

SERIE INCALLI IXCAHUICOPA

La Serie Incalli Ixcahuicopa es una colección de libros del Programa de Investigación Sierra Nevada de la Universidad Autónoma Metropolitana. Escogimos este nombre: Incalli Ixcahuicopa, porque es la traducción del lema de la UAM al náhuatl, idioma en el que mágicamente cobra un sentido más amplio y humano, y significa "Casa abierta al tiempo con rostro".

Su objetivo es promover una cultura de desarrollo sustentable en los habitantes de la Cuenca del Valle de México y de la región Sierra Nevada dando a conocer elementos de la cultura tradicional de esta comunidad así como investigaciones y proyectos en materia ambiental realizados por la UAM. En esta serie también se encontrarán avances de los trabajos realizados por el Programa de Investigación Sierra Nevada y propuestas dirigidas a autoridades y comunidad en general para la gestión y manejo integral de los recursos naturales.

La misión de este programa es convertir a la Sierra Nevada en una zona modelo de manejo de los recursos. Para nosotros la Sierra Nevada es "donde nace el futuro", por tanto, la Serie Incalli Ixcahuicopa es semilla que esperamos caiga en tierra fértil.



La problemática del agua, no sólo empieza con el abasto, sino que el problema continua, al hacerse la pregunta de qué hacer con ella una vez que la hemos usado, esto nos lleva a conocer el tipo de alternativas que se tiene en cuanto a el tratamiento del agua residual, el cómo hacerlo y sobre todo el cuánto cuesta.

Este manual se enfoca en seis secciones: "La Ecología y las Aguas Residuales", que habla sobre los efectos adversos que causan las aguas residuales a un sistema acuático, a mediano y largo plazo.

"El Manejo del agua en la época Prehispánica", nos proporciona un conocimiento general del uso y manejo del agua que los Pueblos Prehispánicos de la Cuenca del Valle de México.

"Los Niveles de Tratamiento de las Aguas Residuales", nos acerca a las causales de la generación de las aguas residuales, las formas más comunes de tratamiento, pretendiendo dar respuesta a las preguntas que la gente común se hace en cuestión de tratamiento y costos.

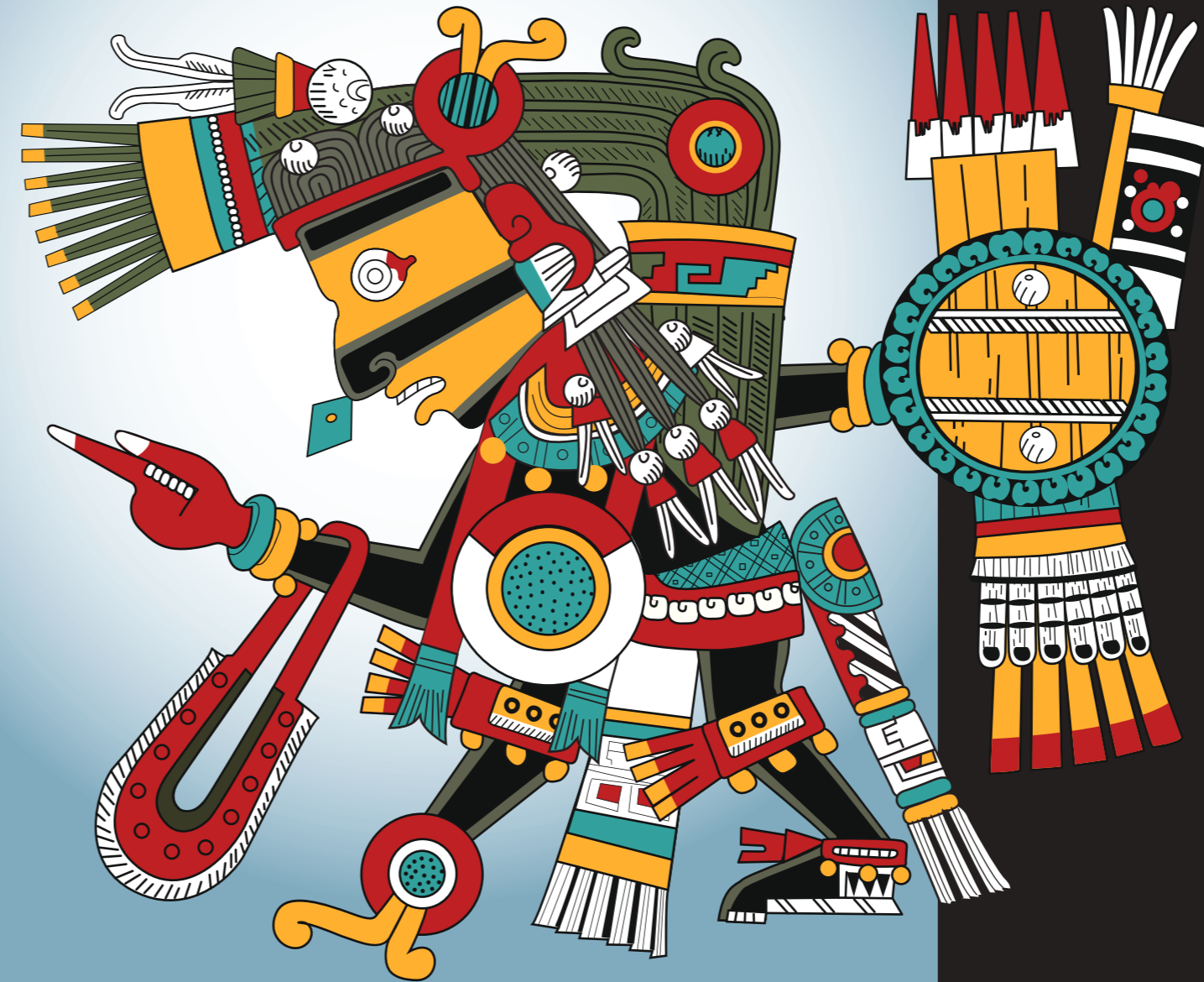
"El Panorama Operativo de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en México", Evalúa el estado del arte que guarda México en el rubro de plantas de tratamiento, dividiéndolas en plantas de tratamiento de aguas residuales Municipales e Industriales y los diferentes procesos genéricos que manejan las plantas tratadoras de aguas residuales en nuestro país.

"Manejo de las aguas residuales del acuífero Chalco Amecameca". Menciona los efectos negativos que tienen las aguas residuales, tal como se han manejado hasta ahora.

"El Panorama de la contaminación del río Tlalmanalco ó río de la Compañía". Muestra la manera en que las aguas del río han venido contaminándose, así como de resultados de una investigación que se viene realizando en el marco del Programa de Investigación Sierra Nevada-Universidad Autónoma Metropolitana y de formas de tratamiento y manejo de las aguas residuales, todo con la finalidad de aprovechar mejor las aguas y ayudar a la recarga del acuífero.

TRATAR EL AGUA RESIDUAL: UNA NECESIDAD TRATAR EL AGUA RESIDUAL: UNA NECESIDAD

TRATAR EL AGUA RESIDUAL: UNA NECESIDAD



Para qué y cómo hacerlo

Imagen: Tezcatlipoca

Erasmus Flores Valverde. Es Ingeniero en Bioquímica por el Instituto Politécnico Nacional, hizo su Maestría en Química Analítica en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, actualmente es Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco.

Maria Rita Valladares Rodríguez. Es Ingeniera en Ecología por la Universidad del Valle de México y Candidata a Maestra en Ingeniería Ambiental por el Instituto Politécnico Nacional, Actualmente colabora en el Área de Química como Técnica Especializada en Laboratorio de Química de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Agustín Breña Puyol. Es Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de México y tiene el Doctorado en Ingeniería Civil, por la Universidad de Laval, Québec, Canadá. Actualmente es Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa.

Juan Manuel Pomares Ortiz. Es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma Chapingo, es Consultor y Colaborador externo en el Programa de Investigación Sierra Nevada –Universidad Autónoma Metropolitana.

Desde su fundación en mayo del 2005 los autores forman parte de la línea de investigación "Manejo Sustentable del Agua" del Programa de Investigación Sierra Nevada y asimismo son miembros del Grupo Promotor de la Comisión de Cuenca de los Ríos Amecameca y de la Compañía en la Cuenca del Valle de México.



Este manual fue publicado con el patrocinio de la Comisión Ambiental Metropolitana (FIDAM 1490) y la Universidad Autónoma Metropolitana.

PARA QUÉ Y CÓMO HACERLO

ERASMO FLORES VALVERDE, AGUSTÍN BREÑA P, JUAN MANUEL POMAREZ O.

COORDINACIÓN MA. RITA VALLADARES RODRÍGUEZ

Programa UAM Sierra Nevada
Mirador No. 59, Tlalmanalco, Edo. de Méx.
Tel: (01597) 977 53 12
Fax: (01597) 977 68 80
uamneva@correo.uam.mx
proyectosierranevada@prodigy.net.mx.



Comision Ambiental Metropolitana



FUNDACION
GONZALO RIO ARRONTE, I.A.P.



Rector General
Universidad Autónoma Metropolitana:

Dr. José Lema Labadie

Secretario General:

Mtro. Javier Melgoza Valdivia

Rector de la Unidad Iztapalapa:

Dr. Oscar Monroy Hermosillo

Rector de la Unidad Azcapotzalco:

Dr. Adrián de Garay Sánchez

Rector de la Unidad Xochimilco:

Dr. Cuauhtémoc Vladimir Pérez Llanas

Rectora de la Unidad Cuajimalpa:

Dra. Magdalena Fresán Orozco

**Coordinador General del Programa
de Investigación Sierra Nevada:**

Dr. Pedro Moctezuma Barragán

TRATAR EL AGUA RESIDUAL: UNA NECESIDAD



Para qué y cómo hacerlo

ERASMO FLORES VALVERDE, MA. RITA VALLADARES R, AGUSTÍN BREÑA P, JUAN MANUEL POMARES O.
COORDINACIÓN MA. RITA VALLADARES RODRÍGUEZ

Indice

INTRODUCCIÓN	
1. LA ECOLOGÍA Y LAS AGUAS RESIDUALES	
ANTECEDENTES	
CICLO HIDROLÓGICO	
ALTERACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	
2. MANEJO DEL AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO EN LA ÉPOCA PREHISPÁNICA	
COMERCIO EN LA CUENCA	
LAS CHINAMPAS	
OBRAS HIDRÁULICAS	
3. NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
TRATAMIENTO PRIMARIO	
TRATAMIENTO SECUNDARIO	
TRATAMIENTO TERCIARIO	
4. PANORAMA OPERATIVO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO EN MÉXICO	
CUANTAS EXISTEN	
DONDE SE ENCUENTRAN	
QUE PROCESOS EFECTÚAN	
5. MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL ACUÍFERO CHALCO –AMECAMECA	
UBICACIÓN	
CARACTERÍSTICAS	
DRENAJE	
PROPUESTAS	
6. PANORAMA DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO TLALMANALCO Ó RÍO DE LA COMPAÑÍA	
UBICACIÓN	
DESCARGAS	
CALIDAD DEL AGUA	
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
PROPUESTAS	
7. ANEXOS	
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	

I

2

3

4

5

6

7

**Edición**

Erasmus Flores Valverde; Ma. Rita Valladares R;
Agustín Breña P; Juan Manuel Pomares O.
Coordinación: Ma. Rita Valladares Rodríguez

Diseño Editorial y Portada

Delia Carolina Espinoza Hilario

Ilustración de portada

Jesús Alberto Paz González

Ilustraciones

De las páginas 10, 13, 14 y 23

Gabriel Carmona Yahuaca

Apoyo Editorial

Yoany Aidé Adaya Carrillo

Julio Maldonado Hernández

Jacobo Espinoza Hilario

Iván Hernández de la Cruz

I^a edición 2006

ISBN 978-970-31-0783-4

Impreso en México.

DR Universidad Autónoma Metropolitana
Prolongación Canal de Miramontes No. 3855
Col. Ex Hacienda San Juan de Dios

El presente manual busca apoyar la construcción de los procesos y proyectos requeridos para la sustentabilidad en la Cuenca del valle de México. La primera sección “La Ecología y las Aguas Residuales”, habla de los efectos adversos que pueden causar las aguas residuales a un sistema acuático, a mediano y largo plazo, toda vez que se asume que éstas por su propia definición conllevan ya cierto grado de contaminación. La segunda sección, “Manejo del Agua en la Época Prehispánica”, nos proporciona un conocimiento general del uso y manejo del agua que los Pueblos Prehispánicos de la Cuenca del Valle de México realizaron, develando el conocimiento y respeto que profesaban a éste recurso natural. Con la llegada de los españoles se inicia la destrucción de la Cuenca del Valle de México, y por tanto la consecuente pérdida del equilibrio químico del agua y su cada vez menos eficiente manejo hidráulico, que habían venido construyendo cuidadosamente nuestros antepasados. Sin temor a equivocación, éstos hechos fueron el inicio de lo que ahora es uno de los más grandes retos el “tratamiento y manejo de las aguas residuales”. La tercera sección “Niveles de Tratamiento de las Aguas Residuales”, nos habla acerca de las causales de la generación de las aguas residuales, las formas más usuales de tratamiento, y pretende contestar a las preguntas que la gente común nos hacemos ¿Qué tipo de tratamiento debo aplicar?, ¿Qué parámetros se deben analizar?, ¿Cómo se que el agua ya está adecuadamente tratada?. La cuarta sección “Panorama Operativo de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en México”, habla sobre el estado del arte que guarda México en el rubro de plantas de tratamiento, éstas se dividen en plantas de tratamiento de aguas residuales Municipales e Industriales y los diferentes procesos genéricos que manejan las plantas tratadoras de aguas residuales en nuestro país. La quinta sección “Manejo de las Aguas Residuales del Acuífero Chalco Amecameca”, menciona los efectos negativos que tienen las aguas residuales, tal como se han manejado hasta ahora, y que éste hecho se debe a que no existe la infraestructura hidráulica adecuada para el manejo de dichas aguas ni las plantas de tratamiento requeridas, finalmente se propone un esquema que nos puede llevar a un manejo integral del agua. La sexta sección “Panorama de la Contaminación del Río Tlalmanalco ó Río de la Compañía”, habla de la manera en que las aguas del río se han venido contaminando, así como de resultados de una investigación que se viene realizando en el marco del Programa de Investigación Sierra Nevada-Universidad Autónoma Metropolitana y de formas de tratamiento y manejo de las aguas residuales, todo con la finalidad de aprovechar mejor las aguas y ayudar a la recarga del acuífero. Finalmente el lector encontrará un glosario y una bibliografía que abarca valiosos trabajos de investigación.

ESPERAMOS QUE ÉSTA GUÍA SEA DE UTILIDAD.

I. La Ecología y las Aguas Residuales

En el origen de la tierra el agua se encontraba en forma de vapor, cuando la tierra se enfrió lo suficiente, el agua pudo condensarse y así cayó la primera lluvia torrencial sobre el planeta ¡Por fin el agua abrazó la tierra! y en su recorrido sobre la superficie terrestre, ésta comenzó a disolver las sales minerales que se encontraban sobre la tierra y las rocas superficiales. El agua recorría la tierra desde las regiones altas hacia las más bajas, de esta manera se formaron los ríos; el agua que viajaba por estos senderos terminaba su viaje hasta llegar a las oquedades que se encontraban en la tierra, para depositarse en éstas, constituyendo de esta manera los océanos. El agua adormecida que podía descender a través de las capas de la tierra para reposar en el subsuelo constituyó los mantos freáticos, tesoro de la vida, y de esta unión de agua y tierra surgió ¡la Vida!



FOTO I.1. AGUA POTABLE PROVENIENTE DE LOS VOLCANES

Introducción

La ecología estudia las interrelaciones entre los organismos y su ambiente físico y biótico. Los factores abióticos y bióticos se combinan y dan lugar a una gran diversidad de ambientes en el planeta, en donde los organismos se desarrollan de acuerdo a la compatibilidad de su estructura y fisiología con el ambiente, y a su capacidad de adaptación.

Los factores abióticos que afectan el ambiente se dividen por su naturaleza de afectación, en físicos y químicos:

Factores abióticos físicos:

estos factores determinan las condiciones ambientales del medio conformando el ecosistema que habita la comunidad. Entre ellos se consideran como los de mayor trascendencia los siguientes:

a) La luz solar: es la fuente principal de energía para todos los seres vivos, en el planeta la medida en la que se da la penetración de los rayos solares (debida a la inclinación del globo terrestre), determina la existencia de regiones tropicales, polares y templadas; que dan origen, en combinación con otros factores físicos, a una gran diversidad de ecosistemas. Gracias a la presencia de la luz solar se realiza la fotosíntesis (en las especies verdes del reino vegetal), por ello existen vegetales, plantas y árboles, que son consumidos por los organismos heterótrofos para subsistir (como los animales y el hombre). El efecto de la luz también incide de manera importante en los ecosistemas acuáticos, como se señala más adelante en el ciclo hidrológico.

b) La temperatura: de las radiaciones solares una parte es absorbida en la superficie de la tierra; los rayos solares que llegan a los cuerpos de agua (ríos, presas, mares y océanos) hacen que parte del agua superficial contenida en éstos se evapore, siendo sus efectos el permitir la existencia de humedad en la tropósfera (capa inferior de la atmósfera que rodea la superficie terrestre), otra parte de la radiación solar es absorbida por los gases y vapores atmosféricos (que calientan el aire); una fracción de la radiación solar permite la formación de nubes.

La distribución de la temperatura en la tierra, ha constituido un factor ecológico importante, que ha obligado a algunas plantas y animales a adaptarse para sobrevivir.

c) El viento: es generado por el desplazamiento de aire de una zona de alta presión hacia una de baja presión. Este influye sobre el contenido de humedad y el nivel de temperatura de una región. En la naturaleza el viento interviene favoreciendo la polinización y transporte de semillas; un efecto desfavorable de éste sobre el suelo, es la erosión.



d) El clima: el clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos (temperatura y humedad) que caracterizan el estado promedio de la atmósfera en un lugar y periodo específicos. Los principales elementos del clima son la temperatura, las precipitaciones pluviales, la humedad y la insolación.

e) Altitud y latitud: la altitud es la distancia vertical que tiene un objeto con respecto a un punto de origen dado, considerado como nivel cero (generalmente es el nivel del mar); cien metros de altitud equivalen a un grado de latitud. La latitud es la distancia angular (en grados), medida sobre un meridiano, entre un punto de la tierra y el ecuador; por cada grado de aumento de latitud, la temperatura desciende 0.5°C .



Factores abióticos químicos:

Son aquellos sustratos que proveen los elementos nutricionales necesarios para la subsistencia de los seres vivos.

a) El suelo: el suelo es un sustrato terrestre resulta de la descomposición de la roca madre, por factores climáticos y la acción de los seres vivos, se compone de una fracción mineral y otra biológica (materia orgánica y organismos), la materia orgánica proviene en gran medida de la descomposición de la vegetación que crece sobre la roca madre.

b) Oxígeno y Bióxido de Carbono del aire: las especies vegetales (verdes) toman el bióxido de carbono del aire, de la tierra toman el agua, y mediante la presencia de la energía solar se lleva a cabo la fotosíntesis, que produce la glucosa; la cual será utilizada como fuente energética para el crecimiento de la planta, otra fracción mayor de ésta será almacenada en flores, frutos y semillas. Cada vez que se produce una molécula de glucosa, se produce una molécula de oxígeno. En la respiración ocurre el fenómeno inverso de la fotosíntesis, ya que se requiere tomar seis moléculas de oxígeno del aire, para liberar la energía que contiene una molécula de glucosa y de esta manera el organismo pueda emplear la energía en la realización de sus funciones vitales; con la liberación al medio ambiente de seis moléculas de bióxido de carbono y seis moléculas de agua.

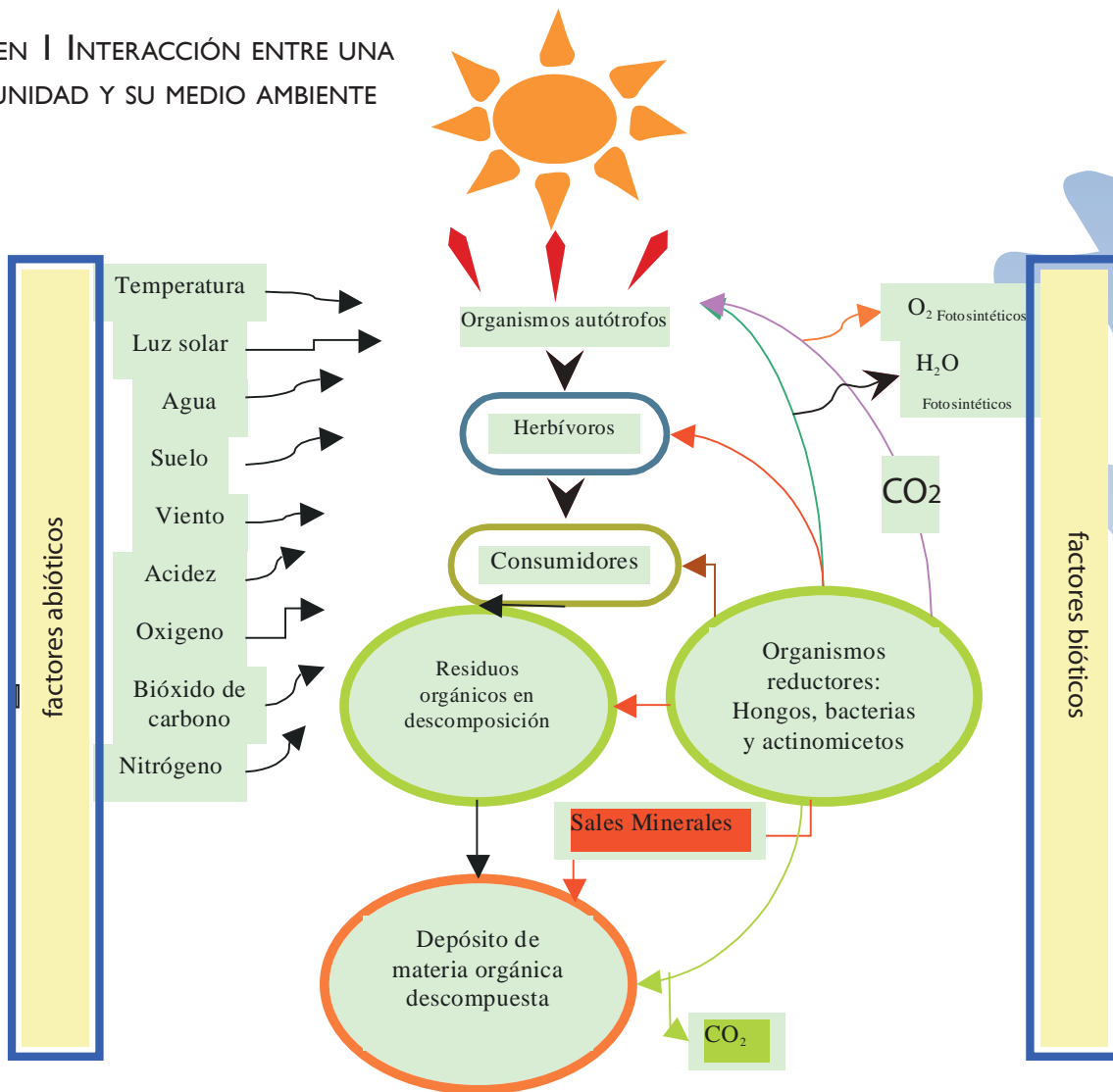


c) Oxígeno y Bióxido de carbono en cuerpos de agua: el oxígeno que se encuentra disuelto en el agua (por absorción del oxígeno atmosférico y por el oxígeno producido por la fotosíntesis del plancton y especies vegetales sumergidas). El oxígeno presente en el agua es consumido por la respiración de los organismos acuáticos y por la descomposición de la materia orgánica. En los cuerpos de agua el bióxido de carbono disuelto es de gran importancia, ya que la cantidad presente de éste determina el pH del agua. La figura 1.2 muestra la interacción entre una comunidad y los factores ambientales (abióticos y bióticos).

Factores bióticos:

son todas las poblaciones del Ecosistema y, por tanto, todos los seres vivos del Ecosistema. Éstos pueden ser autótrofos o heterótrofos, los primeros sintetizan su alimento mediante a fijación de la energía luminosa a través de la fotosíntesis; los organismos heterótrofos no pueden sintetizar sus alimentos, por lo que deben consumir compuestos complejos para obtener la energía necesaria y realizar sus actividades vitales; generalmente deben consumir a otros organismos.

IMAGEN 1 INTERACCIÓN ENTRE UNA COMUNIDAD Y SU MEDIO AMBIENTE



1.2 Importancia de Preservar la Dinámica Natural del Ciclo Hidrológico

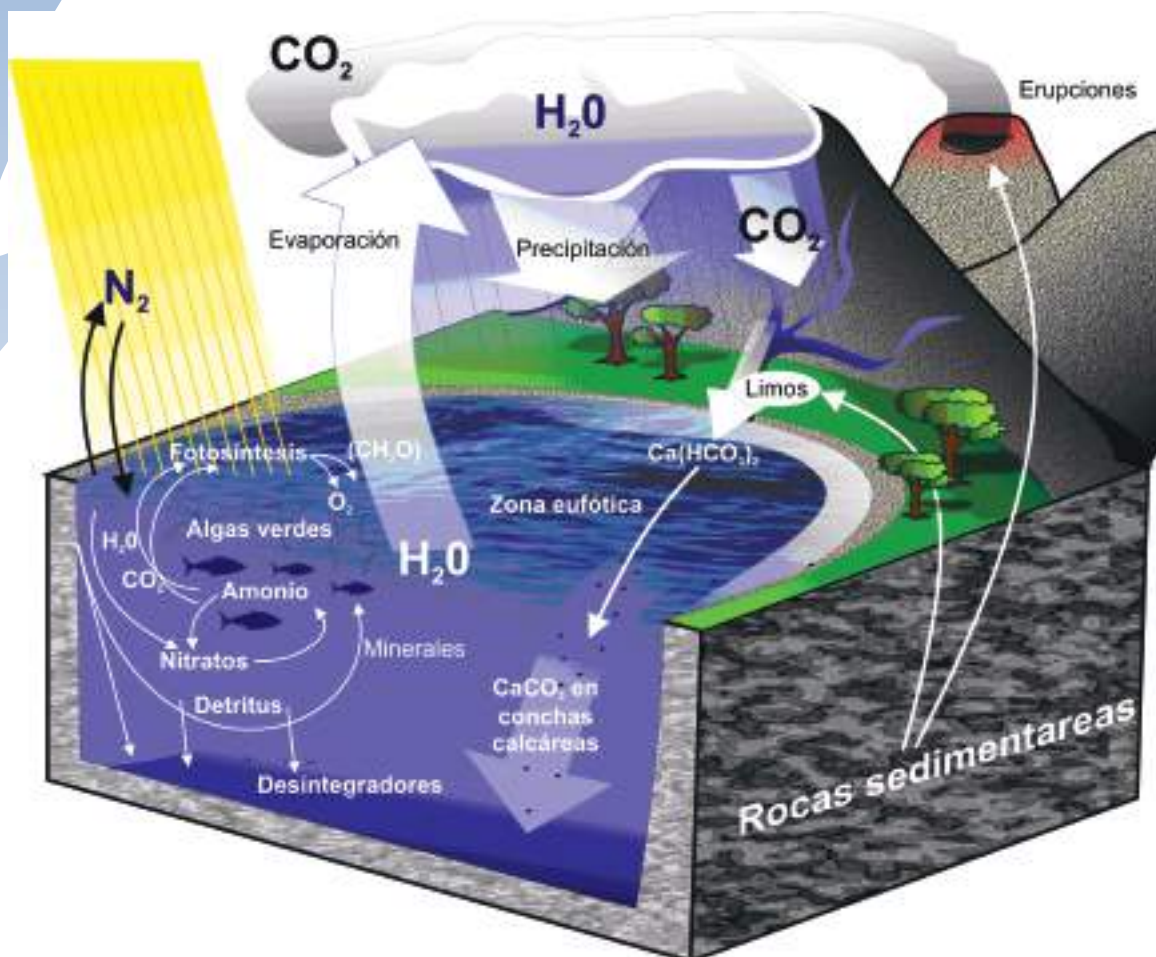
Investigaciones realizadas sobre la composición molecular de la célula mostraron que ésta se encuentra constituida fundamentalmente por agua, encontrándose en una proporción del 70% al 85% del total de la composición molecular en la célula. Este hecho explica la razón por la cual se ha observado desde tiempos inmemorables que los seres vivos se reproducen con mayor facilidad a orillas de ríos y lagos, pues la vida ha creado un binomio con el agua.

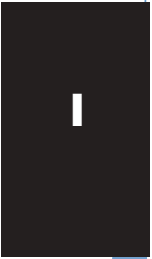
Se tiene el conocimiento de que las reacciones bioquímicas (reacciones químicas que se producen en las células de los organismos para que éstos puedan realizar sus funciones vitales) se llevan a

cabo únicamente en medio acuoso, argumento que justifica científicamente la relación del agua y la vida.

El agua, el suelo, el aire y los seres vivos constituyen el ecosistema del cual el hombre forma parte, donde conforma un eslabón más de una gran cadena. Bajo esta visión es fácil entender que, cuando el ecosistema sufre una alteración en cualquiera de sus elementos, las repercusiones se manifiestan en la totalidad del ecosistema, con diferentes niveles de afectación, como puede observarse en la figura 1.3.

FIG. 1.3. CICLO HIDROLÓGICO





En el ciclo hidrológico se observa fundamentalmente el ascenso y descenso del agua, de la tierra a la atmósfera; esta dinámica del agua se presenta gracias a la energía que le provee el sol. Si los rayos solares no pudiesen penetrar con la intensidad normal a la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la superficie terrestre), el ciclo hidrológico se vería afectado ya que la evaporación normal del agua contenida en los cuerpos de agua, no podría llevarse a cabo; la fotosíntesis que llevan a cabo los organismos verdes en lagos, lagunas, ríos y océanos, no podría realizarse en la medida necesaria para proveer de oxígeno a los organismos acuáticos. Otra afectación a la vegetación terrestre, repercutiría en la intensidad con que se lleva a cabo la fotosíntesis, lo cual provocaría la disminución de la cantidad de oxígeno que contiene el aire que respiramos, además de que la evapotranspiración de las especies vegetales se vería alterada.

Cuando el agua se evapora, asciende, se enfría y condensa, disolviendo las partículas y gases (CO_2 , NO_x) que se encuentran a su paso, para dar lugar a la formación de las nubes, y si el fenómeno de condensación continúa, el agua contenida en las nubes precipita a la tierra en forma de lluvia. Parte del agua que cae sobre la superficie de la tierra alimenta la vegetación, el cauce de los ríos, lagos y mares; el agua que corre, disuelve las sales minerales y todas las sustancias solubles presentes, depositándolas en el cuerpo de agua a donde termina su recorrido y descarga; una fracción del agua de lluvia se infiltra a través de las capas de la tierra y llega a los mantos freáticos.

1.3. Alteración de Ecosistemas Acuáticos por Descargas de Aguas Residuales

Cuando el agua residual se descarga a los ríos, como suele hacerse, la vida acuática se ve alterada, debido a que el agua residual lleva materia orgánica y otros compuestos que para descomponerse (oxidarse) consumen oxígeno, disminuyendo la cantidad de éste para la respiración de los organismos acuáticos. La turbidez del agua residual, disminuye la penetración de la luz solar, afectando el nivel de la fotosíntesis de las plantas del fondo del río, en estas condiciones sólo crecen las algas verde-azules (generadoras de malos olores en su degradación), produciéndose menor cantidad de oxígeno. La descomposición de la materia biodegradable que contiene el agua residual puede realizarse por microorganismos aerobios (en presencia de oxígeno) o con microorganismos anaerobios (en ausencia de oxígeno), generándose compuestos que alteran el ecosistema acuático, como puede verse en la tabla 1.1.

TEPETLIXPA EDO. MÉX.



TABLA I.1 PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN DE LA MATERIA CONTENIDA EN AGUA RESIDUAL

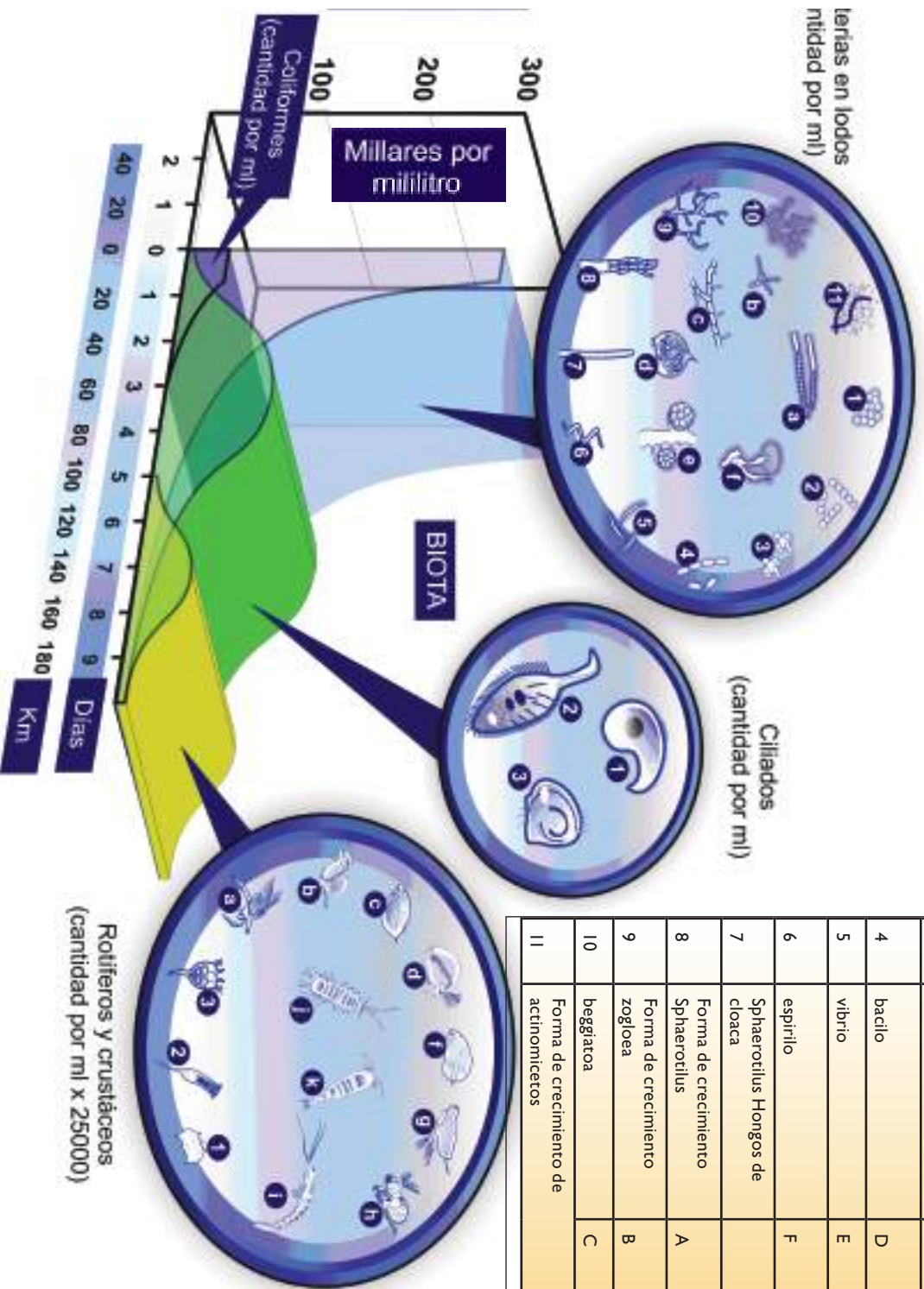
TABLA I.1 Productos de Degradación de la Materia Contenida en Agua Residual

Degradación	Sustrato	Productos Formados	Alteración del arroyos y ríos
Aerobia	Materia orgánica nitrogenada	Nitratos, bióxido de carbono, sulfatos, fosfatos, agua.	El bióxido de carbono en el agua reacciona para dar lugar a compuestos que pueden modificar el pH del agua (acidez o alcalinidad), afectando la vida acuática. Los nitratos y fosfatos en ríos y arroyos, favorecen el crecimiento de las plantas verdes acuáticas, crece el musgo sobre las piedras y otras especies vegetales que favorecen la aparición de moscas de agua, pulgas y otras especies que aumentan la cadena trófica. Estos compuestos en grandes cantidades pueden ocasionar problemas.
Anaerobia	Materia orgánica nitrogenada	Mercaptanos, ácido sulfhídrico, índoles y otros.	Los mercaptanos obtenidos producen malos olores (se adiciona al gas doméstico para detectar las fugas por su fuerte olor). El ácido sulfhídrico es el responsable del olor a huevo descompuesto, además de contribuir junto con los otros ácidos formados, a la modificación del pH del agua.
Aerobia	Materia con carbohidratos	Bióxido de carbono, agua.	El efecto del bióxido de carbono en el agua ya se mencionó.
Anaerobia	Materia con carbohidratos	Metano, bióxido de carbono, hidrógeno, alcoholes, ácidos y otros.	El metano en el agua reacciona para dar lugar a otros compuestos, en presencia de mercurio, forma el metil mercurio que es un compuesto de fácil fijación en el organismo de las especies acuáticas y al consumirlas el hombre, las aves acuáticas y otras especies, fijan el mercurio en su organismo. Parte del metano y sus compuestos ascienden a la atmósfera. Los ácidos pueden modificar el pH del agua, al igual que los alcoholes.

Cuando se vierte agua residual municipal a un río, se forma un depósito de lodo, que se degrada en forma anaerobia (en ausencia de oxígeno), se introducen especies (amibas, lombrices, coliformes fecales y plantas, entre otros); se genera el aumento de la población bacteriana asociada con mohos (por la alta disposición de nutrientes del agua residual), el plancton se ve minimizado y la capacidad de depuración del río es seriamente afectada. Aguas abajo, transcurridos aproximadamente tres días,

recorridos aproximadamente 60 km, la calidad del agua mejora; debido a la disminución de la turbidez y la carga biodegradable del agua residual, así la luz solar penetra al río, aumenta la disposición de oxígeno para las especies y el plancton comienza a reaparecer. Transcurridos de 8 a 10 días, dependiendo de la capacidad depuradora del río, éste ha limpiado el agua. Las figuras 1.4 y 1.5 ilustran este proceso.

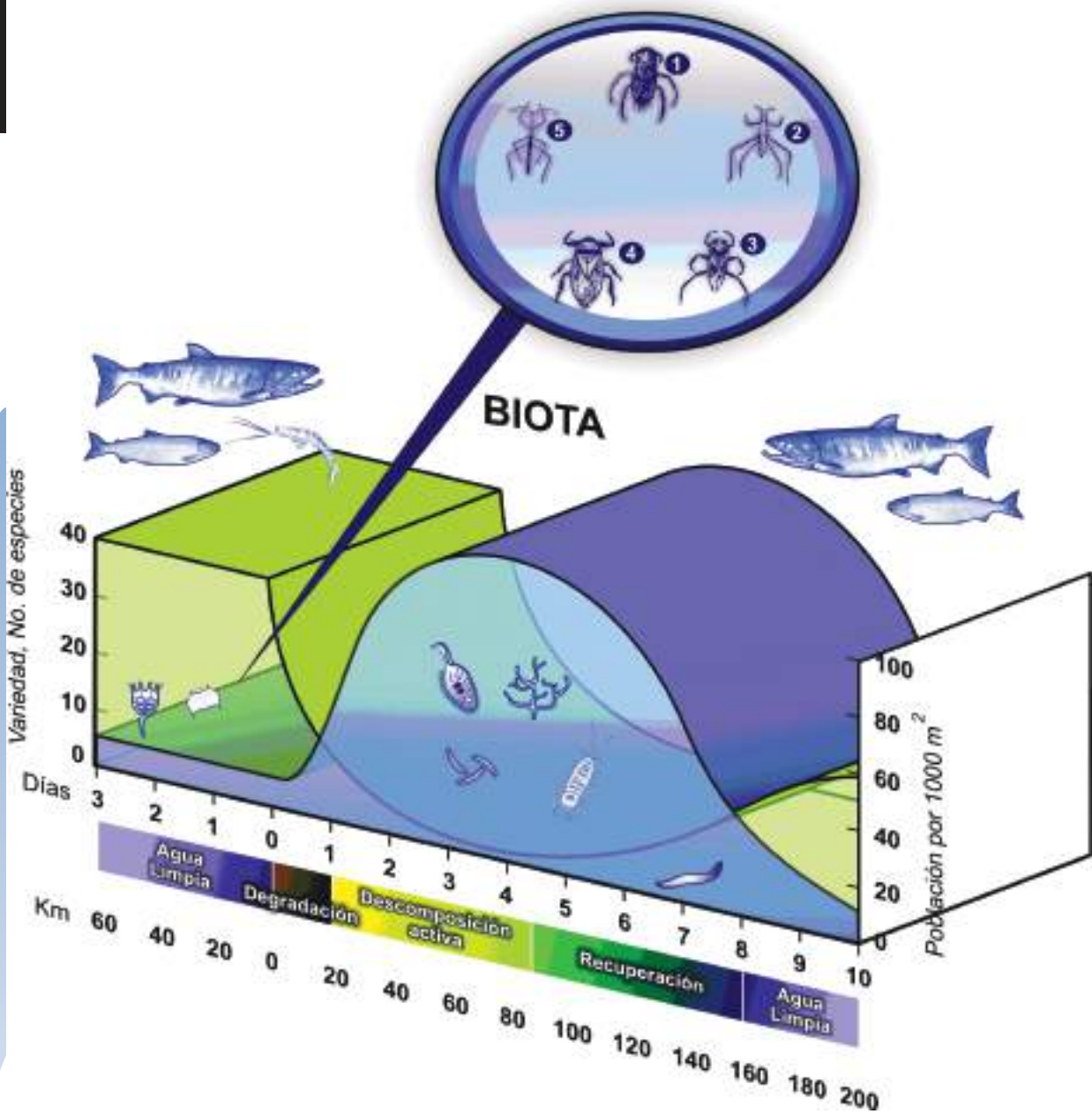
FIG. 1.4. POBLACIÓN MICROBIANA EN AGUAS RESIDUALES



No.	Bacterias	LETRA	Hongos
1	micrococos	A	Leptomitius
2	estreptococos	B	Tetracladium
3	sarcina	C	Zoopagus (espigas miceliales)
4	bacilo	D	Zoopagus (rotifero empalado en la espiga micelial)
5	vibrio	E	Achlya (oosporas)
6	espirilo	F	Achlya (zoosporas enquistadas extrudidas)
7	Sphaerotilus Hongos de cloaca		Ciliados
8	Forma de crecimiento Sphaerotilus	A	Colpoda
9	Forma de crecimiento zoglóa	B	Lionotus
10	begeta	C	
11	Forma de crecimiento de actinomicetos		

Letra	Rotíferos
A	Epiphanes
B	Philodina
C	Euchlanis
D	Proales
E	Brachionius
F	Monostyla
G	Kellicottia
H	Keratella
I	Notholca
J	Trichocerca
K	Synchaeta
L	Filina
M	Polyarthra

FIG.1.5 AUTODEPURACIÓN DEL AGUA RESIDUAL EN UN RÍO.



ESPECIES DE LA FIG. 1.5

No.	Bacterias	Letra	Insectos
1	Chinches de agua	A	Chinche luminosa, Lethocerus
2	Chinches de agua	B	Notonecta, Notonectaide
3	Chinches de agua	C	Tejedor Sigara, Corixidae
4	Chinches de agua	D	Anadador de los pantanos Hydrometra, Hydrometriade
5	Chinches de agua	E	Tejedor Gerris, Gerridae

2. El Agua del Valle de México en la Época Prehispánica

FIGURA 2.1 CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO



2

2.1. La Economía Basada en el Aprovechamiento del Agua.

México-Tenochtitlan, una ciudad fundada en el año de 1325 sobre una isleta en la Cuenca del Valle de México, por sus características peculiares sólo podía ser habitada por hombres fuertes, creativos, dispuestos a transformar un hábitat aparentemente adverso (tierra carente de piedra y árboles, imprescindibles para la construcción),

en una ciudad llena de esplendor y riqueza, lo cual se puede apreciar en el texto siguiente "¡Compremos pues piedra y madera con lo que se da en el agua!" y de esta manera los mexicas, que habían llegado sin nada, comerciaron con patos, peces (el de mayor valor era el pez blanco), aves acuáticas que capturaban con redes, como puede apreciarse en la foto 2.1; también comerciaban con ranas, camaroncillo, huevera de la mosca palustre axayácatl, conocida como ahauhtli, que constituía

la comida de los pobres, la cual se formaba a las orillas del lago (posiblemente endémica del Valle de México), sobre juncos, y tenía la apariencia de una costra blanca; la mosca era comestible, se le vendía molida, cocida o en forma de bola, y en todos los casos se envolvía en hojas de maíz; la foto 2.2 muestra una huevera de mosca que pudiera ser semejante a la que debió haber existido en el siglo XIV y que se encontró en mayo del 2006, en un río de la Cuenca del Valle de México.

Otro producto que comerciaban los mexicas, era el tecuitlal (excremento de tierra) un tipo de alga que sobrenadaba en la superficie del lago de agua dulce, la cual se secaba un poco a la intemperie, se amasaba dándosele forma de torta, se ponía a secar un poco más y se dejaba reposar (posiblemente se dejaba fermentar), el tecuitlal adquiría coloración blanquecina y tenía sabor semejante al queso.

La sal que “cosechaban” de la orilla del lago salado se trataba y le daban la forma de un queso, esta era un importante producto de comercialización debido a la importancia de su consumo cotidiano en la ciudad y en las demás ciudades aledañas. Este hecho se narra en la segunda Carta de Relación de Hernán Cortés.



FOTOGRAFÍA 2.2. HUEVERA DE MOSCA DE AGUA, SIMILAR AL AHUAUTLI AZTECA, ENCONTRADO EN EL VALLE DE MÉXICO



FOTO 2.1. DETALLE DEL MAPA DE LA UNIVERSIDAD DE UPPSALA, MOSTRANDO LA CACERÍA DE PÁJAROS CON LA RED.

2.2. La Adaptación del Modelo de Vida Mexica a las Condiciones Naturales del Medio, un Ejemplo Prehispánico Exitoso de Desarrollo Sostenible

El pueblo azteca disponía de escasa extensión de tierra y de una gran superficie lacustre; para poder crecer, el pueblo azteca necesitaba disponer de mayor extensión de tierra para construir las casas que demandaba el crecimiento de la población, también requerían espacio para fines agrícolas, pues con el auge el pueblo creció y la demanda de alimentos se incrementó a la par; por lo cual el emperador y los sabios trabajaron con gran ingenio y esfuerzo para obtener la tierra que requerían de una parte del espacio que ocupaban sus enormes lagos, de tal manera que la alteración que sufriera el ecosistema fuese la mínima posible. Para este fin se emplearon diversas técnicas en conjunto:

a) Ahondar los canales para bajar el nivel del agua y así obtener más suelo.

b) Sobre balsas de junco crearon “tierra flotante”, que eran plataformas para uso agrícola, en donde se colocaba sedimento extraído del fondo del lago (denominado cieno) y lo mezclaban con ramas, las parcelas flotantes son conocidas como chinampas, la figura 2.2 muestra los cultivos en chinampa

FIG. 2.2. LAS CHINAMPAS



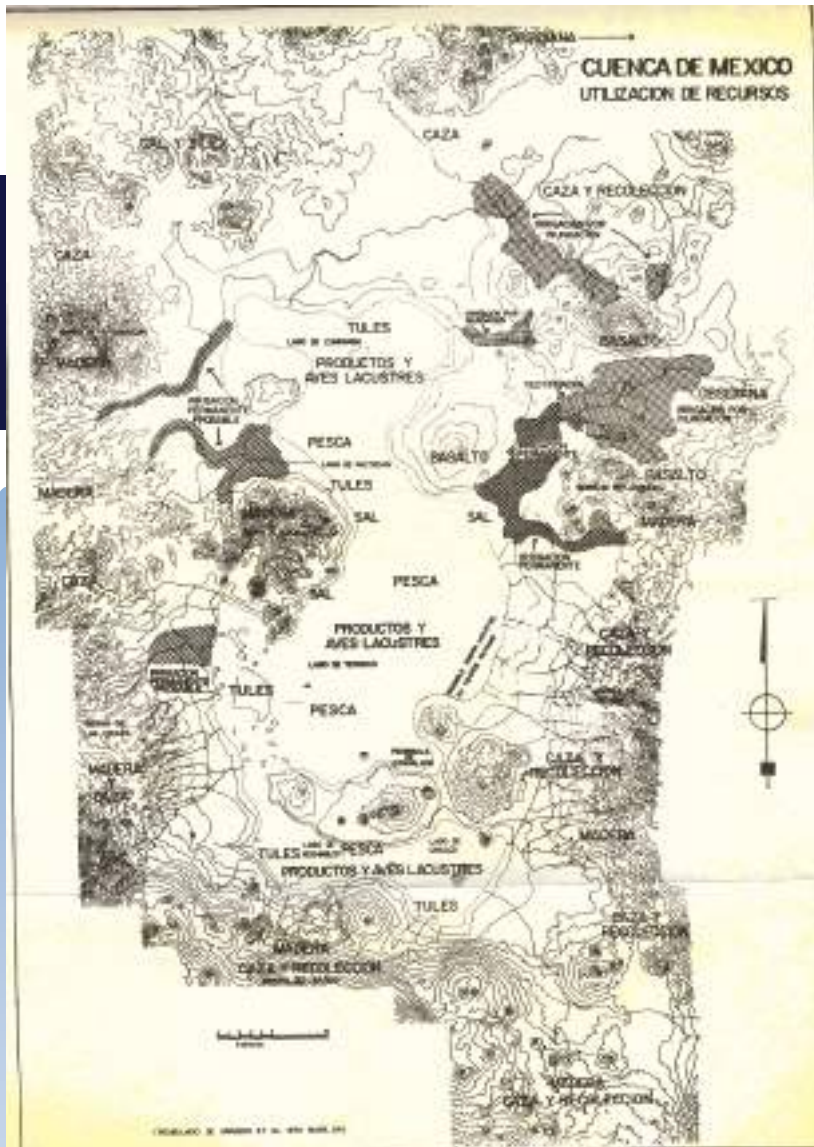
c) Realizaron obras de ingeniería como la construcción de amplias calzadas junto a los canales, constituyendo una verdadera red de caminos, que mantenía comunicada la ciudad en su conjunto, permitiendo el tránsito peatonal y la circulación lacustre por donde se desplazaban las canoas, permitiendo la circulación por todos los rincones de la ciudad. El transporte lacustre se constituyó en el vehículo que permitió el auge del comercio, pues transportaba la mercancía entrante, así como la que exportaban a los otros pueblos. La ingeniería azteca tuvo su máxima expresión, al usar las principales calzadas como diques que separaban las aguas dulces de las saladas y a su vez fungían como muros de contención que impedían las inundaciones.

Puentes y acueductos (pág24-30 Jacques Soustelle). Cabe mencionar que los canales desembocaban en pantanos, que se encontraban hacia el sur de la ciudad, en un lugar denominado Moyotlan (“lugar de mosquitos”), después conocido en la época de la colonia como Ciénega de San Antonio Abad y Ciénega de la Piedad.

Debido a la abundancia del agua en el Valle de México, las calles eran aseadas con gran esmero.

Contaban con canoas, en donde se transportaban cántaros llenos de agua potable (obtenida del acueducto), que compraban los “aguadores”, para después comercializarlos entre los pobladores de la ciudad.

FIGURA 2.5. MAPA DE RECURSOS LACUSTRES DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO



Fuente: Los Recursos Lacustres de la Cuenca de México Durante el Formativo

2

2.3. Obras Hidráulicas

DENTRO DE LAS PRINCIPALES OBRAS DE LA HIDRÁULICA MEXICA SE ENCUENTRAN LAS SIGUIENTES:

Las Calzadas-Dique

Obras de ingeniería cuyo propósito era controlar la circulación del agua por medio de la separación de los vasos, los cuales se alimentaban por medio de distintas fuentes de agua. La construcción que separaba los vasos servía como calzada para el tránsito por tierra.

Albarradones

Era un dique, construido generalmente con piedras de tezontle pegadas con argamasa de cal y arena, con longitud diversa (generalmente determinada por la extensión de uno de los lados del cuerpo de agua que se necesitaba separar, la altura era visible, ya que median de 4 a 6 metros

generalmente. Servían para separar lagos de agua dulce, de los de agua salada y para evitar inundaciones, aunque tenían compuertas, para regular los niveles del agua de los lagos.

Uno de los arquitectos más ilustres del México prehispánico fue el poeta y rey de Texcoco, Netzahualcóyotl, quien diseñó y construyó el albarradón, cuya longitud era de 16 km y se extendía desde el cerro de Atzacolco (en la Sierra de Guadalupe), hasta el Cerro de la Estrella (en Iztapalapa); la finalidad de la construcción de esta obra fue principalmente el poder separar las aguas dulces de las aguas saladas, formando de esta manera dos lagos independientes con características diferentes. El diseño del albarradón contenía compuertas para y permitir el paso de las canoas, de esta manera regular los niveles de agua que permitieron evitar las inundaciones.

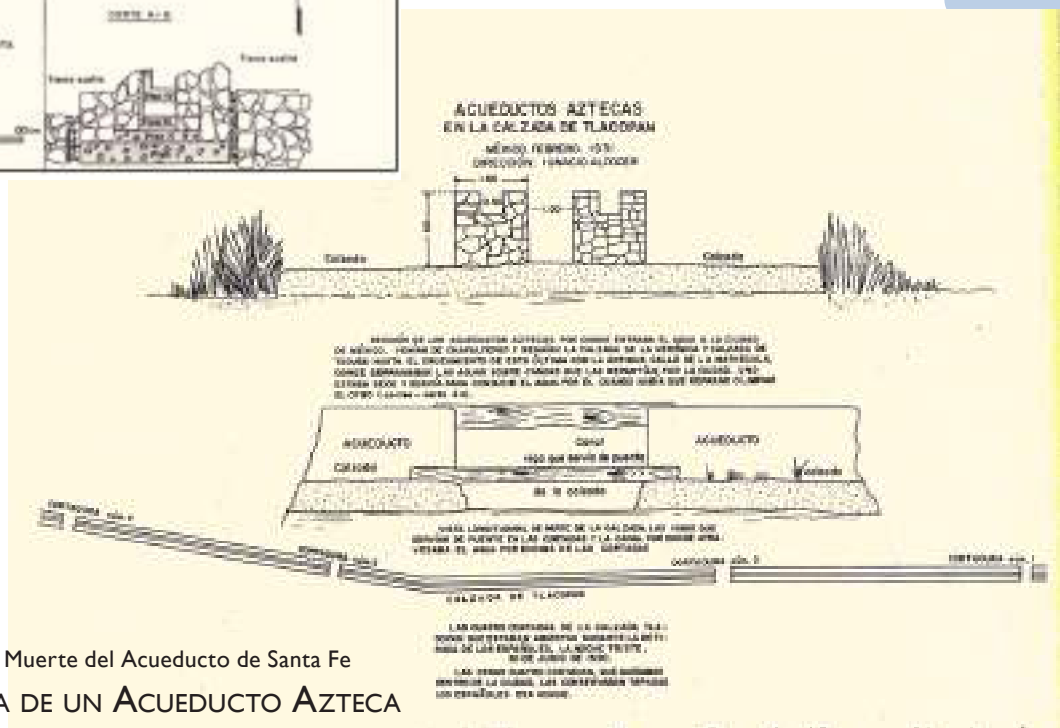
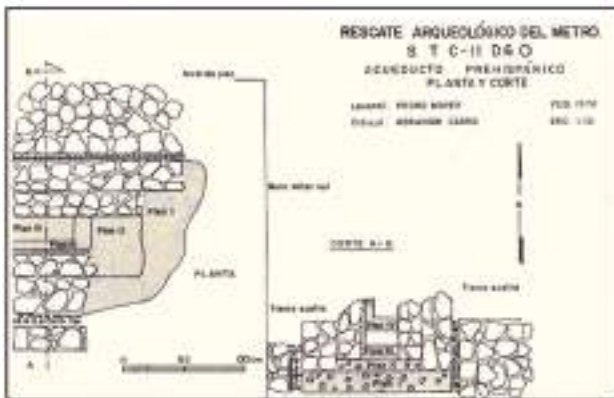
Acueducto

Es una construcción que permite trasportar el agua desde un manantial u otro cuerpo de agua, hasta un sitio (generalmente a donde se encuentra un núcleo de población).

El primer acueducto construido por los mexicas fue el que llevaba el agua potable desde el manantial de Chapultepec hasta la ciudad de México-Tenochtitlan, debido a que el agua de la laguna no era potable, pues ésta era salada. Este acueducto funcionó durante tres siglos y su construcción se debió al ingenio del rey Netzahualcóyotl, en el año de 1466, este acueducto fue conocido por los españoles como el Acueducto de Santa Fe. Las figuras 2.6 y 2.7 muestran la construcción de un acueducto.

Fuente: Origen, Vida y Muerte del Acueducto de Santa Fé

FIGURA 2.6. PLANTA Y CORTE DE UN ACUEDUCTO PREHISPÁNICO



Fuente: Origen, Vida y Muerte del Acueducto de Santa Fe
FIGURA 2.7 VISTA DE UN ACUEDUCTO AZTECA

En los lagos meridionales de agua dulce

CHALCO-XOCHIMILCO

CALZADAS, DIQUES, ACUEDUCTO-DIQUE

2

1. Tláhuac, calzada-dique
2. Iztapalapa, calzada-dique
3. Xochimilco, calzada a tierra firme
4. Xochimilco-México, calzada-dique
5. Coyoacán-Culhuacán, calzada-dique
6. San Agustín de las Cuevas-Churubusco, acueducto sobre calzada.

ACEQUIAS, CANALES, PUERTOS Y RÍOS

CANALIZADOS

7. Amecameca, Tepolutla, Tlalmanalco, cambio de curso del río.
8. Xochimilco, San Agustín de las Cuevas, Tlalmanalco, Tepolula, Sierra Nevada, manantiales ríos y avenidas, algunos de ellos canalizados.
9. Chalco-Xochimilco-México, acequias navegables.
10. Ayotzingo, puerto de canoas.
11. Xochimilco, puerto de canoas.
12. Xochimilco, acequias para navegar.

OTROS RASGOS HIDRÁULICOS, CHINAMPAS Y COMPUERTAS

13. Xochimilco, chinampas
14. Culhuacán, chinampas
15. Mexicaltzingo, compuertas, probablemente coloniales.

EN LOS LAGOS CENTRALES DE AGUA SALOBRE.

MÉXICO-TEXCOCO

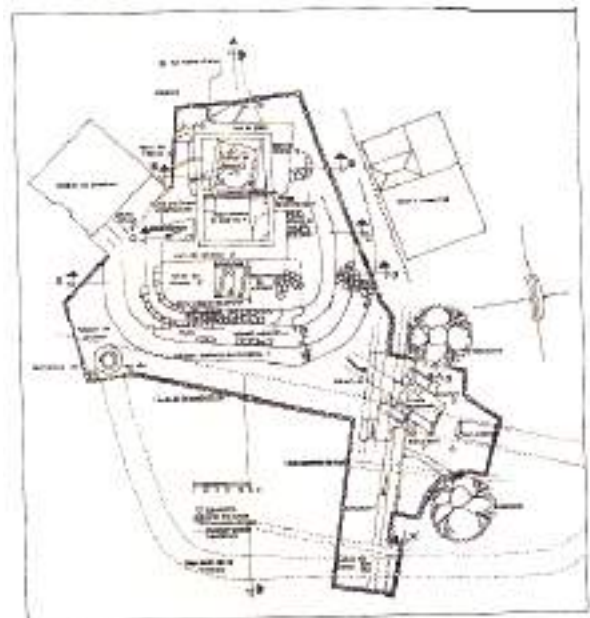
CALZADAS-DIQUES, ACUEDUCTOS,

ALBARRADONES

16. Coyoacán-calzada Iztapalapa México-Peñón de los Baños, calzada dique.
17. Iztapalapa-México, calzada dique
18. Churubusco-México, acueducto sobre calzada
19. Chapultepec-México, acueducto sobre calzada
20. México-la Piedad, calzada-dique, probablemente colonial.
21. Tacuba-México, calzada dique
22. Azcapotzalco-México, calzada-dique
23. Azcapotzalco-Tlatelolco, acueducto sobre calzada
24. Tenayuca-Tlatelolco, calzada dique
25. Tepeyac-Tlatelolco, calzada dique

26. Tepeyac-México calzada dique.
27. Tepeyac-San Lázaro-San Antón, Albarradón de Auhizotl
28. México, calzada al embarcadero al oriente de la ciudad
29. Tlatelolco, albarrada
30. Este de la Cd. De México, albarradón de Netzahualcóyotl.
31. Pantitlán, albarrada.
32. Ecatepec, Chiconautla, calzada dique.
33. Acolman, dique sobre el río San Juan Teotihuacan
34. Iztapalapa, acequias de agua dulce y salada
35. Iztapalapa, estanques, albercas de agua dulce
36. San Jerónimo (sic), riego de ríos
37. Mexicaltzingo-México, acequia
38. Mexicaltzingo-Pantitlán, acequia
39. Coyoacán, Mixcoacac, Cuajimalpa, Tacubaya, ríos canalizados, riego de ríos.
40. Chapultepec-San Antón-Pantitlán
41. Oeste de la calzada Iztapalapa-México, canales para navegar.
42. Sanctorum (Tecamachalco) y Morales, arroyos canalizados.
43. Tacuba, río canalizado
44. Tacuba-Tlatelolco, acequia
45. Los Remedios, Azcapotzalco, Tlalnepantla, San Mateo y Guadalupe
46. Azcapotzalco, río canalizado
47. Tenayuca, río canalizado
48. México, red de canales navegables que rodean la ciudad

FIGURA 2.8. MANANTIALES DE CHAPULTEPEC



49. México, red de canales para distribución de agua potable

50. México, estanques de agua dulce y salada.

51. México, acequia para navegar en la Plaza Mayor
Fuente: Proyecto Lago de Texcoco, CONAGUA, México 2006.

52. México, acequia para navegar en el mercado de San Hipólito

53. México, puerto de canoas al oriente de la Ciudad

54. México-Tlatelolco, acequia como lindero entre las dos ciudades

55. Tlatelolco, acequias para navegar

56. Tlatelolco, canal para navegar desde el lago al mercado

57. San Juan Teotihuacan, Otumba, Apan, Calpulalpan, los jardines, Papalotla, Texcoco, ríos y arroyos, algunos canalizados

58. Canal subterráneo

59. Texcoco, canal desde la residencia de Netzahualcōyotl hasta el lago

60. Texcoco, estanques, albercas y fuentes

OTROS RASGOS HIDRÁULICOS, CHINAMPAS, ETCÉTERA

61. Iztapalapa, chinampas

62. Mexicaltzingo, puente para drenaje de la zona sur de la laguna de México

63. Pantitlán, sumidero escalonado

64. Pantitlán, “cerca” de un remolino

65. Pantitlán, compuerta controlada por buzos

66. Churubusco, manantiales controlados por caja “fuerte”, “cerca”, “buzos” y “maestros”

67. Chapultepec, huertas y Chinampas

68. Coyoacán, huertas y Chinampas

69. Tacuba, huertas y Chinampas

70. Tepeyac-San Antón (albarradón de Auhizotl, siete compuertas de acequias probablemente coloniales sobre una construcción hispánica)

71. México, desecación de pantanos

72. México, cegando la laguna y haciendo acequias.

73. México, terraplenes o tlateles

74. México, “cerca” a un manantial

75. México, chinampas flotando, balsas con sembradíos.

76. México y al poniente por más de una legua, chinampas

77. Muchos pueblos alrededor de la Ciudad de México, chinampas

78. México, huertas y chinampas a los lados de las calzadas de Tacuba a Chapultepec, a Iztapalapa y a Coyoacán y del albarradón de Auhizotl

79. Tlatelolco, terraplén (quizá la palabra tlateles provenía del suelo artificialmente elevado).

80. Tlatelolco, chinampas

81. Tlatelolco, presa de agua para regar

EN LOS LAGOS SEPTENTRIONALES DE AGUA DULCE

CITLALTÉPETL-ZUMPANGO-JALTOCAN-ÉCATEPEC

CALZADAS-DIQUES, ACUEDUCTOS, ALBARRADONES

82. Jaltocan (sic), calzada desde tierra firme

83. Zumpango, Cuautitlán, calzada-dique (probablemente prehispánica)

84. Zumpango, calzada-dique (probablemente prehispánica)

85. Zumpango, Citlaltépetl, calzada-dique (probablemente prehispánica)

86. Tizayuca, dique sobre las Avenidas de Pachuca (probablemente colonial)

ACEQUIAS, CANALES, PUERTOS Y RÍOS CANALIZADOS

87. Jaltocan (sic), acequias grandes

88. Cuautitlán-Jalcoctocan, acequias

89. Cuautitlán, cambio de curso del río pro medio de represas y canal artificial a la laguna de Citlaltépetl

90. Cuautitlán, gran zanja hacia Ecatepec (¿el curso antiguo del río de Cuautitlán convertido en acequia en la época prehispánica?)

91. Tepetzotlán, San Miguel y Cuautitlán, Pachuca y Real del Monte, ríos y avenidas, algunos de ellos canalizados.

92. Citlaltépetl-Huehuetoca

Otros rasgos hidráulicos. Puentes y chinampas

93. Ecatepec, Puente sobre el río de Acalhuacán o San Cristóbal

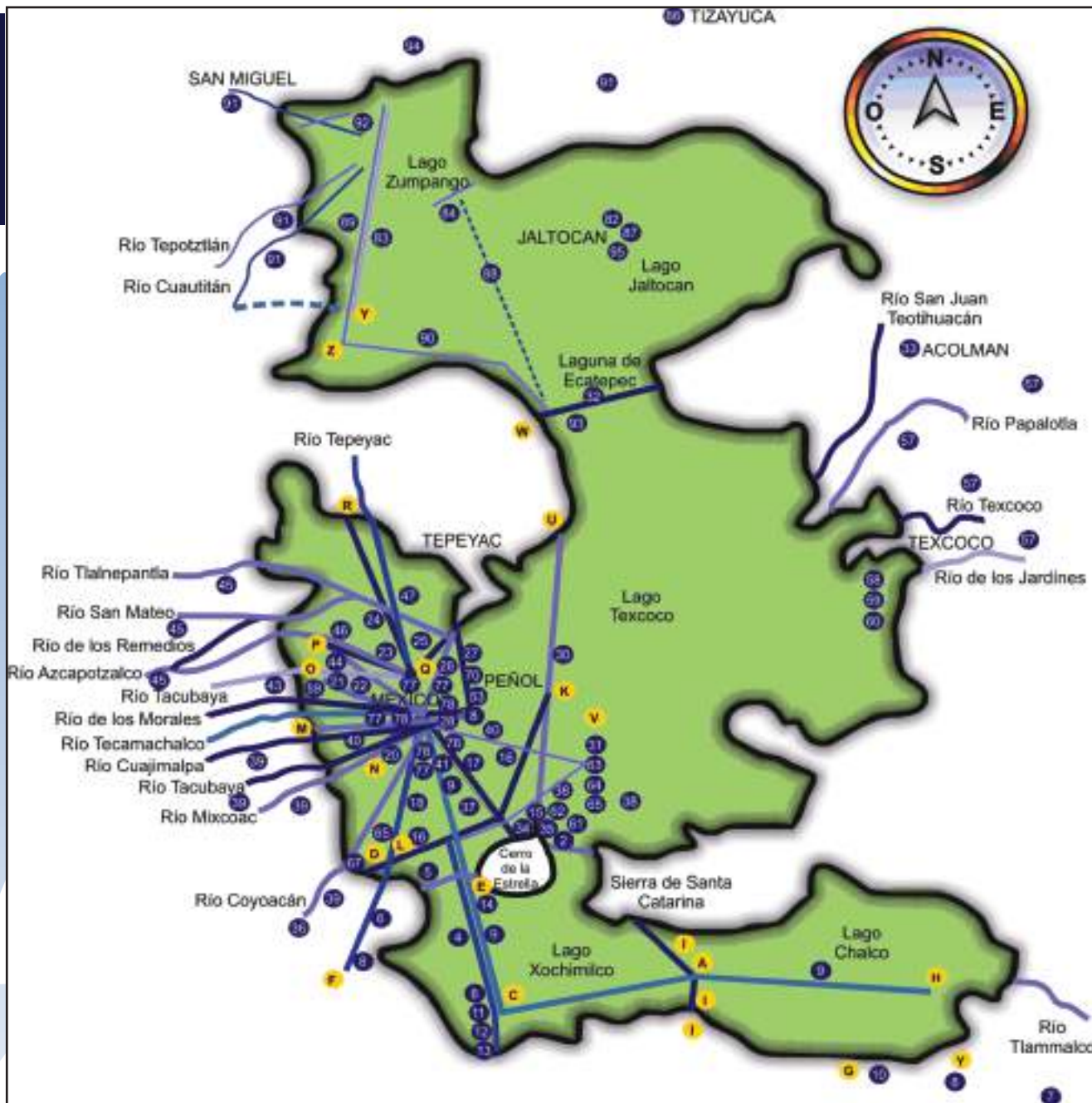
94. Tequixquiac, chinampas

95. Jaltocan (sic), chinampas



FIGURA 2.8 RELACIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS PREHISPÁNICAS EN EL SISTEMA LACUSTRE DEL VALLE DE MÉXICO.

2

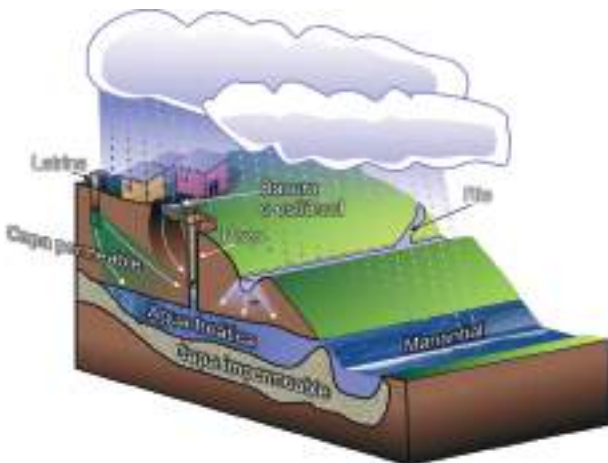


3. Niveles de Tratamiento de las Aguas Residuales

En nuestro país, las aguas residuales procedentes de los sistemas de recolección mediante el alcantarillado ó mediante canales abiertos descargan en la mayoría de los casos, en los cursos naturales de agua para su disposición final. A pesar de que las aguas residuales tienen una composición aproximada de 99.5% de agua y 0.5% de materia extraña, su descarga en una corriente cambia las características del agua que la recibe, ejemplo descargas en el río Tlalmanalco.

En ésta forma los materiales que se depositan en el lecho impiden el desarrollo de la vida acuática: los de naturaleza orgánica se fermentan en ausencia de oxígeno generando malos olores y sabores; los materiales tóxicos, compuestos metálicos, ácidos y álcalis afectan directa o indirectamente la vida acuática; las pequeñas partículas suspendidas como fibras o cenizas pueden asfixiar a los peces por obstrucción de sus agallas; las grasas y aceites pueden flotar en la superficie o adherirse a las plantas impidiendo su desarrollo, toda vez que impiden la entrada y disolución del oxígeno en el agua.

FOTOGRAFIA 3.0 CONTAMINACIÓN DE MANTOS FREÁTICOS



FOTOGRAFÍA 3.1 AGUAS CONTAMINADAS



De lo anterior se desprende la importancia de reducir la descarga de aguas residuales en las corrientes de agua, a los límites de autodepuración de las aguas receptoras.

El volumen de aguas residuales que se puede descargar a un curso de agua, puede hacerse más eficiente realizando las siguientes acciones:

Aumentando la aireación, provocando artificialmente disturbios en la superficie del agua por cascadas remolinos etc. Aunque las operaciones anteriores no siempre se pueden llevar a cabo ya sea porque las características del terreno donde va el cause no se presten y/o porque no hay recursos económicos suficientes para llevar a cabo las obras.

Otra de las acciones que se puede efectuar es sometiéndolo a las aguas residuales a los procesos que se conocen como de “tratamiento de aguas residuales” a los cuales se les ha dado la siguiente clasificación convencional.

FOTOGRAFÍA 3.2 AIREACIÓN NATURAL EN LAS AGUAS.



3

Tratamiento primario. Es la etapa inicial del tratamiento de las aguas residuales y se pueden llevar a cabo las siguientes operaciones: cribado, sedimentación, flotación, separación de grasas y aceites, homogenización y neutralización.

FOTOGRAFÍA 3.3 AGUAS QUE REQUIEREN TRATAMIENTO



FOTOGRAFÍA 3.4 CRIBADO DE LAS AGUAS RESIDUALES.



El tratamiento primario se emplea para la eliminación de sólidos que sedimentan los que flotan y también los que están en el seno del agua y que son retenidos en la criba, en este nivel de tratamiento se eliminan las grasas parcial o totalmente según las condiciones del agua en tratamiento, puede ser necesaria la neutralización y homogenización.

Tratamiento secundario. La expresión tratamiento secundario se refiere a todos los procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales, tanto aerobios (con aire) como anaerobios (sin aire), ¿Qué significa cada uno de éstos términos?

Tratamiento aerobio. En este proceso los microorganismos emplean como alimento para vivir a la materia orgánica presente y al oxígeno disuelto en las aguas residuales, generándose como productos finales, bióxido de carbono, agua y crecimiento celular. Cuando se escucha que una planta aerobia convencional de tratamiento de aguas residuales es muy costosa, es porque se

le debe proporcionar en forma continua oxígeno al agua que se está tratando, y para esto se requiere energía, equipo especializado y mantenimiento. Una de las ventajas de este tipo de plantas de tratamiento es que el tiempo en que se lleva a cabo el proceso (tiempo de residencia) es relativamente corto de entre 8 y 12 horas. Los inconvenientes son: 1. el requerimiento de gran cantidad de energía y 2. el costoso mantenimiento de los equipos.

Tratamiento anaerobio. En este proceso los microorganismos tienen como alimento para vivir la materia orgánica presente en las aguas residuales, y el oxígeno molecular debe estar ausente; en otras palabras, se requiere que el agua en tratamiento esté inmóvil, los productos que se generan son: metano, bióxido de carbono (en menor cantidad que en el aerobio) y crecimiento celular. Las ventajas que se le atribuyen a éste tipo de plantas de tratamiento es que requieren un mínimo de energía y el metano que se produce puede ser utilizado como combustible, mientras que una de las limitantes es el espacio relativamente grande que requieren, pues, el agua debe estar inmóvil y otra es que el proceso de tratamiento lleva un tiempo más largo. El tratamiento secundario comprende tratamientos biológicos convencionales y se llevan a cabo una o más de las siguientes operaciones.

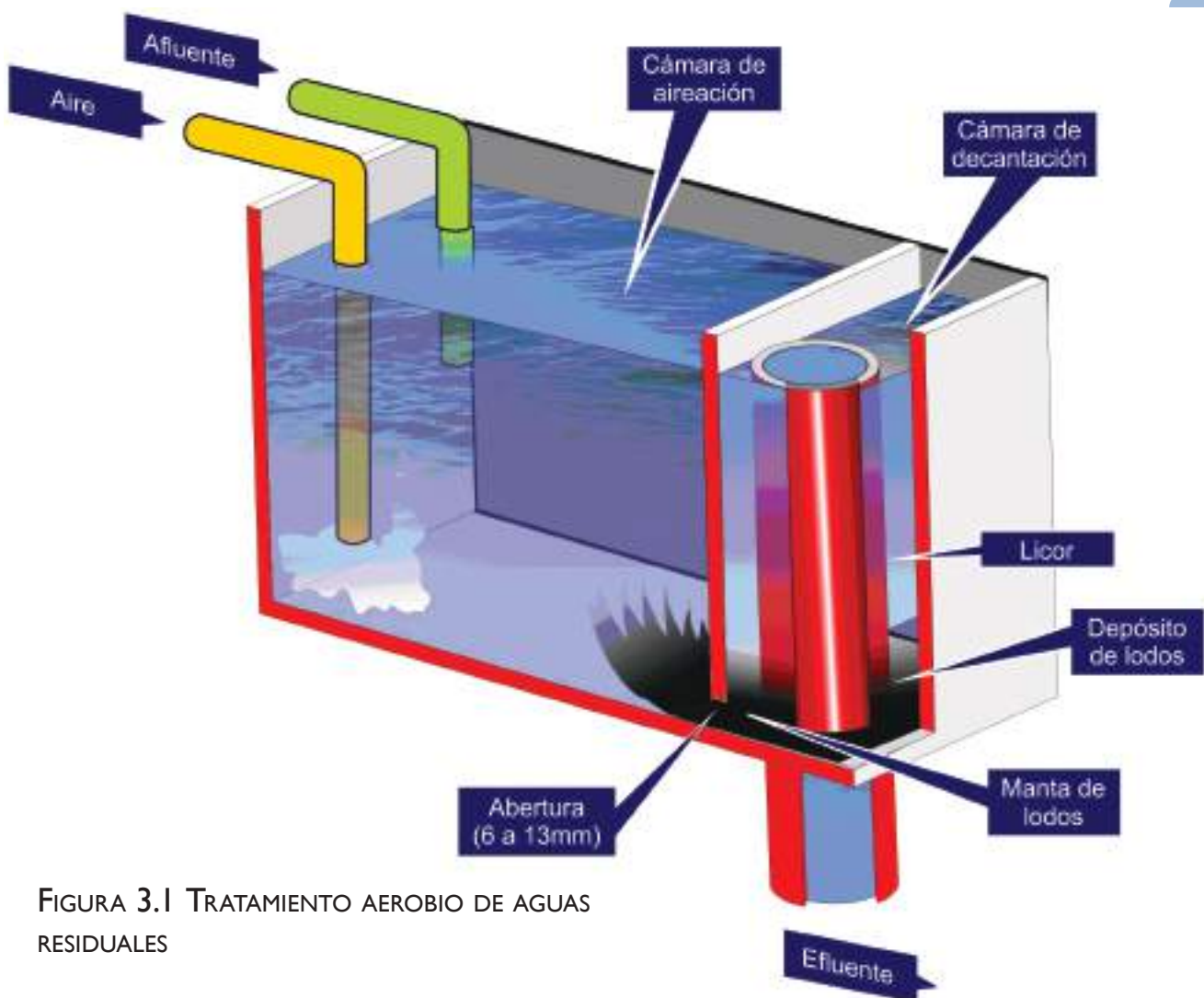


FIGURA 3.1 TRATAMIENTO AEROBIO DE AGUAS RESIDUALES

Tratamiento biológico aerobio, anaerobio, aplicados en lodos activados, lagunas con aireación, filtros biológicos y discos biológicos. Los lodos activados son residuos, de cualquiera de los procesos aerobios ó anaerobios y contienen una alta concentración de microorganismos muchos de ellos en condiciones de reproducirse rápidamente si se les proporcionan las condiciones adecuadas de nutrientes; es ésta la razón por la que en las plantas de tratamiento nuevas se utilizan como microorganismos de siembra y en las plantas que están ya en funcionamiento se recirculan para acelerar el proceso.

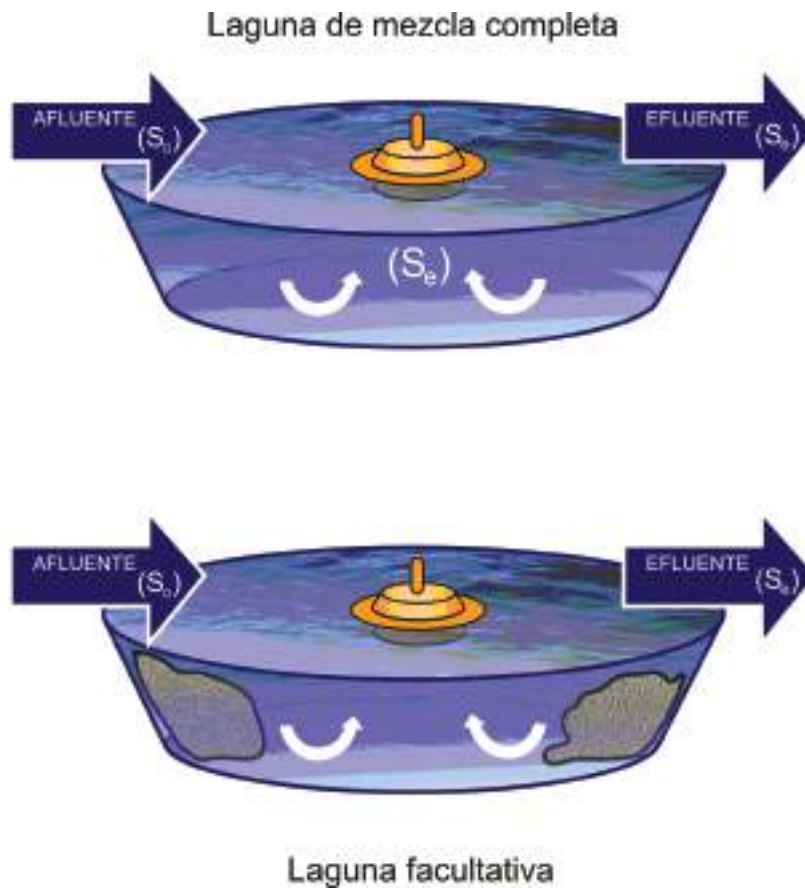


FIGURA 3.3 LAGUNAJES

Tratamiento terciario o avanzado. En este nivel de tratamiento se llevan a cabo las siguientes operaciones: Filtración fina, adsorción, intercambio iónico, ósmosis inversa, cloración, ozonización y procesos de reducción de nutrientes. La precipitación y floculación, que es un tratamiento químico en el cual se utilizan reactivos químicos, siendo los más usados las sales de hierro, aluminio y polielectrolitos orgánicos de alto peso molecular, se puede aplicar como tratamiento químico solamente o combinado en el tratamiento primario, secundario o terciario.

FOTOGRAFÍA 3.6 ÓSMOSIS INVERSA..



3

FOTOGRAFÍA 3.5 TRATAMIENTO SECUNDARIO.



FOTOGRAFÍA 3.7 TRATAMIENTO QUÍMICO.



FOTOGRAFÍA 3.8 CLORACIÓN.

3

Una de las preguntas que a menudo nos hacemos es ¿Qué nivel de tratamiento necesito aplicar?, la respuesta a ésta pregunta está en saber que utilidad se le piensa dar al agua tratada y en función de este razonamiento se puede recurrir a las normas de calidad de las aguas residuales, las cuales se indican a continuación. NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, NOM-002-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. NOM-003-SEMARNAT-1997 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reutilicen en servicios al público, las normas anteriores se conocen como normas de limitación de vertidos

y una de sus desventajas es que no establece controles sobre el total de cargas contaminantes vertidas en los receptores. En el caso de las industrias que descargan contaminantes que no están contemplados en las normas anteriormente mencionadas, las autoridades de Ecología y Medio Ambiente, tienen la facultad de solicitar a dicha industria se analicen condiciones particulares de descarga, esto quiere decir que la autoridad puede aplicar su criterio basado en los contaminantes que probablemente descargue la empresa por el tipo de proceso que lleva a cabo.



4 Panorama de las plantas de tratamiento en México.

El tratamiento de las aguas residuales debe atenderse pronto de manera integral y como parte de la prestación del servicio de agua potable, toda vez que en la actualidad solo se trata el 22.7 % del volumen total de aguas residuales de origen municipal.

FOTOGRAFÍA 4.1 NECESIDAD DE CUIDAR LOS RÍOS.



Esta baja cobertura en el tratamiento y la deficiente operación de la infraestructura existente, da por resultado el alto grado de contaminación que existe en la mayoría de los cuerpos de agua como son: ríos, lagunas y mares, con las consecuencias negativas para la salud, la vida acuática y el medio ambiente, es fácil entender que las inversiones que se requieren para superar los rezagos en materia de saneamiento son considerables, razón por la cual, debemos buscar nuevas estrategias financieras y tecnológicas con el fin de obtener recursos y resultados para

hacer frente a esta prioridad, hay que tomar en consideración que el explosivo crecimiento demográfico, los consumos inmoderados de agua, la intensa urbanización e industrialización, han generado un uso indiscriminado de los recursos naturales agravando los problemas ambientales, de tal suerte que cada acción que hagamos para limpiar el agua es un paso adelante en el saneamiento y en el cuidado del equilibrio ecológico, por lo que invertir para tratar las aguas residuales debe verse como un compromiso con la naturaleza y con la sociedad, ya que el agua podrá llegar a ser un recurso renovable solo si nosotros queremos.

Una de las misiones de un plan de saneamiento es: realizar el tratamiento de la totalidad de los efluentes mediante la construcción, ampliación o modificación de plantas de tratamiento.



AGUA PURA DE LOS VOLCANES

LA TABLA 4.1. MUESTRA EL NÚMERO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES QUE EXISTEN EN NUESTRO PAÍS.

Entidad Federativa	No. de plantas en operación	Capacidad Instalada (l/s)	caudal tratado (l/s)
Aguascalientes	87	2743	2250
Baja California	24	5544	38646
Baja California Sur	16	1105	796
Campeche	12	132	455
Coahuila	7	3218	2510
Colima	40	620	454
Chiapas	6	271	219
Chihuahua	60	5134	3776
Distrito Federal	30	6809	3790
Durango	102	3436	2410
Guanajuato	18	3938	2866
Guerrero	25	2861	1656
Hidalgo	7	54	47
Jalisco	83	3000	2558
México	67	3879	4450
Michoacán	17	1461	997
Morelos	20	1297	1067
Nayarita	56	1834	14671
Nuevo León	56	12323	9163
Oaxaca	43	806	612
Puebla	26	2824	2169
Querétaro	51	946	657
Quintana Roo	13	1496	1019
San Luis Potosí	6	795	545
Sinaloa	55	3051	2580
Sonora	65	3722	2575
Tabasco	37	1175	943
Tamaulipas	16	2622	2622
Tlaxcala	34	950	623
Veracruz	76	2946	1194
Yucatán	12	146	140
Zacatecas	15	186	166
Total Nacional	1182	84331	60242

LA TABLA 4.2. MUESTRA LOS PRINCIPALES PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES QUE SE APLICAN EN MÉXICO.

Nombre genérico del tratamiento	Tipo de tratamiento	No. de plantas en operación	No. Total de plantas
Biodiscos	Aerobio	0.9	548
Dual	Aerobio y Anaerobio	4.8	2863
Filtros Biológicos	Aerobio	3	1766
Laguna de estabilización	Aerobio y Anaerobio	19.4	11757
Lagunas aireadas	Aerobio	6.6	3977
Lodos activados	Aerobio	40.7	24393
Primario	Físico	4.1	2465
Primario avanzado	Químico, Aerobio y Anaerobio	14.9	8940
Rafa	Anaerobio	0.4	215
Reactor enzimático	Aerobio	0.1	68
Tanque imhoff	Físico y aerobio	0.5	459
Tanque séptico	Anaerobio y Aerobio	0.4	248
Wetland	Aerobio	0.3	205
Zanjas de oxidación	Aerobio	3.5	2078
Otros	-----	0.4	253
Total	-----	100	60242

4



FOTO 4.3 VISTA DE UN ESTANQUE AL PIE DEL IZTACCÍHUATL

LA TABLA 4.3. MUESTRA EL NÚMERO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES QUE EXISTEN EN NUESTRO PAÍS.

Entidad Federativa	No. Total de plantas	No. de plantas en operación	capacidad instalada (l/s)	caudal tratado (l/s)
Aguascalientes	24	22	0.2	0.07
Baja California	181	155	1	0.91
Baja California Sur	10	9	0.19	0.19
Campeche	46	44	0.07	0.02
Coahuila	56	56	1.06	0.91
Colima	10	10	0.47	0.31
Chiapas	13	11	0.68	0.69
Chihuahua	22	21	0.66	0.28
Distrito Federal	3	3	0.03	0.03
Durango	18	18	0.45	0.27
Guanajuato	56	56	0.54	0.24
Guerrero	8	7	0.05	0.04
Hidalgo	47	47	1.66	1.02
Jalisco	54	54	0.38	0.38
México	127	126	1.3	1.03
Michoacán	35	33	2.18	1.24
Morelos	67	56	0.85	0.75
Nayarit	4	4	0.16	0.16
Nuevo León	21	20	3.37	2.23
Oaxaca	13	13	0.87	0.75
Puebla	106	96	0.6	0.41
Querétaro	90	90	1.32	0.51
Quintana Roo	2	2	0.01	0.01
San Luis Potosí	58	57	0.52	0.37
Sinaloa	25	21	0.48	0.38
Sonora	19	17	0.3	0.08
Tabasco	66	66	0.43	0.38
Tamaulipas	38	38	1.14	1.04
Tlaxcala	70	70	0.22	0.28
Veracruz	158	156	12.81	11.1
Yucatán	72	62	0.14	0.1
Zacatecas	8	8	0.16	0.05
Total Nacional	1527	1448	34.3	26.23

En la tabla 4.1. la Comisión Nacional del Agua (CNA), muestra el número de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales por entidad federativa hasta el año 2003.

La tabla 4.2. muestra los principales procesos de tratamiento de aguas residuales municipales que se llevan a cabo en nuestro país, en la segunda columna de la tabla se da información más específica del tratamiento (aerobio y/o anaerobio) que se lleva a cabo.

En la tabla 4.3. la CNA muestra el número de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa hasta el año 2002, a este respecto la CNA no reporta el tipo

de tratamiento que se le da a las aguas residuales industriales, pero por otra parte el Dr. Oscar Monroy H., investigador de la UAM-Iztapalapa comunica que el uso de la digestión anaerobia (DA) para el tratamiento de aguas residuales, comenzó en México mucho más tarde que en países Europeos y Estados Unidos. Actualmente 85 reactores operan en México. El volumen total instalado es de 228,551 m³ y se tratan 216,295 m³/ día y 590 toneladas de DQO cada día, que equivale a una población de 12.3 millones, considerando un consumo por habitante de 160 L/día y 300mg/L de DQO.



VOLCAN IZTACCÍHUATL

5. Manejo de las aguas residuales en el acuífero Chalco – Amecameca.

Aspectos generales

En términos generales, para analizar el manejo de las aguas residuales en una zona urbana es necesario conocer la magnitud de las descargas residuales, así como las características de red de drenaje que se utiliza para llevar a cabo el desalojo.

Ahora bien, para estimar el volumen de las aguas residuales se pueden utilizar los registros de las estaciones hidrométricas instaladas en los cauces de la red de drenaje o bien a través de métodos indirectos utilizando para ello el porcentaje de la población servida con agua potable y alcantarillado, las dotaciones promedio de agua potable por habitante y el factor de retorno de las aguas residuales.

Asi mismo, es necesario conocer con detalle las características de las estructuras hidráulicas que integran la red de drenaje, el cual incluye diámetro de la red de colectores y su dirección, estructuras hidráulicas auxiliares tales como estaciones de bombeo en el caso que sea necesario, así como los puntos o áreas donde se presentan inundaciones en forma periódica.

Por su parte, las aguas residuales son las aguas de composición variada que provienen de las descargas producidas por los usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

FIGURA 5.1 PLANO DE UBICACIÓN DE ACUÍFEROS



1. Chalco-Amecameca
2. ZMCM (Zona Metropolitana de la Ciudad de México)
3. Texcoco
4. Cuautitlán-Pachuca
7. Tecocomulco
8. Apan
9. Soltepec

Acuífero Chalco-Amecameca

La zona urbana que genera las aguas residuales se encuentra asentada en el acuífero Chalco-Amecameca, el cual se localiza en la Subcuenca de Chalco ubicada al sur de la Cuenca del Valle de México y de la zona urbana de la Ciudad de México.

La Subcuenca de Chalco queda limitada al norte por las estribaciones de la Sierra de Santa Catarina, al sur por la Sierra Chichinautzin, en la parte este se localiza la Sierra de Río Frío con orientación N-S, hacia el sur la Sierra Nevada con estructuras importantes como el volcán Popocatepetl y el Iztaccihuatl, hacia el oeste se ubica el área chinampera de Tláhuac y en la porción central se ubica el área del ex Lago de Chalco. La figura 5.1 indica la ubicación geográfica del acuífero Chalco-Amecameca, incluyendo los acuíferos aledaños localizados en la Cuenca del Valle de México.

El sistema acuífero Chalco-Amecameca está constituido por una formación arcillosa de baja permeabilidad (acuitardo) que actúa como un acuífero semiconfinado, el cual sobreyace a un acuífero confinado en la parte central y libre hacia las márgenes.

Este sistema presenta estratificación en la mineralización del agua subterránea. El primer paquete contiene agua con mineralización mayor o igual a 1,100 mg/l, en tanto que el segundo paquete es del orden de 200-300 mg/l. La presencia de estos cuerpos de agua ha sido explicada en términos de la composición geológica del acuitardo, ya que está constituido por depósitos lacustres y formaciones arcillosas de baja permeabilidad.

En la parte central de esta subcuenca se encontraba el antiguo Lago de Chalco, que

corresponde a una planicie lacustre a donde llegaba el Río de Amecameca, que nace en la parte sur del Iztaccihuatl y el Río de la Compañía.

El acuífero actualmente en explotación puede presentar entre 300 y 400 metros de espesor en sus partes más profundas. Los pozos de explotación ubicados en él son diseñados con ademe ciego en la parte superior y ranurados en la parte inferior, para evitar afectar el cuerpo de agua mineralizada.

El sistema acuífero local está constituido por un acuitardo y un acuífero confinado, cambiando su carácter hidráulico en las márgenes de la cuenca, donde actúa como libre. La permeabilidad del paquete sedimentario presenta un amplio rango de variación debido, sobre todo a la heterogeneidad del material granular.

El régimen de flujo subterráneo, a nivel regional, se caracteriza por tener una dirección preferencial N-S, en la parte norte de la Subcuenca de Chalco y la dirección contraria en la parte sur, resultado de la ubicación de las sierras circundantes que actúan como zonas preferenciales de recarga del sistema. Este flujo alimenta directamente al material granular, los piroclastos y rocas fracturadas que constituyen el acuífero en explotación y que se encuentran bajo los depósitos lacustres.

En las márgenes sur de la Subcuenca de Chalco han existido manifestaciones superficiales del nivel freático (tanto manantiales de agua dulce como mineralizada), que han desaparecido en razón directa del descenso paulatino del nivel piezométrico. Estas manifestaciones superficiales ubicadas en sumideros son aprovechados por los habitantes de la zona para canalizar sus desagües de aguas negras.

El acuífero inferior presenta contenidos entre 200-300 mg/l de sales y dentro de esta zona se ubican pozos con alto contenido de PO₄ (> 4 mg/l), HCO₃ (> 800 mg/l), Mn (> 1.6 mg/l) y como ya se menciona alta dureza total (> 600 mg/l) de acuerdo con los análisis realizados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) durante los muestreos de 1992 a 1995.

Municipios y población

En el acuífero Chalco-Amecameca se localizan las delegaciones de Milpa Alta y Tláhuac, así como diez municipios del Estado de México. En la tabla 5.1 se mencionan los nombres de los municipios y el número de habitantes correspondiente a los años 2000 y 2005.

TABLA 5.1 MUNICIPIOS Y POBLACIÓN DEL ACUÍFERO CHALCO-AMECAMECA

Estado	Delegación o Municipio	Población Año 2,000	Población Año 2,005
D. F.	Milpa Alta	96,773	115,895
	Tláhuac	302,790	344,106
México	Amecameca	45,255	48,363
	Atlautla	25,950	24,110
	Ayapango	5,947	6,361
	Cocotitlán	10,205	12,120
	Chalco	217,972	257,403
	Ixtapaluca	297,570	429,033
	Juchitepec	18,968	21,017
	Temamatla	8,840	10,135
	Tenango del Aire	8,486	9,432
	Tlalmanalco	42,507	43,930
Total	12	1,081,263	1,321,905

La población total en el acuífero Chalco-Amecameca ascendía a 1,081,263 habitantes en el año 2000, mientras que para el año 2005 la población era de 1,321,263 personas, en otras palabras en un periodo de 5 años la población total aumentó en 240,642 habitantes.

Dotación y población servida con agua potable y alcantarillado

La dotación se define como la cantidad de agua potable asignada por un Organismo Operador a cada usuario del servicio, considerando su necesidad de uso, así como las pérdidas y los consumos públicos, en un día medio.

La dotación depende de varios factores sobresaliendo: nivel social y económico de la población; condiciones climáticas, especialmente temperatura; tamaño de la población; características hidráulicas y estado de las instalaciones domésticas; precio del agua; disponibilidad de agua en la región; capacidad y eficiencia de la empresa operadora; y antigüedad y estado de la red y los equipos.

La tabla 5.2 muestra los valores medios de las dotaciones de las delegaciones y municipios de la zona urbana de estudio, incluyendo los porcentajes de población servida con agua potable y alcantarillado.

TABLA 5.2 DOTACIÓN Y PORCENTAJE DE POBLACIÓN SERVIDA CON AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Delegación o Municipio	Dotación, en l/h/d	Población servida con agua potable, en %	Población servida con alcantarillado, en %
Milpa Alta	343	97	98
Tláhuac	247	97	98
Amecameca	193	92	82
Atlautla	186	92	82
Ayapango	194	92	82
Cocotitlán	180	92	82
Chalco	200	92	82
Ixtapaluca	185	92	82
Juchitepec	202	92	82
Temamatla	168	92	82
Tenango del Aire	188	92	82
Tlalmanalco	195	92	82

Volúmenes de aguas residuales

Las aguas residuales son los volúmenes de agua potable que descargan los usuarios domésticos después de satisfacer sus necesidades de tipo hídrico y es un porcentaje de la dotación media diaria que recibe un habitante en su casa habitación. En otras palabras, hay un factor de retorno de las aguas residuales definido como un porcentaje de la dotación y que de acuerdo con análisis realizados al respecto oscila entre el 70 y 80%.

Ahora bien, los volúmenes de agua residual se calculan al asociar la población total, la dotación que recibe un usuario, los porcentajes de población servida con agua potable y alcantarillado y el factor de retorno de aguas residuales con el auxilio de la expresión:

Donde V es el volumen de aguas residuales, en litros; P es la población total, en habitantes;

D es la dotación, en l/h/d; %AP, es el porcentaje de población servida con agua potable; %A es el porcentaje de población servida con alcantarillado; y FR es el factor de retorno de aguas residuales, en %.

Con este criterio se procedió a estimar las magnitudes de las aguas residuales medias diarias que generan cada una de las delegaciones y municipios de la zona urbana de análisis durante el año 2005. De acuerdo con estudios realizados al respecto se supuso que el factor de retorno de aguas residuales fuese del 75%.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.3 y al respecto es oportuno aclarar que los resultado se indican como volumen (m3) y como gasto (m3/s), realizando para tal efecto las transformaciones adecuadas.

TABLA 5.3 VOLÚMENES Y GASTOS DE AGUAS RESIDUALES DE LA ZONA URBANA

Delegación o Municipio	V, en m3	Q, en m3/s
Milpa Alta	28,341	0.328
Tláhuac	60,597	0.701
Amecameca	5,281	0.061
Atlautla	2,537	0.029
Ayapango	698	0.008
Cocotitlán	1,234	0.014
Chalco	29,128	0.337
Ixtapaluca	44,908	0.520
Juchitepec	2,402	0.028
Temamatla	963	0.011
Tenango del Aire	1,003	0.012
Tlalmanalco	4,847	0.056
Total	181,940	2.106

Como conclusión, se puede deducir al analizar los resultados de la tabla 5.3 que la zona urbana generaba, en el año 2005, un gasto medio diario de 2.106 m³/s y al aumentar la población las aguas residuales se incrementan en consecuencia.

Red de drenaje urbano

La red de drenaje urbano presenta un nivel de operación deficiente ya que año con año, durante la época de lluvias, la zona urbana localizada en el acuífero presenta inundaciones de consideración.

Ahora bien, las inundaciones son provocadas en áreas urbanas donde el drenaje es insuficiente o bien en aquellas zonas donde se requiere de bombeo para desalojar los escurrimientos, ya que los hundimientos diferenciales producen que los colectores no trabajen por gravedad y que sea necesario bombear los volúmenes que son generados por las lluvias y por las descargas de aguas residuales.

Por otra parte, es pertinente aclarar que para desalojar los escurrimientos pluviales y de aguas residuales que se generan en la zona del acuífero únicamente hay un colector que drena los escurrimientos.

Dicho colector es el Río de la Compañía y en la época de lluvias no tiene capacidad para drenar los volúmenes que se generan en la zona urbana y para ilustrar las inundaciones que ocurren se incluyen varias fotografías.

La figura 5.2 ilustra la inundación que ocurrió en la zona urbana de Chalco, en la temporada de lluvias en el año 2000 mientras que en las figuras 3 y 4 se observan algunas inundaciones provocadas por el desbordamiento del Río de la Compañía en su entronque con la Carretera México-Puebla.

FOTOGRAFÍA 5.1 INUNDACIÓN EN CHALCO, EDO. DE MÉXICO, AÑO 2,000



FOTOGRAFÍA 5.2 INUNDACIÓN EN LA CARRETERA MÉXICO - PUEBLA Y RÍO DE LA COMPAÑÍA, AÑO 2005



FOTOGRAFÍA 5.3 INUNDACIÓN EN LA CARRETERA MÉXICO-PUEBLA Y RÍO DE LA COMPAÑÍA, AÑO 2005



Finalmente, la figura 5.2 indica a través de un croquis la red de drenaje de la zona urbana del acuífero Chalco-Amecameca, destacando la importancia del Río de la Compañía.

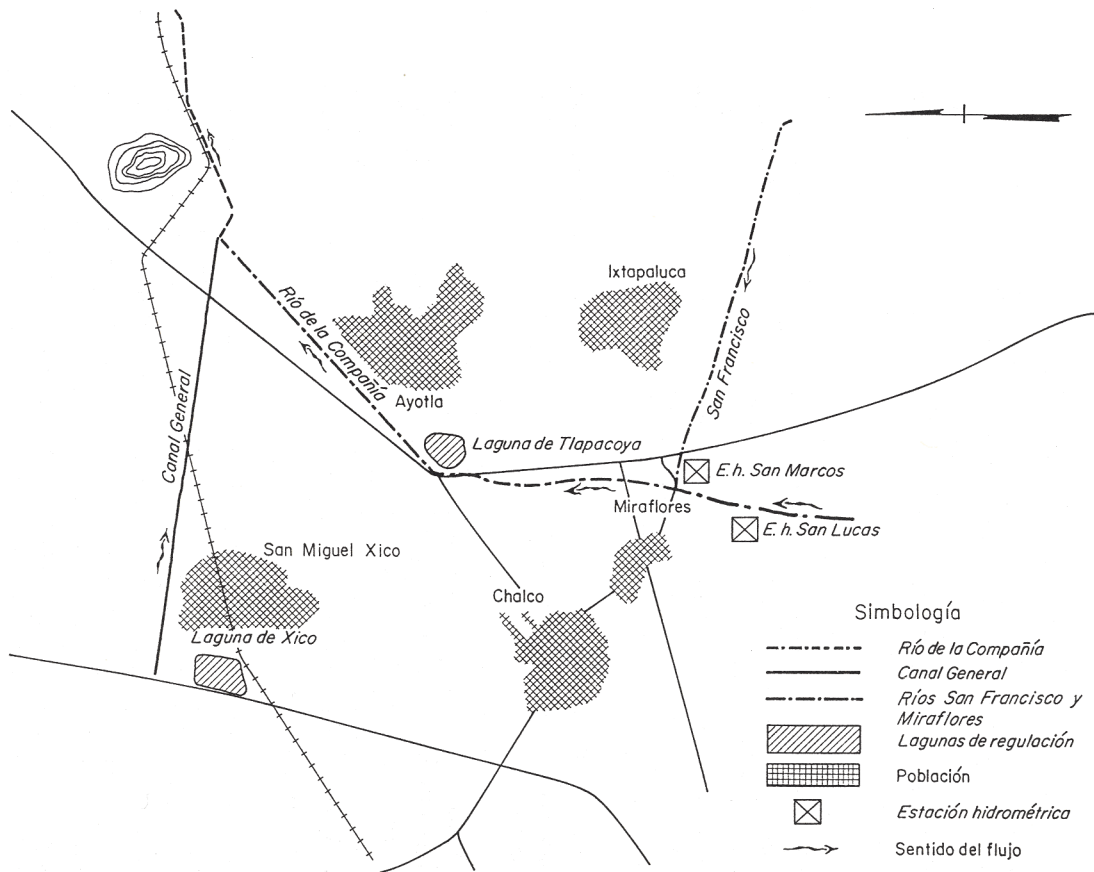


FIGURA 5.2 RED DE DRENAJE URBANO DEL ACUÍFERO CHALCO-AMECAMECA

Hundimientos diferenciales

Los hundimientos diferenciales desempeñan un papel muy importante en el manejo de las aguas residuales que se producen en la zona urbana del acuífero Chalco-Amecameca, ya que impiden que los escurrimientos se desalojen por gravedad, recurriendo en consecuencia a la utilización de plantas de bombeo en aquellas áreas donde los hundimientos son de magnitud apreciable.

Ahora bien, en primer término se describirá el comportamiento de los hundimientos diferenciales medios anuales en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) que han ocurrido

durante el periodo que abarca de 1900 a 2006. Al inicio del siglo XX, en el lapso de tiempo 1936-1990, el hundimiento diferencial medio anual alcanzó un valor de 5cm, mientras que posteriormente en el periodo de 1985-2006 en algunas zonas los hundimientos diferenciales han sobrepasado los 100 cm.

La tabla 5.4 indica los valores medios anuales de los hundimientos diferenciales del año 1900 al 2006.

TABLA 5.4. HUNDIMIENTOS DIFERENCIALES MEDIOS ANUALES, EN CM.

Periodo	Hundimiento diferencial, en cm
1900-1936	5
1938-1948	18
1950-1980	30-50
1985-2006	En algunas áreas más de 100cm

Por otra parte, las áreas de mayor hundimiento ocurren donde se ubican los acuíferos y de acuerdo con levantamientos topográficos las localidades donde ocurren los hundimientos de mayor magnitud son: Distrito Federal, Cuautitlán; Teoloyucan, San Vicente Chicoloapan, Tultitlán, Ecatepec, Tizayuca, Tepotzotlán, Coacalco, Zumpango, Chalco, Amecameca y Tláhuac.

De acuerdo con la descripción anterior las localidades de Chalco y Amecameca presentan hundimientos diferenciales de importancia y además una manifestación de la extracción excesiva de agua subterránea son las grietas del terreno y hundimientos de casas-habitación que han ocurrido en la zona de análisis, tal como se observa en las figuras.

Conclusiones

Las ciudades urbanas modifican drásticamente el ciclo hidrológico, ya que las zonas naturales al urbanizarse pierden sus cualidades para almacenar e infiltrar los volúmenes de lluvia y en consecuencia, se incrementan los volúmenes de los escurrimientos superficiales, ya que el asfalto, el concreto y vías de comunicación impiden la infiltración de la lluvia.

FOTOGRAFÍA 5.4.2 GRIETAS EN LA LOCALIDAD DE TLÁHUAC, 2005



Además, otra de las alteraciones del recurso hídrico, es la transformación de la calidad del agua, por las descargas residuales con diferentes niveles de contaminación. La calidad inadecuada del agua en zonas urbanas, produce dos repercusiones importantes: modifican el medio ambiente del lugar donde se originan las aguas residuales y de las cuencas hidrológicas por donde se trasladan las descargas residuales; y disminuyen la disponibilidad del agua al contaminar las fuentes de abastecimiento locales o aledañas.

Por otra parte, los resultados obtenidos en este estudio sobre la problemática del manejo de las aguas residuales ponen de manifiesto la urgencia de diseñar e implementar un nuevo esquema que involucre una gestión integral del recurso agua.

En efecto, en el manejo de las aguas residuales están vinculados estrechamente los hundimientos diferenciales del terreno productos de las extracciones excesivas de agua subterránea, es decir es una problemática que requiere soluciones y alternativas que involucren el abastecimiento, el drenaje urbano y el saneamiento de las descargas residuales.

FOTOGRAFÍA 5.4.1 GRIETAS EN LA LOCALIDAD DE TLÁHUAC, AÑO 2005



FOTOGRAFÍA 5.5. HUNDIMIENTO DE CASA-HABITACIÓN EN CHALCO, AÑO 2006



Así mismo, se puede decir que una de las manifestaciones más importantes que se ha detectado en este estudio es el deterioro del medio ambiente, situación producida por el manejo inadecuado de los recursos hídricos y por el alto índice de contaminación de las descargas residuales.

Con el apoyo de los resultados se deberán tomar políticas hidráulicas eficientes con el propósito de reducir el deterioro ecológico del acuífero Chalco-Amecameca, ya que esta región es una de las zonas de recarga de mayor relevancia para la Cuenca del Valle de México.



FOTO 5.6 PLANTA DE TRATAMIENTO EN 4 VIENTOS

6. Panorama de la contaminación del Río Tlalmanalco o Río la Compañía

Introducción

El agua ha sido, desde la creación del mundo, un compuesto imprescindible para todos los seres vivos, necesaria para su mantenimiento, para formar parte de su composición o como medio ambiente de todas las especies vivientes.

Para la especie humana, las necesidades de agua y energía han ido siempre en orden creciente, a medida que se ha desarrollado la civilización y ha crecido la población en casi todas las áreas habitadas de la superficie terrestre.

Al mismo tiempo, y casi desde el inicio de la actividad humana el desarrollo ha obstaculizado cada vez más el manejo adecuado y uso del agua a causa del vertido desordenado de residuos líquidos a los cuerpos hídricos receptores como son los ríos.

El río de la Compañía o río Tlalmanalco es uno de los tantos sistemas hidrológicos que existen en el país y que están siendo utilizados como sistema receptor y vehículo de aguas pluviales y residuales.

FIG. 6.1. MICROCUENCA DEL RÍO LA COMPAÑÍA



Definición de Aguas Residuales.

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Clasificación de las Aguas Residuales.

Una manera de clasificar a las aguas residuales es tomando en cuenta su procedencia y conforme al criterio mencionado se ha llegado a la siguiente clasificación.

Aguas Residuales Municipales .-Son las aguas que se generan en: viviendas, conjuntos residenciales, instalaciones públicas como escuelas, establecimientos comerciales, tiendas de autoservicio, restaurantes, instalaciones de

FIG. 6.2. RÍO DE LA COMPAÑÍA



corporativos de grandes compañías entre otras. La composición química de este tipo de aguas residuales es muy parecida entre si y es conveniente mencionar que los contaminantes generalmente provienen de los residuos de necesidades fisiológicas, de materiales que se usan para conservar limpios y en buen estado los inmuebles mencionados, residuos de alimentos, aguas residuales jabonosas y con contenido de detergentes del lavado de ropa. Es importante que la población esté consciente de que muchas sustancias que se usan para satisfacer las necesidades de limpieza, son precisamente las especies contaminantes que posteriormente queremos eliminar de las aguas residuales. Cuando se dice tratar el agua residual para devolverles su calidad y usarla otra vez (reuso), por lo tanto es necesario aprender a dar a las sustancias mencionadas un uso (racionado) y un manejo adecuado.

El agua se contamina cuando se le da alguno de los siguientes usos, por mencionar algunos.

a).- Agua utilizada para el aseo y limpieza de las casas habitación, esta agua puede resultar contaminada con: jabón, detergentes y partículas sólidas en suspensión (lo más común es que estas partículas sean de tierra).

b).- Agua utilizada en el baño para las necesidades fisiológicas, esta agua se encuentra contaminada con lo que se conoce como materia fecal, orina y muchas veces papel higiénico. Este tipo de contaminación es un factor común de las aguas residuales municipales.

c).- Aguas utilizadas para el lavado de alimentos vegetales, éstas aguas resultan contaminadas con tierra en suspensión y desinfectantes y microorganismos patógenos.

e).- Agua utilizada para lavar utensilios de cocina, ésta agua resulta contaminada con detergentes, residuos de comida incluyendo grasa y muchas veces se usan desengrasantes químicos que proporcionan un efecto ácido o alcalino al agua.

f).- Agua utilizada para el lavado de ropa, ésta agua resulta contaminada con jabones, detergentes y blanqueadores.

La composición de las aguas residuales Municipales en principio se esperaría que fuese muy parecida de una región a otra, no obstante presentan diferencias en función del nivel socioeconómico de las gentes que las generan.

FOTO. 6.1. DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES AL RÍO.



Aguas Residuales

Industriales.- Son aquellas aguas generadas por cualquier industria grande o pequeña, estas aguas residuales pueden ser muy diferentes ó muy semejantes a las aguas residuales municipales, esto depende del uso que se le dé al agua, cuando la industria utiliza el agua para lavar, disolver, enfriar, calentar a la materia prima o al producto que genera la industria, entonces estas aguas

residuales generalmente están más contaminadas y la contaminación es característica de cada giro industrial, así podemos mencionar giros industriales como el alimenticio, metalmecánico, galvanoplastía, farmacéutica, textil, papelera etc.

FOTOGRAFÍA 6.2.A) AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL.



B) AGUA TRATADA,



C). RESIDUOS SÓLIDOS OBTENIDOS AL TRATAR EL AGUA,



El grado de contaminación de las aguas residuales depende muchas veces de las especies químicas que se manejen en el proceso de producción de la empresa, por ejemplo en el caso del río Tlalmanalco seguramente hay incidencia de aguas residuales de la industria papelera, de la industria textil y empresas incipientes a partir de plástico reciclado productoras de láminas.

También es importante mencionar que muchas industrias no utilizan el agua en su proceso de producción, sino, solamente para servicios de baños, regaderas y comedor; y en un horario menor a 24 horas, cuando esto sucede éstas aguas residuales industriales llamadas así solamente porque se generan en una industria son muy semejantes a las aguas residuales municipales y algunas veces hasta de mejor calidad.

Aguas residuales del sector agropecuario.- Son aquellas aguas generadas después de que el agua ha realizado una función en labores del campo, éstas generalmente pueden arrastrar hacia los ríos sustancias químicas como herbicidas, pesticidas, plaguicidas, y sales solubles que al ser disueltas por el agua generan iones metálicos y no metálicos los cuales muchas veces son compuestos altamente

peligrosos cuando llegan a encontrarse en el agua en concentraciones que sobrepasan los límites permisibles que marcan las normas, para el caso del río Tlalmalcalco este tipo de contaminación está en función del uso de los compuestos mencionados en la agricultura de la región.

FOTOGRAFÍA 6.3. PUEBLO DE SAN RAFAEL, MUNICIPIO DE TLALMANALCO



Acerca de la Calidad del Agua del río Tlalmalcalco

Una de las líneas de investigación contempladas en el programa UAM-SIERRA NEVADA es la que se refiere al “manejo integral del agua” respecto a este tema se inició en agosto del año 2005 el proyecto “Rescate del río Tlalmalcalco” la primera parte de dicho estudio consiste en determinar la calidad del agua del río y para tal efecto se seleccionaron siete sitios de muestreo, este número de sitios resulta de considerar variaciones en la composición del agua a través de su recorrido, los puntos mencionados quedan acotados entre el paraje dos ríos(aguas arriba) y siguiendo al río pasando cerca del centro de Tlalmalcalco hasta San Lorenzo (aguas abajo). Los puntos de muestreo seleccionados se observan en el croquis de la Fig. 6.3

FIG. 6.3 PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO DE LA COMPAÑÍA



FOTOGRAFÍA 6.4 PUNTO DE MUESTREO, SAN RAFAEL



FOTOGRAFÍA 6.5 PUNTOS DE MUESTREO, HACIENDA ZAVALETA

FOTOGRAFÍAS 6.6 PUNTOS DE MUESTREO,
CENTRO INCALLI Y PASO DE CORTÉS.



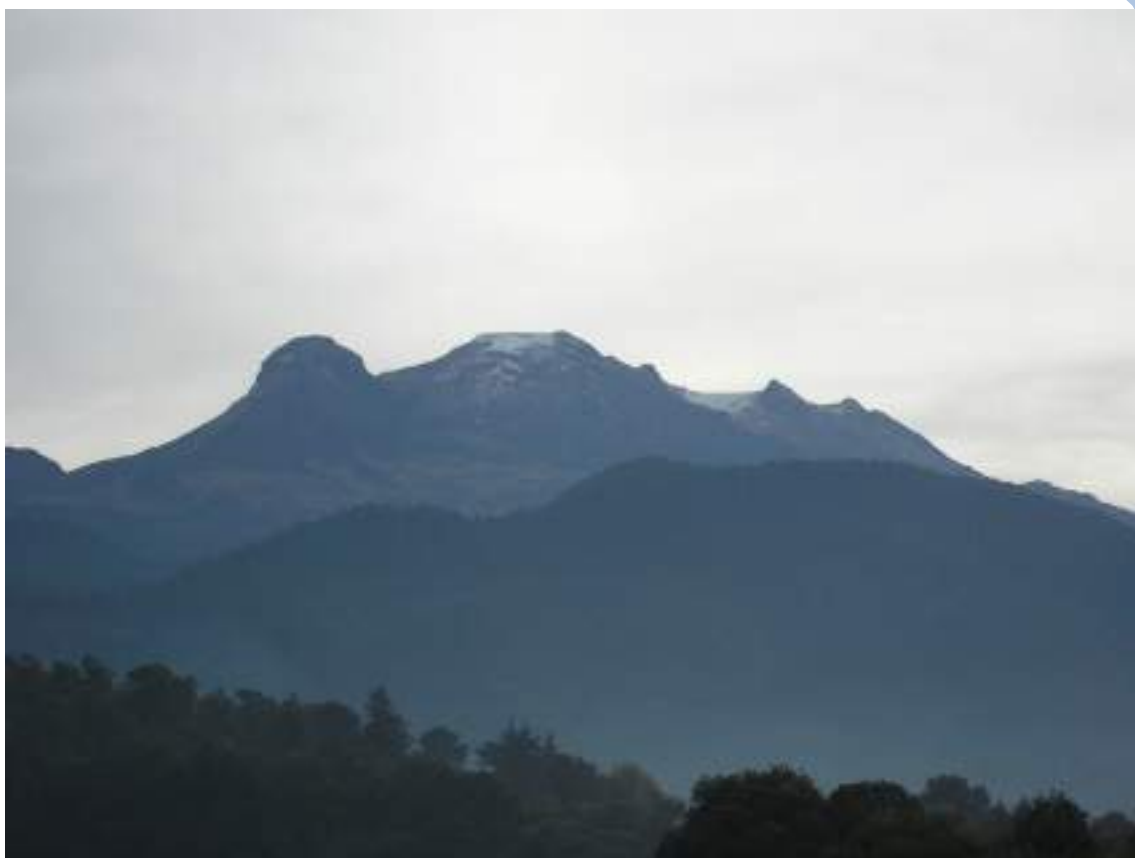
FOTOGRAFÍA 6.7 PUNTO DE MUESTREO SAN
LORENZO

En dichos sitios de muestreo se recolectará agua a intervalos de tiempo de aproximadamente 4 meses, en un periodo correspondiente a un año; estas muestras se conservaron y se transportaron para su análisis al Laboratorio de Análisis y Tratamiento de Aguas de la UAM-Azcapotzalco, conforme a lo que establece la normatividad oficial mexicana. En la tabla siguiente se muestran los valores obtenidos de uno de los muestreos.

TABLA No.6.I. TABLA DE RESULTADO: NOMENCLATURA:

Razón social: Proyecto “manejo integral del sistema hídrico de sierra nevada”				Fecha análisis: 27 de septiembre de 2005		
Giro: Programa universitario de investigación		Descarga no. : 3 de 6		Fecha muestreo: 17 de septiembre de 2005		
Identificación de la muestra: Las Vias				Código de la muestra 170905121d3006262r		
Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio	Límites máximos permisibles		
				Promedio mensual	Promedio diario	Instantáneo
Temperatura (°c)	---	---	17.2	N.s.i.	N.s.i.	40°c (313°k)
Ph (unidades de ph)	---	---	9.22	N.s.i.	5.5 – 10	5.5 – 10
Conductividad (ms/cm)	---	---	---	N.s.i.	N.s.i.	N.s.i.
Grasas y aceites (mg/l)	---	---	48.80	15	25	---
Gasto (l/s)	---	---	-----	N.s.i.	N.s.i.	N.s.i.
Parámetros	Resultado		Limites máximos permisibles Promedio diario		Unidades	
Arsénico		< a 0.0007	0.2		Mg/l	
Cadmio	<input type="checkbox"/>	< a 0.027	0.2		Mg/l	
Cianuros	<input type="checkbox"/>	< a 0.004	2		Mg/l	
Cobre	<input type="checkbox"/>	< a 0.024	4		Mg/l	
Cromo	<input type="checkbox"/>	< 0.005	1		Mg/l	
Mercurio	<input type="checkbox"/>	< a 0.0004	0.01		Mg/l	
Níquel	<input type="checkbox"/>	< a 0.047	2		Mg/l	
Plomo	<input type="checkbox"/>	< a 0.022	0.5		Mg/l	
Zinc	<input type="checkbox"/>	< a 0.030	20		Mg/l	
Demanda bioquímica de oxígeno	<input type="checkbox"/>	72.0	150		Mg/l	
Sólidos suspendidos totales	<input type="checkbox"/>	270.0	125		Mg/l	
Sólidos sedimentables	<input type="checkbox"/>	7.0	2		MI/l	
Fósforo total	<input type="checkbox"/>	8.86	30		Mg/l	
Nitrógeno total	<input type="checkbox"/>	3.436	60		Mg/l	
Coliformes fecales	<input type="checkbox"/>	3300	2000		Nmp / 100 ml	
Huevos de helminto	<input type="checkbox"/>	N.d.	<input type="checkbox"/> 1		Unidades/ l	

Parámetros	Resultado	Límite max.	Unidades
Nitrógeno de nitritos	< a 0.005	N.s.i	Mg/l
Nitrógeno de nitratos	0.436	N.s.i	Mg/l
Nitrógeno de kjendalh	3.0	N.s.i	Mg/l
Sustancias activas al azul de metileno	3.81	N.s.i	Mg/l
Demanda química de oxígeno	842.4	800	Mg/l



Haciendo una descripción más amplia de lo que nos muestra la tabla anterior respecto a la calidad del agua en dicho punto de muestreo (las vías), es importante recalcar lo siguiente. Las grasas y aceites, coliformes fecales y huevos de helminto están fuera de norma respecto a NOM-001-SEMARNAT-1996, sin embargo los metales analizados :cadmio, cobre, cromo mercurio, níquel, plomo y zinc todos ellos se encuentran abajo del límite de detección del método o sea que no se

encuentran ó que su presencia en dichas aguas es muy pequeña, lo que quiere decir que estas aguas no presentan peligro alguno desde el punto de vista de metales, en las gráficas # se muestran variaciones temporales y variaciones espaciales de algunos parámetros analizados durante la investigación y que dan idea de la calidad de las aguas del río de la Compañía.

TABLA 6.2. RESULTADOS DEL MUESTREO No.1, PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.

		PUNTO DE MUESTREO					
MUESTREO	PARÁMETRO	1	2	3	4	5	6
I	DBO mg/l	55.2	21.33	72	65.5	40.83	39.5
	DQO (mg/l)	93.6	374.4	842	93.6	281	187.2
	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	34.4	1	49	33.4	17	22.4

GRÁFICA 6.1. VARIACIÓN ESPACIAL DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL PRIMER MUESTREO (FECHA: 17 DE SEPTIEMBRE DEL 2005)

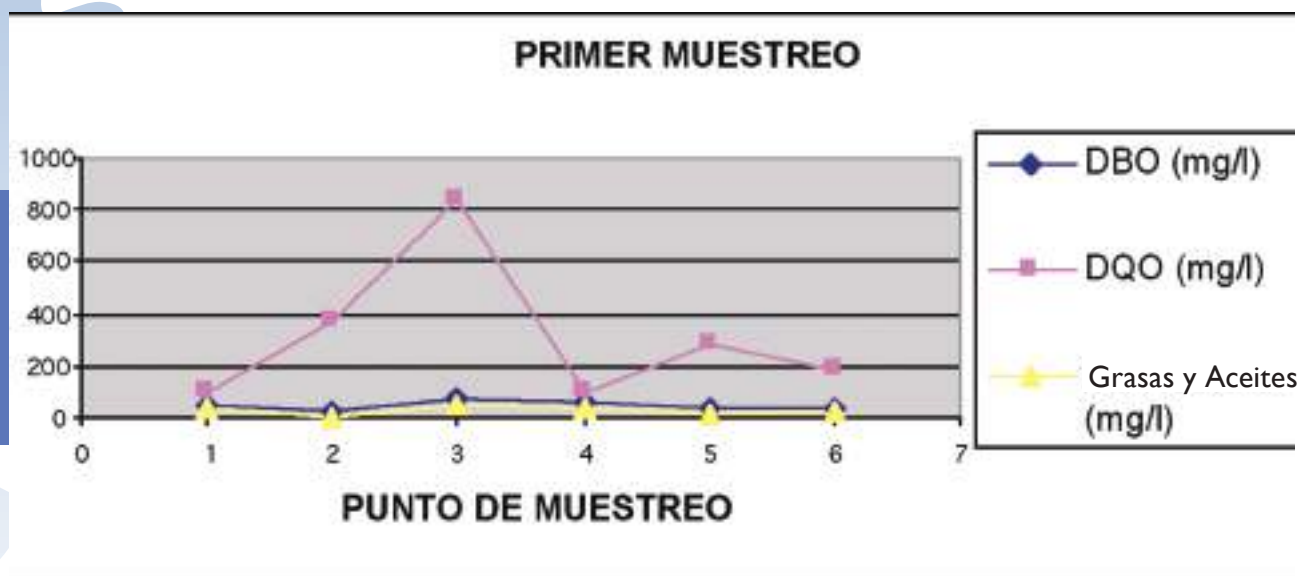
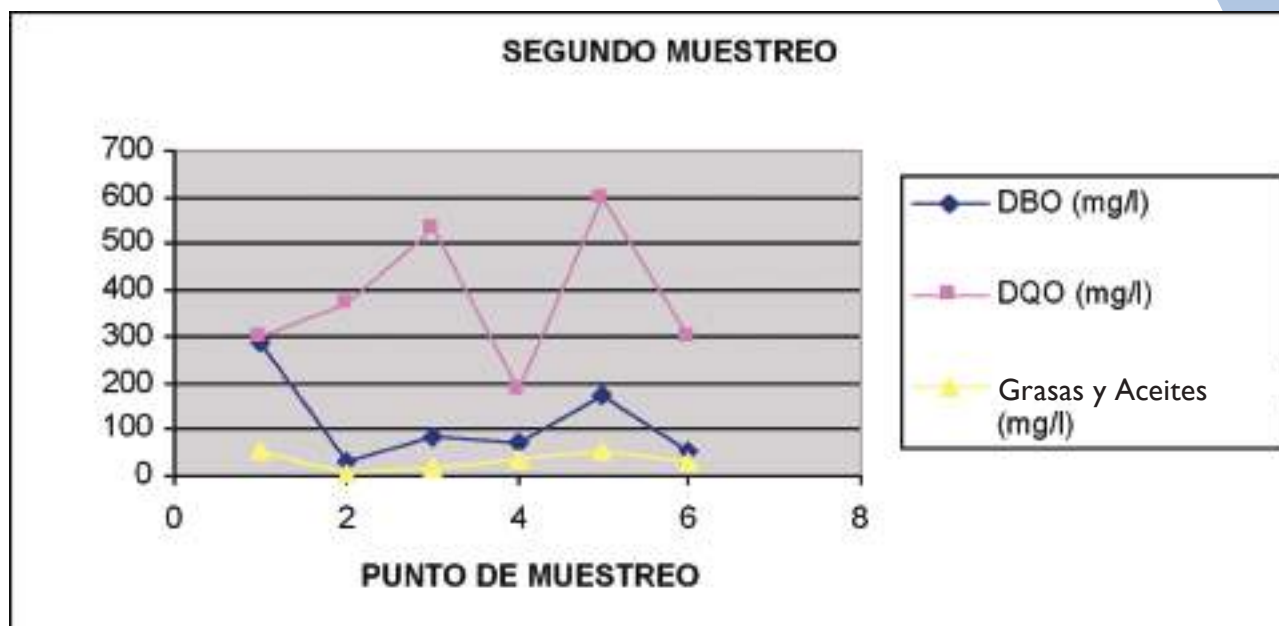


TABLA 6.3. RESULTADOS DEL MUESTREO No.2, PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS.

		PUNTO DE MUESTREO					
MUESTREO	PARÁMETRO	1	2	3	4	5	6
I	DBO (mg/l)	290	32.5	83	69	171	52
	DQO (mg/l)	301	370	530	186	596	300
	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	52	3.8	15	36	54	30.6

GRÁFICA 6.2. VARIACIÓN ESPACIAL DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL PRIMER MUESTREO

(Fecha: 25 de Febrero del 2006)



Es importante definir en éste punto algunos parámetros contemplados en la tabla 6.1. y que son motivo de representación en las gráficas. 6.2. Y 6.3.

Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO. Es la materia orgánica que puede servir como alimento a los microorganismos aerobios degradándola hasta bióxido de carbono, agua y nitratos. La materia orgánica que no pueden aprovechar los microorganismos, recibe el nombre de materia orgánica no biodegradable, en toda planta de tratamiento de aguas residuales es deseable que la materia orgánica sea biodegradable. En el laboratorio la determinación de DBO se hace: preparando un agua de dilución, la cual se oxigena, se le agregan nutrientes y un volumen de agua residual a la que se quiere conocer su DBO, se determina en ese momento el oxígeno disuelto (oxígeno inicial) se incuba por cinco días a una temperatura de 20° C, al cabo de ese tiempo se determina el oxígeno (oxígeno final), éste valor dependerá de la cantidad de materia orgánica biodegradable. La diferencia entre el oxígeno inicial menos el oxígeno final dividido entre la fracción del volumen agregado, nos da la DBO₅.

Demanda Química de Oxígeno DQO. Es la materia orgánica e inorgánica contenida en las aguas residuales susceptible de ser oxidada por reactivos químicos. Cuando la DBO y la DQO son muy parecidas significa que solo hay materia orgánica biodegradable, cuando el valor de éstos parámetros son muy distintos, ejemplo, si la DQO es mayor significa que existe mucha materia inorgánica ó que la materia orgánica no es biodegradable. En el laboratorio la oxidación mencionada se lleva acabo utilizando reactivos oxidantes como el dicromato de potasio en medio ácido.

Grasas y aceites. Son los compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como de hidrocarburos del petróleo que son extraídos de la muestra utilizando hexano como disolvente. Este parámetro está directamente relacionado con la DQO y la DBO si las grasas son biodegradables el agua residual analizada tendrá valores altos de DQO y de DBO.



LABORATORIO DE AGUAS RESIDUALES, UAM
AZCAPOTZALCO

Propuestas de tratamiento de las aguas del río Tlalmanalco.

Conforme a los resultados encontrados en los primeros dos muestreos se puede observar que la calidad de las aguas del río Tlalmanalco, tienen variaciones y eventualmente no cumplen con la normatividad los siguientes parámetros fisicoquímicos: DBO, DQO, grasas y aceites, la concentración de metales tiene un comportamiento similar en todos los muestreos y conforme a la tabla 6.1 puede observarse que la mayoría de ellos registran valores por debajo del límite de detección del método, éste hecho debe de tomarse en cuenta en el momento de decidir el tratamiento que se le debe dar al sistema hídrico en estudio.

Propuestas.

1.- Buscar comunicación con la población con la finalidad de hacerles ver que no es posible seguir descargando directamente las aguas residuales al río, ya que si tomamos en cuenta que la población sigue creciendo la carga contaminante será mayor cada vez y el río perderá paulatinamente su capacidad de depuración y terminará muriéndose. En éste punto se propone para las construcciones nuevas y dentro de lo posible la construcción de plantas de tratamiento a bajo costo aerobias, anaerobias ó la combinación de ambas, aprovechando espacios y pendientes del suelo existentes.

2.- Para las aguas que actualmente componen al río Tlalmanalco, se propone la construcción aguas abajo de plantas de tratamiento aerobias y anaerobias de bajo costo, considerando que en la actualidad el Municipio cuenta con extensiones de tierra de tipo comunal, siendo que la falta de

espacio es un factor limitante en la ejecución de proyectos ambientales.

3.- Una de las situaciones que ha llevado al país a que un buen número de plantas de tratamiento de aguas residuales no funcionen a su capacidad ó que inclusive estén paradas, es la falta de planeación acerca de la utilidad que se le debe de dar al agua tratada, a la fecha a la poca agua tratada en el país, no se le da un uso que facilite cierta reinversión para el mantenimiento y operación de las plantas, sino que buena parte del agua tratada se desecha nuevamente al alcantarillado o a algún cuerpo nacional con la consecuente contaminación. Se propone que en la planeación de la construcción de toda planta se contemplen los usos que el agua tratada pueda tener conforme a las necesidades de la región, y que el excedente de agua tratada forme parte de la infiltración de agua al subsuelo para ayudar a la recarga del acuífero Chalco Amecameca. La operación de infiltración debe aplicar también para las plantas de tratamiento de aguas residuales que actualmente existen en la región, por ejemplo en el Municipio de Ixtapaluca, donde las aguas residuales tratadas no tienen utilidad alguna.

4.- La operación de infiltración de agua al subsuelo debe aplicarse también al agua de lluvia, ésta actualmente en buena parte se mezcla con las aguas del río e inmediatamente se contamina. Es importante mencionar que para que se efectúe la infiltración en el proyecto se deben contemplar los estudios de: mecánica de suelos, geológicos y geohidrológicos.

GLOSARIO

Acuífero: Formaciones geológicas conectadas por donde circula el agua, y se almacena, de una manera que puede ser extraída.

Acuífero Chalco-Amecameca: Área donde no se autorizan aprovechamientos adicionales de agua, debidos al deterioro del agua en cantidad o calidad.

Acuífero sobreexplotado: Formación geológica que presenta abatimientos significativos de los niveles del agua durante un periodo largo de tiempo y que normalmente se le asocia un lapso de 10 años.

Acuitardo: Capa poco permeable que delimita un acuífero; si es totalmente impermeable, se llama “acuicierre”.

Aguas del subsuelo: Aquellas aguas existentes debajo de la superficie terrestre.

Aguas nacionales: Las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Aguas residuales: Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Ciclo hidrológico: Es un movimiento continuo a través del cual el agua se evapora del océano y los demás cuerpos de agua, se condensa y cae en

forma de precipitación sobre la tierra; después, esta última puede subir a la atmósfera por evaporación o transpiración, o bien regresar al océano a través de las aguas superficiales o subterráneas.

Conagua (CNA): Comisión Nacional del Agua, organismo desconcentrado de la Semarnat, encargada de la gestión de las aguas nacionales.

Condiciones particulares de descarga: El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión Nacional del Agua para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para un cuerpo receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

Contaminantes: Son aquellas especies químicas que, en determinadas concentraciones, pueden producir efectos negativos a la salud humana y en el medio ambiente, dañar la infraestructura hidráulica o inhibir los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

Cuerpo receptor: La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos.

Drenaje: Sistema de tuberías mediante el cual se eliminan de la vivienda las aguas negras o las aguas sucias. Si al menos una de las instalaciones sanitarias de la vivienda (lavadero, sanitario, fregadero o regadera) dispone de un sistema de tuberías para eliminar las aguas negras o aguas sucias, se considera que tiene drenaje.

Efluente: Descargas de aguas residuales provenientes de usos domésticos, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios y en general de cualquier otro uso.

Normas Oficiales Mexicanas: Aquellas expedidas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización referidas a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales a los que se refiere el Artículo 113 de la Ley mencionada.

Precipitación: Agua que cae de la atmósfera en forma de lluvia, nieve, aguanieve o granizo.

Precipitación anual: Es la precipitación que se calcula considerando datos del 1° de enero al 31 de diciembre de cada año.

Reuso del agua: Describe el empleo de aguas residuales tratadas en cualquier uso con algún tipo de beneficio humano o a la naturaleza, y puede ser de índole potable y no potable.

Sistemas de alcantarillado urbano o municipal: Es el conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de un servicio público de alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

Tratamiento: A la operación o serie de operaciones a la que es sometida el agua o el hielo durante su elaboración, con el propósito de eliminar o reducir su contaminación.

Zona de recarga: Área cuya permeabilidad permite la infiltración de agua hasta los acuíferos subyacentes.



Referencias y Bibliografía

Albert, Lilia, A., Introducción a la Toxicología Ambiental, México, ed. Albert, Lilia, A., 1997.

Albert, Lilia, A., Curso Básico de Toxicología Ambiental, México, ed. Limusa, S. A., de C.V., 1990,

B. V. Der Merwe, 2000, Recursos Hidráulicos Administración Integral en Windhoek, Namibia. Ingeniería y Ciencias Ambientales, AIDIS, México, Año 12 No. 50.

Burns Elena, ¿De Donde Vendrá nuestra Agua: Guía hacia la sustentabilidad en la cuenca de México, México, Universidad Autónoma Metropolitana 2006.

Ce-Acatl, Indígenas en la Ciudad de México, Ce-Acatl, México numero 109, Verano de 1999.

CNA (1995). Diagnóstico de la Región XIII Valle de México, Gerencia Regional de Aguas del Valle de México (GRAVAMEX), Subgerencia de Planeación Hidráulica, México, 2005.

Chimalpáhin Domingo, Las Ocho Relaciones y el Memorial de Colhuacan II, Chimalpáhin Domingo, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 20003.

CONAGUA, Proyecto Lago de Texcoco. Rescate Hidroecológico / Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, México, CONAGUA, 2005.

CORENA Programa Metropolitano de Recursos Naturales. Comisión de Recursos Naturales, Gobierno del Distrito Federal, México, 1999.

Crites Ron, Tchobanoglous George, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, Crites Ron, Tchobanoglous George, Colombia, editorial Mac Graw Hill, 2000.

DDF. Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: 1994-2010, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, DDF, México, 1997.

F. del Paso y Troncoso, Códice Borbónico, F. del Paso y Troncoso, México, 1ª ed., Siglo Veintiuno América Nuestra, 1898.

F. Esquinca Cano. 2003. Bosques y biodiversidad. Impulso Ambiental (CECADESU-SEMARNAT), México, No. 18, julio-agosto 2003.

Fernández L. Roberto, Mandujano G. Cecilia, López P. Francisco, Residuos Sólidos y Ecología en México, una visión histórica I, México, Asociación Mexicana para el manejo de residuos peligrosos A. C. 1ª edición, 1996.

Fray Bernardino de Sahagún, Historia General de las Cosas de Nueva España Tomo III, Fray Bernardino de Sahagún, 3ª ed., México, Consejo Nacional para La Cultura y las Artes, 2002.

Fray Bernardino de Sahagún, Historia General de las Cosas de Nueva España Tomo II, Fray Bernardino de Sahagún, 1ª ed., México, editorial DASTIN, 2001.

Galarza Joaquín, M. Libura Krystina, La tira de la Peregrinación, México, Ediciones Tecolote, 3ª edición, 2004

México, Comité Editorial de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, Comisión

del Agua del Estado de México, 1999.

Gonzalbo Escalante Pablo, Historia de la vida cotidiana en México: tomo I: MesoAmérica y los ámbitos indígenas de la nueva España, Gonzalbo Escalante Pablo, México, Fondo de Cultura Económica, 2004

Helweg Otto J., Recursos Hidráulicos planeación y administración, Helweg Otto J. México, editorial Limusa, año 1992.

Hernán Cortés, Cartas de Relación, Hernán Cortés, México, Editorial Porrúa, 2005.

Honorato P. Ricardo, Manual de Ecología, Honorato P. Ricardo, México, editorial Alfaomega 4a edición, año 2000.

INEGI, Censo General de Población y Vivienda de 1,950 (VII) a 2,000 (XII), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000.

J. Aguirre M.. Agua para el Futuro. Ingeniería Ambiental, AIDIS, México, Año 1988, No.2 Marzo-Abril. 1988.

J. Burbano Diago.. Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe. Ingeniería y Ciencias Ambientales (FEMISCA), México, Año 9, Núm. 33, 1997

J. E. Becerril B., J. E. Barrios O.. Saneamiento, consideraciones y perspectivas de los planes. Ingeniería y Ciencias Ambientales (AIDIS), México, Año 12, No. 47. 2000

Jiménez, C. Blanca E., La contaminación Ambiental en México, 1ª ed., México, ed. Limusa

S.A. de C.V., 2001.

La Jornada. Agua, Ed. especial, México, La Jornada, 2006.

Lazcano, Antonio, A., El Origen de la Vida, 1ª ed., México, EDICOL, S.A. 1977.

Legorreta, Jorge Cinco Grandes Lagos Extinguidos en Menos de 500 Años, Legorreta, Jorge, ed. especial Agua, México, La Jornada, 2006.

Legorreta, Jorge, El Agua y la Ciudad de México, 1ª ed., México, Legorreta, Jorge, Universidad Autónoma Metropolitana, 2006.

Léon Portilla Miguel, Aztecas-Mexicas desarrollo de una civilización originaria, Léon Portilla Miguel, España, Algaba Ediciones, 2005.

Ludevid, Manuel. A. El Cambio Global en El Medio Ambiente, 1ª ed., Barcelona, Mocambo, S.A., 1997.

Martín Vide Juan P., Ingeniería de ríos, Martín Vide Juan P., editorial Alfaomega, México, 2003.

Monsalve Sáenz Germán, Hidrología en al Ingeniería, Monsalve Sáenz Germán, México, 2a ed. editorial Alfaomega, 1999.

Pérez Zevallos Juan Manuel, Xochimilco Ayer I, Pérez Zevallos Juan Manuel, México, Instituto Mora, Gobierno del Distrito Federal, delegación Xochimilco, 2002.

Pineda Mendoza Raquel, Origen Vida y Muerte del Acueducto de Santa Fe, Pineda Mendoza Raquel, México, Universidad Nacional Autónoma

de México, Instituto reinvestigaciones Estéticas, 2000.

PNUMA, Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, Nairobi (Kenia), ediciones Mundi Prensa, 2000.

R. Frías F.. Aguas Residuales para Riego Agrícola. Ingeniería Ambiental, AIDIS, México, Año 1988, No.2 Marzo-Abril. 1988

R. S. Ramalho. Tratamiento de Aguas Residuales, R. S. Ramalho, España, Editorial Reverté, S.A. 1991.

Robertis, D.E; Robertis, M.E; Biología Celular y Molecular, 1ª ed., Argentina, El Ateneo, 10ª ed., 1981.

Robert A. Corbitt Manual de referencia de la Ingeniería Ambiental, Mac Graw Hill / interamericana de España, S.A.U. Edición en español, 2003.

Serra Puche Marí Carmen, Los Recursos Lacustres de la Cuenca de México Durante el formativo, Serra Puche Marí Carmen, 1ª ed. México, Coordinación General de Estudios de Posgrado, 1988.

Séjourné laurette, Arqueología e Historia del Valle de México 2. de Xochimilco a Amecameca, Séjourné laurette, 2ª ed., México, editorial Siglo Veintiuno, 1990.

Soustelle, Jacques, La Vida Cotidiana de los Aztecas en Vísperas de la Conquista, Soustelle, Jacques; trad. de Carlos Villegas. 2ª ed. México, Fondo de Cultura Económica 1970

Turk Amos, Turk Jonathan, Wittes Janet.

Ecología-Contaminación-Medio Ambiente. México, Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V., 1973.

Valladares, María Rita, R., Proyecto de Tesis: Plan Integral de Saneamiento del Río Chico Los Remedios (tramo Rincón Verde-Lomas Verdes), México, IPN, 2006.

Winkler Michael, Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho, Winkler Michael, México, la ed. editorial Limusa, 1986.