



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CONTAMINACION DEL AGUA, COLONIA SANTA CRUZ
MEYEHUALCO.
DELEGACION IZTAPALAPA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA
BLANCA GONZALEZ MARTINEZ

ASESORA
ING. MARIDEL ZARATE MORALES



MÉXICO, 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a “Mi Familia” que es el motor de mi vida. A mis padres Pablo González Pérez y a Blanca Martínez Camacho por haberme proporcionado la mejor educación los mejores consejos que van implícitos en este logro y en todos y cada uno de mis pequeños y grandes triunfos; por haber sembrado en mí el temperamento, la disciplina y el ímpetu con que se debe subsistir en esta vida, por el apoyo que me brindaron a pesar de lo difícil que fue para ustedes. Gracias por apoyarme y confiar en mí.

A mis dos hermanas: mis mejores amigas y más leales confidentes; Aurora González Martínez, porque en base a tus consejos y paciencia nunca me dejaste caer en los momentos más difíciles y por estar siempre conmigo; Gabriela González Martínez por el apoyo y confianza que siempre me has brindado les agradezco a ambas por estar siempre conmigo porque ambas me han enseñado a luchar por lo que he querido y por mostrarme lo bueno que es tener hermanas y a Pablo González Martínez el más pequeño de la familia mi querido sobrino quien llegó a mi vida complementándola de una manera increíble, y que ahora forman parte de mi vida.

Gracias a mi universidad por haberme permitido convertirme en una persona profesional en lo que tanto me apasiona. De igual forma le agradezco al maestro Jorge Rodríguez López quien en estos años me ha brindado su amistad y confianza por ser una de las personas que me impuso para realizar este trabajo, muchas gracias.

Por último le brindo un agradecimiento especial a mi asesora (Maestra y amiga) quien durante estos años en la carrera me ha brindado su amistad y confianza le agradezco por su apoyo por escucharme y por compartir conmigo todo su conocimiento para sacar adelante el trabajo. Muchas gracias a usted y a su esposo no tengo palabra para describir lo agradecida que estoy con ustedes más que nada por brindarme su amistad y confianza estoy agradecida con Dios por haber puesto en mi camino a tan maravillosas personas como ustedes.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO 1	8
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.2 JUSTIFICACIÓN	11
1.3 OBJETIVO	12
1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	13
1.5 HIPÓTESIS	13
1.6 ANTECEDENTES	14
1.6.1 CONTAMINACION DEL AGUA	14
1.6.2 EL AGUA EN LA CIUDAD DE MEXICO	16
1.6.3 EL AGUA EN NUESTROS DÍAS	21
1.6.4 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO: COLONIA SANTA CRUZ MEYEHUALCO, DELEGACION IZTAPALAPA	25
1.6.5 SITUACION DEL AGUA POTABLE EN SANTA CRUZ MEYAHUALCO	28
CAPITULO 2	26
2.1 USO Y MANEJO DEL AGUA	26
2.1.2 CICLO HIDROLÓGICO	26
2.1.3 FUENTES DE AGUA	27
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE AGUA	28
2.3 HUELLA HIDRICA	29
2.3.1 ¿DE QUÉ SE COMPONE LA HUELLA HÍDRICA?	30
2.3.2 ¿CÓMO SE MIDE LA HUELLA HÍDRICA?	31
2.3.3 HUELLA HÍDRICA DE PRODUCCIÓN EN MÉXICO	31
2.4 USOS DEL AGUA EN MÉXICO	31
2.4.1 USOS CONSUNTIVOS	34
2.4.2 USOS NO CONSUNTIVOS	39
2.5 ¿POR QUÉ SE DESPERDICIA EL AGUA?	41
CAPITULO 3	43
3.1 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA	43
3.2 LA CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DE SU UTILIZACIÓN	45
3.3 CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	46



3.4 VIGILANCIA DE LA CALIDAD.....	47
3.5 PRINCIPALES INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA.....	48
3.5.1 PARÁMETROS FÍSICOS	48
3.5.2 PARÁMETROS QUÍMICOS	50
3.5.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS	52
3.6 CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN LA COLONIA DE SANTA CRUZ MEYEHUALCO	52
3.6.1 FUGAS	58
CAPITULO 4	60
4.1 PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	60
4.1.1 FUENTES URBANAS	61
4.1.2 FUENTES INDUSTRIALES.....	63
4.1.3 FUENTES AGROPECUARIAS.....	65
4.1.4 FUENTES NATURALES.....	66
4.2 TIPOS DE RESIDUOS CONTAMINANTES DEL AGUA.....	67
4.2.1 RESIDUOS ORGÁNICOS	68
4.2.2 RESIDUOS INORGANICOS	69
4.2.3 DESECHOS MICROBIANOS.....	70
4.2.4 DESECHOS RADIATIVOS.....	71
4.3 PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE SANTA CRUZ MEYEHUALCO	72
CAPITULO 5	74
5.1 EFECTOS EN LA SALUD HUMANA	74
5.2 ENFERMEDADES BACTERIOLÓGICAS.....	75
5.2.1 DIARREA	77
5.2.2 CÓLERA.....	77
5.2.3 FIEBRE TIFOIDEA	77
5.2.4 FLUOROSIS ESQUELÉTICA	78
5.3 PRESENCIA DE METALES PESADOS EN EL AGUA.....	78
5.4 METALES PESADOS EN EL AGUA POTABLE Y SUS POSIBLES CONSECUENCIAS EN LA SALUD.....	79
5.4.1 ARSÉNICO EN EL AGUA	79
5.4.2 EFECTOS DEL CADMIO EN LA SALUD HUMANA	80
5.4.3 CONSECUENCIAS DEL FIERRO Y MANGANESO EN EL AGUA	81
5.4.4 FLÚOR.....	81
5.5 EFECTOS DE CONTAMINACION DEL AGUA EN LA COLONIA SANTA CRUZ MEYEHUALCO	82



CAPITULO 6 83

6.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN..... 83

6.2 DESINFECCIÓN DEL AGUA..... 83

6.3 MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA..... 84

6.3.1 CLORACIÓN..... 84

6.3.2 COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN..... 85

6.3.3 OZONIZACIÓN 86

6.3.4 DIÓXIDO DE CLORO 87

6.3.5 DESINFECCIÓN ULTRAVIOLETA 87

6.3.6 EBULLICIÓN DEL AGUA 87

6.4 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL AGUA 88

CAPITULO 7 90

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 90

BIBLIOGRAFÍA 93



INTRODUCCIÓN

El agua constituye uno de los recursos naturales con mayor importancia para la existencia de la vida en la tierra, es un recurso difícil de estudiar y gestionar, por las formas que adopta (líquida, sólida y gaseosa) y por la fuerza de gravedad a lo largo de una cuenca o en el subsuelo (Aguilar & Durán, 2010). El agua tiene un papel vital en el desarrollo de las comunidades, ya que es indispensable que su abastecimiento sea seguro para que una comunidad se establezca permanentemente, es importante percatarse de que todas las aguas naturales contienen varios contaminantes que provienen de la erosión, la lixiviación y los procesos de la intemperie, a esta contaminación natural se agregan aquella causada por aguas residuales de origen doméstico o industrial (Stanley, 2007).

El uso del agua impone numerosas modificaciones a la morfología de los ríos, tales como la construcción de presas y canales de riego, el uso del suelo en las cuencas influye en la calidad del agua, debido a que la agricultura, la industria, la urbanización y la deforestación representan las principales fuentes de contaminación puntual y difusa. Así, se afecta el almacenamiento en acuíferos y la calidad del agua subterránea (Aguilar & Durán, 2010)

Hay quienes hablan de la crisis del agua que vendrá en el futuro, pero desgraciadamente esa crisis ya está aquí, en el mundo la viven diariamente 1100 millones de personas, las cuales no tienen acceso al agua potable (FMCN & FEA, 2006). La calidad del agua potable ha sido un factor determinante del bienestar humano, las enfermedades propagadas por el agua potable han causado grandes problemas a las personas que se ven obligadas a usarla, tanto para beber como para la irrigación de hortalizas. Aunque hay todavía epidemias ocasionales de enfermedades bacterianas y virales causadas por agentes infecciosos transportados en el agua potable, como el cólera, la poliomielitis y otras enfermedades (Stanley, 2007).

La contaminación del agua se ha atribuido a tres causas principales: crecimiento de la población, industrialización y desarrollo de recursos naturales, una



gran parte del abastecimiento del agua de México está contaminada. Naturalmente, el problema del agua es un asunto que concierne a toda la humanidad; sin agua no hay vida y sin agua de calidad no hay calidad de vida (FMCN & FEA, 2006).

El problema no es la escasez, sino disponibilidad. Tal como lo expone Ander-Egg, en virtud del *ciclo hidrológico* (océano-atmósfera-océano), a diferencia de otros recursos naturales, posee la propiedad de que, por mucho que se consuma, no presenta pérdidas cuantitativas respecto del volumen total existente en la tierra. Hoy en día la ciudad de México, se tiene menos del 10% de disponibilidad del agua por habitante, de la que se tenía al principio de la década de los años cincuenta del siglo xx .aunado a ello tenemos el problema de la contaminación del agua en la ciudad de México (Amaury, 2009)

En el presente trabajo se abarcara el problema de la contaminación del agua potable que se vive en la colonia Santa Cruz Meyehualco de la delegación Iztapalapa, lo que se pretende es contribuir de forma objetiva con base en información documental la formulación de nuevas hipótesis sobre las causas que originan este problema y en la creación de una nueva cultura del agua en la población de esta colonia.



CAPITULO 1

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una gran parte de la contaminación del agua en la Zona Metropolitana y Valle de México tienen su origen en la basura que se arroja a los sistemas de alcantarillado, ríos, lagos así como a las descargas de los centros urbanos e industrias, el cual es provocado por la falta de educación ambiental, falta de cultura y la inconciencia por parte de la sociedad. En México, el problema de la contaminación de agua se ha ido agravando en las décadas recientes, a tal grado que las demandas por el recurso surgen a tasas crecientes y, en algunos casos, se comienzan a manifestar de manera violenta. La concentración de la población y la actividad económica han creado zonas con alta contaminación de agua potable (Becerra, Sáinz, & Nuñez, 2006)

Actualmente, la delegación Iztapalapa cuenta con una población de 1, 815,786 habitantes. El suministro promedio a la delegación es de 4,500 lit/seg, mientras que el consumo total en la delegación se estima entre 3,500 lit/seg (Iztapalapa, 2012), y 3,800 lit/seg. Estudios oficiales sitúan las pérdidas físicas de agua en 25%, lo que implicaría tener que suministrar a la red un total de 5,066 lit/seg, para cubrir el nivel de pérdidas. Bajo este escenario se tendría un promedio de 566 lit/seg. Sin embargo, las fuentes oficiales de la propia delegación han determinado que Iztapalapa requiere un suministro de 6,493 lit/seg, para cubrir sus necesidades de agua potable (Machorro, Rosario, & Rojas, 2013)

La calidad del agua en Iztapalapa es una de las más bajas de todo el Distrito Federal. Iztapalapa cuenta con 197 colonias de las cuales la mayor cobertura se agua potable se da en las colonias ubicadas en las zonas noroeste y suroeste (José López Portillo, Unidad Habitacional Mirasoles, San Juan Estrella, Escuadrón 201, Sector Popular, Unidad Modelo, Héroes de Churubusco, Jardines de Churubusco, Mexicatzingo, Pueblo de Culhuacán, Lomas Estrella y el Vergel).



Las cuales tienen un abastecimiento con frecuencia, pero con algunas eficiencias de calidad, sin embargo las colonias ubicadas en las zonas norte, centro y sur de la delegación no cuentan con un suministro aceptable, ya que este no es constante, presenta mala calidad y altos índices de contaminación así mismo, el suministro es solo en algunas horas del día. Algunas colonias que sufren de contaminación del agua son; Barrió San Lorenzo, el Molino, Tezonco, colonia Iztapalapa, Vicente Guerrero, Puente Quemado, Ejército de agua prieta, Pueblo de Santa Cruz Meyehualco, entre otras.

UBICACIÓN DE LA COLONIA SANTA CRUZ MEYEHUALCO. DELEGACION IZTAPALAPA

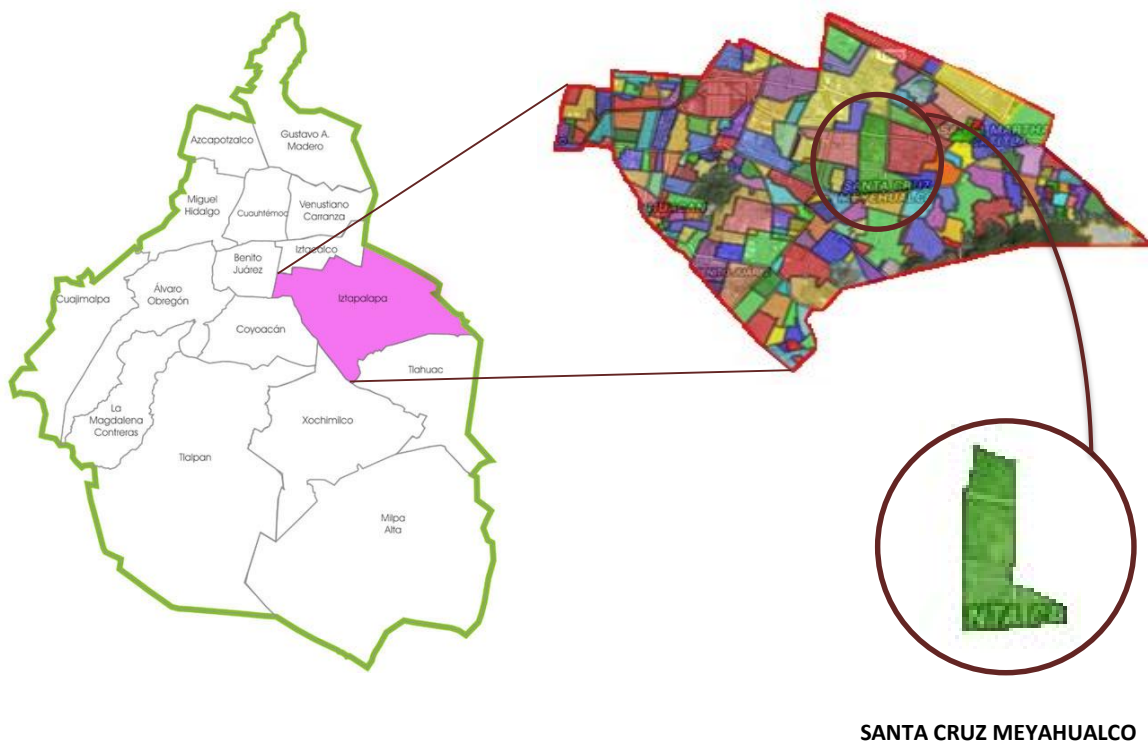


Figura 1.1 Ubicación de Santa Cruz Meyehualco. Elaboración propia

Actualmente, Iztapalapa cuenta con 40 tanques de almacenamiento, donde destacan por su magnitud o ubicación: Xaltepec, La Caldera y Cerro de la Estrella. Sumado a esto, cuentan con 78 pozos de extracción. En los últimos años se han construido 20 pozos de absorción para la recarga del acuífero, sin embargo 15 de estos están fuera de servicio desde hace más de un año porque se han inhabilitado, por mala calidad de agua o por fallas electromecánicas en su sistema de extracción.

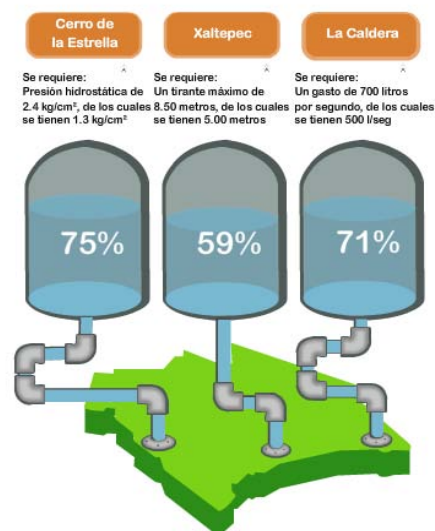


Figura 1.2. Capacidad de almacenamiento de los tres tanque principales. Fuente: SACMEX

Santa Cruz Meyehualco es una de las colonias que no cuentan con un suministro aceptable de agua potable además de que el agua que se suministra está contaminada esto afecta severamente las condiciones de vida de los habitantes de la colonia, donde se encuentran varias escuelas de nivel básico, centros de desarrollo infantil, clínicas del seguro social, el hospitales, y centros de readaptación social ubicados en la demarcación territorial.

Algunos de los habitantes de esta colonia reportan que el agua que reciben de la red municipal es de color café, tiene mal olor e incluso a veces contiene “animalitos” observables a simple vista. Esto puede ser consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos y de las rupturas en las tuberías, que permiten el contacto del agua con la tierra. Los compuestos que más frecuente rebasan los límites permitidos son cloruros, fierro y manganeso, provocando enfermedades intestinales y en la piel.



1.2 JUSTIFICACIÓN

México es considerado una de las ciudades más contaminadas del planeta. La contaminación es un gran problema que aumenta día a día y que afecta a sus habitantes y al medio ambiente, el agua es cada vez más escasa debido a diversos factores tales como las sequías o por la contaminación de acuíferos; factores que no sólo afectan la cantidad sino que también contribuyen a empeorar la calidad. Estos acontecimientos, unidos a otros aspectos, hacen imprescindible el tratamiento de las aguas para ser utilizadas, tanto para su uso industrial como para el uso potable. Los primeros en contaminar las aguas son los pesticidas, llevados hasta los ríos por la lluvia, cuyo polvo vuela hacia los ríos o el mar y los contamina.

El 26% de los ríos, lagos y embalses que monitorea la Conagua son de buena calidad, en tanto que en el 74% restante el agua tiene diferentes grados de contaminación. Los principales contaminantes son: materia orgánica, nutrientes (nitrógeno y fósforo) y microorganismos (Coliformes totales y Coliformes fecales), pero hay otros como los metales y los derivados de hidrocarburos.

La contaminación del agua potable en la colonia de Santa Cruz Meyehualco se puede presentar por las descargas de aguas servidas domiciliarias (desagües), las descargas de desagües industriales y aguas servidas aunado a la inconciencia de las personas. Las consecuencias se ven reflejadas hoy en día en la insalubridad existente que amenaza la salud de sus habitantes, a medida que crece la población, se complican los ciclos ecológicos de las aguas.

Actualmente son muy escasos los trabajos que sean preocupado en conocer los riesgos que la contaminación del agua implica en la colonia de Santa Cruz Meyehualco de ahí la importancia por conocer las condiciones actuales del agua que dicha colonia recibe diariamente.



1.3 OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar el problema de la contaminación del agua potable en la Colonia de Santa Cruz Meyehualco ubicada en la delegación Iztapalapa, tomando en cuenta los aspectos demográficos y culturales; ya que debido a su impresionante dimensión en cuanto a la gran densidad de población es una colonias que sufre de altos niveles de contaminación de agua potable lográndose ver partículas de residuos flotando en el líquido vital que también desprende un desagradable olor. Es decir, no cumple con ninguna condición que el agua potable debiera presentar: incolora, inodora e insabora.

El agua puede contaminarse por causas naturales o como consecuencia de la actividad humana, lo cual determina alteraciones físicas, químicas y biológicas, que la hacen inadecuada para su utilización, modificando así la calidad del agua potable que reciben los habitantes de Santa Cruz Meyehualco.

Para alcanzar este objetivo, se han perseguido cuatro objetivos específicos necesarios que son:

- Describir la calidad del agua que actualmente se distribuye en las viviendas de la Colonia de Santa Cruz Meyehualco de la delegación de Iztapalapa.
- Identificar las principales formas y fuentes de contaminación del agua potable, así como sus principales usos de agua en dicha Colonia.
- Conocer las causas y efectos de salud que origina la contaminación del agua y que actualmente están presentando los habitantes de Santa Cruz Meyehualco.
- Establecer alternativas de solución para combatir este problema, ya que esta colonia es una de las más pobladas de la delegación de Iztapalapa.



1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1.- ¿Cuál es la situación del agua potable en México?
- 2.- ¿La situación del agua en la colonia de Santa Cruz Meyehualco es apta para consumo humano?
- 3.- ¿Cuál son las principales fuentes de contaminación del agua en la colonia de Santa Cruz Meyehualco?
- 4.- ¿Cuál son los principales factores que determinan la calidad del agua?
- 5.- ¿Cuáles son las consecuencias que puede presentar la población por consumir agua contaminada?
- 6.- ¿Qué alternativas de solución se puede plantear para reducir el grado de contaminación de agua potable en la colonia de Santa Cruz Meyehualco?

1.5 HIPÓTESIS

El problema de la contaminación del agua en Santa Cruz Meyehualco es un problema generada por los tiraderos a cielo abierto y la deficiencia en el servicio de drenaje, lo que provoca que en épocas de lluvias se produzcan lixiviados de sustancias tóxicas y microorganismos patógenos, lo cual contamina el acuífero que alimenta a los pozos que abastecen a la población.

Si la contaminación del agua en Santa Cruz Meyehualco es un problema provocado por una falta de conciencia y a una mala educación, entonces será necesario crear una cultura del agua partiendo de la concientización de la sociedad, para promover un buen uso del agua.



1.6 ANTECEDENTES

1.6.1 CONTAMINACION DEL AGUA

El fenómeno de la contaminación del agua no es nuevo pues ha acompañado al hombre en toda su historia. Sin embargo, el deterioro más severo y extendido de los ríos y lagos del mundo se ha dado a partir del siglo XVIII con el inicio de la revolución industrial la implantación de una variedad de procesos de transformación que empleaban grandes volúmenes de agua y, en consecuencia, también generaban enormes cantidades de desecho que contaminaba los ríos y lagos donde se vertía. En ese entonces la prioridad era incrementar la producción y muy poca atención se le prestaba a los daños que ocasionaban al ambiente. Desde entonces se veía a los ríos y lagos como enormes depósitos donde se podían echar sin problema sus desechos ya que se los llevaba lejos (para el caso de los ríos) o bien, se diluían y descomponían de manera natural; algunos ejemplos de ríos y lagos con problemas de contaminación en todo el mundo son :Los ríos Amarillo en China, el Ganges en la India y el Amur Daria en Asia Central son ejemplos de casos graves de contaminación, pero en México también tenemos casos graves de contaminación como los que alguna vez corrieron por el valle de México y que ahora están convertidos en canales de desagüe, ciertas zonas de los ríos Lerma y Santiago en el centro del país, el Pánuco, el Balsas y el Río Tijuana son buenos ejemplos de los muchos ríos y lagos mexicanos que tienen serios problemas con la calidad de sus aguas (SEMARNAT, 2008).

La primera preocupación real por la contaminación del agua se produjo a fines del siglo XIX. La revolución industrial había estimulado el crecimiento de las ciudades así como la costumbre de arrojar el agua residual a los ríos cercanos, convirtiéndolos en pozos negros y como la mayor parte del agua potable se tomaba de los mismos ríos contaminados, surgieron epidemias (Arcos, Cantellano, Alejo, García, & Solís, 2013)

El agua, para ser útil, requiere un alto grado de pureza y uno de los problemas actuales en el mundo consiste en el hecho de que numerosas industrias y grandes ciudades expulsan sus desperdicios (muchas veces sustancias químicas) por medio de canales y ríos, con lo cual en muchas ocasiones el agua se vuelve inservible e incluso actualmente dañina.

La contaminación del agua tiene alcances globales y de impacto directo, en gran parte de las actividades productivas, la respuesta del Gobierno Federal a los problemas ocasionados por la contaminación del agua se inició en el año de 1969 cuando se decidió que se estudiara la situación concreta de la contaminación del río Lerma (Nopaltitla, 2005).



Figura 1.3 Río Lerma. Fuente:

<http://www.inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/52%20LA%20CONTAMINACION.pdf>.

El origen de la contaminación es muy variado, como se mencionó anteriormente. Se pueden citar como causantes a los desechos urbanos e industriales, los drenados por la agricultura de minas, la erosión, los derrames de sustancias tóxicas, los subproductos de los procesos industriales y la ruptura de drenajes, entre otros. No hay duda que el agua no sólo disuelve, sino, además, arrastra y emulsiona a gran número de compuestos con los que entra en contacto a lo largo de su ciclo y, por lo tanto, modifican su calidad (CICEANA, S/f)

1.6.2 EL AGUA EN LA CIUDAD DE MEXICO

La ley de aguas define a la contaminación del agua como la acción y efecto de introducir materias o formas de energía que de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o con su función ecológica (Blancas & Hervás, 2001).

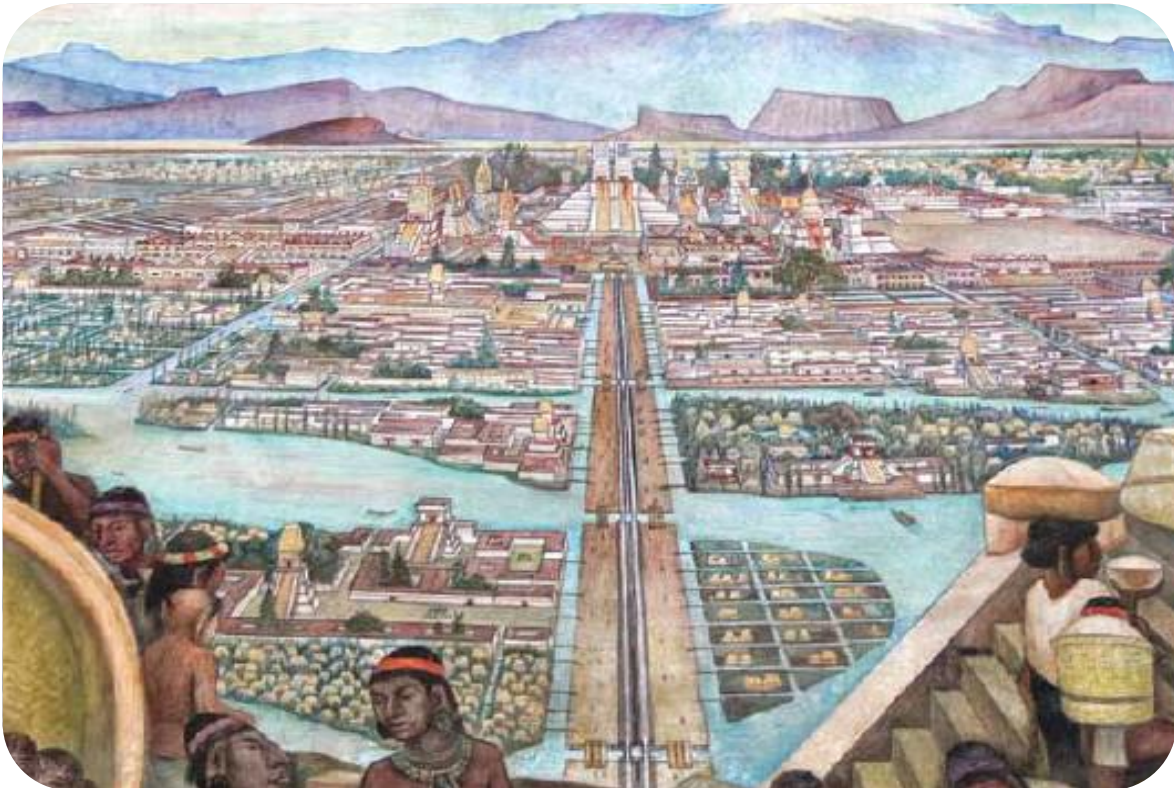


Figura 1.4 Tenochtitlan en 1325. Fuente <http://temaslemasydilemas.blogspot.mx/2013/10/distrito-federal-capital-de-la.html>

En México lograr el satisfactorio abastecimiento del agua para los habitantes de la Ciudad ha constituido históricamente una ardua tarea que ha obligado a sus gobernantes en turno a mandar a ejecutar gigantescas obras hidráulicas cada vez más complejas y costosas, que siempre tendrán que acompañarse de sistemas de potabilización y drenaje también cada vez de mayores proporciones (DGDC, 2011).

Desde la fundación de Tenochtitlan en 1325, el agua era distribuida por medio de canoas que pasaban a todos los calpullis, pero ante el crecimiento de la ciudad,

la demanda aumentó y en 1426 el tercer emperador Chimalpopoca mandó a construir la primera gran obra hidráulica de la historia de la ciudad y para ello encomendó a Netzahualcóyotl, príncipe de Texcoco, la labor de construir un acueducto que trajera agua fresca de los manantiales de Chapultepec, un sistema de desalojamiento, así como un albarradón que contuviera las aguas saladas de las dulces y que al mismo tiempo evitara las inundaciones (*Ibíd*, 2011).

Ese acueducto fue destruido parcialmente durante la Guerra de Conquista para privar a la ciudad de agua potable; posteriormente sobrevivió a ella hasta 1536, cuando su caudal fue considerado como de "agua gruesa", por su alto contenido de

carbonato de sodio. Esto constituyó la construcción del acueducto de Santa Fe, pueblo que en aquel entonces estaba rodeado de manantiales. En su traza renacentista coincidía con el de Chapultepec en lo que es ahora el Circuito Interior, después seguía por puente de Alvarado hasta la actual avenida Hidalgo hasta llegar a la fuente de Mariscal, detrás del Palacio de



Figura 1.5 La necesidad de agua limpia aumentó con la llegada de los españoles, por lo que se abrieron nuevos acueductos, como el que iba de Chapultepec a Salto del Agua. FUENTE: http://cuidarelagua.df.gob.mx/galeria_b.html

Bellas Artes justo en la Alameda, donde en aquel entonces estaba la orilla de la ciudad (*Ibíd*, 2011)

El acueducto de Santa Fe resolvió el abastecimiento de agua, pero momentáneamente, ya que cada vez se tuvo que recurrir a más caudales y en esos primeros 100 años de la Colonia se traía también de los manantiales de Azcapotzalco, Cuajimalpa, Molino del Rey, Chapultepec San Pablo y San Juan.

Durante los siglos XVII y XVIII los acueductos de arcos fueron la principal fuente de agua potable y además eran una de las características esenciales y ejes



de la fisonomía de la entonces Ciudad de México. Son pocos los restos de los acueductos que ahora sobreviven, entre ellos se encuentran el de Arcos de Belén, en la actual Avenida Chapultepec, el cual se comenzó a construir en 1620 para concluirse en 1790 y que se posaba sobre más de 900 arcos y llegaba hasta la actual fuente del Salto del Agua. Otro de los que se pueden apreciar hasta ahora es el de Guadalupe, el cual nutría de las aguas del Río Tlalnepantla a la Villa de Guadalupe, San Bartolo, Ticumán, Tilmolulco, Zacatenco y Santa Isabel Tola. El Acueducto de Guadalupe medía 10 kilómetros y contenía 2 mil arcos (*Ibíd*, 2011).

Hacia finales del siglo XIX luego de la demolición del acueducto de Santa Fe, comenzarían la nueva red de distribución y abastecimiento de agua potable en caños de barro cocido, plomo, fierro y piedra. Justo debajo de ese acueducto se construyó el primer abastecedor bajo tierra que comenzaría a operar el 30 de julio de 1879. Fue así como se rompió una parte esencial del paisaje capitalino para darle paso a las nuevas vías subterráneas.

En 1906, don Porfirio Díaz da la orden de traerse el agua de los manantiales de Xochimilco y para ello manda a construir un moderno acueducto de concreto con dos metros de diámetro y 26 kilómetros de largo para traer más y mejor agua a la ciudad. Para 1910 la Ciudad de México contaba 300 mil habitantes y ocupaba 28 kilómetros cuadrados, ya en 1953 la capital medía 240 kilómetros cuadrados y su población sumaba 3 millones y medio de personas, sin duda para esos tiempos ni todos los manantiales aledaños a la ciudad hubieran alcanzado a satisfacer las necesidades primordiales de la capital (*Ibíd*, 2011).

Esta medida fomentó lo que es hasta ahora la principal fuente de abastecimiento en la ciudad, sin embargo la sobreexplotación de esos grandes yacimientos de agua filtrada por la existencia de los antiguos grandes lagos de lo que era la cuenca de México y las lluvias en todas las estribaciones montañosas han provocado hasta ahora los inevitables hundimientos.

La excavación de pozos a profundidades de 12 a 45 metros fue la práctica más recurrida para saciar las necesidades de agua, casi cada industria o nuevo fraccionamiento cavaba su propio pozo. En 1930 eran 350 y llegaron a 700 para



1950. Ante la gravedad de los hundimientos que comenzaron a evidenciarse en los edificios más antiguos y por ende históricos, se determinó en 1942 el traer agua desde una cuenca no muy lejana (*Ibíd*, 2011).

Después de los estudios correspondientes se decidió por la cuenca del Río Lerma, una de las más ricas y amplias cuencas. Su cauce principal nace en Almoloya del Río en el Estado de México y culmina 515 kilómetros adelante, después de cruzar los estados de México, Michoacán, Guanajuato, y parte de Jalisco en el Lago de Chapala. Pero el traer el agua a una ciudad ubicada a 2,200 metros sobre el nivel del mar y encerrada con una muralla natural, tampoco resultaba algo sencillo.

Sin embargo después de 10 años de construcción, en 1951 se inauguró la obra que consta de un acueducto casi siempre subterráneo con 62 kilómetros de largo y dos metros de diámetro que dota a la ciudad de cinco metros cúbicos de agua por segundo. Pero esta gran obra no fue suficiente y la perforación de pozos se intensificó nuevamente. En 1970 la Ciudad de México era ya una megalópolis de 640 kilómetros cuadrados y en ella vivían 10 millones de personas, para entonces ya se habían consolidado en su alrededor nuevos municipios de inmensas proporciones como Naucalpan, Ecatepec, Tlalnepantla, Huixquilucan, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán, lo que trajo como consecuencia menores extensiones naturales para la recarga del acuífero y lógicamente una mayor demanda de agua potable (*Ibíd*, 2011).

Todas las fuentes acuíferas juntas eran ya insuficientes y eso llevó a tomar una vez más la decisión de traer el agua de sitios lejanos y con ello surgió la alternativa de la cuenca del Río Cutzamala, la cual se encuentra entre las sierras de Michoacán y la costa de Guerrero. Esta fue una obra ambiciosa, compleja y muy costosa que consta de un conjunto de presas llamadas: Villa Victoria, Valle de Bravo, Chilesdo y Colorines, que proporcionan una red de 350 kilómetros de acueductos de concreto de tres metros de diámetro que recorren 260 kilómetros de distancia entre la cuenca y la capital. Para bombear esta agua desde su origen se utiliza la energía eléctrica como para iluminar cada día la ciudad de Puebla con sus

más de 4 millones y medio de habitantes. En su trayecto existen plantas de bombeo para elevarla en donde sea necesario, casi al final el agua llega a la planta potabilizadora de Berros a 2,700 metros sobre el nivel del mar en donde se recibe y purifica el caudal y se manda por gravedad a Huixquilucan a través de dos tubos de concreto y un gran túnel, para posteriormente llegar a los tanques de almacenamiento.



Figura 1.6 Para entonces ya no es suficiente el agua, se hace necesario traerla de fuentes más lejanas, por lo que inicia la construcción del Sistema Cutzamala. Fuente: http://cuidarelagua.df.gob.mx/galeria_b.html.

Desde el punto de vista del uso de los recursos naturales, la cuenca de México ha cambiado durante este siglo de un alto nivel de autosuficiencia a una completa dependencia de productos provenientes de otras regiones. Los mejores suelos de la cuenca han sido ocupados por construcciones, el acuífero subterráneo se ha hundido en algunas zonas más de diez metros, y buena parte del agua dentro de la cuenca está fuertemente contaminada.

Una importante fracción del agua que se consume en la ciudad es llevada a la cuenca con un alto costo energético, proveniente de otras regiones donde es también un recurso escaso. En 1976, 1 293 millones de m² de agua fueron usados por la ciudad de México, con un gasto medio de 41 m²/s. Treinta por ciento del gasto provino de la cuenca del Lerma; en la actualidad, la ciudad usa más de 60 metros



cúbicos de agua por segundo, de los cuales 15 m³/s provienen de las cuencas del Lerma y del Cutzamala.

La dotación promedio de agua para la ciudad de México es de unos 300 l/persona, más que en muchas ciudades de Europa. A pesar de ello, muchas colonias sufren crónicamente de falta de agua. Esto se debe a que el uso industrial del agua es muy ineficiente, a que sólo el 7% de las aguas negras son recicladas y a que 20 y 30% del gasto se pierde por tuberías rotas o en mal estado. La rotura de tuberías en el subsuelo lodoso de la ciudad representa también un riesgo continuo para la salud, por la posibilidad de contaminación con microorganismos provenientes del sistema de drenaje. Así, las enfermedades gastrointestinales son uno de los problemas de salud más frecuentes dentro de la ciudad (*Ibíd*, 2011).

1.6.3 EL AGUA EN NUESTROS DÍAS

Actualmente para poder subsistir, la Ciudad de México necesita diariamente un promedio de 35 a 37 metros cúbicos de agua por segundo. El Sistema Cutzamala, aporta poco más de nueve metros cúbicos, el Sistema Lerma arriba de cuatro, excepto en temporada de estiaje en donde se cancela el suministro a la capital; el gran resto es aportado por las antiguas fuentes ya mencionadas basadas en manantiales y pozos particulares ubicados en puntos estratégicos de la ciudad, los cuales alcanzan ya una profundidad de hasta 450 metros.

Toda esta agua proveniente de fuentes subterráneas y externas al valle, se transporta dentro del Distrito Federal por medio de 514 kilómetros de acueductos y líneas de conducción hacia 297 tanques de almacenamiento, para posteriormente hacerla llegar a las tomas de los usuarios a través de 910 kilómetros de red primaria y 11,900 kilómetros de redes de distribución.

El agua potable es aquella que reúne ciertas características de pureza química, física y microbiológica, que la hacen apta para ser consumida por seres humanos. Debe estar prácticamente libre de contaminantes tóxicos y de microorganismos patógenos, y debe ser transparente y carente de colores, olores y



sabores extraños. Debe tener un bajo contenido de materia orgánica disuelta, porque de otra manera se favorecería la descomposición de ésta en el líquido, con proliferación de microorganismos y aparición de olores desagradables.

En la cuenca de México, el agua proviene de dos fuentes principales: el agua subterránea y el agua superficial. En general, la contaminación por residuos orgánicos, industriales o domésticos es más alta en las aguas superficiales, dado que las aguas subterráneas pasan por un lento proceso de filtración natural durante su percolación hacia los horizontes profundos del suelo. Así, las aguas subterráneas profundas son menos turbias y tienen cantidades más bajas de microorganismos en suspensión que las aguas superficiales. Por la oscuridad en la que se encuentran, no muestran desarrollo de algas (las algas, como todos los vegetales, requieren de la luz solar para la fotosíntesis).

Sin embargo, las aguas subterráneas presentan otra serie de problemas para su potabilización que deben ser tomados en cuenta. La cantidad de minerales disueltos en las aguas del subsuelo es mucho mayor que en la superficie, y con frecuencia se presentan en ellas algunos minerales tóxicos como los óxidos de manganeso, el amonio y los nitratos. La capa de agua profunda puede también verse afectada por contaminantes del subsuelo, tales como los líquidos que percolan de los basureros y las zanjas de rellenos sanitarios (conocidos con el nombre técnico de "lixiviados"), o los líquidos del drenaje doméstico e industrial que pueden en ciertos casos filtrarse en profundidad. Por su baja cantidad de sedimentos y la transparencia de su color, las aguas subterráneas pueden dar una falsa impresión de limpieza al ser extraídas del subsuelo, pero pueden presentar en ciertos casos una gran cantidad de contaminantes que deben eliminarse antes de su distribución final como agua potable.

El agua proviene de un conjunto diverso y heterogéneo de fuentes, pero la proporción del agua que proviene de manantiales espontáneos y de fuentes brotantes es cada vez menor. La mayor parte del agua que se consume en la ciudad de México es bombeada de los acuíferos del valle, por medio de pozos profundos. Actualmente se extraen del acuífero 54 m³/s, tomados de unos 1 100 pozos

distribuidos en el fondo de la cuenca. De estos pozos, 360 son operados por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del DDF, 538 son usados por particulares, y 209 son operados por la Comisión de Aguas del Valle de México.

Después del sistema de pozos profundos de la cuenca de México, los principales aportes de aguas provienen de cuencas externas al valle. Los pozos subterráneos de la cuenca alta del río Lerma, entre las ciudades de México y Toluca, proveen al valle de México unos 5 m²/s de caudal medio, aunque en algunos años la extracción de la cuenca del Lerma llegó a cerca de 10 m²/s.



Figura 1.7 Sistema Cutzamala. Fuente: http://cuidarelagua.df.gob.mx/galeria_b.html

El sistema del Lerma consta de 234 pozos de bombeo. La ciudad obtiene también agua de la cuenca del río Cutzamala, desde donde se bombean unos 7 m²/s tomados de los caudales superficiales del río. Tanto las aguas del Lerma como las del Cutzamala penetran a la cuenca de México por medio del túnel atarasquillo, una impresionante obra de ingeniería que atraviesa la Sierra de las Cruces y tiene 14 km de largo y 3.2 m de diámetro.

El sistema del Cutzamala es un ejemplo claro de los grandes esfuerzos tecnológicos y de los inmensos costos energéticos que implica el abastecimiento de agua para la ciudad. Las aguas que se envían a la cuenca de México deben conducirse por 127 km de tuberías y deben vencer un desnivel de 1 200 m. La energía necesaria para mover tales volúmenes de agua es del orden de 150 MW (millones de watts) proporcionados en forma constante durante todo el año. Finalmente, parte de las aguas del drenaje de la ciudad son tratadas en plantas procesadoras y vueltas a incorporar al sistema de distribución de aguas de la ciudad. El volumen total de aguas tratadas es de 2 m³/s, y son usadas generalmente para riego, para mantener el nivel freático en los canales de Xochimilco, o para uso industrial.



Figura 1.8 Sistema Cutzamala. Fuente: http://www3.diputados.gob.mx/011_cuenca_cutzamala/00_cuenca_Cutzamala/678307-2-esl-MX/00_cuenca_cutzamala_large1.jpg

Para llevar el agua desde los pozos hasta los tanques de almacenamiento se emplean 467 km de líneas de conducción, con diámetros de 0.5 a 3.2 m. Existen en el Distrito Federal 240 tanques de almacenamiento, con una capacidad de 1.5 millones de metros cúbicos, cuya función es regular el flujo de agua y mantener la presión del sistema.

La ciudad de México posee un complicado sistema de distribución de agua. Los tubos más grandes, que reciben el agua de los tanques de almacenamiento,

forman una red de 550 km de largo, conocida como la red primaria. Los tubos de la red primaria tienen entre 0.5 y 1.8 m de diámetro, y se dividen a su vez en tubos menores, de 10 a 40 cm de diámetro, que conforman la red secundaria. Esta tiene una longitud total de unos 12 000 km de tuberías a los que se conectan 1 300 000 usuarios en el Distrito Federal, y un número menor en el área metropolitana del Estado de México. En 1953 sólo el 50% de la población del Distrito Federal contaba con servicio de agua potable en toma domiciliaria. La proporción de tomas se elevó al 70% en 1977, y al 97% en 1982. Actualmente la ciudad de México ocupa el primer lugar en distribución domiciliaria de agua potable en relación con las otras ciudades del país.

1.6.4 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO: COLONIA SANTA CRUZ MEYEHUALCO, DELEGACION IZTAPALAPA

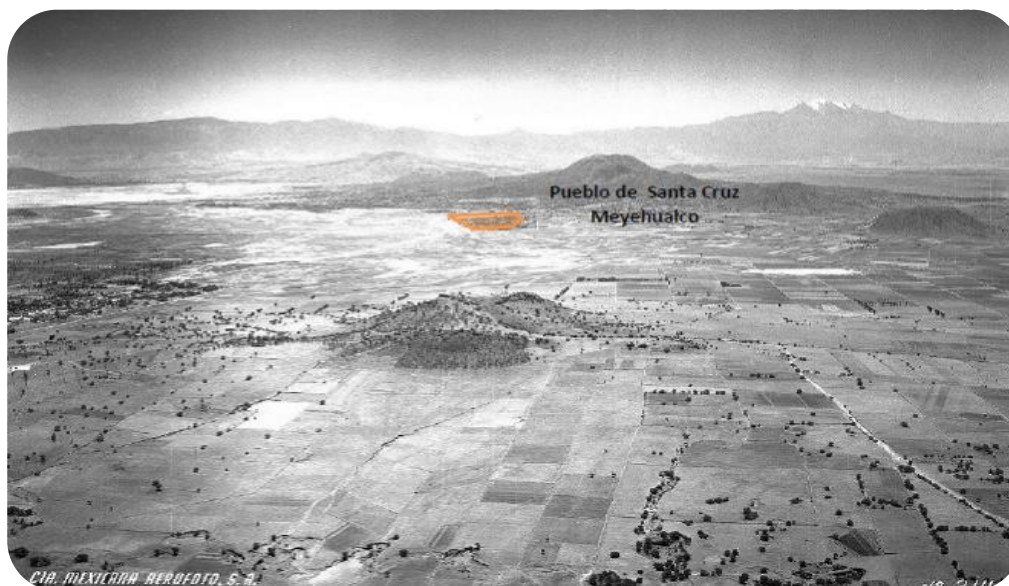


Figura 1.9 Cerro de la estrella 9 de mayo de 1942. Fuente: F.I.C.A.2009

Santa Cruz Meyehualco es un pueblo de la delegación Iztapalapa que se ubica al oriente de la ciudad de México. La zona de Santa Cruz Meyehualco está conformada por tres colonias: 1) El Pueblo de Santa Cruz Meyehualco, (localizado al noreste de la unidad Territorial 2) La colonia Lomas de Santa Cruz y 3) La U.H. Santa Cruz Meyehualco (Méndez, 2012)

Es en los años setenta con el crecimiento de la ciudad se comienza a habitar lotes baldíos ubicados en la delegación Iztapalapa. La unidad habitacional de Santa Cruz Meyehualco fue construida en 1962 y 1963, la cual tenía como como objetivo dotar la vivienda a los sectores más desfavorecidos de vivienda digna y espacios públicos para su disfrute. En la figura 1.10 se aprecia el momento en que se está construyendo la U.H de Santa Cruz Meyehualco así como el modelo de vivienda popular que se caracterizó en sus inicios (Hernández, 2011)

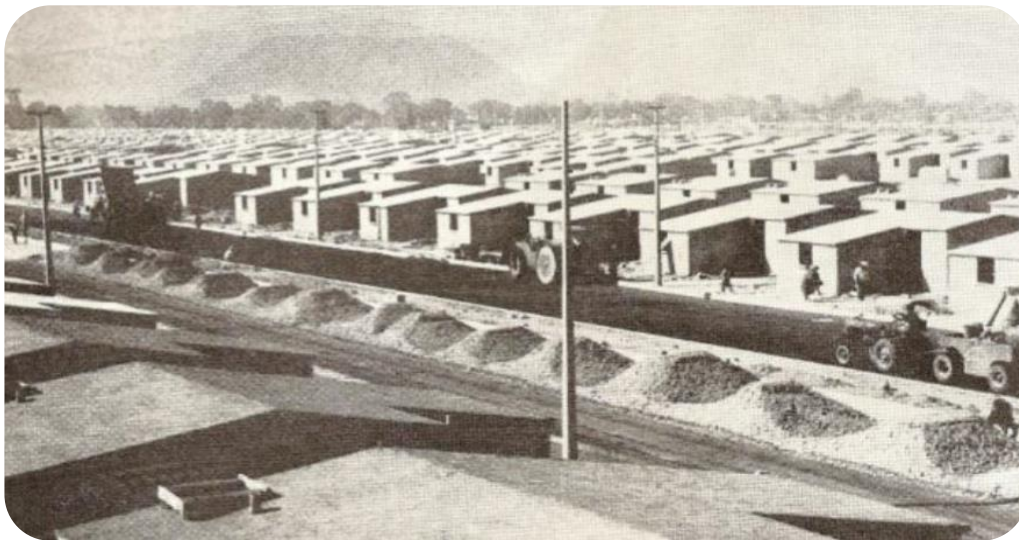


Figura 1.10 Unidad Habitacional Santa Cruz Meyehualco 1962-1963. Fuente: Programa de Financiamiento a la Vivienda, México 1964.

Esta unidad Habitacional fue construida y diseñada bajo la única premisa de proporcionar vivienda digna a los habitantes de la zona, beneficiando alrededor de 3000 familias. Sin embargo la unidad cuenta con algunos espacios muy significativos, de entre ellos el que más destaca es el Deportivo Santa Cruz el cual es uno de los más importantes en Iztapalapa en la actualidad. En la figura 1.11 se aprecia la traza urbana original de la Unidad, donde resaltan los espacios públicos que se encuentran distribuidos en la misma: al poniente tenemos el Deportivo Santa Cruz Meyehualco, mientras que al centro de la unidad se encuentran varias plazas

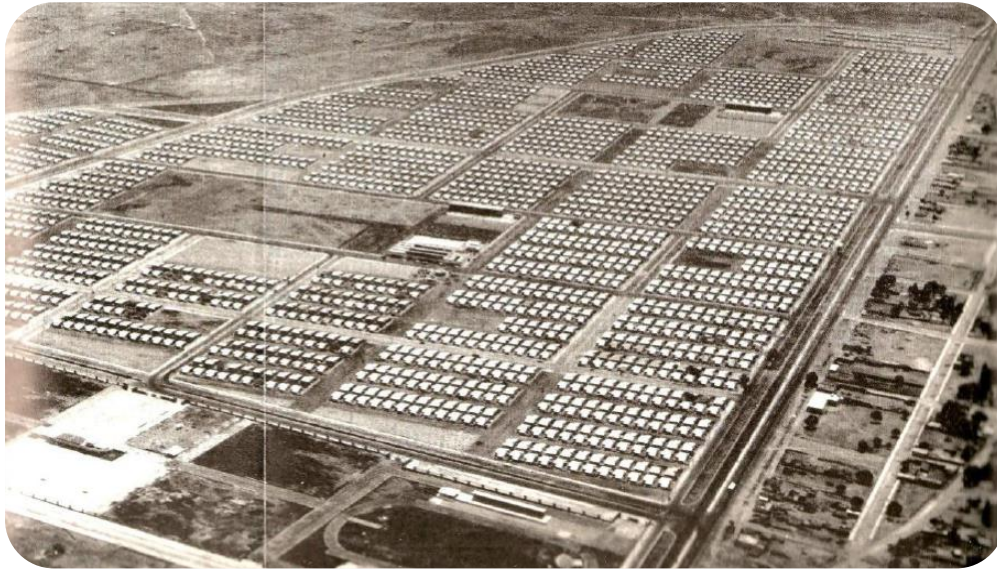


Figura 1.11 U.H Santa Cruz Meyehualco 1962-1963. Fuente: Programa de Financiamiento a la Vivienda, México 1964.

y alamedas. Este desarrollo urbano fue uno de los primeros en la zona misma que todavía contaba con grandes extensiones de tierra comunales utilizadas para la siembra de diversos productos agrícolas; en ese entonces la unidad solo estaba acompañada por dos elementos más, el pueblo de Santa Cruz Meyehualco y el tiradero al aire libre (Ibíd,2011)



Figura 1.12 U.H Santa Cruz Meyehualco 1962-1963. Fuente: Vuelo Obra 18296, F.I.C.A :2009

La construcción de esta Unidad marco el inicio del desarrollo urbano de la zona ya que al tener una población de 12,000 habitantes en la zona generó grandes cambios en infraestructura, con la creación de vialidades, rutas de transporte y dotación de redes de servicio básico, con el cual se marcó el inicio del desarrollo de esta zona, la cual con el paso de los años sería una de las zonas con mayor densidad de población. En 1983 el entonces Departamento del Distrito Federal inició el saneamiento y clausura del tiradero en Santa Cruz Meyehualco, que consistió en espaciar, conformar y cubrir los espacios sólidos con tepetate es así que en 1984 surge el parque Cuitláhuac, mismo que actualmente es uno de los más grandes de la zona (*Ibíd*,2011)

1.6.5 SITUACION DEL AGUA POTABLE EN SANTA CRUZ MEYAHUALCO

La Delegación Iztapalapa por sus características físicas y ubicación geográfica, el sistema de agua potable es de los más complejos; actualmente cuenta con una red secundaria de 2,165Km, de la cual el 52% se ha sustituido por estar en zonas de hundimientos diferenciales y grietas, sin embargo, el suministro de agua sólo atiende aproximadamente el 70% de su población y un 30% del territorio cubierto, donde habitan más 600 mil personas que reciben agua por tandeo, dicho de otro modo nunca reciben agua a través de la red hidráulica. En sus viviendas carecen de un servicio, por lo que la dotación del líquido se concreta mediante tandeos con horarios, Cantidades y días preestablecidos. Más de un millón 443 mil personas reciben el servicio irregular durante la semana y 138 mil 480 tiene que esperar ocho días para que les llegue el agua (*Ibíd*, 2014).

En esta delegación existen varios pozos de extracción de agua de los acuíferos subterráneos que se encuentran alrededor de la Sierra de Santa



*Figura 1.13 Contaminación del agua.
Fuente: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/AguaUrbana.pdf>.*

Catarina, pero estos no son suficientes para satisfacer la demanda. Por ello una porción se obtiene del sistema Cutzamala que lleva agua de la cuenca del río Balsas del Valle de México, aunque tampoco es suficiente para resolver el abasto (Pérez, 2014)

Iztapalapa es la delegación más afectada por la escasez y contaminación de agua, pues más de la mitad de las colonias padecen de un abasto insuficiente, debido a que se tiene un déficit cotidiano de 2 mil litros de agua por segundo, y la detección de 5 mil fugas al año en promedio y durante la temporada de estiaje.

En la delegación Iztapalapa existen 35 tanques de almacenamiento, donde destacan por su magnitud o ubicación: Xaltepec, La Caldera y Cerro de la Estrella. Sumado a esto, cuentan con 72 pozos de extracción y una planta de tratamiento de aguas residuales. En los últimos años se han construido 20 pozos de absorción para la recarga del acuífero.

La situación del agua potable en la colonia de Santa Cruz Meyehualco es crítica ya que cada vez que saca agua de la llave, el agua que sale presenta niveles elevados de contaminación, es por eso que vecinos de esta colonia así como de otras colonias vecinas se manifiestan por las calles del centro histórico de la Ciudad de México; ya que en varias ocasiones los habitantes de dicha colonia han acudido a la delegación sin obtener respuesta alguna y lo único que las autoridades les dicen es que los pozos que abastecen a la zona es cada vez más profundo y tienen que agregar químicos que hacen que su apariencia sea de mala calidad,

Para comprobar la mala calidad del agua que el Sacmex distribuye en la colonia de Santa Cruz Meyehualco, los vecinos llevan muestras de ésta en envases transparentes en el cual se pueden apreciar la gama de colores que se ve en



Figura 1.14 contaminación del agua. Fuente: <http://subversiones.org/archivos/111558>



el agua (desde amarilla, pasando por café hasta llegar a negra), se logran ver partículas de residuos flotando en el líquido vital y en algunas ocasiones desprende un olor desagradable por lo tanto el agua que llega a estas vivienda no cumple con ninguna condición que el agua potable debiera tener: incolora, inodora e insabora.

De ahí la importancia de dar un mantenimiento preventivo, rehabilitar la tubería y construir las redes de distribución con material que se adapte a este tipo de fallas ya que todos estos factores contribuyen la contaminación del agua y por lo tanto afectando la calidad de agua que llega a las viviendas de esta colonia.



CAPITULO 2

2.1 USO Y MANEJO DEL AGUA

El agua es un recurso imprescindible para la vida, que cubre cerca del setenta y uno por ciento de la superficie del planeta Tierra. Esta preciada envoltura de agua, en su mayor parte de agua salada y el resto de agua dulce, ayuda a mantener el clima de la Tierra y es fuente esencial para toda forma de vida. Sin embargo el pequeño porcentaje de agua dulce, no es del todo accesible, sólo una pequeña fracción de la misma está disponible para la humanidad y se halla distribuida de manera muy poco uniforme (Umbría, 2008).

Esto significa que la cantidad de agua dulce en la Tierra es relativamente pequeña y su existencia en el planeta se debe afortunadamente a procesos de reciclaje, purificación natural y distribución de manera constante en el ciclo hidrológico. Esta porción de agua dulce es de especial importancia para la agricultura, industria, transporte y muchas otras actividades humanas. (*Ibíd*,2008).

2.1.2 CICLO HIDROLÓGICO

Las fuentes de agua se recargan debido a la acción del ciclo hidrológico. Se dice que éste actúa como una bomba gigante que continuamente transfiere agua dulce de los océanos a la tierra y que luego retorna al mar. En este ciclo de energía solar, el agua se evapora de la superficie terrestre y llega a la atmósfera, de donde cae en forma de lluvia o nieve. Parte de esta precipitación vuelve a evaporarse, mientras que otra parte comienza el viaje de vuelta al mar a través de arroyos, ríos y lagos. Aun otra parte se filtra dentro del suelo y se convierte en humedad del suelo (agua subterránea) o en agua superficial. Las plantas incorporan la humedad del suelo en sus tejidos y la liberan en la atmósfera en el proceso de evapotranspiración. Gran parte del agua subterránea finalmente vuelve a pasar al caudal de las aguas de la superficie, comenzando así de nuevo el ciclo del agua (Larios & Ponce, 2011).

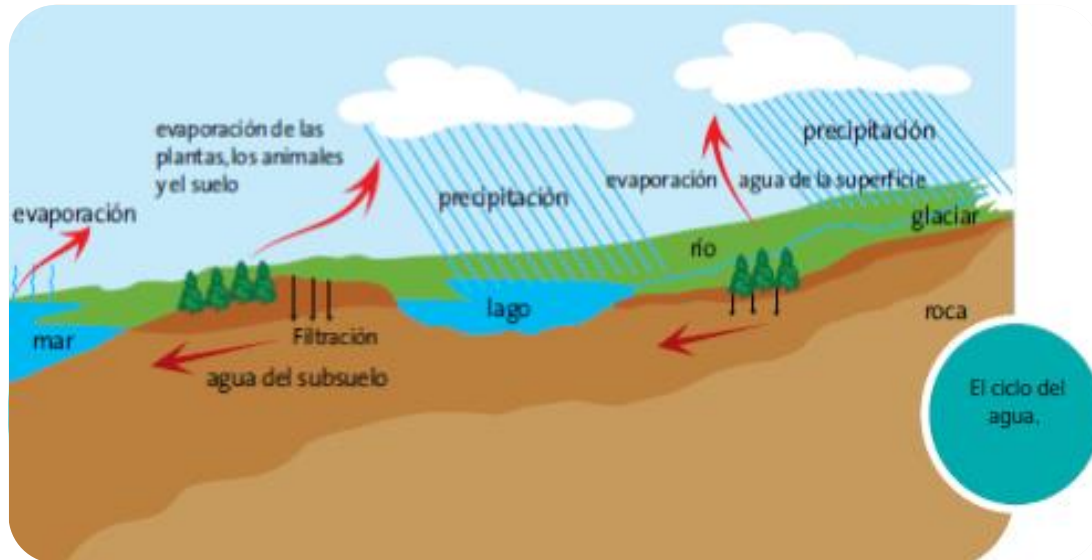


Figura 2.1 Ciclo del agua. Fuente: *Uso eficiente del agua* (Larios & Ponce, 2011)

2.1.3 FUENTES DE AGUA

Las fuentes de agua del planeta se pueden dividir en dos tipos:

1. Agua superficial
2. Agua subterránea

Agua superficial

Son las aguas que se encuentran encima del suelo; pueden ser corrientes que se mueven en una misma dirección y circulan continuamente, como los ríos y arroyos; o bien estancadas como los lagos, lagunas, charcas y pantanos.

Agua subterránea

Se genera cuando por acción del ciclo hidrológico o ciclo del agua, parte de la precipitación es absorbida por el suelo, que luego entra en los acuíferos y en las vertientes (quebradas, riachuelos, etc.). La cantidad de agua que saldrá dependerá de cuánto absorba la tierra, además del tipo de suelo que se tenga (*Ibíd*, 2011)



Las aguas subterráneas se aprovechan mediante pozos, los cuales consisten en un orificio o túnel vertical perforado en la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar una reserva de agua subterránea

El agua de la llave y en general la que se utiliza en la agricultura y la industria proviene de manantiales, ríos, lagos, arroyos o depósitos de agua subterráneos. De los cuerpos de agua superficiales se obtienen aproximadamente dos terceras partes del agua que se extrae y la otra tercera parte viene de depósitos de agua subterráneos que se llaman acuíferos. Esta última fuente es de la que se extrae el agua que, después de un tratamiento previo, se distribuye a la mayoría de las grandes ciudades para su uso en los hogares (SEMARNAT, 2008).

La mayoría de las grandes ciudades se abastece de agua subterránea que se bombea y distribuye a través de redes. Sin embargo, quienes viven en áreas rurales frecuentemente van directamente a las fuentes a recolectar el agua. Otras fuentes del agua potable que consumimos son cuerpos de aguas superficiales, presas y un mínimo del porcentaje de agua que se consume es de agua desalinizada (FMCN & FEA, 2006).

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE AGUA

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

1. **Agua potable:** Es agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.
2. **Agua salada:** Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10 000 mg/L).
3. **Agua salobre:** Agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina. La concentración del total de sales disueltas está generalmente comprendida entre 1000 - 10 000 mg/L. Este tipo de agua no está contenida entre las categorías de agua salada y agua dulce.



4. **Agua dulce:** Agua natural con una baja concentración de sales, generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.
5. **Agua dura:** Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve mal en las aguas duras.
6. **Agua blanda:** Agua sin dureza significativa.
7. **Aguas negras:** Agua de descarga de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes
8. **Aguas grises.** Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, fregaderos y lavaderos.
9. **Aguas residuales:** Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja o una industria, que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.
10. **Aguas residuales municipales:** Residuos líquidos originados por una comunidad, formados posiblemente por aguas residuales domésticas o descargas industriales.

2.3 HUELLA HIDRICA

La huella hídrica (HH) es un indicador de toda el agua que utilizamos en nuestra vida diaria; la que utilizamos para producir nuestra comida, en procesos industriales y generación de energía, así como la que ensuciamos y contaminamos a través de esos mismos procesos. Nos permite conocer el volumen de agua que aprovecha ya sea un individuo, un grupo de personas o consumidores, una región, país o la humanidad en su conjunto (AgroDer, 2012)



Figura 2.2 Huella hídrica. Fuente (AgroDer, 2012).



2.3.1 ¿DE QUÉ SE COMPONE LA HUELLA HÍDRICA?

La HH considera únicamente el agua dulce y se conforma de 4 componentes básicos: • Volumen • Color/clasificación del agua • Lugar de origen del agua • Momento de extracción del agua. Identificar estos datos nos da la base para el análisis de la huella hídrica, que además debe tomar en cuenta factores locales para dar un contexto real y útil al concepto; es decir, evaluar los impactos en tiempo y espacio de la extracción del agua y su retorno como agua residual o tratada, la afectación al régimen hidrológico, la importancia ecológica de la zona, la productividad del agua, las condiciones de escasez o estrés hídrico imperantes, los usos locales del agua y el acceso de la población al recurso, impactos en la cuenca baja y otros criterios que puedan incidir en el mantenimiento de un balance sustentable y equitativo del agua en cada cuenca hidrológica. La HH considera la fuente de donde proviene el agua y, en función de ello, la clasifica en 3 tipos o colores: azul, verde y gris. Los costos de oportunidad, el manejo y los impactos para cada uno difieren significativamente para cada color (*Ibíd*, 2012).

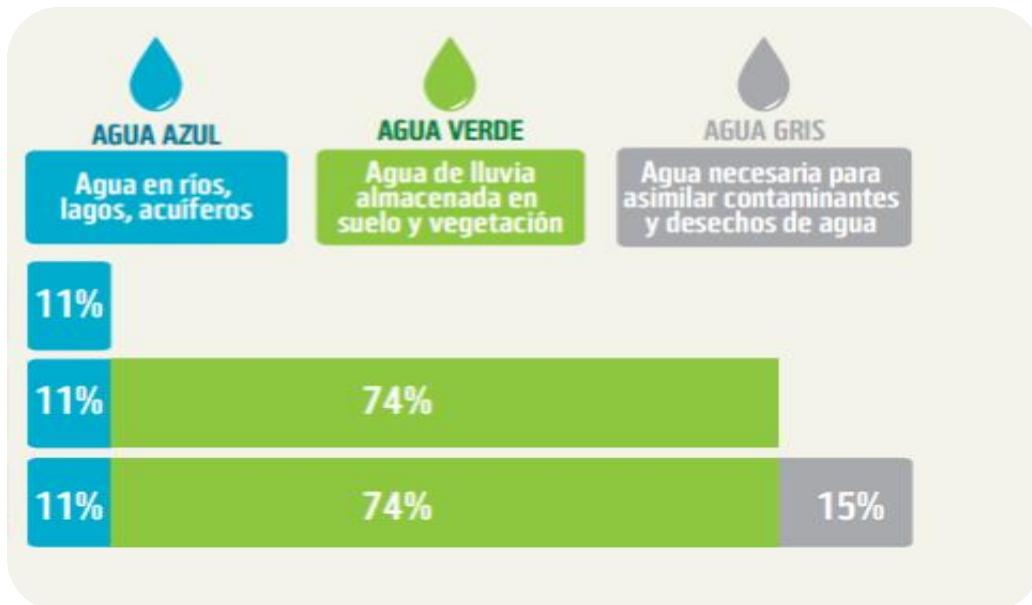


Figura 2.3 Clasificación del agua. Fuente. (CONAGUA, 2010)



2.3.2 ¿CÓMO SE MIDE LA HUELLA HÍDRICA?

Para un producto es el contenido total de agua azul, verde y gris involucrada en toda la cadena de procesos de elaboración del mismo. La HH de una persona se obtiene de sumar la HH de todos los productos, bienes y servicios que consume y utiliza. La HH de producción de un país se obtiene de sumar el agua verde, azul y gris en todos sus procesos productivos agropecuarios, así como el agua azul y gris de los industriales y domésticos. La HH de consumo de un país es lo que produce para consumir (quitando las exportaciones), y lo que importa para consumo. La HH externa es la proporción del consumo de un país que fue producido en otro país (*Ibíd*, 2012).

2.3.3 HUELLA HÍDRICA DE PRODUCCIÓN EN MÉXICO

México es el 11º país con mayor HH de producción en el mundo. La producción agrícola es el componente mayoritario, seguido del sector ganadero, juntos representan el 91%. Los consumos doméstico e industrial son responsables del 9% de la HH restante, en su mayoría agua gris. El indicador de HH de producción es dinámico, ya que cambia cada año en función de la variabilidad que tienen los usos: la producción agrícola no es igual cada año, en la industria aparecen nuevos usuarios, varía la eficiencia de sus procesos y en las ciudades aumenta la población con acceso a agua potable, drenaje y las plantas de tratamiento.

2.4 USOS DEL AGUA EN MÉXICO

Se define al uso como la aplicación del agua a una actividad. Cuando existe consumo es entendido como la diferencia entre el volumen suministrado y el volumen descargado (CONAGUA, 2010). De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales en México, el agua puede tener usos consuntivos y no consuntivos; entre los primeros están el abastecimiento urbano, la agricultura, el pecuario y la

industria, y entre los segundos la producción de energía eléctrica y centrales energéticas (SAGARPA, 2011).

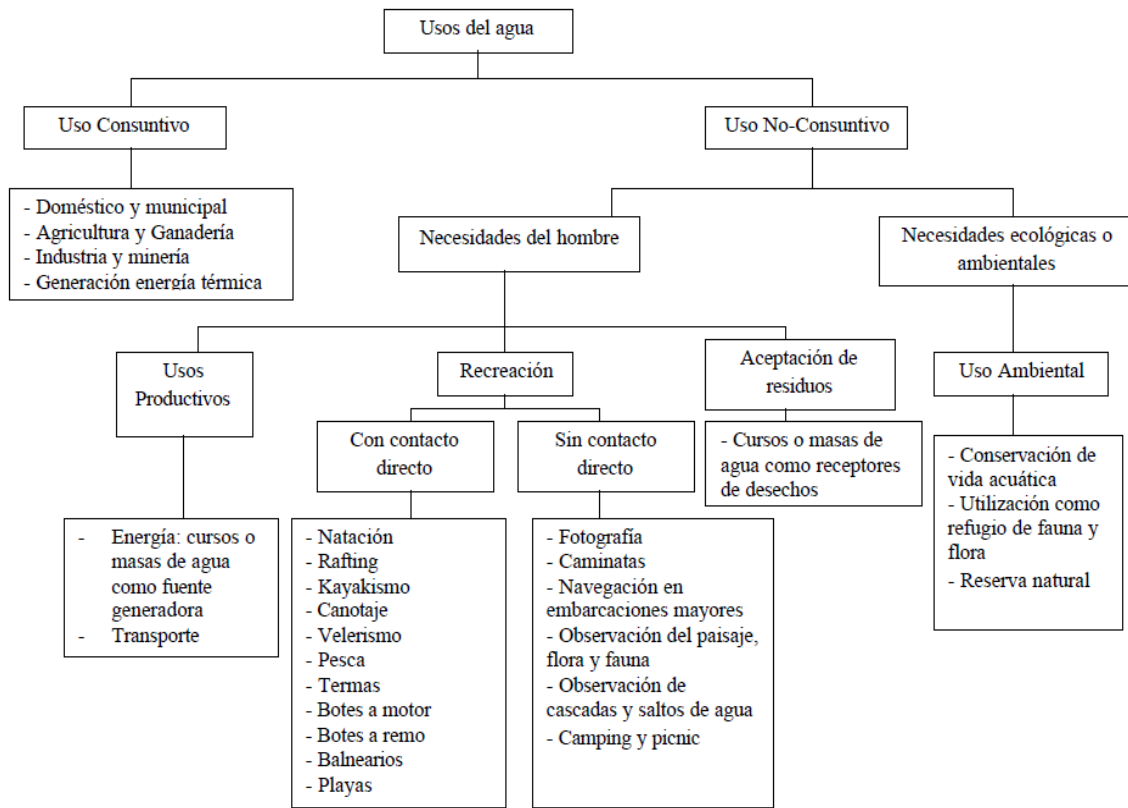
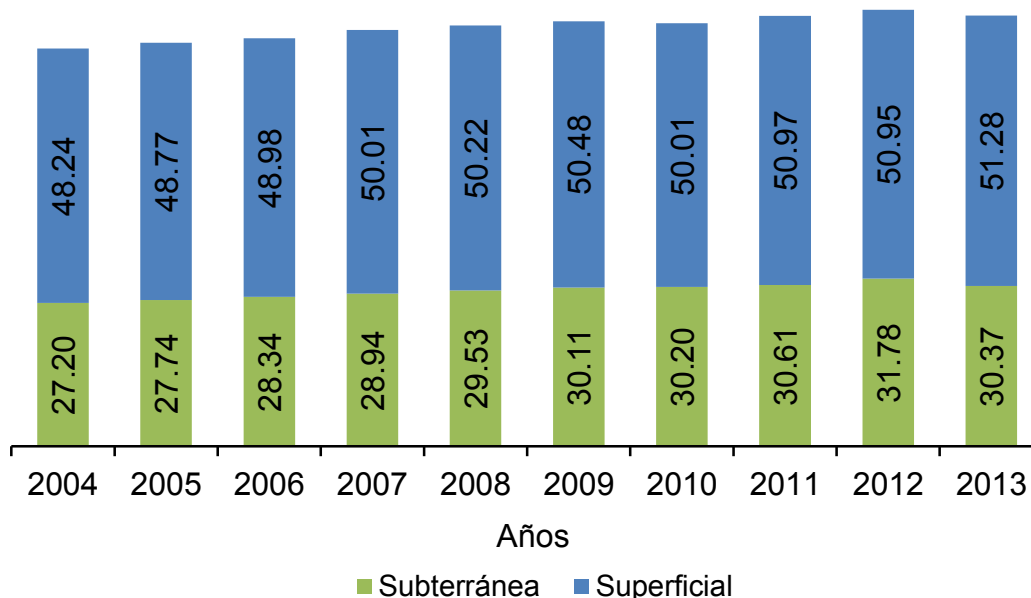


Figura 2.4 Clasificación de los usos del agua. Fuente: http://www.uach.cl/proforma/insitu/2_insitu.pdf



En la gráfica 2.1 se muestra la evolución del volumen concesionado para usos consuntivos. Como puede apreciarse, el 62.8% del agua utilizada en el país para uso consuntivo proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 37.2% restante proviene de fuentes subterráneas (acuíferos).

Volumen concesionado para usos consuntivos por tipo de fuente, 2004-2013 (miles de millones de m³)



Grafica 2.1 Volumen concesionado para usos consuntivos. Fuente: CONAGUA

Es importante señalar que no toda el agua que se extrae y distribuye es aprovechada adecuadamente. Se calcula que del total de agua que se extrae en México, entre 50 y 70% se pierde por la evaporación, fugas en los sistemas de distribución y consumo irracional (como lavar las banquetas o los autos a “manguerazo”), entre otros. Además, la mitad del agua que llega a los campos agrícolas se escurre o se evapora sin ser aprovechada por los cultivos; mientras que en las grandes ciudades del país se pierde hasta 40% del agua, principalmente por la falta de mantenimiento de las tuberías, por las fisuras o fracturas originadas por hundimientos diferenciales del terreno, así como la mala calidad de algunos materiales o las conexiones defectuosas de las tomas clandestinas (SEMARNAT,

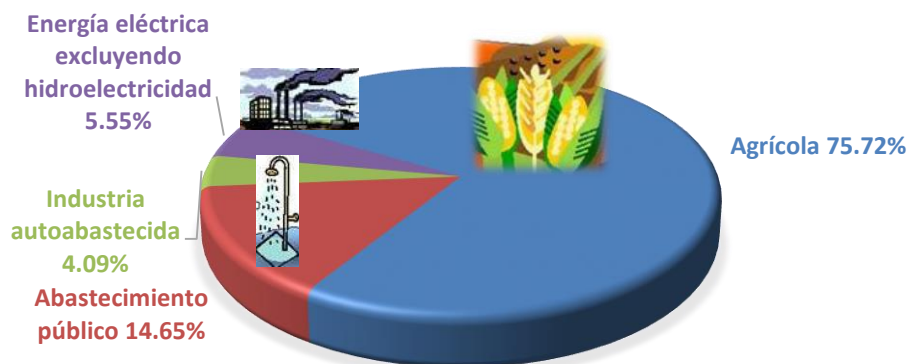


2008). La mayor parte del agua utilizada por los seres humanos es agua dulce, llamada así por la baja concentración de iones y sales. Los requerimientos de agua varían de acuerdo con la calidad del agua no es necesariamente la misma según el uso que queramos hacer de ella.

2.4.1 USOS CONSUNTIVOS

Los usos consuntivos son aquellos que consumen o extraen el agua de su fuente de origen (ríos, lagos y aguas subterráneas), y no regresan de forma inmediata al ciclo del agua. Por las características del proceso hay pérdidas volumétricas de agua, es decir, la cantidad de agua que sale es menor de la que regresa a la fuente de abastecimiento. Por lo que en general, este uso puede ser medido cuantitativamente, los usos consuntivos más frecuentes se pueden agrupar de la siguiente forma: usos industrial, agrícola, pecuario y público urbano (doméstico, comercial, de servicios e industrial, que se distribuye por una red urbana) (FMCN & FEA, 2006).

DISTRIBUCIÓN DE VOLÚMENES CONCESIONADOS POR USOS AGRUPADOS CONSUNTIVOS, 2013



Grafica 2.2 Distribucion de volúmenes concesionados para usos consuntivos Fuente: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=86&n4=395>

La mayor parte del agua que se extrae en el país se destina a las actividades agropecuarias (**75.72%**), le sigue el uso para abastecimiento público con **14.65%** del volumen total de agua extraída, el industrial con **4.09%**, y para uso termoeléctrico **5.55%**.

USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA Y GANADERIA

El principal uso del agua en México es el agrícola, que es el agua utilizada para el riego de cultivos. La agricultura influye tanto en la cantidad como en la calidad de agua disponible para otros usos. En algunas zonas de México, la contaminación es provocada por plaguicidas y fertilizantes utilizados en la agricultura esto constituye una de las principales causas de la deficiente calidad del agua.



Figura 2.5 Usos agrícolas. Fuente: <http://www.educacionyculturaaz.com/analisis/el-agua-y-la-agricultura-en-mexico>

Cuando se riega un cultivo, se aplica una cantidad de agua superior a la que éste consume. Esto es así porque los sistemas de riego nunca son completamente eficientes. Además, es necesario que una cierta cantidad de agua circule a través



Figura 2.6 Ganado. Fuente: <http://www.prensa.com>.

del suelo y arrastre sales y otros compuestos. La cantidad de agua que se necesita para producir un cultivo depende de las condiciones del suelo, de la variedad del cultivo y de las temperaturas del lugar en el que se coseche.

En la ganadería el uso del agua es muy esencial ya que forma



parte de la alimentación de los animales, es el componente más importante e indispensable para la vida sobre la tierra. El agua actúa en el animal como un amortiguador entre su propia temperatura y el medio ambiente. Desde el punto de vista nutricional, se comporta como un solvente universal. El agua favorece el ablandamiento y fermentación de los alimentos.

Las fuentes de agua para el ganado son los arroyos, lagos, ríos, charcos, lagunas, manantiales, pozos, siendo la de mayor importancia el agua subterránea. El agua que bebe el animal debe ser limpia, inodora, incolora e insípida, con una calidad bacteriológica y físico-química adecuada. El ganado tolera la baja calidad del agua mejor que los humanos, pero si las concentraciones de algunos compuestos específicos del agua son demasiado elevados, el ganado puede verse afectado. La mayoría de los factores que reducen la calidad del agua no son fatales para el ganado, que puede incluso no mostrar signos clínicos de enfermedad, pero pueden afectar al crecimiento, a la lactación o a parámetros reproductivos y por ello, causar pérdidas económicas al productor (Gema, 2009)



Figura 2.7 El acceso directo de los animales a los cursos de agua puede provocar su contaminación. FUENTE: <http://albeitar.portalveterinaria.com/>

USO DOMÉSTICO

Los usos domésticos incluyen agua para todas las cosas que las personas hacen en su hogar como: tomar agua, preparar los alimentos, bañarse, lavar la ropa lavar los utensilios de cocina, cepillarse los dientes, así como para regar su jardín. El agua que se dispone en el hogar no proviene directamente de la naturaleza, sino de un proceso de extracción, tratamiento y conducción bastante complejo, en ocasiones es traída de lugares muy lejanos con la finalidad de cumplir con las

características necesarias de calidad y cantidad para que puedan usarla y consumirla sin ningún problema (CONAGUA, 2010).

Independientemente de la fuente de donde provenga el agua que llega a los hogares, debe pasar por un proceso de extracción, potabilización, conducción y distribución:

- 1. Extracción.** El agua se obtiene de un río, lago o acuífero se conduce a una planta potabilizadora. En caso de una fuente subterránea, se realizan excavaciones muy profundas y cuando se trata de agua superficial se construyen presas.
- 2. Potabilización.** El agua se transporta por un ducto a una Planta Potabilizadora, donde es tratada para mejorar su calidad y hacerla apta para uso y consumo humano.
- 3. Conducción.** El agua se bombea a una zona alta para posteriormente dejarla fluir con ayuda de la gravedad a través de tubos (acueductos), desde donde se potabiliza hasta un punto de entrega cerca de la ciudad.
- 4. Suministro.** El agua se entrega a la comunidad a través de una tubería o red de distribución (*Ibíd*, 2010).

AGUA PARA LA INDUSTRIA

En este rubro se incluye la industria que toma el agua que requiere directamente de los ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país. Conforme al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIÁN), las actividades secundarias, conocidas tradicionalmente como “la industria”, están conformadas por los sectores minería, electricidad y suministro de gas por ductos al consumidor final, así como la construcción e industrias manufacturera (*Ibíd*, 2010).



Figura 2.8 Uso del agua en la industria. Fuente: www.agua.org.mx

La industria por lo general suele necesitar la mayor parte del agua potable destinado a los seres humanos; Para la producción de sus productos necesitan de grandes cantidades de agua para la elaboración, transformación, calderas, enfriamiento y servicios en general. En algunas industrias como las tenerías, textil, alimentaria, papel, etc. el uso del agua en el proceso productivo es el principal (Olmos, Marqués, & Moreto, 2003).

AGUA PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA

El agua incluida en este rubro se refiere a la utilizada en centrales de vapor duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbo gas y de combustión interna. De acuerdo con lo reportado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en el año 2008, las centrales termoeléctricas generaron 193.56 TWh, lo que representó el 83.6% del total de energía eléctrica producida en el país (CONAGUA, 2010).



Figura 2.9 Usos del agua en centrales térmica. Fuente: www.lacomunidadpetrolera.com

La eficiencia en las centrales térmicas pasa por consumir la menor cantidad posible de agua por KWh producido, y por devolver a los ríos el agua en unas condiciones físico-químicas adecuadas a la conservación de la biodiversidad del medio receptor. En la refrigeración de las centrales térmicas, el agua se utiliza para condensar el vapor de escape de la turbina. Las centrales se diseñan con un circuito

abierto, de manera que el agua se capta de un río o del mar y tras refrigerar el vapor, se devuelve íntegramente al cauce. En este proceso prácticamente no hay consumo de agua pero son necesarios volúmenes elevadísimos de agua (Navalón, 2008)

2.4.2 USOS NO CONSUNTIVOS

A diferencia de los usos extractivos los usos no -consuntivos no pueden ser medidos cuantitativamente porque el agua es usada, pero no es removida de su ambiente natural es decir en éste no hay pérdidas, la cantidad de agua que sale es la misma o casi la misma que sale del proceso. Los distintos tipos de usos no – consuntivos pueden clasificarse de la siguiente manera: generación de energía hidroeléctrica, transporte, pesca, para usos de recreación y para el uso ambiental (Salazar, 2000).

GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA



*Figura 2.10 Vista de la presa y CH Leonardo Rodríguez Alcaine "El Cajón".
Fuente: (CONAGUA. 2014).*

El agua en todo el mundo se ha constituido en una de las principales fuentes de energía, desde el caudal de un río y desde un reservorio, el agua que es utilizada para hacer girar una turbina y de esta manera producir electricidad; así el agua no



es realmente extraída ya que después de pasar por la turbina vuelve al caudal, aunque no en el mismo lugar donde se extrajo (*Ibíd*, 2000).

La función de una central hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica. Las centrales hidráulicas tradicionales como presas y embalses de regulación, funcionan unas 1.500 h de media al año, son muy flexibles con tiempos de arranque entre 1 y 2 minutos.

TRANSPORTE

Desde muy antiguo, el hombre aprendió a construir embarcaciones que le permitieron navegar por las aguas de mares, ríos y lagos. En nuestro tiempo, utilizamos enormes barcos para transportar las cargas más pesadas que no pueden ser transportadas por otros medios.

AGUA PARA ACTIVIDADES RECREATIVAS

Por uso recreacional del agua, se entiende la actividad no consuntiva del agua que genera un bienestar social, sociológico estético, al existir una relación directa o indirectamente con ella. Este uso ha sido considerado un uso secundario particularmente por su carácter no consuntivo y también debido a que sus beneficios no son muy aparentes y difícilmente se pueden medir. Los usos recreacionales del agua son todas aquellas actividades que se realizan como: natación, rafting, canotaje, velerismo o simplemente disfrutando del agua en las piscinas, en la playa, en los parques (*Ibíd*, 2000).

USO AMBIENTAL

El uso ambiental del agua está relacionado con la sustentabilidad de un determinado ecosistema, por consiguiente atiende a las necesidades de preservar, en calidad y cantidad suficiente, un recurso indispensable para la vida. En algunos

países como Canadá, Costa Rica y Estados Unidos se le ha dado gran importancia al uso ambiental del agua, principalmente por los ecosistemas acuáticos, la preservación de la vida silvestre y la biodiversidad que ofrecen los reservorios de agua.

Los usos ecológicos del agua en un ecosistema río consideran tanto los usos acuáticos dentro del flujo como los usos de la orilla del río. El componente acuático, que incluye a peces y otras vidas acuáticas, depende de la calidad del agua, de un flujo de corriente mínimo, y varias características de las corrientes relacionadas con la temperatura y el oxígeno (*Ibíd*,2000).



Figura 2.11 Sistema acuático. Fuente: <http://www.portaleducativo.net/movil/cuarto-basico/638/El-agua-sus-diferentes-usos-y-conservacion>

2.5 ¿POR QUÉ SE DESPERDICIA EL AGUA?

En términos muy generales, se pueden mencionar tres razones para el desperdicio del agua:

- A. Deficiencias en la operación e infraestructura para la captación y distribución del agua.
- B. Malos hábitos de consumo en los usuarios.
- C. Falta de cultura en re-uso, separación y aprovechamiento de agua de lluvia.

En el primer caso, el problema se relaciona con las pérdidas físicas está asociadas con las fugas y reboses en los tanques de almacenamiento, las fugas visibles y no visibles en redes de conducción y las fugas visibles y no visibles en redes y tomas de servicio. De los resultados del balance hídrico para el Valle de México se estima que las pérdidas físicas alcanzan los 17,0 m³/s (537 hm³/año) (CONAGUA, 2010)



El segundo caso se da, sobre todo, entre los usuarios que tienen acceso al agua de forma regular y abundante. Tal vez porque todavía creen que ésta es inagotable, por las bajas tarifas, por la poca importancia que otorgan al mantenimiento y al uso de instalaciones de bajo consumo para lograr una utilización racional del agua, por ignorancia o por todos estos factores en conjunto. Lamentablemente, la mayoría de los usuarios tiene una percepción distorsionada sobre la contaminación, la sobreexplotación y otros efectos ambientales ocasionados por el aprovechamiento incorrecto del agua.

En el tercer caso, simplemente no estamos acostumbrados a considerar otras posibilidades para cubrir nuestras necesidades de agua. No hay comercialización de aditamentos del hogar que busquen el re-uso del agua, ni para la captación de agua de lluvia (FMCN & FEA, 2006).



CAPITULO 3

3.1 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua significa la condición en que se encuentra el agua respecto a sus características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por la acción humana. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. La calidad del agua de consumo humano se controla por la norma oficial mexicana NOM 127-SSAI-1994 sin embargo los límites permisibles de esta norma no siempre son cumplidos. (Monforte & Cantú, 2009).

El agua absorbe, arrastra y disuelve gases, minerales, compuestos vegetales y microorganismos que le comunica características muy peculiares. La calidad de las aguas naturales depende, de la mayor o menor concentración y variedad de esas sustancias extrañas presente en su composición. La presencia en mayor o menor proporción de las sustancias antes mencionadas le comunica propiedades que pueden hacerla desechar como fuente de abastecimiento, o por lo menos obliga aplicarles tratamiento correctivo para que cumpla con los requisitos de potabilidad. Los microorganismos patógenos, la hacen transmisora de enfermedades de carácter epidémico. El agua es muy susceptible de estar contaminada por vertidos de aguas usadas, o simplemente por aguas de lluvia que arrastran hacia los cauces cantidades variables de productos contaminantes.

La calidad del agua es de vital importancia. Las heces humanas son el contaminante que afecta más gravemente la salud de los niños y las niñas, aunque no constituyen la única amenaza, ya que también contaminan al agua otras sustancias letales, como el arsénico, el fluoruro y los nitratos entre otros. (FMCN & FEA, 2006).

La calidad del agua nos interesa desde diversos puntos de vista:



- Utilización fuera del lugar donde se encuentra (agua potable, usos domésticos, urbanos e industriales, riego)
- Utilización del curso o masa de agua (actividades recreativas: baño, remo, pesca, etc.)
- Como medio acuático, que acoge especies animales y vegetales.

El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede deteriorarse antes de llegar al consumidor a través de conexiones cruzadas, retrosifonaje, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios de distribución defectuosos, grifos contra incendios dañados, y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad. Otro factor de re-contaminación es la interrupción del sistema de abastecimiento, como resultado de la práctica de rotar el servicio de una a otra área de abastecimiento (Vargas, Rojas, & Joseli, 2002).



Figura 3.1 Calidad del agua. Fuente: CONAGUA (2009).

Un aspecto muy importante para determinar la calidad del agua son los sistemas de medición y monitoreo. Dentro de la estructura orgánica de CONAGUA se encuentra la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua, por su parte la Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua establece las bases para que cada Gerencia Regional elabore su programa regional de monitoreo. En el marco jurídico existen muchas áreas de mejora ya que deben actualizarse los criterios microbiológicos; otro asunto importante es la falta de legislación con relación a desechos industriales al drenaje, el manejo de los lodos de tratamiento y las deficiencias en los métodos de medición y monitoreo (Monforte & Cantú, 2009)

3.2 LA CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DE SU UTILIZACIÓN

El concepto "calidad del agua" sirve para definir aquellas características químicas, físicas y biológicas que emplea como patrón para calibrar la aceptabilidad de un agua cualquiera, algunos de los cuales la reducen directa o indirectamente, mientras que otros pueden revertir los efectos de la contaminación y, por lo tanto, mejorarla. Es en realidad un atributo definido en función de su uso y aplicación. Cada uso requiere por tanto, un determinado estándar de calidad. Por esta razón, para evaluar la calidad del agua es necesario considerar el contexto del uso probable que tendrá (Potablewater, 2006).

Teniendo presente los parámetros de calidad y contaminación del agua, podemos describir la calidad del agua, mediante mediciones cualitativas, como las mediciones físico-químicas o pruebas bioquímicas, así como descripciones semi-cuantitativas o cualitativas, como índices bióticos, aspectos visuales, inventarios de especies, olor, presencia de metales pesados, etc. Es importante resaltar que el crecimiento poblacional, el desarrollo industrial, comercial y agropecuario por la variedad de insumos y productos químicos que utilizan han traído consigo una presión sobre la utilización del agua, originando un proceso de degradación de esta agua con un desmejoramiento de su calidad.



Figura 3.2 Calidad del agua en función a su utilización. Fuente: elaboración propia.

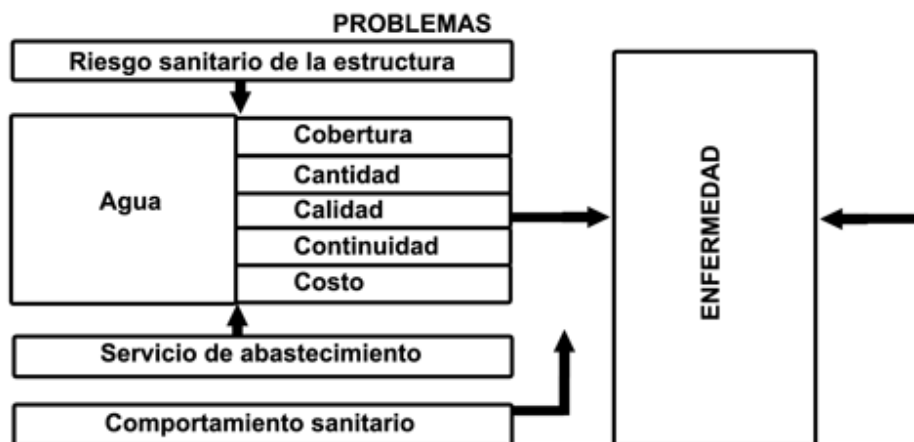


3.3 CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

El control de calidad del agua consiste en un conjunto de actividades permanentes que tienen como resultado garantizar que el agua para consumo humano cumpla con los requisitos que establece la norma vigente de calidad del agua para garantizar que el agua que entrega a la población cumple con los estándares vigentes. Estas acciones incluyen:

- La adecuada operación del sistema
- La inspección periódica para evaluar los riesgos de contaminación.
- El mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades del sistema.
- La desinfección
- El muestreo y análisis del agua para verificar la calidad esperada, así mismo.
- La implementación de las medidas correctivas cuando se identifique un problema.
- Interpretación y socialización de los resultados de los análisis.

Control y vigilancia	Quien lo realiza	Que se ve
Control	El operador	Calidad del agua que se produce y distribuye
Vigilancia	Instituciones externas * Autoridad sanitaria * Municipalidad * Comunidad	Problemas



Cuadro 3.1 Control de la calidad del agua



La calidad implica que el abastecedor de agua es responsable de la calidad del agua que produce y distribuye, y de la seguridad del sistema que opera. Esto es posible a través de una combinación de mantenimiento preventivo y de buenas prácticas operativas, apoyado por la evaluación continua de la calidad de las fuentes, de los procesos de tratamiento y del sistema de distribución, conjuntamente con las inspecciones sanitarias, lo que asegura la buena calidad del agua y la ausencia de su contaminación en el sistema de distribución (Rojas R, 2002).

3.4 VIGILANCIA DE LA CALIDAD

La vigilancia de la calidad del agua es el conjunto de acciones adoptadas por la autoridad sanitaria competente para evaluar el riesgo que representa a la salud pública la calidad del agua (*Ibíd*, 2002).

Los componentes de la vigilancia de la calidad del agua son:

- La correlación de la calidad física, química y microbiológica del agua con las enfermedades de origen hídrico, a fin de determinar el impacto en la salud;
- El examen permanente y sistemático de la información sobre la calidad del agua y de los otros diferentes indicadores de la calidad del servicio (cobertura, cantidad, continuidad y costo), para corroborar la atención a los reglamentos establecidos

La vigilancia y el control de la calidad microbiológica del agua para consumo humano deben ser actividades rutinarias y de primordial importancia. Se reconoce que los mayores riesgos de enfermedades causadas por microorganismos patógenos están relacionados con la ingestión de agua contaminada. La presencia de sustancias químicas es distinto al que suponen los contaminantes microbiológicos porque, por lo general, estos últimos tienen efectos más agudos. Por eso se afirma que la vigilancia y el control de los contaminantes químicos tienen importancia secundaria cuando el agua está contaminada por microorganismos. (*Ibíd*, 2002).

3.5 PRINCIPALES INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA

La manera de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices o de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (Rojas, 2011).



Figura 3.3 Contaminación del agua para consumo humano. Fuente. www.sagperu.com

3.5.1 PARÁMETROS FÍSICOS

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, gusto) tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua entre estos parámetros están la transparencia, turbidez, color, olor, sabor, temperatura, Conductividad eléctrica entre otros.

- **Turbiedad:** Es el “nublamiento” ocasionado por la presencia de material suspendido. Algunos materiales que dan al agua esta apariencia son: barro, arena, material orgánico finamente dividido, plancton y otros materiales inorgánicos



- **Color:** Lo causa el material orgánico disuelto de vegetación en descomposición y cierta materia inorgánica en el agua. Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.
- **Olor y Sabor:** Los compuestos químicos presentes en el agua pueden darle olores y sabores muy fuertes aunque estén en pequeñas concentraciones, algunos de estos compuestos: fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.
- **Temperatura:** La temperatura óptima del agua para beber está entre los 10 y los 15°C es consistentemente fría y no tiene variaciones de temperatura de más de unos pocos grados. El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (como el oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura también afecta la percepción sensitiva de sabores y olores.
- **Conductividad:** El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C.



3.5.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

Son los más importantes para definir la calidad del agua, existe una extensa lista de ellos siendo posible agruparles en:

PARÁMETROS QUÍMICOS	CONTAMINACIÓN QUE INDICA
<i>pH</i>	<p>Las aguas naturales pueden tener ph ácidos por el CO_2 disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO_2 formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato.</p> <p>Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener ph muy ácido. El ph tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.</p>
<i>oxígeno disuelto</i> <i>OD</i>	<p>Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.</p>
<i>materia orgánica biodegradable:</i> <i>demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)</i>	<p>DBO₅ es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.</p>
<i>materiales oxidables:</i> <i>demanda química de oxígeno (DQO)</i>	<p>Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato potásico en medio ácido). Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.</p>



PARÁMETROS QUÍMICOS	CONTAMINACIÓN QUE INDICA
<i>nitrógeno total</i>	Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización. El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado.
<i>fósforo total</i>	El fósforo, como el nitrógenos, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización. El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico.
<i>aniones: cloruros nitratos nitritos fosfatos sulfuros cianuros fluoruros</i>	Indican salinidad Indican contaminación agrícola Indican actividad bacteriológica Indican detergentes y fertilizantes Indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.) Indican contaminación de origen industrial En algunos casos se añaden al agua para la prevención de las caries, aunque es una práctica muy discutida.
<i>cationes: sodio calcio y magnesio amonio metales pesados</i>	Indica salinidad están relacionados con la dureza del agua contaminación con fertilizantes y heces de efectos muy nocivos; se acumulan en la cadena trófica; (se estudian con detalle en el capítulo correspondiente)
<i>compuestos orgánicos</i>	Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos. Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman cloro fenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor. La contaminación con pesticidas, petróleo y otros hidrocarburos se estudia con detalle en los capítulos correspondientes.

Tabla 3.1 Parámetros químicos. Fuente: Población, ecología y ambiente. Echarri L. (2007).



3.5.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

Los parámetros biológicos cuantifican la cantidad y el tipo de microorganismos que habitan las aguas. Incluyen diversas especies microbiológicas patógenas al hombre así como virus y diversos invertebrados. Últimamente se utilizan los llamados “índices bióticos”, que se construyen en función de la presencia de ciertas especies (generalmente taxones) y se comportan como indicadores de los niveles de contaminación, así como de las variaciones de la estructura de la comunidad biótica ocasionadas por la alteración del medio acuático. A diferencia de los parámetros físico-químicos, los parámetros biológicos no son analistas ya que no identifican a los agentes contaminantes.

La selección de los parámetros se puede determinar en función de los usos del agua, siendo los más comunes el uso doméstico, industrial, riego, recreo y vida acuática, variando el número y tipo de parámetros ya que las exigencias de calidad son diferentes.

3.6 CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN LA COLONIA DE SANTA CRUZ MEYEHUALCO

La delegación Iztapalapa cuenta con una población de 1, 815,786 habitantes concentrados en un área de 117 kilómetros cuadrados y una densidad poblacional de 16 026.4 personas por km². Esto hace que se considere al servicio de agua potable como la principal problemática que ha sido analizado a partir del impacto de la escasez sobre el consumo de agua, el abastecimiento irregular ha sido identificado como el un obstáculo del desarrollo local en dicha colonia

Por las condiciones geográficas de la colonia el abastecimiento de agua potable no permite ofrecer cobertura de agua de forma regular por lo que dos terceras partes de esta demanda se cubren con extracción de agua de pozos subterráneos que se encuentran alrededor de la Sierra de Santa Catarina pero estos

no son suficientes para satisfacer la demanda. Por ello una porción se obtiene del sistema Cutzamala que lleva agua de la cuenca del río Balsas del Valle de México aunque tampoco es suficiente para resolver el abasto.



Figura 3.4 Sistema Cutzamala Fuente: <http://www.agua.org.mx>

La calidad del agua potable que actualmente llega a las casas de los habitantes de la colonia Santa Cruz Meyehualco es de muy mala calidad. Vecinos de la delegación declaran que el agua potable que llega a sus viviendas no puede ser ocupada para uso doméstico ni aseo personal también los pobladores de esta colonia se han percatado de que en el fondo de sus cisternas se asienta una nata de residuos contaminantes aun cuando los depósitos están limpios. Los habitantes de Iztapalapa describen al agua con las siguientes características:

- De color chocolate y amarillenta
- Con un sabor feo
- Sucia
- Turbia
- Entre gris y café
- Huele y sabe a fierro
- Con presencia de gusanos



Figura 3.5 Contaminación del agua.
Fuente: CONAGUA 2013



El agua que llega a las viviendas de esta colonia es de dos tipos: o no cumple con algunos criterios pero puede ser consumida o simplemente no es apta para consumo humano. Un análisis de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) reveló que el porcentaje de arsénico y flúor en el líquido que llega a Iztapalapa rebasa los límites permitidos por la Norma Oficial Mexicana sobre salud ambiental y uso de agua para consumo humano (NOM127SSA1), lo que podría provocar enfermedades gastrointestinales frecuentes en la población.

Los expertos determinaron que además de las heces fecales se ubicó la presencia de sustancias como bario, cobre, hierro, magnesio, sodio, arsénico, mercurio y cianuro, que con una sobre exposición podría provocar irritación en la piel y daños gastrointestinales.

El año 2001 los problemas de mala calidad del agua de la zona oriente del D.F afectaron a 21 pozos por lo que se necesitó la instalación de plantas de potabilizadoras en el lugar, esto a su vez trajo limitaciones debido a que la capacidad de tratamiento era en muchos casos inferior a la capacidad de bombeo, por lo que gran parte del agua extraída se tiraba al drenaje (al menos 100 [l/s]) (López, 2015). Debido a la sobreexplotación de agua que ha sufrido el acuífero de la Ciudad de México, el agua extraída de la zona oriente de la ciudad presenta elevados niveles de contaminación.

La red de agua potable de la delegación Iztapalapa se compone por diversos elementos principalmente de tuberías, válvulas, tanques de almacenamiento, pozos de extracción, plantas de tratamiento y planas de bombeo. En la investigación realizada por la ing. Alejandra Campos López se mencionan los componentes de las plantas de tratamiento del distrito federal así como la calidad de las mismas. En dicha investigación se encontró la planta potabilizadora llamado Iztapalapa 8 que forma parte de las fuentes de abastecimiento de la colonia de Santa Cruz Meyehualco, el cual se encuentra ubicado en la calle 25 y Av. 4 U.H santa cruz Meyehualco que a continuación se describe.

PLANTA POTABILIZADORA IZTAPALAPA 8.



Figura 3.6 Ubicación del pozo Iztapalapa 8. Fuente:(López, 2015)

Ubicada en el Domicilio: Calle 25 S/N Esq. Avenida 4, Colonia U.H. Santa Cruz Meyehualco, Delegación Iztapalapa. La planta cuenta con una extensión de 336.65 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra por la calle 25.

Características de la Planta

Fecha de inicio de operación de la planta:		1999	
Capacidad instalada:	40 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo Iztapalapa 8
Gasto potabilizado:		40 [lps]	
Población beneficiada:	17 800 [hab]	Colonias:	Santa Cruz Meyehualco
Costo por inversión inicial:	\$5 948 680.00	Costo actual de operación:	---

Tabla 3.2 Características de la Planta Iztapalapa 8. Fuente: Potabilización del agua para suministro en la ciudad de México (López, 2015)

Tren de tratamiento

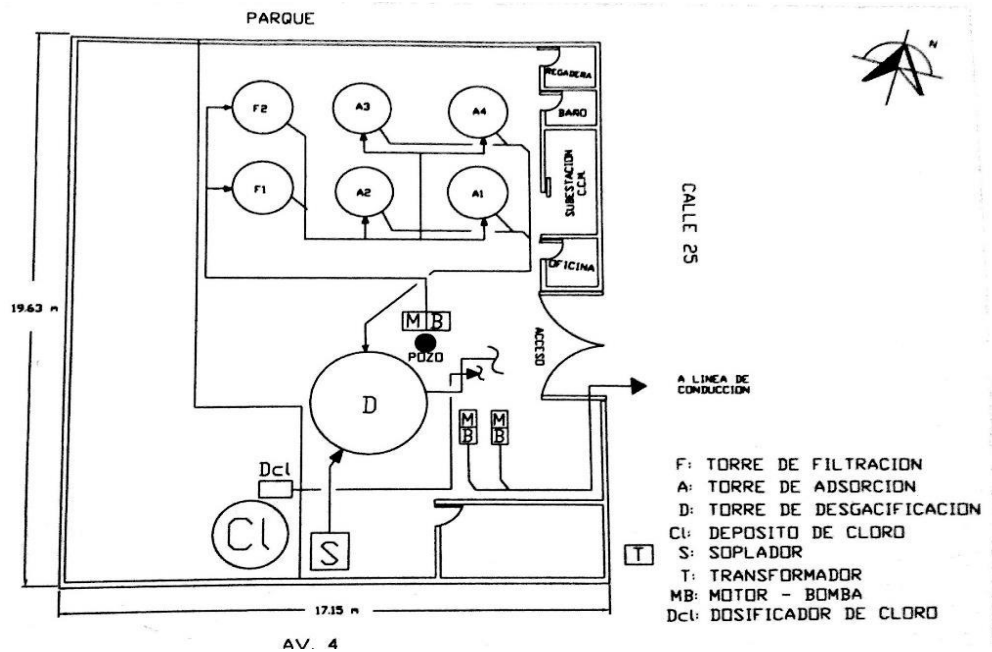


Figura 3.7 Plano del pozo Iztapalapa 8. Fuente: Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo IV, Diciembre 2008.

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora es alimentado por un pozo, el efluente de este es conducido hasta dos filtros a presión empacados con arena sílica, el agua filtrada es conducida en serie hacia las torres de adsorción en carbón y posteriormente entra a una torre desgasificadora la cual por la parte inferior conduce el agua hasta un cárcamo de desinfección para finalmente ser bombeada hacia la red.

En el año 2012 la planta fue rehabilitada, ya que el paro de la unidad de ósmosis inversa era frecuente y la calidad del agua entregada al consumidor era por mucho deficiente, desde el año 2008 y hasta su rehabilitación la potabilizadora permaneció fuera de operación.

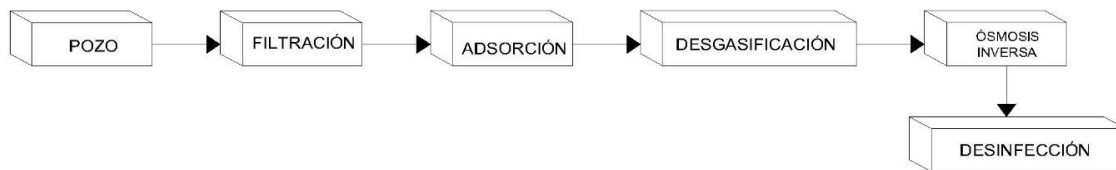


Figura 3.8 Tren de tratamiento. Fuente: Potabilización del agua para suministro en la ciudad de México (López, 2015)



Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.3 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

PARÁMETRO	INFLUENTE	UNIDAD
pH	8.6-8.4	upH
Turbiedad	0.8-0.5	NTU
Color	20.0-10.0 U	Pt/Co
DQO	33.18-10.66	mg/l
Cloruros	256.0-222.0	mg/l
SDT	1771.0-1720.0	mg/l
Conductividad Eléctrica	2725.0-2220	μS/cm
Alcalinidad	855.0-292.0	mg/
Nitrógeno amoniacal	8.0-5.48	mg/l
Nitrógeno proteico	0.67-0.21	mg/l
Sodio	626.0-381.0	mg/l
Coliformes totales	1	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

Tabla 3.3 Calidad influente Iztapalapa 8. Fuente: Potabilización del agua para suministro en la ciudad de México (López, 2015)

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (2+0), Bomba para solución de lavado (1+0).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).
- Desinfección: Bombas dosificadoras (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de



control de motores, carece de caseta para mantenimiento, así como de caseta para almacenar químicos.

Problemas operativos

Los problemas presentados durante la operación de la potabilizadora se presentan de acuerdo a los procesos y operaciones unitarias del tren de potabilización:

Filtración: el único parámetro que es monitoreado es la presión, no se cuenta con el monitoreo de la calidad de agua a la entrada y salida de los filtros, por lo que la carrera de filtración está sujeta a la percepción del operador ante la caída de presión.

Adsorción: no existe un procedimiento para realizar los retrolavados, dejando a la experiencia de cada operador la duración de los retrolavados, resultando en la mayoría de los casos en desperdicios considerables de agua.

Ósmosis inversa: hasta la rehabilitación en 2012, los equipos de ósmosis inversa se encontraban fuera de operación y el equipo de limpieza de los cartuchos presentaba un estado de abandono.

Desgasificación: no se cuantifica la cantidad de sulfuros removidos, lo anterior ocasiona que, los operadores sólo se preocupen por la entrada y salida de agua de la torre sin considerar la calidad de la misma (López, 2015)

3.6.1 FUGAS

Todas las redes de distribución de agua presentan fugas, ya sea por las fatigas estructurales de tuberías, piezas especiales o tomas domiciliarias; por tubos y conexiones de materiales inadecuados; por mano de obra deficiente; por tránsito vehicular pesado; por movimientos de suelos, y por la presión en la red. En una urbe tan grande como la Ciudad de México hay millones de conexiones y cada una representa una probabilidad de fuga. Las fugas se clasifican en dos tipos:

- **Fugas visibles.** Son aquellas fugas puntuales que llegan a escurrir por la superficie y la población las reporta cuando aparecen.
- **Fugas no visibles.** Son puntuales y solo se pueden detectar buscándolas mediante equipos especiales y, como no surgen, nadie las reporta.

Las fugas pueden representar un gran porcentaje de la disminución de agua en un sistema. Estas fugas, que se presentan en las tuberías, se comportan como lo hace el caudal de agua que sale de un orificio. Si no se resuelve el problema de las fugas, cualquier otra inversión resulta insuficiente o francamente inútil. Es más, bajo las condiciones actuales de la red, el volumen de agua que la gente ahorre en sus domicilios tiene un destino manifiesto que es aumentar las fugas (SACM, 2013) Se calcula que del total del agua que se extrae en México, entre 50 y 70% se desperdicia por diversos motivos (evaporación, fugas en los sistemas de distribución consumo irracional, etc.).



Figura 3.9 fugas en la ciudad de Mexico.Fuente:

Las fugas desde conducciones, tanques de almacenamiento. etc. Presentan mayor riesgo cuando estas se encuentran enterradas, puesto que pueden pasar largo tiempo inadvertidas esto trae como consecuencia hundimientos en las zonas donde se presenta las fugas, alta presión en las tuberías, disminución y pérdida de agua.



CAPITULO 4

4.1 PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua es el grado de impurificación de la misma, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas. Los posibles focos que pueden dar lugar a la contaminación de los acuíferos son muy variados y puede clasificarse según su origen. Entre las fuentes principales de contaminación del agua se encuentran la industria, las fuentes agrícolas y naturales así como las fuentes de usos urbanos cuyas emisiones o descargas afectan el medio ambiente y la salud del hombre.

Las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales.

- **Contaminación puntual:** Este tipo de contaminación es aquella que se produce de tal forma que se conoce el punto exacto en el que el contaminante se introduce al cuerpo receptor a través de tuberías y alcantarillas. Es generada principalmente por emisiones de industrias, plantas de tratamiento de aguas negras, pozos de petróleo, minas, etc. En este punto el agua puede ser medida, tratada o controlada (Mejía, 2005).
- **Las fuentes no puntuales:** Esta contaminación se da cuando los contaminantes son emitidos en determinadas zonas y posteriormente son arrastrados con el agua de lluvia o mediante erosión del suelo, hacia los cuerpos receptores. Es el tipo de contaminación producida en un área abierta, sin ninguna fuente específica; este tipo de contaminación está generalmente asociada con actividades de uso de tierra tales como, la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales (*Ibíd*, 2005).

Entre las fuentes más difíciles de controlar, y que causan mayor impacto, se encuentran las fuentes no puntuales de contaminación, caso de parcelas donde

fluye el agua sobre la superficie de la tierra arrastrando nutrientes, fertilizantes, plaguicidas y otros contaminantes aplicados en las actividades agropecuarias y forestales. (Ibíd,2005).

4.1.1 FUENTES URBANAS

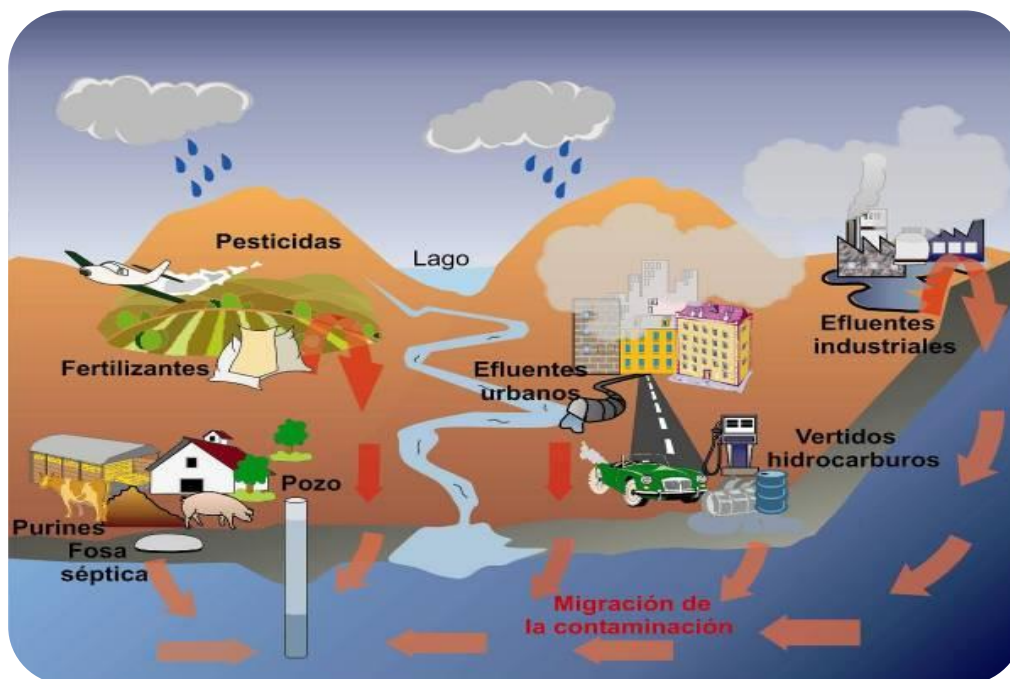


Figura 4.1 Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales.
Fuente:<http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/ModelosSimulacionAmbienta/ModelosAgricolas.asp>

La contaminación de las aguas debida a actividades urbanas, es consecuencia de la inadecuada eliminación y ubicación de los residuos, junto a las aguas residuales urbanas procedentes de usos domésticos (limpieza y cocina) y sanitarios, así como de la limpieza de calles. Las aguas residuales urbanas contienen fundamentalmente contaminantes orgánicos procedentes de vertidos de residuos sólidos, efluentes líquidos domésticos, lavado diario, fugas de colectores y alcantarillas, fosas sépticas, así como papeles, detergentes, aceites, restos de plásticos, etc. también bacterias, virus y otros microorganismos acompañando a algunos de los anteriores (Blancas & Hervás, 2001).

Las actividades domésticas vierten entre 100 y 3000 l/h d. Estas aguas contienen residuos fisiológicos del lavado de ropa, limpieza doméstica, preparación de alimentos el cual contienen una elevada cantidad de microorganismos provenientes de la descomposición de los residuos orgánicos, disolventes, aceites, pinturas, ácidos, de los que se ha de evitar la eliminación por vertido ya que dificultan o impiden una buena depuración (Sf, S/f)



Figura 4.2

Fuente:<http://drenajeyurbanosostenible.org/calidad/contaminantes-en-las->

Las emanaciones gaseosas de los automóviles, no solo afectan a las ciudades, sino que también lo hacen a las zonas limítrofes de autopistas y carreteras. Los metales así originados incluyen al Cd, Cu, Ni, Pb y Zn siendo el Pb el más abundante proveniente de la combustión de la gasolina y el Zn debido al desgaste de los neumáticos. Estos metales contenidos en las partículas de los humos de combustión y las originadas por el desgaste de neumáticos, pueden llegar a alcanzar los sistemas acuáticos de dos maneras: directamente (precipitación de partículas, por la lluvia) e indirectamente por la lixiviación de los terrenos (calles, carreteras y zonas adyacentes donde previamente se produjo la deposición) debido a la escorrentía superficial de las aguas de tormenta y de los riesgos de las ciudades (Rojas, 2011).

La contaminación se difunde de las siguientes formas:

1. Si estas aguas se vierten sin depurar a cauces y arroyos, éstos quedan contaminados, por lo que poblaciones próximas situadas aguas abajo, deberán tenerlo en cuenta a la hora de elegirlos como captaciones de agua.
2. Por averías en las redes de saneamiento, si se producen roturas, retrosifonaje, filtraciones, fugas y cualquier otro tipo de contacto con las aguas de consumo.



3. En los casos de urbanizaciones clandestinas (viviendas de recreo próximas a grandes núcleos urbanos) que utilizan pozos ciegos para eliminar sus aguas residuales. Esta práctica está prohibida por la contaminación que puede provocar en los acuíferos subyacentes (Blancas & Hervás, 2001)

4.1.2 FUENTES INDUSTRIALES

La contaminación del agua por actividades industriales es el más diverso, complejo y en muchos caso difícil de eliminar. El agua es un elemento fundamental en la actividad industrial, ya que resulta esencial para el enfriamiento, lavado, extracción, impregnación, tratamiento químico, operaciones de limpieza de los productos pero fundamentalmente es esencial como materia prima (Nopaltitla, 2005)

Los vertidos de este origen constituyen la principal fuente de contaminación de las aguas; La contaminación de origen industrial es tan variada como el tipo de industrias que las puede originar, aunque son de especial interés, por su magnitud, toxicidad y el riesgo de contaminación. La mayoría de las industrias utilizan el agua en cantidades variables en diferentes procesos de fabricación (Candela, 2002)

Las principales industrias contaminantes son la química, textil, curtación de pieles, papeleras, minera, refinado de petróleo, petroquímica, siderometalúrgicas, ya que estas aportan, predominantemente, metales pesados como Cadmio, Cromo, Plomo, Cobre, Hierro, Mercurio, Aluminio, Arsénico, Selenio, etc.

No se debe olvidar que los compuestos industriales también son generados por tintorerías, talleres mecánicos, hospitales, foto-procesadoras, compañías químicas, empresas de electro-platinado y que en muchos casos han originado afecciones importantes en el agua.

Los vertidos industriales se caracterizan por el contenido de:

- Materia en suspensión
- Materia orgánica disuelta o en suspensión
- pH generalmente ácido
- Elementos tóxicos disueltos
- Temperaturas superiores a la del receptor
- Aceites y grasas.

El agua es uno de los elementos necesarios para el funcionamiento de la industria; sin ella, muchos procesos de la producción en las fábricas no podrían realizarse. (Blancas & Hervás, 2001)

La industria genera objetos que nos facilitan la vida; nos provee de alimentos, ropa, calzado, medicinas; autos y camiones para transportarnos; instrumentos de comunicación, como, celulares, teléfonos fijos, radios; objetos para divertirnos, como televisores, discos, memorias, computadoras. Para producir todo eso, la industria y sus fábricas utilizan agua, que toman de la red de agua entubada municipal de la ciudad en la que están instaladas.

El agua sin tratar que tira la industria ya no puede reutilizarse, y en el recorrido de un río contamina todo lo que encuentra a su paso; las consecuencias de esto es que el suelo deja de ser adecuado para producir alimentos; asimismo, los peces, animales y personas sufren enfermedades y ven disminuidas sus posibilidades de obtener alimentos de la tierra o de los ríos (IMTA, 2015)



Figura 4.3 Contaminación
fuente:<http://www.contaminacion-agua.org/fuentes-contaminacion-agua.html>

4.1.3 FUENTES AGROPECUARIAS

El sector agropecuario es el principal usuario del agua en la mayor parte del mundo, así como el mayor generador de contaminación difusa. La extracción promedio de agua dedicada al riego agrícola es de 75%. La contaminación de las aguas por prácticas agrícolas es debida a la utilización de fertilizantes, plaguicidas, herbicidas y pesticidas en exceso, así como la presencia de otros residuos agrícolas que pueden alcanzar las aguas superficiales y subterráneas (Aguilar A & Pérez R, 2008)



Figura 4.4 Los fertilizantes agrícolas contaminan los recursos de agua al escurrir por las capas de suelo orgánico sin protección. FUENTE: <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/ImageView/00000273.html>

El empleo sistemático de fertilizantes, biocidas, y abonos orgánicos son el principal foco de contaminación difusa de los suelos, así como la eliminación incontrolada de los envases de dichos productos, que generalmente son depositados en vertederos o abandonados en los campos.

Los fertilizantes son ricos en compuestos nitrogenados y fosforados, siendo lavados y arrastrados de la superficie por lluvias y escorrentías, que los conducen a cauces de ríos y de ahí a lagos o embalses favoreciendo su eutrofización (Blancas & Hervás, 2001)



La eutrofización es el enriquecimiento en nutrientes de las aguas que produce un crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, las cuales al morir se depositan en el fondo de los ríos, embalses o lagos, generando residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen gran parte del oxígeno disuelto y de esta manera pueden afectar a la vida acuática y producir la muerte por asfixia de la fauna y flora.

La contaminación de aguas por explotaciones ganaderas es debida a compuestos orgánicos y biológicos procedentes de residuos de instalaciones ganaderas y purines de animales¹. Las aguas utilizadas en las explotaciones ganaderas, sobre todo para operaciones de limpieza, pueden arrastrar el estiércol, los purines producidos, así como restos de plaguicidas de origen ganadero. Normalmente y dadas las altas cargas que esto significa, se intenta retirar como residuo. Si las balsas de excretas de las granjas no están bien construidas o no son impermeables, contaminan el terreno y por consiguiente los acuíferos (*Ibíd*,2001)

4.1.4 FUENTES NATURALES

Esta fuente de contaminación corresponde a las alteraciones en la composición y distribución de las aguas como producto de algunos fenómenos naturales, sin intervención del hombre. La naturaleza también desempeña un papel importante, el agua incorpora minerales y otros componentes de su entorno y para bien o para mal, éstos se vuelven parte del agua que beben las personas.

El agua rica en calcio y magnesio se conoce como 'agua dura', y su característica más conocida es que resta eficacia a los jabones y detergentes. Cantidades insignificantes de diversos componentes, como el fluoruro, el hierro y el cobre, son realmente beneficiosas en pequeñas dosis. Pero en altas concentraciones hasta los elementos necesarios para la salud se vuelven

¹ Purines de animales: Son generalmente residuos resultado de una mezcla de orina, la parte líquida que rezuma de todo tipo de estiércoles de animales y usualmente agua que se forma al reunir los desechos de animales domésticos.



perjudiciales. Por otro lado, elementos que ocurren de manera natural como el cadmio y el plomo son perjudiciales para la salud de los humanos incluso en concentraciones bajas (Ciencias, 2007)

4.2 TIPOS DE RESIDUOS CONTAMINANTES DEL AGUA

Como resultado de las diferentes actividades productivas que desarrolla la sociedad, se generan inevitablemente una serie de desechos sólidos, líquidos o gaseosos que pueden tener efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana. De entre ellos, los residuos sólidos son importantes porque pueden tener efectos tóxicos y que frecuentemente se depositan en lugares donde la población humana puede estar expuesta: calles, orillas de caminos, barrancas, cuerpos de agua, etc. La cantidad y tipo de desechos que se generan dependen del grado de desarrollo industrial y de servicios que tiene el país o región (SEMARNAT, 2001)

Muchos de estos contaminantes son carcinogénicos, es decir, que cuando entran en contacto con el organismo pueden inducir el desarrollo de cáncer o aumentar su predisposición a él. Entre estos contaminantes están los metales pesados, como el cadmio o el selenio, o los compuestos como el benceno y los bifenilos policlorados², estos últimos resultado de la producción de plastificantes para pinturas, fluidos hidráulicos y aparatos electrónicos. La mayor parte de los residuos peligrosos son residuos sólidos generados por la industria textil y peletera, así como líquidos residuales de procesos y aceites gastados (*Ibíd*, 2001)

Algunos otros compuestos, como los radiactivos y algunos plaguicidas como el DDT y el lindano, tienen efectos muta-génicos en el organismo, es decir, modifican la información genética contenida en las células y pueden producir malformaciones en recién nacidos. Los residuos hospitalarios, denominados también como biológico - infecciosos, también representan un serio riesgo para la

²bifenilos policlorados: son una serie de compuestos organoclorados, que constituyen una familia de 209 congéneres, los cuales se forman mediante la cloración de diferentes posiciones



salud. Estos son sólo algunos ejemplos de los efectos que algunos residuos peligrosos pueden producir (*Ibíd*, 2001)

4.2.1 RESIDUOS ORGÁNICOS

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, entre otros. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir, en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno y en estas aguas ya no pueden vivir peces u otros seres vivos que necesitan oxígeno. Un buen índice para medir la contaminación por desechos orgánicos es la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en el agua o la demanda biológica de oxígeno (DBO) (Cárdenas & Cárdenas, 2009)

Entre otros desechos orgánicos figuran los fenoles, que cambian el sabor del agua; los hidrocarburos, que modifican su olor así como su sabor y afectan la salud humana; los detergentes responsables de la espuma y de la concentración de impurezas; los residuos sanitarios, que generan malos olores, así como infecciones en la población (ULA, s/f)

La DBO (demanda biológica de oxígeno) de una muestra de agua expresa la cantidad de miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua, que se utiliza conforme se consumen los desechos orgánicos por la acción de las bacterias en el agua. El agua potable tiene una DBO de 0.75 a 1.5 ppm de oxígeno y se considera que el agua está contaminada si la DBO es mayor de 5 ppm. Las aguas negra municipales contienen entre 100 y 400 ppm pero los desechos industriales y los agrícolas contienen niveles de DBO del orden de miles de ppm. La reducción de los niveles de DBO se hace mediante tratamiento de aguas negras.



4.2.2 RESIDUOS INORGANICOS

Las industrias mineras, metalúrgicas y de explosivos generan exclusivamente desechos inorgánicos. Cuando los desechos inorgánicos, como ácidos, álcalis, cloruros, sulfuros y sales de metales, se vierten en el agua, cambian de manera drástica las condiciones naturales de la cuenca receptora. Los organismos bio-acumulan metales (cobre, zinc, arsénico, cadmio, plomo y cromo), lo cual puede causar su propia muerte o la de sus consumidores. Los parámetros inorgánicos como el cloro, sulfato, dureza total y fosfato, al igual que los parámetros orgánicos como grasas y aceites, proporcionan información adicional que confirma el deterioro de la calidad del agua somera por efecto de la infiltración de agua residual.

Arsénico: es un subproducto de la fundición del cobre y el plomo, así como de la extracción de vetas de oro, plata y cobalto. Si bien es un contaminante que se transporta por aire, puede contaminar los cuerpos de agua y bio-acumularse en los peces. Pero también es un componente de algunos insecticidas y funguicidas agrícolas. Puede estar presente en el agua en forma natural.

Cadmio: es un metal tóxico que se libera como contaminante desde las industrias como la galvanoplastia y los fabricantes de baterías. Se encuentra en las descargas de efluentes de dichas industrias y se deposita con facilidad en los lodos del fondo de los cuerpos receptores.

Plomo: puede estar presente en los alimentos y el agua que consumimos. Los suministros de agua sin tratamiento se pueden contaminar a causa de las descargas de las plantas de tratamiento de líquidos cloacales y las descargas de la actividad agrícola. Otro ingreso de plomo se debe a las instalaciones de agua que anteriormente se realizaban con cañerías de plomo. Aunque la mayor parte del plomo que se ingiere se excreta, parte del mismo se acumula poco a poco en el organismo.



Mercurio: se usan compuestos de mercurio en la producción de componente eléctricos como interruptores y en la producción de cloro e hidróxido de sodio. La exposición al mercurio puede ocurrir a través de la cadena alimentaria, por ejemplo una dieta constante de mariscos contaminados tiene altos riesgos para los consumidores (Orellana, 2005)

4.2.3 DESECHOS MICROBIANOS

La presencia de microorganismos patógenos, como bacterias y protozoos, en el agua destinada a consumo humano, constituye un grave problema de salud pública, ya que estos organismos producen enfermedades como el cólera, disentería y otros trastornos digestivos. Los hongos existen en las aguas contaminadas y en las plantas de tratamiento estos pueden ser responsables de ciertos sabores y olores en el abastecimiento de agua. (ULA, s/f)

Los organismos presentes en los cuerpos de agua son demasiado numerosos en cuanto a su diversidad ya que hay desde vertebrados hasta virus. Normalmente estos microbios llegan al agua por medio de las heces y otros restos orgánicos, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber halla cero colonias de coliformes por 100 ml de agua (Barba, 2002)

Las Coliformes fecales son microorganismos que representan una indicación de la contaminación fecal del agua la presencia de estas bacterias en el suministro de agua es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición (Truque P, S/f)

Los organismos pertenecientes al reino vegetal que tienen mayor importancia desde el punto de vista de la ingeniería sanitaria, son las algas y las bacterias.



Bacterias: las bacterias que se encuentran en el agua son de géneros muy numerosos. Las bacterias Coliformes y los estreptococos se utilizan como indicadores de contaminación. Las bacterias propias del agua son las del género *Pseudomonas*, *Serratia*, *Flavobacterium* y *Achromobacterium*, Estas por lo general dan coloración al agua pigmentación roja, amarillo anaranjado, violeta, etc.

Plancton: Gran número de animales y vegetales microscópicos o casi microscópicos que flotan libremente en el agua reciben el nombre de plancton, el cual tiene gran importancia para juzgar la calidad del agua, o lo que es lo mismo su grado de contaminación.

4.2.4 DESECHOS RADIATIVOS

Los residuos radiactivos son materiales en forma gaseosa, líquida o sólida, que contienen elementos químicos radiactivos (también llamados isótopos radiactivos) en concentraciones superiores a las establecidas por los organismos reguladores. Estos residuos pueden suponer un riesgo para el ser humano y el medio ambiente debido a las radiaciones ionizantes que emiten los radionucleidos en ellos contenidos, por lo que deben ser controlados y gestionados de manera segura. Sin embargo, a diferencia de otros residuos tóxicos que se generan en otras actividades industriales, la toxicidad de los residuos radiactivos decrece con el tiempo, a medida que se desintegran los isótopos presentes en ellos y se transforman en elementos químicos estables.

Hay dos grandes grupos de residuos radiactivos:

Residuos de alta actividad.- Son los que emiten altas dosis de radiación. Están formados, fundamentalmente, por los restos que quedan de las varillas del uranio que se usa como combustible en las centrales nucleares y otras sustancias que están en el reactor y por residuos de la fabricación de armas atómicas. También algunas sustancias que quedan en el proceso minero de purificación del uranio son incluidas en este grupo.



Residuos de media o baja actividad.- Emiten cantidades pequeñas de radiación. Están formados por herramientas, ropas, piezas de repuesto, lodos de las centrales nucleares, Universidades, hospitales, organismos de investigación, industrias, etc.

A pesar del cuidadoso control de las sustancias radioactivas y de lo esporádico del vertido accidental de las mismas. El riesgo de contaminación por estas sustancias no es despreciable aunque no sea grande y pueden llegar a los acuíferos por almacenamiento inadecuado o por escapes accidentales en la manipulación de residuos radiactivos.

4.3 PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE SANTA CRUZ MEYEHUALCO

En Santa Cruz Meyehualco se tienen numerosas fuentes potenciales de contaminación dada la acelerada urbanización y comercialización en la zona. Entre las actividades principales que se realizan en esta colonia es la industria manufacturera y el comercio. En Santa Cruz Meyehualco se encuentra uno de los tianguis que es considerado como uno de los cinco más grandes del Distrito Federal, ubicado en la Unidad Habitacional Santa Cruz Meyehualco, este tianguis origina muchos residuos al final del día provocando que los desechos originen sustancias tóxicas que alteran negativamente la composición del agua subterránea (acuíferos).

La materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos (RSU) se degrada formando un líquido contaminante, de color negro y de olor muy penetrante, denominado lixiviado. Además, este líquido arrastra todo tipo de sustancias nocivas: Se han encontrado hasta 200 compuestos diferentes, algunos de ellas tóxicos y hasta cancerígenos. La humedad de los residuos y la lluvia son los dos factores principales que aceleran la generación de lixiviados.

La colonia de Santa Cruz Meyehualco recibe agua de muy mala calidad debido a la ineficiencia del sistema de potabilización, por lo que es un foco de infección para los habitantes.

En una conferencia del 2011 José Luis Luege Tamargo, director de la Comisión Nacional del Agua, informó que la zona oriente de la Ciudad de México, “El agua que entrega Cutzamala, es de primera calidad, uno la puede tomar directamente de la tubería, pero hay zonas donde lamentablemente hay problemas de calidad como es Iztapalapa, debido a las condiciones de los pozos de donde se extrae. “El agua de Iztapalapa requiere sistemas mucho más eficientes de potabilización, y hay algunos pozos en donde el problema es básicamente el color amarillento por su alto contenido de hierro. El hierro no hace daño, pero nadie se quiere tomar agua amarillenta”.

Las aguas subterráneas no son tan susceptibles a la contaminación como las de superficie, aunque, una vez contaminadas, su restauración aun si es posible es difícil y de largo plazo. Casi todos los organismos patógenos y muchas sustancias indeseables se eliminan por la acción filtrante de las partículas del suelo. El agua de los pozos, aunque en cantidad limitada es por general uniforme y carece de turbidez, aunque puede requerir ablandamiento. Las aguas subterráneas normalmente se pueden utilizar con poco o ningún tratamiento.

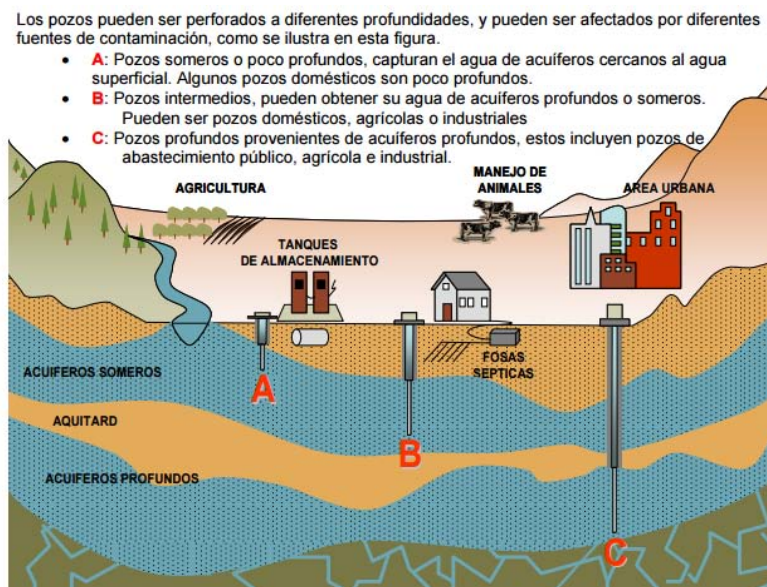


Figura 4.5 Excavación de pozos. Fuente: SACMEX



CAPITULO 5

EFFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AGUA

5.1 EFFECTOS EN LA SALUD HUMANA

El agua es fuente de vida pero también puede ser fuente de enfermedades. Virus, bacterias y parásitos son causantes de muchas enfermedades que pueden transmitirse a través de las aguas contaminadas, así mismo, pueden estar presentes en el agua una serie de sustancias químicas dañinas para la salud. Los ríos, mares y pozos naturales pueden contaminarse con los desechos de nuestras comunidades. Recordemos que un solo gramo de nuestras deposiciones puede contener millones de bacterias patógenas, virus y parásitos. Si el agua se contamina con material fecal y es consumida sin el tratamiento correcto puede producir diarrea y enfermar seriamente (Avellaneda R, Peñataro P, & Martín M, 2011)

Entre los principales casos de transmisión de enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo humano se tiene el que se presentó en abril de 1993, en la ciudad de Milwaukee, Wisconsin EEUU, en donde un brote de *Cryptosporidium* transmitido por el agua afectó aproximadamente a 403.000 personas, manifestándose con diarreas, náuseas y calambres estomacales. De igual manera, entre el 15 de diciembre de 1989 al 20 de enero de 1990, la comunidad agrícola de Cabaol en Missouri se vio afectada por el *E. coli* hemorrágico del serotipo 0157:H7 ocasionando cuatro defunciones, 32 hospitalizaciones y 243 casos de diarreas (Vargas *et al.*, 2002)

En México, de los padecimientos relacionados con el agua, las enfermedades infecciosas intestinales son las de mayor incidencia y las que causan más fallecimientos en menores de edad. Sin embargo esos decesos son prevenibles y evitables, prácticamente en su totalidad. Las enfermedades infecciosas son la 20^a



causa de muerte en México, la 4ª causa de muerte en niños menores de 5 años y la 1ª causa de muerte en niños menores de 1 año (CONAGUA, 2008)

Algunas enfermedades comunes que son transmitidas a los seres humanos por medio de agua contaminada son: amebiasis intestinal, cólera, fiebre tifoidea, giardiasis, infección intestinal, infección alimentaria bacteriana entre otras enfermedades intestinales debido a protozoarios. Las enfermedades transmitidas y los síntomas dependen del tipo de microorganismo presente en el agua y de su concentración. Esto se debe en algunas ocasiones a que el agua está mal desinfectada o a las carecían del sistema de desinfección. Cabe destacar que el monitoreo de la calidad del agua potable, pone al alcance de las autoridades sanitarias información sistemática y rápida sobre la causa de cualquier brote o epidemia, permitiendo saber qué medidas tomar en cada caso (Osnaya, 2013)

5.2 ENFERMEDADES BACTERIOLÓGICAS

Las infecciones bacterianas de origen hídrico se producen cuando se ingiere agua contaminada. El agua, es portadora de microorganismos patógenos que puede poner en peligro la salud y la vida. Los gérmenes patógenos que se propagan con más frecuencia por este conducto son los que causan infecciones intestinales, fiebre, tifoidea, disentería, cólera, etc. Los síntomas generalmente aparecen al cabo de unas cuantas horas o incluso días después de la ingestión del agua, tiempo necesario para que se desarrolle la multiplicación del microorganismo y su acción patógena. Algunos de los gérmenes más comunes transmitidos por el agua contaminada son:

MICROORGANISMO	CONSECUENCIAS	PREVENCIÓN
VIRUS		
Enterovirus	Diarrea. Desnutrición. Problemas respiratorios. Problemas de la vista	Cloración o hervido del agua.
Virus de la hepatitis A y E	Inflamación del hígado.	Vacunación para la Hepatitis A y cloración o hervido del agua.



MICROORGANISMO	CONSECUENCIAS	PREVENCIÓN
Rotavirus	Deshidratación. Desnutrición. Retardo en el crecimiento.	Vacunación y cloración o hervido del agua.
BACTERIAS		
<i>Escherichia coli</i>	Deshidratación. Desnutrición.	Cloración o hervido del agua.
Shigella	Artritis.	Cloración o hervido del agua.
Salmonella	Deshidratación. Anemia. Desnutrición, retardo en el crecimiento	Cloración o hervido del agua.
<i>Salmonella thyphi</i> / Fiebre tifoidea	Daños al corazón, Riñón e hígado Postración. Muerte	Vacunación y Cloración o hervido del agua.
Cólera	Deshidratación severa. Muerte.	Cloración o hervido del agua.
PARÁSITOS (GUSANOS)		
<i>Cryptosporidium</i>	Deshidratación.	Cloración o hervido del agua.
Entamoeba histolytica	Deshidratación. Desnutrición. Anemia.	Cloración o hervido del agua.
<i>Balantidioum coli</i>	Deshidratación. Desnutrición. Anemia. Retraso en el crecimiento.	Cloración o hervido del agua.
<i>Giardia lamblia</i>	Desnutrición. Anemia. Retraso en el crecimiento.	Cloración o hervido del agua.

Cuadro 5.1 Gérmenes más comunes transmitidos por el agua contaminada. Fuente:(Avellaneda R et al., 2011)

La presencia de estos microorganismos en el agua puede ocasionar enfermedades que ponen en peligro la calidad de vida de las personas.

5.2.1 DIARREA

La diarrea es causada por muchos tipos de microorganismos (virus, bacterias o parásitos). El 1.8 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades diarreicas el 90% de esas personas son niños menores de cinco años. El 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre y de un saneamiento e higiene deficiente, esta enfermedad hace que las personas pierdan líquido y electrolitos, lo cual puede provocar deshidratación y, en algunos casos, causar la muerte.

5.2.2 CÓLERA

El Cólera es una enfermedad aguda, diarreica, causada por la infección en el intestino con la bacteria *Vibrio-cholerae*. Una persona puede tener cólera debido a beber agua potable o consumir productos infectados con la bacteria del cólera. La enfermedad se puede transmitir rápidamente a áreas con tratamiento inadecuado de potabilización, El tiempo de incubación del *Vibrio Cholerae* oscila entre 1 y 5 días.



Figura 5.1 Contaminación del agua. Fuente: <http://www.calidadsanitaria.com/servicios/programa-de-higiene/analisis-de-agua>

5.2.3 FIEBRE TIFOIDEA

La fiebre tifoidea es una infección bacteriana causada por la *Salmonella typhi*, que forma parte de una gran familia de salmonellas y es 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. La fiebre tifoidea y paratifoidea son comunes en países poco industrializados, principalmente debido a los problemas con el agua potable en cuanto a su calidad, disposición inadecuada de las aguas residuales e inundaciones.



5.2.4 FLUOROSIS ESQUELÉTICA

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.

5.3 PRESENCIA DE METALES PESADOS EN EL AGUA

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo. Las fuentes de metales pesados son variadas, el incremento de concentración en las aguas de estos compuestos se debe principalmente a la contaminación puntual de origen industrial. Algunos metales como el sodio, calcio, potasio o magnesio son vitales para las funciones del cuerpo humano, mientras que otros elementos y metales pesados como el Arsénico, Cadmio y el Plomo son muy tóxicos incluso en bajas concentraciones. La presencia de estos metales en aguas potables, aguas servidas, efluentes industriales y aguas receptoras puede afectar adversamente a sus consumidores, a los sistemas de tratamiento y a los sistemas biológicos de los cuerpos de agua.

Lo que hace tóxicos a los metales pesados no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse. El más importante por su abundancia es el plomo que está presente en las cañerías de plomo, que actualmente ya no se usan y han sido reemplazadas por las plástico, sin embargo, muchas de las instalaciones de la ciudad tienen todavía cañerías de plomo, entonces el agua al pasar por la cañería de plomo va desprendiendo partículas y poco a poco va contaminando.

Los metales se depositan en la sangre y especialmente en los tejidos grasos además de que tienen características bio-acumulativos (no pueden ser eliminados



por el cuerpo), afectando principalmente a las mujeres embarazadas, Los bebés, Los niños pequeños y ancianos.

5.4 METALES PESADOS EN EL AGUA POTABLE Y SUS POSIBLES CONSECUENCIAS EN LA SALUD

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para los seres humanos. El término “metales pesados” se aplica a cualquier que tenga una densidad relativamente alta y que sea tóxico o venenoso, aun en bajas concentraciones. Los principales metales pesados son el plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), mercurio (Hg), arsénico (As), plata (Ag), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe) y el grupo de elementos del platino (Duruibe, Ogwuegbu, & Egwurugwu, 2007)

Por otra parte es bien conocido que muchos componentes inorgánicos son beneficiosos para la salud del ser humano, pero una concentración elevada de éstos, casi siempre es perjudicial, sobre todo cuando sobrepasa determinados niveles.

5.4.1 ARSÉNICO EN EL AGUA

El arsénico es un elemento extremadamente tóxico que pueden causar daños al sistema neurológico y cardiovascular los cuales están ligado a diversos tipos de cáncer. El arsénico afecta prácticamente todos los aparatos y sistemas del cuerpo, puesto que interfiere con reacciones enzimáticas de amplia distribución. Los efectos más claros de la exposición al arsénico se observan en la piel El estándar establecido por la OMS para el arsénico en el agua es de 0.01 mg/l.

La ingestión de pequeñas cantidades de arsénico puede causar efectos crónicos por su acumulación en el organismo como: queratosis (lesiones duras en la piel) que puede derivar casos de cáncer de piel, de esófago, de pulmón, de vejiga y de riñón, Irritación de estómago e intestino, así como problemas cardiacos. La intoxicación crónica por arsénico puede manifestarse por la aparición de llagas y



pérdida del cabello. Las fuentes principales de la contaminación arsenical son las fundidoras, el agua de ciertas regiones, algunos plaguicidas, así como en el agua que provenientes de pozos profundos. La exposición a altos niveles de arsénico inorgánico puede deberse a diversas causas, como el consumo de agua contaminada o su uso para la preparación de comidas, para el riego de cultivos alimentarios y para procesos industriales.

Los elevados niveles de arsénico a menudo pasan inadvertidos hasta que comienzan a aparecer síntomas y problemas de salud relacionados. Los usos industriales han elevado los niveles de arsénico en las aguas de algunas regiones del mundo. Los niveles de arsénico se pueden manejar por medio del tratamiento del agua en el sistema de abastecimiento o a nivel doméstico.

5.4.2 EFECTOS DEL CADMIO EN LA SALUD HUMANA

El cadmio puede causar lesiones renales importantes. Es un metal pesado que lo transporta la sangre y se acumula en los riñones. El cadmio es dañino en dosis muy pequeñas. El envenenamiento por cadmio produce osteoporosis, enfisema pulmonar, cáncer de pulmón, cáncer de próstata, hipertensión, diversas cardiopatías y retraso en la habilidad verbal de los niños. El cadmio afecta al sistema nervioso central (SNC), el sistema inmunitario y la integridad del ADN de las células. Una alta concentración de cadmio provoca síntomas como diarreas, vómitos, dolores de estómago y debilidad en los huesos.

La contaminación de las aguas superficiales con este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados de la erosión de depósitos naturales de los efluentes de refinerías de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pinturas. Muchos pigmentos usados para la coloración de plásticos o la formulación de pinturas que contienen concentraciones elevadas de cadmio. La EPA recomienda como margen de seguridad un límite máximo permisible de 0,005 mg/L para aguas de consumo humano. Los valores guía dados por la OMS son 0,003 mg/L y 0,005 mg/L, respectivamente. Sin embargo, dado el



poder bio-acumulativo del cadmio, se recomienda que la concentración en el agua tratada sea la menor posible (Barrenechea, 2004)

5.4.3 CONSECUENCIAS DEL FIERRO Y MANGANESO EN EL AGUA

El Hierro y el Manganeso casi siempre se encuentran presentes en forma conjunta, por lo que si en el agua se tienen niveles relativamente altos de fierro, seguramente el manganeso estará presente en concentraciones problemáticas para el uso del agua. Ni el fierro ni el manganeso representan un problema de toxicidad, pero la calidad del agua no es la deseada cuando se tienen altos valores de estos elementos. Cuando estos metales precipitan el agua dónde originalmente se encuentran disueltos, forman depósitos de color amarillo o café oscuro, o una lama negra sumamente desagradable. Esta precipitación ocurre cuando el agua tiene contacto con el aire y se oxidan los metales ocurriendo la precipitación. La precipitación de los metales puede ocurrir en la cerámica del baño, en lavamanos y en general en toda la tubería y accesorios domésticos. Por lo que aguas de estas características son indeseables en hospitales, hoteles, lavanderías y hogares en general. Por lo que es conveniente darle un tratamiento previo. También el consumo de agua con fierro y manganeso por arriba de la norma de calidad establecida, causa problemas de sabor en el consumidor no acostumbrado, por lo que si esta agua se emplea en la formulación de bebidas, refrescos y alimentos en general los resultados pueden ser muy desagradables (Rocha, 2010)

5.4.4 FLÚOR

La presencia de flúor en el agua es un problema que se presenta con mucha frecuencia en yacimientos subterráneos sobreexplotados o cuando las condiciones de mineralización del yacimiento donde se encuentra el acuífero favorecen la presencia de flúor en el agua, por lixiviación de minerales, es difícil de atribuir la alta concentración de flúor en el agua como una consecuencia de la actividad del hombre. Está demostrado que el consumo de flúor en pequeñas dosis es benéfico para la dentadura ya que fortalece y endurece esta, al formar en los dientes una



capa protectora de fluoruro de calcio, más resistente a la caries dental que el fosfato de calcio que es el esmalte natural. En dosis moderadas el flúor tiene este efecto benéfico, pero en dosis altas el fluoruro de calcio se fija no solo en los dientes sino también en los huesos formando fluoruro. Estos depósitos causan endurecimiento de órganos y el organismo sufre deformaciones y adquiere la enfermedad llamada osteoporosis o endurecimiento y deformación del sistema óseo. El límite máximo permitido en agua potable es de 2.5 mg/L. (*Ibíd*, 2010)

5.5 EFECTOS DE CONTAMINACION DEL AGUA EN LA COLONIA SANTA CRUZ MEYEHUALCO

Los principales agentes biológicos que se transmiten al beber agua contaminada o comer alimentos tratados con ella son las bacterias patógenas, los virus, los parásitos, y otros procedentes generalmente de las heces o excrementos humanos; las enfermedades más comunes que pueden producirse son: el cólera, la fiebre tifoidea, las disentería, las diarreas, la hepatitis. Entre los efectos por la contaminación del agua que sean presentado en la población de Santa Cruz Meyehualco son las manchas en la piel en especial en las manos. El control de muchas enfermedades originadas de la contaminación de aguas es todavía un dilema. La mineralización del agua y la contaminación afectan su composición química. Existen químicos que pueden estar presentes en el agua y que son definitivamente tóxicos, El agua con contenidos excesivos de estas sustancias puede hacer cambiar sus propiedades como sabor, capacidad para hacer espuma y capacidad para decolorar utensilios. (Mejía, 2005)



CAPITULO 6

6.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El agua es un elemento imprescindible en la vida de los seres humanos, sin embargo en la colonia de Santa Cruz Meyehualco no se tiene acceso a una buena calidad de agua potable, lo que hace a la población vulnerable a numerosas enfermedades gastrointestinales transmitidas por el consumo de agua contaminada (*Ibíd*, 2005)

Las soluciones para la contaminación del agua es cada vez urgente en nuestro país, algunas de estas soluciones son los diferentes métodos que se actualmente se utilizan para desinfección del agua así como algunos otros métodos caseros que la misma gente utiliza para la desinfección del agua en sus hogares.

6.2 DESINFECCIÓN 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, y cuya intensidad y gravedad varía dependiendo de muchos factores entre ellos: edad y condición física de la persona infectada, así como del tipo de microorganismo causante de la enfermedad y de la intensidad o concentración en el agua del agente infeccioso. La desinfección es tal vez el tratamiento más importante y de mayor trascendencia en la potabilización del agua (Rocha, 2010)

La desinfección de agua representa uno de los grandes desafíos del siglo XXI, esto no consiste solamente en la desinfección de agua potable, sino también en la desinfección de aguas para diferentes usos. A menudo la solución ideal es una combinación de varias tecnologías para satisfacer con la máxima eficacia y rentabilidad los requisitos de desinfección de aguas.



6.3 MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA

El propósito de estos métodos utilizados para la desinsectación del agua es acondicionarla y modificarla para eliminar características indeseables, impurezas y agentes patógenos a fin de proporcionar agua segura, agradable y aceptable a los consumidores; el requerimiento más importante es que esté libre de patógenos. La desinfección se encarga de la destrucción o al menos la desactivación completa de los microorganismos dañinos presentes en el agua.

Para la desinfección de las distintas aguas existen varios procedimientos y tecnologías, cada uno de ellos con ventajas e inconvenientes específicos. El tipo de tratamiento que necesita el agua, depende en gran medida de la composición y calidad que tenga. El tratamiento del agua se basa fundamentalmente en estos dos procesos: eliminación física de partículas sólidas, principalmente minerales y materia orgánica y en la desinfección química para matar los microorganismos existentes en el agua. A continuación se describieran algunos métodos que se emplean para la desinfección del agua.

6.3.1 CLORACIÓN

La cloración tiene alta capacidad de destruir patógenos con rapidez y amplia disponibilidad, su costo es moderado. Al mezclar el cloro con agua, el cloro empieza a reaccionar con ésta, y la contaminación que contiene. El cloro es muy efectivo contra bacterias y virus responsables de muchas enfermedades diarreicas; también es muy efectivo contra los parásitos, matando hasta los adultos. Sin embargo, los quistes de algunos parásitos como amebas y los huevos de lombrices son muy resistentes al cloro y no es 100% efectivo. Por esta razón, es importante siempre hervir el agua antes de consumirla, especialmente por parte de los niños. El proceso de desinfección con cloro requiere 30 minutos aproximadamente. La cloración es el método de desinfección más utilizado y se aplica en áreas muy variadas para la desinfección del agua (Mejía, 2005)

La cantidad necesaria se determina según el suministro de cloro de las aguas y los requisitos de desinfección. También es necesario un mínimo tiempo de 30 min para una desinfección segura del agua. La eficacia de la cloración es altamente dependiente del valor de pH del agua. Especialmente en aguas con contaminación orgánica, con la desinfección del agua mediante cloración puede producirse un menoscabo del olor y el sabor y pueden formarse productos de reacción no deseados, como hidrocarburos clorados.

6.3.2 COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

Este método cambia el comportamiento de las partículas en suspensión, de manera que se atraigan hasta el material agregado. El proceso de floculación consiste en la agitación lenta y suave, en el cual las partículas entran en contacto recíproco, y se unen unas a otras para formar partículas de mayor tamaño que pueden separarse por sedimentación o filtración.

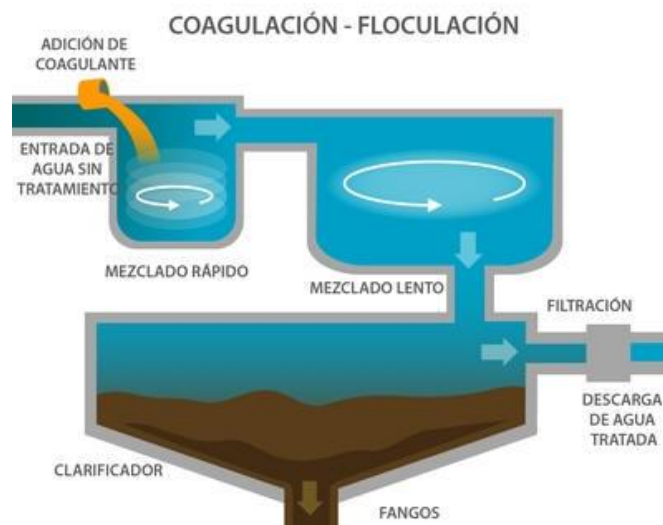


Figura 6.1 Coagulación y floculación. Fuente: <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Coagulation-Flocculation.html>

La **coagulación** es el proceso por el cual se desestabilizan las partículas suspendidas en el agua, de modo que se reduzcan las fuerzas de separación entre ellas y así sea más fácil eliminarlas por medio de la adición de coagulantes químicos.

La **Floculación** por su parte, es un proceso químico, el cual funciona adicionando sustancias llamadas “floculantes”, que hace que se aglutinen las sustancias coloidales presentes en el agua, para facilitar de esta forma su decantación y posterior filtrado.

Los coagulantes más usados son:

- Sulfato de Aluminio
- Cloruro Férrico
- Sulfato Férrico

6.3.3 OZONIZACIÓN

El ozono es el desinfectante y oxidante más fuerte que se puede utilizar en el tratamiento de agua. Su mayor ventaja es que no genera ningún producto derivado no deseado y se descompone en oxígeno. Su desventaja es el breve periodo de semidesintegración y su mala solubilidad en el agua. El ozono está disfrutando de una popularidad creciente en la desinfección de agua de mesa y la desinfección de aguas de producción y lavado en las industrias de bebidas, alimentaria y cosmética. Otras de sus aplicaciones clásicas están en el tratamiento del agua potable, aguas de piscinas, zoológicos y también en circuitos de refrigeración.

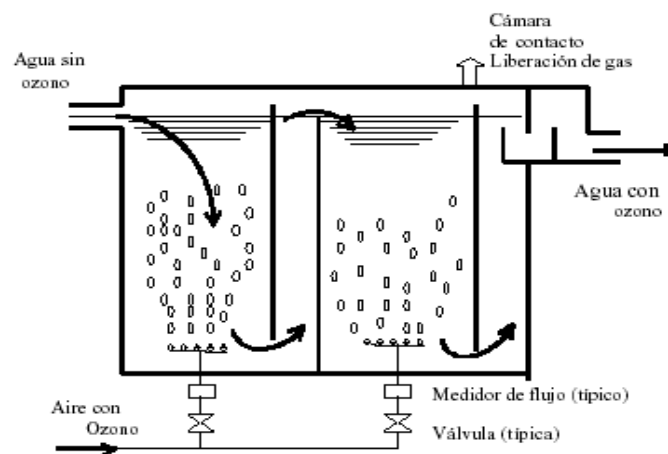


Figura 6.2 ozonizacion.fuente: www.elaguapotable.com



6.3.4 DIÓXIDO DE CLORO

El dióxido de cloro es un agente para la desinfección del agua, el cual está sustituyendo el cloro en cada vez más aplicaciones. Su efecto es más fuerte y sobre todo independiente del valor de pH del agua. Debido a sus características químicas, no genera ningún producto derivado del cloro. El mayor periodo de semidesintegración genera una mejor formación de depósitos en agua tratada. Llama la atención que el dióxido de cloro, en contraposición con el cloro, construye biopelículas en tuberías y depósitos, por lo tanto, hace imposible la infección por legionela. El dióxido de cloro ha demostrado tener algunas ventajas como agente para la desinfección del agua en un gran espectro de aplicaciones, entre otras en el tratamiento del agua potable, la lucha contra la legionela, el tratamiento de agua de producto y agua de uso industrial en la industria alimentaria y de bebidas, el tratamiento del agua de refrigeración y el tratamiento de aguas residuales.

6.3.5 DESINFECCIÓN ULTRAVIOLETA

En la desinfección por rayos ultravioleta, se aplican rayos ultravioleta de onda corta al agua para desinfectar. De esta forma, se logra una destrucción de gérmenes segura sin cambiar la naturaleza del agua. La desinfección por rayos UV se utiliza, entre otros, para el tratamiento del agua potable y aguas residuales, así como el tratamiento de aguas de producción y de producto en la industria.

6.3.6 EBULLICIÓN DEL AGUA

Es un método efectivo para desinfectar pequeñas cantidades de agua, aun así presenta contenido de materia orgánica. Al hervir el agua se logra la destrucción de los agentes patógenos presentes en ella. Para ello se debe garantizar la ebullición vigorosa de todo el líquido durante, al menos, uno o tres minutos. Es una buena práctica almacenar el agua en el mismo recipiente en el que se hirvió.



6.4 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL AGUA

La adopción de medidas correctivas es de suma importancia para recuperar la adecuada calidad del agua abastecida por el sistema, ya que algunos casos pueden ocurrir serias epidemias si no son implementadas de manera inmediata. La calidad del agua se ve amenazada por deficiencias en los sistemas de abastecimiento de agua que pueden ser de diseño, construcción, operación, mantenimiento o de carácter social (OPS, 2007).

Las alternativas que se vienen utilizando con éxito para la purificación del agua a pequeña escala y que se pueden aplicar en el hogar son las siguientes: - Hervir el agua, agregar cloro o agregar yodo al agua. Para lograr el mejoramiento de la calidad del agua suministrada, en el Cuadros 6.1 se presentan algunas medidas de acción inmediata que podrían adoptarse en los sistemas de abastecimiento de agua.

<i>Fuente y forma de suministro</i>	<i>Evidencia de información disponible</i>	<i>Medidas de acción inmediata</i>	<i>Acciones preventivas para evitar la recurrencia</i>
Sistemas de abastecimiento de agua con tratamiento	Inspecciones sanitarias señalan deficiencias o problemas en la fuente, planta de tratamiento y/o sistema de distribución	Confirmar calidad bacteriológica y si fuera necesario recomendar el hervido o uso de desinfectante y/o filtros en las viviendas	La frecuente y cada vez mejorada supervisión de la fuente y del sistema de distribución es Necesaria. La cuidadosa operación y mantenimiento de tales sistemas son esenciales, especialmente para sistemas Intermitentes. - Asegurar que se lleven a cabo las inspecciones sanitarias de rutina - Enviar información a las agencias de suministro de agua
	Calidad bacteriológica del agua es insatisfactoria luego del tratamiento o en el sistema de distribución	Asegurar una adecuada cloración general del sistema o recomendar el hervido o la desinfección en las viviendas - Conducir una exhaustiva inspección sanitaria y remediar las deficiencias a medida que se las detecte	
	Epidemia de infección entérica localizada	Tomar muestras para determinar la calidad Bacteriológica. Sin esperar el resultado, clorar el sistema o recomendar el hervido o desinfección en las viviendas - Conducir una exhaustiva inspección sanitaria y remediar deficiencias a medida que se las detecte	



Fuente y forma de suministro	Evidencia de información disponible	Medidas de acción inmediata	Acciones preventivas para evitar la recurrencia
Pozos excavados abiertos	Contaminación usualmente esperada que ocurra	Limpiar el pozo si fuera necesario y efectuar una cloración intensa seguida por una cloración continuada - Recomendación de hervido del agua de bebida; uso de desinfectantes y/o filtros en las viviendas	Proteger el pozo con una cubierta y colocar una bomba de mano o algún dispositivo que permita disponer del Agua. - Promover la participación y educación sanitaria
Pozos con bomba manual o bombas motorizadas	Inspecciones sanitarias señalan deficiencias o problemas	Confirmar la calidad bacteriológica y si fuera necesario recomendar el hervido del agua de bebida; uso de desinfectantes y/o filtros en las viviendas	Eliminar las fuentes de contaminación y/o reparar el pozo si fuera necesario para remediar las deficiencias encontradas por la inspección sanitaria
Captación de aguas de lluvia	Epidemia de infección entérica localizada	Clorar en reservorio colector o recomendar el hervido o la desinfección en las viviendas	Asegurar que las superficies colectoras estén en buenas condiciones sanitarias y que el by-pass para la porción de agua inicialmente recogida funcione - Promover educación Sanitaria.

Cuadro 6.1 Medidas preventivas para el mejoramiento del agua. Fuente: Guía para mejorar la calidad del agua ámbito rural y pequeñas ciudades. 2007

La educación al usuario es el segundo aspecto importante que debe considerarse para lograr el almacenamiento y uso sanitario del agua de manera que se asegure su buena calidad (*Ibid*, 2007).



CAPITULO 7

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

El agua es un recurso vital e insustituible para las actividades humanas, el abasto de agua potable en la actualidad es insuficiente. Uno de los principales problemas es el crecimiento acelerado de la población urbana sin control que no ha permitido una planeación urbana apropiada.

Con base a los objetivos planteados en este trabajo se logró describir la calidad del agua que actualmente se distribuye en las viviendas de la colonia de Santa Cruz Meyehualco de la delegación Iztapalapa. Los habitantes de esta colonia declaran que reciben agua de muy mala calidad, que presenta características gris y/o café con un mal sabor, sucia, turbia, huele y sabe a fierro en algunas ocasiones con presencia de bacterias el cual no puede ser ocupada para uso doméstico ni aseo personal.

Por otro lado entre las principales fuentes de contaminación del agua se identificaron al tianguis de Santa Cruz Meyehualco como uno de los factores principales de contaminación; ya que es considerado como uno de los cinco más grandes del Distrito Federal, este tianguis origina muchos residuos al final del día, provocando que los desechos originen sustancias tóxicas que alteran negativamente la composición del agua subterránea. Cabe hacer notar que otras fuentes de contaminación son las cisternas y tinacos que prácticamente nunca son saneados por los usuarios.

Otros aspectos a conocer fueron las causas y efectos que el agua contaminada origina en la salud de los pobladores. En la colonia de estudio se encontraron enfermedades comunes como el cólera, la disentería, las diarreas, la hepatitis así como cáncer y manchas en la piel en especial en las manos.

De acuerdo con la hipótesis plantada en la investigación de la contaminación del agua en Santa Cruz Meyehualco se llegó a la conclusión de que efectivamente los tiraderos a cielo abierto y la deficiencia en el servicio de drenaje provoca que en



épocas de lluvias se produzcan lixiviados de sustancias tóxicas y microorganismos patógenos, lo cual contamina el acuífero que alimenta a los pozos que abastecen a la población, contribuyen en cierta medida a la contaminación del agua subterránea en la colonia.

Algunas medidas y recomendaciones para el mejoramiento de la calidad del agua son: la reparación y mantenimiento de las redes de distribución del agua potable, proteger los acuíferos de la contaminación, mantener limpios y tapados los recipientes donde se guarda el agua.

Otro aspecto importante a trabajar es dentro del marco educativo y tecnológico del país para enfrentar los grandes problemas ambientales; ya que la educación ambiental es el principio para fomentar una cultura del agua en personas de todas las edades, si existiera una cultura del agua, las personas se preocuparían más por reparar las pequeñas fugas en los hogares, así como ahorrar agua en todas las formas posibles. La tecnológica es una herramienta para darle solución a los actuales problemas de contaminación de agua ya que no se cuenta con los equipos necesarios para la extracción del agua a grandes profundidades.

Algunas medidas y recomendaciones para el mejoramiento de la calidad del agua son:

- 1) la reparación y mantenimiento de las redes de distribución del agua potable
- 2) Proteger las fuentes para evitar su contaminación. Por ejemplo: construyendo los pozos a 15 metros de distancia por lo menos, de letrinas, charcos o basurales; cubriendo los pozos con losas de concreto, y si es posible, instalarles una bomba manual.
- 3) Los tanques de almacenamiento deben estar limpios y protegidos de manera que eviten la entrada de agentes contaminantes
- 4) Mantener en buen estado llaves y tuberías
- 5) Mejorar los recipientes que están en mal estado. Evitando usar depósitos de colores, ya que contienen pinturas tóxicas.



El agua promueve la vida de muchas maneras. Sin ella no podríamos cultivar, criar animales, lavar los alimentos y mantener una buena higiene. El agua ha sido clave en la evolución de la civilización, de nada serviría tener una gran cantidad de agua sino tenemos calidad de ella.

**BIBLIOGRAFÍA**

- AgroDer. (2012). Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica. *Rev.AgroDer*, 1-46.
- Aguilar A, & Pérez R. (2008). La contaminación agrícola del agua en México: retos y perspectivas Problemas del Desarrollo. *Rev.Latinoamericana de Economía*, 39, 205-215.
- Aguilar, A., & Durán, N. (2010). *Conceptos de calidad del agua un enfoque multidisciplinario*. In A. E. A (Ed.), *Calidad del agua un enfoque multidisciplinario* (pp. 11-22). México: UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas.
- Amaury, F. (2009). Agua, ciudad y derecho. *Rev. Alegatos* 229-246.
- Arcos, R., Cantellano, E., Alejo, M., García, R., & Solís, R. (2013). Remoción de la materia orgánica mediante la utilización de humedales artificiales en la comunidad de Sta. María Nativitas Texcoco edo. de México.
- Avellaneda R, Peñataro P, & Martín M. (2011). *El agua es vida*. Perú: Iquitos.
- Barba, L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. SANTIAGO DE CALI: Universidad del valle escuela de ingeniería de recursos naturales y del ambiente área académica ingeniería sanitaria y ambiental.
- Barrenechea, A. (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*
- Becerra, M., Sáinz, J., & Nuñez, C. (2006). Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y Análisis. *Rev. Gestion y Política Pública*, XV, 111-143.
- Blancas, C., & Hervás, M. (2001). *Contaminación de las aguas por nitratos y efectos sobre la salud* (Vol. 1). Sevilla: Egondi Artes Gráficas.
- Candela, L. (2002). *Contaminación de las aguas subterráneas: Tipo doméstico e industrial*. Madrid: Dep. de Ingeniería del Terreno y Geociencias-UPC.
- Cárdenas, G., & Cárdenas, J. (2009). *Agricultura, urbanización y agua*. Montevideo, Uruguay: IICA.
- CICEANA. (S/f). *Contaminación del agua*. Disponible en web: <http://ciceana.org.mx/contenido.php?cont=158>



- Ciencias, A. N. d. (2007). Contaminación Natural. Disponible en web: <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Natural-Contamination.html>
- CONAGUA. (2008). *Interrelaciones agua y salud pública en México* (Vol. 64). México: OMM-PREMIA.
- CONAGUA. (2010). Usos del agua. *Estadísticas de agua en México*, 1-18.
- DGDC. (2011). Guion Conciencia Ciudadana. *Conciencia en nuestra ciudad*, 1, 1-97.
- Duruibe, J., Ogwuegbu, & Egwurugwu, J. (2007). Contaminación de Metales Pesados y Efectos Biotóxicos Humanos. 1-11.
- FMCN, & FEA. (2006). *El agua en México lo que todos debemos saber* (Vol. 1). México: Editorial FEA, CEMDA.
- Gema, A. (2009). *Calidad de agua en vacuno de carne*. Disponible en web: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/749/articulos-rumiantes-archivo/calidad-de-agua-en-vacuno-de-carne.html>
- Hernández, E. (2011). *Espacio público y calidad de vida la importancia del espacio público para los habitantes de las unidades habitacionales*. IPN, México.
- IMTA. (2015). Agua e Industria. *Agua simple*.
- Iztapalapa, G. d. I. d. (2012). Proyecto delegacional. *Conciencia en nuestra ciudad*.
- Larios, C., & Ponce, P. (2011). *Uso eficiente del agua* (Vol. 1). Honduras: SNV.
- López, A. (2015). *Potabilización del agua para suministro en la Ciudad de México*. UNAM, México.
- Machorro, M., Rosario, A., & Rojas, J. (2013). *Estudio sobre la escasez de agua potable en Iztapalapa*, México.
- Mejía, C. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliar, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Méndez, C. (2012). El miedo al delito violento en los espacios de consumo. El tianguis de Santa Cruz Meyehualco. *Análisis sobre la violencia social en la Delegación Iztapalapa*, 1, 1-27.



- Monforte, G., & Cantú, P. (2009). Escenario del agua en Mexico. *Culcyt//Recursos Hídricos*, 1, 1-10.
- Navalón, B. (2008). Agua, Energía y Desarrollo. *Agua para la energía*, 1-8.
- Nopaltitla, C. (2005). *La Contaminacion del agua y sus repercusiones sociales*. UNAM, México.
- Olmos, R. R., Marqués, R. S., & Moreto, F. V. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. México: Universidad Autónoma de Baja California.
- OPS. (2007). *Guía para mejorar la calidad del agua ámbito rural y pequeñas ciudades*. Lima: OPS-COSUDE.
- Orellana, J. (2005). Contaminación. *Ingeniería Sanitaria*, 1-27.
- Osnaya, P. (2013). *Evaluacion de la calidad de en seis delegacion del distrito federal en un contexto de cambio climatico y propuesta de adaptacion*. UNAM, Mexico.
- Pérez, F. (2014). Problemática en la distribución del agua potable en el Distrito Federal: el caso de la delegación Iztapalapa. *Rev. Academia,Ciencia y Cultura*, 6.
- Potablewater. (2006). Calidad del agua. Disponible en web: [http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3 Calidad del agua.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3%20Calidad%20del%20agua.pdf)
- Rocha, E. (2010). Desinfección y métodos de desinfección del agua. *Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas*, 1, 1-16.
- Rojas, M. (2011). *Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P.H. Las Cruces) en Nayarit, México*. Universidad de Guadalajara, Jalisco.
- Rojas R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*
- SACM. (2013). *El gran reto del agua en la Ciudad de México*. México.
- SAGARPA. (2011). *Estimación de las demandas de consumo de agua (Vol. 1)*. México: Colegio de Posgraduado.
- Salazar, C. (2000). *Catastros y localizacion de usos publicos no extractivos o usos un situ del agua (Vol. 65)*. Chile: Depto. Estudios y planificación.
- SEMARNAT. (2001). Residuos. *Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos en México.*, 344-363.



SEMARNAT. (2008). *Agua* (pp. 40).

Sf. (S/f). Parametros de contaminación. Disponible en web:
<http://www.eei.upc.edu/continguts/APUNTS/MASTER/sostenibilitat/2%20PARAMETROS%20DE%20CONTAMINACI%C3%93N.pdf>

Stanley, E. (2007). *Introduccion a la quimica ambiental*. México: UNAM.

Truque P. (S/f). Armonizacion de los estandares de agua potable en las americas. 73.

ULA. (s/f). Importancia y contaminacion del agua. Retrieved Disponible en web:
<http://webdelprofesor.ula.ve/contactos.php>

Umbría, I. (2008). Uso, manejo y conservación del agua un problema de todos. *Conservación del Agua, VII*, 18-26.

Vargas, C., Rojas, R., & Joseli, J. (2002). Control y vigilancia de la calidad del agua de consumo humano. *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 1*, 1-24.