



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
BIOQUÍMICA.**

TESIS PROFESIONAL:

**EFFECTO DE LA EJECUCIÓN DEL
PROGRAMA INSTITUCIÓN “TANQUE
LIMPIO, AGUA LIMPIA” BASADO EN UN
PLAN DE ACCIÓN EN LOS 100 TANQUES
DE ALMACENAMIENTO DE SAPAO.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUIMICO AMBIENTAL

PRESENTA:

JUSTO GARCÍA ALEJANDRO.

ASESORA:

DRA. CLAUDIA LÓPEZ SÁNCHEZ.

COMISIÓN REVISORA:

JAIME GALVÁN ESPINOSA.

EMILIO HERNÁNDEZ BAUTISTA.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.	2
III. JUSTIFICACIÓN.	2
IV. ANTECEDENTES.	4
V. MARCO TEÓRICO.....	8
1. Agua.....	8
1.1 Definición y propiedades del agua potable.....	8
1.2 Condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del agua:	10
1.2.1 Características Físicas	12
1.2.2 Características químicas.....	14
1.2.3 Características bacteriológicas	17
1.3 Normas de calidad y límites permisibles del agua potable	19
2. Proceso de desinfección y potabilización del agua	23
2.1 Desinfección por cloro y sus derivados.....	23
2.2 Demanda de cloro	25
2.3 Mecanismo desinfectante del hipoclorito de sodio sobre microorganismos y residuos orgánicos.....	26
2.4 Incompatibilidad del hipoclorito con otras sustancias.....	27
2.5 Normas relativas a la concentración de desinfectante.	28
3. Enfermedades de origen hídrico.	29
3.1 Enfermedades transmitidas por vectores de hábitat acuático.....	30
3.2 Enfermedades comunes relacionadas con el agua y el saneamiento.	31

4. Sistemas de almacenamiento	35
4.1 Desarrollo de la actividad de lavado del tanque.....	36
VI. METODOLOGÍA.....	40
1. Recorrido y selección de los tanques para mantenimiento.....	40
2. Demanda de cloro y medición de parámetros al pozo de abastecimiento	41
3. Lavado de los tanques seleccionados.....	46
4. Toma de muestra después del lavado	47
VII. RESULTADOS.....	47
VIII. CONCLUSIONES.....	73
ANEXOS.....	75
ANEXO A: POZOS Y TANQUES A CARGO DE SAPAO	76
ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS DE TANQUES Y MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DETERMINADOS.	78
ANEXO C. LAVADO DE LOS TANQUES SELECCIONADOS.	96
IX. REFERENCIAS.....	101
Bibliografía	102

I. INTRODUCCIÓN.

La limpieza y desinfección de los tanques de agua constituye un eslabón fundamental en la cadena de la seguridad sanitaria. Es prioritaria, además de garantizar un adecuado control ambiental, por tanto, se debe establecer la obligatoriedad de realizar trabajos de limpieza y desinfección en forma periódica.

Por tal motivo en este proyecto de investigación denominado TANQUE Y AGUA LIMPIOS, se pretende dar a la ciudadanía agua de calidad desinfectada para cumplir con las normas que rigen el consumo de agua potabilizada, como son la NOM-127-SSA2-1993 y NOM-230-SSA2-2002.

Se realizó una georreferenciación y la localización de las fuentes de captación, distribución y mantenimiento, así como los cronogramas de actividades de tanques. Es importante recalcar que este programa, es un programa socioeconómico en donde se involucran a los usuarios de los convives de las colonias que tienen tanques de almacenamiento y distribución unitarios para evitar pandemias de cólera, y otras enfermedades intestinales o de origen hídrico que se generan por el consumo de agua contaminada.

En todas las edificaciones, los tanques que almacenan el agua potable sufren la inevitable acumulación de impurezas, suciedad, partículas en suspensión y muchos otros elementos. La mayor parte de ellos quedan sedimentados en la superficie de los tanques y se transforman, con el transcurso del tiempo, en gruesas capas barrosas que normalmente provocan la contaminación del agua a niveles no potables o tóxicos.

Las actividades de limpieza, desinfección e inspección sanitaria de los diversos tanques de almacenamiento de agua garantizan, almacenar el líquido en buenas condiciones, siempre y cuando se realicen estas actividades periódicamente mediante la utilización de las soluciones en las proporciones y procesos indicados

En México y en el mundo gran parte de las fuentes de abastecimiento de agua subterránea se ven afectadas por la presencia de hierro (Fe) y manganeso

(Mn), los cuales se encuentran en forma soluble. Los cuales al oxidarse, ya sea al momento de la cloración o con el oxígeno del aire. Se precipitan generando un color oscuro que provoca el rechazo de los consumidores. Las concentraciones elevadas de manganeso pueden acelerar el crecimiento biológico en los sistemas de distribución y contribuir a los problemas de sabor y olor en el agua, así mismo aumentan la demanda de cloro u otros oxidantes aplicados en la desinfección.

II. OBJETIVOS.

Objetivo general:

Determinar el efecto que se tiene al cumplir con el programa institución “Tanque limpio, agua limpia” basado en un plan de acción en los 100 tanques de almacenamiento de SAPAO.

Objetivos específicos:

- Lavar y desinfectar tanques de almacenamiento y de rebombeo de agua potable a través de un programa en donde se cuenta con la experiencia y los medios de la ADOSAPACO.

- Adoptar una medida preventiva a la salud y evitar el riesgo de contraer una enfermedad de origen hídrico.

- Controlar la tasa de uso de cloro como compuesto químico. Sostener e incrementar la cobertura y la eficiencia de la desinfección del agua para uso y consumo humano.

- Realizar determinaciones fisicoquímicas según la NOM-127 SSA1-1994.

III. JUSTIFICACIÓN.

La correcta higiene de tanques de almacenamiento de agua potable es una medida indispensable para preservar nuestra salud y en consecuencia la calidad de vida dentro de la sociedad. La contaminación, las variaciones climáticas y otros

factores externos deterioran las condiciones del agua que consumimos. Entre los factores más comunes encontramos la acumulación de sedimentos barrosos que fomentan la crianza de todo tipo de organismos nocivos para la salud. Dicho riesgo, además, no se presenta solo cuando se bebe el agua sino también cuando la misma es utilizada para cocinar o higienizarnos, generando así enfermedades cutáneas.

Por lo tanto, para evitar este problema y conservar el agua en óptimas condiciones es necesaria la desinfección periódica, al menos dos veces al año, de dichos depósitos.

Estas tareas deben ser realizadas por personas capacitadas y debidamente autorizadas. Es por ello por lo que la SAPAO pretende garantizar un óptimo servicio en limpieza y desinfección de tanques de agua, como así también en control de plagas en general. SAPAO es un organismo público que ofrece servicios tales como limpieza y desinfección de tanques de agua, desmalezado y potabilidad del agua cruda.

Ante la vulnerabilidad de la población a enfermedades infecciosas transmisibles a través del agua de mala calidad y aun cuando la prestación del servicio de agua potable constitucionalmente compete a los municipios, la Federación intervino con la implementación del Programa de Agua Limpia. El proceso de descentralización del Programa inició en 1996 con un insipiente esquema federalizado, sin reglas de operación, asimismo en 1998, la ejecución de las acciones y la contratación sientan bases para su administración por cuenca hidrológica.

Este programa tiene por objetivo fomentar y apoyar el desarrollo de acciones para ampliar la cobertura de desinfección del agua para consumo humano, mediante la cloración en los sistemas de abastecimiento y distribución; así como el suministro y distribución eficiente de desinfectantes.

Las acciones de desinfección deben cumplir con los lineamientos que establecen las NOM-127-SSA1-1994, NOM-179-SSA1-1998 y NOM-230-SSA1-2002.

La cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento es uno de los mejores indicadores del nivel de bienestar y desarrollo de los países. La carencia de estos servicios está directamente relacionada con un bajo nivel de vida y con la presencia de enfermedades que afectan el entorno social, económico y ambiental de los habitantes.

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas.

Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización.

El desarrollo de la actividad humana necesita utilizar el agua para numerosos fines, entre los que destacan, por su importancia para el hombre, los usos potables. Por tanto, el hombre se sirve del agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que, debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y es por eso por lo que dicha agua requerirá de una serie de correcciones y tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre.

De aquí, hay que destacar la gran importancia que tiene la potabilidad del agua, ya que agua en mal estado o simplemente con sustancias nocivas para el hombre, pero inherentes en ella, pueden provocar, como ya se ha visto en numerosas ocasiones, enfermedades tales como la difteria.

IV. ANTECEDENTES.

Siglos antes de la era de la bacteriología, el hombre percibía que el agua tenía que ver con la transmisión de las enfermedades. La gran mayoría de los

problemas de salud relacionados de forma evidente con el agua se deben a la contaminación por microorganismos (bacterias, protozoos u otros contaminantes).

En la historia de la humanidad los centros culturales y los asentamientos humanos siempre se fundaron en zonas con suministro suficiente de agua dulce y a medida que la población aumentaba el suministro natural de agua se iba limitando, por lo que las grandes culturas desarrollaron técnicas y sistemas sofisticados para lograr el acceso a nuevos depósitos de agua y distribuir el agua para el riego de sus cultivos, la alimentación de los animales y la propia.

Inicialmente las comunidades en desarrollo encontraron que la producción y distribución de un volumen suficiente de agua potable presentaba problemas importantes. Pero muy pronto otras complicaciones de las zonas densamente pobladas, como la creciente cantidad de residuos, aguas residuales y otros tipos de contaminación, se convirtieron también en factores peligrosos sobre el agua potable. Además de los problemas de higiene causados por los residuos insalubres el rápido desarrollo de la industria, especialmente el desarrollo de la industria química ha dado lugar a una contaminación permanente de todos los tipos de sistemas de agua naturales, que no sólo se observa en los países altamente industrializados sino en todos los lugares del planeta.

Un vago entendimiento de la necesidad de proteger las fuentes de agua de la contaminación con residuos y aguas residuales se documenta en archivos históricos. En la Europa medieval, la mayor parte de este conocimiento pragmático fue olvidado, por lo que los residuos orgánicos y las aguas residuales en las ciudades eran dispuestos en malas condiciones. Se pensaba que los brotes regulares de enfermedades diarreicas y el cólera estaban relacionados con las condiciones atmosféricas locales y no con agua contaminada. A pesar de esta teoría el padre de la epidemiología John Snow llegó a la conclusión que una bomba de agua potable fue la causa del brote de cólera en Londres. Posterior a la eliminación de la manija de bomba en 1854, fue capaz de detener el problema.

La desinfección del agua se ha llevado a cabo de forma habitual desde comienzos del siglo XX con el fin de eliminar y desactivar los microbios patógenos en el agua potable. Además de remover elementos patógenos, los desinfectantes también actúan como oxidantes. Asimismo, son utilizados para:

a) remover el sabor y el color.

b) oxidar el Fe y el Mn.

c) prevenir la reaparición de elementos biológicos en el sistema de distribución de agua.

d) mejorar la eficiencia de la coagulación y la filtración, y,

e) prevenir el crecimiento de algas en tanques de sedimentación y filtros. Un desinfectante utilizado predominantemente en el tratamiento es el cloro y sus compuestos. Su uso generalizado no se debe solo a su bajo costo, sino también a su capacidad oxidante, la cual proporciona un nivel mínimo de cloro residual en el sistema de distribución y de esa manera lo protege contra la recontaminación microbiana. (EPA, 1999, pág. 99)

En muchas ocasiones accedemos a fuentes de agua no segura, donde su tratamiento bacteriológico es dudoso. Esto trae aparejado el riesgo de contraer enfermedades hídricas.

Las enfermedades hídricas son aquellas causadas por organismos patógenos presentes en el agua y que ingresan al organismo principalmente por la boca. La mayoría de los microorganismos que provocan estas enfermedades llegan al agua mediante contaminación con excretas humanas.

La necesidad de protección de los recursos y el tratamiento del agua para consumo humano se hizo evidente cuando se logró hacer la conexión entre las bacterias en el agua y el brote de diversas enfermedades. Uno de los primeros brotes de los que se obtuvo una conclusión a partir de pruebas, fue el brote fiebre tifoidea en 1919, que causó 4000 casos de fiebre tifoidea y dio lugar a 400 muertes.

En esta epidemia, fue posible demostrar que el agua potable estaba contaminada por residuos sanitarios. La conexión entre la contaminación del agua y el brote de la enfermedad dio lugar no sólo al establecimiento de áreas protegidas (fuentes y sistemas de abastecimiento de agua potable), sino también a la descontaminación y tratamiento de las aguas, para eliminar la mayor cantidad de bacterias posibles.

Las enfermedades transmitidas por el agua son de distribución mundial, causantes de epidemias tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. Son una de las principales razones de los 4 mil millones de casos de diarrea, que causan anualmente 1,6 millones de muertes en el mundo. Como agravante, es responsable del 21% de muertes en niños menores de cinco años. Estas enfermedades tienen alto subregistro y su etiología es rara; pueden ser virales, bacterianas, micóticas o parasitarias.

Existen numerosas enfermedades que pueden transmitirse a través del agua de bebida, siendo algunas de ellas de tipo infeccioso, como por ejemplo, la giardiasis, la hepatitis A o la salmonelosis que produce las enfermedades tíficas o paratíficas); mientras que otras están relacionadas con el componente tóxico del agua (exceso de algunos materiales nocivos como el nitratos, nitritos, plomo, sodio, disolventes, gasolina, pesticidas, etc.). (Wones RG, 1986, pág. 69)

Ante la sospecha de contaminación del agua potable, los procedimientos deben estar en su lugar con el fin de facilitar la acción oportuna y controlar el riesgo para la salud pública. Por lo tanto y principalmente en los países desarrollados, se han propuesto una serie de recomendaciones a corto y largo plazo, incluyendo el aumento de la vigilancia de las fuentes de agua y aguas de consumo y la introducción de equipos de medición automáticos y permanentes, además de garantía del cloro residual hasta el sitio de disposición.

El agua que va a ser sometida al proceso de desinfección, puede contener precursores orgánicos fundamentalmente ácidos húmicos y fúlvicos, que proceden de la degradación microbiana y química de carbohidratos y proteínas. Estos

precursores reaccionan con el desinfectante, dando lugar a la aparición de una serie de sustancias indeseables, que en el caso de la desinfección por cloro se trata en general de compuestos orgánicos clorados, muchos de los cuales tienen comprobada su capacidad tóxica y/o mutagénica para el hombre. (T., 2008, pág. 8)

De este modo, los nuevos conocimientos sobre la epidemiología y la ecología de patógenos emergentes, transmitidos a través del agua potable, así como el avance hacia una nueva comprensión de la ecología microbiana de los sistemas de distribución de agua potable, dan como resultado la necesidad de formulación de las estrategias de manejo y conservación de esta a partir del conocimiento de su diversidad y la definición de buenos indicadores biológicos de calidad.

V. MARCO TEÓRICO

1. Agua.

1.1 Definición y propiedades del agua potable

El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno (H_2O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida.

El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. En nuestro planeta, se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96.5% del agua total, los glaciares y los casquetes polares tienen el 1.74%, los depósitos subterráneos en (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1.72% y el restante 0.04% se reparte en orden decreciente entre lagos, la humedad del suelo, la atmosfera, embalses, ríos y seres vivos.

Se ha estimado que los humanos consumen <<directa o indirectamente>> alrededor de un 54% del agua dulce superficial disponible en el mundo. Este porcentaje se desglosa en:

Un 20%, utilizado para mantener la fauna y la flora, para el transporte de bienes (barcos) y para la pesca, y el 34% restante, utilizado de la siguiente manera: el 70% en irrigación, un 20% en la industria y un 10% en las ciudades y los hogares.

Del agua existente en el planeta no toda es apropiada para el consumo humano, haciéndose necesario realizar la remoción de las impurezas presentes para adecuarla a los patrones de potabilidad. El color y la turbiedad son los principales parámetros que se consideran en la evaluación de la calidad de efluentes tratados.

Llamamos agua potable al agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar a nuestra salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y diversas agencias de ámbito nacional establecen normativas de calidad para el agua potable que especifican las características aceptables microbianas, químicas y radiológicas del agua potable de uso seguro. Cantidades excesivas de microbios o de sustancias químicas derivadas de desechos humanos y animales, escorrentía agrícola, sustancias químicas industriales, e incluso contaminantes naturales, convierten en inseguras para beber algunas aguas y causan enfermedades vinculadas con el agua. (Irwing, 2006)

El agua potable tiene características físicas, químicas y bacteriológicas que definen su calidad. Dentro de las físicas están la claridad, ser inodora y no presentar sedimentos. En el caso de sus características químicas, los elementos deben encontrarse dentro de límites establecidos para el consumo como se mencionó anteriormente. Ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo en altas concentraciones en el agua pueden causar graves daños a la salud de los seres vivos. (Orellana, 2005)

La calidad microbiológica del agua es importante para evitar la propagación de enfermedades diarreicas, parasitosis, hepatitis, fiebre, tifoidea y epidemias como el cólera. El agua potable garantiza una vida sana y permite el funcionamiento armónico del organismo. De ahí la importancia que tiene insistir en la higienización

de las fuentes de abastecimiento, distribución y almacenamiento de este preciado líquido que constituye la base de la vida en la tierra.

1.2 Condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del agua:

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 de este. 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 idónea para otros.

De acuerdo con el uso que se le dará al agua, son los requisitos de calidad de esta. 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.

En la tabla 1 se presenta una lista de parámetros y límites permitidos en EE.UU. y la OMS (Organización Mundial de la Salud). Las sustancias químicas que se enumeran bajo el título de estéticas se han limitado, porque causan sabores, olores o colores indeseables y a menos que se encuentren en gran exceso, no causan inconvenientes en la salud. De las características que se enumeran bajo la categoría salud se sabe que afecta de forma importante a los humanos, el hecho de que se excedan los límites especificados es razón suficiente para rechazar el consumo del agua.

<i>Tabla 1 Estándares para agua potable. Parámetros y límites permitidos</i>		
CONTAMINANTES	EPA (EEUU)	OMS
Coliformes Totales	<5% muestras positivas	0
Turbidez	0.5 – 1.0 NTU	1.0 NTU
Antimonio	6	--
Arsénico	50	50
Asbesto	7 x 10	--
Bario	2000	--
Berilio	4	--
Cadmio	5	5
Cromo	100	5
Flúor	4000	1500
Mercurio	2	1
Níquel	100	--
Nitrato + Nitrito	10.000	10.000
Selenio	50	10
Talio	2	--
Endrín	2	--
Lindano	0.2	3
Metoxiclor	40	30
Toxafeno	3	--
Aluminio	0.5 – 0.20	0.2
Cloruro	250	250
Color	15 unidades de color	15 unidades de color
Cobre	1.0	1-0
Flúor	2.0	--
Hierro	0.3	0.3
Manganeso	0.05	0.1
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
Sulfato	250	400
Zinc	5.0	5.0
Sólidos disueltos totales	500	1000

1.2.1 Características Físicas

Existen ciertas características del agua, se consideran físicas porque son perceptibles por los sentidos (vista, olfato o gusto), y tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua

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 estos se hacen con base en la dilución necesaria para reducirlos a un nivel apenas detectable por observación humana. (Orellana, 2005)

- **Color**

El color de un agua se debe a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella: materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas (coloraciones amarillentas). Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) también produce un cierto color en el agua. En aguas naturales de lagos y embalses suele existir una relación directa entre color y pH, de forma que cuando aumenta el segundo lo hace el primero. El color de las aguas profundas de lagos y embalses durante la época de estratificación térmica es marcadamente superior al del agua superficial.

- **Turbidez**

Es originada por la presencia de materias en suspensión, arcilla, limos, coloides orgánicos, plancton y organismos microscópicos. Es decir, causada por las partículas que, por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. Estas partículas (de dimensiones

variables desde 10 nm hasta 0,1 mm) se pueden asociarse a tres categorías: minerales, partículas orgánicas húmicas y partículas filamentosas. (Galvín, 2008)

Aunque no se conocen sus efectos directos sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Por otra parte, se ha demostrado que, en el proceso de eliminación de organismos patógenos, por la acción de agentes químicos como el cloro, las partículas causantes de la turbidez reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante. Por esta razón, si bien las normas de calidad establecen un criterio para turbidez, esta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección.

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. La medición de la turbidez se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro, siendo la unidad nefelométrica de turbidez (UNT) la utilizada para determinarla. (Pradillo, 2015)

- **Olor y sabor**

El sabor y el olor están estrechamente relacionados y constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor. La falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos, por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

Los organismos productores de olor/sabor en las aguas son todos los que pueden vivir en ellas: algas, hongos, bacterias, cianofíceas, organismos zooplanctónicos y en general, los que llevan a cabo la putrefacción de materias orgánicas y su descomposición.

- **Temperatura**

Es uno de los parámetros físicos más importantes, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

- **pH**

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 6 a 9.

Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En el tratamiento del agua de consumo, se requerirá volver a ajustar el pH del agua hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes. (Pradillo, 2015)

1.2.2 Características químicas

Los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial y serán benéficos o dañinos de acuerdo con su composición y concentración. 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. 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 – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- Bicarbonato de Magnesio – $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

Grupo 3: Producen salinidad y dureza no carbonatada

- Sulfato de Calcio – CaSO_4
- Cloruro de Calcio – CaCl_2
- Nitrato de Calcio – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Sulfato de Magnesio – MgSO_4
- Cloruro de Magnesio – MgCl_2
- Nitrato de Magnesio – $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

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

Aluminio: Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbidez del agua. El problema mayor lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo.

Manganeso: De forma similar al hierro no es problema para la salud. En combinación con el plomo puede colorear la ropa blanca. En las plantas de agua potable y en especial en los filtros de agua y conductos de distribución favorece el desarrollo de ciertos microorganismos.

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

Sulfatos: Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor amargo al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas le confiere propiedades corrosivas.

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.

Hierro: Por lo general, no produce trastornos en la salud en las proporciones en que se lo encuentra en las aguas naturales. La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbidez y el color del agua. Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico.

Fluoruro: Elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños. Sin embargo, si la concentración de fluoruro en

el agua es alta, podría generar “fluorosis” y dañar la estructura ósea, los efectos tóxicos ocurren con concentraciones excesivamente altas.

Cobre: En el agua potable puede existir debido a la corrosión de las cañerías de viviendas, la erosión de depósitos naturales y el percolado de conservantes de madera, también, por el sulfato de cobre que se aplica para controlar las algas en plantas de potabilización. En concentraciones muy altas la presencia de cobre da un sabor muy desagradable al agua.

Cloruro: En el agua potable, su presencia se debe al agregado de cloro en las estaciones de tratamiento como desinfectante. El cloruro, en forma de ion Cl^- , es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua, sin embargo, en altas concentraciones puede tener un sabor salado fácilmente detectable si el anión está asociado a los cationes sodio o potasio, pero el sabor no es apreciable si la sal disuelta es cloruro de calcio o magnesio, ya que en estos casos el sabor salado no se aprecia. A partir de ciertas concentraciones, los cloruros pueden ejercer una acción corrosiva y erosionante, en especial a pH bajo.

Nitritos y 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. (Gray, 1996)

1.2.3 Características bacteriológicas

Las aguas poseen en su constitución una gran variedad de elementos biológicos, desde microorganismos hasta peces. El origen de los microorganismos puede ser natural, provenir de contaminación por vertidos industriales o por arrastre de los existentes en el suelo por acción de la lluvia. La 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.

La biodiversidad de un agua natural indica la poca probabilidad de que la misma se encuentre contaminada. Sin embargo, para que el agua sea destinada a la provisión de agua potable, debe ser tratada para eliminar los elementos biológicos que contiene. De toda la población biológica de las aguas naturales vamos a indicar aquellas que tienen significación en la Ingeniería Sanitaria y en especial a la potabilización de aguas.

- **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. Las algas a menudo tienen pigmentos de colores que nos permite agruparlas en familias: Algunas de ellas son de los géneros Eudorina, Pandorina y Volvox. Existen especies unicelulares y multicelulares y en grandes concentraciones, algunas de ellas generan olores ícticos (de pescado o pasto) al agua y toma una coloración verdosa, suelen desarrollarse con tal abundancia que cubre los embalses con una nata, siendo la más característica de ella el género Anabaena.

- **Bacterias:** Las llamadas bacterias son de los géneros Sphaerotilus y Crenothrix, relacionadas con el hierro y el manganeso del agua. las 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.

- **Hongos, mohos y levaduras:** Pertenecen al grupo de bacterias, pero no contienen clorofila y en general son incoloras. Todos estos organismos son heterótrofos y en consecuencia dependen de la materia orgánica para su nutrición. De todos los protozoarios que pueden encontrarse en el agua, el más importante por su toxicidad es la Entamoeba histolytica que produce la disentería amibiana.

El agua potable debe tener escasas bacterias, el agua de buena calidad presenta el límite admisible de 100 bacterias por centímetro cúbico de agua. Desde el punto de vista bacteriológico, el agua potable debe de tener menos de 200 colonias bacterianas de mesófilos aeróbicos por mililitro de muestra. Un máximo de dos organismos coliformes totales en 100 ml de muestra y no contener organismos coliformes fecales en 100 ml de muestra. (RHEINHEIMER, 1987)

1.3 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, mediante la promulgación de resoluciones que tratan de la calidad de agua que se debe brindar a las poblaciones.

Según la norma oficial mexicana “NOM 127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización”, el agua potable no debe contener contaminantes químicos o agentes infecciosos que afecten a la salud humana.

Es necesario evaluar el efecto o daño a la salud humana de los contaminantes para rechazar la fuente de agua, particularmente para sistemas de abastecimiento de comunidades pequeñas donde la elección de otra fuente de abastecimiento y las oportunidades de tratamiento son limitadas. Por ejemplo, agua subterránea con valores de fierro, manganeso o sulfatos mayores a los límites permisibles marcados en la norma de calidad de agua puede ser utilizada a pesar de sus inconvenientes de carácter organoléptico, porque el daño a la salud no es agudo ni crónico.

Existen otras sustancias que también se han fijado como parámetros de calidad por criterios estéticos y no sanitarios que también debieran removerse del agua, como los sólidos suspendidos y la materia orgánica natural. Otro parámetro contaminante que generalmente no se remueve por su complejidad de tratamiento y

porque no tiene efectos directos sobre la salud, es la dureza. El parámetro de calidad del agua más importante que se debe vigilar y eliminar es el microbiológico, por su efecto agudo en la salud humana.

Límites permisibles de calidad del agua según la NOM -127-SSA1-1994

- Límites permisibles de características bacteriológicas**

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP/100 ml 2 UFC/100 ml
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml Cero UFC/100 ml

Tabla 2 Límites permisibles de características bacteriológicas.

- Límites permisibles de características físicas y organolépticas**

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 3.

Tabla 3 Límites permisibles de características físicas y organolépticas

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

Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.
-----------	---

- **Límites permisibles de características químicas.**

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

Tabla 4 Límites permisibles de características químicas.

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico	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	0.001
Fierro	0.30
Fluoruros (como F-)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00

Nitritos (como N)	0.05
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)	0.30
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4 – D	50.00
Plomo	0.025
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
Zinc	5.00

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

- **Límites permisibles de características radiactivas**

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 5. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

Tabla 5 Límites permisibles de características radioactivas.

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Radiactividad alfa global	0.1

Radiactividad beta global	1.0
---------------------------	-----

2. Proceso de desinfección y potabilización del agua

La desinfección del agua se refiere a la inactivación de los microorganismos especialmente los patógenos que son causantes de enfermedades, que pueden causar daños en los consumidores de agua. La desinfección es tal vez el tratamiento más importante y de mayor trascendencia en la potabilización del agua, y esta operación asegura protección contra el riesgo de infecciones de origen hídrico, este es el tratamiento que debe aplicarse prioritariamente cuando el agua está contaminada, o cuando no se puede garantizar su potabilidad natural de forma permanente.

La desinfección del agua se puede conseguir por diversos medios físicos y químicos, siendo de esta manera los químicos los más utilizados para la desinfección de grandes cantidades de agua y de esta manera contribuir en el proceso de potabilización.

Los reactivos químicos más comunes son el cloro y sus derivados y el ozono junto con el bióxido de cloro. De todos ellos el cloro en forma de cloro gaseoso, de hipoclorito de sodio (lejía) o de hipoclorito de calcio (en polvo), es el biocida más empleado y el más antiguo.

La concentración de reactivo químico biocida, así como el tiempo de contacto agua-biocida son los principales elementos que determinan la buena desinfección de un agua. Se debe tener en cuenta la calidad fisicoquímica del agua que se va a tratar, para determinar cuál es la correcta concentración y tiempo de contacto.

2.1 Desinfección por cloro y sus derivados.

El cloro posee una eficacia documentada en el tiempo para desinfectar el agua contaminada. La mayor parte de los municipios en países desarrollados utilizan este sistema para la desinfección y potabilización del agua.

Su acción desinfectante debe controlarse permanentemente puesto que su grado de eficacia depende del pH del agua. Por eso, en aguas alcalinas el cloro pierde su eficacia y disminuye drásticamente su actividad como desinfectante.

Es posible emplear compuestos tales como: el cloro gas, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio o compuestos organoclorados como el ácido tricloroisocianurico. Eventualmente todos ellos producen el ácido hipocloroso HClO y el ion hipoclorito ClO^- que son los agentes activos, y su efectividad depende de la cantidad de estos componentes que el compuesto clorado forme al estar en solución acuosa, la cloración se refiere a la adición de algún componente clorado que produzca el agente activo, independientemente de la sal o compuesto de donde provenga.

Por su alto poder oxidante, el cloro empleado en la desinfección causa daños irreversibles al entrar en contacto con las células microbianas, lo cual modifica y destruye la pared celular y el DNA de los microorganismos impidiendo su reproducción.

Reacciones del cloro con componentes del agua

El cloro cuando genera hipoclorito y ácido hipocloroso no solo reacciona con las células microbianas. Es un agente químico sumamente activo y reacciona con el material orgánico y con otras especies químicas que se encuentran presentes en el agua a desinfectar. Si hay iones metálicos como Hierro (Fe II) y Manganese (II), es capaz de modificarlos a estados superiores de oxidación como (Fe III) y (Mn VII). La oxidación y precipitación de hierro y manganeso es empleada cuando los niveles de estos elementos causan problemas en la calidad del agua. La formación de organoclorados cuando hay presente materia orgánica en el agua, es uno de los principales argumentos para los que no están de acuerdo en que la cloración es la mejor forma de desinfectar el agua. La presencia de trihalometanos como el cloroformo, CCl_4 , el tricloro metano CHCl_3 , el dicloro, bromo, metano CHCl_2Br y otros más puede ser detectada en aguas que han sido desinfectadas por este

medio. Son cantidades mínimas al nivel de partes por billón, pero aun así son motivo de preocupación y controversia ya que cuando estos compuestos se dosifican de manera frecuente en cantidades apreciables a animales de laboratorio, desarrollan tumores cancerosos y esta es la causa de tal preocupación. (León, 2013)

2.2 Demanda de cloro

Si se dosifican cantidades variables de cloro al agua, típicamente se obtiene una curva como la mostrada en la figura 1. En esta se observa que a medida que se agrega cloro la concentración aumenta, pero posteriormente la cantidad de cloro residual o cloro disponible disminuye a medida que la dosificación se incrementa. Se alcanza después de una dosis determinada un punto de quiebre (break point) o punto de inflexión, después del cual si se sigue agregando cloro la cantidad de cloro residual nuevamente se incrementa y ya después de este punto de inflexión es posible tener una concentración de cloro residual, proporcional a la cantidad agregada.

La explicación a esta conducta observada en las aguas que se desinfectan con, cloro es que inicialmente el cloro reacciona con la materia orgánica, los metales que se oxidan, el amoníaco presente o reacciones similares. Cuando todo el material y componentes han reaccionado, el cloro agregado ya no forma otros compuestos y es posible alcanzar el cloro residual deseado, determinando de esta manera la dosis de cloro que requiere esa muestra de agua en particular.

En conclusión, los primeros miligramos de cloro introducidos no garantizan la desinfección. De hecho, antes de que este pueda garantizar realmente una acción eficaz, se deberá agregar una cantidad variable de desinfectante para que se

produzcan todas las reacciones químicas secundarias. Esta cantidad se denomina: Demanda de cloro.

La desinfección debe realizarse en aguas de una buena calidad química (en las que la demanda de cloro sea mínima), con objeto de limitar al máximo las reacciones secundarias, generadoras de subproductos. Por otra parte, la presencia de partículas coloidales protege a los microorganismos de la acción desinfectante del cloro.

Antes de iniciar la desinfección, deben realizarse pruebas sistemáticas para determinar la cantidad de cloro que se debe agregar para lograr superar la fase de las reacciones secundarias. (Pradillo, 2015)

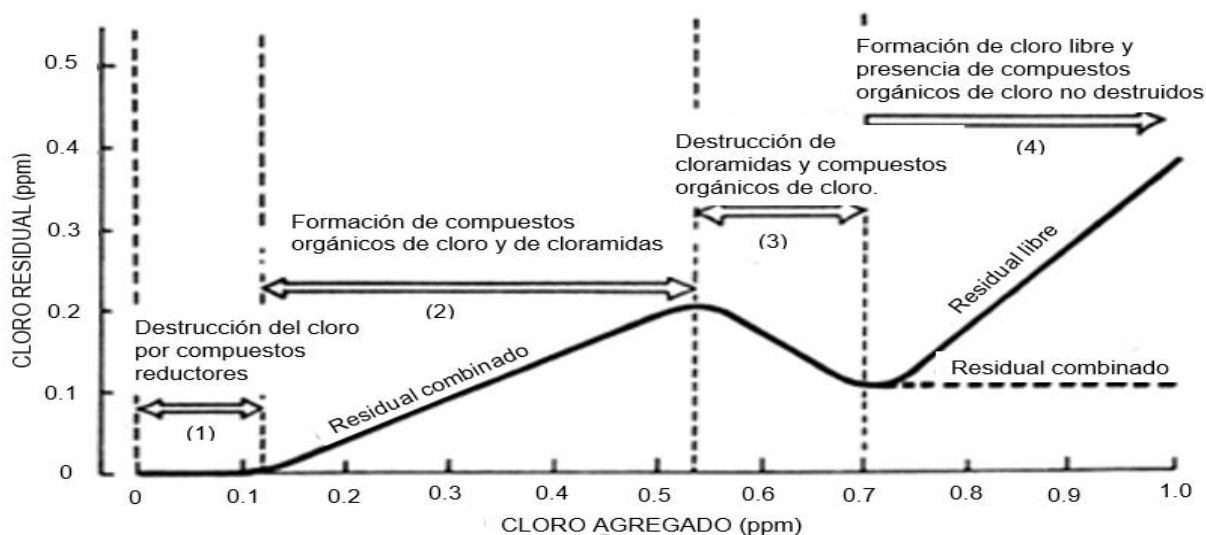


Figura 1 Demanda de cloro.

2.3 Mecanismo desinfectante del hipoclorito de sodio sobre microorganismos y residuos orgánicos.

La cloración causaba alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared de toda célula, de esta forma se destruye completamente la membrana celular dejando una célula indefensa, disminuyendo sus funciones vitales hasta llevarla a la muerte; como conclusión, el cloro no permite que la bacteria crezca, se reproduzca o cause ninguna enfermedad. Cabe destacar que el hipoclorito de sodio es un potente y rápido germicida de amplio espectro ya que reduce el nivel de

microorganismos patógenos entre los que se encuentran la mayoría de las bacterias (GRAM (+) Y GRAM (-)), levaduras, algas, virus, hasta niveles que son casi imposibles de medir, aunque presenta lenta actividad en la destrucción de esporas, algunos hongos y protozoos. Otro de los beneficios que presenta la cloración es el de permitir el control de gusto y olores reduciéndolos, esto se debe a que el cloro

MATERIAL INCOMPATIBLE	TIPO DE REACCIÓN
-----------------------	------------------

oxida sustancias que se presentan naturalmente, como las secreciones orgánicas en proceso de descomposición.

2.4 Incompatibilidad del hipoclorito con otras sustancias

El hipoclorito de sodio reacciona violentamente con múltiples sustancias químicas, por lo tanto, se recomienda no mezclarlo con ningún otro reactivo hasta contar con el equipo de seguridad y control de ingeniería apropiados. En la siguiente tabla se muestran las sustancias con las cuales el hipoclorito es incompatible y el tipo de reacción que desencadenan.

Ácidos, compuestos ácidos y limpiadores basados en ácidos, Compuestos tales como: Sulfato de aluminio Ácido clorhídrico Cloruro de aluminio Ácido sulfúrico Cloruro férrico Ácido fluorhídrico Cloruro ferroso Ácido fluorosilícico Sulfato férrico Ácido fosfórico Sulfato ferroso Concreto Soluciones cloradas de sulfato ferroso Limpiadores	Liberación de cloro que puede ocurrir con violencia
Reactivos y productos de limpieza que contengan amoniaco: Hidróxido de amonio Sulfato de amonio Cloruro de amonio Sales de amonio Sílico- fluoruro de amonio Cuaternarias	Formación de compuestos explosivos. Liberación de cloro u otros gases nocivos.
Compuestos orgánicos y otros compuestos tales como: Solventes y limpiadores basados en solventes Propano Combustibles y aceites Etilén-Glicol Combustibles Insecticidas Aminas Metanol	Formación de compuestos orgánicos clorados. Formación de compuestos explosivos. Liberación de cloro, que puede ocurrir en forma violenta.
Metales tales como: Cobre Cobalto Níquel Hierro Evitar el transporte o almacenamiento en recipientes o equipos fabricados en acero inoxidable, aluminio, acero al carbono u otros metales comunes.	Liberación de oxígeno, que generalmente no ocurre con violencia. Puede producir sobrepresión o ruptura de sistemas cerrados.
Peróxido de Hidrógeno	Puede ocurrir generación violenta de oxígeno.
Agentes Reductores tales como: Sulfito de sodio Hidrosulfito de sodio Bisulfito de sodio Tiosulfato de sodio	Liberación de calor, puede producir ebullición o salpicaduras.

Tabla 6 Sustancias incompatibles con hipoclorito de sodio.

2.5 Normas relativas a la concentración de desinfectante.

El cloro da un sabor al agua. Dependiendo de los países y los hábitos de los consumidores, la concentración de cloro residual tolerada puede tener gran variación. En Europa, la mayoría de los países limitan este contenido a un nivel muy bajo, del orden del 0.1 mg/l.

En los Estados Unidos y en América en general, donde el sabor a cloro equivale a la garantía de un agua de calidad, dicho valor es de 1 mg/l.

La O.M.S considera que una concentración de 0.5 mg/l de cloro libre residual en el agua, después de un tiempo de contacto de 30 minutos garantiza una desinfección satisfactoria. Por otra parte, precisa que no se ha observado ningún efecto nefasto para la salud en el caso de concentraciones de cloro libre que lleguen hasta 5 mg/l. esta concentración se ha considerado como valor guía, pero en ningún caso un valor a alcanzar. (Salud, 2013)

3. Enfermedades de origen hídrico.

La instalación de industrias, el uso indiscriminado de agroquímicos, la falta de tratamiento de aguas domésticas e industriales, unido a la creciente pobreza de la población han provocado la aparición de nuevos y graves problemas ambientales. Entre ellos, se destaca por su magnitud y el impacto en la salud de la población la contaminación de las fuentes de agua superficiales y subterráneas. Sustancias químicas, desechos radioactivos y desechos humanos son aliados en esta contaminación.

Los riesgos epidemiológicos relacionados con el consumo de agua contaminada por gérmenes muy virulentos se transmiten mediante el contacto de la piel con el agua infestada por patógenos o toxinas, llamamos consumo de agua a cualquier acción que tenga que ver con el uso del vital líquido, las epidemias de mayor impacto son como las del cólera, las fiebres tifoideas o la hepatitis vírica, así como la existencia de otras enfermedades de origen hídrico resultantes de la contaminación microbiológica de las aguas de consumo humano causan un gran impacto en la población.

La potabilización del agua tiene un papel importante en la prevención de las enfermedades de origen hídrico, pero también la desinfección y saneamiento de los tanques de almacenamiento, por lo que si no se lleva un plan de acción de control

de lavado estos podrían ser la fuente de muchas infecciones debido a que fungiría como criadero de vectores y/o bacterias.

Las más importante de estas enfermedades son transmitidas por microorganismo que se alojan en organismos acuáticos que pasan parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales. Estos organismos pueden prosperar tanto en aguas contaminadas como no contaminadas. La esquistosomiasis (bilharziasis) es un ejemplo de este proceso. Los huevos de esquistosoma contenidos en la excreta humana incuban en el agua a la que llegan. Las larvas resultantes deben invadir huéspedes caracoles apropiados o perecer. Luego de un proceso de multiplicación al interior del caracol, las larvas de esquistosoma (cercarías), libres ya para nadar, escapan del caracol, encuentran a una persona y la invaden penetrando en su piel sumergida o mojada.

Una gran cantidad de gérmenes pueden ser la causa de epidemias de origen hídrico: históricamente, las Salmonellas y las Shigellas, fueron las que se identificaron primero. Hoy en día, otros microorganismos como los Rotavirus, los Campylobacter o parásitos tales como Giardia se identifican también como responsables de las mismas.

La mayoría de los trastornos ocasionados por estos gérmenes son de una gravedad moderada presentándose a menudo en forma de gastroenteritis asociada con diarreas, dolores abdominales o vómitos. Dichos trastornos son por lo general de corta duración. Pueden afectar a algunas personas o a comunidades enteras, dependiendo de la calidad o del tipo de germen presente en el agua. Junto a estas epidemias “benignas”, aparecen ocasionalmente enfermedades de origen hídrico mucho más graves. (Acosta, 2008).

3.1 Enfermedades transmitidas por vectores de hábitat acuático.

Estas son enfermedades cuya transmisión depende, durante parte del ciclo de vida de sus patógenos, de vectores animales que vivan toda o parte de su vida en un hábitat acuático o en las cercanías de este. Los arquetipos son la

esquistosomiasis (asociada a los caracoles), la malaria (asociada a los mosquitos) y la oncocercosis (asociada a moscas acuáticas). Estas y otras enfermedades constituyen importantes problemas para la salud pública en los países en vías de desarrollo.

Los insectos vectores transfieren directamente los patógenos mediante su picadura y la succión de sangre. Los caracoles vectores no pican, pero liberan larvas que ya pueden nadar libremente, las cuales penetran en la piel sumergida del hombre o invaden animales acuáticos que posteriormente sirven de alimento al hombre o se enquistan en la vegetación acuática y son ingeridas inadvertidamente por el hombre. En unas pocas enfermedades (entre las que no está incluida la esquistosomiasis), la transmisión al hombre se realiza mediante la ingestión de caracoles infestados.

El mal almacenamiento del agua o las aguas estancadas favorecen el crecimiento de insectos, como moscos y zancudos, que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas. Esos vectores infectan al ser humano con microorganismos que causan paludismo, fiebre amarilla y dengue.

3.2 Enfermedades comunes relacionadas con el agua y el saneamiento.

Existen muchas enfermedades relacionadas con el agua, tanto cutáneas, inducidas por vectores o bien, por la ingesta de esta, dentro de todas las enfermedades que existen y las que ocurren con mayor frecuencia a nivel mundial se mencionaran las más comunes y las más peligrosas que se pueden contraer, para así poder tener una contingencia de prevención y evitar el riesgo de contraerlas

- **Diarrea**

La diarrea es ocasionada por una variedad de gérmenes, entre ellos los virus, las bacterias y los protozoos. Esta enfermedad hace que las personas pierdan líquido y electrolitos, lo cual puede provocar deshidratación y, en algunos casos, causar la muerte. Cada año se dan 4.000 millones de casos de diarrea y 1,8

millones de personas mueren a causa de esa enfermedad, más del 90 por ciento (1,6 millones) son niños y niñas menores de cinco años.

La diarrea constituye el problema de salud pública más importante provocado por las deficiencias en materia de agua y saneamiento. La simple medida de lavarse las manos con agua y jabón puede reducir en un tercio los casos de enfermedades diarreicas.

- **Envenenamiento con arsénico**

La exposición prolongada a bajas concentraciones de arsénico en el agua que se bebe causa queratosis (lesiones duras en la piel) y puede derivar en casos de cáncer de piel, de pulmón, de vejiga y de riñón. Millones de personas se encuentran potencialmente expuestas a la intoxicación con arsénico, dado que utilizan reservas de agua contaminada con dicha sustancia (proveniente por lo general de fuentes naturales) y desconocen los riesgos o carecen de una alternativa para conseguir agua pura.

- **Cólera**

El cólera es una infección bacteriana aguda del intestino que causa numerosos episodios de diarrea, los cuales pueden derivar en deshidratación aguda y provocar la muerte si no se los trata de inmediato. El cólera es un problema que afecta a todos los países del mundo, especialmente en las situaciones de emergencia. Esta enfermedad se puede prevenir mediante el acceso al agua potable, los servicios adecuados de saneamiento y las buenas prácticas de higiene. En 2002, se registraron más de 120.000 casos de cólera en todo el mundo.

- **Fluorosis**

La fluorosis esquelética es una enfermedad grave de los huesos causada por una alta concentración natural de fluoruro en las aguas subterráneas. Este trastorno es endémico en un mínimo de 25 países del mundo. Se desconoce cuál es el

número total de personas afectadas, pero según cálculos moderados se trataría de varias decenas de millones.

- **Dracunculiasis**

Las personas contraen esta enfermedad (que también se conoce como dracontiasis) al beber agua contaminada con larvas de *Dracunculus medinensis*. Al madurar, las larvas se transforman en parásitos adultos de gran tamaño (hasta un metro de largo) y salen del cuerpo en un año aproximadamente, lo que produce úlceras debilitantes.

La incidencia de la dracunculiasis está descendiendo a un ritmo estable gracias a una iniciativa internacional concertada. A pesar de ello, en 2002 se registraron 50.000 casos en 13 países de África.

- **Parásitos intestinales**

Los parásitos intestinales (también conocidos como helmintos) infectan a las personas que entran en contacto con suelos contaminados con heces de un ser humano infestado con los mismo, o a quienes consumen alimentos contaminados.

Los parásitos intestinales afectan a más del 10% de la población en los países en desarrollo y, según sea la gravedad de la infección, pueden causar desnutrición, anemia o retrasos en el crecimiento. Los niños y las niñas son especialmente vulnerables a los parásitos y, por lo general, tienen la mayor cantidad de helmintos en sus intestinos. Alrededor de 400 millones de menores en edad escolar están infectados por ascárides comunes, tricocéfalos y/o anquilostomas. Más aun, se calcula que las ascárides comunes y los tricocéfalos afectan a una cuarta parte de la población mundial.

- **Paludismo**

El paludismo es una enfermedad grave provocada por un parásito transmitido por ciertos tipos de mosquitos. Los seres humanos la contraen al ser picados por esos mosquitos. Cada año se registran entre 300 millones y 500 millones de casos de paludismo en todo el mundo y la enfermedad causa cerca de un millón de muertes infantiles. La disminución de la cantidad de mosquitos en los hogares mediante la eliminación del agua estancada (ya sea en tanques de agua sin tapa o en charcos producidos por un desagüe deficiente) puede ser un factor importante para la reducción del número de casos de paludismo.

- **Esquistosomiasis**

La esquistosomiasis (o bilharziasis) es una enfermedad causada por parásitos. En las distintas etapas de su ciclo de vida, estos parásitos y sus huevos se alojan en ciertos tipos de caracoles de agua dulce, directamente en el agua (donde sobreviven 48 horas) o en los seres humanos. Los parásitos penetran la piel de las personas que están nadando, bañándose o lavando en fuentes de agua contaminadas y pueden provocar infecciones que, a la larga, dañan el hígado, los intestinos, los pulmones y la vejiga.

Hoy en día hay unos 200 millones de personas afectadas por la esquistosomiasis, 20 millones de las cuales sufren consecuencias graves. Las investigaciones han revelado que el suministro de agua y servicios de saneamiento adecuados disminuye el contacto con las superficies de agua contaminadas y así podría reducir las tasas de infección en 77%.

- **Tracoma**

El tracoma es una infección de los ojos que se propaga principalmente a causa de las malas prácticas higiénicas debidos a la falta de un suministro de agua adecuado y a la existencia de condiciones insalubres de saneamiento ambiental. Hoy en día, unos seis millones de personas sufren de ceguera provocada por el

tracoma, que afecta a las mujeres entre dos y tres veces más que a los hombres. Asimismo, los niños y las niñas son especialmente vulnerables a la enfermedad. Las investigaciones han revelado que el abastecimiento de agua pura podría reducir en 25% las tasas de infección.

Fiebre tifoidea.

La fiebre tifoidea es una infección bacteriana provocada por la ingestión de agua o alimentos contaminados. Los síntomas principales son el dolor de cabeza, las náuseas y la pérdida del apetito. Cada año se registran unos 12 millones de casos de fiebre tifoidea. (McJunkin, 1988)

4. Sistemas de almacenamiento

A lo largo del tiempo el uso del agua ha evolucionado; antiguas civilizaciones se ubicaron cerca de ríos y lagos para proveerse del vital líquido, pero más tarde los avances técnicos permitieron no solo transportarlo sino almacenarlo.

Un sistema de abastecimiento de agua se compone de varias instalaciones para lograr proveer a las localidades urbanas y rurales de un volumen suficiente, con calidad específica y a una presión adecuada para su correcta utilización. La captación y almacenamiento consisten en recuperar el agua de fuentes superficiales y subterráneas; su conducción incluye obras civiles como canales, acueductos e instalaciones complementarias de bombeo que permiten llevar el líquido desde la fuente hasta el centro de distribución; la potabilización es el proceso que le da la calidad requerida para finalmente dotar al usuario que la consumirá.

En función del crecimiento de la población, la demanda de agua potable se amplía, agotando las fuentes de abastecimiento cercanas y obligando a buscar el vital líquido en fuentes cada vez más alejadas de los centros de consumo. Lo anterior afecta de manera significativa la condición económica y financiera de los organismos operadores de los sistemas de agua potable, reflejándose en la calidad, costo y eficiencia del servicio. En México muchos de los sistemas de distribución de

agua potable no cumplen con los estándares de calidad de servicio, las redes son insuficientes, los niveles de presión no son adecuados, el agua no contabilizada representa un porcentaje importante y los tiempos de consumo no están adecuadamente controlados.

El agua que llega a los tanques ya sea de red o de pozo, por más que haya sido tratada, siempre posee en suspensión micropartículas que con el tiempo van sedimentando en los tanques, formando un estrato que permite el desarrollo de colonias de bacterias y microorganismos que en muchos casos pueden producir enfermedades.

Es necesario el mantenimiento sanitario de los tanques de agua a los efectos de prevenir este problema, más allá de las reglamentaciones oficiales. Los tanques deben estar herméticamente sellados, pero con la ventilación adecuada dado que, de estar sin tapa o mal tapados, el ingreso de partículas es muy elevado, incluso están expuestos a la acumulación de insectos, heces de aves, polvo ambiental, residuos volátiles, roedores, etc. lo que los transforma en una fuente segura de enfermedad a corto plazo.

No obstante, al estar tapados correctamente, el proceso de acumulación de partículas coloidales produce en el tiempo el problema de la proliferación de agentes patógenos causantes de enfermedades.

Si sumamos este problema a la pobre o muy pobre calidad de agua que llega de las redes según distintas zonas, nos encontramos frente a una cuestión de seguridad e higiene ambiental de relevante importancia.

4.1 Desarrollo de la actividad de lavado del tanque.

a. Los elementos con los que se debe contar antes del lavado son:

Mangueras

Hidrolavadora

Reflectores para la iluminación interna y otros equipos

Botas

Cascos

Baldes Plásticos

Cepillos

Escobas

Rodillos

Máscara cara completa.

Moto bomba

Guantes

Desinfectante

b. Retirar las tapas de inspección del tanque o respiraderos que permitan la aireación y la salida de gases clorinados.

c. Se debe tener especial cuidado con la apertura y cierre de válvulas para no causar vacío o sobre presión en las tuberías.

d. Cerrar la llave de paso para suspender la alimentación de agua al tanque.

e. Continuar con el sistema de suministro normal (sistema de presión constante) hasta agotar el volumen de agua almacenado.

f. Si existe tubería de by-pass, proceder a abrir la válvula respectiva, una vez se apague el sistema de suministro interno.

g. Suspendido el suministro de agua potable desde el sistema de presión constante, Antes de iniciar el servicio, se verifica el nivel de agua, el nivel máximo para iniciar el trabajo es de 20 cm aproximadamente. En caso de que el nivel sea superior a los 20cm, se instalará la bomba para ayudar al desagüe del agua.

h. Abrir el desagüe, instalar el sistema de iluminación interna, y mientras el agua sale, remover y cepillar las paredes del tanque con un escobillón, manguera con pitón o máquina hidrolavadora.

i. Se realiza cepillado profundo de todos los componentes del tanque: tapa, rejilla, piso, paredes, tuberías internas al tanque ya que se llenan de hongos y oxido.

j. Enjuagar con bastante agua potable, ayudándose de un balde y el mismo cepillo hasta que desaparezca el resto de suciedad.

k. Con herramienta adecuada (arrastra lodos) y manguera a presión, remover y evacuar el material de sedimento y demás residuos del fondo del tanque, sin comprometer el funcionamiento hidráulico del desagüe.

l. Terminado el lavado interno de la estructura, cerrar la válvula de desagüe y verificar su hermeticidad, procediendo a retirar todos los implementos utilizados.

m. Como último paso se procede a la desinfección del tanque.

Nota: Durante las labores de mantenimiento (lavado y desinfección), el personal certificado encargado de esta actividad, debe inspeccionar al interior del tanque, el estado físico del mismo en aspectos como: fisuras, estanqueidad, deterioro del concreto, estado de los desagües, posibles infiltraciones, fugas, etc., y que puedan potencialmente alterar la calidad del agua o colocar en riesgo el depósito en el evento de un sismo, programándose las acciones preventivas y correctivas necesarias, dejando así mencionado todo lo anterior en una tarjeta informativa.

Desinfección del tanque.

Tener en cuenta que el personal que desarrollará esta labor debe estar adiestrado en el manejo adecuado del cloro y contar con los elementos de protección personal, como mascarilla completa, provista de cartuchos para gases tóxicos, además de traje de escafandra, y disponer de una cuadrilla que permita en un tiempo óptimo, desarrollar esta labor, por ser un espacio confinado.

Es muy importante que el tanque se encuentre bien aireado, para permitir la evacuación de los fuertes olores producidos por la aplicación del cloro.

a. El técnico impregna las paredes y piso con la solución desinfectante preparada en el laboratorio, puede emplear rodillo, atomizador u otro elemento aspersor. Al finalizar esta actividad se deja actuar por una hora; concluido el lapso, se enjuaga por última vez con abundante agua.

b. Opciones de desinfectante:

Opción 1: Solución desinfectante 100 ppm: (disolver 2.857 g de cloro activo al 65% en 20 litros de agua).

Opción 2: Solución desinfectante: Hipoclorito de sodio al 13%.

Opción 3: Solución desinfectante: Sales de amonio cuaternario al 2.5% en 10 litros de agua.

Se vacía el agua de lavado mediante bombas extractoras de agua o por válvula de desagüe. Antes de iniciar el llenado del tanque, se verifica el correcto funcionamiento del flotante y las válvulas de cierre. Finalmente se procede al llenado. Solamente podrá restablecerse el servicio en el suministro interno de agua potable, una vez se cumpla con el requisito de cloro residual.

1. La medición de cloro residual deberá realizarse por el método colorimétrico que utiliza DPD.

2. Una vez reiniciado el sistema de suministro de agua potable, un laboratorio acreditado tomará una muestra del agua presente, para los análisis correspondientes.

Nota: Antes y después de efectuado el mantenimiento y en un período no mayor a tres días, las personas que realicen el mantenimiento, lavado y desinfección a los tanques de almacenamiento de agua potable para consumo deberán realizar muestreo y análisis fisicoquímicos y bacteriológicos al agua,

realizados por un laboratorio acreditado, mínimo un día y máximo tres días antes y después del mantenimiento.

VI. METODOLOGÍA.

Las actividades realizadas durante la estancia en la planta potabilizadora de agua Fortín 1, específicamente en el área de control de calidad, se llevaron a cabo en 4 periodos como se muestra en el esquema siguiente.

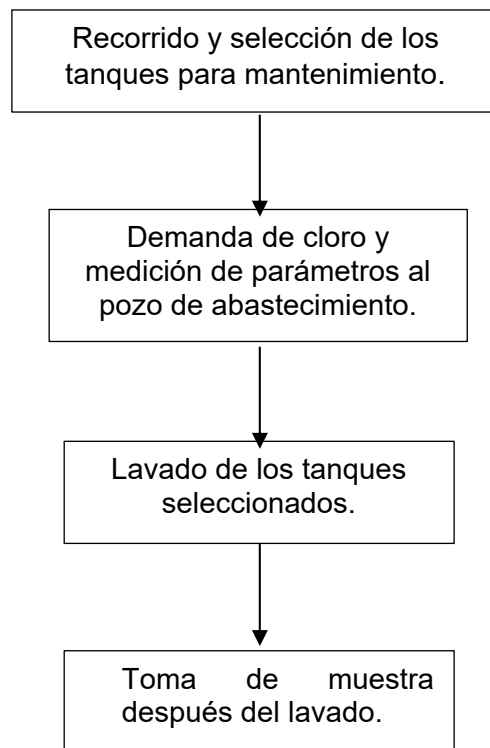


Figura 2 Periodos de actividades en la planta potabilizadora de agua Fortín 1

1. Recorrido y selección de los tanques para mantenimiento

Como primer punto se realizó un recorrido a todos los tanques operables que están dentro de la jurisdicción de SAPAO (anexo A) tomando una muestra de agua de cada uno de ellos para realizar la caracterización fisicoquímica, la cual fue llevada a cabo en campo con el equipo Hach, posterior a ello se eligieron los tanques de almacenamiento más deteriorados y los que mostraban más sedimento acumulado así como los que sus parámetros medidos estaban fuera de rango comparándolo con la norma oficial mexicana.

Una vez elegidos los tanques para realizarles el lavado, se levantaron fichas técnicas en cuanto a su capacidad, geolocalización y el resultado de los parámetros medidos en laboratorio. (Ver anexo B)

2. Demanda de cloro y medición de parámetros al pozo de abastecimiento

PRUEBAS FISICOQUIMICAS REALIZADAS A LOS TANQUES

Se le realizaron los analisis fisicoquimicos mas importantes, principalmente fierro y manganeso, a las distintas muestras de agua que se tomaban diariamente de los tanques de almacenamiento de SAPAO. Cabe recalcar que estas muestras fueron analizadas en laboratorio una vez levantada la ficha tecnica para el lavado del tanque. Las pruebas que se realizaron a las muestras son:

Determinación de fierro

Determinación de manganeso

Medición de pH

Medición de cloro residual

Medición de color

Medición de turbiedad

Determinación de dureza total

Determinación de alcalinidad total.

Descripción breve de cada análisis.

a) Determinacion de Fierro

Se toman 50 ml de la muestra.

Se le agregan 5 ml de HCl 6N

Se le agregan dos gotas de permanganato de potasio

Se coloca en una parrilla y se lleva a ebullicion

Despues de evaporarse aproximadamente 5 ml de solucion se retira de la parrilla y se deja enfriar.

Posteriormente se le agregan 5 ml de Tiocianato de Potasio.

Se le agrega 1 gota de permanganato de potasio. El agua cambia a color café-rojo.

Se compara con la serie de Taylor o se toma una muestra de 25 ml y se lee en el aparato HACH



b) Determinacion de Manganeso

Se toman 100 ml de muestra

Se le agregan 5 ml de solucion especial y una gota de peroxido de hidrogeno

Se coloca en una parrilla y se lleva a ebullicion

Despues de evaporarse aproximadamente 10 ml de solucion se le agrega un gramo de persulfato de amonio. El agua se colorea rosa-morado

Se deja ebullicir un minuto mas y se retira de la parrilla para que se enfrie

Después se agrega solución patrón de acuerdo con el volumen establecido y completar con agua destilada y llevar a leer al espectrofotómetro HACH.



c) Determinación de dureza total

Se toman 50 ml de la muestra.

Se le agrega 1 ml de solución buffer.

Se le agrega una pizca de negro de eriocromo.

Se titula con EDTA al 6% hasta mostrar vire de morado a azul marino.



d) Determinación de Alcalinidad total.

Se toman 50 ml de la muestra

Se le agregan 3 gotas de anaranjado de metilo



Se titula con H_2SO_4 al 0.2 N hasta mostrar el vire de naranja a rojo-canela.

Se compara con la serie de taylor o se toma una muestra de 25 ml y se lee en el aparato HACH

Nota: el color amarillo muestra la presencia del indicador anaranjado de metilo solamente, el color anaranjado es el punto intermedio de la reaccion y el color rojo indica que alcanzo su punto final.

e) Medicion de pH.

En un vaso de precipitados se toman aproximadamente 100 ml de la muestra

Se introduce el peachimetro en el vaso de precipitados y se deja actuar hasata que el reloj deje de parpadear.

El resultado indicado despues de que el reloj dejó de parpadear es el pH real de la muestra tomada.



f) Medición de cloro residual.

Se llena el indicador La Motte de aproximadamente 5 ml que marca en cada graduación la concentración de cloro en ppm.

Se le agrega una pastilla DPD (N-Dietilpferilendiamina) la cual, al entrar en contacto con la muestra de agua, reaccionarán tornándose color magenta proporcionalmente a la concentración de cloro que haya en el agua.



Una vez diluida la pastilla en el agua, se compara el color de la muestra de agua con la graduación del comparador.

g) Determinacion de turbiedad.

Se toman 25 ml de la muestra y se colocan en una celda del aparato HACH.

En otra celda se colocan 5 ml de agua destilada (blanco).

Se lleva a cero el aparato HACH con la celda de agua destilada.

Posteriormente se coloca la celda con la muestra y se toma la lectura..

h) Determinacion de color.

Se toman 25 ml de la muestra y se colocan en una celda del aparato HACH.

Se toman tambien 5 ml de agua destilada

Se lleva a cero el aparato HACH con la celda de agua destilada

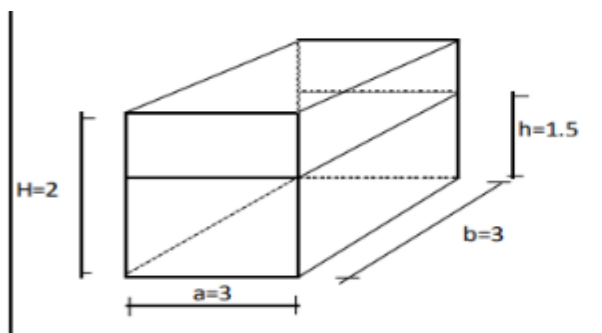
Posteriormente se coloca la celda con la muestra y se toma la lectura.

En base al resultado de los parámetros determinados en las muestras de agua obtenidas de los tanques durante el recorrido se consideró clorar algunos pozos de abastecimiento antes de la llegada a la planta potabilizadora ya que mostraban una alta concentración de fierro y/o manganeso, por lo cual se optó por reducir la concentración de estos dos agentes químicos mediante demandas de cloro, la cual indica la cantidad necesaria en ppm de hipoclorito sódico como agente oxidante y así poder lograr un cloro residual de 1 ppm. (Ver anexo C)

3. Lavado de los tanques seleccionados

Una vez realizada la dosificación necesaria de NaOCl a los pozos de abastecimiento, se procedió a la planeación del lavado de los tanques seleccionados según los resultados del primer muestreo que se realizó, una vez realizado el lavado del tanque se procedió a calcular la cantidad de cloro que se debía suministrar para lograr un residual de 1 ppm según la norma oficial mexicana. (Ver anexo D).

La cantidad de cloro que debía ser suministrada se obtiene de la siguiente



1.- CALCULO DEL VOLUMEN

$$V = a \times b \times H \quad \text{Desinfección}$$

$$V = a \times b \times h \quad \text{Cloración}$$

2.- Dosis de cloro a prepararse

$$D = 50 \text{ mg/L} \quad \text{Desinfección}$$

$$D = 1 \text{ mg/L} \quad \text{Cloración}$$

3.- % de cloro activo del producto

$$\text{HTH} = 70\%$$

$$65\%$$

RESERVORIOS

$$P = \frac{D \text{ (mg/l)} \times V \text{ (litros)}}{\% \times 10} = \text{gramos}$$

1.- Desinfección

$$V = a \times b \times H = 3 \times 3 \times 2 = 18 \text{ m}^3$$

$$V = 18 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ l} = 18000 \text{ lts}$$

$$P = \frac{50 \times 18,000}{70 \times 10} = 1,258.7 \text{ grs}$$

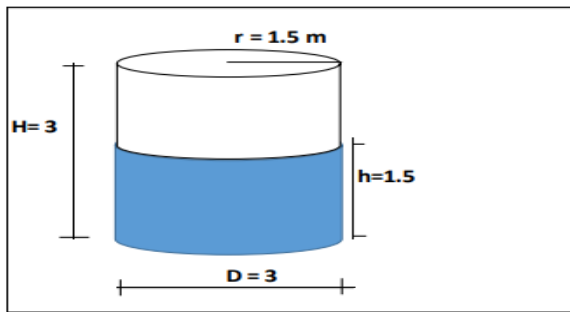
2.- Cloración

$$V = a \times b \times h = 3 \times 3 \times 1.5 = 13.5 \text{ m}^3$$

$$V = 13.5 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ l} = 13,500 \text{ lts}$$

$$P = \frac{1 \times 13,500}{70 \times 10} = 19.28 \text{ grs}$$

manera:



1.- CALCULO DEL VOLUMEN

$$V = \pi \times r^2 \times H = 3.1416 \times r^2 \times H \quad \text{Desinfección}$$

$$V = \pi \times r^2 \times h = 3.1416 \times r^2 \times h \quad \text{Cloración}$$

2.- Dosis de cloro a prepararse

$$D = 50 \text{ mg/L} \quad \text{Desinfección}$$

$$D = 1 \text{ mg/L} \quad \text{Cloración}$$

3.- % de cloro activo del producto

$$\text{HTH} = 70\%$$

$$65\%$$

RESERVORIOS CIRCULARES

$$P = \frac{D \text{ (mg/l)} \times V \text{ (litros)}}{\% \times 10} = \text{gramos}$$

1.- Desinfección

$$V = \pi \times r^2 \times H = 3.1416 \times (1.5)^2 \times 3 = 21.20 \text{ m}^3$$

$$V = 21.20 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ l} = 21,206 \text{ lts}$$

$$P = \frac{50}{70} \times \frac{21,206}{10} = 1,514.7 \text{ grs}$$

2.- Cloración

$$V = \pi \times r^2 \times h = 3.1416 \times (1.5)^2 \times 2.5 = 17.67 \text{ m}^3$$

$$V = 17.67 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ l} = 17,670 \text{ lts}$$

$$P = \frac{50}{70} \times \frac{17,670}{10} = 25.24 \text{ grs}$$

Figura 3 Formulas para determinar cantidad de cloro

4. Toma de muestra después del lavado

Una vez concluido con el lavado de los tanques se realizó otra toma de muestra, esto con el fin de realizar las caracterizaciones pertinentes y así poder comparar los datos obtenidos con los del primer muestreo realizado antes, esto con el fin de ver si existen cambios en las concentraciones de los principales contaminantes del agua, y si existe una mejora en cuanto a la calidad del agua.

VII. RESULTADOS

A continuación, se muestran todos los resultados obtenidos de las caracterizaciones fisicoquímicas realizadas a los tanques de almacenamiento seleccionados para el lavado.

En la tabla 7 se muestran los parámetros medidos y los establecidos por la norma con el fin de comparar más a detalle.

Tabla 7 Resultados de la medición de parámetros en tanques.

PARAMETRO	UNIDAD	AURORA	MOCTEZUMA	HIDALGO	SAN AGUSTIN	RIO BLANCO	BUGAMBILIAS	XOCHIMILCO	NOM 127
Medido en campo									
pH		7.18	7.2	7.31	7.42	7.31	7.45	7.22	6.5-8.5
Fisicoquímicos									
N-NH ₃	mg/l	0.753	0.622	0.59	0.688	0.535	1.21	0.753	0.5
SDT	mg/l	708	506	626	703	723	926	779	1000
N-NO ₂	mg/l	0.0028	0.0031	0.0125	0.0025	0.002	0.0032	0.0029	1
N-NO ₃	mg/l	0.152	0.125	0.614	<0.111	2.11	0.181	<0.111	10
SO ₄	mg/l	32.7	21.3	74.8	120	91.4	24	28.3	400
Fenoles T	mg/l	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	0.3
Cl	mg/l	33.3	35.7	35.9	86.8	104	148	139	250
F	mg/l	0.588	0.521	0.658	0.499	0.772	0.45	0.331	1.5
Dureza T	mg/l	382	330	386	434	450	577	489	500
Color	UPtCo	17.5	25	7.5	50	7.5	7.5	62.5	20
Turbiedad	UNT	40	18	4.5	32	0.1	50	30	5
GyA	mg/l	—	—	—	—	—	—	—	—
SAAM	mg/l	<0.136	<0.136	<0.136	<0.136	<0.136	<0.136	<0.136	0.5
Cn	mg/l	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.07
Absorción atómica									
Cu	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2
Pb	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
As	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.0077	<0.005	0.2652	0.0075	0.025
Cd	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005
Cr	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05
Hg	mg/l	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0,001
Ba	mg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.7
Na	mg/l	41.6	38.31	24.38	50.95	72.58	48.77	61.7	200
Al	mg/l	0.0175	0.1331	0.0148	0.0231	0.0191	0.0152	0.0503	0.2
Fe	mg/l	3.58	1.49	0.37	2.61	0.09	7.852	2.9	0.3
Mn	mg/l	1.56	0.85	0.63	1.65	1.71	3.35	1.92	0.15
Cromatografía de gases									
THM's	mg/l	CHCl3, CHCl2Br, CHClBr2, CHBr3 por debajo de los límites de detección							200
Plaguicidas clorados	Lindano, Aldrín, Dieldrín, Clordano, DDT, Metoxicloro, Heptacloro, Epóxido de Heptacloro, Hexacloro Benceno, por debajo de los límites de detección.								
2,4-D	mg/l	<20							30000
Microbiología									
CT	UFC/100 ml	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
CF	UFC/100 ml	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0

Los valores marcados con el signo <, indican “por abajo del límite de detección del equipo”, excepto en grasas y aceites en cuyo caso se refieren al límite de confianza de la prueba.

Los resultados muestran que los parámetros que cumplen en todos los tanques con los límites marcados en la norma corresponden a: pH, SDT, N-NO₂, SO₄, fenoles T, Cl, F, SAAM, Cn, Cu, Pb, Cd, Cr, Hg, Ba, Na, THM's, plaguicidas clorados y 2,4-D.

La determinación de grasas y aceites sólo se hizo en dos tanques durante este monitoreo, y en los dos casos hubo presencia de este contaminante, pero por debajo de los límites de confiabilidad de la prueba (7.1 mg/l), por lo que no puede asegurarse el valor real, además, este parámetro no se encuentra normado para agua potable.

A continuación, se muestran las figuras de los parámetros que, al menos en un tanque, el valor se encuentre por arriba del límite de detección de la prueba.

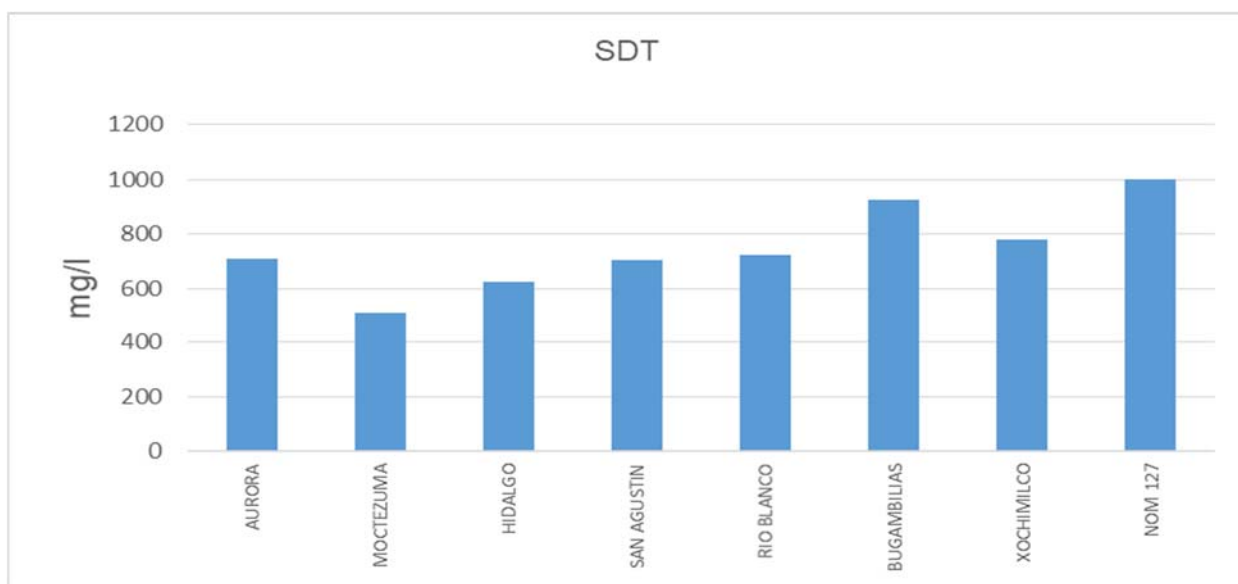


Figura 4 Concentraciones de sólidos disueltos totales en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

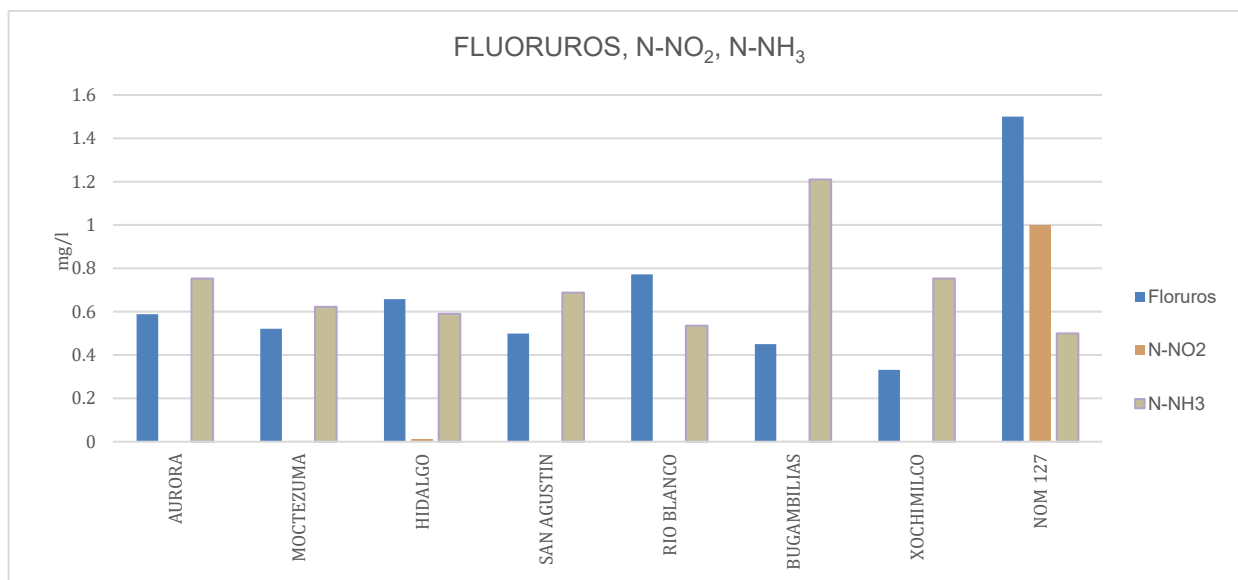


Figura 5 Concentraciones de nitritos, fluoruros y nitrógeno amoniacal en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo

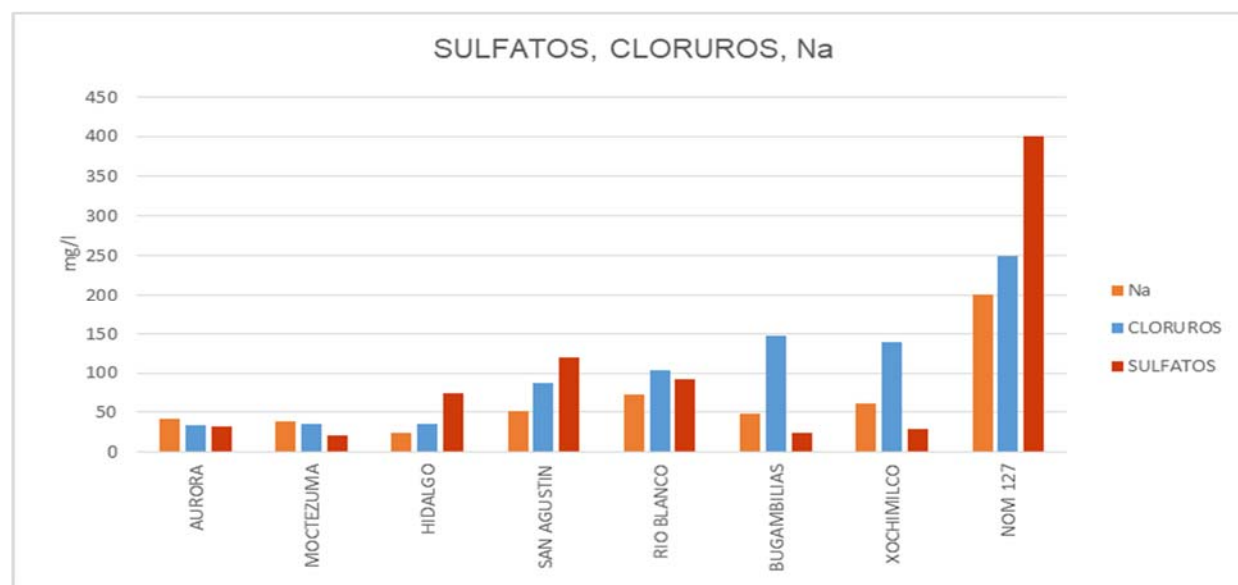


Figura 6 Concentraciones de sulfatos, cloruros y sodio en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

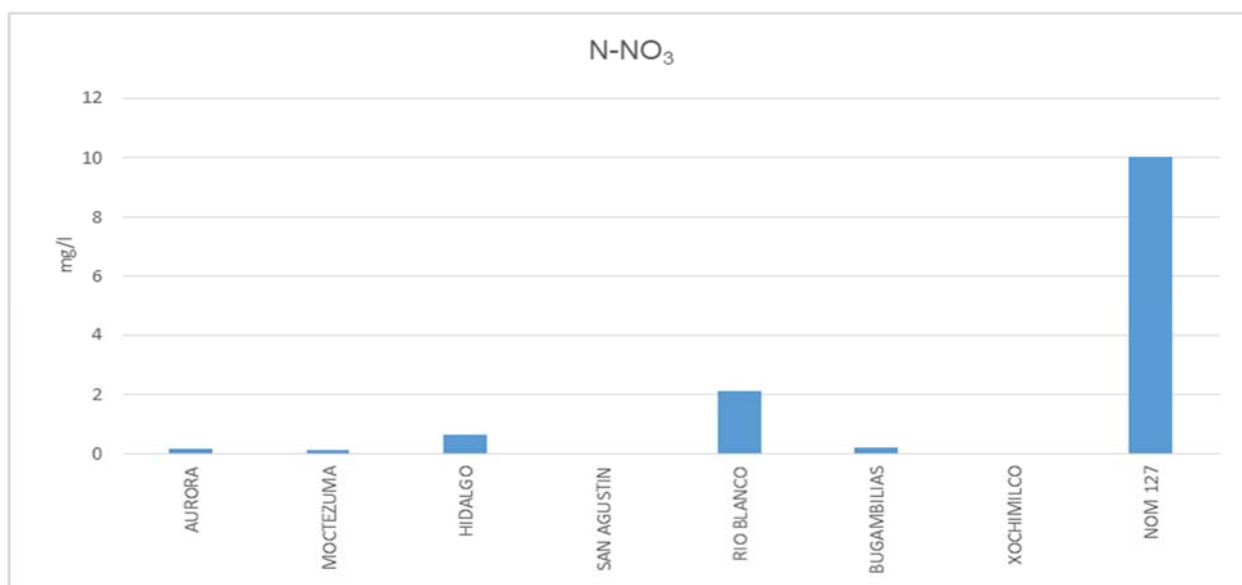


Figura 7 Concentraciones de nitratos en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

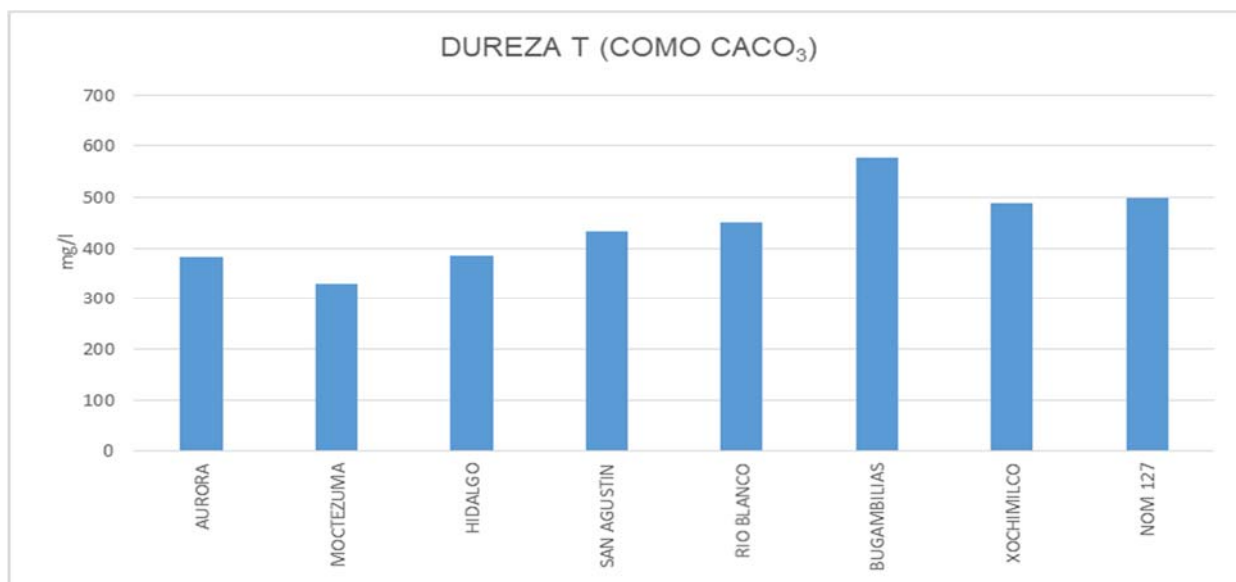


Figura 8 Concentraciones de dureza total en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

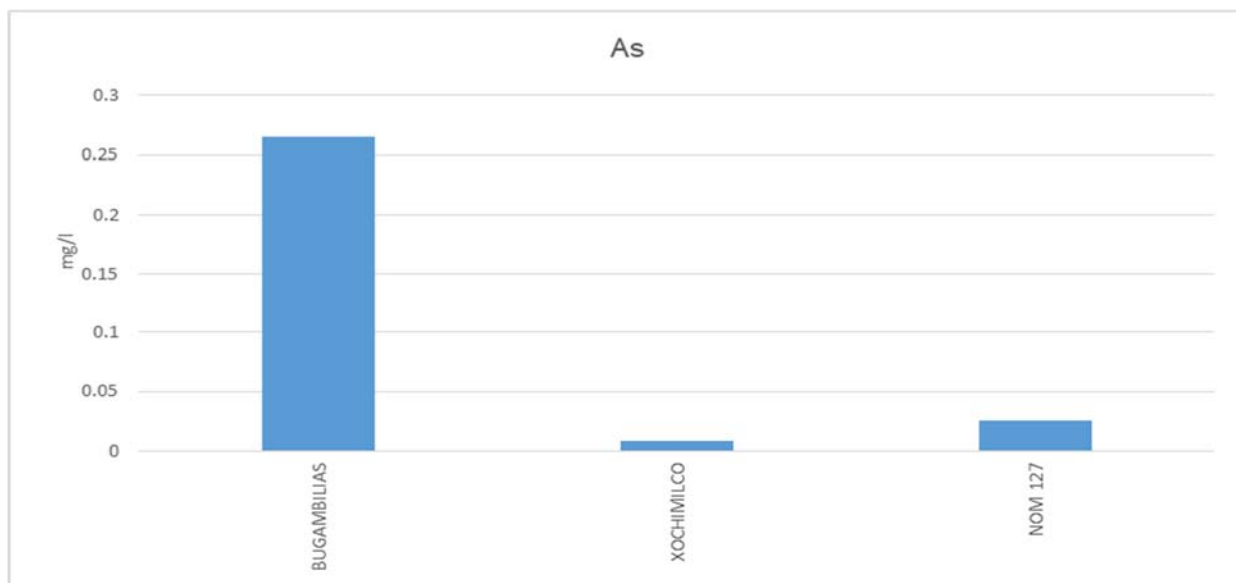


Figura 9 Concentraciones de arsénico en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

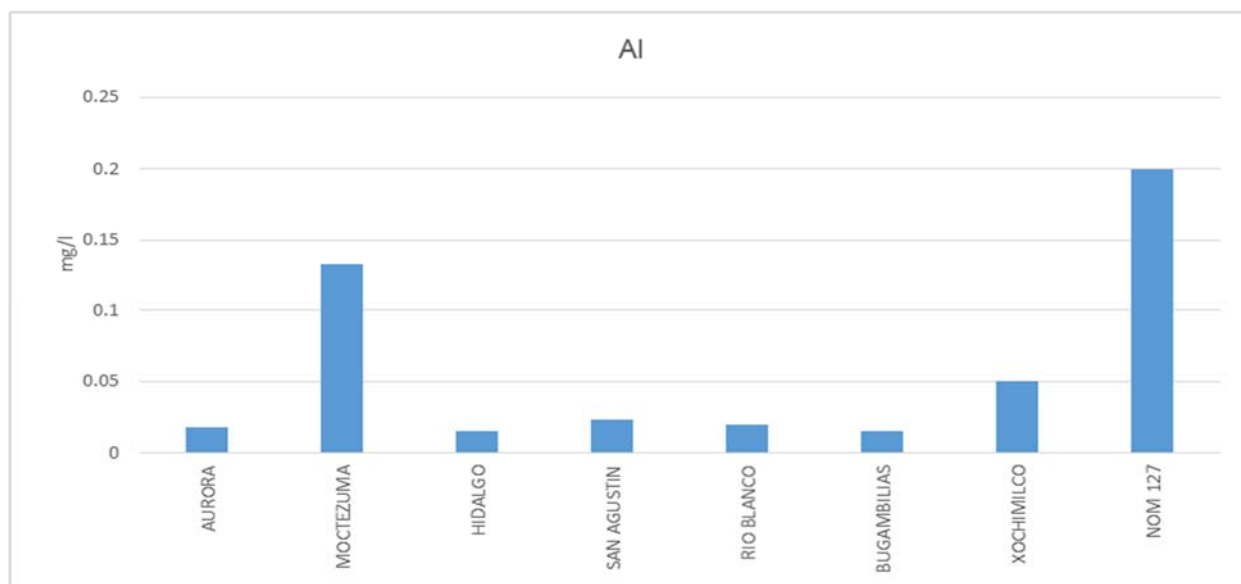


Figura 10 Concentraciones de aluminio en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

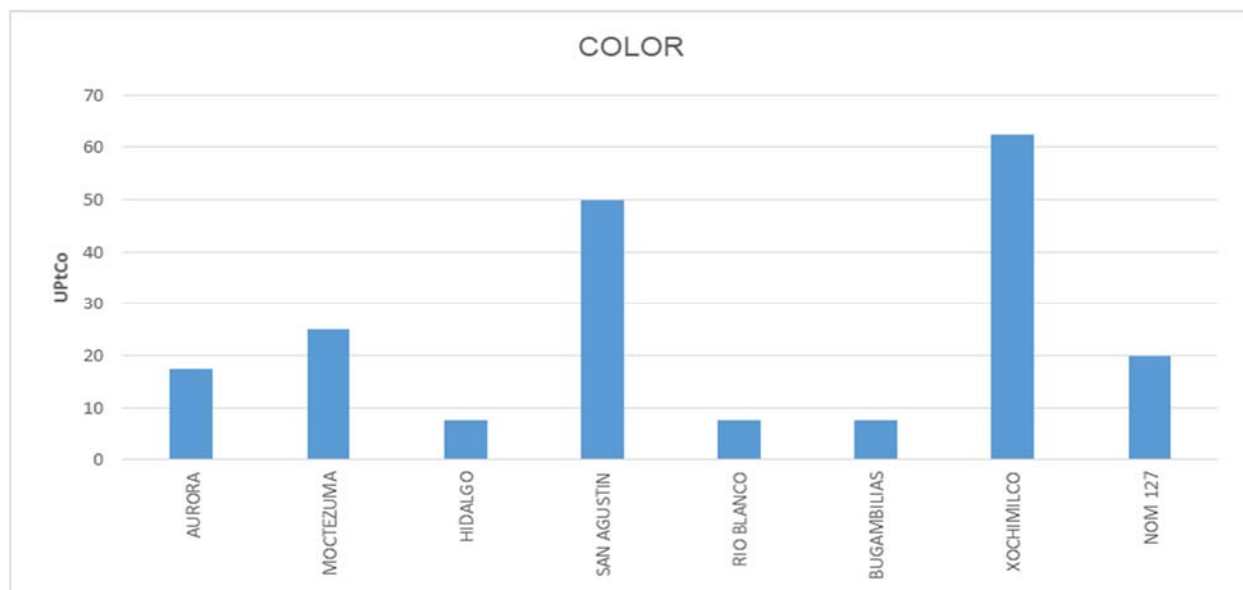


Figura 11 Concentraciones de color verdadero en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

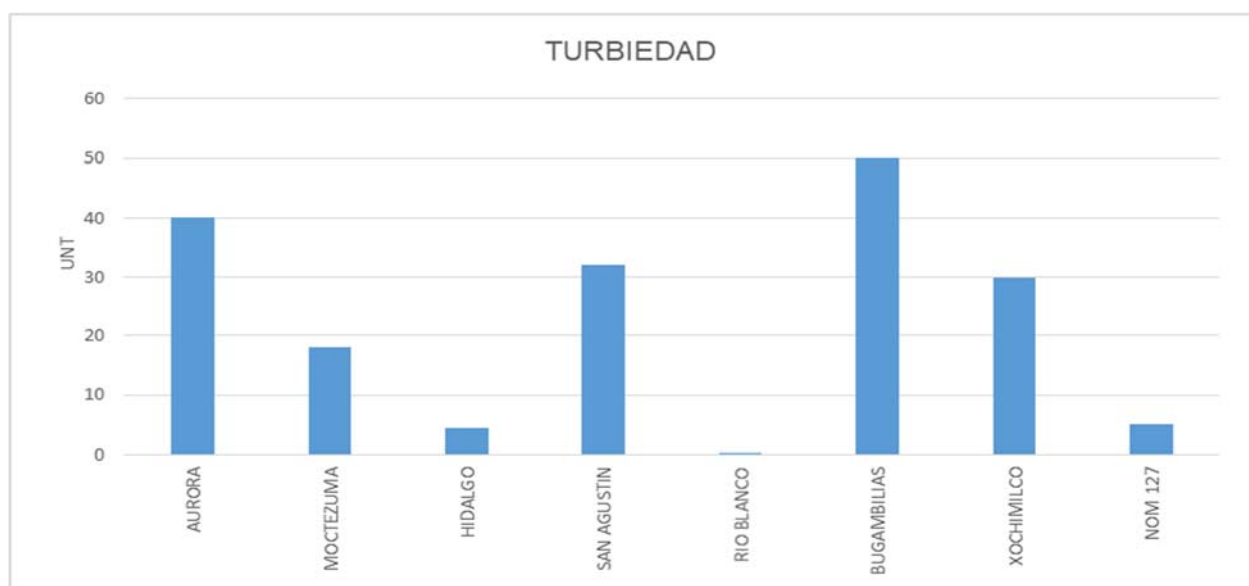


Figura 12 Concentraciones de turbiedad en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

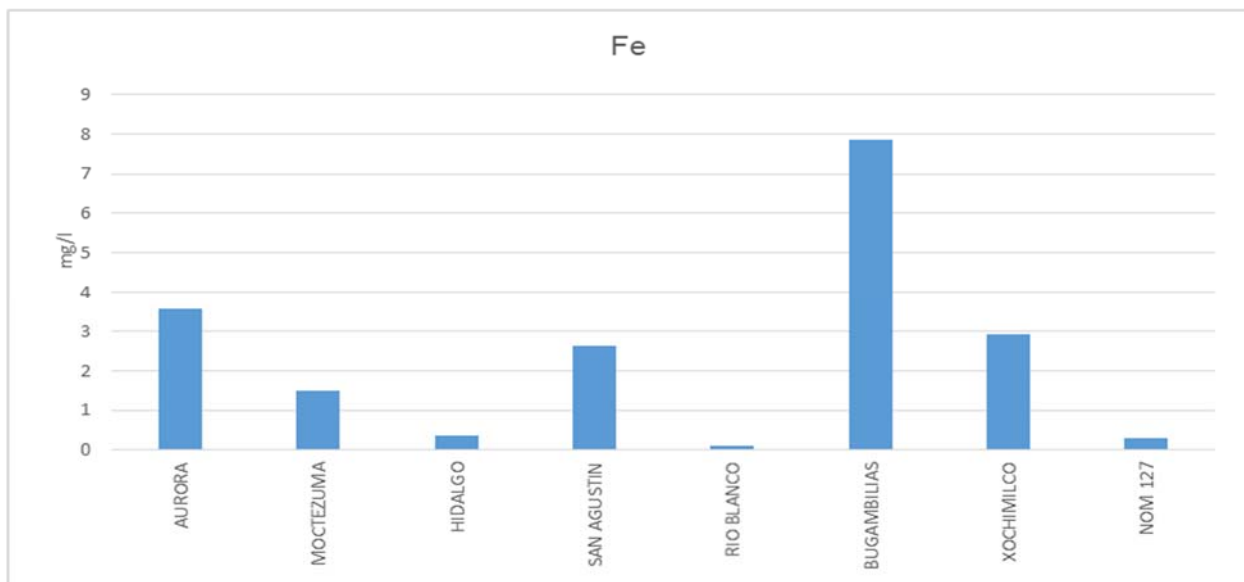


Figura 13 Concentraciones de hierro en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

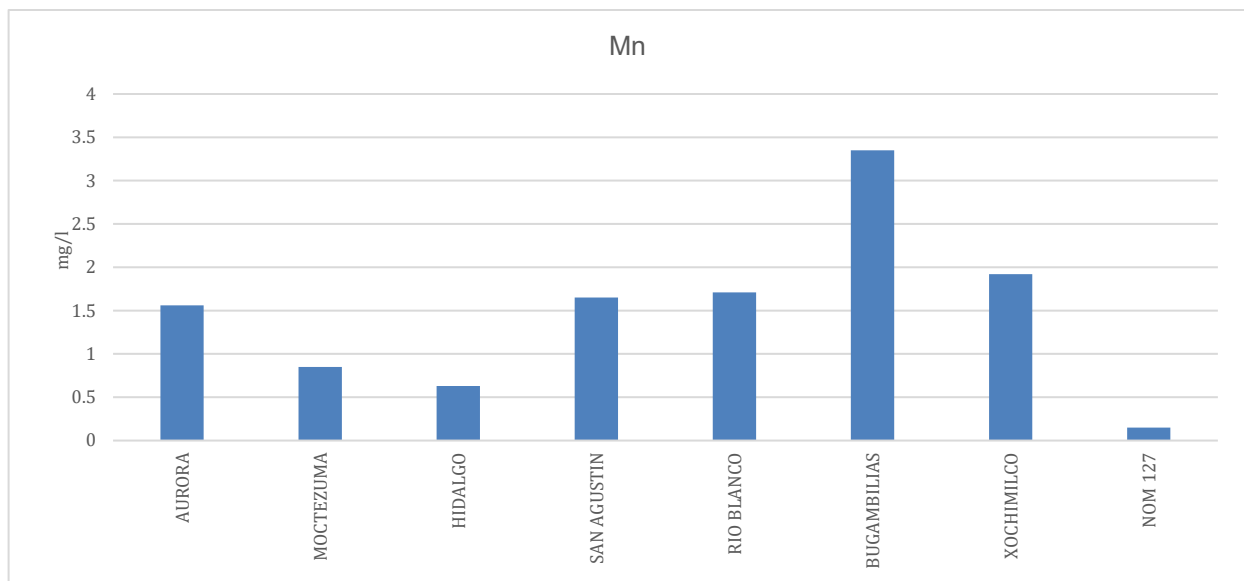


Figura 14 Concentraciones de manganeso en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.

De la Figura 11 a la 14 se puede apreciar que el color, la turbiedad, el hierro y el manganeso, aparecen fuera de norma en todos los tanques. El hecho de que el color verdadero esté tan alto, puede indicar que hay un alto porcentaje de hierro en forma coloidal a la salida de los tanques.

El nitrógeno amoniacal, aunque está fuera de norma en todos los subsistemas, ya no aparece en los tanques de salida de las plantas potabilizadoras, lo que muestra que se está removiendo en las mismas. Por el contrario, la turbiedad apareció en el tanque de la potabilizadora Fortín I. La dureza y el arsénico rebasa la norma en el tanque Bugambilias.

No se detectó la misma calidad del agua en tanques que se encuentran próximos entre sí, por lo que no hay suficientes elementos para obviar el monitoreo de tanques aledaños.

En los tanques analizados se encontraron ciertos parámetros fuera de norma que pueden presentar un problema significativo a la salud como es el caso del arsénico (véase página 31). No se detectaron otros metales fuera de norma durante el período de estiaje.

En general los niveles de coliformes fue baja y sólo se detectaron en el tanque Bugambilias. Asegurando la correcta desinfección a pie del tanque, este parámetro no debe de representar un problema para la salud en esta época del año. En resumen, las fuentes con parámetros fuera de norma se muestran de la Figura 15 a la 17.

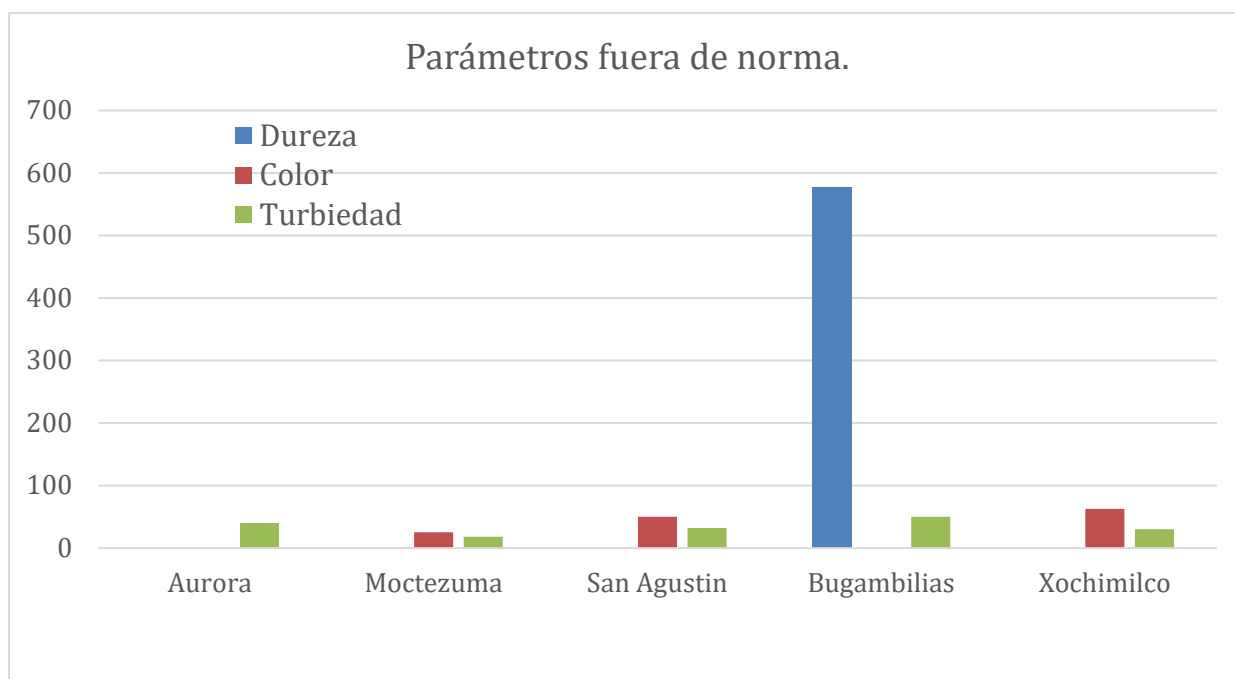


Figura 15 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en período de estiaje en cuanto a dureza total, color y turbiedad.

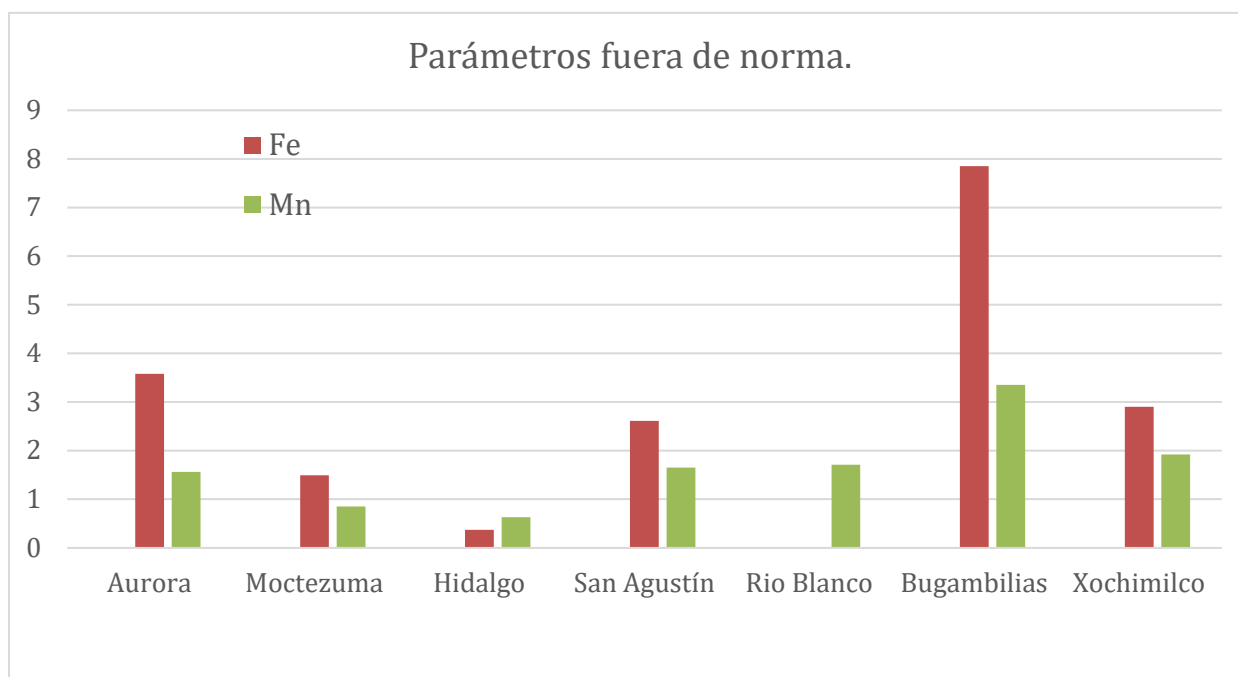


Figura 16 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en periodo de estiaje en cuanto a nitratos, hierro y manganeso.

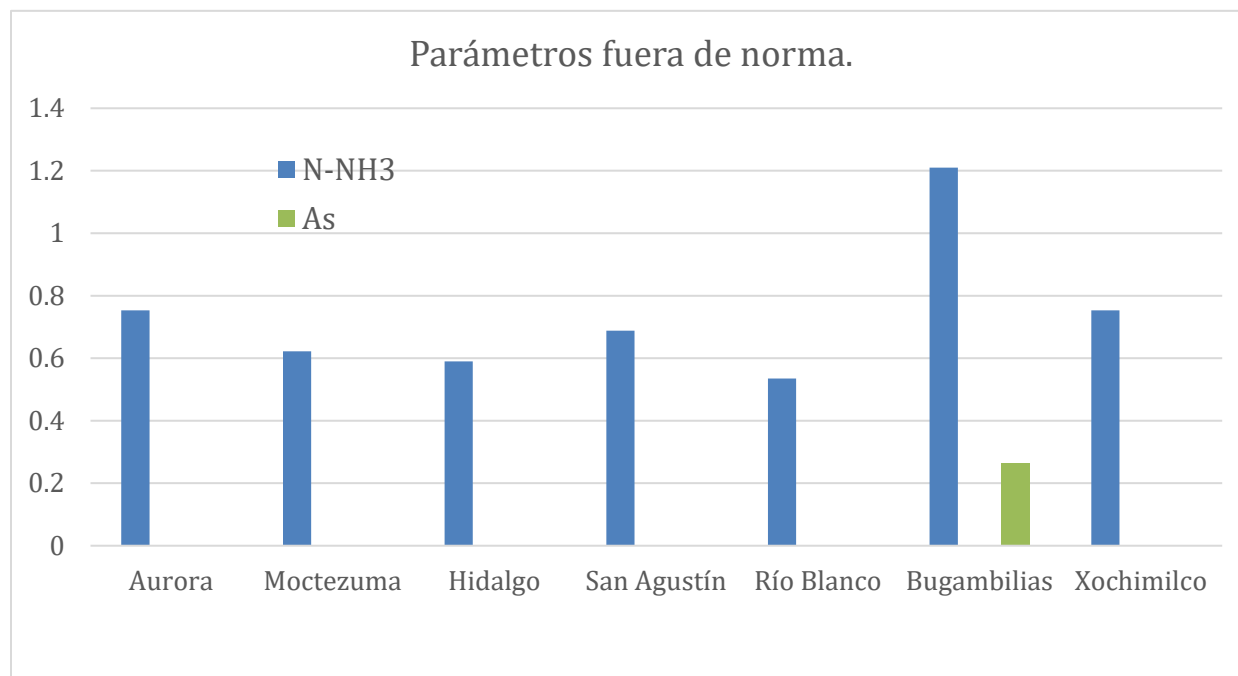


Figura 17 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en periodo de estiaje en cuanto a nitrógeno amoniacal y arsénico.

- RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS

En la Figura 18 puede observarse que la turbiedad presenta una relación significativa con la presencia del Fe en todas las muestras analizadas, lo que es lógico debido a la facilidad con la que el hierro se precipita al oxidarse en contacto con el aire.

Por el contrario, en el caso del manganeso la relación no es tan clara porque la precipitación del manganeso es mucho más difícil de llevar a cabo que la del hierro. Aun así, en la Figura siguiente se aprecia que, en los tanques con mayor concentración de este contaminante, el color y la turbiedad aumentan visiblemente (ver Figura 19).

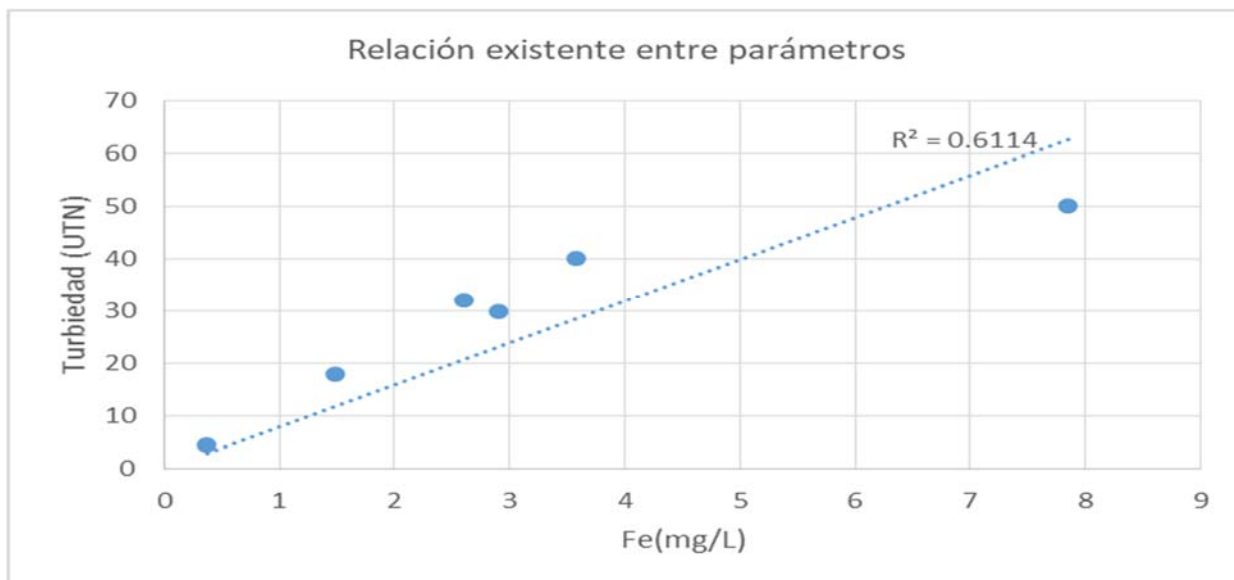


Figura 18 Relación del hierro con la turbiedad.

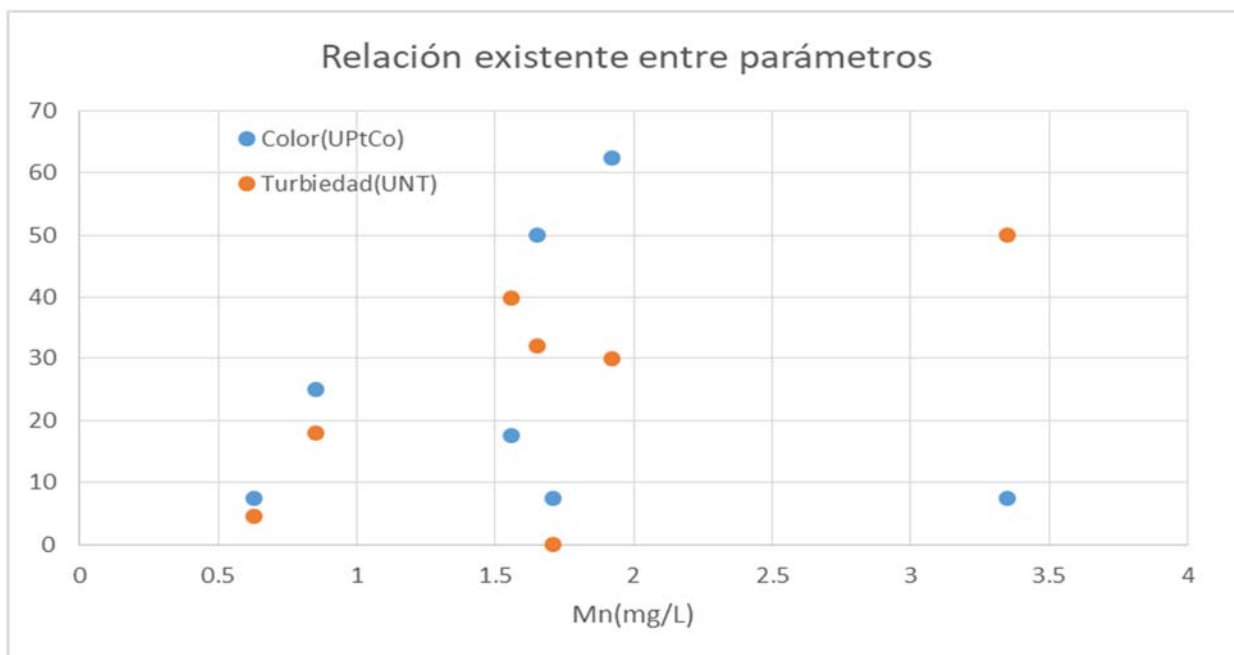


Figura 19 Relación del manganeso con el color y la turbiedad.

RESULTADOS SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO

Tabla 8 Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento durante la época de lluvias.

PARAMETRO	UNIDAD	AURORA	MOCTEZUMA	HIDALGO	SAN AGUSTIN	RIO BLANCO	BUGAMBILIA	XOCHIMILCO	NOM 127
Medido en campo									
pH		6.74	6.56	6.7	6.56	6.68	7	6.65	6.5-8.5
Fisicoquímicos									
N-NH ₃	mg/l	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.61	1.9	0.5
SDT	mg/l	546	638	878	893	656	753	810	1000
N-NO ₂	mg/l	0.004	<0.002	0.01	0.003	0.03	<0.002	0.009	1
N-NO ₃	mg/l	0.65	9.11	0.79	10.06	1.54	1.73	1.95	10
SO ₄	mg/l	11.1	48.5	21.2	30.4	62.9	14.4	14.2	400
Fenoles T	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.3
Cl	mg/l	63.1	52.9	134	128	80.6	115	91.3	250
F	mg/l	0.345	0.507	0.483	0.357	0.399	0.403	0.451	1.5
Dureza T	mg/l	348	356	481	458	419	497	516	500
Color	UPtCo	2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	20
Turbiedad	UNT	1.4	0.4	4.6	2.3	0.2	9.1	2	5
GyA	mg/l	<8.52	—	<8.52	<8.52	—	—	—	—
SAAM	mg/l	0.36	0.15	<0.14	<0.14	<0.14	0.22	0.36	0.5
Cn	mg/l	<0.0018	<0.0018	<0.0018	<0.0018	<0.0018	<0.0018	<0.0023	0.07
Absorción atómica									
Cu	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2
Pb	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
As	mg/l	0.0223	<0.005	0.0198	0.0062	0.023	0.0135	0.0226	0.025
Cd	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.005
Cr	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05
Hg	mg/l	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0,001
Ba	mg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.7
Na	mg/l	46.63	29.35	66.74	63.91	65.29	69.29	73.46	200
Al	mg/l	0.0827	0.0177	0.0248	0.0574	0.1639	0.1757	0.0385	0.2
Fe	mg/l	1.05	0.15	1.12	0.99	0.14	2.5	1.07	0.3
Mn	mg/l	0.39	<.05	2.93	1.22	0.62	1.67	2.38	0.15
Cromatografía de gases									
THM's	mg/l	CHCl3, CHCl2Br, CHClBr2, CHBr3 por debajo de los límites de detección							200
Plaguicidas clorados	Lindano, Aldrín, Dieldrín, Clordano, DDT, Metoxicloro, Heptacloro, Epóxido de Heptacloro, Hexacloro Benceno, por debajo de los límites de detección.								
2,4-D	mg/l	<5							30000
Microbiología									
CT	UFC/100 ml	60,000	15	<1	16	<1	<1	<1	0
CF	UFC/100 ml	14.500	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0

Los valores marcados con el signo <, indican “por abajo del límite de detección del equipo”, excepto en grasas y aceites en cuyo caso se refieren al límite

de confiabilidad de la prueba que en este monitoreo fue <8.52, abajo del cual no se puede tener seguridad en los valores obtenidos.

Los parámetros que cumplen en todos los tanques con los límites marcados en la norma corresponden a: pH, SDT, N-NO₂, N-NO₃, SO₄, fenoles T, Cl, F, SAAM, As, Cn, Cu, Pb, Cd, Cr, Hg, Ba, Na, THM's, plaguicidas clorados y 2,4-D.

A continuación, se muestran las Figuras de los parámetros que, al menos en un tanque, el valor se encuentre por arriba del límite de detección de la prueba

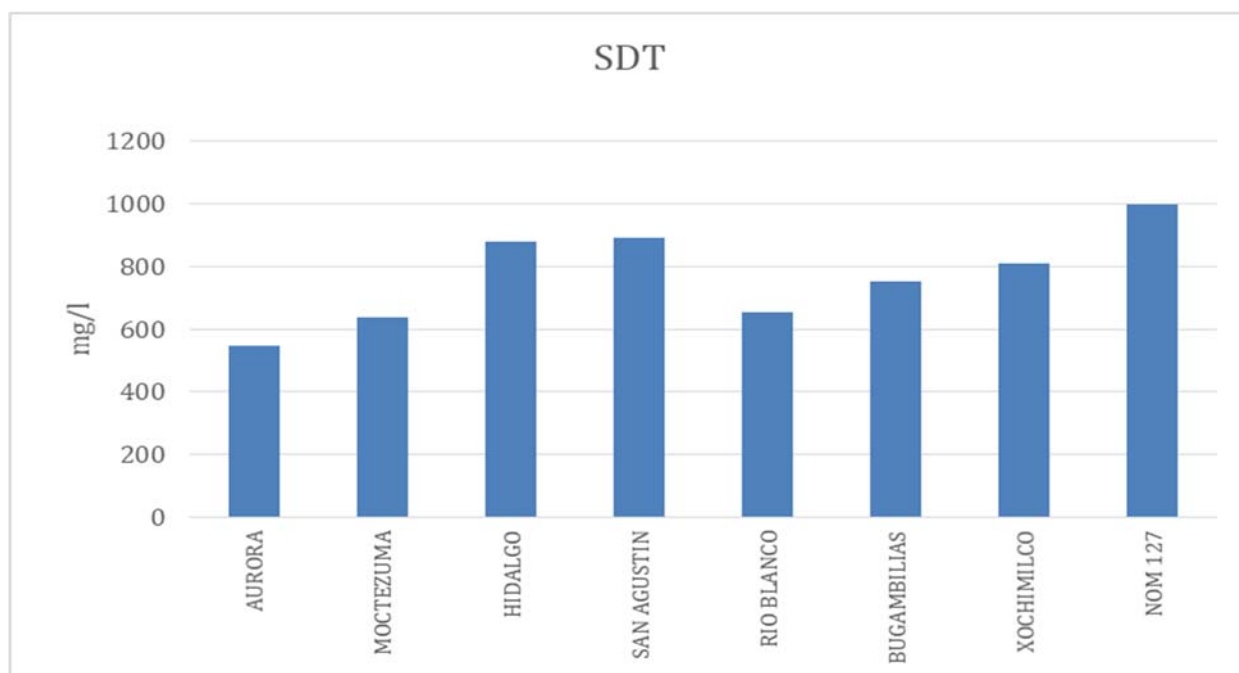


Figura 20 Concentraciones de sólidos disueltos en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

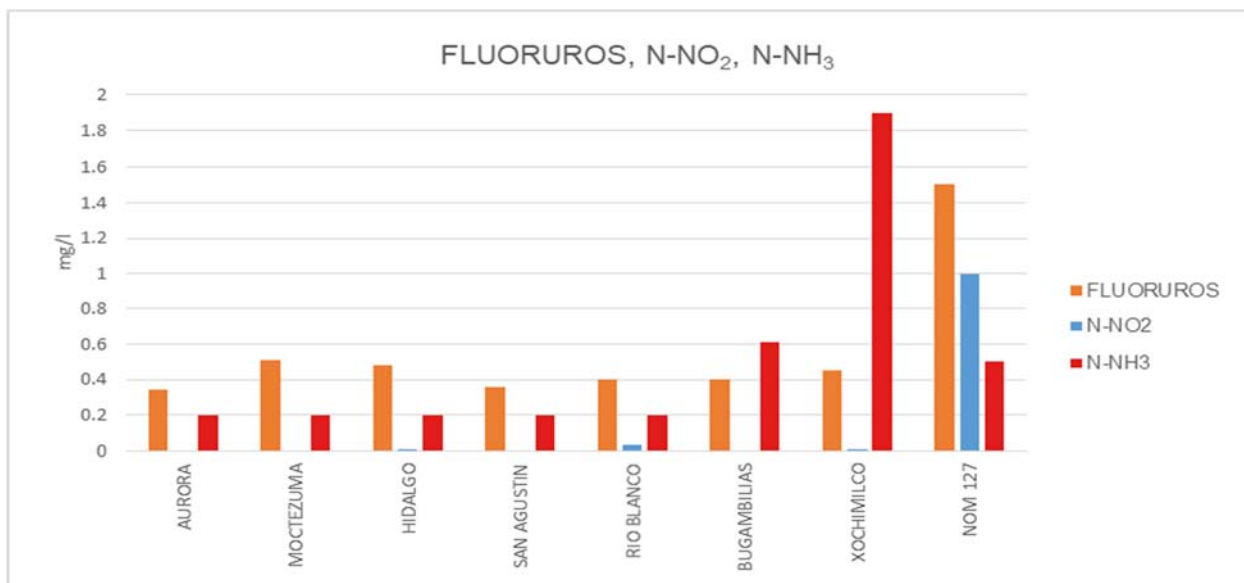


Figura 21 Concentraciones de nitritos, fluoruros y nitrógeno amoniacal en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

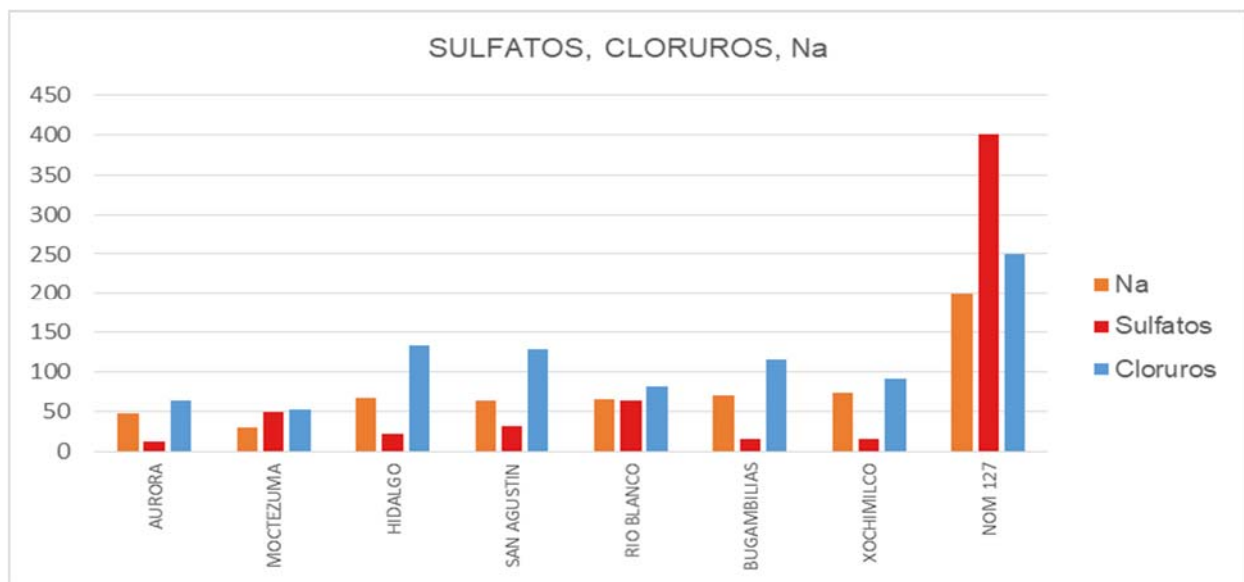


Figura 22 Concentraciones de sulfatos, cloruros y sodio en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

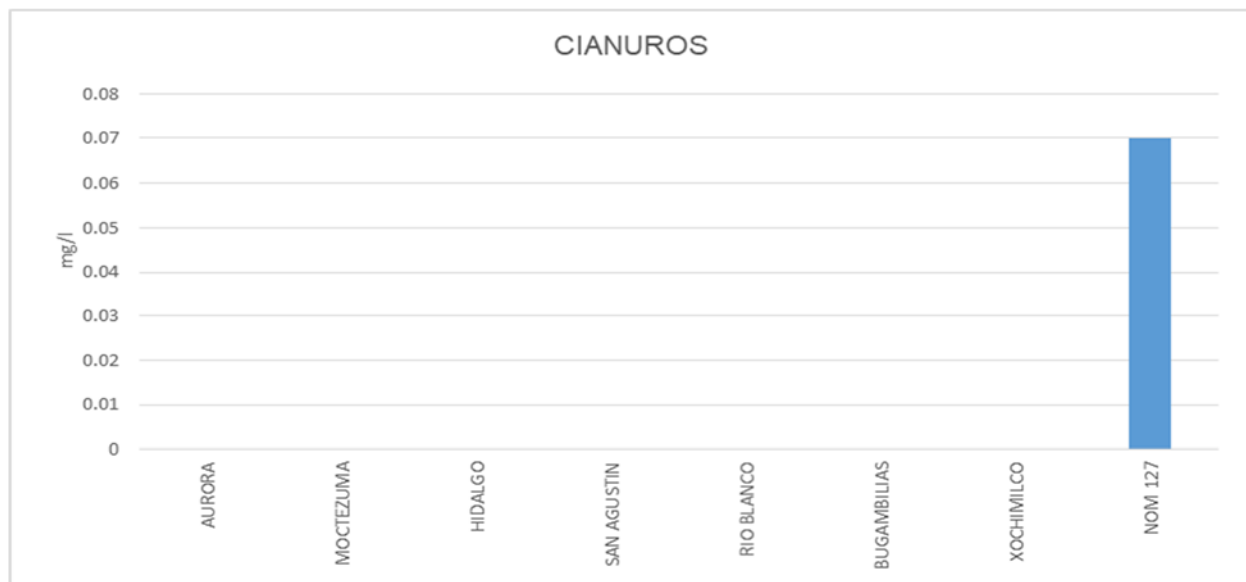


Figura 23 Concentraciones de cianuro en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

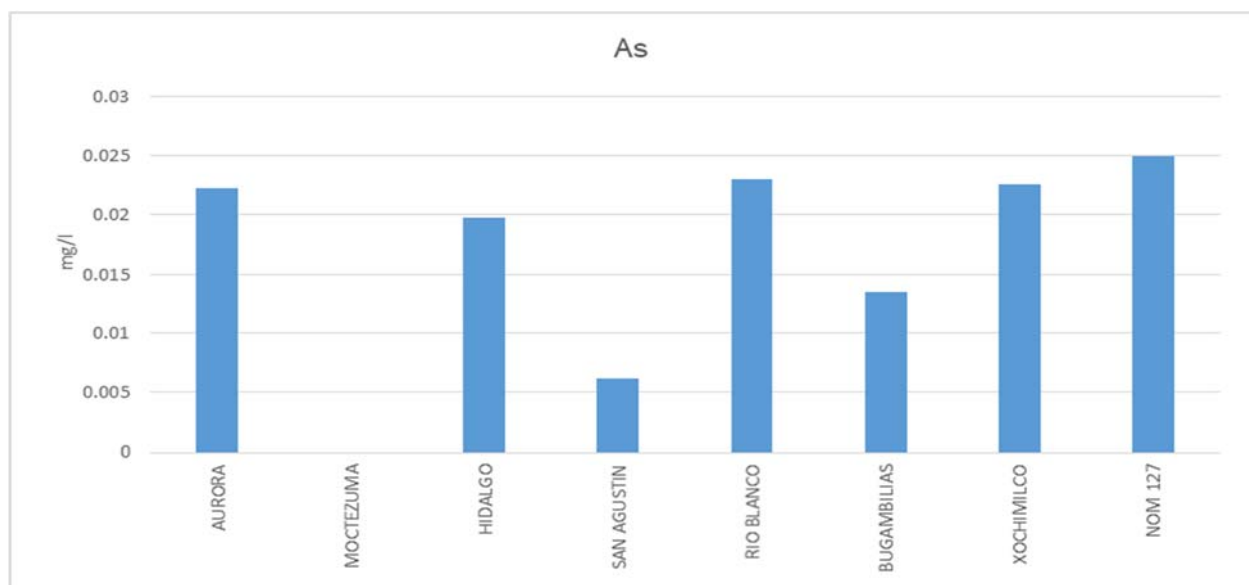


Figura 24 Concentraciones de arsénico en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

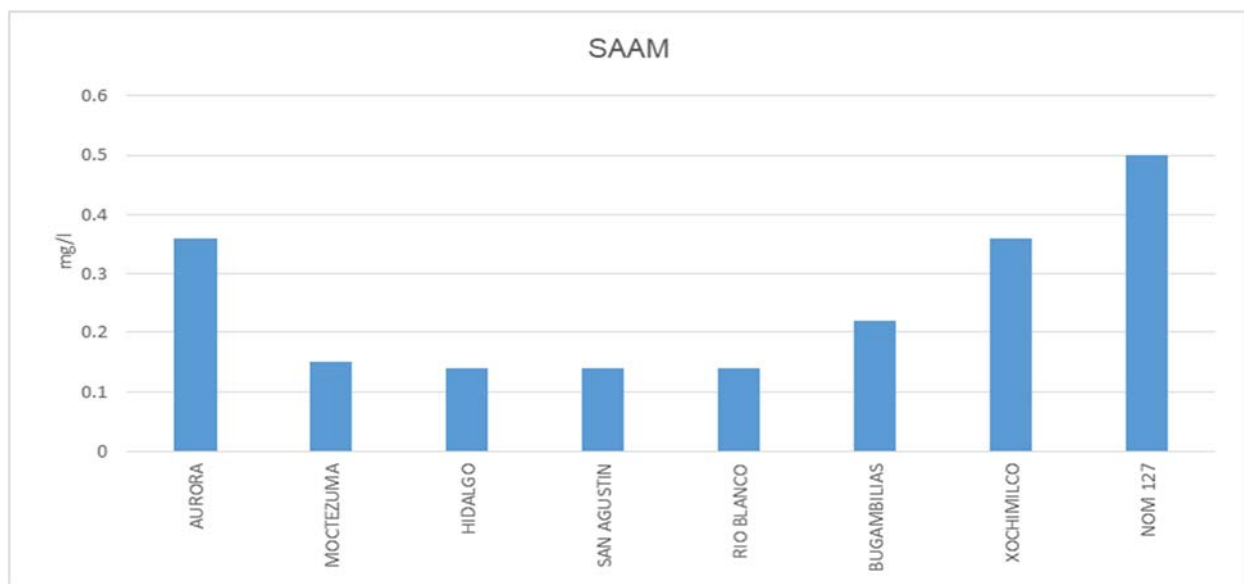


Figura 25 Concentraciones de sustancias activas al azul de metileno en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

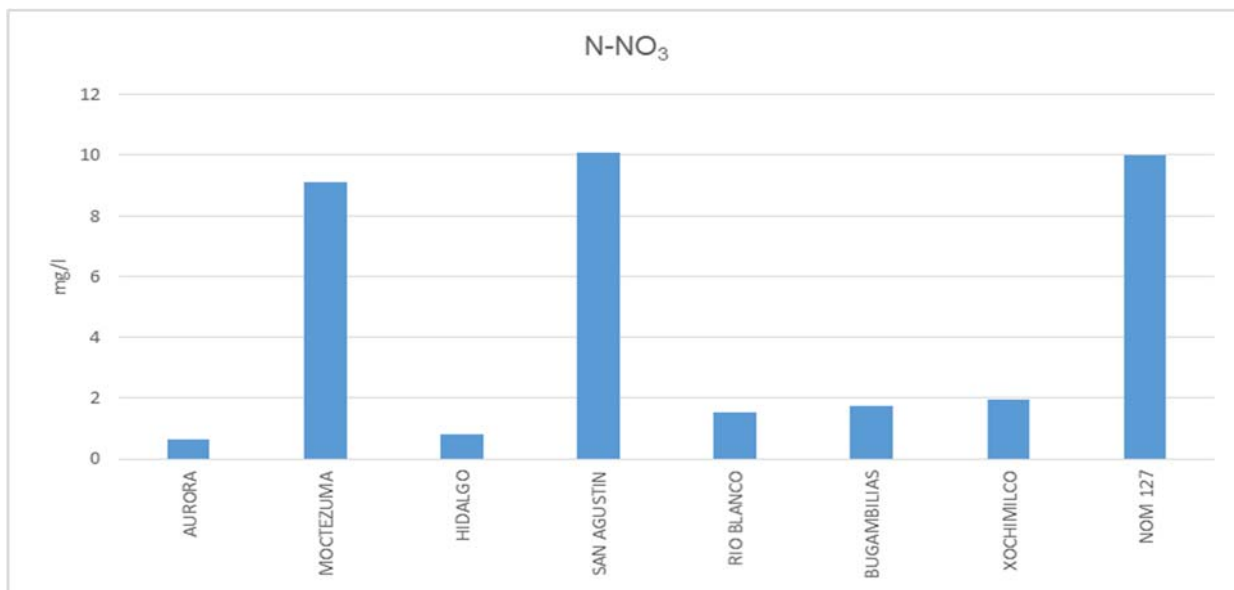


Figura 26 Concentraciones de nitratos en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

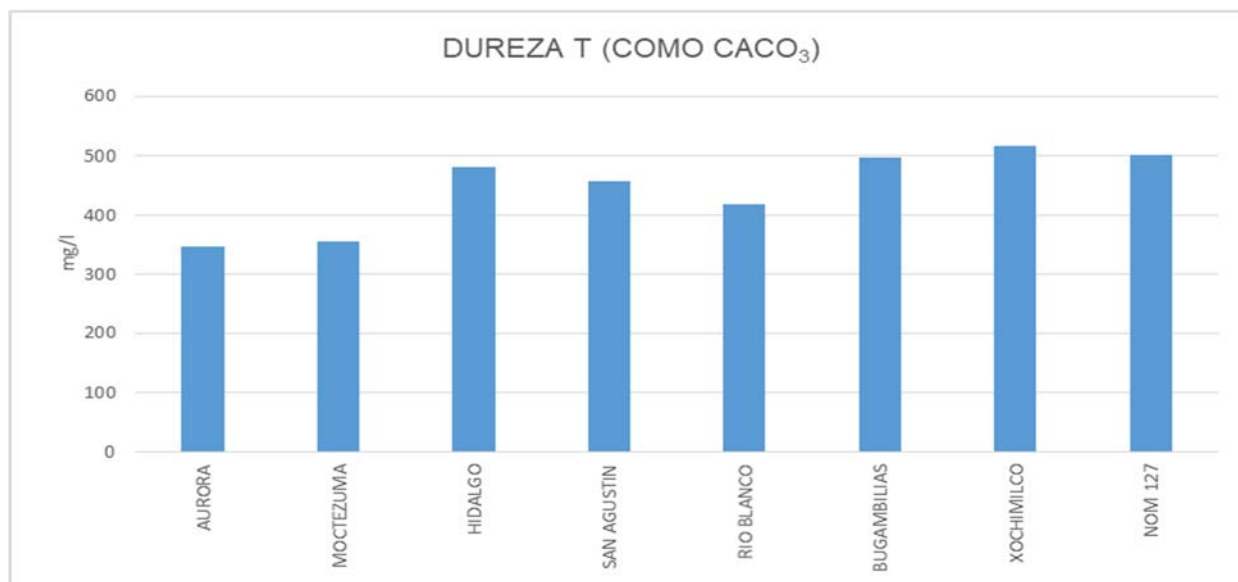


Figura 27 Concentraciones de dureza en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

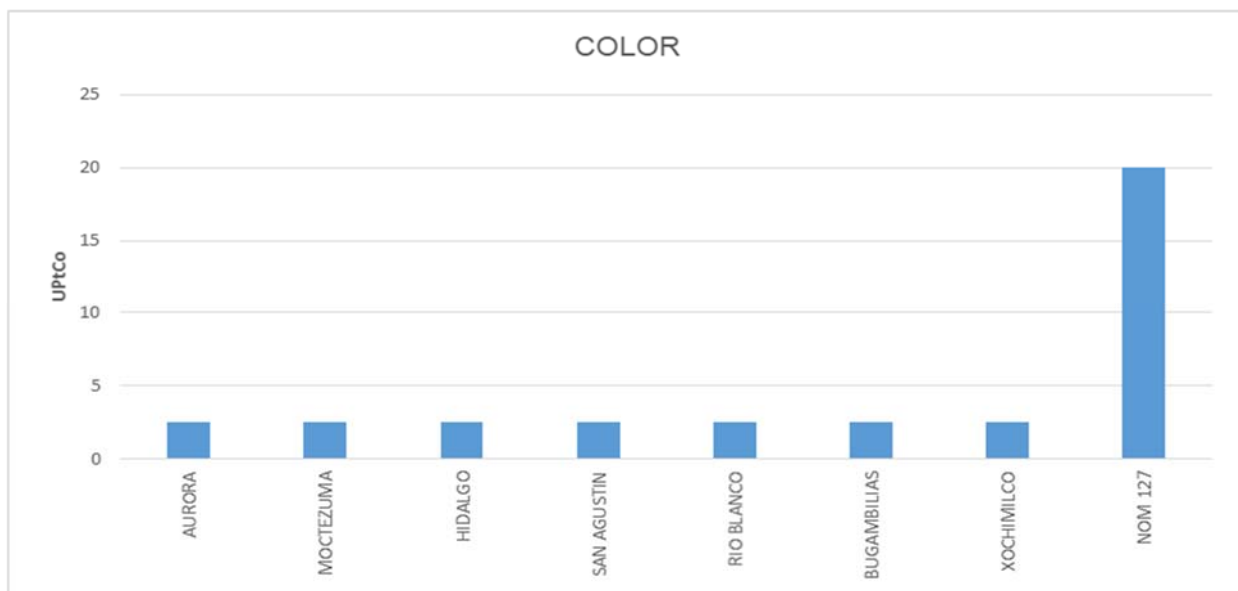


Figura 28 Concentraciones de color verdadero en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

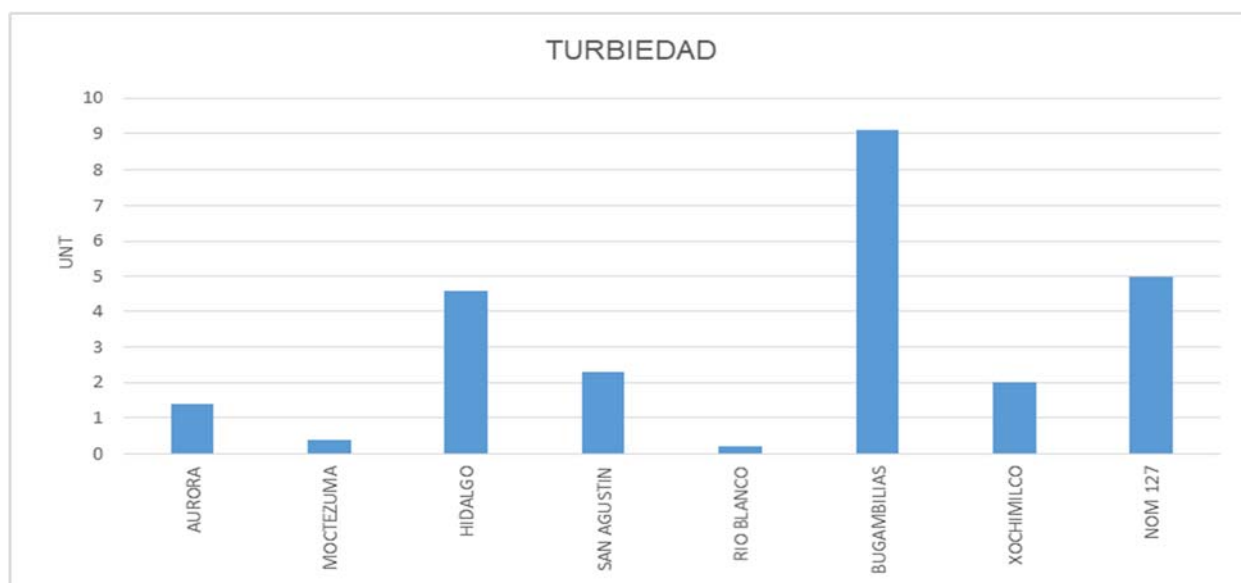


Figura 29 Concentraciones de turbiedad en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

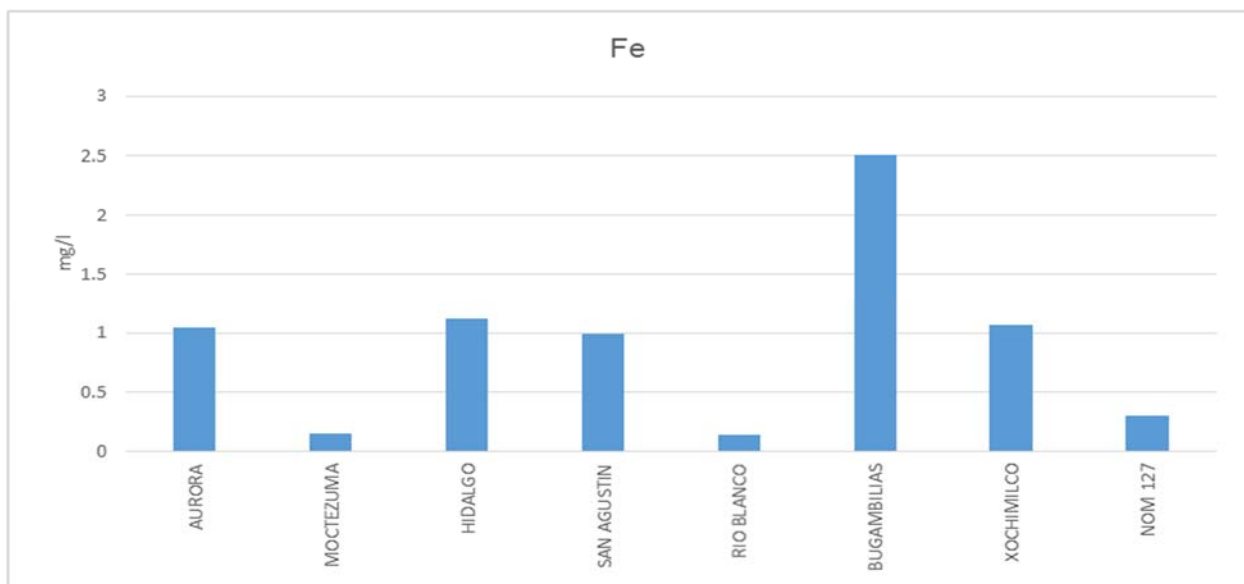


Figura 30 Concentraciones de hierro en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

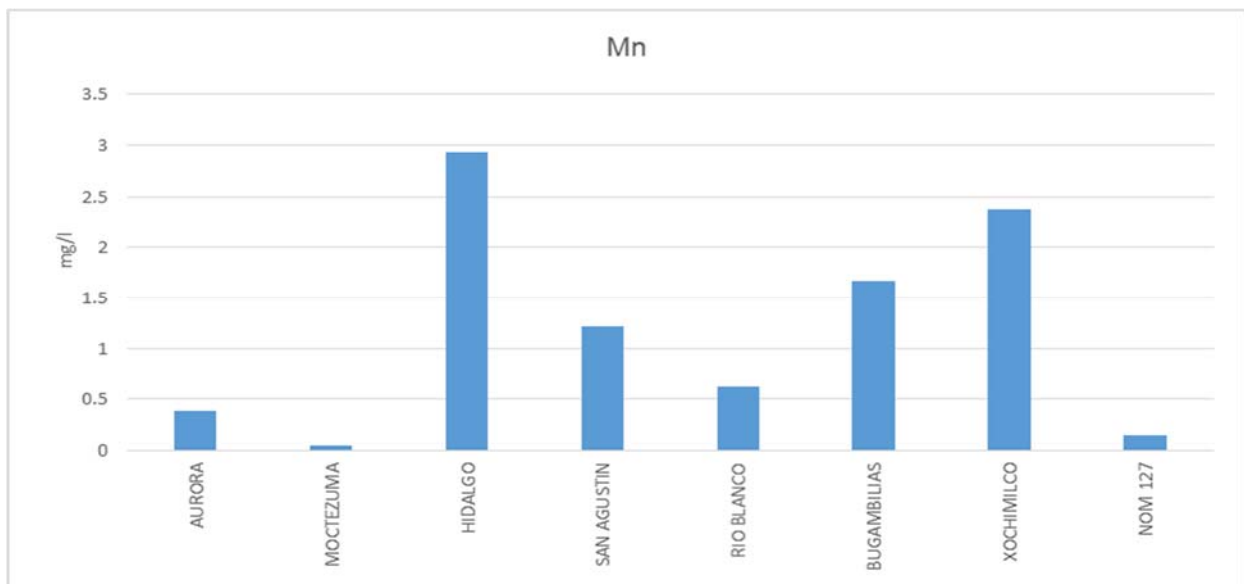


Figura 31 Concentraciones de manganeso en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

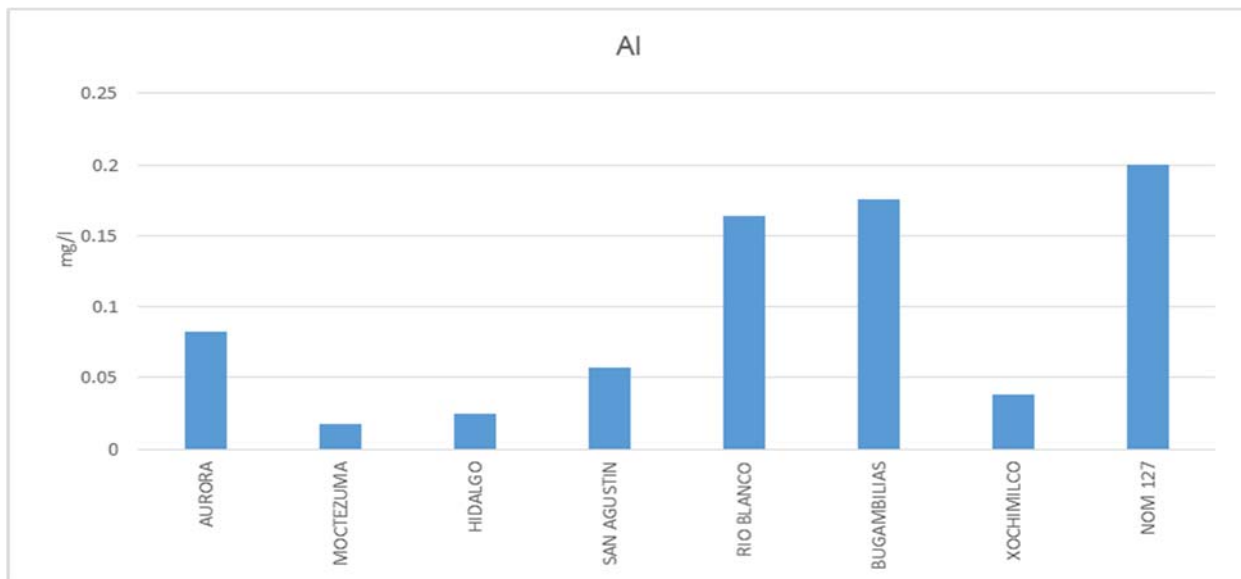


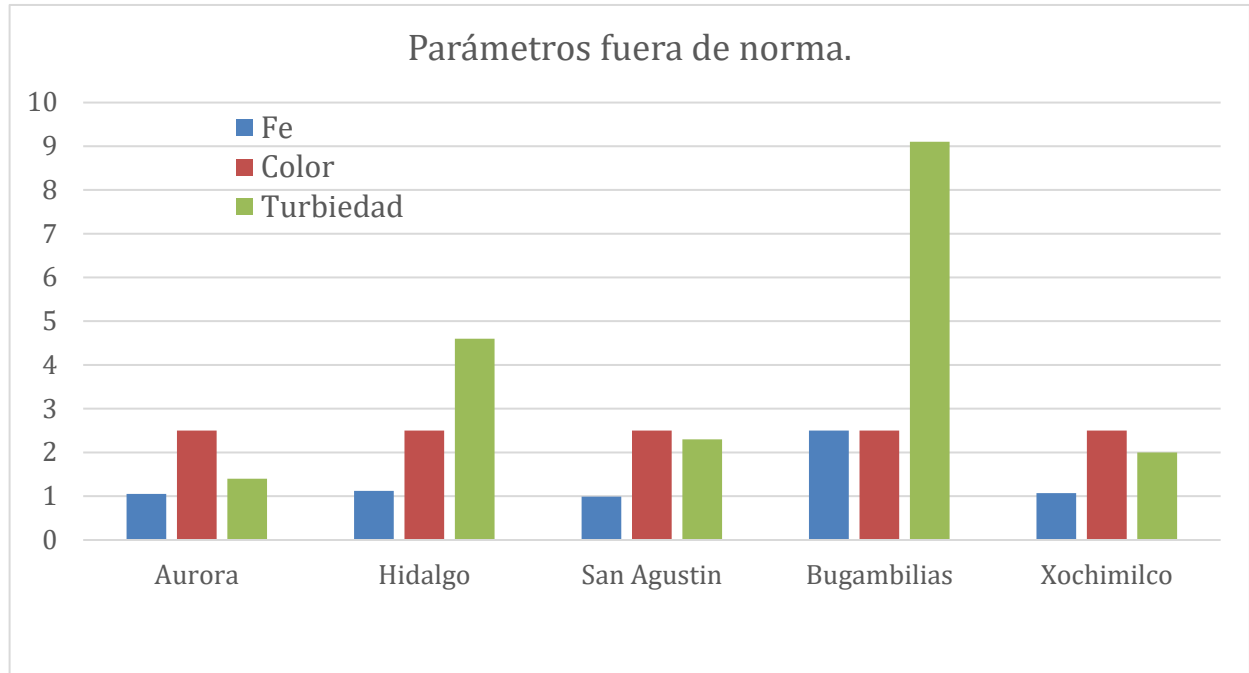
Figura 32 Concentraciones de aluminio en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.

De la Figura 28 a la 32 se puede apreciar que el color, la turbiedad, el hierro y el manganeso, aparecen fuera de norma en todos los subsistemas. Esto último pone en evidencia problemas en la operación de las plantas potabilizadoras siendo la planta Fortín I una de ellas.

En este monitoreo el color verdadero resultó por debajo de los límites de detección en la mayoría de las fuentes monitoreadas, lo que indica que en esos casos el hierro y el manganeso se encontraba en forma articulada. El nitrógeno amoniacal sólo rebasó la norma en los tanques Bugambilias y Xochimilco, y la dureza lo hizo ligeramente en el tanque Xochimilco solamente.

El aluminio ya no fue problema como se mostraba en el primer monitoreo. La concentración de coliformes totales está fuera de norma en los tanques Aurora, Moctezuma, San Agustín, encontrándose valores muy altos en el tanque Aurora con 60,000 UFC/100 ml.

La concentración de coliformes fecales está fuera de la norma en el tanque Aurora con 14,500 UFC/100 ml, lo que puede indicar contaminación por infiltración de aguas residuales. En resumen, las fuentes con problemas se muestran de la figura 33 a la



34.

Figura 33 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en período de lluvias en cuanto a color verdadero, turbiedad y hierro.

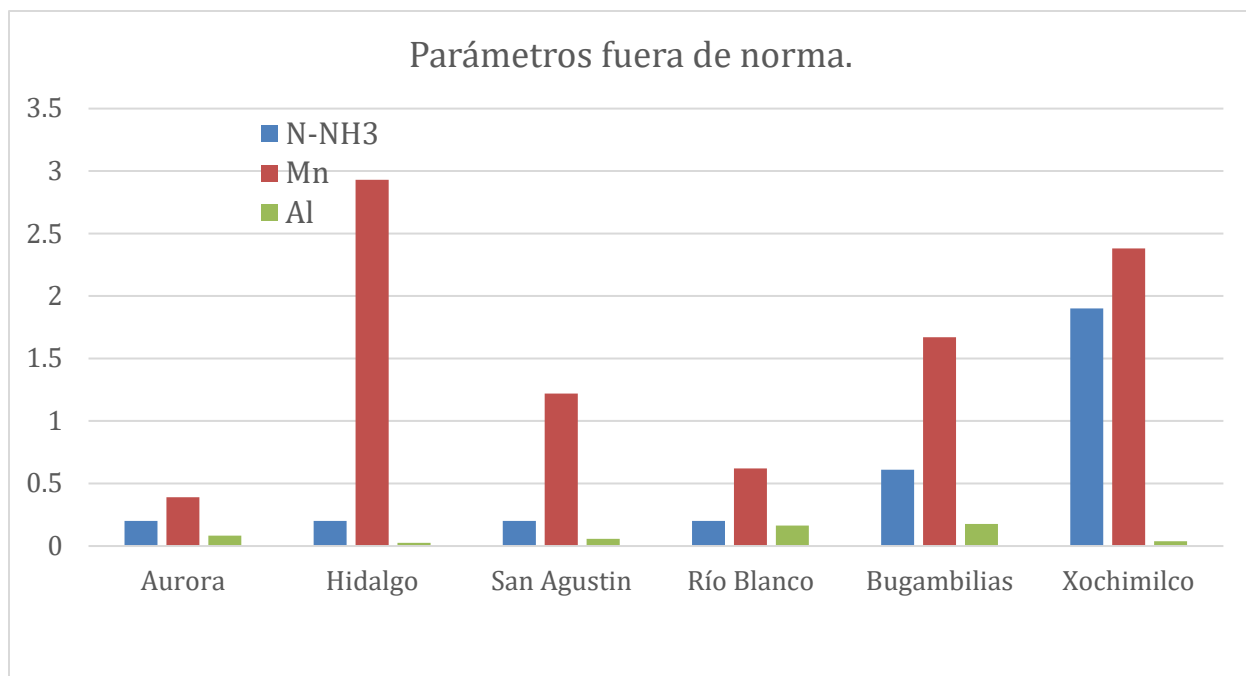
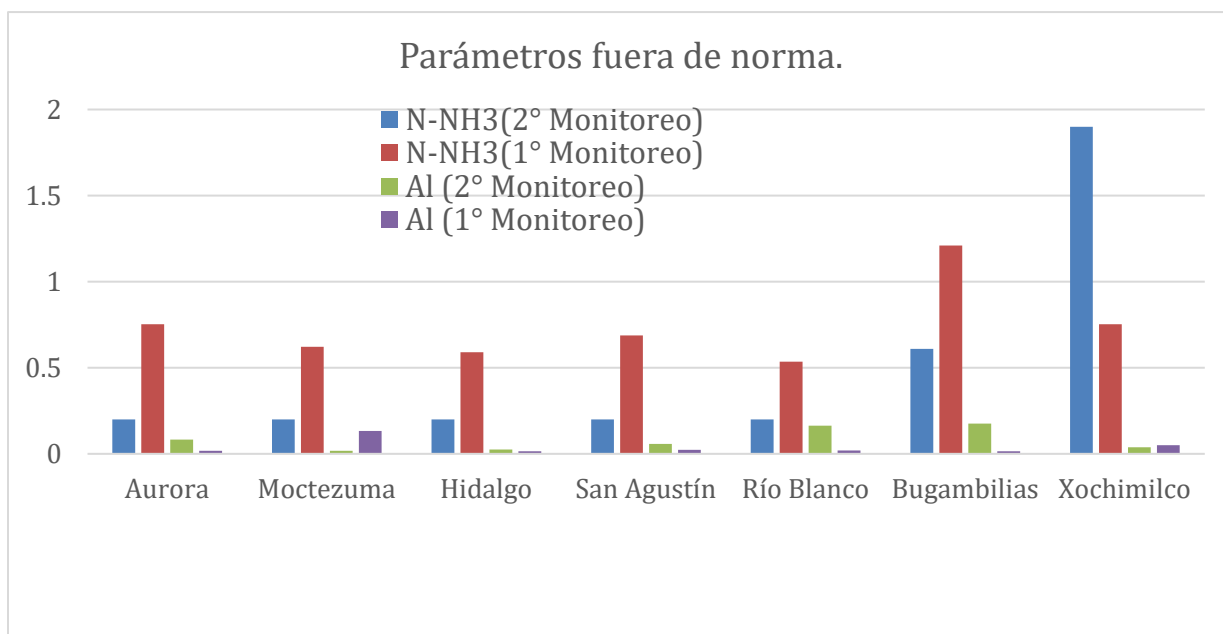


Figura 34 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en período de lluvias en cuanto a manganeso, nitrógeno amoniacal y aluminio.



- **Comparación de fuentes monitoreadas en período de estiaje y lluvias**

Figura 35 Valores fuera de norma en cuanto a color verdadero y turbiedad de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.

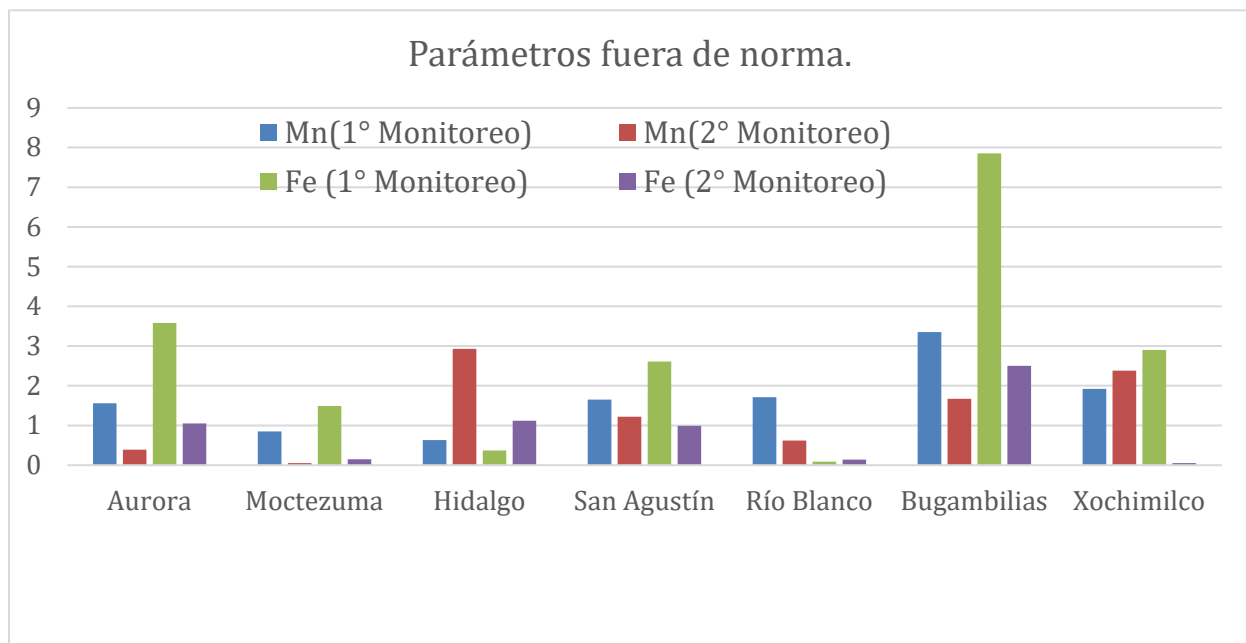


Figura 36 Valores fuera de norma en cuanto a Fe y Mn de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.

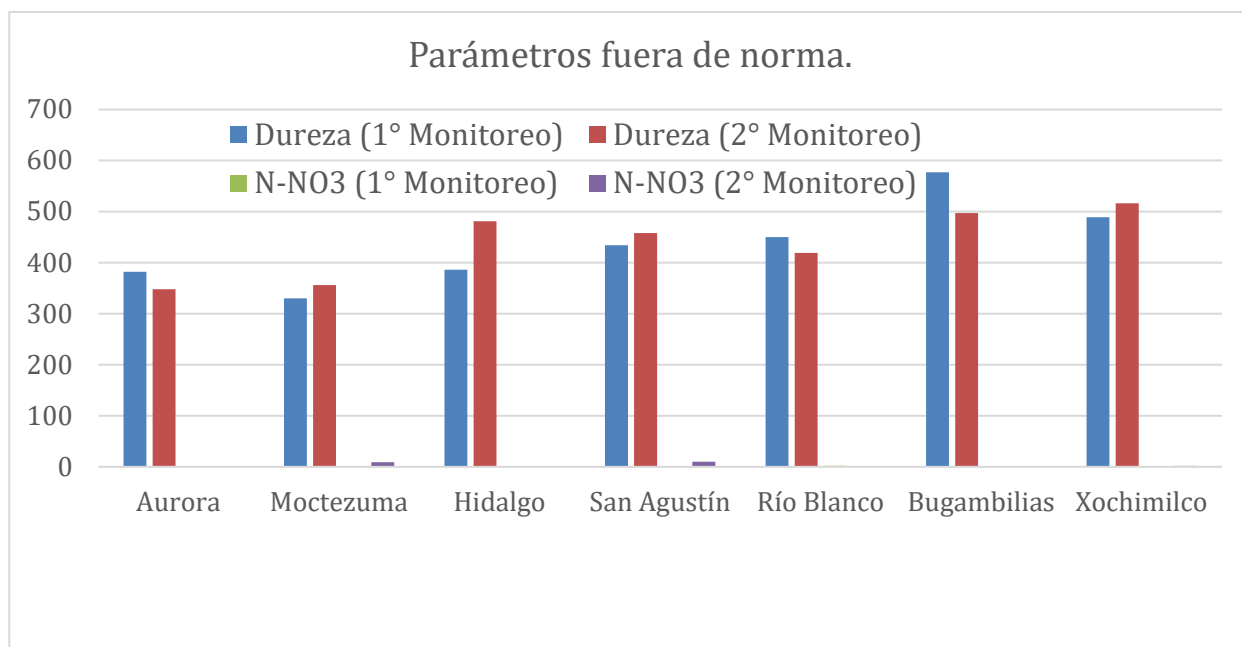


Figura 37 Valores fuera de norma en cuanto a dureza y nitrógeno amoniacal de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.

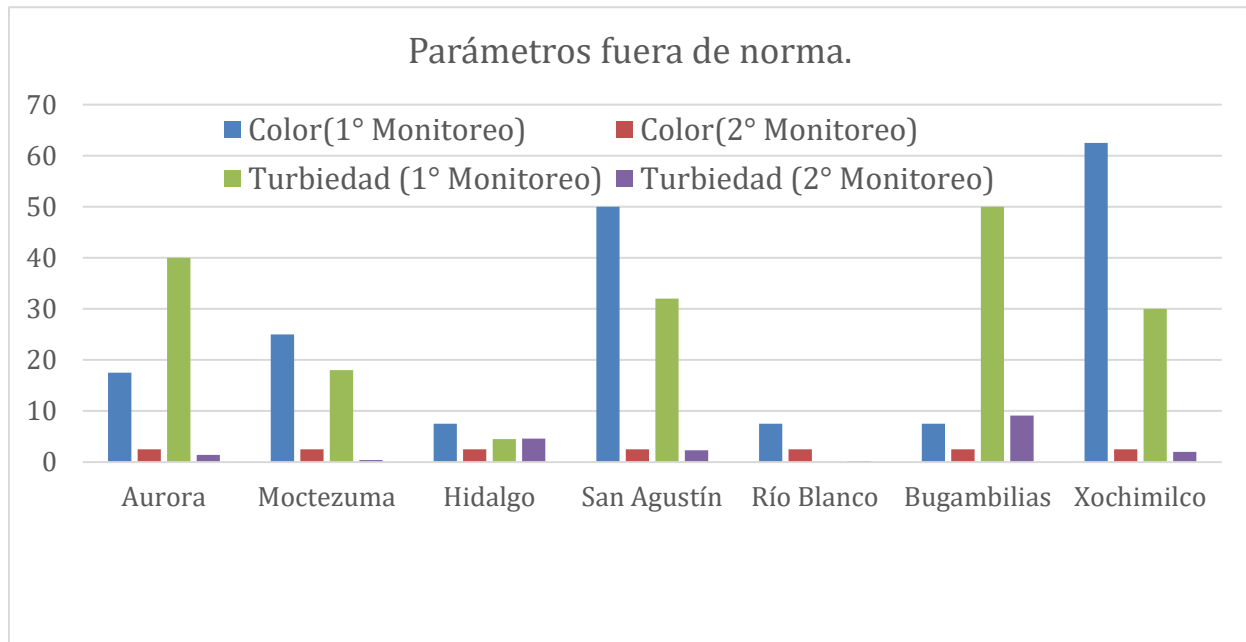


Figura 38 Valores fuera de norma en cuanto a color verdadero y turbiedad de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.

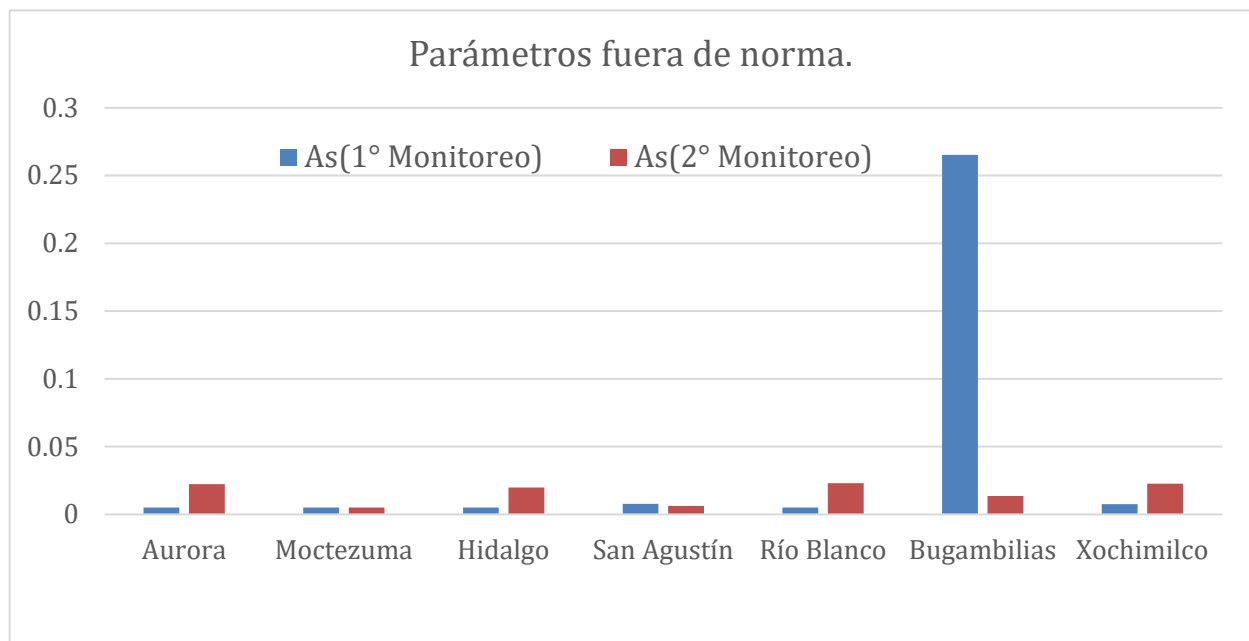


Figura 39 Valores fuera de norma en cuanto a arsénico turbiedad de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.

Durante el período de estiaje los parámetros que se salieron de norma son la dureza, color, turbiedad, nitratos, hierro, manganeso, nitrógeno amoniacal, arsénico, sin embargo, durante las lluvias ya no se detectó fuera de norma arsénico ni dureza.

El color verdadero se detectó proporcionalmente en menos tanques durante el segundo muestreo y a concentraciones menos elevadas, al igual que la turbiedad, el hierro, el manganeso y el nitrógeno amoniacal. Por el contrario, los coliformes se detectaron en un mayor número de tanques y en concentraciones elevadas.

Los resultados obtenidos en las fuentes monitoreadas en estiaje y en lluvias, no muestran una tendencia clara para asegurar que los parámetros aumentan o disminuyen en una época del año con respecto a la otra cuando se compara el mismo tanque.

Sin embargo, si se notó en general que, en los puntos monitoreados en la segunda campaña con respecto a los puntos de la primera, hubo una disminución en la presencia de nitratos, dureza, nitrógeno amoniacal, arsénico, color verdadero, turbiedad y hierro, lo que indicaría dos causas probables, una de ellas es un fenómeno de dilución durante la época de lluvias y otra es que el lavado del tanque efectivamente ayuda a eliminar contaminantes presentes en el agua tratada. Por el contrario, los coliformes aumentaron en el segundo monitoreo.

VIII. CONCLUSIONES

En México y en el mundo gran parte de las fuentes de abastecimiento de agua subterránea se ven afectadas por la presencia de hierro y manganeso, los cuales se encuentran en forma soluble, que, al oxidarse, ya sea al momento de la cloración o con el oxígeno del aire, se precipitan generando un color oscuro que provoca el rechazo de los consumidores, manchan la ropa, obstruyen tuberías, accesorios y bombas. Hasta el momento no se conocen efectos nocivos para la salud de estos elementos, sin embargo, las concentraciones elevadas de manganeso pueden acelerar el crecimiento biológico en los sistemas de distribución y contribuir a los problemas de sabor y olor en el agua, así como presentar serios problemas para la infraestructura de redes, válvulas y micromedidores por la incrustación y es riesgo de formación de biopelículas al interior de las válvulas.

Estudios realizados encontraron concentraciones de hasta 2.2 mg/L de hierro en el agua cruda de abastecimiento en el municipio de Oaxaca de Juárez, y de manganeso, ha llegado a ser de hasta 2 mg/L ambos casos, sobrepasando el límite máximo permisible. La planta potabilizadora Fortín I, se enfrenta con la problemática que, actualmente los niveles de concentración de hierro y sobretodo manganeso contenidos en el agua potable que esta planta distribuye a la ciudad, se encuentran fuera de la norma oficial mexicana. En realidad, el hierro es más controlable que el manganeso, ya que este último, es más abundante en el agua extraída del territorio oaxaqueño, y, por lo tanto, es el elemento que se encuentra aún más fuera de norma.

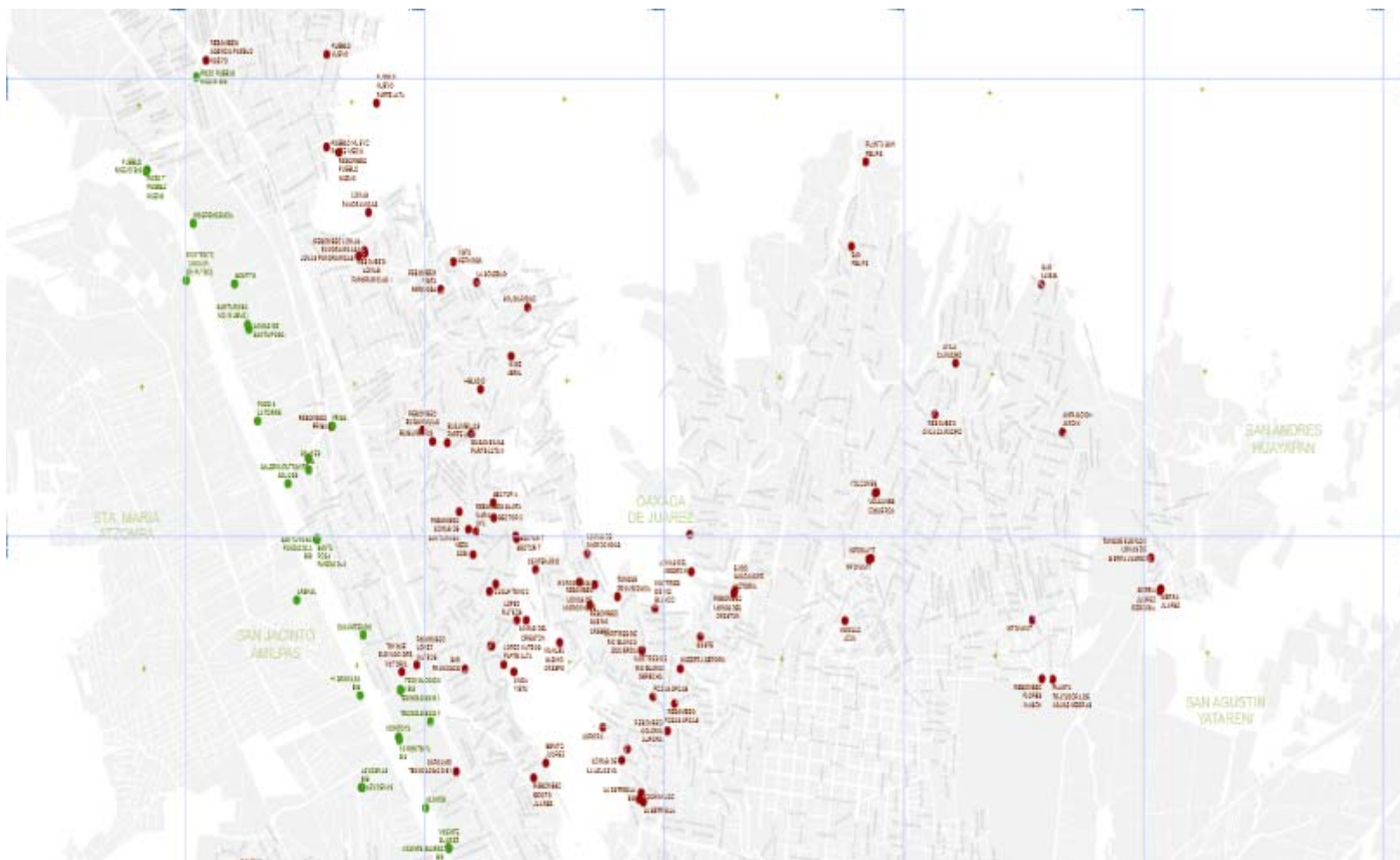
El proceso de cloración mediante demandas de cloro en los pozos profundos de los cuales se extrae el agua con la cual se suministra a la población oaxaqueña, es el más recomendado según los resultados obtenidos, el cual fue diseñado para disminuir el uso del cloro como desinfectante, ya que se cuenta con la dosificación

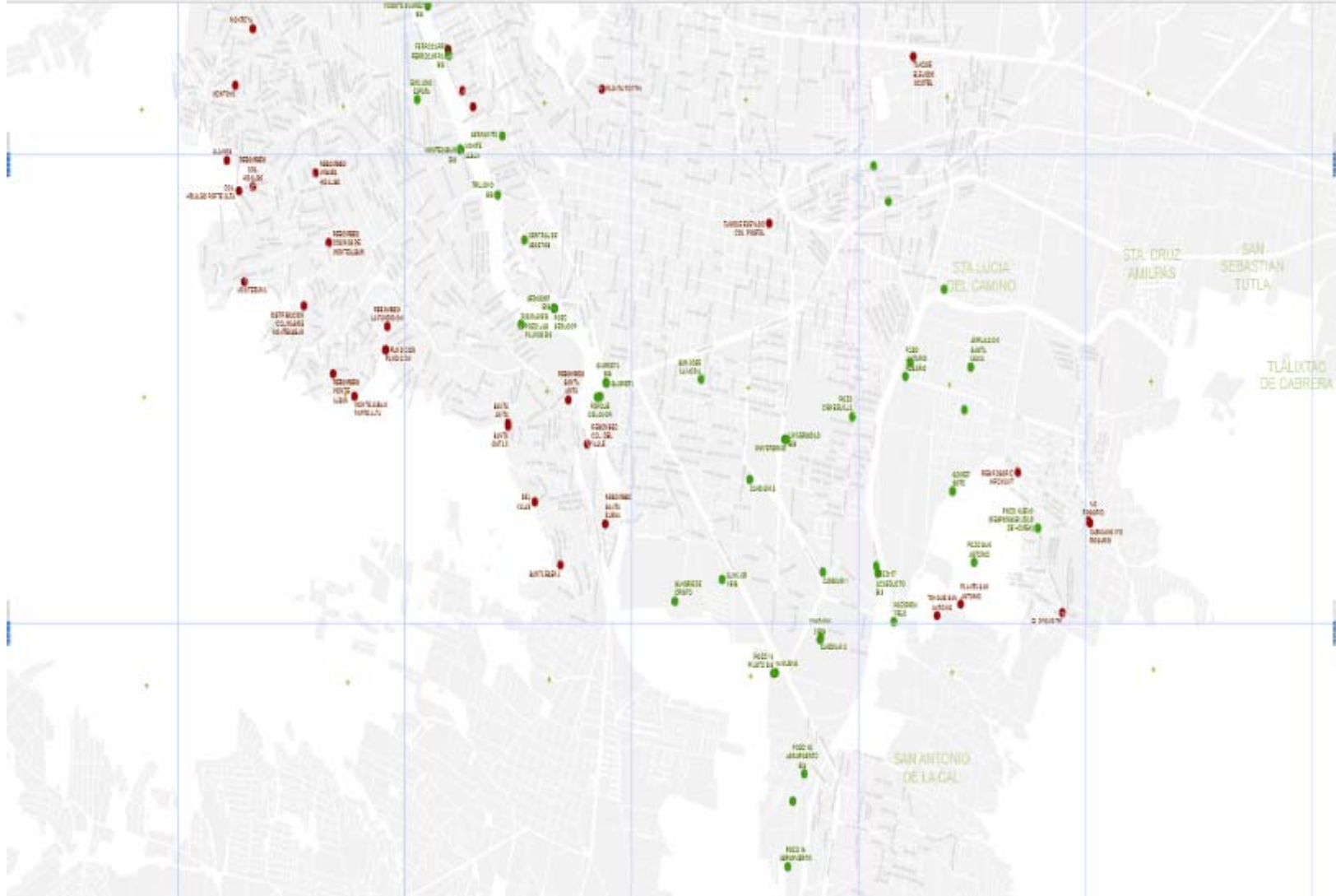
necesaria para eliminar los contaminantes que contenga dicha agua, por otra parte, la desinfección de las fuentes de almacenamiento y suministro deben ser atendidas por lo menos cada seis meses, ya que con los datos obtenidos aun cuando el agua pasa por el proceso de potabilización en la Planta Fortín I siguen existiendo trazas de contaminantes tales como el hierro y manganeso.

Aunado a lo anterior cabe recalcar que la presencia de arsénico como contaminante en el tanque de almacenamiento de la colonia Bugambillas fue removido gracias a las demandas de cloro aplicadas a todos los pozos de donde se sustrae el agua y también al utilizar las sales de sulfato de aluminio en los tanques de almacenamiento, dado que de no hacerlo sería una amenaza potencial para la salud de la población oaxaqueña, en el segundo monitoreo ya no existía una presencia significativa de este contaminante por lo cual se concluye que el programa “Tanque limpio, agua limpia” causó un efecto positivo para la limpieza y saneamiento de los tanques.

ANEXOS

ANEXO A: POZOS Y TANQUES A CARGO DE SAPAO

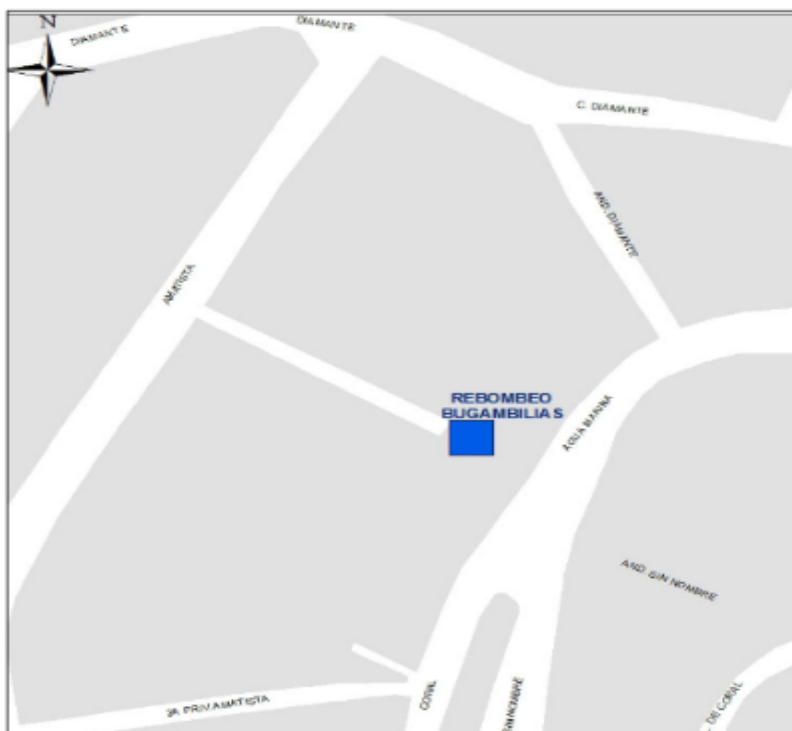




ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS DE TANQUES Y MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DETERMINADOS.

NOMBRE DEL TANQUE:		BUGAMBILIAS		FECHA:		23/08/2010	
UBICACIÓN:		CORAL		S/N.		BUGAMBILIAS	
		CALLE		No.		COLONIA	
TIPO DE TANQUE:		SUPERFICIAL		CAPACIDAD		80 M3	
DIMENS. INT.		LARGO.		ANCHO.		ALTO.	
DIMENS.EXT.		LARGO.		ANCHO.		ALTO.	
		8.5 M		5.00 M		2.50 M	
FUNCION:		REBOMBEO Y DISTRIBUCION		ESTADO:			
DIAMERO DE LLEGADA.		4 "		DIAMETRO DE SALIDA:		4 "	

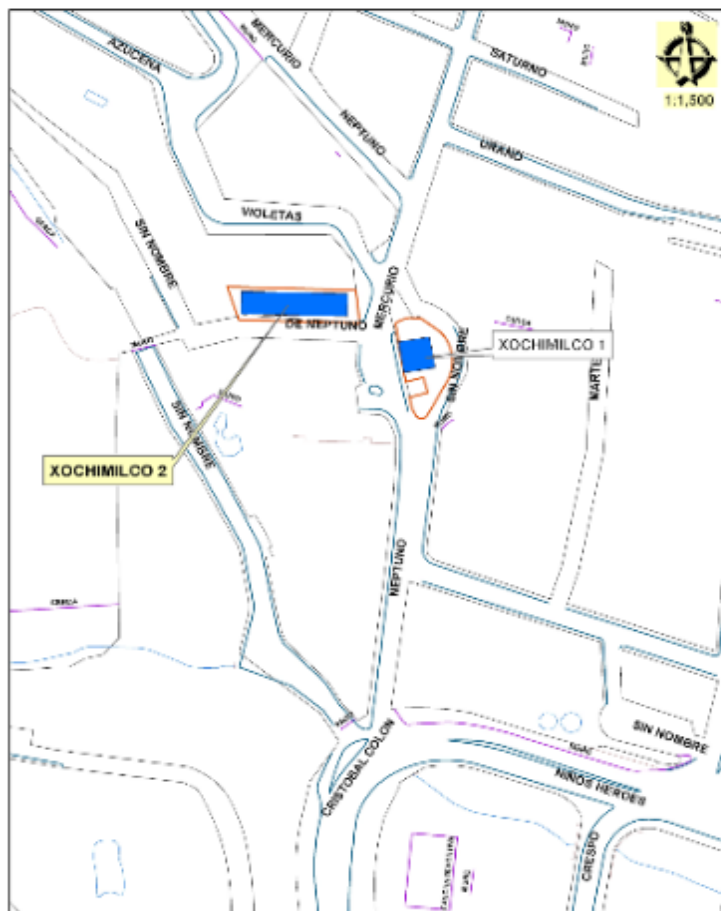
LOCALIZACION



Observaciones: El tanque necesita limpieza interior como limpieza del predio donde se encuentra ya que la maleza puede provocar un criadero de mosquitos lo cual no es favorable para la comunidad. Se requiere pintado del tanque.

NOMBRE DEL TANQUE:		XOCHIMILCO 2		FECHA:		31/07/2009	
UBICACIÓN:		Neptuno esq. Priv. De Neptuno.		s/n.		Estrella	
		CALLE		No.		COLONIA	
TIPO DE TANQUE:		Superficial		CAPACIDAD		1545.23 m3.	
DIMENS. INT.	LARGO.	44.20m.	ANCHO.	9.20 m.	ALTO.	3.80m.	
DIMENS.EXT.	LARGO.	45.00m.	ANCHO.	10.00m.	ALTO.	4.00m.	
FUNCION:		Distribución y Rebombeo		ESTADO:		Bueno	
DIAMERO DE LLEGADA.		14", 10"		DIAMETRO DE SALIDA:		16"	
MATERIAL DE CONSTRUCCION:		Mamposteria					
DIM. DEL PREDIO:		Irregular		AREA:		767.60 m2.	

LOCALIZACION



Observaciones: Presenta tapas en malas condiciones, fugas en valvulas. El predio necesita limpieza, existe crecimiento de vegetacion en los espacios entre el tanque y los predios colindantes, se requiere pintura para tubos y contorno del tanque.

NOMBRE DEL TANQUE:		Rebombeo Rio Blanco			FECHA:		27/07/2009	
UBICACIÓN:		Circuito Rio Blanco esq. Czda.del Trabajo			Martires de Rio Blanco			
		CALLE			No.		COLONIA	
TIPO DE TANQUE:		Superficial			CAPACIDAD		134 m3.	
DIMENS. INT.	LARGO.	16.00 m.	ANCHO.	3.00 m.	ALTO.	2.80 m.		
DIMENS.EXT.	LARGO.	17.30 m.	ANCHO.	3.30 m.	ALTO.	3.00 m.		
FUNCION:		Rebombeo			ESTADO:		Regular	
DIAMERO DE LLEGADA.		3 ", 3 "			DIAMETRO DE SALIDA:		3 ", 3 "	
MATERIAL DE CONSTRUCCION:		Mampostería						
DIM. DEL PREDIO:								
		AREA:						

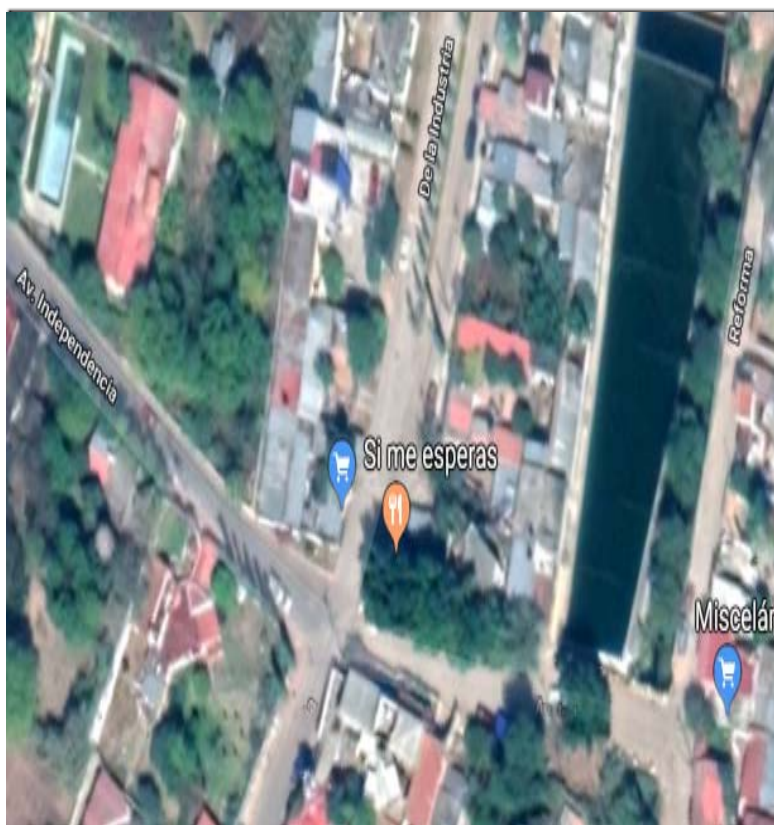
LOCALIZACION



Observaciones: El tanque esta dividido, la capacidad total es de 134 m³. Necesita pintura el tanque y las mamparas, presenta crecimiento de vegetacion en la base del tanque. Se observan marcas de derrames en el tanque. Esta ubicado en el centro de la calle por lo que no se delimita predio.

NOMBRE DEL TANQUE: TANQUE GRANDE SAN AGUSTIN ETLA **FECHA:** 29/01/2003
UBICACIÓN: PORFIRIO DIAZ (AGUAS DEBAJO DE LA CAJA REPARTIDORA). SAN AGUSTIN ETLA
TIPO DE TANQUE: CALLE No. COLONIA
A CIELO ABIERTO **CAPACIDAD** 6000 m3.
DIMENS. INT. **LARGO.** 102.00 m. **ANCHO.** 29.50 m. **ALTO.** 2.00 m.
DIMENS.EXT. **LARGO.** **ANCHO.** **ALTO.**
FUNCION: REGULADOR **ESTADO:** Malo
DIAMERO DE LLEGADA. CANAL **DIAMETRO DE SALIDA:** CANAL
MATERIAL DE CONSTRUCCION: MAMPOSTERIA Y CONCRETO

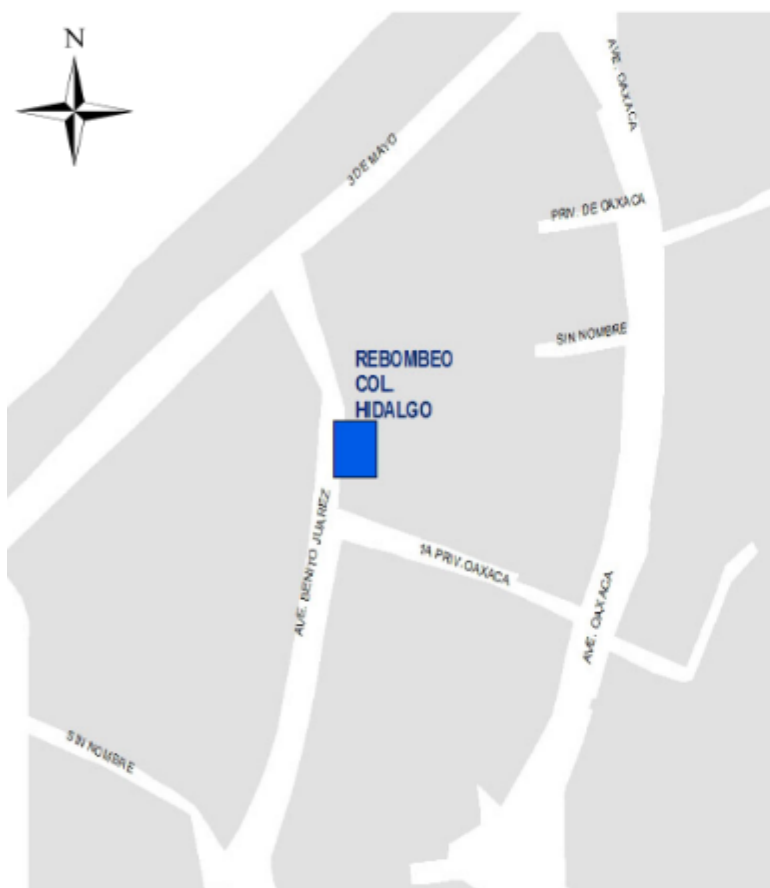
LOCALIZACION



Observaciones: Se requiere lavado ya que como sucedió el año anterior, en la epoca de lluvias se dio un problema con algas verdes que sobrepoblaron el carcamo y obstruyeron las tuberías de 4" por lo cual se necesita accionar antes de que se inicie la proliferacion de esta plaga de algas.

NOMBRE DEL TANQUE: COLONIA HIDALGO 2 **FECHA:** 23/08/2010
UBICACIÓN: AVE. JUAREZ (FRENTE AL 104) S/N. COL. HIDALGO
CALLE No. COLONIA
TIPO DE TANQUE: SUPERFICIAL **CAPACIDAD** 39 M3
DIMENS. INT. LARGO. ANCHO. ALTO.
DIMENS.EXT. LARGO. ANCHO. ALTO.
FUNCION: REBOMBEO Y DISTRIBUCION **ESTADO:**
DIAMERO DE LLEGADA. 4 " **DIAMETRO DE SALIDA:** 3 " Y 4"
MATERIAL DE CONSTRUCCION: MAMPOSTERIA

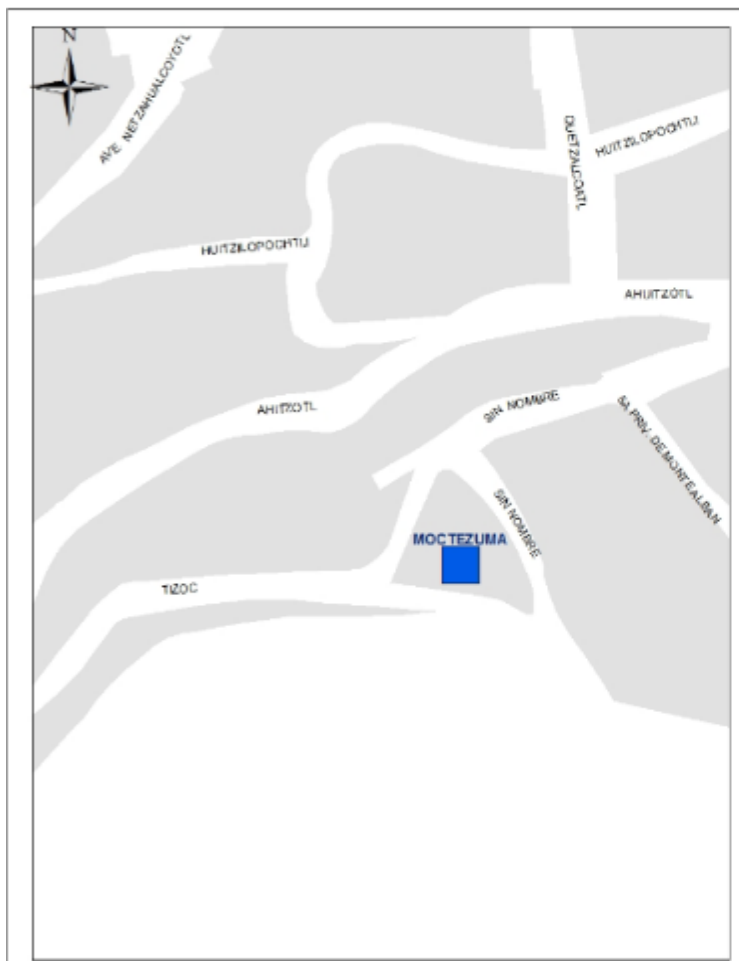
LOCALIZACION



Observaciones: Cuenta con una bomba sumergible de 15 H.P. la salida de 3" es la del rebombeo, el predio no esta delimitado ni cercado y presenta mucha acumulacion de sedimentos. Requiere encalado del tanque y pintura en la mampara y tubos.

NOMBRE DEL TANQUE:		TANQUE MOCTEZUMA 1 Y 2		FECHA:		23/08/2010
UBICACIÓN:		CARR. A MONTE ALBAN ESQ. MOCTEZUMA.		COL. MOCTEZUMA		
		CALLE	No.	COLONIA		
TIPO DE TANQUE:		SUPERFICIAL		CAPACIDAD		75 M3
DIMENS. INT.	LARGO.	7.00 M	ANCHO.	4.00 M	ALTO.	2.70 M
DIMENS.EXT.	LARGO.		ANCHO.		ALTO.	
FUNCION:		DISTRIBUCION		ESTADO:		Malo
DIAMERO DE LLEGADA.		4 "		DIAMETRO DE SALIDA:		4 "
MATERIAL DE CONSTRUCCION:		MAMPOSTERIA				

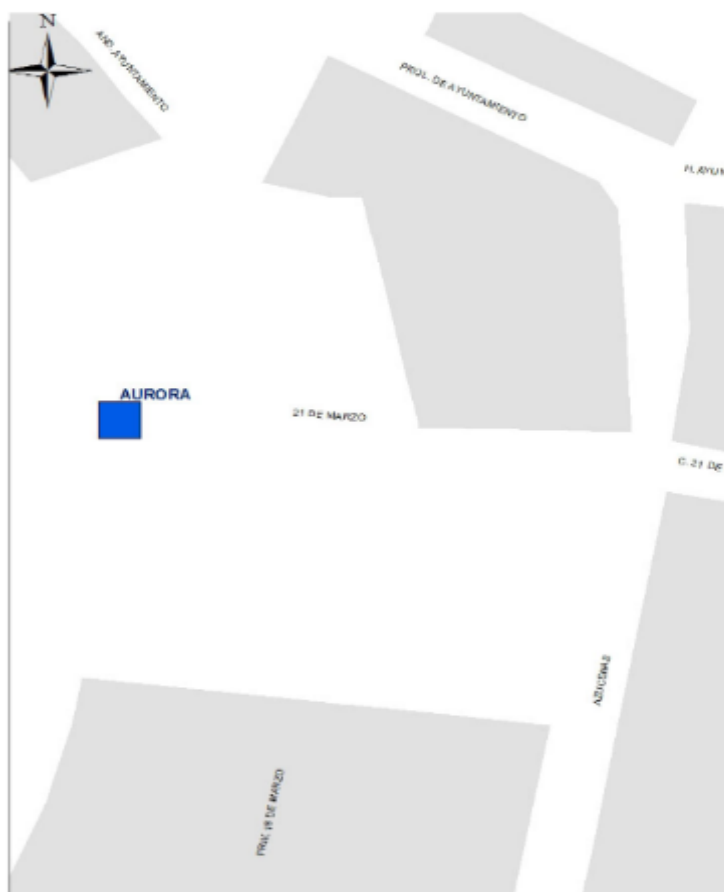
LOCALIZACION



Observaciones: Se necesita lavado del tanque y tapa del mismo. Se necesita realizar el deshiervo de la zona donde se ubica el predio.

TANQUE:	COL. AURORA			FECHA:	23/08/2010
UBICACIÓN:	CARR. AL PLANETARIO.			COL. AURORA	
	CALLE	No.		COLONIA	
TIPO DE TANQUE:	SUPERFICIAL			CAPACIDAD	150 M3
DIMENS. INT.	LARGO.	18.00 M	ANCHO.	4.00 M	ALTO.
					2.20 M
DIMENS.EXT.	LARGO.		ANCHO.		ALTO.
FUNCION:	DISTRIBUCION			ESTADO:	Malo
DIAMERO DE LLEGADA.	3"			DIAMETRO DE SALIDA:	3"
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	MAMPOSTERIA				

LOCALIZACION



Observaciones: Se ubica en la parte alta de la colonia Aurora, junto a la zona de reserva ecológica, es por ello que hay mucha vegetación en el predio donde se ubica, el difícil acceso hace que su lavado sea cada 6 meses y no 4 como se recomienda. Junto con el convivio de la colonia se realizara el deshierbe y el lavado del taque.

POZO 11 GRANADA

Se preparó el material, reactivo y equipo a utilizar en la demanda de cloro para el pozo 11 granada.

Se realizó la caracterización fisicoquímica del agua.



Tabla 9 Caracterización fisicoquímica del agua

DATOS INICIALES		
Cl₂	0 (lamotte)	0 (HACH)
pH	(rojo de fenol)	7.0 (potenciómetro)
COLOR	550	
TURBIEDAD	54	
TEMPERATURA	23.5 °C	
OLOR	Materia orgánica	

Se realizó la valoración de la solución preparada anteriormente de hipoclorito de sodio y agua destilada.



Realizada la estandarización de cloro, se realizaron cálculos para obtener la concentración de la solución previamente preparada y el volumen de cloro que se le agrego a cada una de las muestras de acuerdo con la concentración deseada.

Tabla 10 Cálculos para obtener la concentración de la solución previamente preparada y el volumen de cloro

CONCENTRACIÓN DE Cl_2 PREPARADA A 500 ml		400 mg/L
VOLUMEN ADICIONADO A CADA MUESTRA RESPECTO CONCENTRACION		
	<i>mg/L</i>	<i>ml</i>
	1	1.25
	2	2.5
	3	3.75
	4	5
	5	6.25
	6	7.5
	7	8.75
	8	10
	9	11.25
	10	12.5
	11	13.75
	12	15
	13	16.25
	14	17.5
	15	18.75

- Las muestras tomadas fueron de 500 ml, a estas se les fue añadiendo cada 5 min el volumen de acuerdo con una concentración ascendente de la solución estandarizada.



- Pasados 30 y 60 min de la adición del cloro a la muestra se tomaron lecturas de cloro, turbiedad y color en el espectrofotómetro HACH.



- Los datos obtenidos fueron tabulados y graficados.
Se anexan tabla, y figura de la actividad realizada.

Tabla 11 Demanda de cloro pozo 11 granada

No. Frasco	[NaClO] ppm	Cl2 adicionados (mL)	Cl2 a los 30 min (mg/L)	Color a 30 min	Turbiedad a 30 min	Cl2 a los 60min (mg/L)	Color a 60 min	Turbiedad a 60 min
1	1	1.25	0.08	550	71	0.1	550	69
2	2	2.5	0.07	550	50	0.06	550	47
3	3	3.75	0.38	550	63	0.20	550	60
4	4	5	0.44	550	61	0.51	550	59
5	5	6.25	1.07	550	61	0.64	550	60
6	6	7.5	0.79	550	64	0.81	550	62
7	7	8.75	0.56	550	72	1.04	550	72
8	8	10	0.90	550	73	1.13	550	71
9	9	11.25	0.93	550	80	1.27	550	81
10	10	12.5	0.70	550	75	0.96	550	73
11	11	13.75	0.70	550	85	0.58	550	80
12	12	15	1.37	550	94	1.25	550	97
13	13	16.25	1.97	550	94	1.81	550	96
14	14	17.5	2.20	550	99	2.20	550	78
15	15	18.75	1.44	550	89	1.40	550	78

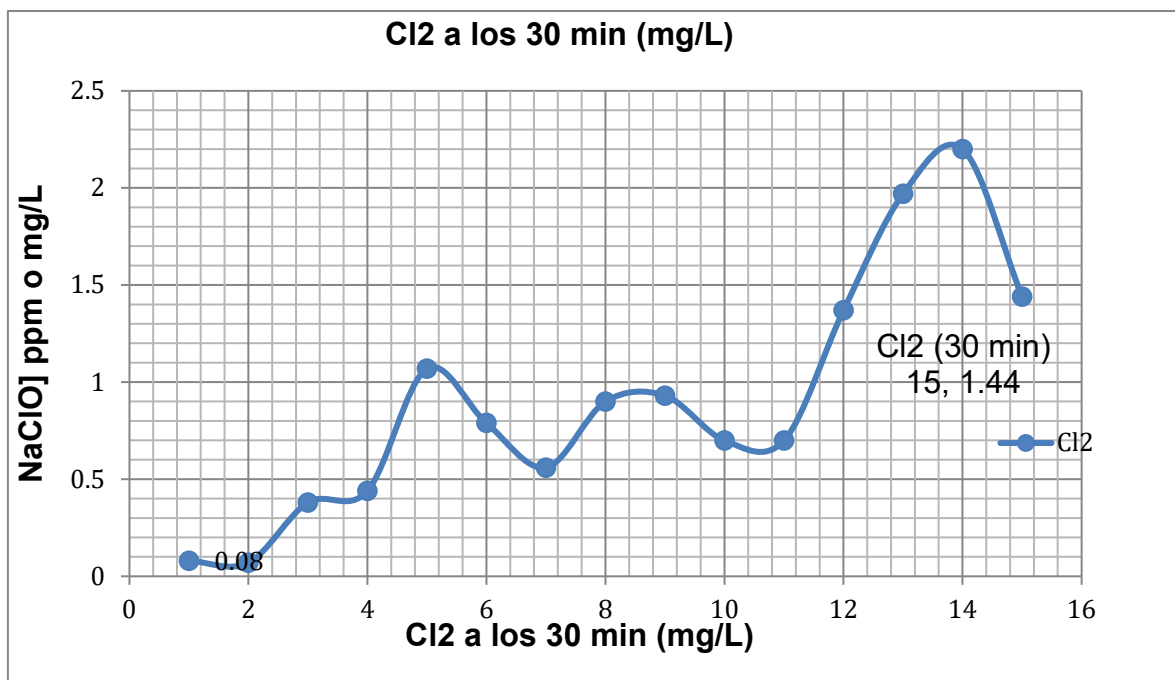


Figura 40 Punto de quiebre a los 30 minutos.

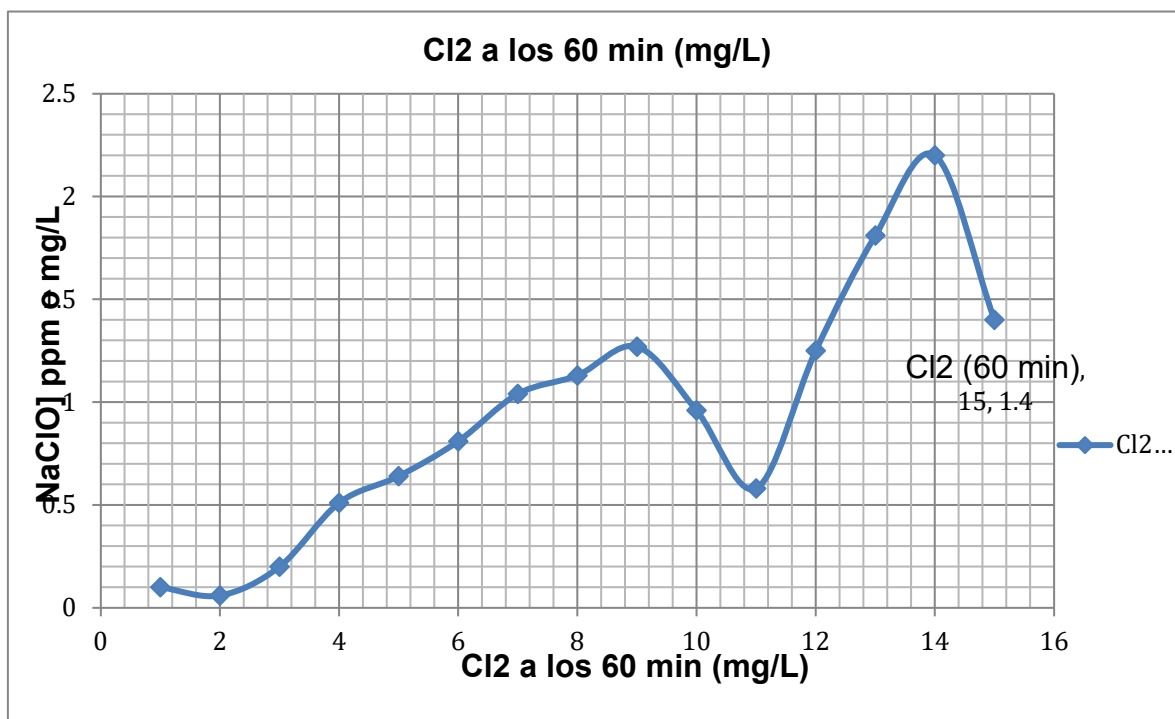


Figura 41 punto de quiebre a los 60 minutos.

Tabla 12 Tabla de resultados

POZO 11 GRANADA (LECTURAS EN EQUIPO HACH)		
Ppm	Cl₂ (30 min)	Cl₂ (60 min)
1	0.08	0.1
2	0.07	0.06
3	0.38	0.20
4	0.44	0.51
5	1.07	0.64
6	0.79	0.81
7	0.56	1.04
8	0.90	1.13
9	0.93	1.27
10	0.70	0.96
11	0.70	0.58
12	1.37	1.25
13	1.97	1.81
14	2.20	2.20
15	1.44	1.40

Fórmulas de cálculo (gasto de reactivo):

$$G_{cl2} = \frac{D * g}{\%}$$

Dónde:

D= demanda de cloro obtenida experimentalmente

g= flujo volumétrico de llegada al cárcamo.

%= concentración del reactivo

$$G_{cl2} = \frac{15\text{mg/L} * 23.51\text{L/s}}{0.13} = 2712.69\text{mg/s}$$

Realizando una conversión de unidades

$$G_{cl2} = (2712.69\text{mg/s}) \left(\frac{1\text{g} * 1\text{kg} * 60\text{s} * 60\text{min} * 24\text{h}}{1000\text{mg} * 1000\text{g} * 1\text{min} * 1\text{h} * 1\text{día}} \right)$$

$$G_{cl2} = 234.37 \text{ kg/día}$$

Tabla 13 Tabla de resultados

PARAMETRO	RESULTADO
FLUJO (L/s)	23.51
DEMANDA (mg/L)	15
DENSIDAD DEL REACTIVO (g/mL)	1.21
CONCENTRACIÓN DEL REACTIVO (%)	13
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/día)	234.37
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/mes)	7031.29
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/año)	84375.51

POZO SAUCES.

Tabla 14 Caracterización fisicoquímica del agua de pozo sauces.

DATOS INICIALES		
Cl₂	0 (lamotte)	0(HACH)
Ph	(7 rojo de fenol)	6.8 (potenciómetro)
COLOR	69	
TURBIEDAD	12	
TEMPERATURA	23.7°C	
OLOR	inodoro	
Mn	2.5mg/L	
Fe²	4.22mg/L	

Tabla 15 Tabla de resultados

PARAMETRO	RESULTADO
FLUJO	12.14
DEMANDA (mg/L)	11
DENSIDAD DEL REACTIVO (g/mL)	1.2
CONCENTRACION DEL REACTIVO (%)	13
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/día)	88.75
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/mes)	2662.58
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/año)	31950.99

POZO ARENAL

Tabla 16 Caracterización fisicoquímica del agua de pozo arenal 10.

DATOS INICIALES		
Cl₂	0 (lamotte)	0(HACH)
Ph	(7.2 rojo de fenol)	7.0 (potenciómetro)
COLOR	96	
TURBIEDAD	10	
TEMPERATURA	25.4°C	
OLOR	inodoro	
Mn	6.0mg/L	
Fe²	6.52mg/L	

Tabla 17 Tabla de resultados

PARAMETRO	RESULTADO
FLUJO	7
DEMANDA (mg/L)	11
DENSIDAD DEL REACTIVO (g/mL)	1.2
CONCENTRACION DEL REACTIVO (%)	13
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/día)	51
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/mes)	1535.26
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/año)	18423.13

POZO SANTA ROSA IVO.

Tabla 18 Caracterización fisicoquímica del agua de pozo sauces.

DATOS INICIALES		
Cl₂	0 (lamotte)	0(HACH)
Ph	(7.4 rojo de fenol)	7.2 (potenciómetro)
COLOR	47	
TURBIEDAD	5	
TEMPERATURA	24.5°C	
OLOR	inodoro	
Mn	2.9mg/L	
Fe²	3.22mg/L	

Tabla 19 tabla de resultados

PARAMETRO	RESULTADO
FLUJO	23
DEMANDA (mg/L)	4
DENSIDAD DEL REACTIVO (g/mL)	1.21
CONCENTRACION DEL REACTIVO (%)	13
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/día)	61.14
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/mes)	18.34.33
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/año)	22011.98

POZO CORTV

Tabla 20 Caracterización fisicoquímica del agua de pozo arenal 10.

DATOS INICIALES		
Cl₂	0 (lamotte)	0(HACH)
Ph	(7.5 rojo de fenol)	7.0 (potenciómetro)
COLOR	16	
TURBIEDAD	0	
TEMPERATURA	22.9°C	
OLOR	Ligero olor a materia orgánica	
Mn	0.071	mg/L
Fe²	0.59mg/L	

Tabla 21 tabla de resultados

PARAMETRO	RESULTADO
FLUJO	20
DEMANDA (mg/L)	5.5
DENSIDAD DEL REACTIVO (g/mL)	1.21
CONCENTRACION DEL REACTIVO (%)	11.44
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/día)	83.36
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/mes)	2500.8
VOLUMEN PARA UTILIZAR DE REACTIVO (kg/año)	30009.6

ANEXO C. LAVADO DE LOS TANQUES SELECCIONADOS.

A continuacion se muestran las evidencias del lavado de los tanques que se seleccionaron.

TANQUE DE REBOMBEO DE LA COLONIA BUGAMBILIAS



XOCHIMILCO 2



REBOMBEO RIO BLANCO





TANQUE



GRANDE SAN



AGUSTIN ETLA



Colonia Hidalgo 2



TANQUE MOCTEZUMA



Colonia Aurora



IX.



REFERENCIAS

Bibliografía

- Acosta, R. S. (2008). *Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos*. Cordoba: Brujas.
- EPA. (1999). *Reglas de subproductos microbianos y de desinfección - manual de instrucciones de cumplimiento simultáneo*. Agencia de Protección ambiental de Estados Unidos.
- Galvín, R. M. (2008). *Características físicas, químicas y biológicas de las aguas*. Madrid: Gpe Ele. Obtenido de Análisis de Aguas y Ensayos de tratamiento: Principios y Aplicaciones.
- Gray, N. (1996). *Calidad de Agua Potable*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Irwing, J. (2006). *Manual de Ingeniería Sostenible del Agua*. Pdf.
- León, J. M. (2013). *Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas*. Obtenido de Calidad del agua: https://www.academia.edu/8844036/Ingenier%C3%ADa_de_Tratamiento_y_Acondicionamiento_de_Aguas
- McJunkin, F. E. (1988). *Agua y salud Humana*. México: Limusa.
- Orellana, J. A. (2005). *CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE*. Obtenido de Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf
- Pradillo, B. (2015). *Parámetros de control del agua potable*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- RG, W. (1986). *Efectos del agua potable clorada en el metabolismo de los lípidos humanos. Perspectivas de la salud ambiental*.
- RHEINHEIMER, G. (1987). *Microbiología de las Aguas*. Zaragoza: Acribia S.A.

Salud, O. P. (2013). La desinfección del agua. *Agua*, 8-9.

T., O. S. (2008). *Subproductos de la desinfección del agua por el empleo de compuestos de cloro. Efectos sobre la salud Hig. Sanid. Ambient.*

Índice de tablas y figuras.

Tabla 1 Estándares para agua potable. Parámetros y límites permitidos.....	11
Tabla 2 Límites permisibles de características bacteriológicas.	20
Tabla 3 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.....	20
Tabla 4 Límites permisibles de características químicas.....	21
Tabla 5 Límites permisibles de características radioactivas.	22
Tabla 6 Sustancias incompatibles con hipoclorito de sodio.....	28
Tabla 7 Resultados de la medición de parámetros en tanques.	48
Tabla 8 Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento durante la época de lluvias.	59
Tabla 9 Caracterización fisicoquímica del agua	85
Tabla 10 Cálculos para obtener la concentración de la solución previamente preparada y el volumen de cloro	86
Tabla 11 Demanda de cloro pozo 11 granada.....	88
Tabla 12 Tabla de resultados	90
Tabla 13 Tabla de resultados	91
Tabla 14 Caracterización fisicoquímica del agua de pozo sauces.	92
Tabla 15 Tabla de resultados	92
Tabla 16 Caracterización fisicoquímica del agua de pozo arenal 10.....	93
Tabla 17 Tabla de resultados	93
Tabla 18 Caracterización fisicoquímica del agua de pozo sauces.	94
Tabla 19 tabla de resultados	94
Tabla 20 Caracterización fisicoquímica del agua de pozo arenal 10.....	95
Tabla 21 tabla de resultados	95
Figura 1 Demanda de cloro.	26
Figura 2 Periodos de actividades en la planta potabilizadora de agua Fortín 1. 40	
Figura 3 Formulas para determinar cantidad de cloro	47
Figura 4 Concentraciones de sólidos disueltos totales en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	49

Figura 5 Concentraciones de nitritos, fluoruros y nitrógeno amoniacal en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo	50
Figura 6 Concentraciones de sulfatos, cloruros y sodio en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	50
Figura 7 Concentraciones de nitratos en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	51
Figura 8 Concentraciones de dureza total en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	51
Figura 9 Concentraciones de arsénico en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	52
Figura 10 Concentraciones de aluminio en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	53
Figura 11 Concentraciones de color verdadero en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	53
Figura 12 Concentraciones de turbiedad en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	53
Figura 13 Concentraciones de hierro en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	54
Figura 14 Concentraciones de manganeso en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el primer monitoreo.	54
Figura 15 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en período de estiaje en cuanto a dureza total, color y turbiedad.	56
Figura 16 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en periodo de estiaje en cuanto a nitratos, hierro y manganeso.	57
Figura 17 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en periodo de estiaje en cuanto a nitrógeno amoniacal y arsénico.	57
Figura 18 Relación del hierro con la turbiedad.	58
Figura 19 Relación del manganeso con el color y la turbiedad.	58
Figura 20 Concentraciones de sólidos disueltos en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.	60

Figura 21 Concentraciones de nitritos, fluoruros y nitrógeno amoniacal en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.	61
Figura 22 Concentraciones de sulfatos, cloruros y sodio en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	62
Figura 23 Concentraciones de cianuro en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	62
Figura 24 Concentraciones de arsénico en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	62
Figura 25 Concentraciones de sustancias activas al azul de metileno en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.	63
Figura 26 Concentraciones de nitratos en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	64
Figura 27 Concentraciones de dureza en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	64
Figura 28 Concentraciones de color verdadero en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	65
Figura 29 Concentraciones de turbiedad en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	65
Figura 30 Concentraciones de hierro en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	66
Figura 31 Concentraciones de manganeso en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	66
Figura 32 Concentraciones de aluminio en el agua de las fuentes de abastecimiento analizadas durante el segundo monitoreo.....	67
Figura 33 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en período de lluvias en cuanto a color verdadero, turbiedad y hierro.....	68
Figura 34 Fuentes de abastecimiento que presentan valores fuera de norma en período de lluvias en cuanto a manganeso, nitrógeno amoniacal y aluminio.....	69
Figura 35 Valores fuera de norma en cuanto a color verdadero y turbiedad de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.	70

Figura 36 Valores fuera de norma en cuanto a Fe y Mn de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.	70
Figura 37 Valores fuera de norma en cuanto a dureza y nitrógeno amoniacal de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.	71
Figura 38 Valores fuera de norma en cuanto a color verdadero y turbiedad de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.	71
Figura 39 Valores fuera de norma en cuanto a arsénico turbiedad de las fuentes monitoreadas en secas y lluvias.	72
Figura 40 Punto de quiebre a los 30 minutos.	89
Figura 41 punto de quiebre a los 60 minutos.....	89