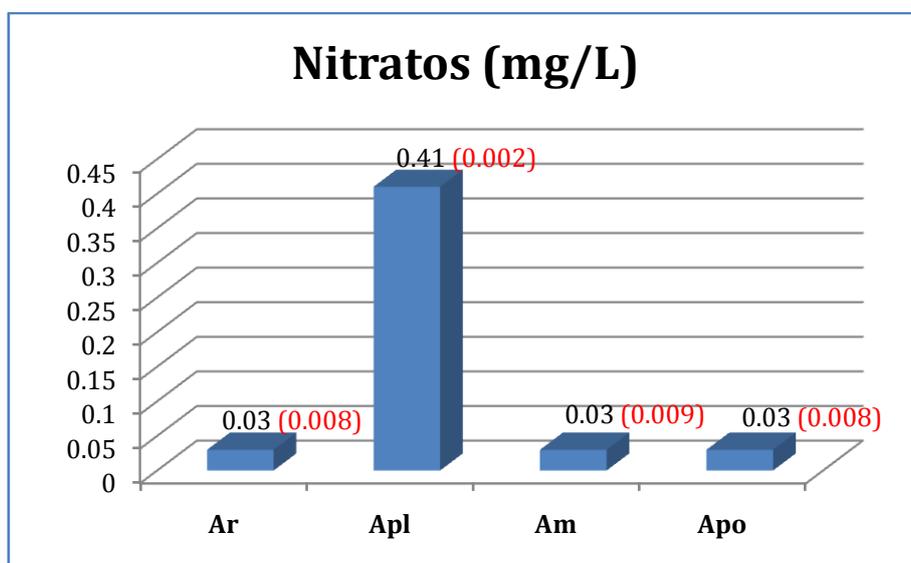


Figura. 11 Nitratos de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.8 NITRITOS

Los resultados obtenidos en la determinación de nitrito fueron los siguientes: en la muestra (Ar, Am y Apo) se obtuvieron valores con una diferencia no significativa a 0.004 mg/L de nitratos y un valor un poco más alto en la muestra (Apl) con 0.009 mg/L estos valores obtenidos no representan ningún problema debido a que en aguas superficiales y subterráneas su concentración es generalmente menor de 0.1 mg/L, además los valores están dentro de los límites permisibles que establece la NOM-127-SSA1-1994, ya que el valor máximo de nitritos es de 1 mg/L . En el ciclo del nitrógeno, con la formación del amoníaco y debido a la descomposición de la materia orgánica existente, se producen los nitritos (NO^{-2}) y por consecuencia los nitratos (NO^{-3}) por una nitrificación en condiciones aerobias, después de esto viene una desnitrificación para la formación de óxido nítrico (N_2O) y finalmente nitrógeno gaseoso (N_2), este se queda en la atmósfera y una parte es arrastrado por la lluvia en su temporada y así como también el nitrógeno generado por el material orgánico en la muestra (Ap) los resultados son mayores y se debe a que los nitritos se forman a través de los nitratos arrastrados por el agua pluvial en la superficie de captación por una oxidación bacteriana incompleta de nitrógeno en el medio de captación (acuático), o por la reducción bacteriana del nitrato.

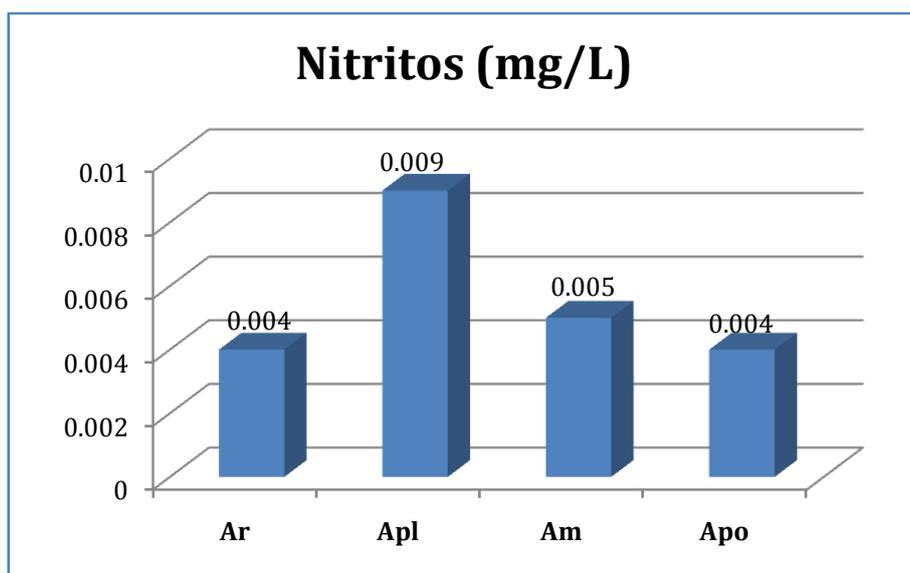


Figura. 12 Nitritos de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.9 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Los resultados obtenidos de sólidos disueltos son los siguientes: La muestra (Ar) se obtiene 263 mg/L de sólidos totales, debido a que contiene más carga orgánica; como aceites, grasa, arcillas, arena, fangos. A su vez también contiene mucho material inorgánico ya sea aniónicos como: carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos y los catiónicos como: calcio, magnesio, sodio y potasio. En la muestra (Apl) no se debe tener un valor bajo sólidos totales disueltos sin embargo el valor obtenido fue de 84 mg/L, esto se debe a los residuos obtenidos en los techos de captación y a los tanques de almacenamiento, en la muestra (Am y Apo) la concentración de sólidos totales disueltos disminuye notablemente debido a que en la mezcla de las aguas se homogeniza y cambia la concentración y en la muestra (Apo) esta agua ya ha pasado por el proceso de potabilización y los sólidos son retenidos a través de filtros de arena y carbón activado, aun así los valores obtenidos son relativamente bajos, ya que el límite máximo permisible marcado por la NOM-127-SSA1-1994 es de 1000 mg/L.

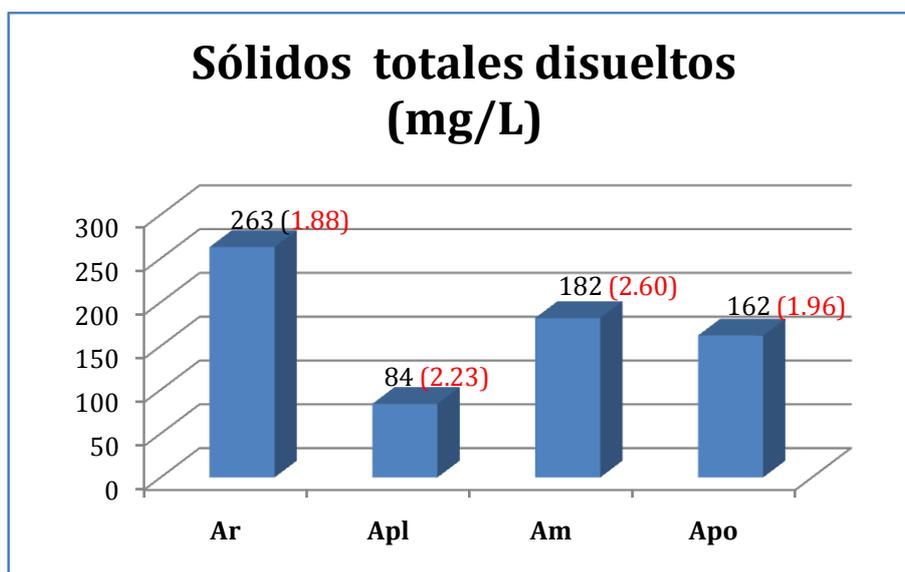


Figura. 13 Sólidos totales disueltos de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.10 ALCALINIDAD FENOLFTALEÍNA

La alcalinidad se debe a tres presencias de iones principales como es: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos; pero se expresa en carbonato de calcio debido a que hay más cantidad de este en el agua. La alcalinidad con indicador fenolftaleína funciona con pH mayores de 8.3, al llegar a este pH vira de color rosa a incoloro y esto nos indica que ha iniciado la reacción de neutralización de la concentración de los iones OH^- del agua y con la mitad de los carbonatos presentes, con los iones H^+ del ácido sulfúrico. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en la muestra (Ar) se obtuvieron 6 mg/L de carbonato de calcio debido a que en este tipo de agua el pH está en 8.38, el cual nos indica una presencia mayor de iones OH^- en el agua en las muestras (Apl y Apo) se obtuvo 0 mg /L esto es debido a que el agua de la muestra (Apl) siempre es ácida o ligeramente ácida y no contiene carbonatos porque al captarla no tiene contacto con el sub suelo que es de donde se obtiene la mayor parte de los minerales. En la muestra (Am) disminuye, debido a que con la mezcla se homogeniza y con la cloración inicial disminuyen los carbonatos.

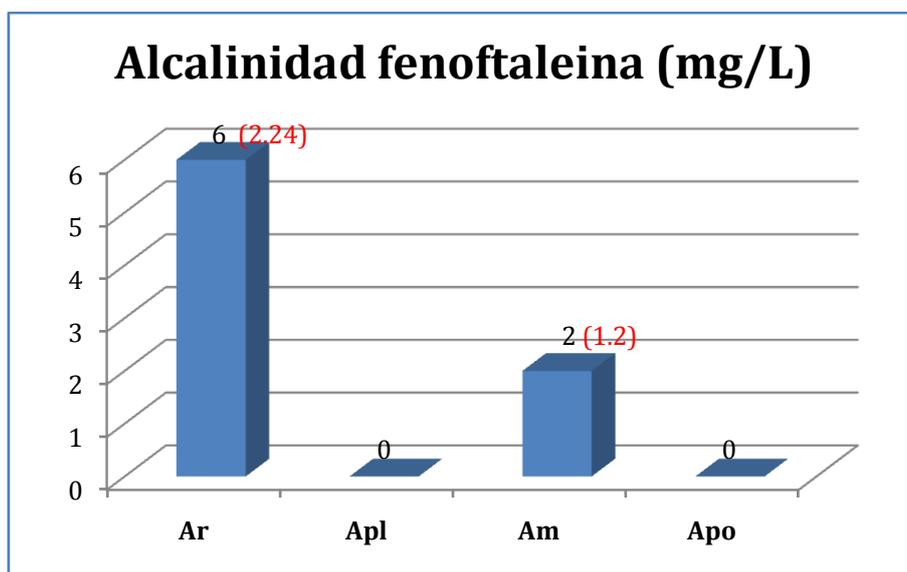


Figura.14 Alcalinidad fenolftaleína de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.11 ALCALINIDAD TOTAL

En la alcalinidad total el indicador más usado es el naranja de metilo, en esta etapa de la reacción de alcalinidad los carbonatos ya fueron neutralizados y se formaron los iones carbonatos HCO_3^- , estos iones son neutralizados en esta etapa con los iones H^+ del ácido sulfúrico formando ácido carbónico H_2CO_3 , aquí es donde la reacción presenta una disminución a un pH de 4.5 y por lo tanto se da el vire de amarillo–naranja, con esto se obtiene la cantidad total de carbonato de calcio presente en la muestra. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en la muestra (Ar) se tiene 120 mg/L, (Apl) 50 mg/L, debido a que el agua pluvial tiene un pH de 5.3 y con el indicador naranja de metilo presenta la cantidad total de carbonatos en la muestra ya que la reacción se da a un pH de 4.5, en la muestra (Am) 90 mg/L y la muestra (Apo) 92 mg/L; aquí la concentración baja por la mezcla, homogenización y tratamiento de las dos aguas, el límite máximo permisible es de 300 mg/L este valor es expresado como Carbonato de Calcio (CaCO_3) marcado por la NOM-041-SSA1-1993.

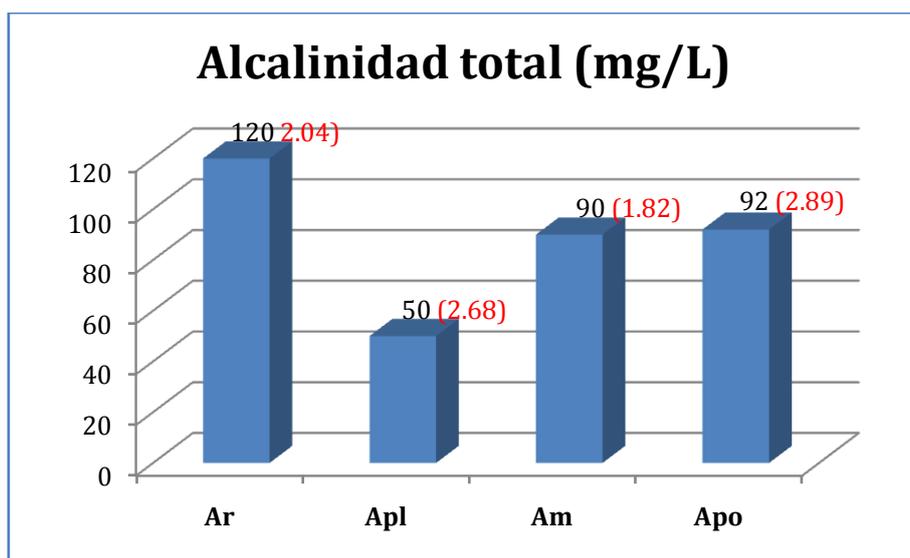


Figura.15 Alcalinidad total de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.12 SULFATOS

Los resultados obtenidos en este parámetro presentan que existe una mayor cantidad de sulfatos en la muestra (Ar) con 2 mg/L y por consiguiente en la muestra (Apl) con 0 mg/L. Los resultados de las muestras (Am y Apo) son de 1 mg/L.; es necesario conocer que la cantidad permitida de sulfatos en el agua potable por la NOM-127-SSA1-1994 es de 400 mg/L, por esta razón los resultados obtenidos de sulfatos no son peligrosos. Tratándose del agua de río se tiene una mayor cantidad de sulfatos esto se debe a que el sulfato puede ser reducido y volatilizado a la atmósfera como H_2S , precipitando como sales insolubles o bien incorporado a organismos vivos, por lo tanto en los ríos hay una gran cantidad de compuestos orgánicos y sulfuros metálicos, por esta razón los sulfatos son producidos por la oxidación de las bacterias de estos compuestos. En el caso de la mezcla de agua pluvial con el agua de río al ser mezcla cambia la concentración de sulfatos que tiene el agua del Grijalva; es por esto que los datos obtenidos son menores y en el agua potable también es bajo debido a que la carga orgánica es menor.

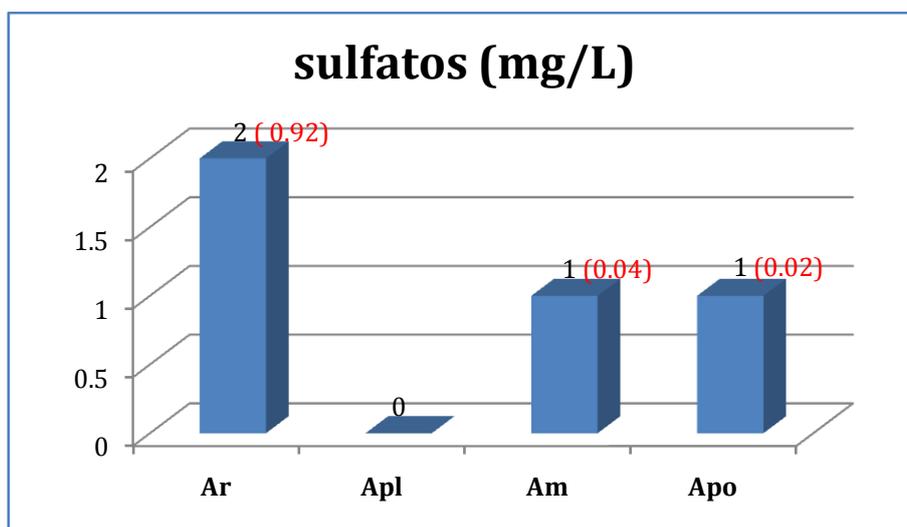


Figura. 16 Sulfatos de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.13 FOSFATO

Los resultados obtenidos de fosfato fueron los siguientes: En la muestra (Ar) se obtuvo 1.2mg/L de fosfato presente en el agua del río Grijalva. En este tipo de agua por arriba de 2mg/L ya se puede ocasionar un problema de contaminación en los mantos acuíferos por que tan solo un gramo de fosfato provoca el crecimiento de casi 100 gramos de algas, si el crecimiento de algas es excesivo cuando estas mueran los procesos de descomposición pueden dar como resultado una alta demanda de oxígeno, agotando el oxígeno presente en el agua. Para el caso de la muestra (Apl) con 0.4, mg/L la muestra (Am) con 0.7 mg/L y la muestras (Apo) con 0.87 mg/L no son concentraciones que puedan provocar problemas de contaminación ambiental y de salud.

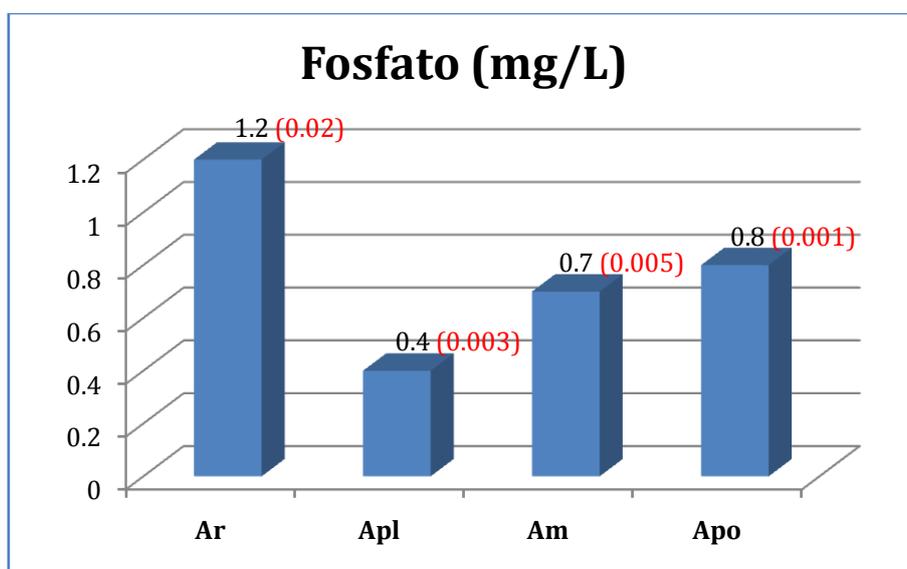


Figura. 17 Fosfato de las diferentes aguas analizadas y su desviación (adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.4.14 SÍLICE

Los resultados obtenidos de sílice fueron los siguientes: en la muestra (Ar) se obtuvieron 8.2 mg/L de sílice ya que en la mayoría de las aguas superficiales se tiene una concentración de 1- 30 mg /L y 10 mg/L en aguas potables; en la muestra (Apl) se obtuvo 2.2 mg/L de agua pluvial debido a que en las rocas que contienen silicio componen casi un 70 % de la corteza terrestre, siendo la principal fuente de silicio para el agua; con esto la lluvia tiene un alta concentración de CO₂, que provoca la mineralización de las rocas, liberando sílice (SiO₂); a pesar de que se tiene una cantidad de sílice, no existe algún tipo de riesgo, ya que los niveles son mínimos. En la muestra (Am) se obtuvieron 7.4 mg/L, esto se debe a la mezcla de las dos aguas y la homogenización, en la muestra (Apo) disminuyó la concentración a 6.2 mg/L debido al proceso de potabilización, ya que en alguna etapa del proceso puede reaccionar el sílice.

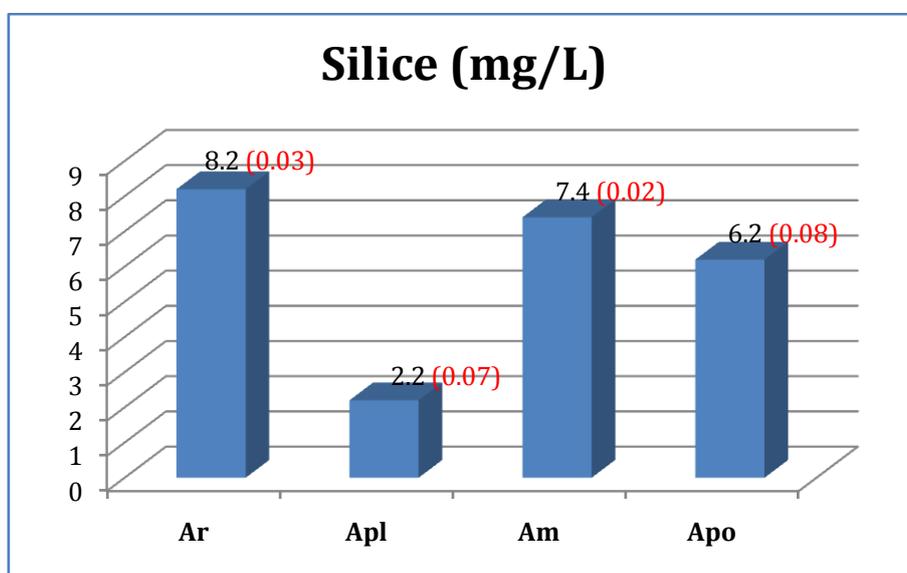


Figura. 18 Sílice de las diferentes aguas analizadas y su desviación estándar (Adecuada en paréntesis) en el laboratorio de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo 2013.

4.5 RESULTADOS Y LÍMITES PERMISIBLES DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS

Los resultados de aspecto físico del agua son importantes ya que es algo sensorial esto es para determinar con los sentidos humanos la calidad de agua, en este cuadro se muestran los resultados con los límites permisibles que marca la NOM-027-SSA-1994 de acuerdo a esta normatividad y al análisis sensorial del agua en el periodo de enero- julio se obtuvieron parámetros por debajo de los límites permisibles y por lo tanto muy favorables

Cuadro. 7 Resultados de características físicas y organolépticas obtenidas en el laboratorio de análisis de calidad de la planta Nestlé de Chiapa de Corzo abril 2013.

Características	Límite permisible de acuerdo a la norma NOM-127-SSA-1994	Ar	Apl	Am	Apo
Color	20 unidades de platino cobalto.	<5	5	5	4
Olor / sabor	Agradable	Terroso /no	Agradable	Terroso /no	Agradable
Turbulencia	5 (UTN)	0.50	0.39	0.42	0.58

4.6 RESULTADOS Y LÍMITES PERMISIBLES DEL LAS PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

En los análisis microbiológicos realizados se determinan microorganismos importantes en el agua que son organismos coliformes totales, coliformes fecales y gérmenes; en la muestra (Ar) los coliformes totales se obtuvo un resultado debajo de 150 UFC/ml en la comprobación de la *E. Coli*, existe ausencia de este microorganismo en especial y un resultado de 300 UFC/ml de gérmenes, al igual que en la muestra (Apl); en la muestra (Am y Apo) se observa que el resultado está dentro de los parámetros permisibles para la calidad microbiológica del agua potable, ya que en la muestra (Am) se presenta la mezcla de las aguas en el tanque de aguas crudas con una cloración de pastillas de hipoclorito al 60 % con un residual menor de 0.6 ppm y la muestra (Apo) es el agua con el tratamiento de potabilización presentándose resultados favorables los cuáles cumplen con los parámetros que marca la NOM-127-SSA-1994 y la LI-010.

Cuadro. 8 Resultados microbiológicos obtenidos en el laboratorio de análisis de calidad de la Planta Nestlé Chiapa de Corzo abril 2013

Microorganismos	Limite permisible de acuerdo a la norma NOM-127-SSA-1994	Ar	Apl	Am	Apo
Organismos coliformes totales(UFC/100m)	Ausencia: <1	>150	>150	<1	<1
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	Ausencia: <1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Gérmenes (UFC/ml)	Ausencia :<1	>300	>300	<1	<1

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Con este sistema se logró disminuir la cantidad de agua extraída del río Grijalva con una captación de 3690 m³ de agua pluvial en el periodo enero-junio, esto constituye el 15.8 % del consumo de la Planta con respecto al 100% extraído del agua de río, así como un ahorro significativo de \$40,294.80 pesos.
- El agua obtenida de la mezcla de agua de río y pluvial así como las agua de río, pluvial y potable son de buena calidad debido a que sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas cumplen con las Normas Mexicanas y Lineamientos Internacionales Nestlé. Además con los resultados obtenidos se pudo observar, que el agua captada puede ser utilizada para uso doméstico de acuerdo a los parámetros que marca CE-CCA-001/89 Y La Ley Federal de Derechos del agua.
- En la determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua potable se obtuvieron resultados dentro de los límites máximos permisibles de la NOM-127-SSA-1994 y de la LI-010 ya que los Coliformes totales y los gérmenes deben estar ausentes (<1) en el agua potable y esto garantiza que el agua obtenida puede ser consumida y utilizada para la elaboración de productos de la Planta Nestlé.
- Cabe señalar que es el primer trabajo de este tipo desarrollado por la Empresa Nestlé, debido a su total compromiso con el medio ambiente y al mismo tiempo la búsqueda de cumplimiento del marco legal, para ser una empresa socialmente responsable siendo una de las primeras empresas en el Estado en implementarlo, lo cual permite observar un modelo de captación integral y sustentable a corto y mediano plazo para ser utilizado en otras empresas del país y del mundo entero.

• 6. BIBLIOGRAFIA

Anaya, M. (1998).). *Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América latina y el Caribe*. (Master's thesis).

Ballén, J. (2006). *de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia*. Informally published manuscript, Seminario Iberoamericano, Retrieved from

Catalán, L. (1990). *Química del agua*. (Bellisco ed., Vol. 2, p. 423). Madrid

Comisión Nacional del agua CONACULTA, (2008). *Estadísticas del agua en México a*. Retrieved from Secretaria del medio ambiente y recursos naturales website: sina@conagua.gob.mx

Comisión Nacional del agua CONAGUA, Planificación y gestión de desarrollo turístico (2000). *Panorama de la cultura en Chiapas*. Retrieved from Estrategia mundial de desarrollo sustentable website: www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/chiapas

Gould J. y E. Nissen-Petersen. (1999). Rainwater catchment systems for domestic supply. Retrieved from (m.malesu@cgiar.org)

García, M. G., Ramírez, H., Meulenert, P. A., Gracia, F., Gracia, F., & Arellano, J. C. (2006). Influencia de los contaminantes SO₂ y NO₂ en la formación de lluvia ácida en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. , pp. 4:1-16.

Han, Z., Ueda, H., & Sakurai, T. (2005). Model study acidifying wet deposition in East Asia during wintertime. *Atmospheric Environment*, 2, 40.

Martínez Ruiz, J. L. Instituto Mexicano de Técnicas y agua, (2004). *Estudio antropológico sobre sistemas de riego y captación de agua pluvial prehispánica*. Retrieved from IMTA website: svargas@tlaloc.imta.mx

Metodología oficial para determinar la calidad del agua Nestlé Chiapa de Corzo (LI-10-111). (2012). Determinación de gérmenes en el agua potable para medir la eficiencia operativa del proceso de potabilización y de otros suministros de agua. In *Basada en la norma internacional ISO 6222: 1999*. (Vol. 1, p. 10). Chiapa de Corzo, Chiapas: Nestlé.

Metodología oficial para determinar la calidad del agua Nestlé Chiapa de Corzo (LI-10-113). (2012). Metodología para el recuento de coliformes fecales, coliformes termo tolerantes y E. Coli por el método de filtración por membrana. In *Basada en la norma internacional ISO 9308-1:2000*. (Vol. 1, p. 15). Chiapa de corzo, Chiapas: Nestlé.

Manual de pruebas fisicoquímicas del agua fabrica Nestlé Chiapa de Corzo (P.F CH -003 -03). (2012). Chiapa de corzo, Chiapas: Nestlé.

Manual de parámetros fisicoquímicos del agua (p.8-10) DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental (2010). México

Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI. (2002, febrero 18). *Anuario estadístico del estado de Chiapas*. Retrieved from <http://www.inegi.org.mx/>

Norma oficial mexicana (NOM-127-SSA1-1994). (1994). *Salud ambiental. agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*.

Norma oficial mexicana (NOM-041-SSA1-1993). (1993). *bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias*

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO, (2000). *Manual de captación y aprovechamiento del agua pluvial* (13). Retrieved from Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Website: www.fao.org/docrep/010/ai128s/ai128s00.htm

Organización mundial de la salud (2013, febrero 20). *Guía para la calidad de agua potable*. Retrieved from http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

Orellana, J. (2005). Características del agua potable. *Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO*, 3,7. Retrieved from http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf

Pelicho, F. A., Martins, D. L., & Nomi, N. S. (2006). Integrated and sequential bulk and wet-only sampling of atmospheric precipitation in Londrina, south Brazil. *Atmospheric Environment* (6827), 40.

Rocha Castro, E. (2011). *Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas*. (1 ed., Vol. 1, p. 239). Chihuahua:

Rigola, M. (1990). *Tratamiento de aguas industriales*. (Grupo alfa omega ed., Vol. 1, p. 594). Barcelona, España: Retrieved from <http://books.google.com.mx/books?id=fQcXUq9WFC8C&printsec=frontcover&dq=ingenieria+de+tratamiento+y+acondicionamiento+de+aguas&hl=es-419&sa=X&ei=JIBcUrTMBKLE2wX2pIGQDQ&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false>

Sanhueza, E. (2005). Caracterización química de la atmosfera de Venezuela. Retrieved from <http://www.ivic.gob.ve/quimica/?mod=quimat.php>