



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

**URBANIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
EN LAS MACROUNIDADES HABITACIONALES
DEL MUNICIPIO DE IXTAPALUCA.**

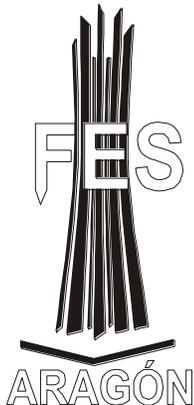
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A:

JOSÉ LUIS MONTIEL MIGUEL



DIRECTORA DE TESIS

MTRA. MARÍA EUGENIA BORREGO MORA

MÉXICO

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



A mis padres:

Por brindarme sus sabios consejos y su apoyo durante todos estos años de estudio, lo cual me encuentro muy agradecido por ello y porque gracias a ellos hoy soy un hombre de bien.

A mis hermanos:

Por apoyarme y motivarme a seguir adelante para terminar con mis estudios.

A mis amigos:

Por brindarme su amistad, su confianza y su apoyo a lo largo de la carrera de Ingeniería Civil.

A la UNAM:

Por ser la mejor institución educativa del país y por haberme dado la oportunidad de realizarme profesionalmente.

A la FES Aragón:

Por dejarme formar parte de la comunidad estudiantil así como mostrarme amplios horizontes a través de todas las personas que asisten a esta gran institución.

A los profesores de la carrera de Ingeniería Civil:

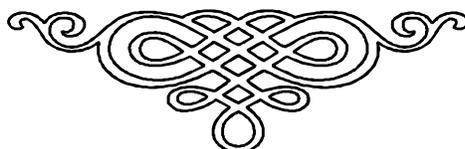
Por brindarme sus amplios conocimientos y enseñanzas, que hoy hacen de mi un ingeniero.

A los profesores:

Mra. Eugenia, Fernando Palma y Sergio Gonzales, que gracias a su colaboración y apoyo fue posible realizar la presente tesis.

A la profesora:

Karla Ivonne Gutiérrez Vázquez, por ser una gran persona y que gracias a su orientación pude formar parte de la comunidad estudiantil de la FES Aragón.





CONTENIDO

	Pág.
- Justificación.	1
- Objetivos.	1
- Objetivos generales.	1
- Objetivos particulares.	1
- Hipótesis.	1
Capítulo I. Introducción.	2
I.1 Características de Ixtapaluca.	5
I.1.1 Toponimia.	5
I.1.2 Glifo.	5
I.1.3 Localización.	5
I.1.4 Topografía.	6
I.1.5 Características del suelo.	6
I.1.6 Orografía.	6
I.1.7 Hidrografía.	7
I.1.8 Clima.	7
I.1.9 Flora.	7
I.1.10 Fauna.	8
I.1.11 Principales productos agrícolas.	8
I.1.12 Recursos naturales.	9
I.1.13 Vías de comunicación.	10
Capítulo II. Urbanización en la Ciudad de México.	11
II.1 Principales lineamientos para el desarrollo urbano.	14
II.1.1 Diagnóstico urbano.	14
II.1.1.1 Usos del suelo.	15
II.1.1.2 Equipamiento urbano.	15
II.1.1.3 Redes de servicio público.	15
II.1.1.4 Crecimiento de área urbana.	16
II.1.1.5 Densidades.	16
II.1.1.6 Propiedad y valor de la tierra.	16
II.1.2 Diagnóstico zonal.	17
II.1.2.1 Dimensión del terreno.	17
II.1.2.2 Microclima.	18
II.1.2.3 Topografía y orografía.	18
II.1.2.4 Hidrología.	18
II.1.2.5 Geología.	18
II.1.2.6 Límites físicos.	19
II.1.2.7 Lineamientos del plan director urbano.	19
II.1.2.8 Agua potable.	19
II.1.2.9 Alcantarillado.	19
II.1.2.10 Vialidad.	19
II.1.2.11 Red de energía eléctrica.	19
II.1.2.12 Centro de trabajo.	20
II.1.2.13 Equipamiento urbano.	20





II.1.3	Diagnóstico predial.	20
II.1.4	Medio natural como apoyo para el desarrollo urbano.	20
Capítulo III. Problemática de la Urbanización en el Estado de México.		21
III.1	La otra cara de las pequeñas ciudades.	24
Capítulo IV. Tratamiento de Aguas Residuales.		26
IV.1	Importancia del tratamiento de aguas residuales.	28
IV.2	Clasificación de aguas contaminadas.	30
IV.2.1	Aguas residuales domésticas.	30
IV.2.2	Aguas residuales industriales.	32
IV.2.3	Aguas residuales de retorno agrícola.	33
IV.3	Descargas residuales.	34
IV.3.1	Cantidad de agua de descarga.	34
IV.3.2	Calidad de las descargas.	34
IV.4	Clasificación de los compuestos presentes en el agua.	34
IV.4.1	Clasificación de acuerdo con su naturaleza.	34
IV.4.2	Clasificación de acuerdo con el tamaño.	35
IV.4.3	Clasificación de acuerdo al grupo al que pertenece.	35
IV.5	Procesos de tratamiento.	36
IV.5.1	Pretratamiento de las aguas.	36
IV.5.2	Tratamiento primario.	36
IV.5.2.1	Cámara de arena.	36
IV.5.2.2	Sedimentación.	37
IV.5.2.3	Flotación.	37
IV.5.2.4	Digestión.	37
IV.5.2.5	Desección.	37
IV.5.3	Tratamiento secundario.	38
IV.5.3.1	Filtro por goteo.	38
IV.5.3.2	Fango o lodo activado.	38
IV.5.3.3	Estanque de estabilización o laguna.	38
IV.5.4	Tratamiento terciario y avanzado de las aguas residuales.	39
IV.5.5	Vertido del líquido.	39
IV.6	Importancia del reúso de agua tratada.	39
IV.6.1	Reúso municipal.	40
IV.6.2	Riego de áreas verdes o parques.	40
IV.6.3	Control de incendios.	40
IV.6.4	Usos recreativos.	41
IV.6.5	Recarga del acuífero.	41
IV.6.6	Reúso para consumo humano.	41
IV.6.7	Reúso agrícola.	41
IV.6.8	El reúso agrícola en México.	42
IV.7	Enfermedades ocasionadas por el uso de agua residual en la agricultura.	42
IV.8	Normatividad.	46





Capítulo V. Caracterización de las Aguas Residuales de Ixtapaluca.	48
V.1 Metodología.	49
V.1.1 Trabajo de campo.	49
V.1.1.1 Muestreo.	49
V.1.2 Trabajo de laboratorio.	52
V.1.2.1 Temperatura.	52
V.1.2.2 pH.	52
V.1.2.3 Turbiedad.	53
V.1.2.4 Color.	53
V.1.2.5 Olor.	53
V.1.2.6 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).	54
V.1.2.7 Demanda química de oxígeno.	54
V.1.2.8 Sólidos totales.	55
V.1.2.9 Alcalinidad.	55
V.1.2.10 Dureza.	56
V.1.2.11 Cloruros.	56
V.1.2.12 Nitrógeno.	57
V.1.2.13 Fósforo.	57
V.1.2.14 Grasas y aceites.	57
V.1.2.15 Agentes tensoactivos (SAAM Detergentes).	58
V.1.2.16 Coliformes fecales.	58
V.2 Análisis de los resultados y comparación con las NOM's.	59
V.2.1 Grasas y aceites.	60
V.2.2 Sólidos sedimentables.	61
V.2.3 Sólidos suspendidos totales.	61
V.2.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).	61
V.2.5 Nitrógeno.	61
V.2.6 Fósforo.	62
V.2.7 Coliformes fecales.	62
V.3 Análisis.	62
Capítulo VI. Situación Actual de las Macrounidades Habitacionales y del Municipio de Ixtapaluca.	64
VI.1 Situación actual de las macrounidades habitacionales.	65
VI.2 Situación actual del municipio.	67
VI.2.1 Uso actual del suelo.	67
VI.2.2 Infraestructura vial.	71
VI.2.3 Infraestructura hidráulica.	72
VI.2.4 Infraestructura sanitaria.	74
VI.2.5 Impacto ambiental.	76
Capítulo VII. Conclusiones y Recomendaciones.	78
Anexos.	81
Referencias.	85





I.1 Justificación.

La urbanización en el Estado de México es un fenómeno que empieza a generar grandes preocupaciones a los gobiernos municipales ya que la concentración de grandes masas poblacionales trae consigo la excesiva demanda de servicios básicos como lo son la red de agua potable, alcantarillado, luz, etc. los cuales no se logran satisfacer totalmente por el rápido crecimiento de la población y la aparición de nuevos asentamientos irregulares, además de lo anterior la construcción de macrounidades habitacionales, aparte de resolver el problema de vivienda, trae consigo la aparición de nuevos problemas sociales y ambientales, entre los cuales el más importante es el abastecimiento de agua potable.

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para cualquier ser vivo, actualmente la escases de agua potable y el grado de contaminación dificultan aún más el aprovechamiento del agua. En tiempos anteriores se creía que el agua era un recurso inagotable, por lo cual no se le daba gran importancia en cuanto a su disposición, esta ideología cambio drásticamente cuando se observó que los niveles de contaminación repercutían fuertemente sobre este recurso y que la dificultad para potabilizar el agua dependía de los diversos compuestos ajenos que este tuviese, además de la complejidad del tratamiento que se le diera, determinando así los altos costos para lograr una potabilización total del agua.

I.2 Objetivos.

I.2.1 Objetivos generales.

- Describir los problemas que trae consigo la construcción de macrounidades.
- Evaluar la eficacia de las plantas de tratamiento ubicadas en las macrounidades del municipio de Ixtapaluca.
- Diagnosticar condiciones y calidad de vida de los habitantes, tanto en las macrounidades como en el municipio en general.

I.2.2 Objetivos particulares.

- Caracterizar las aguas residuales que entran y salen de las plantas de tratamiento y comparar los resultados con las normas establecidas.
- Informar de la problemática que se puede presentar por el mal tratamiento y disposición de las aguas residuales.

I.3 Hipótesis.

Una mala planeación en el desarrollo urbano y un inadecuado manejo de los recursos financieros ocasionan que la calidad de los servicios públicos que se ofrecen en una población sean muy deficientes, en consecuencia la calidad de vida de los habitantes no es muy satisfactoria, principalmente con el suministro de agua potable, aunado a esto la mala disposición del agua residual provoca que se sobre exploten los mantos acuíferos disminuyendo así la dotación de agua potable que se debe suministrar a la población.





CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN





I. Introducción.

La carencia de agua potable empieza a ser cada vez más notoria en diversos países, los cuales en su mayoría no cuentan con la infraestructura suficiente para poder manejar este recurso tan invaluable, al contar con este problema muchas veces el agua se desperdicia y no se le da un aprovechamiento adecuado. En contraste, las grandes ciudades del mundo que si cuentan con una gran infraestructura se han convertido en grandes consumidores de agua potable y consecuentemente son estas grandes ciudades las que desalojan más agua residual, la cual en algunos casos no tiene un manejo adecuado, originando así otros problemas como son la contaminación de mantos acuíferos, ríos, lagos, contaminación de los cultivos por el uso irracional de aguas negras, etc.

Anteriormente, se creía que el agua del mar era una fuente inagotable, pero con las investigaciones y uso de nuevas tecnologías se concluyó que la desalación trae consigo altos costos en comparación con el reacondicionamiento de agua residual. Por lo dicho anteriormente, surge la necesidad de reciclar el agua residual mediante un tratamiento adecuado ya que si se encuentra contaminada y en una condición tal que no sea acorde con el uso que se le quiera dar, su empleo se limita. Hay que mencionar que el “agua residual” es el resultado de la combinación de los desechos líquidos y sólidos arrastrados por el agua, procedentes de casas, edificios, industria, agua de lluvia o subterráneas; es por esta razón que su reacondicionamiento está en función de los compuestos adversos que ésta contenga.

En los países desarrollados, como Estados Unidos, cuentan con procesos de tratamiento de aguas residuales que a su vez son respaldados por normatividades rigurosas que garantizan un reúso eficiente del agua tratada, además de lograr satisfacer la demanda de agua potable requerida por la población, en Francia se cuenta con la planta de tratamiento más grande, eficiente y moderna que existe en el mundo capaz de eliminar una gran cantidad de elementos adversos presentes en el agua, logrando así una purificación casi total del agua.

Desafortunadamente en países subdesarrollados, no se cuenta con una planeación e infraestructura adecuada para lograr un mayor aprovechamiento del agua generando así un aumento de escases de agua potable y una mala disposición de sus aguas residuales, México es un claro ejemplo de este problema, más aún en el Distrito Federal y el Estado de México.

Actualmente, en el Estado de México se presentan grandes problemas con el manejo de los recursos hidráulicos, cada uno de los 122 municipios, que conforman el Estado con mayor concentración de población en el país, aproximadamente 14,007,495 habitantes, tienen problemas con el abastecimiento de agua potable y con una adecuada disposición de agua residual, a estos dos conceptos no se les ha dado la atención adecuada por parte del sistema gubernamental y como consecuencia cada vez resulta más difícil dar una solución pronta y eficaz.





Esto genera grandes problemas a los habitantes, ya que hay que recordar que el agua es la base para el desempeño de diversas actividades que cubren nuestras necesidades más importantes y que es de vital importancia para cualquier tipo de sociedad, aunado a lo anterior, la mala disposición o tratamiento de las aguas residuales engrandece la carencia de agua potable además de generar otros problemas.

Cabe destacar, que la problemática de la escasez de agua está estrechamente ligada con el tratamiento de aguas residuales, ya que su reaprovechamiento es muy escaso no sólo en el Estado de México sino en todo el país, por lo cual se trata de intensificar esta práctica y así evitar la sobreexplotación de mantos acuíferos. La carencia de agua potable y el desalojo de grandes cantidades de aguas negras, son solo algunos de los muchos problemas que trae consigo la urbanización, sólo que estos dos aspectos son los más importantes dentro de cualquier sociedad por lo que requieren de soluciones factibles y eficaces.

Ante la gran demanda de vivienda que presentan los municipios cercanos al Distrito Federal, empresas constructoras de casas habitación como Urbi, Ara, Sare, Geo, etc. se han empeñado a construir macrounidades, las cuales generan un alto impacto ambiental en los municipios, y que además, incrementa la demanda de los servicios básicos como son la red de agua potable, alcantarillado y luz, las cuales en la mayoría de los casos no se llega a satisfacer por completo.

La relevancia de este caso se encuentra en el municipio de Ixtapaluca el cual ha protagonizado uno de los más acelerados crecimientos urbanos del país, ya que en menos de diez años se han construido en su territorio más de 80,000 viviendas las cuales fueron mal planeadas, en cuanto al servicio de agua potable que ofrecen y a la construcción de las plantas de tratamiento que se supone recibirían el agua residual proveniente de estas macrounidades.

Es por esta razón que surge la necesidad de realizar una investigación en el cual se resalten los factores que ocasionan la mala disposición del agua residual así, como la caracterización de las aguas tratadas para verificar el cumplimiento de las normas establecidas. El presente trabajo está encaminado a orientar e informar sobre esta problemática que no sólo ocurre en Ixtapaluca, sino en diversos municipios del área metropolitana e inclusive en el Distrito Federal, y así tratar de concientizar principalmente a las personas que están involucradas en el desarrollo de proyectos de urbanización. Para entender la problemática que se presenta en esta investigación es necesario generalizar un poco, haciendo observaciones del país en general y de algunos temas en particular que dan como resultado un fácil entendimiento de lo que pasa en Ixtapaluca.

Es sumamente importante documentar experiencias sobre los problemas acontecidos con respecto al agua en México y la forma en que se han resuelto para que futuras generaciones puedan aprovechar este conocimiento y así eviten cometer los mismos errores, de no ser así, para alguien con el interés sobre el tema de tratamiento de aguas residuales sólo podrá encontrar descripciones de casos en el extranjero.



I.1 Características de Ixtapaluca.

Como se va a trabajar principalmente sobre las macrounidades de Ixtapaluca es importante mencionar algunas de las características importantes del municipio las cuales son:

I.1.1 Toponimia.

El nombre propio mexicano es Iztapayucan, que se compone de iztatl, sal, pallutl o pallotl, mojadura, y de can lugar; y significa: “lugar donde se moja la sal”.

I.1.2 Glifo.



Aparece con un jeroglífico, sobre un campo blanco, un toponimio cuyos contornos son de color negro, mismos que posee en la parte superior, una figura ovalada en los extremos; conteniendo en ésta y en el centro de la figura principal, triángulos específicamente dispuestos.

I.1.3 Localización.

El municipio está enclavado en la zona oriente del estado de México, se localiza a los 19° 14' 30" de latitud norte, al paralelo 19° 24' 40" y longitud oeste al meridiano 98° 57' 15". Está situado entre las carreteras nacionales de México-Puebla y México-Cuatla que pasan precisamente dentro de su territorio y se bifurcan ambas rectas enfrente de lo que fuera en otra época, gran finca ganadera llamada Santa Bárbara propiedad del general Plutarco Elías Calles. Dista 7 ½ kilómetros de Chalco, a 32 kilómetros de la capital de la República Mexicana y a 110 km de la ciudad de Toluca. Limita al norte con Chicoloapan y Texcoco; al sur con Chalco; al este con el estado de Puebla y al oeste con Chicoloapan y Los Reyes La Paz. El territorio municipal de Ixtapaluca, conserva la extensión y límites actuales reconocidos conforme a la ley en 1960, la superficie territorial era de 206.13 km², contando con 13 localidades en 1970, la superficie sigue siendo de 206.13 km² y 17 localidades. En 1980 la superficie es de 206.13 km² y 25 localidades, en 1990 tiene una superficie de 315.10 km² con 37 localidades.





I.1.4 Topografía.

Presenta dos tipos de zonas, una con terrenos de pendiente suave que comprende el área agrícola; en el centro se encuentra el área urbanizada constituida por la cabecera municipal, Ayotla, Tlalpizahua, Tlapacoya. La segunda zona presenta áreas de relieve abrupto, con grandes pendientes que pertenecen a la sierra Tlálloc, donde destaca el cerro Papagayo. En la zona centro sur, existen suelos con pendientes de más del 30%; predomina el matorral y el arbusto bajo; en esta área se encuentra el cerro del elefante, al oriente hay áreas montañosas con amplias extensiones de bosques y cañadas.

Estos recursos le daban su fisionomía provinciana. Los bosques han sufrido deterioros por la tala irracional e inmoderada y las tierras de cultivo por fraccionadores; la contaminación ambiental y el crecimiento demográfico son el resultado de los asentamientos humanos irregulares. La altitud de los terrenos municipales va de los 2,000 a los 3,900 msnm. La cabecera municipal está a 2,900 msnm.

I.1.5 Características del Suelo.

Geológicamente hablando está compuesto de rocas ígneas como la riolita, andesita, basalto, tova andesítica, tova basáltica, brecha volcánica basáltica y rocas sedimentarias entre las que se encuentran, brecha sedimentaria, suelos de aluvión, bancos de materiales a punto de verificación.

Los tipos de suelo que predominan en el municipio son de arcilla común, arena, tepetate, grava, tezontle, lomas rocosas. La superficie total de tierra es de 7, 546, 618 ha; de estas, 6, 222, 150 ha son de labor, pasto natural, agostadero o enmontada; 1, 190, 098 ha, con bosques; 30, 500 ha; bosque o selva con pastos, 28, 000 ha; sin vegetación, 75, 870 ha.

I.1.6 Orografía.

La cadena montañosa, más extensa, se localiza en la parte noreste del municipio, en ella se encuentran los cerros: Tlaloc, La Sabanilla, Cuescomate, Cabeza de Toro, Yeloxóchitl, Telapón y los Potreros. En cuanto a su proporción numérica, le siguen, por el lado noroeste: Cuetlapanca, Tejolote Grande y a su lado Tejolote Chico, Sta. Cruz y El Pino. En el lado sureste, en los límites con Tlalmanalco, se localizan los cerros: Papagayo y San Francisco; en el noreste únicamente se encuentra el cerro del Elefante. Las planicies, se localizan sobre todo en la cabecera municipal, pero también en algunos poblados, como son: San Francisco Acuautila, Tlalpizahua, Ayotla, colonia Plutarco Elías Calles y Río Frío de Juárez.





I.1.7 Hidrografía.

La cuenca hidrológica, del municipio de Ixtapaluca, tiene sus orígenes en la zona montañosa del noreste, y está formada por el arroyo Texcalhuey, que viene de la parte norte; el Texcoco, que confluye con el de las Jícaras y se origina en los cerros Yeloxóchitl y Capulín; el de la Cruz, que se forma en el cerro de la Sabanilla y llega al arroyo San Francisco, que pasa por Ixtapaluca y desemboca en el Río de la Compañía, que pasa por el cerro del Elefante. Los arroyos, El Capulín, Texcalhuey y las Jícaras, pasan por el pueblo de San Francisco Acuautla. Otros arroyos, que vienen del cerro de los Potreros: uno que no tiene nombre y pasa por Avila Camacho, confluye con el arroyo San Francisco y Santo Domingo, que se desvía hacia Chalco, el municipio cuenta con un acueducto en la parte norte, por el arroyo La Cruz; una parte del territorio es plano y seco.

Hace años quedó irrigado el terreno plano, gracias a diversos pozos artesianos que se construyeron, y son: 1 Tezontle, 2 San Isidro, 3 La Virgen, 4 Patronato, 5 Mezquite, 6 El Venado, 7 El Carmen, 8 Faldón, 9 Lindero San Francisco, 10 Cedral, 11 El Gato, 12 El Caracol; por lo cual, tomó más incremento la agricultura, principalmente el cultivo de forrajes.

I.1.8 Clima.

El clima es templado subhúmedo, con lluvias en los meses de junio, julio, agosto y septiembre; los meses más calurosos junio, agosto, septiembre. La dirección de los vientos, es de norte sureste; los vientos del sureste son los dominantes. La temperatura presenta variaciones, debido a que en el municipio hay zonas con mayor altura que otras, la temperatura media es de 15.1°C, la media anual es de 11.1°C, la extrema máxima es de 39°C y la extrema mínima, es de 8°C bajo cero; la precipitación pluvial anual es de 660 mm, los días con heladas son aproximadamente 24.

I.1.9 Flora.

Dentro de la municipalidad, existe una gran variedad de árboles, unos frutales, otros maderables o forestales; las especies frutales son entre otros: higuera, capulín, peral, manzano, zapote, granada, olivo, chabacano, tejocote, nogal y durazno. Los maderales o forestales son: oyamel, abeto, cedro, pino, ciprés, trueno, álamo, sauce llorón, pirúl que es muy abundante; encino blanco y chico, (que se utiliza como medicina para el dolor de muelas); chocolines, alcanfor, eucalipto, truenito y ocote. Medicinales: yerbabuena, Santa María, albacar, árnica, azahar, ruda, diente de león, estafiate, romero, manrubio, manzanilla, menta, té limón, de del monte, tepozán, toloache, toronjil, hierba mora, golondrina, gordolobo, chicalote y sávila.





Hortalizas y condimentos: acelga, ajo, alcachofa, apio, berro, betabel, calabaza, cebolla, cilantro, coliflor, chayote, chícharo, chilacayote, chile, elote, epazote, espinaca, frijol, haba, jitomate, lechuga, maíz, malva, laurel, nabo, nopal, quintonil, verdolaga, pericón, rábano, romeros, tomate, trigo, cebada, zanahoria. Plantas de ornato: agapando, aretillo, azalea, azucena, bugambilia, helecho, cempasúchil, clavel, camelia, cola de borrego, crisantemo, dalia, nochebuena, floripondio, geranio, gloria, hiedra, jazmín, lirio, madreSelva, huele de noche, magnolia, manto, maravilla, margarita, mirasol, nube, perritos, quiebra platos, rosa de Castilla, rosa laurel, siempre viva, tulipán, vara de san José, violeta.

Plantas forrajeras: alfalfa, carretilla, cebada, lengua de vaca, maguey, mijo, nabo, pasto, trébol, trigo, zacate, maíz. Arbustos: abrojo, carrizo, huizache, tepozán, zopacle. Plantas sin uso específico: escobilla, jarilla, lentejilla, mala mujer, marihuana, muicle, ojo de gallo, oreja de ratón, ortiguilla, pata de león, pega ropa, perilla. Cactáceas, nopal y órgano; hongos, huitlacoche y champiñón.

I.1.10 Fauna.

La fauna, se ha ido extinguiendo, debido a la inmoderada explotación de los bosques, existe una gran variedad de animales, tanto de cría como silvestres; de ellos destacan los cerdos; que desde la época colonial se crían en la región; gallinas, guajolotes, conejos, palomos, vacas, caballos, borregos, cabras, codorniz, patos, gansos, y actualmente se inició la cría de la avestruz en el Rancho Santa María. Dentro de la fauna silvestre, se encuentra, venado, en muy poca proporción, el hurón, tlacuache, cacomixtle, búho, lechuza, murciélago, variedad de víboras, lagartijas, arañas, víbora de cascabel que es abundante.

Cabe mencionar que en el municipio, existe un aviario, propiedad del Dr. Estudillo, donde se encuentran aves exóticas y hermosas de diferentes partes del mundo, es como entrar a un mundo distinto; ya que el amor a las aves, de parte del dueño se siente a primera vista, al lograr el hábitat, en que cada uno de ellos se desenvuelve; cuenta con lugares, tipo jaulas donde están clasificadas cada una de ellas, personal capacitado que las atiende; un hospital para aves que consta de: sala de operaciones, incubadoras, y una serie de elementos que hacen posible a esta reserva ecológica preservar las especies. Es como un paraíso aislado dentro del territorio municipal. Cuenta además con otra sección donde habitan felinos traídos de diferentes continentes. El Dr. Estudillo es reconocido mundialmente por su labor altruista; ya que su objetivo principal es la preservación de las especies que están en peligro de extinción. Ha sido visitado por personajes de la talla de; Jean Cousteau, Jaime Mausán y otras personalidades. El municipio cuenta además con el Parque Nacional Zoquiapan, el Parque Recreativo Ejidal Los Depósitos y el Olivar.

I.1.11 Principales productos agrícolas.

Sus principales productos son avena forrajera, de la que se obtienen al año 14,038,415 tons; cebada, 159,217 tons; alfalfa, 8,534,952 tons; durazno, 3,597 tons; aguacate, 22 tons; trigo, 693,846 tons y en menor proporción nopal tunero.





Actualmente, los campesinos, debido a los cambios climáticos, han optado por sembrar verduras y legumbres, como la col, lechuga, cilantro, tomate, calabaza, zanahoria, ajo, cebolla, brócoli, con muy buenos resultados. Entre los programas de apoyo que brinda el Estado de México para el campo son: cultivo de haba, maíz, compra de fertilizantes, gallina de doble propósito, cultivo de tilapa, lobina, nopal tunero, cultivo y manejo de zarzamora, conservación de forrajes, en silos de trinchera, cultivo de rana, híbrido de maíz, etc.

Por la cercanía con el Distrito Federal, comerciantes de la Central de Abasto hacen convenios con los campesinos, comprándoles cosechas completas, sobre todo de verduras y legumbres; lo mismo hacen los de los mercados del municipio y tianguistas en menor escala.

El territorio municipal por su situación geográfica es un atractivo para el desarrollo habitacional, motivo por el cual la contaminación ambiental producida ha deteriorado el equilibrio ecológico, los cambios de clima han hecho que se pierdan cosechas en grandes cantidades. La agricultura ha ido disminuyendo a pesar de los esfuerzos que el gobierno municipal hace, recurriendo a las instancias pertinentes para lograr el apoyo al campo. La solución a este problema sería que los gobiernos, federal, estatal y municipal frenaran la proliferación de unidades habitacionales llevando a cabo una adecuada planeación.

I.1.12 Recursos Naturales.

Recursos minerales: La industria minera y manufacturera de materiales para la construcción, a pesar del alto crecimiento urbano que presenta el municipio, no presenta gran desarrollo, debido a la recesión económica que vive el país. Dentro del municipio se localizan tres zonas productoras de tabique, en San Francisco Acuautla, Zoquiapan y en Santa Bárbara, en la cabecera municipal; además se cuenta con aproximadamente 20 vetas que explotan actualmente arena, grava, tepetate y tezontle, en los ejidos de Coatepec, Zoquiapan y San Francisco Acuautla, principalmente. Alcanzando en los últimos años un nivel de producción anual de 3,459,860; 16,800; 160,864 y 27,000 m², respectivamente.

Recursos forestales: La actividad forestal debería ser una fuente importante de ingresos ya que el municipio cuenta con una extensa zona boscosa del tipo de coníferas y latifoliadas, en donde la tala no se encuentra debidamente regulada, ocasionando la indiscriminada explotación de los recursos forestales, problemática que se refleja en la pérdida de recursos y daños al ecosistema. El municipio contaba en 1991 con 74 unidades destinadas a la producción de resina, barbasco, leña y otros.





I.1.13 Vías de Comunicación.

Las comunicaciones en el municipio representaban un grave problema, su densidad de población, obligaron a tomar ciertas medidas; cuenta con una infraestructura carretera, que lo convierte en uno de los municipios mejor comunicado: 271 kilómetros de carretera, México-Puebla libre y la de cuota, que atraviesa a lo largo del territorio municipal.

Se han incrementado y mejorado las vías de comunicación, existen 39 avenidas de acceso a distintas colonias del municipio, la conexión de la carretera federal y autopista México-Puebla por dos avenidas de la colonia Alfredo del Mazo, delegación Tlapacoya; un gran avance en el programa estatal de comunicaciones del anillo transmetropolitano que atraviesa el municipio y comunica a Texcoco con Cuautla, realización del libramiento de San Francisco Acuatla a la carretera federal México-Puebla, realizada por la empresa SADASI.





CAPÍTULO II
URBANIZACIÓN EN LA CIUDAD DE
MÉXICO.



II. Urbanización en la ciudad de México.

La expansión de las relaciones capitalistas de producción en México dio paso a la concentración de las inversiones privadas y públicas en la principal ciudad de nuestro país. Los cambios operados han sido significativos, sobre todo en términos del crecimiento de la población y la expansión territorial. Ante los precios del suelo en las zonas urbanas consolidadas, la demanda de tierra de los sectores de escasos recursos ha producido una incorporación creciente de tierras vecinas a la mancha urbana. Paralelamente, ello origina un gran crecimiento de las rentas territoriales en el conjunto de la estructura urbana pues en ese proceso siempre se dejan espacios vacantes (especulativamente retenidos) entre las aéreas consolidadas y las recién habilitadas.

La expansión física de las ciudades requería un incremento paralelo de las obras viales, del tendido eléctrico, de las tuberías de agua potable, de la red de alcantarillado, etc., sin embargo, la agudización de las contradicciones sociales y la desigualdad de las inversiones realizadas a nivel estatal o federal han impulsado un fuerte proceso de segregación urbana y residencial con la consecuente aparición de tierras precarias generalmente en zonas periféricas.

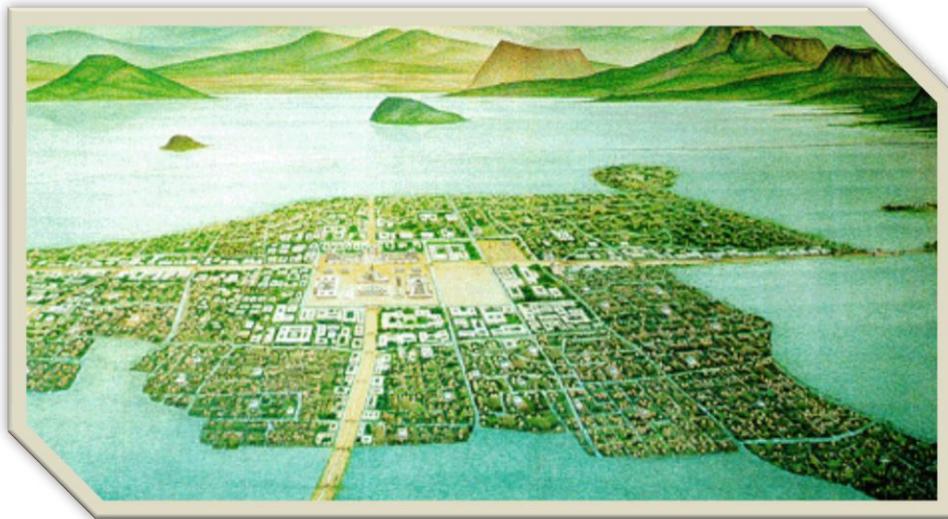


Fig.2.1 Antigua Tenochtitlán.

Los sectores de la ciudad donde el precio del suelo es más elevado coinciden con los lugares donde la infraestructura urbana presenta mejores condiciones. Ahí se concentran las manifestaciones de las distintas formas de capital, y por supuesto son los lugares de residencia de los grupos sociales de más altos ingresos. Y a la inversa, en los lugares donde la infraestructura y equipamiento urbano son deficientes, los precios de la tierra son más bajos, posibilitando que ahí habiten los sectores sociales de bajos ingresos.



Diferentes estudios sobre la realidad urbana de nuestra ciudad han evidenciado que la provisión de agua potable y alcantarillado en determinadas zonas y la ausencia o insuficiente dotación de estos servicios en otras, han llevado a la valorización diferencial del precio de la tierra y a la definición de usos diferenciales del suelo en el ámbito urbano. Esta situación ha contribuido a acentuar el problema habitacional de los sectores populares, quienes, debido a sus recursos restringidos y al alto costo de la tierra urbana, han tenido que establecerse en lugares desprovistos de infraestructura y servicios colectivos. Lo real es que numerosas familias han podido instalarse en zonas periféricas, justamente porque la carencia de servicios ha mantenido relativamente bajo el precio del suelo.



Fig.2.2 Ciudad de México en la época colonial.

Los límites de abastecimiento de agua abarcan casi siempre un perímetro bastante menor que aquel que representa el área habitada. Generalmente los barrios populares ubicados en áreas periféricas están fuera de la red de distribución. Las áreas que acogen las numerosas barriadas populares casi siempre carecen no sólo de agua potable, sino además de otros servicios y equipamientos colectivos. Estos equipamientos se ubican preferentemente en una zona de centralidad que coincide –como por azar- con la zona abastecida por las fuentes de trabajo; la ubicación de estas actividades urbanas se concentra dentro del perímetro que marca el límite de abastecimiento de agua. Fuera de este quedan únicamente las zonas de residencia de los sectores de menores ingresos, cuyas limitaciones son altamente significativas.

El sistema de drenaje en la ciudad incluye el sistema de evacuación de aguas pluviales y residuales. El consumo urbano plantea una serie de diferencias con respecto al consumo agrícola. Una de ellas es que a diferencia de este último, el agua utilizada para el uso urbano (doméstico, industrial, comercial, servicios, municipal) casi no se consume, es decir, es utilizada para procesos que no incorpora el agua dentro del producto final más que una proporción reducida en comparación. Esto introduce el problema del desalojo de las aguas usadas, que a su vez se liga con el problema de la contaminación.





Fig.2.3 Actual ciudad de México.

Las inversiones realizadas en alcantarillado se han incrementando en forma paralela a la expansión de la ciudad; forman parte de los costos sociales que han traído consigo el proceso de urbanización.

II.1 Principales lineamientos para el desarrollo urbano.

Para la selección de reservas territoriales destinadas a los desarrollos de vivienda, es conveniente realizar tres tipos de diagnóstico, con objetivo de orientar adecuadamente la adquisición de las áreas que se destinarán a la urbanización y construcción de viviendas. Estos diagnósticos se deberán efectuar de acuerdo con los niveles siguientes:

- Diagnóstico urbano.
- Diagnóstico zonal.
- Diagnóstico predial.

Del análisis de los estudios realizados se obtendrán las alternativas de localización, las cuales podrán evaluarse para seleccionar las reservas territoriales más adecuadas.

II.1.1 Diagnóstico urbano.

Su objetivo es contemplar todos los aspectos que existan en materia legislativa, para definir el crecimiento ordenado de las localidades, para establecer un uso de suelo adecuado y compatible con la zonificación establecida y que no se contraponga con las directrices vigentes, con lo cual se evitará la saturación de los servicios, y el equipamiento urbano. El estudio abarcará los aspectos siguientes:





II.1.1.1 Usos del suelo.

Este concepto incluirá el análisis de la zonificación y usos de suelo actual y futuros, en el cual se tomarán como base los indicadores siguientes:

- Habitacionales.
- Recreativos.
- Comerciales.
- Industriales.
- De servicio.
- De oficinas.
- Alojamiento y turísticos.
- Agropecuarios, forestales y acuíferos.
- Especiales.

A través del análisis anterior se preverá la compatibilidad en los usos del suelo y una zonificación adecuada de acuerdo con las características del fraccionamiento por localizar.

II.1.1.2 Equipamiento urbano.

Este concepto incluye el análisis y la localización de los edificios y las áreas libres que prestan servicios significativos a la población, los cuales se dividen de acuerdo con la clasificación siguiente:

- Educación.
- Salud.
- Recreación.
- Abastos.
- Servicios.

Mediante el análisis anterior se deberá obtener la localización de los servicios existentes, así como su capacidad. Posteriormente, se deberá confrontar dicha capacidad con los requerimientos del fraccionamiento por ubicarse, de modo que cuando las instalaciones existentes no garanticen el servicio adecuado a los futuros usuarios, se prevean y dosifiquen las instalaciones requeridas, y a su vez se eviten problemas de servicio a las autoridades locales.

II.1.1.3 Redes de servicio público.

El análisis comprenderá las redes de servicio primario, fundamentales para los fraccionamientos de lotes y servicios.





- Red de agua potable.
- Red de alcantarillado.
- Red de energía eléctrica.
- Red de alumbrado público.

El objetivo de este análisis es conocer la capacidad, las condiciones de saturación, la lejanía y las características de las redes, así como los proyectos futuros, y se deberán prever los incrementos en los costos de urbanización por la ampliación de servicios hacia los terrenos seleccionados.

II.1.1.4 Crecimiento de área urbana.

La importancia del análisis radica en detectar los vectores del crecimiento de la localidad, para garantizar una zonificación adecuada y los servicios indispensables para los nuevos pobladores.

II.1.1.5 Densidades.

Este aspecto comprende el análisis de lo siguiente:

- Densidad de población.
- Densidad de construcción.
- Distribución de la población.

El objetivo principal de este análisis es conocer con qué intensidad se utiliza el suelo y cómo se encuentra distribuida la población, lo cual, al confrontar los resultados con la capacidad de los servicios, influirá en la localización del fraccionamiento para garantizar su empleo.

II.1.1.6 Propiedad y valor de la tierra.

El análisis de estos aspectos deberá contener:

- Valor comercial.
- Valor catastral.
- Propiedad federal.
- Propiedad estatal.
- Propiedad municipal.
- Propiedad ejidal.
- Propiedad particular.



El análisis de tales aspectos tiene como objetivos no sólo el conocer los valores y la propiedad actual de la tierra, con lo cual se evitarán costos extraordinarios en la localización de los fraccionamientos de lotes y servicios, sino también facilitar los trámites legales para adquirir las reservas territoriales.

El diagnóstico urbano, mediante el análisis de los aspectos anteriormente descritos, permitirá seleccionar aquellas áreas susceptibles de aprovechar para la ubicación de los fraccionamientos de lotes y servicios. En esto último se deberá considerar el contexto urbano y, consecuentemente, prever a largo plazo la consolidación de dichos fraccionamientos, que pasarían a ser como tales, parte integral de la localidad.

La integración de la reserva territorial de una localidad siempre estará basada en los criterios de desarrollo siguientes:

- a) Extensión urbana, que amplía el área urbanizada de la mancha urbana existente.
- b) Integración urbana, que puede tener dos modalidades: 1) saturación de predios baldíos y 2) regeneración o cambio de uso de suelo en zonas decadentes.

II.1.2 Diagnóstico zonal.

Una vez seleccionadas las zonas susceptibles de aprovecharse para la ubicación de los fraccionamientos de lotes y servicios, se realizará un diagnóstico zonal en el que se aplicarán los criterios siguientes para la adquisición de los terrenos:

- a) Adoptar la ubicación de vivienda preferida por los futuros usuarios.
- b) Adaptarse a las tendencias naturales del crecimiento urbano, si las características físicas del suelo son compatibles y el desarrollo ayuda a consolidar la estructura ecológica sin deterioro del medio natural.
- c) Apoyar los programas del nivel estratégico del plan director urbano de la ciudad en cuestión.
- d) Localizar los asentamientos accesibles a los centros de trabajo y de servicio, principalmente donde se ubica el equipamiento urbano: escolar, asistencial, administrativo, comercial y recreativo.

Asimismo, en dicha escala se requiere tener un reconocimiento del contexto urbano que incluya las siguientes consideraciones para su análisis:

II.1.2.1 Dimensión del terreno.

Esta dimensión deberá tener el área adecuada, a fin que la dotación de las redes de infraestructura y equipamiento urbano sea económicamente rentable y financiable para la construcción inmediata o programada.



II.1.2.2 Microclima.

Al respecto, se realizará el análisis del microclima de la zona elegida según su clasificación climática, en la cual se consideren la temperatura y el grado de humedad, a fin de aprovecharlo o defenderse de él. Se deberá efectuar un estudio para obtener las mejores condiciones de la zona de acuerdo con los vientos dominantes o el eje térmico, según la clasificación del clima.

Se deberán analizar los aspectos contaminantes del lugar, con objeto de prevenir y evitar efectos nocivos en los futuros usuarios. Asimismo, se deberá hacer un análisis de los huracanes y los temporales, para considerar en el diseño del fraccionamiento las protecciones adecuadas, según las características del lugar.

II.1.2.3 Topografía y orografía.

Para el diseño de fraccionamientos, se deberá considerar sólo aquellos terrenos que tengan un máximo del 10% de pendientes, pues en los terrenos cuyas pendientes sean mayores se encarecen las redes de infraestructura y las instalaciones de equipamiento urbano, y resultan incosteables para la realización del programa de lotes y servicios.

II.1.2.4 Hidrología.

Se deberá prever que los terrenos elegidos tengan un desalojo adecuado de las aguas pluviales, con el propósito de impedir su estancamiento y evitar futuras inundaciones. Es conveniente que las características de la zona, tanto orográficas como geológicas, permitan la recarga de mantos acuíferos.

II.1.2.5 Geología.

El suelo no deberá ser expansivo, de textura fina principalmente arcillosa, pues su afinidad al agua hará que la absorban y la retengan, con lo cual se expandirá y originará fuertes presiones, las cuales al secarse formarán grutas que provocarán cuarteaduras en las construcciones.

El suelo no deberá ser dispersivo, pues las arcillas se caracterizan por resultar altamente erosionables en presencia del agua y propician la formación de pequeños canales que, a su vez, dan lugar a fallas en forma de tubo, lo cual puede causar hundimientos en las construcciones.

El suelo no deberá ser colapsable, pues al saturarse de agua se producen hundimientos fuertes.

El suelo no deberá ser corrosivo, pues se considera altamente peligroso, por tener la característica química de disolver o atacar al acero y al concreto. Las zonas deberán carecer de fallas geológicas. El subsuelo deberá carecer de alto contenido de agua freática y jaboncillo. El suelo deberá carecer de grutas, cavernas, minas y rellenos.





El suelo no deberá tener salitre, ni arena ni médanos. El suelo no deberá tener características de dureza que encarezcan las cimentaciones, como roca dura, roca viva y pedregales.

II.1.2.6 Límites físicos.

La propiedad no deberá estar dividida en fracciones por umbrales físicos, como barrancas, ríos o vialidades importantes, pues su integración resultaría incosteable. Deberán analizarse las tendencias de crecimiento urbano de la zona.

II.1.2.7 Lineamientos del plan director urbano.

Deberán analizarse los lineamientos establecidos en los planes de desarrollo urbano y reglamentos vigentes que afecten de modo directo al terreno seleccionado, así como estudiar los programas y proyectos de las dependencias oficiales a nivel federal, estatal y municipal.

II.1.2.8 Agua potable.

Proporcionar que la zona quede comprendida dentro de las áreas servidas por la red municipal de agua potable, o que exista la posibilidad de conectarse a ella en condiciones técnicas y económicas satisfactorias. Cuando no exista red de agua potable, el predio podría servirse con el agua del subsuelo extraída en cantidad y calidad suficiente, siempre y cuando no exista deterioro ambiental o disposiciones legales de carácter prohibitivo.

II.1.2.9 Alcantarillado.

La zona en la cual se localicen los terrenos destinados a vivienda deberá tener, preferentemente, la factibilidad de conectarse a la red municipal de alcantarillado. En caso de que la red se encuentre distante, deberá analizarse la factibilidad técnica de conexión en un nivel económico aceptable. Ante la imposibilidad de conexión con el emisor municipal, se deberán presentar algunas otras posibilidades de solución (como las fosas sépticas) y tener cuidado de no perjudicar el ambiente ni la salud de los usuarios.

II.1.2.10 Vialidad.

En la localización del asentamiento se deberá buscar la accesibilidad con respecto a la estructura vial de la localidad. En caso contrario, se buscará que las condiciones físicas de la zona permitan, mediante obras mínimas, su incorporación a la estructura vial.

II.1.2.11 Red de energía eléctrica.

Se deberá realizar un análisis para propiciar que la zona quede dentro de las áreas servidas por la red eléctrica urbana o, en su defecto, que presente características técnicas y económicas propicias para conectar el servicio.





II.1.2.12 Centro de trabajo.

Los ámbitos elegidos deberán tener acceso a las zonas donde se ubican las fuentes de trabajo.

II.1.2.13 Equipamiento urbano.

Deberá realizarse un análisis para establecer las distancias y los tiempos de recorrido entre la zona y los edificios y espacios que integran el equipamiento urbano, como escuelas, centros de salud, edificios recreativos, mercados y espacios libres y recreativos.

II.1.3 Diagnóstico predial.

Para establecer los criterios de selección del sitio a nivel de diagnóstico predial, se deben seleccionar adecuadamente la ubicación y el tamaño de la reserva territorial, de manera que el diseño del fraccionamiento se pueda adaptar satisfactoriamente a los aspectos físicos, naturales y culturales.

Dicho aspecto es importante, ya que el conjunto realizado pasará a ser parte de una unidad integral con su entorno y el contexto urbano. Además, se deberá seleccionar un predio que se adapte a las limitaciones económicas, en función de los costos de urbanización y construcción que se pretendan realizar.

II.1.4 Medio natural como apoyo para el desarrollo urbano.

El medio natural determina en gran medida el uso del suelo, según sus condiciones de seguridad, abrigo y aprovechamiento que puede prestar al hombre. El clima, la estructura geológica y los recursos acuíferos son factores determinantes que afectan la forma de los asentamientos humanos, el uso del suelo, el transporte, los sistemas de abastecimiento de agua potable y drenaje, la salud pública y otros componentes de la comunidad.

Estudiar el medio natural permite analizar la estructura ecológica de la comunidad y hacer una planeación racional. Así, el conocimiento obtenido ayuda a determinar los medios para mejorar las condiciones urbanas existentes, los obstáculos naturales y los factores favorables para el desarrollo en cuestión. El propósito de estudiar el medio natural es obtener la información necesaria que permita analizar la estructura del ambiente geográfico y los cambios que se realizan.

Los elementos más importantes del medio natural más importantes, como relieve, suelo, clima, vegetación, litología e hidrología, se deben analizar para saber cuáles son sus interrelaciones con el medio natural, mediante la influencia directa o indirecta entre cada elemento. Mediante dicho conocimiento se deberán realizar los análisis particulares para detectar los usos potenciales del suelo, entre los cuales cabe mencionar los siguientes: división de la zona de estudio y sus alrededores de acuerdo con sus características físicas, análisis de la hidrología, clima, sismología, contaminación, suelos, vegetación, recursos naturales, geología y topografía.





CAPÍTULO III
PROBLEMÁTICA DE LA URBANIZACIÓN
EN EL ESTADO DE MÉXICO.



III. Problemática de la urbanización en el Estado de México.

La unidad habitacional pasó de moda. La nueva frontera trazada por los desarrolladores inmobiliarios es la de centros urbanos autónomos. Son conjuntos que llegan a tener más de 10,000 casas, rodeados por una barda, con escuelas y centros de recreo dentro y, a un lado, grandes superficies de tiendas comerciales. Proliferan y están cambiando, el patrón urbano y de los negocios, asociado al concepto de las zonas metropolitanas.

Atrás quedaron las unidades habitacionales. El concepto actual que desarrollan los promotores de vivienda son los "conjuntos urbanos", zonas que consideran la edificación de al menos 10,000 viviendas en un mismo lugar. Estas casas o departamentos tienen distintos costos, según la capacidad de pago de los compradores que se agrupan en distintos sectores del mercado.

Estas grandes concentraciones habitacionales que son construidas principalmente en la zona conurbada del valle de México, así como en las ciudades de Puebla, Cancún, Mérida y Morelos, se han convertido en importantes aglomeraciones de población, servicios diversos y negocios. En ellas, se incluye el acceso a escuelas, instalaciones deportivas y viviendas diseñadas para personas de edad avanzada.



Fig. 3.1. Macrounidades habitacionales.





Las casi 10,000 familias que pueden llegar a ocupar estas "pequeñas ciudades" son, por supuesto, un foco de atracción para las tiendas de autoservicio, los almacenes de las cadenas comerciales que se instalan en esos conjuntos y llegan a formar verdaderos centros comerciales.

Aunque uno de los factores que determinan el costo de la vivienda en cada uno de los centros urbanos que se desarrollan está en función del precio de la tierra, también incluyen los servicios que se hacen disponibles. Por ello, los desarrolladores han encontrado que entre mayor sea el número de casas, resulta más fácil prorratear el costo de los servicios. Este es un problema económico que tiende a disminuir el costo promedio de las inversiones.

De acuerdo con especialistas de la construcción y quienes desarrollan los centros comerciales, esta novedosa modalidad de la vivienda en el país responde a la escasez propiciada por años en los que la actividad estuvo alicaída, especialmente luego de la crisis de mediados de los 90. Además, se ha apoyado en la publicación, en 1993, de las reglas para construcción de vivienda en el estado de México. Esta regulación señala que la construcción de casas debe incluir equipamientos, es decir, el mayor número de servicios posibles.

En este concepto de conjunto urbano se contempla la infraestructura municipal de vialidades de acceso a los desarrollos, como en el estado de México, donde se construyeron dos de importancia: la Vialidad Mexiquense, de 18.4 km, planeada como opción a la avenida López Portillo y el Circuito Exterior Mexiquense. La primera comunica los municipios de Cuautitlán Izcalli, Tultitlán, Tultepec, Coacalco y Ecatepec. La segunda, con una extensión inicial de 52 km, enlaza desde Huehuetoca hasta la autopista Peñón-Texcoco.

De manera paralela a la extensa infraestructura de servicios urbanos que se debe proveer, se añaden instalaciones que abarcan desde guarderías y jardines de niños, escuelas primarias, secundarias y preparatorias; centros de integración, capacitación, salud, casas de la tercera edad y, en algunos lugares, se contemplan estaciones de bomberos, casas de la cultura, comandancias de policía, mercados, zonas deportivas y comerciales.

Los analistas atribuyen parte relevante de estos cambios a la orientación del mercado de créditos. Hoy hay más recursos para que más personas compren casa y, por tanto, crece el número de viviendas en conjuntos con mayores concentraciones de población. Así, se trata de combinar las condiciones de habitabilidad y densidad en desarrollos que pese a los servicios que tienen que ofrecer no rebasan los montos que marca el Infonavit para sus créditos.

Ejemplo de estas modalidades de densidad poblacional son los conjuntos ubicados en Tecámac, estado de México. En el fraccionamiento de Héroes de Tecámac se asientan 10,000 viviendas y es una zona en la que se contempla edificar secciones como Las Flores, Bosques y Jardines que superan las 20,000 viviendas.





Para esta misma zona se construirán dos tiendas Aurrerá, Wal-Mart y Suburbia, así como locales comerciales que faciliten a los residentes cubrir sus demandas en lugares cercanos. Es una suerte de mercado cautivo que tiene, por supuesto, un atractivo económico para las cadenas mercantiles.

ARA, empresa que participa activamente en la construcción de viviendas, invirtió cerca de mil millones de pesos en 2006 para tres nuevos centros comerciales, los cuales están situados en Ixtapaluca, Tijuana y Puebla. Estos se suman al que recientemente inauguró en Ecatepec, denominado Centro Las Américas.

El consorcio incursionará en la construcción de los centros comerciales, porque considera que es un mecanismo para vender casas con proyectos complementarios que integran un negocio más completo, un incentivo para los compradores.

III.1 La otra cara de las pequeñas ciudades.

La política de vivienda se ha convertido más bien en un esquema de financiamiento. La parte fundamental de la planeación estrictamente urbana tiende a pasar a segundo plano y los servicios que debe proveer la autoridad municipal a estas grandes concentraciones de población empiezan a fallar. Esto ocurre con los servicios esenciales, como el agua y la recolección de basura. Esas grandes unidades habitacionales se convierten en una bomba de tiempo, donde el único que gana es el desarrollador de la vivienda.

La disponibilidad de casas se aleja cada vez más de las ciudades, y a ello contribuye el menor costo de los terrenos. Pero ese alejamiento representa mayores costos para las familias, en términos de transporte y desplazamientos para desempeñar sus actividades. Estas "son externalidades negativas que se transfieren al que compra. Los créditos hipotecarios para estas viviendas son los únicos accesibles y lo que ahí se vende son, precisamente, los créditos, no la calidad".

El descenso de población en algunas zonas de la ciudad de México, por el encarecimiento de las viviendas, genera la oportunidad para los centros comerciales de ubicarse en las nuevas plazas de urbanización, como en Ixtapaluca o Ecatepec. Lo cierto es que "de ninguna manera son como los de Perisur, sino que tienen otro contenido, buscan las grandes concentraciones para acrecentar los volúmenes de venta y la rentabilidad".

Esta oferta de vivienda pone en cuestión el tema de la calidad de vida de los pobladores. De acuerdo con Serafín Mercado, investigador en materia de convivencia en unidades habitacionales de la Facultad de Psicología de la UNAM, existen dos problemas: el hacinamiento en cada casa y el malestar por el gran número de ellas que hay en un lugar.





"Hay estudios que muestran claramente que es importante para los individuos el tamaño de las viviendas y la diversidad de habitaciones; obviamente ambos factores están relacionados con la convivencia y la necesidad de espacio que cada uno de los habitantes requiere. De lo contrario hay un deterioro familiar que desata problemas sociales que afectan a toda una comunidad", explica.

Aunque la propuesta de los desarrolladores sea ofrecer "todos" los servicios, "nunca se podrían alcanzar todos los necesarios en este tipo de aglomeraciones. Las zonas de movilidad de la gente son, principalmente, el área de la vivienda y donde se trabaja; de tal suerte que la vida comunitaria puede ser muy intensa, pero depende mucho de la calidad del diseño urbano".

Para los especialistas, la política de vivienda que se aplica actualmente está invirtiendo la lógica; es decir, donde hay servicios no se ofrece vivienda y donde no los hay se construyen las nuevas casas, el servicio va llegando con el tiempo y las áreas centrales en este esquema se encarecen mucho. La expansión horizontal de los asentamientos humanos significa ahora ir más lejos, a mayor costo, más tiempos muertos entre los períodos de traslado y eso, al final, afecta la competitividad de los habitantes del conjunto urbano.





CAPÍTULO IV

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.



IV. Tratamiento de aguas residuales.

Cuando la gente logró obtener un suministro constante de agua en su casa, también tubo la necesidad de desalojarla, así dio inicio la construcción de drenajes, los cuales datan de la época de los romanos. En especial, la aparición del excusado moderno, que emplea y desaloja grandes cantidades de agua, condujo a que se emplearan los cauces naturales y los drenajes pluviales artificiales como medio de desalojo. Así, a finales del siglo XIX, prácticamente todas las ciudades contaban con drenajes combinados que desembocaban en cuerpos de agua (ríos, lagos, estuarios), este fue el modo inicial de contaminar los recursos hidráulicos.

El tratamiento de agua residual se inicio con su desarenación para evitar el azolvamiento de las conducciones, pasando al nivel de tratamiento secundario cuando la capacidad de autodepuración de los cuerpos receptores (de tipo superficial) fue sobrepasada. Entre los primeros procesos aplicados destaco el filtro percolador que se creía realizaba la separación física de contaminantes y, posteriormente, se descubrió, en Inglaterra, su acción biológica. El diseño de los sistemas de tratamiento fue un procedimiento empírico hasta la mitad del siglo XX, cuando aparecen varias teorías científicas para su explicación y diseño.

En México, en la segunda mitad del siglo XVIII era común el uso de letrinas, principalmente, en la capital del virreinato. Éstas se construían en sitios públicos, y por razones higiénicas se dispuso estuvieran separadas las de hombres de las de mujeres. Las letrinas debían limpiarse todos los días y arrojar las excretas en los tiraderos públicos. Gran número de ellas se establecieron en las orillas de las acequias afectando el ambiente, por lo que el gobierno inicio una campaña para suprimirlas. En ausencia de letrinas, muchos pobladores recurrieron directamente a las acequias como lugar para sus evacuaciones, iniciándose así el empleo de los cuerpos de agua como drenaje.

Ladrón de Guevara aconsejo al virrey, Manuel Antonio Flores, en 1788, obligar a los propietarios de las casas y escuelas a instalar letrinas conectadas con la red de albañales, siendo el Ayuntamiento el responsable de la forma de construirlas y su ubicación. El 31 de agosto de 1792, se publico el bando que pedía construir letrinas de caja y pozo profundo. Así, México fue, desde el siglo XVI de los pocos países que introdujo redes subterráneas, a pesar de la horizontalidad del terreno que provocaba baja velocidad del agua, ya que esta tardaba más de ocho horas en pasar de la Viga a la compuerta de San Lázaro. Pronto, se vio que los conductos subterráneos eran incapaces de recibir el agua de lluvia debido a que estaban continuamente tapados con lodo. En cuanto a plantas de tratamiento de agua residual, las primeras se construyeron en la segunda mitad del siglo XX.

Hasta el año 1956 se construye la primera planta tratadora de aguas residuales en la ciudad de México emplazada cerca de Chapultepec; en 1958 en la Ciudad Deportiva de la Delegación Iztacalco; en 1959 en Xochimilco; en 1964 en San Juan de Aragón de la Delegación Gustavo A. Madero; en 1971 en el Cerro de la Estrella en Iztapalapa y en 1973 en Bosques de las Lomas de la Delegación Miguel Hidalgo.



Tabla 4.1. Primeras depuradoras.

Depuradoras	Año	Capacidad Instalada L/s	Capacidad de Aprovechamiento L/s
Chapultepec	1956	160	160
Ciudad Deportiva	1958	230	230
Xochimilco	1959	1250	0
San Juan de Aragón	1964	500	300
Cerro de la Estrella	1971	2000	1800
Bosque de las Lomas	1973	55	22

Fuente: DGCOH (1995) y CNA (1996)

Actualmente se han puesto en marcha más plantas de tratamiento en el Distrito Federal debido a la creciente demanda por el aumento de la población, y hasta 2005 se contaba con 25 plantas de tratamiento.

Aún así los volúmenes del agua por tratar son mayores a la capacidad de las plantas de tratamiento instaladas, y por los colectores profundos se envía agua con alta contaminación, la cual reciben los estados de México e Hidalgo para el riego de sus campos agrícolas.

IV.1 Importancia del tratamiento de aguas residuales.

Como es sabido por todos los que trabajan en saneamiento Ambiental, el problema de las aguas residuales es muy importante, pues tiene varios aspectos nocivos y de aprovechamiento racional.

Los aspectos nocivos se centran principalmente al daño provocado en el medio ambiente, lo cual redundará en contra de la salud humana. Al practicar el fecalismo al aire libre o descargar aguas residuales crudas en el suelo o cuerpos receptores se está propiciando la contaminación del medio ambiente, con el consiguiente peligro de provocar no solo enfermedades de tipo gastrointestinal, sino que también dermatitis e infecciones en los ojos.

Al contaminar las aguas receptoras se eliminan muchos usos adecuados que se les puede dar, como son el abastecimiento a poblaciones, los desarrollos turísticos, pesqueros, deportes acuáticos, balnearios, etc., sin contar con el riego de cultivos, el cual deberá hacerse con agua en buenas condiciones sanitarias.



Tabla 4.2. Contaminantes convencionales.

Contaminantes	Razón de la importancia
Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden conducir al desarrollo de depósitos de lodo y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, la mayoría de las veces, en términos de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y de DQO (demanda química de oxígeno). Si se descarga al entorno sin tratar, su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Pueden causar enfermedades contagiosas como cólera, disentería, hepatitis ya que están presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden llevar el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden conducir a la contaminación del agua subterránea.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a revestir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, fenoles, y plaguicidas agrícolas.
Metales pesados	Los metales pesados son añadidos frecuentemente al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales y pueden ser eliminados si se va a reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como resultado del uso del agua y puede que deban eliminarse si se va a reutilizar el agua residual.



Es por esta razón que surge la necesidad de darle un tratamiento adecuado a las aguas residuales retirándole la mayor cantidad de impurezas posible con la finalidad de poder darle un reúso apropiado sin tener que recurrir al uso exagerado de agua potable.

Las aguas residuales municipales son el producto de agua potable más impurezas debidas a los usos domésticos, de oficinas, comercios, restaurantes, etc., sin contar con las descargas de las industrias. Sus características principales se deben a los usos de lavado de ropa, muebles, utensilios, etc., baño personal, descarga de materia fecal y orina, sólidos gruesos, derivados muchas veces de basura domestica, orgánica e inorgánica, tierra del barrido de calles y patios de las casas, etc.

IV.2 Clasificación de aguas contaminadas.

Un agua contaminada es aquella que contiene un exceso de materia o energía (calor) que provoque daño a los humanos, animales, plantas y bienes, o bien, que perturbe negativamente las actividades que normalmente se desarrollan cerca o dentro del agua. El agua tiene una composición precisa (H_2O) y, por lo tanto, es fácil identificar los compuestos ajenos a ella. El origen de la contaminación es muy variado pero existen tres fuentes importantes de aguas contaminadas las cuales son:

- Actividades domesticas.
- Actividades industriales.
- Actividades agrícolas.

IV.2.1 Aguas residuales domésticas.

Este es el nombre dado al agua de desecho generada en las casas habitación. Presenta variaciones y fluctuaciones en el gasto y la composición a lo largo del día y del año, debido a las actividades hogareñas. Los constituyentes que estas contienen son analizados rutinariamente y, en el pasado, se creía que estos eran suficientes para caracterizar el agua residual, pero a medida que avanzó el conocimiento de la química y de la microbiología se puso de manifiesto la importancia de realizar análisis más completos.

Tabla 4.3. Características de la calidad de agua residual en poblaciones entre 2500 y 10000 habitantes

Parámetro	Concentración
pH	7.1
T (°C)	20
DBO (mg/L)	238
Sólidos sedimentables (mg/L)	5.9
Coliformes totales (NMP/100mL)	70×10^6



Tabla 4.4. Características de la calidad del agua residual en poblaciones mexicanas mayores de 10000 habitantes.

Parámetro	Media ¹	Limite Inferior ¹	Limite Superior ¹
pH (potencial hidrogeno)	7.5	6.8	8.2
T °C (temperatura)	21.6	17.7	25.6
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	244	192	296
DQO (demanda química de oxígeno)	508	425	591
SSe (sólidos sedimentables)	5.0	2.7	7.3
G y A (grasas y aceites)	85	55	108
ST (sólidos totales)	1191	915	1468
SST (sólidos suspendidos totales)	211	164	258
SDT (sólidos disueltos totales)	981	755	1207
SSV (sólidos suspendidos volátiles)	140	108	172
SSF (sólidos suspendidos fijos)	97	39	154
SDV (sólidos disueltos volátiles)	340	193	487
SDF (sólidos disueltos fijos)	655	292	1017
Color (unidades Pt-Co)	215	110	540
Coliformes (NMP/100mL)	6X10 ⁸	-	11.6X10 ⁸
Coliformes fecales (NMP/100mL)	1.6X10 ⁸	-	6.6X10 ⁸
N-NO ₃ (nitratos)	0.5	-	0.9
Fenoles	0.1	-	-
N-NH ₃ (amoníaco)	19.3	14.5	24.2
N-total (nitrógeno total)	39.3	29.4	49.2
N-orgánico (nitrógeno orgánico)	17.2	12.0	22.4
N-NO ₂ (nitritos)	0.5	-	-
Cloruros (Cl)	141	60	223
PO ₄ (fosfatos totales)	23.0	8.8	37.5
P total (fosforo total)	17.0	1.5	32.5
P orgánico (fosforo orgánico)	3.0	-	-
P inorgánico (fosforo inorgánico)	8.8	-	-
Alcalinidad (como CaCO ₃)	323	145	501
C.E. (conductividad eléctrica mhos/cm)	1558	1162	1954
SAAM (detergentes)	13.5	4.4	22.6
SO ₄ (sulfatos)	242	-	501.0
RAS (relación de adsorción de sodio)	5.1	0.6	9.5
Boro	3.1	-	8.5

¹Concentracion en mg/L, excepto donde se indique.

Nota: en las características presentadas no se incluyen las ciudades del noroeste de México, en las cuales existe intrusión salina en el agua de abastecimiento y, por consiguiente, aumentan sensiblemente las concentraciones de sales en el agua residual. Descargas puntuales. Las primeras corresponden a las redes de drenaje y es posible localizarlas geográficamente y cuantificarlas fácilmente. Por ello, su caracterización es fácil. Las descargas puntuales se pueden controlar fácilmente ya que es posible conducir las a una planta de tratamiento o zona de reúso.



En las poblaciones mexicanas de entre 2,500 y 10,000 habitantes, el volumen promedio de descarga es de 200 L/hab con las características que se presentan en las tablas. De acuerdo con la CNA, se generan 3, 600,000 ton de DBO/año. Lo anterior, sin considerar la aportación de descargas no puntuales.

IV.2.2 Aguas residuales industriales.

Son las descargas líquidas que provienen de la industria y cuyas características dependen de la naturaleza de la fábrica. Cabe mencionar que, en ocasiones, éstas no contienen agua (en algunos casos, por ejemplo, se vierten disolventes). En la industria, el tratamiento de agua residual tiene dos objetivos: abatir, en lo posible, la contaminación admisible en las plantas que tratan el agua del drenaje y cumplir con los estándares de calidad, que en México están dados por la Condiciones Particulares de Descarga o la Norma Oficial Mexicana correspondiente. Es muy importante que las empresas comprendan que el control de la contaminación del agua en las industrias implica más allá del tratamiento e incluye:

- La separación de circuitos.
- El reciclaje de la mayor cantidad de agua posible.
- La recuperación de elementos valorizables.

Los efluentes industriales tienen características y volúmenes muy variables, dependen tanto del proceso como la hora del día o la estación del año. Incluso, dentro de un mismo ramo de fabricación se presentan marcadas variaciones. Es necesario conocer el proceso de fabricación y establecer un diagrama de flujo, referente al agua, en el cual se indique caudal, características, presión y temperatura. De esta manera, se pueden determinar fácilmente las fuentes de contaminación, las posibilidades de recirculación del líquido, la conveniencia de reorganizar el diagrama y fomentar el ahorro. Los principios esenciales que intervienen para la economía y la preservación de la calidad del agua son:

1.- **Recuperación de elementos valorizables.** Muchos de los contaminantes del agua industrial son materia prima o producto, por lo que recuperarlos, tanto del agua como de los lodos generados, mediante tratamiento puede resultar económicamente interesante.

2.- **Separación de circuitos.** Es necesario insistir sobre el inconveniente de mezclar las aguas de diversas etapas, por ejemplo, las contaminadas con las de buena calidad (como son las de enfriamiento), ya que sólo encarecen el sistema de tratamiento. De igual forma, el mezclar aguas ácidas con alcalinas, con la idea de que se neutralizan, puede provocar la reacción de componentes o la formación de interferencias para el tratamiento. También, aguas cargadas con materia orgánica con aquellas que contienen material disuelto impiden, por lo general, la aplicación de técnicas de menor costo.



IV.2.3 Aguas residuales de retorno agrícola.

El principal elemento que presenta este tipo de aguas son los plaguicidas, los cuales han ayudado a la humanidad en el control de plagas, pero también han causado un gran número de alteraciones, como son el cáncer, mutaciones y abortos espontáneos. Los plaguicidas y productos químicos agrícolas no son constituyentes comunes de las fuentes puntuales de contaminación, sino que suelen incorporarse como consecuencia de escurrimientos de parques, campos agrícolas y tierras abandonadas. Las concentraciones de estos productos químicos pueden dar como resultado la muerte de peces, contaminación de la carne de pescado y el deterioro del suministro de agua.

En México no existen normas para el control de los agroquímicos en las descargas por fuentes dispersas. La Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (Cicoplafest) se limita a controlar y normalizar la comercialización de estos productos con la finalidad de evitar que la aplicación indiscriminada ocasione daños al ambiente y a la salud del hombre.

En 1992, un estudio realizado concluyó que las regiones donde se comercializa el mayor número de plaguicidas son: Sinaloa, Michoacán, Sonora, la Comarca Lagunera y Tamaulipas, dada su importancia agrícola.

Los procesos que ocurren entre las sustancias químicas de las descargas agrícolas y el suelo son muy variables, entre los principales se citan los siguientes:

- Interacción entre las sustancias presentes en el agua con la cobertura vegetal.
- Consumo de sustancias por organismos presentes en el terreno y liberación de metabolitos por parte de éstos.
- Volatilización, pérdida de sustancias por acción del viento.
- Transferencia de compuestos hasta los cuerpos de agua superficial (parte de la sustancia aplicada es adsorbida en las partículas del suelo y con ellas son transportadas por el escurrimiento superficial).

El control de los retornos agrícolas es muy difícil y está asociado con políticas adecuadas de cultivo y planeación de las actividades relacionadas con los asentamientos humanos y actividades agrícolas. Es decir, al desarrollo de políticas de uso del agua y del suelo.



IV.3 Descargas residuales.

Para determinar una descarga de agua residual son necesarios dos aspectos: cantidad y calidad.

IV.3.1 Cantidad de agua de descarga.

Es importante cuantificar el agua de desecho para dimensionar el sistema de drenaje y de depuración de agua residual. Es muy difícil establecer la cantidad de agua residual producida, ya que depende del consumo per cápita, del volumen desalojado por las industrias y de la eficiencia de la red colectora. En México no hay valores guías de producción, por lo tanto, se acostumbra calcular a partir de la dotación y de un factor de captación que varía entre 0.65 y 0.75. La incertidumbre es aún mayor cuando la red de drenaje es combinada, es decir, que además del agua de desecho conduce agua de lluvia.

IV.3.2 Calidad de las descargas.

Depende de su origen y se distinguen tres tipos: puntuales, accidentales y dispersas. Se considera que las fuentes puntuales son más fáciles de controlar debido a que se conoce su localización y, por tanto, se facilita el muestreo, la cuantificación y el análisis. Generalmente, éstas se generan en la industria o en los municipios. Las dispersas, en cambio, son de difícil control y provienen de retornos agrícolas, silvicultura, lixiviados de residuos y desechos sólidos, erosión, drenados de minas, lavado de contaminación atmosférica, falta de drenaje, fugas y fosas sépticas. En el primer caso, el avance que ha efectuado el gobierno mexicano en materia de normatividad ha sido importante pero, en el segundo, la reglamentación, o tan sólo su conocimiento, es prácticamente nulo. Por último, las descargas accidentales son casi imposibles de cuantificar, pues como su nombre lo indica ocurren aleatoriamente.

IV.4 Clasificación de los compuestos presentes en el agua.

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es esencial para el proyecto de las instalaciones de captación, tratamiento y evacuación, y para la gestión de calidad del medio ambiente. Con estas características se puede determinar qué tipo de tratamiento es el más adecuado que se le puede dar al agua residual, esto depende también del uso que se le quiera dar al agua tratada (riego, usos recreativos, uso municipal, etc.).

IV.4.1 Clasificación de acuerdo con su naturaleza.

Se distinguen los contaminantes en químicos, biológicos y físicos.

- **Químicos.** Los compuestos químicos provienen de los drenados de mina, desechos solubilizados de la agricultura, derrames de petróleo, plaguicidas, aguas residuales municipales, desechos líquidos industriales y compuestos radiactivos.



Producen diversos efectos y pueden ser de origen natural o sintético. Algunos son desechados directamente, otros, se forman por la reacción entre diferentes compuestos del agua y, por último, una pequeña fracción se forma durante el procesamiento del agua. Entre estos últimos se encuentran los organoclorados (tetracloruro de carbono y cloroformo, principalmente) que se forman durante la desinfección del agua con cloro.

- **Biológicos.** Son seres vivos que provocan enfermedades en el hombre u otras especies. Las más comunes en el hombre son la tifoidea, la salmonelosis, disentería, cólera y helmintiasis. Los agentes que las causan entran al agua a través de las heces fecales de humanos o animales. Para tener una idea de la magnitud de este problema, se estima que un 80% de las enfermedades, y más de 1/3 de los fallecimientos en países en vías de desarrollo, se debe al consumo del agua contaminada.
- **Físicos.** Son alteraciones de las propiedades físicas del agua, tales como la temperatura, color, etc. Su origen y efecto son diversos.

IV.4.2 Clasificación de acuerdo con el tamaño.

Según la medida del contaminante, existe:

- **Materia suspendida.** Corresponde a moléculas en fase dispersa con diámetro equivalente entre 1 y 100 μm .
- **Materia coloidal.** Es materia suspendida con características similares a la materia disuelta. Tiene diámetro equivalente entre 10^{-3} y 1 μm y se caracteriza por ser de sedimentación muy lenta.
- **Materia disuelta.** Son moléculas o iones disueltos con diámetro equivalente entre 10^{-5} y 10^{-3} μm .

En general, la dificultad para eliminar los contaminantes es de mayor a menor en este orden: disueltos, coloidales y suspendidos.

IV.4.3 Clasificación de acuerdo al grupo al que pertenece.

Esta clasificación tiende a agrupar compuestos similares, independientemente de sus efectos o fuentes. Los grupos más comunes que se distinguen son los que se mencionan en la siguiente tabla.



Tabla 4.5. Clasificación por grupo.

Biológicos
Bifenilos policlorados
Compuestos orgánicos biodegradables
Orgánicos refractarios
Detergentes
Éteres
Fenoles
Hidrocarburos
Metales
No metales
Nutrientes (N y P)
Plaguicidas radiactivos radicales (CN ⁻)

IV.5 Procesos de tratamiento.

IV.5.1 Pretratamiento de las aguas.

En esta etapa, los materiales gruesos son eliminados del caudal contaminado por medio de enrejados o mallas muy gruesas. No se considera como un sistema purificador, sino como la preparación de las aguas contaminadas para ser tratadas.

IV.5.2 Tratamiento primario.

Las aguas residuales que entran en una depuradora aún contienen materiales que podrían atascar o dañar las bombas y la maquinaria. Estos materiales se eliminan por medio de enrejados o barras verticales, y se queman o se entierran tras ser recogidos manual o mecánicamente. El agua residual pasa a continuación a través de una trituradora, donde las hojas y otros materiales orgánicos son triturados para facilitar su posterior procesamiento y eliminación.

IV.5.2.1 Cámara de arena.

En el pasado, se usaban tanques de deposición, largos y estrechos, en forma de canales, para eliminar materia inorgánica o mineral como arena, sedimentos y grava. Estas cámaras estaban diseñadas de modo que permitieran que las partículas inorgánicas de 0,2 mm o más se depositaran en el fondo, mientras que las partículas más pequeñas y la mayoría de los sólidos orgánicos que permanecen en suspensión continuaban su recorrido. Hoy en día las más usadas son las cámaras aireadas de flujo en espiral con fondo en tolva, o clarificadores, provistos de brazos mecánicos encargados de raspar. Se elimina el residuo mineral y se vierte en vertederos sanitarios. La acumulación de estos residuos puede ir de los 0,08 a los 0,23 m³ por cada 3,8 millones de litros de aguas residuales.



IV.5.2.2 Sedimentación.

Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento industrial incorporando procesos llamados coagulación y floculación químicas al tanque de sedimentación. La coagulación es un proceso que consiste en añadir productos químicos como el sulfato de aluminio y el cloruro férrico a las aguas residuales; esto altera las características superficiales de los sólidos en suspensión de modo que se adhieren los unos a los otros y precipitan. La floculación provoca la aglutinación de los sólidos en suspensión debido a la adición de polielectrolitos. Ambos procesos eliminan más del 80% de los sólidos en suspensión.

IV.5.2.3 Flotación.

Una alternativa a la sedimentación, utilizada en el tratamiento de algunas aguas residuales, es la flotación, en la que se fuerza la entrada de aire en las mismas, a presiones de entre 1,75 y 3,5 kg por cm². El agua residual, supersaturada de aire, se descarga a continuación en un depósito abierto. En él, la ascensión de las burbujas de aire hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie, de donde son retirados. La flotación puede eliminar más de un 75% de los sólidos en suspensión.

IV.5.2.4 Digestión.

La digestión es un proceso microbiológico que convierte el lodo, orgánicamente complejo, en metano, dióxido de carbono y un material inofensivo similar al humus. Las reacciones se producen en un tanque cerrado o digestor, y son anaerobias, esto es, se producen en ausencia de oxígeno. La conversión se produce mediante una serie de reacciones. En primer lugar, la materia sólida se hace soluble por la acción de enzimas. La sustancia resultante fermenta por la acción de un grupo de bacterias productoras de ácidos, que la reducen a ácidos orgánicos sencillos, como el ácido acético. Entonces los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias. Se añade lodo espesado y calentado al digestor tan frecuentemente como sea posible, donde permanece entre 10 y 30 días hasta que se descompone. La digestión reduce el contenido en materia orgánica entre un 45% y un 60%.

IV.5.2.5 Desecación.

El lodo digerido se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación. El secado al aire requiere un clima seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima, y algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos de arena.



El lodo desecado se usa sobre todo como acondicionador del suelo; en ocasiones se usa como fertilizante, debido a que contiene un 2% de nitrógeno y un 1% de fósforo.

IV.5.3 Tratamiento secundario.

Una vez eliminados de un 40 a un 60% de los sólidos en suspensión, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua. Por lo general, los procesos microbianos empleados son aerobios, es decir, los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto. El tratamiento secundario supone, de hecho, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos. En presencia de oxígeno, las bacterias aerobias convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos. La producción de materia orgánica nueva es un resultado indirecto de los procesos de tratamiento biológico, y debe eliminarse antes de descargar el agua en el cauce receptor. Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario, incluyendo el filtro de goteo, el lodo activado y las lagunas.

IV.5.3.1 Filtro por goteo.

En este proceso, una corriente de agua residual se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes depuradores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua.

IV.5.3.2 Fango o lodo activado.

Se trata de un proceso aerobio en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas floc, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas como una sustancia gelatinosa. El floc absorbe la materia orgánica y la convierte en compuestos más simples como CO_2 , NO_3 y SO_4^{2-} . Un importante acompañante en toda planta que use lodo activado o un filtro de goteo es el clarificador secundario, que elimina las bacterias del agua antes de su descarga.

IV.5.3.3 Estanque de estabilización o laguna.

Otra forma de tratamiento biológico es el estanque de estabilización o laguna, que requiere una extensión de terreno considerable y, por tanto, suelen construirse en zonas rurales. Las lagunas opcionales, que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0,6 a 1,5 m y una extensión superior a una hectárea. En la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aerobia, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal.



IV.5.4 Tratamiento terciario y avanzado de las aguas residuales.

Si el agua que ha de recibir el vertido requiere un grado de tratamiento mayor que el que puede aportar el proceso secundario, o si el efluente va a reutilizarse, es necesario un tratamiento avanzado de las aguas residuales. A menudo se usa el término tratamiento terciario como sinónimo de tratamiento avanzado, pero no son exactamente lo mismo. El tratamiento terciario, o de tercera fase, suele emplearse para eliminar el fósforo, mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente eliminando los contaminantes recalcitrantes. Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión. Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis. La eliminación del amoníaco, la desnitrificación y la precipitación de los fosfatos pueden reducir el contenido en nutrientes. Si se pretende la reutilización del agua residual, la desinfección por tratamiento con ozono es considerada el método más fiable, excepción hecha de la cloración extrema. Es probable que en el futuro se generalice el uso de estos y otros métodos de tratamiento de los residuos a la vista de los esfuerzos que se están haciendo para conservar el agua mediante su reutilización.

IV.5.5 Vertido del líquido.

El vertido final del agua tratada se realiza de varias formas. La más habitual es el vertido directo a un río o lago receptor. En aquellas partes del mundo que se enfrentan a una creciente escasez de agua, tanto de uso doméstico como industrial, las autoridades empiezan a recurrir a la reutilización de las aguas tratadas para rellenar los acuíferos, regar cultivos no comestibles, procesos industriales, recreo y otros más. En un proyecto de este tipo, en la Potable Reuse Demonstration Plant de Denver, Colorado, el proceso de tratamiento comprende los tratamientos convencionales primario y secundario, seguidos de una limpieza con cal para eliminar los compuestos orgánicos en suspensión. Durante este proceso, se crea un medio alcalino (pH elevado) para potenciar el proceso. En el paso siguiente se emplea la recarbonatación para volver a un pH neutro.

A continuación se filtra el agua a través de múltiples capas de arena y carbón vegetal, y el amoníaco es eliminado por ionización. Los plaguicidas y demás compuestos orgánicos aún en suspensión son absorbidos por un filtro granular de carbón activado. Los virus y bacterias se eliminan por ozonización. En esta fase el agua debería estar libre de todo contaminante pero, para mayor seguridad, se emplean la segunda fase de absorción sobre carbón y la ósmosis inversa y, finalmente, se añade dióxido de cloro para obtener un agua de calidad máxima.

IV.6 Importancia del reúso de agua tratada.

Éste permite compaginar las necesidades de desarrollo planteadas por la industria, la agricultura y los asentamientos humanos, en lugares donde escasea el agua. Para propiciar el reúso, el gobierno debe desarrollar criterios estrictos de descarga de agua residual pero, principalmente, cobrar el precio “real” del agua, es decir, que incluya los costos de:





disponibilidad, extracción, potabilización, transporte, distribución, drenaje, tratamiento y disposición. Con ello, es fácil modificar la actitud del público, el cual pasa de la indiferencia a la concientización de su responsabilidad en la preservación del recurso.

El reúso es una práctica muy antigua, que se daba en forma inconsciente. La necesidad del reúso intencional aumenta día con día en diversas regiones del mundo. Esta es la clave para el manejo eficiente y efectivo del recurso hídrico. En algunos países, como Estados Unidos, los requerimientos de descarga propician que muchas veces resulte rentable el reúso y no el tratamiento del agua para desecharla, pero en otros, simplemente es la escasez la que crea la necesidad.

Durante mucho tiempo se consideró al mar como fuente potencial inagotable de agua pero, actualmente, se sabe que el agua residual doméstica contiene menos del 1% de impurezas, las cuales pueden ser eficientemente removidas mediante procesos avanzados.

El agua de mar contiene 3.5% de sales disueltas (íntimamente ligadas con las moléculas del agua), además de materia orgánica. De esta forma, el costo de desalación rebasa el reacondicionamiento del agua residual doméstica. Así, en áreas donde el agua es escasa, las descargas residuales del tipo doméstico son usadas ampliamente en la agricultura, la industria y para recarga de acuíferos.

IV.6.1 Reúso municipal.

Se distinguen dos niveles de calidad: el que requiere agua de muy buena calidad para emplearla en el consumo humano o recarga de acuíferos y, el segundo, de bajo nivel para riego de áreas verdes, relleno de lagos recreativos, abastecimiento de fuentes de ornato, lavado de calles, control de incendios y limpieza de maquinaria de recolección de basura.

IV.6.2 Riego de áreas verdes o parques

La reutilización del agua residual doméstica con fines de riego de áreas verdes o usos recreativos es posible mediante tratamiento de escala secundaria. El principal factor de control es la prevención del contacto humano durante la etapa de riego y, si hay estancamiento de agua en los conductos, se debe filtrar previamente.

IV.6.3 Control de incendios.

Es una opción sencilla de reúso ya que, incluso, se puede emplear agua residual sin tratar, pero, en lo que concierne al sistema de distribución y almacenamiento, es complejo, debido a los problemas de taponamiento y azolve. Además, dada la aleatoriedad de la demanda, el transporte se debe efectuar mediante tanques-cisterna, con el problema de que es necesario equipo especializado de bombeo para suministrar la presión requerida.



IV.6.4 Usos recreativos.

Estos comprenden el llenado de lagos para pesca, navegación e, inclusive, natación; eventualmente, pueden emplearse para abastecimiento. En el aspecto económico, el empleo del agua para actividades recreativas es costosa, debido a la necesidad de un tratamiento seguro (cuyo grado depende del nivel de contacto que se tenga con el usuario) y su transporte, contra una serie de beneficios que son difíciles de cuantificar en términos económicos.

Para la práctica de deportes acuáticos se procura la ausencia de sustancias tóxicas que puedan, por ingestión o contacto, causar irritación o enfermedades. En cuanto a la pesca, es imposible establecer criterios universales debido a que son función de las especies y su edad. Los parámetros que se deben controlar son el OD, pH, CO₂ libre, nitrógeno amoniacal, sólidos suspendidos, temperatura y metales pesados.

IV.6.5 Recarga del acuífero.

La recarga permite restablecer un manto que está explotado excesivamente, controlar o prevenir hundimientos del terreno, o bien, evitar, con costo bajo, la intrusión salina. Además, permite el rebombeo de agua tratada durante la infiltración y su posterior empleo para fines diversos. La recarga de los acuíferos se logra mediante percolación desde la superficie o por inyección directa.

IV.6.6 Reúso para consumo humano.

Técnicamente, el agua residual puede ser empleada para el consumo humano en dos formas. La primera consiste en tratarla mediante un proceso secundario e inyectarla a un acuífero de abastecimiento. El afinamiento de la calidad del agua se logra mediante el tratamiento natural por un largo período dentro del manto freático. La segunda forma consiste en tratar el agua residual con procesos avanzados hasta obtener el grado de potable. A este procedimiento se la llama “ciclo cerrado”, ya que se refiere al hecho de completar el ciclo ecológico del agua.

IV.6.7 Reúso agrícola.

Comúnmente, el agua residual doméstica con o sin tratamiento se emplea para este fin. En regiones áridas o semiáridas, el riego con aguas negras es una costumbre añeja que tiene la ventaja de reaprovechar los nutrientes de ésta en los cultivos, evitar la contaminación de cuerpos de agua superficial y dar tratamiento a la contaminada.

La eficiencia del tratamiento secundario en eliminación de patógenos es similar al efecto del suelo, por ello, se considera conveniente emplear efluentes tratados solo en nivel primario o primario avanzado. El tratamiento de nivel secundario también se puede emplear para el agua, pero pierde, en mayor medida, su capacidad de fertilizante.



IV.6.8 El reúso agrícola en México.

El uso de agua residual para riego agrícola en México tiene origen a partir de la construcción de una salida para las aguas residuales del valle de México. En 1890 se comenzó a aprovechar esta agua en la agricultura en la región del Valle del Mezquital; a la fecha, se irrigan 85,000 ha, tanto en este lugar como en el valle de México, y es el distrito de riego más grande del mundo que emplea agua residual. Otros distritos de riego son Valsequillo, Puebla; Tulancingo, Hidalgo y Ciudad Juárez, Chihuahua.

Tabla 4.6. Aumento de la productividad por el empleo de agua residual en el riego en México.

Cultivo	Rendimiento en ton/ha		% de Cambio
	Aguas Negras	Aguas Blancas	
Alfalfa	120	70	71
Maíz	5	2	150
Trigo	3	1.8	67
Cebada	4	2	100
Avena para forraje	22	12	83
Tomate	35	18	94
Chile	12	7	71

En México, las aguas residuales de muchas ciudades fueron concesionadas a los agricultores antes que la Ley Federal de Derechos del Agua las especificara y regulara como tales. Dada la preferencia de los agricultores por aguas negras sobre el agua clara, por su calidad fertilizante, la práctica común y extensiva es la de aprovechar las aguas residuales en el riego de productos agrícolas sin que exista, aparentemente, ningún control de tipo sanitario; de ahí que se ha planteado la necesidad de elaborar y aplicar criterios, reglamentos y normas para el uso y aprovechamiento de dichas aguas.

Las primeras normas en este sentido fueron las NTE-CCA-032-ECOL/1993 y la NTE-CCA-033-ECOL/1993, que establecían el uso de aguas residuales en riego agrícola. Actualmente, la NOM-003-ECOL/1997 regula esta práctica.

IV.7 Enfermedades ocasionadas por el uso de agua residual en la agricultura.

Las frutas y hortalizas frescas son una fuente importante de nutrientes y antioxidantes que ayudan a prevenir diversas condiciones, como cáncer y enfermedades cardiovasculares. Debido a esto, en varios países se ha incrementado el consumo de productos hortofrutícolas frescos. También se ha observado un incremento del número de enfermedades transmitidas por alimentos, que pueden ser contaminados con microorganismos patógenos durante el riego, cosecha, procesamiento y distribución.



El agua puede transmitir diversos microorganismos en los que se pueden incluir variedades patógenas de *Escherichia coli*, especies de *Listeria*, *Salmonella*, así como protozoarios y virus. Algunos estudios realizados en diferentes países indican que el uso de aguas no tratadas para la irrigación de hortalizas, es la práctica que más influye y en consecuencia reduce la calidad sanitaria de estos alimentos.

La calidad sanitaria del agua está basada en la cantidad de organismos indicadores. La mayor fuente de contaminación de hortalizas con coliformes es probablemente el agua usada para riego con un rango de 340 a 440 coliformes fecales / 100 mL. Las hortalizas que se encuentran en contacto directo con el agua de riego tienen mayor probabilidad de contaminarse. Es bien reconocido que las bacterias indicadoras de contaminación fecal, pueden ser transportadas y acompañadas de bacterias patógenas, contaminando fuentes de agua.

Los coliformes son bacterias en forma de bacilos (cilindros) que están ampliamente distribuidas en la naturaleza y colonizan el tracto intestinal del hombre y, en general, de los animales de sangre caliente. Enfermedades infecciosas del hombre como la fiebre tifoidea, la disentería y el cólera son causadas por bacterias patógenas que se transmiten por medio de aguas contaminadas, de ahí la importancia de los coliformes totales y fecales como indicadores inmediatos de contaminación fecal en el agua.

Sin embargo, esta aseveración ha sido cuestionada, debido a que se ha encontrado que los coliformes pueden crecer en medios acuosos y de distribución de agua, así como en agua de mar, agua dulce, sedimentos acuáticos y el suelo que se encuentra contaminado con abono de ganado.

Los coliformes totales son bacterias de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. La mayoría de estos organismos se encuentran en el medio ambiente y materia en descomposición, excepto el género *Escherichia* que vive solo en organismos, como el hombre y animales de sangre caliente. Los coliformes fecales son bacterias del género *Escherichia* y *Klebsiella*, reconocidos indicadores por excelencia de contaminación fecal en el agua, por heces de origen humano principalmente.

Listeria monocytogenes es una bacteria que se ha implicado en diversos brotes en el mundo. Es una bacteria Gram positiva que se encuentra en el medio ambiente y que produce enfermedad en animales y humanos. La susceptibilidad del hospedador es importante para el desarrollo de la enfermedad teniendo como principales víctimas a mujeres embarazadas, personas inmunocomprometidas, de edad avanzada y recién nacidos. Se pueden considerar tres reservorios en general: humanos, animales y medio ambiente, por ello es considerada una bacteria cosmopolita. Una de las propiedades más importantes es la resistencia intrínseca al medio ambiente, ya que su crecimiento se establece dentro de amplios intervalos de pH (4-9) y temperatura de 0 a 45 °C.



Esta bacteria puede sobrevivir por un largo tiempo en el suelo y los cultivos, sin perder su virulencia, siendo un peligro para la salud.

Tabla 4.7. Principales microorganismos patógenos en agua residual domestica y sus lodos.

Organismo	Enfermedad / Síntomas
Virus entéricos <i>Hepatitis A virus</i> <i>Norwalk y tipo Norwalk</i> <i>Rotavirus</i> <i>Enterovirus</i> <i>Poliovirus</i> <i>Coxsackievirus</i> <i>Echovirus</i> <i>Reovirus</i> <i>Calicivirus</i>	Hepatitis infecciosa. Gastroenteritis epidémica con diarrea severa. Gastroenteritis aguda con diarrea severa. Poliomielitis. Meningitis, neumonía, hepatitis, fiebre, etc. Meningitis, encefalitis, síntomas de catarro, diarrea. Infecciones respiratorias, gastroenteritis. Gastroenteritis epidémica.
Bacterias <i>Salmonella sp</i> <i>Shigella sp</i> <i>Yersinia sp</i> <i>Vibrio cholerae</i> <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Escherichia coli (cepas patógenas)</i>	Salmonelosis y fiebre tifoidea. Disentería bacilar. Gastroenteritis aguda (con diarrea y dolor abdominal). Cólera. Gastroenteritis. Gastroenteritis.
Protozoarios <i>Criptosporidium</i> <i>Entamoeba histolítica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Balantidium coli</i> <i>Toxoplasma gandii</i>	Gastroenteritis. Enteritis aguda. Giardiasis (diarrea, calambres abdominales, pérdida de peso). Diarrea y disentería. Toxoplasmosis.
Helmintos <i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Ascaris suum</i> <i>Trichuris trichiura</i> <i>Taenia saginata</i> <i>Necatur americanus</i> <i>Hymenolepis nana</i>	Alteraciones digestivas y nutritivas, dolor abdominal, vomito, flojera. Tos probable, dolor de pecho y fiebre. Dolor abdominal, diarrea, anemia y pérdida de peso. Nerviosismo, insomnio, anorexia, dolor abdominal, perturbaciones digestivas. Anquilostomias. Teniasis.





La ruta de contaminación de *Listeria monocytogenes* es por agua contaminada, suelo fertilizado con estiércol a plantas. Especies de *Salmonella* incluyen más de 2700 serotipos. Es ubicua en el medio ambiente y es común encontrarla en agua, alimentos y otros materiales. Se encuentra generalmente en agua reutilizada y puede contaminar ríos por escurrimientos, descargas hacia el mar y otras fuentes de agua agrícola. Puede crecer en un amplio intervalo de temperatura entre 5.2 °C y 46.2 °C y su pH de crecimiento está entre 4.1 y 9.0. En las condiciones mínimas de nutrientes, actividad de agua, temperatura y pH puede dividirse cada 20 minutos.

Cuando estas entran en contacto con la superficie de las frutas y hortalizas, pueden iniciar un proceso de adhesión y colonización bajo condiciones favorables. Algunas células producen polímeros extracelulares que dan lugar a la formación de biopelículas. Ese proceso suele acompañarse de una mayor tolerancia al efecto de la desecación y a la acción letal de la luz ultravioleta. De alguna forma los microorganismos pueden alojarse en sitios protectores como grietas, depresiones, estomas, lenticelas y tricomas que forman parte de la estructura del vegetal.

La contaminación microbiológica en frutas y hortalizas toma mayor importancia al considerar la supervivencia, que puede ser prolongada durante semanas o meses, particularmente cuando se encuentran protegidos de la desecación y de rayos directos del sol, como ocurre en lechuga, repollo (col) y rábanos. Diversos estudios han mostrado que los patógenos inoculados en tierra de cultivo o en aguas de riego pueden sobrevivir hasta por dos meses, período en el cual puede ocasionar una infección. La supervivencia es definida como la capacidad de mantener la viabilidad ante circunstancias adversas. Las bacterias en agua, responden a diferentes variables físicas y químicas incluyendo baja o alta concentración de oxígeno disuelto, potencial óxido-reducción y pH.

Las normas nacionales que existen para establecer los límites de contaminación microbiológica son solamente para el agua residual; no existen normas que regule el uso de agua para riego a nivel nacional e internacional. La FAO/OMS 1989, establece un nivel máximo de 103 coliformes fecales/ 100 mL.

Debido a que no existen estudios sobre la presencia de bacterias patógenas en el agua que se utiliza para el cultivo de hortalizas en el municipio de Ixtapaluca, se planteó el objetivo de caracterizar las aguas residuales para verificar el contenido de coliformes fecales y totales.

El Valle del Mezquital, Hidalgo es un ejemplo claro de las consecuencias que trae consigo el uso de agua residual para riego de cultivos ya que es el lugar donde se ha presentado el mayor número de casos de enfermedades como tifoidea, diarreas, salmonelosis y cólera. El uso de las aguas de alcantarilla, esto que los campesinos llaman aquí "oro negro", tiene un precio y los agricultores del valle del Mezquital lo han pagado muy alto con su salud y la de sus hijos, con la contaminación de sus tierras a las que, a fuerza de nutrirlas con aguas negras, las han hecho altamente productivas; parcelas que en todo el año no descansan, pero que se salinizan y erosionan.





En México no son muy difundidos estos casos ya que quedaría en evidencia la deficiencia de infraestructura para el uso y manejo de las aguas residuales provenientes de las grandes masas poblacionales.

IV.8 Normatividad.

En México, existen tres normas que la ley contempla para regular la descarga de aguas residuales en aras de la protección a la salud humana y al medio ambiente.

Tabla 4.8. Normatividad mexicana para la prevención y control de la contaminación del agua.

Dependencia Encargada de la Publicación	Instrumento Regulatorio	Fecha de Expedición
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos	Ley de Contribución de Mejoras por Obras Publicas Federales de Infraestructura Hidráulica	Enero de 1991
	Ley de Aguas Nacionales	Diciembre de 1992
	Ley Federal de Derechos en Materia de Agua ¹	Febrero de 1998
	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Enero de 1988
Secretaría de Desarrollo Social	Normas Oficiales Mexicanas Referentes a la Descarga de Aguas Residuales NOM-001-ECOL/96 NOM-002-ECOL/96 NOM-003-ECOL/97	Enero 6 de 1997 Junio 3 de 1997 Septiembre 21 de 1998
Secretaría de Salud	Ley Federal de Protección al Ambiente Reglamento de la ley general de salud en materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios	Enero de 1982 Enero de 1988
Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca	Ley de Reformas a la Administración	Enero de 1995

¹ Actualizada cada año.





Aquellos generadores de aguas residuales quienes requieran realizar la descarga de éstas a un cuerpo receptor natural tendrán como marco normativo la NOM-001-ECOL-1996, que es la que regula los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Las plantas de tratamiento municipales o generadores de agua residual que coexisten en las cercanías del cuerpo receptor natural son para quienes generalmente aplica esta norma.

Aquellos generadores de aguas residuales quienes requieran realizar la descarga de estas al sistema de alcantarillado municipal deben cumplir con la NOM-002-ECOL-1996 la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Los generadores de aguas residuales provenientes de la actividades industriales, comercios y de servicios son principalmente para los que aplica esta norma.

Por su parte para quienes deseen realizar un reúso del agua tratada la NOM-003-ECOL-1997 es la que regula la calidad del agua para su reúso en las formas de contacto directo e indirecto con el ser humano. Las nuevas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales generalmente ya son diseñadas para cumplir con esta norma generando un agua limpia y segura para las actividades que ello comprende. Son las plantas municipales las que generalmente buscan este tipo de objetivos.





CAPÍTULO V
CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS
RESIDUALES DE IXTAPALUCA





V. Caracterización de las aguas residuales de Ixtapaluca.

Ixtapaluca ha presentado un gran crecimiento poblacional en los últimos años, lo cual a su vez ha generado un alto impacto ambiental que ha ido deteriorando paulatinamente los recursos naturales que se encuentran dentro del territorio municipal. De los muchos problemas que trae consigo la urbanización, el agua es el recurso natural que más afectaciones ha sufrido dentro de este proceso de cambio ambiental y el cual, ha empezado a escasear dentro del municipio de Ixtapaluca ya que el uso que se le da, muchas veces al agua es de forma irresponsable e inconsciente. Ejemplo claro de ello es la sobre explotación de pozos y la mala disposición de agua residual, situaciones comunes que no logran generar importancia dentro de los organismos reguladores y operadores de agua.

El Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS) de Ixtapaluca, ha dispuesto de forma irresponsable del agua tratada proveniente de las plantas de tratamiento de agua residual, es por esta razón que dentro de la siguiente investigación se realizó un muestreo y análisis de las aguas residuales, principalmente de las aguas provenientes de las macrounidades habitacionales.

El presente capítulo se considera el más importante dentro de la presente investigación, ya que nos muestra un panorama de lo que sucede dentro del municipio en cuanto a la disposición de agua residual. Como se vio anteriormente el buen tratamiento y disposición de agua residual nos garantiza su reúso para diversas actividades, las más importantes en este caso, recarga de acuíferos y uso agrícola. Con lo anterior se puede lograr prolongar el período de vida de los pozos de extracción existentes mejorando con el tiempo el suministro de agua potable entre la población.

V.1 Metodología.

V.1.1 Trabajo de campo.

V.1.1.1 Muestreo.

Muestrear es tomar una porción del material que se desea conocer, de manera que pueda ser fácilmente transportada y manejada en el laboratorio para su análisis (caracterización), sin perder la representatividad de dicho material. Ello implica que la muestra debe mantener las mismas concentraciones de cada uno de los componentes en todas las fases y no sufrir alteraciones durante el transporte. Para tomar una muestra de agua se debe considerar la compatibilidad del envase empleado con lo que se desea analizar. Por ejemplo, los frascos para tomar muestras de fósforo no deben ser lavados con detergente, ya que este lo contiene en grandes cantidades. Se recomienda enjuagar dos o tres veces el envase con el agua que se va a analizar y, posteriormente, añadir un agente preservativo si es que el contaminante evoluciona. Se debe llenar completamente la botella para casi todos los análisis de orgánicos y dejar un espacio para aireación y mezclado para los microbiológicos. Para envases que serán trasladados de un lugar a otro, se debe prever el 1% de espacio libre para controlar el desborde por la expansión térmica del agua.





Fig. 5.1 Muestreo de agua residual.

Existen varios tipos de muestra. Las simples, son tomadas en un sólo punto y a una hora determinada; las compuestas, se conforman de varias simples tomadas en diferentes tiempos; las integrales, contienen varias simples provenientes de diferentes puntos de un cuerpo de agua.

Las muestras simples que son colectadas para formar una integral se deben tomar en varios puntos a lo largo y ancho del cuerpo acuático, en forma proporcional al caudal. En caso de no ser posible, se suele tomar una muestra en el centro y mitad de la profundidad. En tuberías o líneas de conducción se debe dejar circular un tiempo el agua por la derivación para el muestreo para eliminar basuras antes de tomar la muestra.



Fig. 5.2 Verificación de temperatura y pH del agua residual tratada.

Para efectos prácticos del presente trabajo, se tomaron sólo muestras simples, esto es, en el afluente y efluente de tres plantas de tratamiento las cuales son: 4 Vientos, Santa Bárbara y Las Palmas, las últimas dos pertenecientes a las macrounidades habitacionales.





El muestreo se llevo a cabo el 13 de Agosto del 2008 con la autorización de ODAPAS y bajo cargo de la Ingeniera María Eugenia Borrego M.

Tabla 5.1. Clasificación de los principales parámetros para caracterizar el agua.

Propiedad	Parámetro	
1.- FÍSICOS	Color Olor Sabor Temperatura Turbiedad Sólidos Conductividad	
2.- QUÍMICOS	Alcalinidad Oxígeno disuelto pH No metales Metales Dureza Cloro residual Materia orgánica	DBO DQO COT Extractables con cloroformo SAAM Grasas y aceites Fenoles
3.- BIOLÓGICOS	Bacteriológicos Parasitológicos Viroológicos Pruebas de toxicidad	Coliformes totales Coliformes fecales <i>Vibrio cholera</i> <i>Shignella</i> <i>Salmonella</i> <i>Giardia lamblia</i> Huevos de helmintos
4.- RADIOACTIVOS	Alfa Globales Beta Especificas	Cs, I, Ra, Sr, Th y U

Fue imprescindible evitar accidentes, se debe recordar siempre que se está en búsqueda de contaminantes, por lo que el manejo del agua debe ser con precaución. Para ello, se recomienda no colectar en puntos con demasiada turbulencia, ya que son zonas potenciales de pérdida de compuestos volátiles y, por tanto, de acumulación de vapores tóxicos y explosivos. Es necesario destacar la importancia de anotar cuidadosamente el lugar y condiciones de muestreo e identificar, en forma clara y segura, cada botella, así como la preservación de las muestras a una baja temperatura para su posterior transporte y análisis.



V.1.2 Trabajo de laboratorio.

El análisis de las muestras tomadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales de Ixtapaluca, fue realizado en el Centro Tecnológico de la FES Aragón y estuvo a cargo del Ingeniero Químico Sergio Martínez González.

Los parámetros que se consideraron en el análisis de las muestras de agua residual son: temperatura, potencial de hidrogeno (pH), turbiedad, color, olor, DBO₅, DQO, sólidos totales, alcalinidad, dureza, cloruros, nitrógeno, fósforo, grasas y aceites, SAAM detergentes, coliformes totales y coliformes fecales. A continuación se da una pequeña descripción de cada parámetro así como su importancia:

V.1.2.1 Temperatura.

Influye sobre las tasas de crecimiento biológico, las reacciones químicas, la solubilidad de los contaminantes o compuestos requeridos (sólidos, líquidos o gases, principalmente O₂) y en el desarrollo de la vida. La temperatura no tiene efectos directos en la salud. No obstante, una mayor temperatura (alrededor de 40°C) favorece el desarrollo de microorganismos y acrecenta los problemas de sabor, olor, color y corrosión.

Es importante recordar que en un líquido a mayor temperatura, mayor solubilidad de un sólido, pero menor la de un gas; este es el motivo por el cual la contaminación térmica acaba con la vida aerobia de un cuerpo de agua, al eliminar el oxígeno disuelto del líquido. La temperatura del agua residual es, generalmente, más alta que la del agua potable debido a la adición de agua caliente procedente de casas y actividades industriales.

El valor de la temperatura se requiere para la determinación de gran número de parámetros o propiedades del agua, tales como la alcalinidad, índice de saturación, conductividad, etc. Es el parámetro principal para el seguimiento de la contaminación térmica. Las mediciones se efectúan con un termómetro capilar de mercurio con precisiones de 0.1°C e intervalo de -10°C a 110°C.

V.1.2.2 pH.

Se determina mediante un electrodo de vidrio que proporciona, en forma directa, el valor del pH del agua. El pH de los cuerpos de agua y el agua residual doméstica, en general, es ligeramente alcalino por la presencia de bicarbonatos, carbonatos y metales alcalinos. En las descargas industriales es posible encontrar pH ácido o básico, debido al uso de reactivos químicos.

En sistemas de abastecimiento, uno de los principales propósitos de la regulación del pH es reducir al mínimo la corrosión, que es consecuencia de las complejas relaciones entre el pH, el CO₂, la dureza, la alcalinidad y temperatura. En general, se evita tener pH < 7 para este efecto. Otro factor es que el pH > 8 interviene en la desinfección con cloro. El pH aceptable, para agua potable, varía entre 6.5 a 8.5 como valor guía; en sistemas rurales, el





intervalo aceptable de pH es mayor. El pH del agua residual domestica es ligeramente alcalino (7.2). Otra razón importante para controlar el pH, es que este factor, tiene una alta influencia en el crecimiento de bacterias.

V.1.2.3 Turbiedad.

La turbiedad es un parámetro que mide la luz absorbida o dispersada por la materia suspendida (sedimentable y coloidal) del agua. La turbiedad no es un análisis cuantitativo de los sólidos suspendidos. En aguas superficiales, se debe en gran parte a la presencia de arcilla y otros minerales, cuyos tamaños son del orden de 0.2 a 5 μ m, es decir, incluyen sólidos de escala superior a la de los verdaderos coloides.

La turbiedad ocasionada por material coloidal puede ser resultado de la presencia de detergentes en el agua, jabones o emulsificadores. El impacto que genera es estético, además de que forma un área de absorción. Los coloides asociados con la turbiedad producen sabor, olor y posible daño a la salud. Por ejemplo, en agua natural, la turbiedad da color, dificultad en la penetración de la luz a través de la columna de agua y, por tanto, interfiere en la fotosíntesis. La turbiedad propicia la acumulación de sedimentos que afectan la flora y fauna acuática.

V.1.2.4 Color.

El color verdadero se define como el que se produce por sustancias disueltas y se aplica para el agua potable. El color aparente esta dado por los sólidos en suspensión más el color verdadero de la muestra. El método que se utiliza con mayor frecuencia para evaluarlo es el de la escala Pt-Co (platino-cobalto). El color es muy importante en el agua potable, ya que puede dar una indicación rápida de la calidad; además, junto con el olor, determina la aceptación por parte del consumidor. Cuando el agua tiene 15 unidades de color verdadero (con un umbral de 3 para ciertas personas) no es aceptada por el público. El color afecta la efectividad del proceso de desinfección con cloro e incrementa el mal olor y sabor si están presentes fenoles.

El color en el agua de abastecimiento puede ser originado por la presencia de iones metálicos como el hierro y manganeso, sustancias húmicas, plancton o algas. Es un constituyente común de las aguas superficiales. En el agua residual, el color se debe, principalmente, a procesos industriales como, por ejemplo: teñido de telas, fabricación de pinturas, procesamiento de alimentos, minería, refinación, etc. La coagulación, seguida por sedimentación, es el método más apropiado para la remoción del color aparente. La dosificación del coagulante depende de la concentración inicial del color y del pH óptimo (generalmente ácido).

V.1.2.5 Olor.

Es un parámetro que proporciona información sobre el estado del agua y puede provocar rechazo por parte del consumidor. El agua potable desinfectada debe oler y saber ligeramente a cloro y se debe educar a la gente para aceptar y apreciar este sabor.





Algunos olores indican el aumento de la actividad biológica; otros, pueden originarse por la contaminación industrial. En lo que concierne a las aguas residuales, estas tienen un olor muy diferente en cuanto se trate de agua “fresca”, estando en descomposición o ya estabilizada.

Un olor se describe mediante las siguientes características:

- Carácter: con lo que se asocia un sujeto.
- Detectabilidad: a qué dilución con aire puro ya no es perceptible.
- Apestableidad: qué tan desagradable es.
- Intensidad: qué tan fuerte es.

El olor es evaluado por personas y no con aparatos, por tanto, los resultados son subjetivos, ya que no es posible que en el sentido del olfato se adapte después de una exposición prolongada. La importancia de los olores en términos humanos está relacionada primeramente con la tensión psicológica que originan más que con el daño que producen al organismo.

V.1.2.6 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

Es una medida de la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica en el agua en 5 días a 20°C. La DBO no mide un compuesto en especial, sino todos los biodegradables, por vía aerobia. En la actualidad, existen varios métodos para detectar la DBO, desde el de diluciones hasta los de técnicas respirométricas.

El agua de calidad potable tiene DBO promedio mensual del orden de 0.75 a 1.5 mg O₂/L; el agua residual doméstica oscila entre 200 a 300 mg O₂/L y algunos efluentes industriales pueden alcanzar hasta 20 g/L.

La DBO se practica tanto en una muestra que contiene sólidos (total) como sólo en la fracción filtrable (soluble). El parámetro de la DBO es importante para el tratamiento de agua residual, los resultados de la DBO se utilizan para:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
- En el diseño de las instalaciones de tratamiento de agua residual.
- Medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento.
- Determinar en forma indirecta la cantidad de materia orgánica presente en el agua.

V.1.2.7 Demanda química de oxígeno.

Es una medida de la concentración de sustancias que en el agua pueden ser atacadas por un oxidante fuerte en altas temperaturas (350°C). La DQO no siempre guarda relación con la DBO, aunque generalmente es mayor. Esta prueba, aunque es mucho más rápida de realizar que la DBO, toma aproximadamente tres horas en el laboratorio, se opta por técnicas más veloces, como la del carbono orgánico total que sólo requiere algunos minutos para su determinación.



Sin embargo, debido al alto costo del aparato COT, en países en vías de desarrollo se continúan realizando, con frecuencia, tanto la DQO como la DBO para análisis de rutina. De hecho, es el parámetro mas empleado en México por las NOM's. La determinación de DQO es de gran importancia cuando se trata de aguas desalojadas por las industrias ya que indica de forma indirecta la cantidad presente.

V.1.2.8 Sólidos totales.

Se entiende por sólido todo residuo que queda después de la evaporación (a 103°C). La prueba de sólidos evalúa compuestos muy variados, por lo cual es considerada una prueba global. En efecto, los sólidos incluyen, tanto las sales inorgánicas (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos de sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro) como la materia orgánica. De este modo, cuando se miden sólidos, se mide a los responsables de la dureza, a los tóxicos, a los compuestos necesarios para el desarrollo de la vida. A medida que disminuye el tamaño de un compuesto en el agua, será más compleja la técnica de separación. De ahí, la importancia de conocer la distribución del tamaño de los contaminantes. La determinación de sólidos se emplea también para el seguimiento de procesos biológicos y fisicoquímicos y, frecuentemente, es un parámetro contenido en la reglamentación de descargas. En el laboratorio, esta distribución se determina midiendo los sólidos sedimentables, los suspendidos y disueltos, o bien, empleando una técnica muy moderna llamada distribución del tamaño de la partícula (DTP).

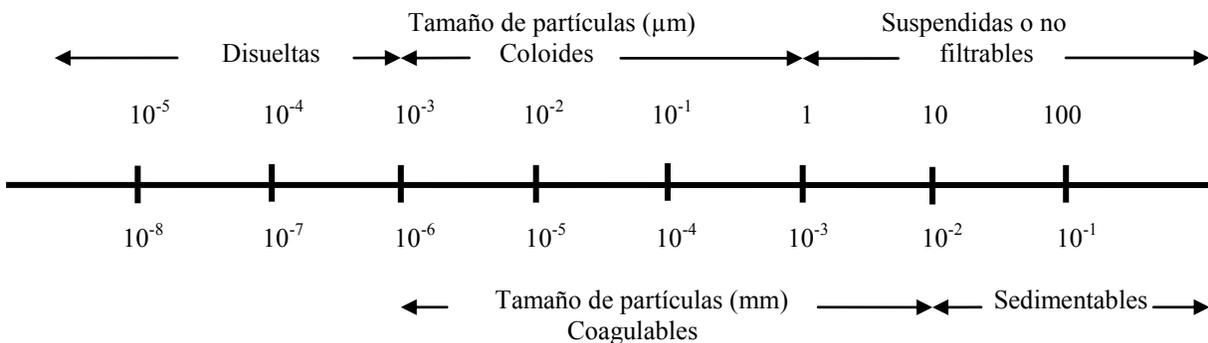


Fig. 5.3 Clasificación y tamaño de las partículas encontradas en el agua residual.

V.1.2.9 Alcalinidad.

La alcalinidad expresa la capacidad que tiene un agua de mantener su pH a pesar de recibir una disolución ácida o alcalina. Cuando el agua contiene boratos, fosfatos o silicatos, también son medidos por este método, por lo cual, la prueba se considera global. Concentraciones elevadas de alcalinidad pueden tener efectos negativos en cultivos, según sea su composición química. La alcalinidad se emplea como parámetro de seguimiento en potabilizadoras y depuradoras. El agua residual domestica tiene, por lo general, alcalinidad menor o, cuando mucho, ligeramente superior a la del abastecimiento. El principal efecto de la alcalinidad es la reacción de ésta con ciertos cationes en el agua, lo que conduce a la formación de precipitados.





A partir de esta medición se puede determinar la concentración y presencia de iones, hidroxilo (OH^-), carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua residual, ya que son importantes para el control del proceso de depuración.

V.1.2.10 Dureza.

La dureza es parámetro para agua potable y agua de uso industrial. Representa la concentración de cationes metálicos multivalentes presentes en el agua. Se clasifica en: dureza carbonatada, no carbonatada. La carbonatada es sensible al calor, precipita en altas temperaturas y se denomina temporal. Es equivalente a la alcalinidad. La dureza permanente requiere métodos más especializados de remoción que la simple elevación de la temperatura. Los constituyentes de la dureza son:

Calcio	Ca^{2+}
Magnesio	Mg^{2+}
Hierro	Fe^{2+}
Manganeso	Mn^{2+}
Estroncio	Sr^{2+}
Aluminio	Al^{3+}

La dureza más común es la del calcio y magnesio, razón por la cual sólo se toman en consideración estos elementos para determinarla en el laboratorio.

Cuando se encuentran en cantidades importantes se le llama “agua dura” y significa que contiene sales incrustantes, dificulta la cocción de legumbres e impide la formación de espuma del jabón. El efecto sobre los detergentes redundaría en mayor consumo de estos y conduce a la formación de precipitados que se acumulan en los conductos. Se pueden utilizar diferentes métodos para el ablandamiento del agua, el más usado es el de precipitación del Mg^{2+} y Ca^{2+} como hidróxido y carbonato, respectivamente, en pH alto agregando cal y carbonato de sodio. El ablandamiento por intercambio iónico también es muy usado, ya que logra un resultado total, pero es más costoso.

V.1.2.11 Cloruros.

Otro parámetro de calidad importante es la concentración de cloruros. Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y que están en contacto con el agua, y, en las regiones costeras, de la intrusión del agua salada. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales en las aguas superficiales.

Las heces humanas, por ejemplo, contienen unos 6 gramos de cloruros por persona y día. En lugares donde la dureza es elevada, los ablandadores del agua aportarán igualmente grandes cantidades de cloruros. Puesto que los métodos convencionales de tratamiento no eliminan los cloruros en cantidades significativas.



V.1.2.12 Nitrógeno.

Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas y, como tales, son conocidos como nutrientes o bioestimulantes. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, son necesarios para el crecimiento biológico, pero el nitrógeno y fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos.

Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de las proteínas, se necesitará conocer datos sobre el mismo para valorar la tratabilidad de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente se necesitará la adición del mismo para hacer tratable el agua residual. Cuando sea necesario, el control del crecimiento de algas en el agua receptora para proteger los usos a que se destina, puede ser conveniente la eliminación o reducción del nitrógeno en las aguas residuales antes de la evacuación.

El nitrógeno contenido en el agua residual reciente, se encuentra principalmente en la forma de orina y materia proteica. La descomposición por las bacterias cambia fácilmente estas formas en amoníaco. La edad del agua residual viene indicada por la cantidad relativa de amoníaco presente. En un ambiente aerobio, las bacterias pueden oxidar el nitrógeno del amoníaco a nitritos y nitratos. El predominio del nitrógeno del nitrato indica que el agua residual se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. Sin embargo, los nitratos pueden ser usados por las algas y otras plantas acuáticas para formar proteínas vegetales que, a su vez, pueden ser utilizadas por animales formando proteínas animales.

La muerte y descomposición de las proteínas animales y vegetales por las bacterias produce un nuevo amoníaco. Por tanto, si el nitrógeno en forma de nitratos puede reutilizarse por las algas y otras plantas para formar proteínas, puede ser necesario eliminar o reducir el nitrógeno que haya presente para evitar estos crecimientos.

V.1.2.13 Fósforo.

El fósforo también es esencial para el crecimiento de las algas y otros organismos biológicos. Debido a los nocivos crecimientos incontrolados de algas que tienen lugar en las aguas superficiales, existe actualmente mucho interés en controlar la cantidad de los compuestos de fósforo que entran en las aguas superficiales a través de los vertidos de aguas residuales industriales y domésticas y de las escorrentías naturales.

V.1.2.14 Grasas y aceites.

La grasa animal y los aceites son ésteres compuestos de alcohol o glicerol (glicerina) y ácidos grasos. Los ésteres de ácidos grasos, que son líquidos en las temperaturas ordinarias, se llaman aceites, y los que son sólidos se llaman grasas. Ambos son químicamente muy semejantes, ya que se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno, en diversas proporciones. Las grasas son de los compuestos orgánicos más estables y no se descomponen fácilmente por la acción de las bacterias.





La técnica analítica de grasas y aceites es del tipo global, ya que detecta todas las sustancias solubles en clorotrifluoretano, que es un solvente no polar. Las principales interferencias se deben a compuestos sulfurados y algunos pigmentos como la clorofila. Este método se aplica, también, para la medición indirecta de hidrocarburos con temperaturas de ebullición superiores a 70°C. Si la grasa no se elimina antes de la descarga del agua residual, puede interferir con la vida biológica acuática y crear películas y materiales en flotación imperceptibles. Las grasas pueden inhibir el tratamiento biológico del agua debido a que evitan el intercambio de gases en el agua.

V.1.2.15 Agentes tensoactivos (SAAM Detergentes).

Los principales problemas que causan estos compuestos, en concentraciones muy bajas, son la producción de espuma y la impartición de sabor. Este método mide en forma global los detergentes aniónicos y los catiónicos. Como su nombre lo indica, las sustancias son determinadas por su reacción con el azul de metileno mediante una técnica colorimétrica. La prueba de SAAM mide los compuestos de sulfato de alquilo.

En general, la detección de los detergentes es compleja, principalmente por los problemas que representa el muestreo de un contaminante no repartido homogéneamente. Durante la toma de muestras debe evitarse sitios con espuma; si no es posible, debe deshacerse la espuma y mezclarse con el líquido. Este método no sirve para detectar jabones, que son sales alcalinas de las grasas. Los jabones son solubles en agua, pero en presencia de los constituyentes de la dureza se transforman en sales cálcicas y magnésicas de ácidos grasos, también conocidas como jabones minerales, que son insolubles y precipitan.

V.1.2.16 Coliformes fecales.

Son componente normal de la flora y fauna del intestino humano, donde se encuentran en grandes cantidades, ya que la mayoría no son patógenos. Son microorganismos indicadores por que su presencia revela la contaminación del agua con heces fecales y, por lo tanto, la posible existencia de patógenos. Fueron seleccionados debido a que su manipulación es menos peligrosa para el analista, además de la poca factibilidad de utilizar directamente los patógenos por la dificultad y riesgo en su manejo, tiempo de incubación y costo de análisis.

Actualmente, la técnica más empleada es la del filtro de membrana, en la que se seleccionan las bacterias por medios específicos de cultivo e incubación durante 24 a 48 horas con temperatura de 44.5°C. El medio de cultivo específico es una preparación sintética que contiene los nutrientes necesarios para aislar la cepa buscada. Debido a que el procedimiento de la técnica de membrana emplea la retención de microorganismos para conteo por medio de filtro de 0.45mm, esta técnica no se recomienda para agua con alta turbiedad, ya que la presencia de algas u otros materiales puede interferir con la muestra.



Las ventajas de este grupo como indicador de contaminación son:

- El 95% de los coliformes fecales resultan positivos en la prueba de temperatura.
- Pueden estar ausentes si la contaminación no es de origen fecal.
- Sobreviven menos tiempo que los coliformes totales, por lo que, si se encuentran en concentraciones altas, hace suponer contaminación reciente.
- Requieren de más condiciones que los coliformes totales para reproducirse en el ambiente extraintestinal.
- Los procedimientos de laboratorio para su cuantificación son relativamente sencillos.

Sin embargo, algunas cepas dan negativo en la prueba de la temperatura en el laboratorio y, además, se ha observado que tienen la capacidad de reproducirse en aguas ricas en nutrientes, en sedimentos y aún en aguas poco contaminadas. En aguas con baja temperatura, algunas cepas de *Escherichia coli* sobreviven menos que la *Salmonella*; y algunas son patógenas para el hombre. No se debe excluir la posibilidad de elegir otro grupo de bacterias como indicador de un cuerpo de agua en particular; por ejemplo, para el agua clorada de una alberca la *Pseudomona aeruginosa* puede ser el mejor indicador, ya que resisten mejor los procesos de desinfección que los coliformes fecales.

Los coliformes fecales están estrechamente relacionados con la probabilidad de encontrar patógenos excretados, mientras que los miembros del grupo coliforme total están ampliamente distribuidos en la naturaleza, en comparación con su presencia en el intestino humano y en el de animales de sangre caliente; presenta poco significado sanitario en aguas residuales, pero sirve como parámetro de medición de la eficiencia del proceso de tratamiento.

V.2 Análisis de los resultados y comparación con las NOM's

La comparación de los resultados de la caracterización con las normas surge como necesidad al observar que la cantidad de contaminantes contenidos en el agua a la entrada y salida de las plantas de tratamiento, es elevada, representando con esto un problema grave de salud pública para los habitantes de Ixtapaluca. Es de gran importancia señalar que no todos los parámetros considerados en esta investigación se encuentran penalizados por las normas vigentes, es por esta razón que sólo se hace comparación con los parámetros establecidos.

El hecho de que los demás parámetros considerados no se encuentren dentro de las normas no quiere decir que son de menor importancia, sino al contrario, como se mencionó anteriormente la importancia de cada uno de los factores considerados, si no se controlan adecuadamente pueden traer graves consecuencias a futuro.

Debido al uso variado que se le da al agua tratada proveniente de las plantas de Santa Bárbara y Las Palmas, se hace referencia a las dos normas establecidas (**NOM-001** y **NOM-003**), en el caso de 4 Vientos el agua que es “tratada” es utilizada únicamente para



riego de cultivos, pero aún así se hace la comparación con las normas mencionadas anteriormente.

Para el caso de los lodos provenientes de estas tres plantas, se hace omisión el aplicar la **NOM-004-SEMARNAT-2002**, ya que no se les ha dado la debida importancia, reflejándose en una mala disposición e irresponsabilidad por parte de ODAPAS, al verter los lodos activados al alcantarillado o en el peor de los casos al depositarlos en las tierras destinadas para cultivos sin antes darles un tratamiento apropiado.



Fig. 5.4 Residuos sólidos extraídos del pretratamiento de agua residual.

V.2.1 Grasas y aceites.

La norma oficial mexicana **NOM-001-ECOL-1996**, establece que para los ríos que sean usados en riego agrícola, la cantidad de grasas y aceites debe estar en el intervalo de 15 a 25 mg/L; para el caso de suelos usados para riego agrícola se establece un intervalo de 15 a 25 mg/L.

La norma oficial mexicana **NOM-003-ECOL-1997**, establece para los servicios al público con contacto directo, una cantidad de grasas y aceites de 15 mg/L y para los servicios al público con contacto indirecto u ocasional también de 15 mg/L.

La cantidad de grasas y aceites que tienen las aguas tratadas de la planta 4 Vientos es de 91.2 mg/L, la planta de Santa Bárbara tiene 16.0 mg/L y la planta Las Palmas tiene 18.8 mg/L.





V.2.2 Sólidos sedimentables.

La norma oficial mexicana **NOM-001-ECOL-1996**, establece que para los ríos que sean usados en riego agrícola, la cantidad de sólidos sedimentables debe estar entre 1 a 2 mL/L; para el caso de suelos usados para riego agrícola no aplica este concepto.

La cantidad de sólidos sedimentables que tienen las aguas tratadas provenientes de la planta 4 vientos es de 4.5 mL/L, la planta de Santa Bárbara tiene 0.2 mL/L y la planta Las Palmas tiene 0.3 mL/L.

V.2.3 Sólidos suspendidos totales.

La norma oficial mexicana **NOM-001-ECOL-1996**, establece que para los ríos que sean usados en riego agrícola, la cantidad de sólidos suspendidos totales debe estar en un intervalo de 150 a 200 mg/L; para el caso de suelos usados para riego agrícola no aplica este concepto.

La norma oficial mexicana **NOM-003-ECOL-1997**, establece para los servicios al público con contacto directo, la cantidad de sólidos suspendidos totales es de 20 mg/L y para los servicios al público con contacto indirecto u ocasional 30 mg/L.

La cantidad de sólidos suspendidos totales que tienen las aguas tratadas provenientes de la planta 4 vientos es de 675 mg/L, la planta de Santa Bárbara tiene 30 mg/L y la planta Las Palmas tiene 45 mg/L.

V.2.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

La norma oficial mexicana **NOM-001-ECOL-1996**, establece que para los ríos que sean usados en riego agrícola, la cantidad de DBO₅ debe estar en un intervalo de 150 a 200 mg/L; para el caso de suelos usados para riego agrícola no aplica este concepto.

La norma oficial mexicana **NOM-003-ECOL-1997**, establece para los servicios al público con contacto directo, la cantidad de DBO₅ es de 20 mg/L y para los servicios al público con contacto indirecto u ocasional 30 mg/L.

La cantidad de DBO₅ que tienen las aguas tratadas provenientes de la planta 4 vientos es de 174.90 mg/L, la planta de Santa Bárbara tiene 31.4 mg/L y la planta Las Palmas tiene 47 mg/L.

V.2.5 Nitrógeno.

La norma oficial mexicana **NOM-001-ECOL-1996**, establece que para los ríos que sean usados en riego agrícola, la cantidad de Nitrógeno debe estar en un intervalo de 40 a 60 mg/L; para el caso de suelos usados para riego agrícola no aplica este concepto.





La cantidad de Nitrógeno que tienen las aguas tratadas provenientes de la planta 4 vientos es de 35.74 mg/L, la planta de Santa Bárbara tiene 12.93 mg/L y la planta Las Palmas tiene 14.51 mg/L.

V.2.6 Fósforo.

La norma oficial mexicana **NOM-001-ECOL-1996**, establece que para los ríos que sean usados en riego agrícola, la cantidad de Fósforo debe estar en un intervalo de 20 a 30 mg/L; para el caso de suelos usados para riego agrícola no aplica este concepto.

La cantidad de Fósforo que tienen las aguas tratadas provenientes de la planta 4 vientos es de 24.4 mg/L, la planta de Santa Bárbara tiene 10.6 mg/L y la planta Las Palmas tiene 12.3 mg/L.

V.2.7 Coliformes fecales.

La norma oficial mexicana **NOM-003-ECOL-1997**, establece para los servicios al público con contacto directo, la cantidad de Coliformes Fecales es de 240 NMP/100mL y para los servicios al público con contacto indirecto u ocasional 1000 NMP/100mL.

La cantidad de Coliformes Fecales que contienen las aguas tratadas provenientes de la planta 4 vientos es de 6×10^4 NMP/100mL, la planta de Santa Bárbara tiene 1200 NMP/100mL y la planta Las Palmas tiene 1550 NMP/100mL.

V.3 Análisis.

Como se ve en los resultados anteriormente mostrados las plantas de tratamiento de agua residual no cumplen con algunos parámetros establecidos por las normas, en el caso de la planta de tratamiento 4 vientos, no cumple con cuatro parámetros de siete, la planta de Santa Bárbara, no cumple con uno de siete parámetros al igual que la planta de Las Palmas; esto quiere decir que la planta de 4 Vientos no funciona adecuadamente en cambio la de Santa Bárbara y Las Palmas desempeñan un mejor trabajo. El parámetro que se considera de gran importancia dentro de la investigación es el contenido de Coliformes Fecales ya que anteriormente se mencionó que los Coliformes son un excelente indicador de la existencia de agentes patógenos tales como la salmonella, cólera, E. coli, etc.

Durante el muestreo de agua residual los operadores de las plantas de tratamiento (Santa Bárbara y Las Palmas) mencionaron que el agua tratada en ocasiones se descarga al alcantarillado llegando así al canal de La Compañía, otras veces (en temporada de estiaje) se manda a los campos de cultivo a través de carros tanque y algunas veces el agua es enviada a una empresa papelera ubicada en el mismo municipio.



Con lo observado anteriormente se puede decir que Ixtapaluca no tiene un manejo adecuado de los recursos hidráulicos y es por esta razón que actualmente se enfrenta al problema de escasez de agua potable, más grave es la situación que se vive hoy en día con la contaminación de cultivos con agua residual mal tratada, en cambio el agua mejor tratada proveniente de las plantas de Santa Bárbara y Las Palmas se vierte al alcantarillado.

El municipio no cuenta con cuerpos de agua permanentes a excepción del canal de La Compañía, que ya ha provocado problemas a la población debido a que su cauce ha sido rebasado hasta por dos metros sobre el nivel de ocupación urbana. Por otro lado cuenta con mantos acuíferos subterráneos que posibilitan la extracción de agua y el abasto, pero a consecuencia de la sobreexplotación el organismo operador se ve obligado a realizar cortes de suministro programados conocidos como “tandeos”.



Fig. 5.5 A la izquierda, afluente de agua residual y a la derecha efluente de agua tratada.

Es totalmente absurdo que el gobierno municipal invierta recursos económicos para la operación de las plantas de tratamiento, año tras año se invierten considerables sumas de dinero para la operación de estas plantas, para que al final del tratamiento el agua se vierta al alcantarillado o como en el caso de la planta de 4 Vientos, el agua mal tratada es utilizada para el riego y cultivo de lechuga, cilantro, tomate, maíz, entre otros. Este es un problema que se debe analizar a fondo y proponer soluciones factibles, ya que la acumulación de este y otros problemas ocasionados, principalmente por la urbanización, degradan la calidad de vida de los habitantes, además de poner en riesgo la salud pública.





CAPÍTULO VI
SITUACIÓN ACTUAL DE LAS
MACROUNIDADES HABITACIONALES Y
DEL MUNICIPIO DE IXTAPALUCA



VI.1 Situación actual de las macrounidades habitacionales.

En las macrounidades habitacionales de Ixtapaluca no hubo una planeación por parte de las constructoras ni mucho menos por parte de las autoridades municipales, por un lado podemos pensar que se resuelve el problema de vivienda para las personas de bajos recursos, pero por otra parte, haciendo un estudio y análisis del costo ambiental, económico y social nos damos cuenta que es mucho más grande.

Durante un pequeño recorrido que se realizó dentro de las macrounidades se observó que algunas viviendas no cuentan con medios de almacenaje de agua; los habitantes de las unidades habitacionales sufren de una problemática muy seria respecto al suministro de agua, ya que sólo se les proporciona en “tandeos”.

Al preguntar con algunos habitantes él porque aceptaron las viviendas sin medios de almacenamiento, tales como tinacos y cisternas; respondieron que la compañía inmobiliaria les aseguro que no era necesario pues el suministro estaba asegurado y que además la presión sería suficiente para satisfacer las necesidades de las familias. Ante esta situación algunas familias optaron por comprar recipientes para almacenar agua, como los tambos, tinacos, botes. Algunos habitantes construyeron pequeñas cisternas en su estacionamiento.



Fig.6.1. Viviendas abandonadas pertenecientes a la unidad habitacional de Santa Bárbara.

La razón del desabasto lo desconocen los colonos, sólo aseguran que el agua que reciben llega de 6:00 a.m. a 9:00 a.m., razón por la cual, tienen que almacenar el agua para cubrir sus necesidades hasta el próximo abasto.

También se observó que muchas de las viviendas se encuentran abandonadas, en algunas otras, los habitantes habilitan sus viviendas como pequeños negocios tales como tiendas, talleres mecánicos, guarderías, pequeños restaurantes, etc.





Tabla 6.1. Conjuntos habitacionales de Ixtapaluca.

Nº	Denominación	Constructora	Fecha de publicación de gaceta	Número de viviendas
1	Arbolada			
2	Capillas I, II, III y IV			
3	Ciudad Cuatro Vientos	CRESEM	23 de Julio de 1998	14,266 viv.
4	Ciudad Cuatro Vientos	CRESEM (INCREMENTO DE VIVIENDAS)	28 de Noviembre de 2001	1,081 viv.
5	Fracc. José de la Mora			
6	Condominio C. Panteón			120 viv.
7	Fraccionamiento Acozac			
8	Geovillas de Jesús María	GEO EDIFICACIONES S.A DE C.V	19 de Agosto de 1998	3,704 viv.
9	Geovillas de Santa Bárbara	GEO EDIFICACIONES S.A DE C.V	26 de Agosto de 1999	11,074 viv.
10	Geovillas Ixtapaluca 2000	GEO EDIFICACIONES S.A DE C.V	27 de Julio de 1998	1,976 viv.
11	Geovillas San Jacinto	GEO EDIFICACIONES S.A DE C.V	14 de Octubre de 1996	700 viv.
12	Izcalli Ixtapaluca	AURIS	13 de Junio de 1984	4,174 viv.
13	Jacarandas I y II			
14	José Guadalupe Posada	UNION JOSE GUADALUPE POSADAS A.C	3 de Diciembre de 2003	352 viv.
15	Las Palmas 3ª Etapa	GEO EDIFICACIONES S.A DE C.V	20 de Diciembre de 2006	1,801 viv.
16	Las Palmas Hda. I y II	GEO EDIFICACIONES S.A DE C.V	22 de Junio de 2004	4,124 viv.
17	Lomas de Ixtapaluca	YSER DE IXTAPALUCA S.A. DE C.V.	21 de Julio de 2004	1,774 viv.
18	Los Héroes I	PROMOTORA SADASI S.A. DE C.V.	17 de Febrero de 1995	3,804 viv.
19	Los Héroes II y III	PROMOTORA SADASI S.A. DE C.V.	30 de Octubre de 1996	8,322 viv.
20	Los Héroes II y III, Modificación al plano único de Litificación	PROMOTORA SADASI S.A. DE C.V.	23 de Julio de 1999	806 viv.
21	Los Héroes IV, V y VI	PROMOTORA SADASI S.A. DE C.V.	11 de Junio de 1998	3,771 viv.
22	Los Héroes II (Tezontle)	PROMOTORA SADASI S.A. DE C.V.		898 viv.
23	Rancho el Carmen			
24	Rancho Guadalupe			
25	Real del Campo			
26	Residencial Ayotla			
27	Residencial Park	PLANO AUTORIZADO	14 de Octubre de 1992	208 viv.
28	Rosa de San Francisco			20,342 viv.
29	San Buenaventura	CONSORCIO DE INGENIERIA INTEGRAL S.A. DE C.V.	27 de Noviembre de 1997	1,148 viv.
30	San José la Palma	INFONAVIT	26 de Julio de 1989	
31	U.H. Caserío			





(Continuación)

Nº	Denominación	Constructora	Fecha de publicación de gaceta	Número de viviendas
32	U.H. San Juan- San Antonio	PLANO AUTORIZADO		192 viv.
33	U. Magisterial	PLANO AUTORIZADO	30 de Julio de 1993	
34	Villa de Ayotla	GEO EDIFICACIONES S.A DE C.V	9 de Noviembre de 1994	966 viv.
TOTAL				85,603 viv.

Fuente: Plan de desarrollo urbano de Ixtapaluca.

La construcción de grandes unidades habitacionales dentro del municipio de Ixtapaluca trajo consigo la aparición de centros comerciales como: Plaza Los Héroes, Galerías Ixtapaluca, Plaza Estrella y las recientemente construidas Plaza El Cortijo y la Plaza Sendero, siendo esta última la más grande dentro del municipio, curiosamente la ubicación de estos centros comerciales es cercano a las unidades habitacionales, generando con ello, un impacto económico dentro y fuera de las unidades.

Además de lo anterior, la construcción de macrounidades propicio la aparición de nuevos asentamientos irregulares alrededor de éstas, ejemplo de ello son las colonias Zoquiapan, 2ª Ampliación Jiménez Cantú, La Cañada, Margarita Moran, entre otros.

VI.2 Situación actual del municipio.

VI.2.1 Uso actual del suelo.

Los usos del suelo con que están siendo aprovechadas las 31, 854 hectáreas del territorio municipal, se distribuyen principalmente en usos forestales, que ocupan el 61.55% del área total, usos agrícolas de temporal con el 17.42% y los usos urbanos con el 13.82%, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 6.2. Distribución de los usos del suelo, 2008.

Total hectáreas	Agrícola de riego	Agrícola de temporal	Pecuario	Forestal	Urbano	Extracción Pétrea
31, 854	1,083	5,556	1,062	19,632	4,359	162
100%	3.39%	17.44%	3.33%	61.65%	13.68%	0.51%

Fuente: Desarrollo urbano, Ixtapaluca.

En materia de lotes baldíos, el registro es de alrededor de 321 hectáreas en 55 lotes dentro de la zona urbana del municipio, lo cual significa el 7.27% de la superficie urbana total del municipio.



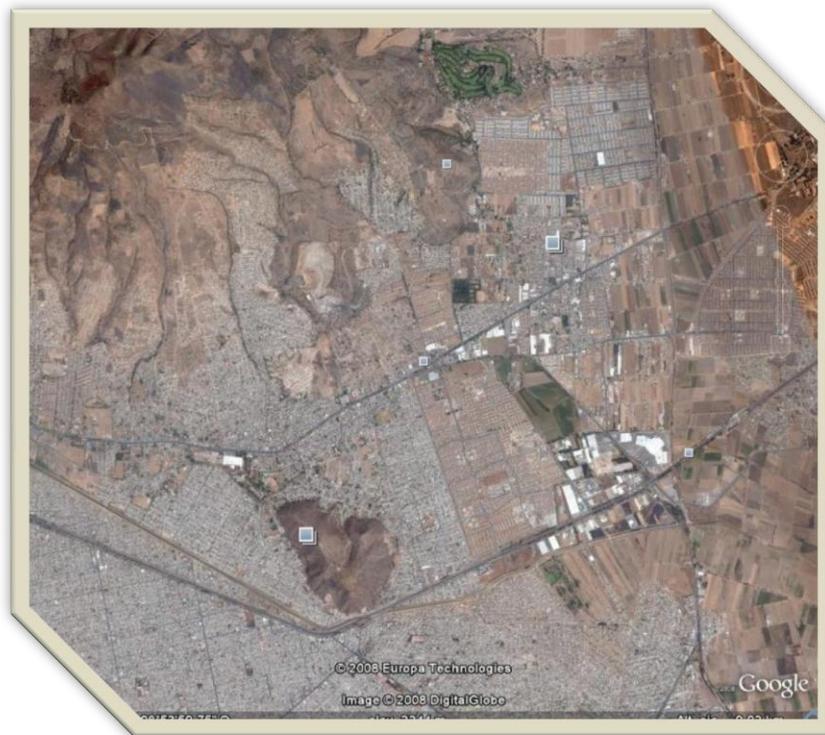


Fig. 6.2. Ixtapaluca en la actualidad (2008).

Tabla 6.3. Área urbana en Ixtapaluca, 2008.

Zona	Área urbana (has)	% del área urbana
Ixtapaluca	2,764	63.83%
Zona Industrial	232	5.26%
Cuatro vientos	216	4.90%
San Buenaventura	287	6.51%
San Francisco Acuautla	367	8.32%
Coatepec	234	5.31%
Pueblo sur	88	2.00%
Adolfo López Mateos	104	2.36%
Río Frio	67	1.52%
TOTAL	43590	100.00%

Fuente: Desarrollo urbano, Ixtapaluca.

Actualmente el municipio se encuentra conformado por 139 colonias, de las cuales 38 de ellas son asentamientos irregulares.





Tabla 6.4. Inventario de asentamientos irregulares.

Nº	Ubicación	Lotes	Habitantes
1	Los Lavaderos	140	675
2	La Guadalupana	300	1,350
3	Ampl. La Retana	150	675
4	Col. 1º de Mayo	400	1,800
5	Nopalito	150	675
6	Ampliación Chocolines	200	900
7	Cerro de Moctezuma	60	270
8	Nueva Col. Independencia	1,500	6,750
9	Ejido Capulín	150	675
10	Col. Capulín	150	675
11	El Mezquite	190	855
12	Cerro El Elefante	400	1,800
13	Luis Donald Colosio	500	2,250
14	Ampliación J. Jiménez Cantú	150	675
15	Piedras Grandes	35	157
16	El Contadero	300	1,350
17	Col. Ilhuicamina	400	1,800
18	Col. Melchor Ocampo	929	4,180
19	El Tejolote	1,200	5,400
20	Wenceslao Victoria	600	2,700
21	Rigoberta Menchu	122	549
22	Hornos de Santa Bárbara	1,000	4,500
23	El Mirador	100	450
24	Zoquiapan	200	900
25	Ampliación Texalpa	1,500	6,750
26	Jesús María	200	900
27	Ejido de San Fco. Acuatla	900	4,050
28	La Cañada	300	1,350
29	Parcela 236	180	810
30	Ampl. Col. Zoquiapan	150	675
31	Col. Santa Bárbara	200	900
32	El Gato	25	112
33	Lomas de Coatepec	40	180



(Continuación)

Nº	Ubicación	Lotes	Habitantes
34	Lomas de Ayotla	50	225
35	El Mirador de Ayotla	50	225
36	Rancho Verde I	5	22
37	Rancho Verde II	60	270
38	Lomas Escalerillas	30	138
	Total	13, 016	58, 615

Fuente: H. Ayuntamiento de Ixtapaluca 2005.

El municipio cuenta con una población de aproximadamente 429, 033 habitantes. En la siguiente tabla se puede observar el incremento de población en los últimos 58 años.

Tabla 6.5. Municipio de Ixtapaluca. Crecimiento poblacional 1950-2008.

Año	Población
1950	10, 787
1960	20, 472
1970	36, 722
1980	77, 862
1990	137, 395
2000	309, 937
2008	429, 033

Fuente: Censos de población y vivienda INEGI

Hasta hace dos décadas, la ocupación del territorio de Ixtapaluca presentaba una mezcla de usos con un grado aceptable de equilibrio en el aprovechamiento de las vocaciones principales de las distintas áreas; las planicies asentaban los usos urbanos y grandes extensiones de producción agrícola de temporal, y las faldas de los cerros circundantes una mezcla de usos agropecuarios.

El paulatino proceso de urbanización, que ha aumentado significativamente su ritmo en la última década, transformó rápidamente el precario equilibrio de los patrones de ocupación territorial y degradó los sistemas locales de producción e incrementó el grado y velocidad de erosión de las zonas boscosas de las faldas de la Sierra Nevada.

Así, los principales efectos por el proceso de urbanización son:

- Severa reducción de áreas de explotación agrícola, por baja rentabilidad, por saqueos debido al acercamiento de usos urbanos y por la incorporación de la tierra a la oferta del mercado inmobiliario irregular.



- Decremento notable de áreas permeables por la proliferación de construcciones y pavimentos, que reduce sensiblemente la capacidad de absorción de aguas pluviales y provoca incrementos de los caudales de escurrimientos y deriva en una acelerada erosión, inundaciones y arrastre de desperdicios.
- Ocupación de áreas no aptas para los asentamientos humanos en zonas inundables, de pendientes riesgosas y de costosa urbanización.
- Transformación de los patrones de asentamiento y convivencia debido a la construcción masiva de vivienda de financiamiento institucional y el derivado incremento explosivo de las tasas de crecimiento social.



Fig.6.3. Macrounidades habitacionales de Ixtapaluca: a la izquierda Santa Bárbara y a la derecha Geovillas Ixtapaluca 2000.

En suma, el actual aprovechamiento del territorio de Ixtapaluca lo acerca más a patrones similares a los del área metropolitana, derivando en la cancelación de las actividades en el sector primario.

VI.2.2 Infraestructura vial.

El municipio se ubica en la salida del Valle de México hacia la zona central del Golfo de México y del sureste del país en general. Por estas razones, el territorio municipal da paso a tres carreteras federales de primer orden: México – Puebla de Cuota Ruta 150, México – Puebla Libre Ruta 190 y México – Cuautla Libre Ruta 115. Las primeras cruzan de oriente a poniente y la última, desde el centro del municipio hacia el sur. La eficiencia de estos enlaces viales ha contribuido al acercamiento de la oferta urbana de Ixtapaluca con respecto al área metropolitana y siguen siendo factor esencial en las promociones masivas de vivienda de interés social.



Estas vialidades son los ejes fundamentales en la relación origen – destino con el área metropolitana, pero también son vías para el tránsito vehicular de paso entre la zona centro del país y el oriente y sureste de la República, manifestándose con altos volúmenes de flujo vehicular, que dificultan la comunicación terrestre, sobre todo en horas pico.

En razón de que se mantiene el ritmo de crecimiento de la zona metropolitana en general, los flujos vehiculares se incrementan proporcionalmente y las alteraciones periódicas por accidentes, encharcamientos o daños en pavimento por lluvias, provocan severos congestionamientos vehiculares, que afectan a toda la región oriente del Estado de México. Las posibilidades de ampliación de las secciones de circulación sólo se pueden dar en la Ruta 150, Autopista México – Puebla, pero en la Ruta 190, que es la carretera Libre, las construcciones urbanas han acotado la sección de tal forma que no es viable por costos, la necesaria ampliación de los arroyos vehiculares. Es por ello, que esta carretera funciona más como una vialidad urbana que como una vía regional, principalmente desde el entronque con la Carretera a San Francisco Acuatla, hasta el límite con el municipio de La Paz, aglutinando al transporte local con el transporte de paso, incluidos los vehículos de carga pesada.

La estructura vial de Ixtapaluca, quedó articulada e integrada a las vialidades regionales que cruzan el municipio y todas las vialidades colectoras desembocan en éstas, incluyendo la Autopista México – Puebla, que aún cuando es de acceso controlado tiene conexiones a vialidades locales por accesos improvisados, especialmente en la parte suroriente del Cerro El Elefante.

Los deseos de movimiento de la población local siguen siendo mayoritariamente hacia fuera del municipio, para satisfacer sus requerimientos de servicios especializados de educación, salud, pero sobre todo de empleo. Este último aspecto ha tenido un incremento notable, en función de que la oferta masiva de vivienda de interés social que se produjo en la última década dentro del municipio fue asignada a familias que vienen de otras entidades y que también tienen sus fuentes de trabajo fuera de Ixtapaluca.

VI.2.3 Infraestructura hidráulica.

El abasto de agua potable de Ixtapaluca se ejerce exclusivamente a través de pozos profundos que deja ver la importancia y la dependencia de la población local con sus mantos subterráneos. Actualmente se tienen registrados 47 pozos que abastecen a la población urbana y a un número no registrado de pozos en la zona industrial. De lo registrado por el Organismo Público descentralizado y los Organismos autónomos, se conoce la extracción promedio por día de 69, 380 m³; que ya no son suficientes por el ritmo de crecimiento poblacional actual, puesto que en relación con el número de tomas registradas y el volumen extraído resulta en una aparente dotación por habitante de 147 litros por día, sin embargo al adicionar las tomas clandestinas, los asentamientos irregulares, las mermas por las ineficiencias en la red de distribución y el desperdicio





lacerante en algunas comunidades, la reducción de volumen diario es sumamente significativo, de tal forma que en alrededor de 80, 000 tomas domiciliarias, el Organismo Público de Agua y Saneamiento (ODAPAS) realiza un suministro restringido denominado “tandeo”, en donde el agua llega a las tomas durante 2 o 3 horas diarias.

De acuerdo con la información proporcionada por el Organismo Operador de Agua Potable se cuenta con los siguientes pozos:

Tabla 6.6. Suministro municipal de agua potable en Ixtapaluca.

Agente	Fuente	Tomas	Suministro
ODAPAS	24 pozos	66, 762	42, 804m ³ /d
Comités autónomos y promotores inmobiliarios	23 pozos	41, 730	26, 576m ³ /d
Total	47 pozos	108, 492	69, 380 m ³ /d

Fuente: Organismo de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

Si consideramos que en Ixtapaluca existen 4.35 hab/viv, ODAPAS atiende a una población de 290, 415 habitantes, con una dotación de 147 litros por habitante al día, sin embargo el agua se suministra por tandeo en el 80% de la cobertura de ODAPAS, es decir de 2 a 3 horas diarias, lo que representa una insuficiencia para dotar del servicio continuamente, por lo que el municipio, tiene deficiente servicio de agua.

Sin embargo, es importante señalar que existen colonias en la zona norte de Ixtapaluca que no cuentan con red de agua potable, por lo que son atendidas mediante pipas de ODAPAS y pipas particulares lo cual encarece el agua.

Al igual que el número de pobladores, el volumen de extracción de agua al subsuelo se ha duplicado en una década, a un ritmo que no ha permitido a los mantos subterráneos recuperar su nivel en las temporadas de recarga y para su extracción, las perforaciones han pasado de 50 y 100 metros hasta 250 metros de profundidad, con el encarecimiento de los costos de producción y operación de los sistemas.

Otro factor que ha incidido en el abatimiento de los niveles de los mantos acuíferos es la impermeabilización de la superficie por la expansión de la superficie asfáltica, que ha reducido notablemente las áreas en donde se filtra el agua que recarga los mantos subterráneos. En ese sentido, la zona más crítica es la ubicada en torno al poblado de San Francisco Acuatla que ha comenzado a incorporarse paulatinamente al mercado Inmobiliario irregular, amenazando con dañar irreversiblemente el precario sistema natural de recarga.



Por otro lado, es notable el rezago en la instalación de redes de distribución de agua potable, no alcanza a cubrir el 12% del área urbana y puede llegar a abatirse en la medida que se controlen los asentamientos irregulares.

La perforación de pozos ha sido indiscriminada y se autorizan con cada fraccionamiento hasta 6 pozos de 8" de diámetro. Para mejorar el servicio están en construcción 3 tanques de almacenamiento, uno de 500m³ en la col. Chocolines o Plutarco Elías Calles, otro de 2, 000m³ en el cerro el Gorrino, en Acozac y un tercero pequeño de 50m³ en Rancho el Carmen.

VI.2.4 Infraestructura sanitaria.

El municipio forma parte de la subcuenca del Río Pánuco y por ende, todas las aguas servidas están canalizadas hacia el Golfo de México. Por su configuración topográfica los principales escurrimientos son hacia el sur poniente del municipio, para verter por bombeo las aguas servidas al Canal de la Compañía, cuyo canal a cielo abierto sirve de límite municipal en la parte urbana del sur del territorio, la mayor parte de la red colectora, también está a cielo abierto.

El municipio cuenta con 5 plantas de tratamiento las cuales son:

- Cuatro Vientos con una capacidad de 108 L/s.
- Santa Bárbara con una capacidad de 98 L/s.
- Las Palmas con una capacidad de 35 L/s.
- Tlalpizahuac con una capacidad de 18 L/s.
- Alboradas con una capacidad de 35 L/s.

Del total del agua que se consume y desecha en el municipio, menos del 15% recibe tratamiento para su reutilización o para reducir el grado de contaminación de los afluentes al colector principal. Esto a través de las plantas de tratamiento Tlalpizahuac y Cuatro Vientos, con capacidad de tratar 18 y 108L/s respectivamente, pero en general no ha prosperado la cultura de sanear y reutilizar las aguas servidas, en razón de que las plantas de tratamiento existentes y las que están en proyecto se refieren únicamente a descargas domésticas, con franca ausencia de instalaciones y proyectos para el tratamiento de aguas residuales industriales.

Las plantas de tratamiento presentan muchas anomalías ya que la planta de Cuatro Vientos no clora el agua, sólo le da un tratamiento aerobio, además de que no funcionan dos motores para este proceso, desalojando así el agua que se utiliza para el cultivo de hortalizas, la planta de Santa Bárbara tiene un buen funcionamiento el problema radica en que el agua tratada la vuelven a verter en el alcantarillado, la planta de Las Palmas al igual que la de Cuatro Vientos no está siendo clarificada sólo le dan un tratamiento aerobio. Los lodos producidos por estas tres plantas se usa para el mejoramiento del suelo para cultivos, el problema es que estos lodos no tienen un tratamiento adecuado, es decir, así como se producen, se usan o en otros casos, es vertido al alcantarillado.





Fig.6.4. Planta de tratamiento 4 Vientos.

Otro problema que se ha agudizado es el del hundimiento de las colonias del extremo sur poniente del municipio, que es la parte en que se vierten los desechos líquidos al Canal de la Compañía, pero en esa zona la diferencia de nivel de los colectores y el nivel del caudal del Canal, llega a tener hasta tres metros de diferencia en contra y obliga a que el fraccionamiento San Buenaventura, con siete cárcamos de bombeo de aguas negras, se vaya alcanzando el nivel necesario para descargar en el Canal de la Compañía.

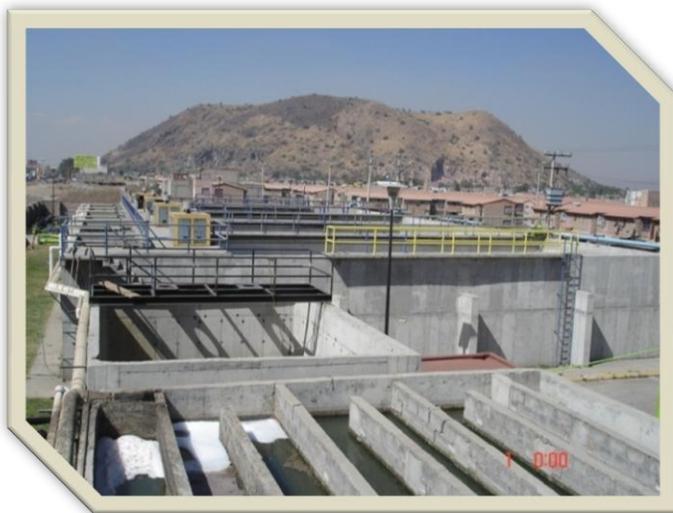


Fig.6.5. A la izquierda: Planta de tratamiento Santa Bárbara, a la derecha Planta de tratamiento Las Palmas.



Por otro lado, las aguas pluviales han visto modificado sus cauces originales por motivo de los asentamientos humanos y no hay infraestructura para su control, desembocando en los canales colectores de drenaje y contribuyendo con un alto volumen de arrastre de lodo y basura, que incrementa violentamente los niveles de los canales colectores y azolvan su cauce, propiciando desbordes e inundaciones en los días de lluvia intensa, que llega a paralizar el tránsito vehicular de la carretera libre México –Puebla, a la altura del poblado de Ayotla.

VI.2.5 Impacto Ambiental.

Las condiciones originales de Ixtapaluca, vistas como un universo en estado natural, consistían en lo general en un territorio dividido en dos grandes categorías. Por un lado, en el 80% del territorio, laderas de montaña y cerros cubiertos de bosque y vegetación y por otro, planicies receptoras de los escurrimientos de las laderas, cubiertas de pastizales y vegetación característica del altiplano, con una variedad notable de fauna silvestre que comprende desde mamíferos de gran tamaño, como osos, venados, felinos y coyotes, hasta roedores, reptiles y aves de todo tipo.

La paulatina ocupación del municipio implica un proceso de transformación del medio natural, con ocupaciones extensivas de uso agrícola, tala desmedida de las laderas cercanas y modificación de los cauces de los arroyos que cruzaba por la planicie, erradicando la vegetación original y aniquilando la fauna silvestre. Sin embargo, el proceso de transformación fue relativamente lento hasta hace tres décadas, cuando comenzó a hacerse más intenso el acercamiento de Ixtapaluca al área metropolitana. A partir de entonces, la velocidad de transformación ha sido intensa y creciente, de tal forma que la velocidad de los cambios se ha acelerado, llegando al extremo de duplicar la población en menos de una década, lo cual ha tenido impactos negativos que de no tomar las previsiones podrían ser irreversibles.



Fig.6.6. Antigua Ixtapaluca.





El crecimiento urbano ha traído, entre otras consecuencias, la deforestación y la erosión, así como la contaminación de los cuerpos de agua, destacando el caso del Canal de la Compañía, el cual presenta graves problemas de contaminación del suelo, incluidas áreas que tienen actividades agrícolas.

Existen riesgos físico- químicos que están estrechamente relacionados con el establecimiento de las industrias, coincidiendo con la localización de gasolineras. El mayor grado de riesgo para la población se localiza en las inmediaciones de estas instalaciones y en las carreteras a Puebla. La papelera Tlaxcala está desechando gran cantidad de productos químicos a un canal, formándose una capa blanca que posteriormente será incorporada al Canal de La Compañía, el cual corre a cielo abierto, colindante al Fraccionamiento Geo Villas ubicado en la Av. Cuauhtémoc, donde vive una gran cantidad de familias, por lo que representa un alto riesgo, sobre todo para los niños.

Asimismo, existen dos gaseras que por su cercanía con los nuevos asentamientos representa un riesgo a corto plazo. La primera se encuentra en la zona industrial de Ixtapaluca, y el nuevo fraccionamiento de casas Geo Sta. Bárbara queda en contra esquina a escasos metros de distancia. La segunda gasera se encuentra en la carretera de acceso al fraccionamiento Cuatro Vientos, cualquier eventualidad dejaría incomunicada esta zona con una población de más de 60, 000 habitantes, y ubicada a poca distancia de la primera gasera, del otro lado de la autopista, lo que multiplica el riesgo para ambas.

El más importante riesgo de inundación es por el Canal de La Compañía que viene desde el poblado de San Rafael incorporando aguas negras y de lluvia a su paso, dicho canal sufrió en los últimos años un asentamiento desde el Cerro del Elefante hasta Tlalpizahua, formando un columpio que tiene su mayor profundidad en la parte media del tramo señalado, lo que genera una especie de represa. Dicha situación se agrava si consideramos que el canal corre a mayor altura que el área urbana, por lo que cualquier fractura representa un riesgo alto de inundación.

Los riesgos sanitarios presentes en el municipio se relacionan con las descargas de aguas negras al Canal de La Compañía, así como con las posibilidades de que se desborde de su cauce en las épocas de lluvias. Esto tiene como consecuencias enfermedades digestivas y respiratorias en la población, así como el peligro de que se generen epidemias o emergencias de salud mayores. Las epidemias están casi erradicadas del municipio, debido a los programas de vacunación aplicadas por las instituciones de salud. Las enfermedades predominantes son bronconeumonía, enfermedades del aparato respiratorio, cardiovascular y digestivo, cirrosis hepática alcohólica, colitis, enfermedades microbianas y parasitarias, diabetes, cáncer, problemas reumáticos, enfermedades propias de la infancia, entre otras.





CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



VII. Conclusiones y recomendaciones.

Las inversiones masivas en vivienda de financiamiento institucional y el paulatino acercamiento mediante redes de transporte, le han conferido a Ixtapaluca una vertiginosa dinámica de crecimiento poblacional, con volúmenes de habitantes no esperados y por lo tanto, no previstos en las anteriores etapas de planeación territorial. Por otro lado, las inversiones en actividades productivas no han tenido el mismo índice de crecimiento, provocando fenómenos urbanos relativamente recientes para el territorio municipal, habrá de dimensionarse y atenderse para que Ixtapaluca no afronte en el cercano plazo los efectos del crecimiento del mercado inmobiliario ilegal, que repercute en mermas severas en la calidad de vida de la población y compromete seriamente su futuro con orden y equidad.

Igualmente, es necesario que el organismo público que norma el abastecimiento y distribución de agua potable, administre la totalidad de los sistemas, con el propósito de racionalizar la extracción y hacer un mejor prorrateo de los suministros, que permita la equidad en este beneficio básico.

La planeación de nuevos sistemas debe considerar también las condiciones climatológicas, y establecer dotaciones que sean congruentes con los esfuerzos que se realizan para reducir la demanda. De esta manera será posible aplazar la inversión en obras de abastecimiento, para destinarlas a otras acciones que puedan también ser prioritarias. Por lo anterior, se hacen las siguientes recomendaciones para lograr un eficiente desarrollo urbano:

- Estructurar la modernización de la ciudad sobre bases que beneficien a la población, mejorando la calidad de sus servicios y tomando en cuenta la disponibilidad de los recursos.
- Vincular el desarrollo urbano a la disponibilidad de agua tanto en los nuevos asentamientos como zonas urbanas en proceso de consolidación.
- Analizar las necesidades de servicios de agua y drenaje dentro del contexto del sistema hidráulico de la ciudad y de la cuenca hidrológica o manto acuífero donde se ubica para considerar posibilidades de reúso y conservación del medio ambiente.
- Extender la cobertura de servicios a toda la población utilizando al máximo los recursos disponibles y la capacidad de infraestructura existente.
- Aprovechar los recursos acuíferos en forma eficiente para extender su beneficio a toda la población, creando una cultura del agua para que la población no la desperdicie, y utilizando medidas técnicas, administrativas y financieras que propicien su ahorro.
- Dar un seguimiento riguroso al muestreo y análisis de agua residual tratada para verificar que cumpla con las normas establecidas y así garantizar un buen reúso y evitar posibles brotes de enfermedades gastrointestinales.



- Para contrarrestar la escases de agua potable en el municipio, se debe disponer adecuadamente del agua residual tratada, esto es, usándola para riego de áreas verdes, riego de cultivos y recarga de acuíferos principalmente, siempre y cuando el agua tratada, cumpla con las normas establecidas.

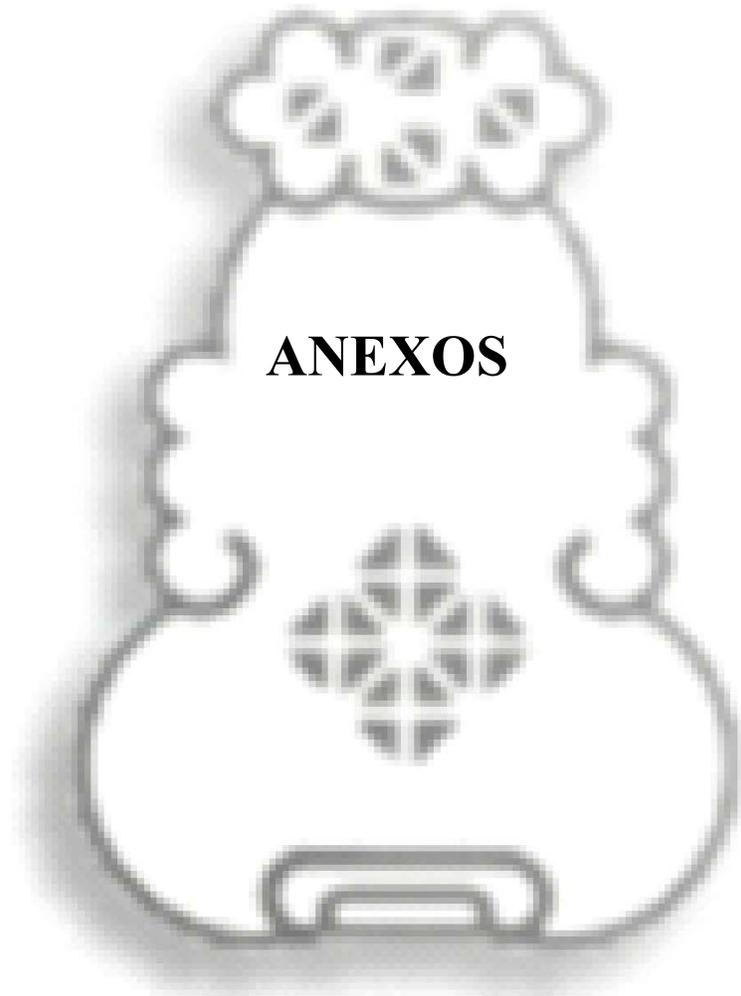
México carece de una cultura acerca del cuidado y reúso del agua, ejemplo claro de ello se ve en Ixtapaluca, y a consecuencia de ello el uso de agua residual en la agricultura se ha convertido en un problema grave de salud pública, ya que como se vio anteriormente el agua tratada proveniente de la planta 4 Vientos no cumple con las normas establecidas y aún así se usa para regar cultivos, en cambio el agua tratada proveniente de las plantas Santa Bárbara y Las Palmas es de mejor calidad, sólo que se vuelve a verter al alcantarillado; y peor aún, este es un tema que, a las autoridades correspondientes, no parece interesarles y no sólo a las autoridades, sino a la población en general, ya que es la que debe de exigir una mejor administración en los recursos hídricos para contar con un abastecimiento constante de agua potable, así como una mejor red de alcantarillado.

Las normas que reglamentan el tratamiento de aguas residuales son ignoradas o pasan por desapercibidas, de igual forma no se les da la importancia que se debe, en materia de legislación existen parámetros importantes en el tratamiento de aguas residuales que no están penalizados, tal es el caso del contenido de agentes tensoactivos, pH, Dureza, etc. Esto propicia más la mala calidad del agua residual que en vez de desperdiciarse, se le pudiera dar un uso adecuado.

La red de abastecimiento de agua potable y drenaje son obras de ingeniería que tienen gran importancia dentro de una población, cualquiera que esta sea, pero que en la actualidad han pasado a segundo término, hoy en día se invierte más dinero en vías de comunicación, puentes, edificios, transporte público (metro, metrobus, tren ligero) y vivienda, todo esto hace que los sistemas hidráulicos se rezaguen reflejándose en las diversas fugas de agua potable que se presentan en el Distrito Federal y Estado de México o en las inundaciones causadas por las lluvias junto con el taponamiento de las redes de alcantarillado.

La situación actual acerca de la urbanización, junto con la administración y disposición del agua en México, ha producido una acumulación de rezagos y demandas insatisfechas en equipamiento y servicios, con un deterioro creciente en la calidad de vida y del medio ambiente, cuyos daños siguen en expansión por la creación de nuevas comunidades. Esta situación se complica por el hecho de que la reversión de este proceso no depende de las acciones o decisiones de los gobiernos, puesto que aquí se refleja un efecto histórico y estructural del país entero.





Resultados de campo.

Tabla. A1. Bitácora de campo, planta de tratamiento 4 Vientos.

Muestra	Tipo de muestra	Temperatura	pH	Hora	Fecha
M1 _E	Puntual	25°C	7	11:30	13-08-08
M4 _S	puntual	25°C	9	11:50	13-08-08

Tabla. A.2. Bitácora de campo, planta de tratamiento Santa Bárbara.

Muestra	Tipo de muestra	Temperatura	pH	Hora	Fecha
M2 _E	Puntual	22°C	9	13:37	13-08-08
M5 _S	Puntual	23°C	8	14:00	13-08-08

Tabla. A.3. Bitácora de campo, planta de tratamiento Las Palmas.

Muestra	Tipo de muestra	Temperatura	pH	Hora	Fecha
M3 _E	Puntual	22°C	8	14:35	13-08-08
M6 _S	Puntual	22°C	8	14:47	13-08-08



Resultados de laboratorio.

Tabla A.4. Resultado de análisis físico-químico de aguas residuales.

Parámetro		M1 _E	M2 _E	M3 _E	M4 _S	M5 _S	M6 _S	
Temperatura °C		21.3	21.4	21.2	21.3	21.2	21.4	
Ph		7.46	7.28	7.34	7.39	7.43	7.68	
Turbiedad (UTN)		26	25	25	29	10	11	
Color (Pt-Co) verdadero/aparente		77 / 92	75 / 94	80 / 71	98 / 105	35 / 53	43 / 60	
Olor		Putrefacto	Putrefacto	Putrefacto	Putrefacto	Putrefacto	Putrefacto	
Materia flotante		No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	
Miligramos por litro	Sólidos	DBO ₅ Total	167.55	168.45	165.90	174.90	31.4	47.0
		DQO	486.1	423.4	392.0	517.4	40.8	61.2
		Totales	1435	1315	1405	1735	460	635
		Totales Fijos	1155	1020	1125	1340	315	470
		Totales Volátiles	280	295	280	395	145	165
		Susp. Totales	490	395	505	675	30	45
		Susp. Fijos	82	94	85	102	12	19
		Susp. Volátiles	115	121	128	209	54	62
		Disueltos Totales	945	920	900	1060	430	590
		Disueltos Fijos	1068	926	1040	1238	303	451
		Disueltos Volátiles	165	174	152	186	91	103
		ml/L	Sedimentables	4.0	3.5	2.0	4.5	0.2
Miligramos por litro	Acidez CaCO ₃	Anaranjado de Metilo						
		TOTAL						
	Alcalinidad CaCO ₃	Fenolftaleína	3.8	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0
		Naranja de Metilo	15.2	8.55	14.25	10.45	11.40	16.15
		Carbonatos	4.56	0.0	0.0	15.95	0.0	0.0
		Bicarbonatos	18.53	10.42	17.37	12.74	13.90	16.69
		Hidróxidos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TOTAL	19.0	8.55	14.25	23.75	11.40	16.15	
	Dureza CaCO ₃	TOTAL	16.1	1.4	1.2	15.5	1.3	1.8



(Continuación)

Parámetro		M1 _E	M2 _E	M3 _E	M4 _S	M5 _S	M6 _S	
Miligramos por litro	Cloruros	189	165	174	183	148	153	
	Nitrógeno	Amoniacal	33.5	31.2	32.6	34.8	3.5	4.2
		Orgánico						
		Total	33.72	31.39	32.80	35.74	12.93	14.51
		Nitritos	0.005	0.003	0.004	0.005	0.001	0.001
		Nitratos	0.21	0.19	0.20	0.93	9.43	10.31
	Fósforo mg/L	Reactivo total						
		Total	22.6	19.3	21.5	24.4	10.6	12.3
		Reactivo Disuelto						
		Total Disuelto						
	Grasas y Aceites	132	126.4	157.6	91.2	16.0	18.8	
	SAAM Detergentes	0.156	0.143	0.161	0.159	0.078	0.085	

OBSERVACIONES

Descripción de las muestras:

M1_E = Muestra 1 Entrada

M4_S = Muestra 4 Salida

M1_E y **M4_S** = Planta de tratamiento 4 Vientos.

M2_E = Muestra 2 Entrada

M5_S = Muestra 5 Salida

M2_E y **M5_S** = Planta de tratamiento Santa Bárbara.

M3_E = Muestra 3 Entrada

M6_S = Muestra 6 Salida

M3_E y **M6_S** = Planta de tratamiento Las Palmas.

ANALIZADO POR: **M. en C. Sergio Martínez Gonzales**
M. en C. Marjorie Márquez Vázquez

REVISADO POR: **M. en C. Sergio Martínez Gonzales**

FECHA DE REPORTE: 24-09-08

Tabla A.5. Resultado del análisis bacteriológico de las aguas residuales.

Parámetro		M1 _E	M2 _E	M3 _E	M4 _S	M5 _S	M6 _S	
NMP/100ml	Coliformes	Fecales	1 X 10 ⁷	8 X 10 ⁶	2 X 10 ⁷	6 X 10 ⁴	1200	1550
		Totales	6 X 10 ⁷	5 X 10 ⁷	6 X 10 ⁷	4 X 10 ⁵	2421	3216





REFERENCIAS

- “Abastecimiento de Agua y Alcantarillado”. Steel E. W. y Mc. Ghee J. Terence. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1981.
- “El Diario de México”. <http://www.diariodemexico.com.mx/>.
- “El Universal”. <http://www.eluniversal.com.mx/>.
- “Google Earth” v4.0.27.37. (2007).
- “Guía Roji”. Palacios-Roji G.J. y Palacios-Roji G.A. (2008).
- “Ingeniería Sanitaria Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales”. Metcalf-Eddy. Ed. Labor.
- “La Modernización de las Ciudades en México”. Perló Cohen Manuel. Instituto de investigaciones sociales UNAM. México, 1990.
- “Lineamientos de Diseño Urbano”. Corral Carlos y Becker. Ed. Trillas. México, 1995.
- “La Contaminación Ambiental en México”. Jiménez Cisneros Blanca Elena. Ed. Limusa. México, 2001.
- “Plan Municipal de Desarrollo Urbano”. Ixtapaluca Estado de México, 2007.
- “Norma Oficial Mexicana **NOM-001-ECOL-1996**” .Diario Oficial de la Federación.
- “Norma Oficial Mexicana **NOM-002-ECOL-1996**” .Diario Oficial de la Federación.
- “Norma Oficial Mexicana **NOM-003-ECOL-1997**” .Diario Oficial de la Federación.
- “Water Treatment Plant Design”. E. Baruth Edward. Ed. Mc Graw-Hill. U.S.A., 2005.

