



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. Z
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Saneamiento del Río Cuautitlán en el tramo Cortina Presa Guadalupe – Residencial La Luz

Tesis que para obtener
el grado de:
Maestro en ingeniería civil

P R E S E N T A:

Morlán López Fernanda Libertad

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Navarro Pineda Juan Manuel



México D.F. Diciembre de 2012.



SIP-14

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D. F., siendo las 13:00 horas del día 27 del mes de noviembre del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.A. – U. Z. para examinar la tesis titulada:

"Saneamiento del Rio Cuautitlán en el tramo Cortina Presa Guadalupe-Residencial La Luz"

Presentada por el alumno:

Morlán

Apellido paterno

López

Apellido materno

Fernanda Libertad

Nombre(s)

Con registro:

B	1	0	1	3	5	5
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

Dr. Juan Manuel Navarro Pineda

Dr. Jorge Meléndez Estrada

M. en I. Felipe López Sánchez

M. en C. Ricardo Contreras Contreras

M. en C. Alma Lidia Trujillo Muñoz

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

M. en C. Pino Durán Escamilla





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **México** el día **28** del mes **Noviembre** del año **2012**, el (la) que suscribe **Morlán López Fernanda Libertad** alumno (a) del Programa de **Maestría en Ingeniería Civil** con número de registro **B101355**, adscrito a **Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura UZ**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de **Dr. Juan Manuel Navarro Pineda** y cede los derechos del trabajo intitulado **Saneamiento del Río Cuautitlán en el tramo Cortina Presa Guadalupe – Residencial La Luz**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **fernanda.morlan@gmail.com**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Fernanda Libertad Morlán López

*El primer sol que hubo al principio, cuyo
signo es 4 Ahtl, se llama Ahtonatiuh (o sol de
agua); durante él sucedió que todo lo
arrastró el agua, y desaparecieron los
hombres, pues se volvieron peces.*

Anales de Cuauhtitlán

CONTENIDO	
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
OBJETIVOS	7
JUSTIFICACIÓN	8
METODOLOGÍA	9
ANTECEDENTES	11
ESTADO DEL ARTE	20
CAPITULO I. RIO CUAUTITLAN	24
I. 1 Localización	24
I. 2 Descripción de la cuenca del Río Cuautitlán	25
I. 3 Descripción del medio en el municipio de Cuautitlán Izcalli	26
<i>I.3.1 Medio Físico</i>	27
<i>I.3.2 Aprovechamiento del suelo</i>	29
<i>I.3.3 Demografía</i>	31
<i>I.3.4 Servicios públicos</i>	33
I. 4 Descripción del Río Cuautitlán	35
<i>I.4.1 Flora y fauna</i>	36
<i>I.4.2 Infraestructura</i>	38
CAPITULO II. ANALISIS	48
II.1 Área de influencia	49
II.2 Población	49
II.3 Contaminación del Agua	52
<i>II.3.1 Estudio de la Calidad del Agua en el Río Cuautitlán</i>	53
<i>II.3.2 Análisis experimental</i>	53
II.3.2.3 Descargas	55
II.3.3 Caracterización experimental del agua	57
II.3.4 Caracterización de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM)	63

II.3.5 Caracterización por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	65
II.4 Contaminación del Suelo	66
II.4.1 Residuos Sólidos Urbanos	66
II.5 Sociedad	70
CAPITULO III. DIAGNÓSTICO	75
III.1 Calidad del agua	75
III.2 Tiraderos clandestinos de residuos sólidos urbanos	78
III.3 Sociedad	78
CAPITULO IV. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	81
IV.1 Calidad del agua	82
IV.2 Tiraderos clandestinos de residuos sólidos urbanos	83
IV.3 Asentamientos humanos irregulares	83
IV.4 Relación urbana y rural	83
IV.5 Parque lineal	84
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
ANEXO 1	96
BIBLIOGRAFIA	102

TABLAS

1 Afluentes de la región hidrológica	24
2 Crecimiento poblacional en Cuautitlán Izcalli	30
3 Caracterización de residuos en Cuautitlán Izcalli	33
4 Puentes vehiculares	38
5 Puentes peatonales	40
6 Canales de riego en Cuautitlán Izcalli	42
7 Pozos de extracción de agua potable en el Río Cuautitlán	45
8 Zonificación en el área de influencia	49
9 Descripción de puntos de muestreo, cauce y afluente natural	54
10 Descargas de agua residual en el Río Cuautitlán	55

11 Caracterización de los puntos de muestreo	60
12 Sitios de análisis del agua	62
13 Caracterización del agua en la Presa Guadalupe	63
14 Estaciones de monitoreo en el Río Cuautitlán CONAGUA	64
15 Caracterización del agua en la estación San Lorenzo	64
16 Caracterización del agua en la estación Presa Guadalupe	65
17 Sub productos presentes en los tiraderos clandestinos	68
18 Asentamientos irregulares	71
19 Simbiosis urbana y rural	79

FIGURAS

1 Canalización del Río Cuautitlán y sistema de irrigación	11
2 Repartimiento de las aguas del Río Cuautitlán 1762	12
3 Desagüe de Huehuetoca en el noroeste del cuadrante de la Cuenca del Valle de México	13
4 Pila Real de Atlamica	15
5 Fotografías históricas de Cuautitlán Izcalli	18
6 Río Pisuerga, Valladolid	20
7 Río Cheonggyecheon, Seúl	21
8 Confluencia de los ríos Magdalena y Eslava, México	22
9 Región administrativa XIII, subregiones, zonas y estados	23
10 Región hidrológica 26 “Alto Panuco”	24
11 Cuenca del Río Cuautitlán	25
12 Edafología en la cuenca del Río Cuautitlán	28
13 Vegetación en la cuenca del Río Cuautitlán	29
14 Río Cuautitlán	34
15 Río Cuautitlán, en el área de estudio	35
16 Flora del bosque de galería	36
17 Aves del bosque de galería	37
18 Puentes vehiculares	37

19 Puente de la Avenida San Antonio	39
20 Puentes peatonales	40
21 Muros de gavión	41
22 Canales de riego en Cuautitlán Izcalli	43
23 Arcos de Tepojaco	44
24 Pozos de extracción de agua	45
25 Área de influencia	48
26 Zonificación del área de influencia	51
27 Puntos de muestreo en el Río Cuautitlán	53
28 Descargas de Agua Residual	56
29 Tiraderos de Residuos Sólidos Urbanos	67
30 Residuos en el Río Cuautitlán	68
31 Parque lineal Río Cuautitlán (a)	87
32 Parque lineal Río Cuautitlán (b)	88

RESUMEN

En el presente estudio se exponen las aptitudes de los proyectos de recuperación y saneamiento de los ríos urbanos en el mundo, presentando algunos ejemplos y las acciones tomadas por los diferentes gobiernos para llevarlos a cabo; posteriormente se presentan estas acciones adaptadas al objeto de estudio, el Río Cuautitlán.

Además se profundiza en la historia de la corriente de agua y su convivencia con la población desde la época prehispánica; el funcionamiento de su cuenca; sus condiciones ambientales y sociales, con un estudio de caracterización del agua y las descargas residuales que convergen en el mismo, una descripción de los tiraderos de residuos sólidos urbanos que son depositados sobre sus márgenes y en la corriente, además de una exposición social sobre un cúmulo de población que reside en las márgenes de manera irregular y la coexistencia urbana y rural del municipio de Cuautitlán Izcalli.

Posteriormente se expone un diagnóstico de la problemática de la calidad del agua, del suelo y la situación actual social sobre los asentamientos humanos irregulares y la posición del sector agrícola en la zona.

Finalmente se presentan una serie de alternativas de solución descritas en acciones e infraestructura para cada una de las problemáticas diagnosticadas; haciendo énfasis en la construcción de un parque lineal en las márgenes del Río Cuautitlán sitio acondicionado para la ejercitación, la cultura, el esparcimiento, el conocimiento ambiental y además que éste propicie la sensibilización de la población hacia la corriente de agua.

ABSTRACT

In the present study describes the skills of recovery projects and sanitation of the urban rivers in the world, by presenting some examples and the actions taken by the various governments to carry out; are then brought these actions adapted to the object of study, the Cuautitlan River.

In addition it is possible to go deeper into the history of the flow of water and its coexistence with the population from the pre-hispanic times; the operation of its basin; their environmental and social conditions, with a study of characterization of the water and the waste discharges that converge on the same, A description of the unlined solid urban waste which are deposited on their margins and in the river, in addition a social exposure on an accumulation of population that resides in the margins in an irregular manner and the coexistence of the urban and rural municipality of Cuautitlan Izcalli.

Subsequently presents a diagnosis of the problem of the quality of the water, soil and the current social situation on the irregular human settlement and the position of the agricultural sector in the area.

Finally, we present a series of alternative solution described in actions and infrastructure for each one of the problematic diagnosed; with emphasis on the construction of a linear park in the margins of the Cuautitlan River site conditioning for exercising, culture, recreation, environmental knowledge and also that this will lead to the awareness of the population toward the flow of water.

INTRODUCCIÓN

En sus orígenes dentro de la Cuenca del Valle de México, confluían de sus vertientes numerosos ríos que alimentaban y mantenían el sistema lacustre, que permitió el desarrollo de culturas como la azteca que asombraron al mundo. Paulatinamente a lo largo de los siglos después de la conquista, sus ríos han desaparecido de tal forma que sólo quedan pocos ríos a cielo abierto, entre los que se encuentra el Río Cuautitlán.

El Río Cuautitlán, en su tramo enmarcado por el municipio de Cuautitlán Izcalli, es el claro ejemplo de un espacio descuidado, contaminado, olvidado y dañado, el cual brindaría grandes posibilidades de desarrollo ambiental, de salud, cultural y de esparcimiento; desafortunadamente no se ha visto sino como receptor de desechos urbanos.

El presente estudio pretende girar la perspectiva de visión en la relación que prevalece actualmente entre el desarrollo humano y el medio ambiente, específicamente para el tema de los ríos que atraviesan ciudades; el objetivo es buscar alternativas de relaciones y que estas a su vez logren una convivencia más armónica.

La historia como tal, describe los sucesos de la vida cotidiana en cada época; si se analiza un segmento en la línea del tiempo transcurrido en un sitio, se tiene la posibilidad de visualizar los cambios que se presentan en él a través de los años y así poder entender el comportamiento del presente.

En el apartado Antecedentes se realiza una descripción sobre la relación que existió entre la corriente de agua y la población, desde la época prehispánica hasta el siglo XX. La bibliografía consultada menciona que la tribu colhua fue la primera en ubicarse a las orillas del Río Cuautitlán, esta fue ubicada por mandato chichimeca en las cercanías del río.

En la época de la colonia el sitio colindante con el río se ve enriquecido por los beneficios que este provee, por ello en la zona proliferaron las haciendas y los ranchos; es imprescindible mencionar la obra del Desagüe de Huehuetoca iniciada en el años de 1607, la cual tuvo entre sus objetivos principales, el desvío del Río Cuautitlán para disminuir las inundaciones en la Cuenca del Valle de México.

Para finales del siglo XIX y principio del XX, la zona sigue siendo de actividad agrícola y ganadera, pero además se utiliza el agua para generar energía; para aquellos años el agua era controlada por los usuarios y juntas de agua, esto cambiaría definitivamente el 13 de diciembre de 1910 con la nacionalización las aguas pasando el control, manejo y explotación a cargo del estado. Ya en la segunda mitad del siglo XX quedan olvidados las haciendas y los ranchos, y la zona se vuelve industrial y habitacional.

CAPÍTULO I “RÍO CUAUTITLÁN”

En el apartado Río Cuautitlán se presenta una descripción de la zona. Se exponen las características hidrológicas de la cuenca y de la corriente de agua; además de mostrar a nivel municipal las características del medio físico, el aprovechamiento del suelo y la demografía. Lo anterior busca obtener conocimiento más cercano y documentado del sistema a estudiar.

CAPÍTULO II “ANÁLISIS”

En la búsqueda de la problemática ambiental del sitio, se encontraron diversas manifestaciones de contaminación o desorden que perjudican la preservación y la calidad de la zona. En el ámbito ambiental se encontraron descargas puntuales de agua residual y tiraderos clandestinos de residuos sólidos, así como asentamientos humanos irregulares.

Cada uno de los temas anteriores, inciden en el sistema del río, es por ello que se presenta en este capítulo una serie de caracterizaciones cuantitativas y cualitativas de cada problemática.

CAPÍTULO III “DIAGNÓSTICO”

Observando el panorama general de los temas contemplados en el capítulo anterior, el apartado diagnóstico expone una reflexión acerca de la problemática que incide en el río, llevando a cabo un diagnóstico, desde una visión ambiental e ingenieril que tiene el presente trabajo, basándose en comparaciones con normas ecológicas vigentes.

CAPÍTULO IV “ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN”

En este capítulo se encuentra la propuesta de saneamiento del Río Cuautitlán, la cual consiste en una serie de acciones y obras de infraestructura;

considerando que para lograr el éxito en este tipo de proyectos se debe vincular a la población, se realiza además la propuesta de un parque lineal en las márgenes del río.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cuenca del Río Cuautitlán, inicia en la Sierra de Monte Alto a 2 924 msnm, desciende por zonas boscosas en las cuales se puede observar la presencia de manantiales; la cuenca media se caracteriza por la presencia de áreas agrícolas y finalmente en la cuenca baja la zona presenta mayoritariamente desarrollos urbanos. La problemática ambiental de la cuenca inicia en la zona media, debido a la presencia de la contaminación del agua y de desechos sólidos urbanos, lugar donde es utilizado el alcantarillado mixto para la descarga de las aguas residuales y sitios de desecho de residuos sólidos que no cuentan con la infraestructura necesaria para una disposición adecuada, la suma de estos desechos terminan precipitándose en la Presa Guadalupe.

La Presa Guadalupe construida en 1943 con los objetivos de evitar inundaciones y el aprovechamiento del agua para riego, se ha convertido en los últimos años en un receptáculo de contaminantes; en respuesta a esta problemática, la Comisión de Cuenca Presa Guadalupe ha realizado estudios técnicos y demandas para la recuperación del sitio, logrando que la zona fuese decretada como área natural protegida con el nombre de “Santuario del Agua y forestal Presa Guadalupe” en 2004, con ello se construyen por parte del estado un conjunto de obras que entre otros sanearán el embalse.

En este contexto, se pretenden extender las acciones de saneamiento de la cuenca que está llevando a cabo la Comisión de Aguas del Estado de México aguas arriba de la Presa Guadalupe, con las propuestas en el presente estudio.

El Río Cuautitlán se encuentra bajo las presiones de la urbanización, las cuales provocan en él problemas de contaminación en su corriente y en sus márgenes. El río presenta descargas puntuales de agua residual y tiraderos clandestinos de residuos sólidos urbanos, y existe además la problemática de asentamientos humanos irregulares, cuyos pobladores explotan los recursos acentuando aún más la degradación del espacio.

Por otra parte, las márgenes del río son utilizadas por una parte de la población como sitios de ejercitación, esparcimiento y movilidad; los inconvenientes que se presentan en estos rubros son la falta de infraestructura, vigilancia y saneamiento.

OBJETIVOS

General

Realizar una propuesta de saneamiento integral y recuperación paisajística de sus márgenes para el Río Cuautitlán, en el tramo comprendido entre la cortina de la Presa Lago de Guadalupe y Residencial La Luz.

Particulares

Reconocer la problemática ambiental del Río Cuautitlán, en el tramo comprendido entre la cortina de la Presa Lago de Guadalupe y Residencial La Luz.

Diagnosticar la problemática ambiental del Río Cuautitlán, en el tramo comprendido entre la cortina de la Presa Lago de Guadalupe y Residencial La Luz.

Realizar una propuesta de recuperación y proyecto de un parque lineal, en el tramo comprendido entre la cortina de la Presa Lago de Guadalupe y Residencial La Luz.

JUSTIFICACIÓN

El tema de saneamiento de ríos urbanos que cuenten con proyectos de infraestructura, y cuyo objetivo sea la convivencia entre la población y el sitio, es aún limitado; es por ello que el presente trabajo pretende contribuir con el desarrollo de conocimientos que permitan crear nuevas líneas de investigación, que propicien estrategias para la mejora de la calidad de vida de las personas en sitios urbanos cercanos a corrientes de agua.

Además este tipo de proyecto se refuerza con las características del sitio, ya que el Río Cuautitlán, es considerado como un río vivo (Simón, 2006), por contar con un flujo constante y carecer de entubamiento, y exceso de contaminación por sólidos flotantes o materia vegetativa flotante.

Por otro lado, se considera que este proyecto coadyuva a la recuperación del agua superficial de la zona, extendiendo el plan de recuperación tomado para la Presa Guadalupe, por parte de la Comisión de Aguas del Estado de México.

Así mismo, el río ofrece servicios ambientales, tales como la recarga de acuíferos, la belleza del entorno, regulador del clima, y como depósito fijador de bióxido de carbono y nitrógeno, entre otros, considerados algunos como bienes canjeables.

Finalmente, se reafirma la importancia de la presente tesis, cuyo objetivo encaja perfectamente en la Agenda 2030, programa dirigido por el gobierno federal, dentro de los apartados Ríos limpios y Asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas.

METODOLOGÍA

El método de análisis para el presente estudio, consiste en realizar las siguientes actividades:

- Visita a campo
- Estudios anteriores en la zona de estudio
- Generalidades de la zona en estudio
- Condiciones ambientales y sociales

Visita a campo

Se harán una serie de visitas a las márgenes del río para que de manera cualitativa se obtenga una caracterización general y una visión de la situación actual del río y su desarrollo cotidiano con la población. Obteniendo de ello la ubicación de asentamientos irregulares, tiraderos y descargas al río, una memoria fotográfica de la zona, entre otros.

Estudios anteriores en la zona de estudio

Para el fortalecimiento de los datos se optará por visitar centros de información ya sea universidades y comisiones de cuenca, que presenten de manera escrita o vía internet información de investigadores e interesados, referente a la zona en estudio.

Generalidades de la zona en estudio

Generales

Realizando una descripción de la zona en lo referente a clima, geología e hidrología. De fuentes como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Sistema Meteorológico Nacional (SMN), la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Zonales

Con una descripción más específica sobre los usos de suelo, ubicación de cruces vehiculares, actividades económicas, entre otros. De organismos como la Dirección de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del municipio de Cuautitlán Izcalli y el organismo público descentralizado del municipio antes citado (OPERAGUA).

Condiciones ambientales y sociales

Las alteraciones de la zona por las actividades de la urbe, se describen en los contenidos del agua residual vertida y de los tiraderos de residuos sólidos en las márgenes del río.

Agua residual vertida

Los datos utilizados para este rubro se obtendrán de la Red Nacional de Monitoreo (RNM) de la Calidad del Agua, OPERAGUA y CONAGUA.

Además se realizaran estudios de caracterización de agua en la corriente y en las descargas de agua residual, complementando la información y aumentando su especificidad.

Residuos sólidos urbanos

Se analizarán los datos de los tiraderos de residuos sólidos obtenidos de visitas al sitio.

Sociedad

Se obtendrán datos en las visitas al sitio, complementándose con bibliografía sobre las dinámicas territoriales.

ANTECEDENTES

La variedad de ecosistemas que ofrece el planeta tierra han atraído al ingenio de la especie humana, la de mayor capacidad de adaptación, a desarrollarse en sitios privilegiados con el objetivo de olvidar la vida itinerante, los cuales fueron en su mayoría los cercanos a las corrientes de agua; las grandes civilizaciones antiguas sabían la importancia del líquido en sus vidas, y así desarrollaron diversas formas de convivencia con los ríos. La navegación, el consumo, la pesca, el transporte, el riego, el deporte y la religión, se convirtieron en formas íntimas de relación con el hombre de esta época.

La dependencia del desarrollo para las civilizaciones antiguas, en mucho se debía a la cantidad de agua disponible para consumo; actualmente ocurre algo muy similar, ya que sigue prevaleciendo la cantidad de agua disponible para consumo como limitante para el desarrollo, pero la relación pasó a ser de codependencia, esto debido a la tendencia a la baja en la cantidad y calidad del agua tanto superficial como subterránea, consecuencia del crecimiento poblacional el cual a su vez causa sobre explotación, contaminación y desecación.

A continuación se pretenden exponer los cambios en la relación y convivencia entre el Río Cuautitlán y los pobladores de la zona, por medio de una reseña histórica donde se presenta la trascendencia del Río Cuautitlán en la región, como corriente de agua reconocida y aprovechada desde tiempos remotos.

En el caso de la Cuenca del Valle de México, el paisaje idílico al que estaban acostumbrados los mexicanos con tonalidades azules en el cielo y en la laguna, y a la tierra fértil con abundante vegetación lacustre, la vislumbraban como una ciudad equilibrada, y desarrollada con majestuosidad hidráulica; la estrecha y placentera convivencia entre los recursos naturales y el hombre se reflejaba en cada chinampa, en cada trajinera cubierta de plantas dispuestas al comercio, en cada vista desde lo alto del cerro de la Estrella.

El complejo hidráulico de lagunas comunicantes que inundaban toda la cuenca era abastecido por manantiales brotantes, el Nativitas y los ríos Amecameca y Tlalmanalco en Xochimilco y Chalco; al oriente por los ríos Chapingo y Coatepec en Texcoco y al norte, con mayor volumen de agua, por las avenidas de Pachuca y el Río Cuautitlán en Zumpango y Xaltocan; cada uno colaborando con el abastecimiento del líquido para la nivelación de las lagunas y el correcto funcionamiento del sistema de transporte acuático.

El vínculo del Río Cuautitlán con la historia humana inició con la llegada de los colhua, tribu que pidió a los chichimecas arribar en la zona; estos de mala gana y a su conveniencia, los ubicaron a las orillas del río con la pretensión de que los visitantes fuesen arrastrados por las crecidas de la corriente; el ingenio hidráulico no se hizo esperar, ya que los colhua implementaron una serie de cambios en el curso del agua, para dirigirla hacia la Laguna de Citlaltepec (Rojas, 1974).

La alta demanda de alimentos en toda la Cuenca del Valle de México, en la época prehispánica, hizo que las zonas aledañas al centro se convirtieran en sitios de producción agrícola; los habitantes de las zonas aledañas a la Laguna de Citlaltepec, aprovechaban las tierras para cultivo, pero teniendo la necesidad de acrecentar la producción, se decidió desviar el Río Cuautitlán hacia el norte hasta unir sus aguas con el Río Tepetzotlán y así contar con un volumen de agua constante para la irrigación, complementadas con la construcción de canales de distribución; esta obra es considerada como una proeza tecnológica de la época, pues constituye uno de los logros más espectaculares de los irrigadores prehispánicos, ya que se ocuparon para la construcción de esta obra especialistas en ingeniería civil, los cuales utilizaron profundos conocimientos físicos de la cuenca (Doolittle, 2004) (Figura 1).

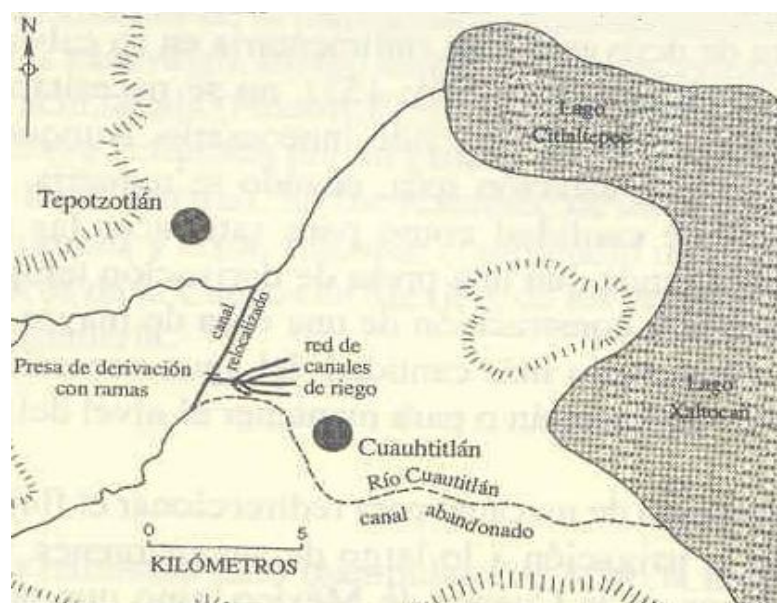


Figura 1. Canalización del Río Cuautitlán y sistema de irrigación.

FUENTE. "Canales de riego en el México prehistórico" Doolittle, 2004.

La riqueza natural de la zona era dominada por la gran cantidad de agua acumulada, con formaciones de un sistema lagunar de norte a sur; los grandes

volúmenes de agua satisfacían las necesidades sociales para todos los usos; agrícola, ganadero y de uso domestico, pero además brindaban la alternativa de un medio de transporte, limpio, estético y natural.

Con la llegada de los españoles a territorio mexicano, surgieron cambios renuentes, paulatinos, concisos e inquebrantables sobre la desecación de la Cuenca del Valle de México; la adopción de un sistema totalmente diferente que evitaba el agua como medio de transporte en lo más posible, hizo que la Ciudad de México se convirtiera poco a poco en un lugar árido, muy a semejanza de las ciudades españolas. El Río Cuautitlán no fue la excepción. Así se dio comienzo a una serie de cambios en el cauce que experimentaría esta fuente hidrológica.

Los registros históricos consultados acerca del río, provienen principalmente de escritos sobre conflictos o peleas por la posesión del agua. En el siglo XV, año de 1435, el sistema de riego del Río Cuautitlán, estaba compuesto por una presa almacenadora que derivaba las aguas a una pila de distribución, la cual contaba con 4 zanjas que se desprendían en distintas direcciones para brindar agua al Valle de Cuautitlán, cuyos canales se extendían en un área aproximada de entre 9 y 16.5 km² (Figura 2).



Figura 2. Repartimiento de las aguas del Río Cuautitlán 1762.

FUENTE. "El Lado oscuro del gran Desagüe de México: costos ecológicos y sociales en su entorno rural, 1608-1900." Candiani, 2009.

El pie de los españoles sobre suelo mexicano cambió en múltiples formas el estilo de vida prehispánico, las actividades económicas, la forma de relacionarse y también la hidráulica del centro del país; la Cuenca del Valle de México al ser una cuenca endorreica formaba un gran sistema lagunar en tiempo de lluvias; los antiguos mexicas mudaban la ciudad hacia Teotihuacán en época de lluvias, para regresar en cuanto las aguas hubieran bajado su nivel, en comparación nada semejante al estilo de vida español de la época. Entre las primeras obras edificadas en la Nueva España y mencionada como una de las más grandes, se encuentra el desagüe de Huehuetoca, el cual pretendía *divertir*¹ las aguas del noroeste de la cuenca, para llevarlas a otra cuenca por el norte (Figura 3).

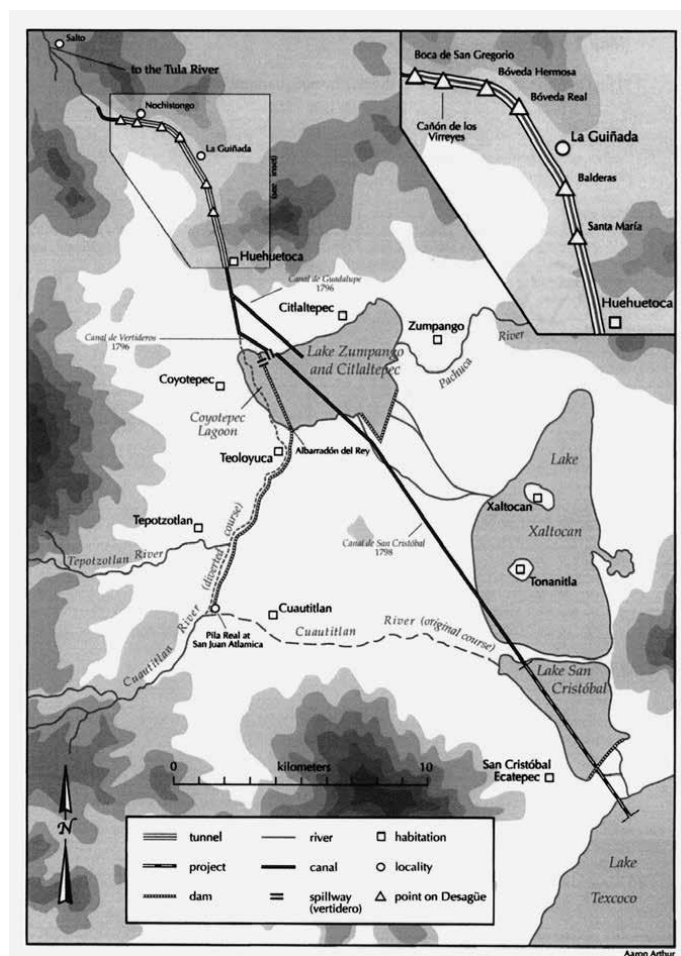


Figura 3. Desagüe de Huehuetoca en el noroeste del cuadrante de la Cuenca del Valle de México.

FUENTE. “El Lado oscuro del gran Desagüe de México: costos ecológicos y sociales en su entorno rural, 1608-1900.” Candiani, 2009.

¹ Se usa el término divertir el cual hace referencia a la acción de desviar de su cauce a los cuerpos de agua, este término era utilizado en el época colonial.

Retomando la idea de Francisco Gudiel propuesta en 1555, se dio inicio en 1607 al conjunto de obras hidráulicas que no han cesado en la época actual y cuyo resultado sería en gran parte la historia hídrica de la Ciudad de México; el primer paso fue el realizar dos tajos que desviaban el agua de la Laguna de Zumpango hacia el norte, obra de Enrico Martínez; terminada en 1608 con grandes deficiencias y sin lograr las expectativas deseadas en aquel tiempo.

La solución seguía apoyada en la hipótesis de E. Martínez, quien pronunciaba que las avenidas más grandes provenían del norte, de Pachuca y del Río Cuautitlán; aunque personas de la época, se mostraban renuentes por el alto costo y la lenta obtención de resultados positivos del desagüe; si bien menciona De Cepeda que se pensó en numerosas ocasiones en cambiar la ciudad de ubicación, pensamiento poco prudente para otros que sabían que no habría quien construyera la ciudad. La falta de indios en la época, resultado de enfermedades y de la alta demanda de mano de obra que requerían las obras del desagüe, “.. el desagüe drenaba desde personas hasta empresas productivas..” (Candiani, 2009).

Las obras del drenaje que prosiguieron, se consideran como un esfuerzo monumental, primeramente para la obtención de materiales y equipo por lo que fue *invitada* toda la población, para que apoyara con carretas, palas, picos, entre otros, así como también se recibió apoyo económico proveniente de los impuestos hechos al vino.

Debido a la gran demanda económica y de personal, la obra era supervisada muy de cerca por la Corona española, y se realizaban hasta cuatro visitas a la obra al mismo punto para obtener perspectivas diversas, así el virrey podría enviar una resolución; en contables ocasiones los enviados tenían opiniones muy diferentes entre sí, y por tanto, debían realizarse visitas por los mismos virreyes con grandes comitivas. Entre una de estas visitas se menciona la opinión del Colegio de la Compañía de Jesús, el cual redacta su preocupación de la obra y pronuncia “... que conviene conservar el desagüe de Huehuetoca para divertir al Río Cuautitlán mayor enemigo de México...”.

Las disputas en opinión sobre sí se debía seguir con la obra fueron constantes, pero siempre se siguió con el desagüe de Huehuetoca, por razones meramente económicas, ya que el dinero invertido era demasiado como para pensar cancelar la obra; lo que si hubo fueron cambios en los procesos constructivos, y se optó por utilizar el impulso motriz del agua para remover los desperdicios de la obra, que consistía en la debilitación de segmentos de tierra para ser estos impulsados por la fuerza del agua almacenada; se propuso una cantidad específica para gastos en la obra y se mantenían en condiciones de poca

o nula seguridad a los indios, además de hacerlos cumplir hasta 18 horas de trabajo continuo.

Llama la atención el tiempo de ejecución de la obra para la época, ya que para el mismo periodo en ciudades europeas se optaba por dejar el trabajo hidráulico en temporada de riego, para que así la producción agrícola no se viera afectada, caso contrario a lo ocurrido en el desagüe de Huehuetoca.

Establecido el nuevo curso del agua, la zona comenzó a crecer fincándose como productora agrícola y ganadera, de granos, semillas, y pulque, gracias a los ranchos y haciendas que albergaba en sus tierras. El crecimiento fue notorio y el tránsito de gente creció de igual manera, y por ende, las demandas por el líquido aumentaron; en consecuencia, para el año de 1762, se realizó una modificación en el sistema de distribución en la Pila Real de Atlamica (Figura 4), aumentando el número de acequias también llamadas zanjas, pasando a cinco, abasteciendo por completo del líquido a los pueblos aledaños al Río Cuautitlán (Resendiz, 1999).



Figura 4. Pila Real de Atlamica.

FUENTE. <http://cuautitlanizcalli360.com/pila-real-san-juan-atlamica.html>. Agosto, 2012.

En tanto que en el periodo colonial la recaudación de los recursos e impuestos se hacía por personas de la misma comunidad, resguardando los valores económicos en arcones ubicados en cada cabecera, los que a su vez rendían cuenta al regidor de aguas; las condiciones en cuanto a seguridad, confianza y resguardo monetario, terminaron por desgastarse, provocando finalmente que el dinero se encomendara a terceros en la capital del país.

Durante la revolución mexicana se vivió una época de descuido hacia las obras en general, debido a las revueltas y peligros de asalto o muerte, llegando a un abandono total de las mismas; el desagüe de Huehuetoca volvió a colocarse dentro de la agenda pública en 1826, cuando el Congreso General pronunció que

el responsable directo de la administración de esta obra, sería el Gobierno Supremo y que los territorios del Estado de México y del Distrito Federal debían contar cada uno con un responsable supervisor.

Los avances en la construcción siguieron postergándose por la guerra civil de 1832, con la ocupación del ejército norteamericano en 1847 y la invasión francesa en 1863; no fue sino hasta 1867 que se establecieron dos impuestos para financiar las obras del desagüe; cabe mencionar que para esta época ya se comenzaban a observar los estragos ecológicos de la ruptura hidrológica de la cuenca, por la aparición de suelos salinos no aptos ni para la ganadería y ni para la agricultura.

Porfirio Díaz culmina las obras de desecación de la cuenca con el Gran Canal y el Desagüe de Huehuetoca; en el aspecto administrativo promulga el 5 de junio de 1888 la “Ley de Aguas”, la cual declaraba al gobierno responsable de la administración de los recursos hídricos, desplazando así las comunidades reguladoras del agua, conformadas en su mayoría por usuarios locales.

El 13 de diciembre de 1910, la Ley de Aguas determinaba que las aguas pertenecían a la Federación y definió sus usos, en doméstico, servicio público, riego y energía; además asentó nuevas disposiciones en el servicio, saltándose las disposiciones locales. Con el triunfo y consolidación de la Revolución Mexicana, para el año de 1917 con la emisión del artículo 27 constitucional, se otorgaba el rango de propiedad nacional a las aguas administradas por la Federación; por otro lado se daban facultades al estado para el reparto de tierras. En 1929, con el fin de realizar una distribución equilibrada de las aguas del Río Cuautitlán, la Secretaría Agraria y Fomento dio instrucciones para la organización de una Junta de Aguas para dicho río.

La Junta de Aguas del Río Cuautitlán, representaba las juntas de Teoloyucan, Villa Nicolás Romero y Tepotzotlán; el río comprendía desde los manantiales de Río Grande en Monte Alto hasta su desembocadura con el Río Tula, incluyendo la laguna de Zumpango. Estas aguas eran aprovechadas por los habitantes de Villa Nicolás Romero, Cahuacán, Magú, Santiago de Iturbide, Tepojaco, Santa Ana Jilotzingo, San Miguel Teipa, y las haciendas de La Encarnación, Lanzarote, Los Ranchos y Guadalupe, así como los ranchos de Bocay, Buenavista, Chávez, Santa Ana la Bolsa y El Gavilán, además el agua era aprovechada para la generación de energía motriz por la Compañía de Luz y Fuerza de México, la fábrica de tejidos de algodón Barrón, la de Tejidos de Lana San Idelfonso y la de Tejidos de algodón La Colmena (Sandré, 2008).

Para el año de 1922 las aguas del río fueron declaradas propiedad de la nación; en este mismo año se iniciaron los trabajos de reconocimiento y distribución hidráulica que terminarían hasta el año 1927, con un reglamento general y la repartición de aguas. Lo anterior no trajo más que disputas entre Juntas de Aguas, lo cual llevó paulatinamente a la autonomía de todas las anteriores de la de la junta de Cuautitlán.

Las presas de barro, fueron utilizadas a lo largo del Río Cuautitlán por gran tiempo aprovechando la acumulación de agua para riego, hasta la construcción de la Presa Guadalupe, iniciada en 1936 y cuyo objetivo fue el de controlar las avenidas de las subcuencas del Río Cuautitlán, y terminada de construir en 1943; esta obra hidráulica ha experimentado rehabilitaciones y mantenimiento constante (SRH, 1969).

En vías de propiciar el crecimiento industrial y descentralizar la zona, el gobierno optó por la creación de corredores industriales; para 1960 se construyó la Autopista México-Querétaro, a lo largo de ella se establecieron industrias de todo tipo, que beneficiarían a la zona creando empleos y produciendo derramas económicas.

El establecimiento de industrias se hizo en terrenos ejidales, expropiados de manera arbitraria, obligando a los ejidatarios a dejar sus tierras o a obtener tierras permutadas de menor calidad; otro inconveniente grave fue la falta de infraestructura de desagüe de desechos por parte de la industrias; menciona (Sandre, 2006) que para 1961 el caso específico de la empresa CO₂ de México S. A. empresa dedicada al envasado de gases, que ésta a falta de tuberías de alcantarillado, enviaba sus desechos al canal llamado El Molino, el cual era usado como canal de agua de riego; la descarga de aguas residuales hacia este canal se hizo constante con las posteriores industrias localizadas en la zona, trayendo como consecuencia la contaminación superficial del agua y del suelo, además de la pérdida de fertilidad en las tierras, convirtiéndolas de temporal o en el peor escenario, eran abandonadas.

El punto de partida para el cambio en la percepción de la zona fue la creación del municipio de Cuautitlán Izcalli, el cual como proyecto se nombró Ciudad Cuautitlán Izcalli. Esta fue concebida para cumplir dos objetivos principales, el primero, regular el crecimiento demográfico y el segundo, disminuir el congestionamiento actual y futuro de la zona metropolitana, ofreciendo empleos, servicios e infraestructura. Como resultado y para tener más seriedad en el tema

de desarrollo metropolitano, por decreto constitucional se reconoce como municipio el 23 de Junio de 1973.

Esta ciudad nueva se ubicaría al noroeste de la Ciudad de México, en el kilómetro 36.5 de la Autopista México – Querétaro, con una superficie de 109.9 kilómetros cuadrados, de terrenos ejidales expropiados o permutados de los municipios de Cuautitlán, Tepotzotlán y Tultitlán; este nuevo territorio tendría dentro de sus límites al Río Cuautitlán y parte de los canales de riego que alimentaban los plantíos de los municipios anteriores.

Para la acreditación del sitio, éste debía cumplir con factores como, descongestionar la metrópoli sin llegar a una autonomía, cumplir con los medios de transporte necesarios; también estas ciudades nuevas, se ubicarían en un perímetro de entre 20 y 40 kilómetros de la ciudad central, además debían contar con la infraestructura básica de vialidades, saneamiento y dotación de agua. Para su planeación se recurrieron a ejemplos como Nueva York y el urbanismo de fraccionamientos.

El proyecto de la Ciudad Cuautitlán Izcalli fue planeado por el Gobierno Federal y ejecutado por el Organismo Descentralizado del Estado de México: Cuautitlán Izcalli, el cual tuvo la facultad para pedir y obtener créditos de hasta por 630 millones de pesos e invertirlos en la construcción de la infraestructura necesaria de este nuevo desarrollo; con este proyecto la zona pasó de ser agrícola a habitacional, y con ello dar cabida a miles de pobladores (Figura 5).

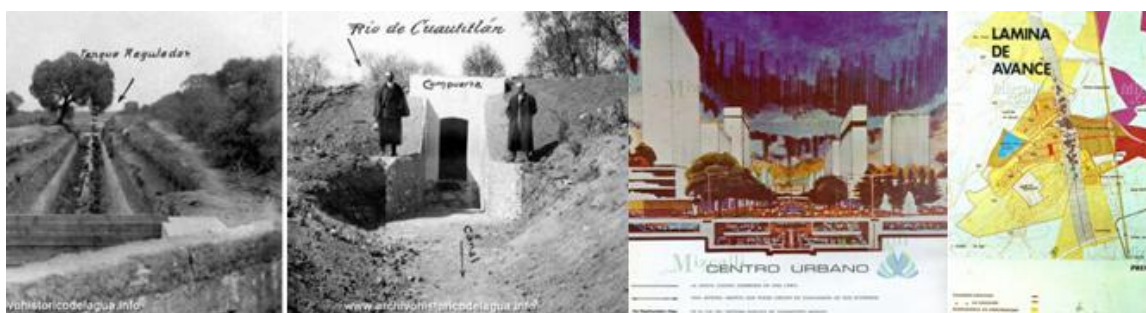


Figura 5. Fotografías históricas de Cuautitlán Izcalli.

FUENTE. AHA, 2011 y <http://www.mizcalli.com/>, 2011.

ESTADO DEL ARTE

El intelecto humano no se limita a las posibilidades inmediatas, es por ello que la búsqueda incesante, es característica de nuestra especie y más aún si la motivación es una necesidad imperante que se ve involucrada en la realización de la vida cotidiana y la posibilidad de herencia; si es bien dicho esta indagación puede tomar gran parte del tiempo y que este se convierta en la tendencia de una vida; solo habrá que esperar el momento de la inventiva.

Desde el punto de vista histórico, las sociedades humanas se han localizado en las márgenes de los ríos, explotando sus recursos hídricos, provocando asentamientos humanos que con el paso de los años lograron un crecimiento exponencial en sus orillas; debido a ello se emprendió una lucha trágica por la pelea de territorio entre el río y el hombre; esta batalla incesante ha logrado un deterioro ambiental en los cuerpos de agua, la pérdida de ecosistemas, escases de agua, las inesperadas avenidas extraordinarias, entre otras, creando miedo en la población lo cual dio como resultado, la nula convivencia con los ríos. Basta mencionar que está tan desgastada esta relación que se ha optado por entubar los ríos, hacerlos desaparecer del paisaje y tomarlos como puntos de concentración de contaminantes.

El deterioro ambiental y cambio climático, como ejes rectores de la necesidad de un medio ambiente sano y estable, han sembrado conciencia e ideales, los cuales provocaron una nueva ola de ingenio para el desarrollo de proyectos ambientales; entre estos se encuentra dentro del rubro del agua, el rescate, restauración y saneamiento de ríos, el cual comenzó sus aplicaciones a mediados del siglo XX.

Europa

Los primeros en tomar la iniciativa se ubican en el continente europeo; sobre el río Sena en Francia, se inició con el saneamiento del río, basándose para su depuración en la inyección de grandes islas de oxígeno disuelto, además de reformas de ley y otras acciones, llevando así una recuperación paulatina de aproximadamente cincuenta años; por otro lado el río Támesis en Londres, logró después de casi un cuarto de siglo de acciones y la creación de un grupo de conservación, la restauración del ecosistema de sus aguas. En España el Río Pisuerga en Valladolid (Figura 6), fue aprovechado por su alto potencial paisajístico y el bajo índice de contaminación (1de3, 2008); los proyectos anteriores cuentan con una nueva visión de la práctica en convivencia con los ríos, promoviendo recorridos turísticos y comerciales, además de una recuperación de

ecosistemas para la fauna del lugar, marcando así una tendencia que en poco tiempo se extendería por otros continentes.



Figura 6. Río Pisuerga, Valladolid.

FUENTE. <http://www.1de3.es/2008/08/28/aprovechando-que-el-pisuerga-pasa-por-valladolid/>, Agosto 2008.

América

Estados Unidos de Norteamérica, inició la recuperación del río Mississippi en Nueva Orleans; por otro lado y marcando nuevas tendencias, lleva este tipo de proyectos a otro nivel y estilo de desarrollo, donde se enmarca al río como parte fundamental de la metrópoli, este es el caso del Chicago en Illinois y el River Walk en Texas (Perló, 2009); mientras que en Sudamérica, Brasil alza la mano con el río Tieté en Sao Paulo, el cual se inició por las demandas sociales, originando una presión sobre el estado, para ello se recibió ayuda del gobierno japonés y del Banco Interamericano de Desarrollo; este proyecto se encuentra en la fase de iniciación de la tercer etapa con la puesta en marcha de proyectos encaminados al mejoramiento de la calidad del agua, con una inversión de poco más de dos millones de dólares y se tiene contemplado finalizarlo para el año 2018.

Asia

Finalmente esta influencia llega al otro lado del globo terráqueo a principios del siglo XIX en Corea del Sur con el río Cheonggyecheon en Seúl (Figura 7), donde el objetivo principal de la restauración fue el redescubrimiento histórico de la raíces de los ciudadanos, además de fomentar una relación humano-amigable con el medio ambiente; este proyecto incluyó la demolición de una súper vía elevada de seis carriles la cual había sobrepasado su tiempo de vida útil presentando características de corrosión y desgaste, además de la demolición de la tubería que conducía el río y una inversión de miles de dólares, para dar lugar a un parque lineal de ocho kilómetros y ochocientos metros de ancho, el cual cuenta con áreas de espaciamento, fuentes y juegos de luces, rodeado de grandes edificios comerciales y ejecutivos (Lee, 2006).



Figura 7. Río Cheonggyecheon, Seúl

FUENTE. <http://infraculture.org/2011/04/page/2/>, Abril 2011.

México

El primer proyecto de recuperación de ríos, fue al norte del país en el río Santa Lucía en Nuevo León, con un estilo de desarrollo urbano, de 2.5 kilómetros de longitud, un canal navegable de 1.2 metros de profundidad y una capacidad de cuarenta y cuatro mil metros cúbicos; además cuenta con parques, fuentes, paseos y nuevos desarrollos inmobiliarios, con una inversión total de tres mil millones de pesos. De esta forma la adopción de medidas llegó al centro de la nación con el Rescate del Río Magdalena y Eslava (Figura 8), a cargo de la Universidad Nacional Autónoma de México para el primero y la Universidad Autónoma Metropolitana para el segundo, además de organismos gubernamentales delegacionales, el Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad y a la organización creada en pro de la protección y seguimiento de este proyecto, que cuenta con una planta de tratamiento para el mejoramiento y posterior explotación del líquido, zonas de invernaderos y un parque lineal en las márgenes del río; en general este rescate cuenta con características más naturales y amables de desarrollo urbano (González, 2010).

Esta tendencia sigue marcando con paso firme nuevos proyectos, entre los cuales se contemplan; para el río Guaire en Caracas Venezuela, el cual se prevé para el año 2014 (Hitcher, 2010); en la Ciudad de los Ángeles California, el cuál contará con parques y oficinas ejecutivas, con una longitud de cerca de 50 kilómetros y una inversión aproximada de 2,000 millones de dólares.



Figura 8. Confluencia de los ríos Magdalena y Eslava, México.

FUENTE. <http://www.sma.df.gob.mx>, 2009.

CAPITULO I. RIO CUAUTITLAN

En este capítulo se realiza una descripción de la zona, con una visión que va desde lo macro a lo micro territorial, comenzando con la localización de la corriente en estudio dentro de las regiones hidrológica y administrativa, para posteriormente y en particular para este trabajo, mostrar una descripción del medio a nivel municipal y finalmente una reseña del Río Cuautitlán.

I. 1 Localización

La región administrativa número XIII, Aguas del Valle de México, tiene una superficie total de 16 426 kilómetros cuadrados, esta formada por los territorios del Distrito Federal, gran parte del Estado de México, el Estado de Hidalgo y el de Tlaxcala. Esta región presenta la mayor ocupación poblacional, y es la menor en extensión territorial. Para mejorar la administración de la zona esta region se divide en dos subregiones, Valle de México y Tula. Valle de Mexico conformada por 69 municipios y 16 delegaciones; mientras la subregión Tula por 31 municipios (Figura 9).

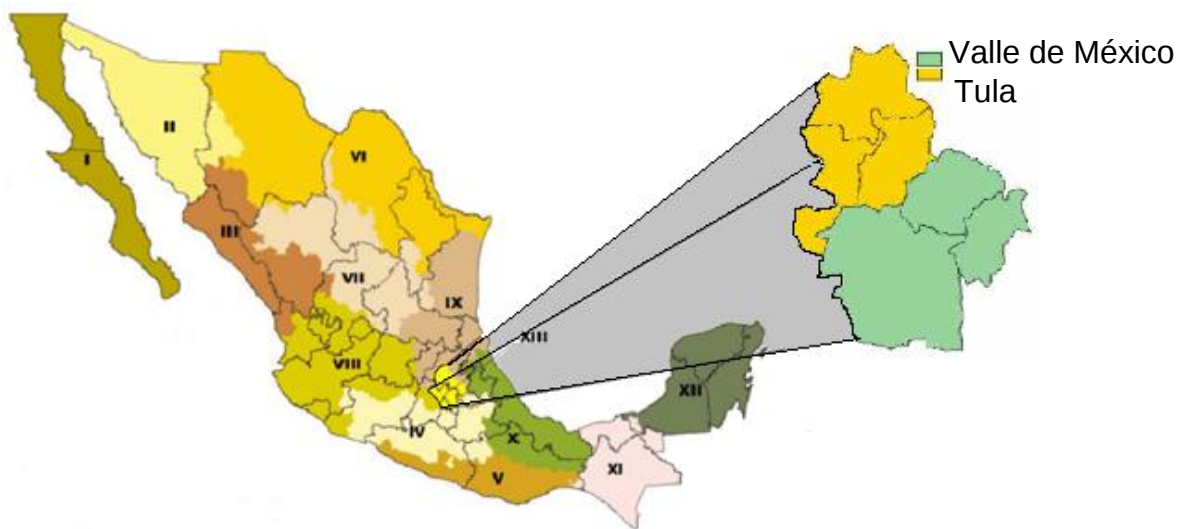


Figura 9. Region administrativa XIII, subregiones, zonas y estados.

FUENTE. Lineamientos Estratégicos para el
Desarrollo Hidráulico de la Región XIII, Valle de México, 1999

Por otro lado, si se localiza por region hidrológica de aguas superficiales, la correspondiente a la corriente de agua, Río Cuautitlán, corresponde a la número veintiséis “Alto Pánuco” (Figura 10). La trayectoria hacia el Golfo de México se traza por el noreste, pasando por el Río Tula, posteriormente por el Río Moctezuma y finalmente por el Río Pánuco.



Figura 10. Región hidrológica 26 “Alto Pánuco”.

FUENTE. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2012.

<http://siga.cna.gob.mx/mapoteca/regiones%20hidrologicas/mapareghidro.htm>

La configuración de la región hidrológica dentro del territorio nacional según sus corrientes de agua se presenta a continuación, con sus respectivos tributarios (Tabla 1).

Tabla 1. Afluentes de la región hidrológica.

Afluentes	Río
Moctezuma	Alto Pánuco
Tula	Moctezuma
San Juan del Río	
Tepeji	
Cuautitlán	Tula
Emisor Poniente	
Hondo	
Presa Guadalupe	Cuautitlán

FUENTE. CONAGUA, 2012.

I. 2 Descripción de la cuenca del Río Cuautitlán

La cuenca del Río Cuautitlán forma parte de la región hidrológica más importante del país ya que dentro de ella se concentra la mayor parte de la economía de México, es la cuarta más importante en volumen de escurrimientos y además presta servicios de abastecimiento de agua para consumo humano, desagüe y riego agrícola.



Figura 11. Cuenca del Río Cuautitlán.

FUENTE. CONAGUA, 2011.

La cuenca se origina en la Sierra de Monte Bajo a una altitud media de 2 924 metros sobre el nivel del mar, se localiza a 26 kilómetros de la ciudad de México, desciende 610 metros por los Ríos San Pedro, Chiquito, Grande, Xinte y El Muerto hasta desembocar en la Presa Guadalupe, a 2 314 metros sobre el nivel del mar para seguir hacia el noreste, ya denominado Río Cuautitlán; cuenta con un área de captación de 298,3 km², entre los cuerpos de agua que se encuentran en el área están Laguna de la Piedad, de origen natural y el Espejo de los Lirios, de origen artificial. Abarca los municipios de Cuautitlán Izcalli, Villa Nicolás Romero, Isidro Fabela, Jilotzingo y Atizapán (Figura 11).

I. 3 Descripción del medio en el municipio de Cuautitlán Izcalli

Como se mencionó con anterioridad, el objetivo de esta investigación incide y se desarrolla específicamente en el territorio del municipio de Cuautitlán Izcalli, por lo cual se decide mencionar las características para este tema exclusivamente para este sitio (Ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli, 2008).

El municipio se localiza en la provincia fisiográfica del eje Neo Volcánico y forma parte de la subprovincia fisiográfica Lagos y Volcanes de Anáhuac; al norte colinda con los municipios de Cuautitlán y Tepotzotlán, al sur con los municipios

de Atizapán y Tlalnepantla, al este con los municipios de Cuautitlán y Tultitlán y al oeste con los municipios de Villa Nicolás Romero y Tepotzotlán.

1.3.1 Medio Físico

Clima

El clima es templado subhúmedo, con un régimen de lluvia de verano, poca variación térmica, cuya fórmula climática es $C(w1)(w)b(i'=g)$. La temperatura media anual es de 15,1°C; en el mayo mes más caluroso es de 17,9°C y en el mes más frío es de 12,4°C.

El promedio anual de precipitación pluvial es de 680,1 mm, el mes más lluvioso es julio con 141,4mm y el mes más seco es diciembre con 6,5 mm.

Orografía

La orografía del municipio la constituyen lomeríos suaves localizados al norte, centro y este que ocupan el 66,66% y llanuras con lomeríos al sur y oeste que abarcan el resto del territorio municipal.

Geomorfología

En la zona norte y este del municipio las pendientes que predominan son del 0 -2%, el área que se localiza al oriente de la Laguna de Axotlán, tiene pendientes hasta del 15%; en la zona oeste predominan las pendientes del 2-6%, excepto en los márgenes de la presa Lago de Guadalupe donde se encuentran pendientes del 25%; y en la zona sur, se localizan los lugares más altos, cerros La Quebrada y Barrientos con pendientes superiores al 25%.

La mayor parte del área urbana se localiza sobre el relieve suave. Las pendientes mayores al 25%, antes mencionadas, condicionan el aprovechamiento del suelo para usos urbanos, aunque ello no ha sido obstáculo para el asentamiento de la población en la zona sur del municipio.

Hidrología

El municipio se localiza en la Región XIII “Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala”, subregión “Valle de México” en la unidad hidrogeológica “Cuautitlán – Pachuca”.

Dentro del municipio existen corrientes superficiales y cuerpos de agua importantes, como el Río Cuautitlán que atraviesa el territorio municipal; el Río Hondo de Tepetzotlán que limita con el municipio de Tepetzotlán, y tiene como afluentes los arroyos Chiquito, Lanzarote y El Ocote, también llegan aguas a este río de la presa Concepción. Los cuerpos de agua existentes son seis, Presa Lago de Guadalupe, el embalse Espejo de los Lirios, el bordo La Piedad, La Laguna de Axotlán, las presas el Angulo y el Rosario.

El agua potable de uso municipal proviene de dos fuentes, pozos municipales y aguas del Sistema Cutzamala, con un gasto promedio entre ambos de 1 559,69 litros por segundo.

Geología

Por su localización en el Sistema Volcánico Transversal, el municipio pertenece a la era Cenozoica de los periodos Terciario (T) y Cuaternario (Q). El material geológico está formado casi en su mayoría por suelos tipo aluvial que abarcan 5 619, 92 hectáreas, lo que corresponde al 51,12% de la superficie del municipio y una porción de suelos residuales que ocupan el 66,19 hectáreas con un 0,60%, también se cuenta con la presencia de rocas sedimentaria correspondiente a un 38,35% y rocas ígneas extrusivas con un 9,86%.

Edafología

En la zona no urbanizada del municipio se encuentran los siguientes tipos de suelos:

Vertisol pélico (Vp), se localiza en los lomeríos ubicados al oeste del municipio, y en la zona plana al norte. Son suelos con fase dúrica y textura fina, presentan restricciones para el uso urbano y agrícola por ser expansivos.

Litosol (I), se encuentra en las partes más altas al sur del municipio y presentan una fase dúrica y textura fina; siendo recomendable para el uso forestal.

Feozem háplico (Hh) son suelos en fase dúrica aptos para el uso agrícola, urbano y forestal.

Cambisol vértico (Bv), se ubica en los lomeríos al sur de la Presa de Guadalupe siendo aptos para el uso forestal y pastizal. Son suelos con una textura media y fase dúrica.

La cuenca se caracteriza por tener principalmente suelos de tipo Andosol húmedo (Th), en la zona alta, mientras que la zona media presenta suelos del tipo Luvisol crómico (Lc) y Feozem háplico (Hh) (Figura 12).

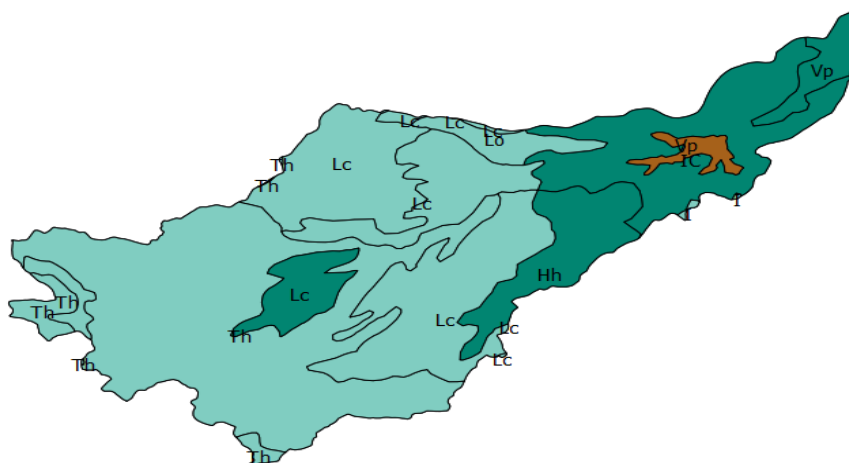


Figura 12. Edafología en la Cuenca del Río Cuautitlán.
FUENTE. CONABIO, 2012.

1.3.2 Aprovechamiento del suelo

Uso agrícola y agropecuario

Estas zonas se ubican hacia el nororiente del municipio en San Francisco Tepojaco y hacia el norte en Santa Bárbara, principalmente con cultivos de alfalfa, avena, maíz, frijol y calabaza, principalmente para auto consumo.

Urbano

Es el uso predominante en el municipio, concentrándose principalmente en la zona centro, sur y norte.

Establecido principalmente cerca de los cuerpos de agua y escurrimientos, en los márgenes de ríos, arroyos, canales, cañadas y orillas de presas y lagunas, así como en zonas de humedal y áreas agrícolas e inundables.

Ocupan la mayor parte del sur del municipio, que son utilizadas ocasionalmente como zonas de pastoreo para ganado; sin embargo, están propensas a ser urbanizadas.

El mapa muestra la distribución espacial de los usos de suelo en la zona de estudio. Las áreas están etiquetadas como:

- Agricultura de Temporal
- Bosque de Encino
- Bosque de Pino
- Bosque de Oyamel
- Bosque de Encino
- Pastizal Cultivado
- Bosque Cultivado
- Zona Urbana
- Agricultura de Riego

FUENTE. CONABIO, 2012.

El 13 de octubre del 2004 el Gobierno del Estado declaró como Área Natural Protegida con la categoría de Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal, la zona denominada Presa de Guadalupe, la cual se ubica al sur poniente del municipio.

Dicha área protegida abarca parte de los municipios de Nicolás Romero y Cuautitlán Izcalli, en total cuenta con una superficie de 17' 503 847,8 ha., que abarcan el cuerpo de agua con un perímetro de 17,5 km; sus afluentes, manantiales, zonas forestales, de matorrales, pastizales y áreas urbanas.

1.3.3 Demografía

En el municipio se reconocen 39 colonias, 39 fraccionamientos urbanos, 32 condominios, 14 ejidos, 13 pueblos y 8 fraccionamientos industriales.

Crecimiento demográfico

La población en el municipio muestra un crecimiento exponencial a partir del la década del 1970 hasta llegar a una estabilización en 1995.

Tabla 2. Crecimiento demográfico en Cuautitlán Izcalli.

Año	Población
1970	31 898
1980	173 754
1990	326 750
1995	417 647
2000	453 298
2005	498 021
2010	511 675

FUENTE. Ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli, 2008 e INEGI, 2012.

Este crecimiento se debe fundamentalmente por la población migrante, del Distrito Federal y otras entidades. El incremento de población en el período 1970 – 1980 que ascendió a 141,856 personas estuvo compuesto por el 72% de inmigrantes; mientras que entre 1980 y 1990 el incremento incluyó un 70% de inmigrantes; y entre 1990 y 1995 la población adicional comprendió al 36% de inmigrantes (Tabla 2).

Desarrollo Urbano

El municipio cuenta con una población de 511 675 habitantes, en el rango de los municipios de Atizapán de Zaragoza y Tultitlán; y se encuentra entre los municipios con mayor importancia económica y demográfica, dentro de la denominada Zona Norponiente del Valle de Cuautitlán – Texcoco.

La densidad media poblacional es de 30 a 40 habitantes por hectárea, mientras que Tlalnepantla y Ecatepec cuentan con 80 habitantes por hectárea; muy diferentes a Nextlalpan y Zumpango con apenas 5 habitantes por hectárea.

Los municipios de Coacalco, Tultepec y Tultitlán, lo han rebasado como captadores de población con índices de crecimiento anual superior al 5% durante el mismo lapso de tiempo.

Uno de los factores que pueden haber incidido en esta dinámica de crecimiento urbano, puede ser el elevado costo de la tierra, negando la posibilidad de alojar vivienda de interés social.

En cuanto a su importancia industrial, comercial y de servicios, así como de empleos, Cuautitlán Izcalli se ubica junto a Ecatepec y Tlalnepantla en el grupo de los municipios que cuentan con un mayor número de establecimientos y empleos generados en la subregión.

Desde el punto histórico en la subregión predominaban actividades agropecuarias sobre tierras irrigadas de canales alimentados desde la Presa Guadalupe. Actualmente esta actividad está en decaimiento, ya que las zonas para este tipo de desarrollo son menores y por otro lado, debido también a la contaminación de la presa, ya que esta se utiliza como receptor de aguas residuales provenientes de Atizapán de Zaragoza y Nicolás Romero.

Las áreas naturales rebasan el 26% de la superficie municipal, dotando al municipio de un paisaje privilegiado con respecto a los demás municipios.

La infraestructura terrestre del municipio permite la comunicación con las regiones de occidente, centro y norte, a través de la Autopista México - Querétaro y las vías de ferrocarril que lo comunican con el norte del país y los Golfos de México y Tehuantepec.

1.3.4 Servicios públicos

Abastecimiento de agua potable

El municipio cuenta con el 96% de abastecimiento de agua potable, llevada en 23 058,6 metros lineales para la conducción y en 53 803,4 metros lineales para la distribución de tubería que varían en diámetro entre las 2 y 6 pulgadas.

La extracción del vital líquido se realiza a partir de la explotación de 52 pozos, 19 plantas de rebombeo y 9 derivaciones de agua en bloque del Sistema Cutzamala, que en conjunto proveen de 2 359 litros por segundo.

Los usuarios del líquido en el municipio, según el organismo operador se dividen en domésticos, industriales y de comercio, predominando el uso doméstico.

Los problemas asociados al abastecimiento de agua potable, es la falta de presión y suministro discontinuo.

Drenaje sanitario

La red de drenaje en el municipio llega al 91% de la población, el 9% restante cuenta con servicio parcial. Se distribuye por una red primaria de 16 056 metros con diámetros de entre 91 y 244 centímetros, para posteriormente formar una red secundaria de 37 462, 55 metros con diámetros de entre 20 y 45 centímetros.

El Río Cuautitlán se utiliza para verter aguas residuales del Emisor Poniente y del Canal San José; cabe mencionar que los canales de distribución de agua para riego también son utilizados por la población como receptores de agua residual.

Existen pocos colectores fluviales, así que la red trabaja de manera combinada.

La problemática asociada recae en la contaminación del Río Cuautitlán, con la proliferación de fauna nociva y enfermedades, además de encharcamientos en el Centro Urbano, Infonavit Norte y Carril de San Agustín.

Tratamiento de aguas residuales

El municipio cuenta con 11 plantas de tratamiento y una concesionada en la localidad de San Martín Tepetitlan, que trata el agua del Emisor Central. El agua tratada es utilizada para el riego de parques y jardines municipales.

Recolección y disposición de residuos sólidos

La caracterización general de residuos en el municipio es de la siguiente manera (Tabla 3).

Tabla 3. Caracterización de residuos en Cuautitlán Izcalli.

Fuente	Composición
Doméstica	Mayor proporción de residuos de jardinería
Comercial	Residuos alimenticios y cartón
Servicios	Papel, metales, plástico y vidrio

FUENTE. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Ciudad Cuautitlán Izcalli, 2008.

La producción de residuos habitante día es de 0,721 kg., en tanto, la población del municipio produce alrededor de 370 toneladas por día; las cuales son dispuestas en el relleno sanitario de San José Huilango.

La recolección de residuos se lleva a cabo con equipos compactadores de carga lateral, camiones de volteo, barrido manual y mecánico para la limpieza de la vía pública, pertenecientes al municipio; también la Asociación de Recolectores Voluntarios Ambulantes de Cuautitlán Izcalli (ARVACI) cuenta con una concesión para realizar esta actividad.

La disposición final de residuos sólidos se lleva a cabo en un sitio conocido como Lomas de las Tinajas en el ejido San José Huilango, cuenta con una superficie de 141 578,16m². Se proyecta dentro del Programa Municipal de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos un predio de 40 hectáreas para un relleno sanitario con administración y servicio regional.

La problemática asociada a este rubro es la limpieza de vías públicas, clasificación de residuos sólidos, tiraderos clandestinos y sobre cupo en el relleno sanitario de San José Huilango.

I. 4 Descripción del Río Cuautitlán

El Río Cuautitlán nace a 2 314 msnm justo en la cortina de la Presa Guadalupe, la cual regula su gasto, en sus primeros tres kilómetros; se caracteriza por tener una zona de meandros, posteriormente avanza su curso con rumbo noreste, atravesando el municipio de Cuautitlán Izcalli; en la zona media a la altura del kilómetro seis justo en el fraccionamiento San Antonio atraviesa al emisor central; en seguida recorre una trayectoria casi lineal con dirección noreste y en su kilómetro once a 2266 m.s.n.m., intersecta con el Río Hondo del municipio de Tepotzotlán, en donde cambia suavemente de dirección hacia el noroeste donde finalmente descarga sus aguas al Emisor Poniente a 2259 msnm (Figura 14).

El Río Cuautitlán tiene una longitud de 24 kilómetros, cuenta con una pendiente promedio del 2,6% y conduce un caudal promedio anual de 16 millones de m³.

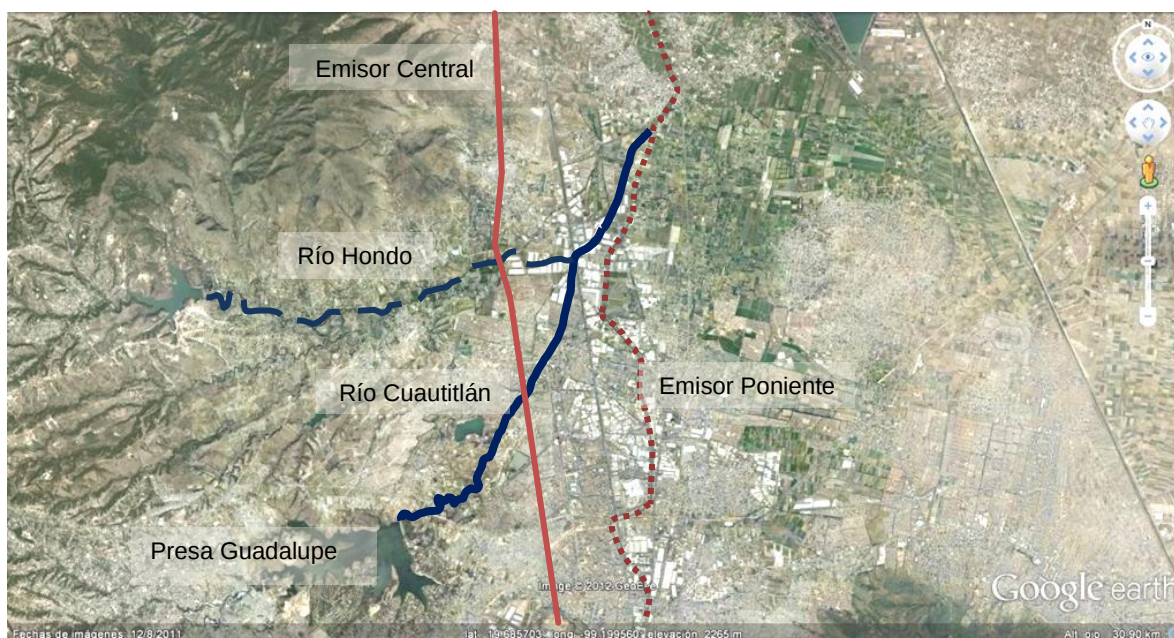


Figura 14. Río Cuautitlán.

FUENTE. Google Earth y Mapa interactivo del funcionamiento del drenaje en la Ciudad de México, 2012.

El área en estudio se limita a cubrir el área del río comprendida entre la cortina de la Presa Guadalupe y el Residencial La Luz, abarcando una longitud de 10,92 kilómetros (Figura15).

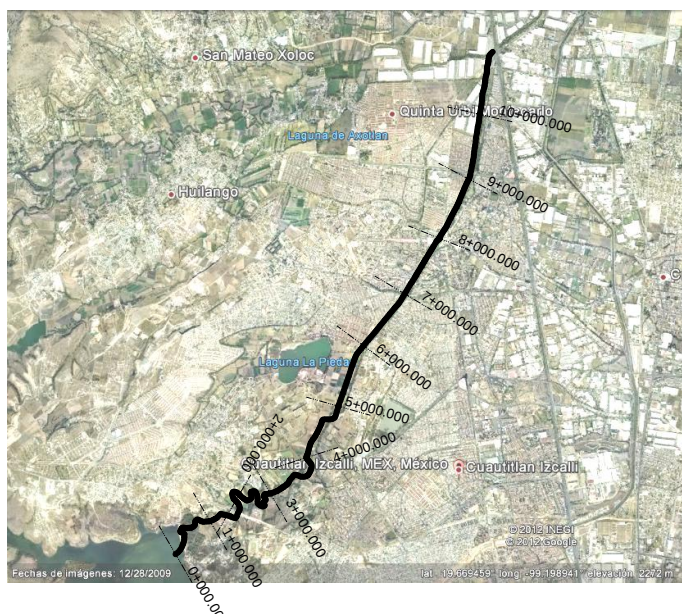


Figura 15. Río Cuautitlán, en el área de estudio.

FUENTE. Google Earth, 2012.

1.4.1 Flora y fauna

El bosque de galería que crece a lo largo del Río Cuautitlán, cuenta con un pequeño ecosistema que se desarrolla aún con las presiones del desarrollo urbano. La información consultada hace referencia al estudio realizado por Sánchez en 2011.

Flora

El bosque de galería alberga principalmente *Fraxinus udhei* (fresno), *Alnus acuminata* (aile), *Salix alba* (sauce blanco), *Schinus molle* (pirul) en menor cantidad se desarrollan *Prunus serotina capuli* (capulin), *Crataegus pubescens* (tejocote), *Buddleja cordata* (tepozán) y *Alnus sp.* (ilite), con pocos arbustos *Nicotina glava* (tabaquillo), *Ricinus communis* (higuerilla) y *Buddleia cordata* (tepozán); en el estrato herbáceo se presentan las gramíneas y matorrales espinosos. En la corteza de los árboles se presentan musgos y helechos, en el suelo sobre la horasca se desarrollan hongos (Figura 16).

En el territorio boscoso, también se encuentran especies inducidas como eucaliptos, acacias, casuarinas, nopales, entre otras.



Figura 16. Flora del bosque de galería.

FUENTE. Elaboración propia, 2011.

Fauna

La fauna terrestre que se desarrolla es de pequeño tamaño entre los que se encuentran artrópodos (arañas, insectos) en mayor abundancia, moluscos (babosas y caracoles comunes), anuros (ranas y sapos), lagartijas, ratas comunes y murciélagos; se repite la presencia de especies inducidas probablemente de manera accidental como *Emyidae* (tortuga).

La fauna acuática se reduce a moluscos; cabe mencionar que anteriormente era común observar carpas y tilapias.

La variedad de aves que residen o descansan en el Río Cuautitlán se pueden clasificar según el estudio consultado, en aves acuáticas, aves de áreas abiertas o de matorral, aves de bosques deciduos y de galería y aves provenientes de otros ambientes.

Entre las aves acuáticas se encuentra el pato mexicano, la garza blanca y el gorrión, estos usan los árboles altos para descanso en sus trayectos; entre las aves de matorral se encuentran palomas, mosqueros, golondrinas, tordos, zanates, lechuzas, águilas y halcones; las aves de bosque deciduo y de galería, son pájaros carpinteros, mirlos, tangaras, colibríes y chipes; finalmente entre las aves provenientes de otros ambientes se encuentran vencejos, loros y mirlos (Sánchez, 2011) (Figura 17).



Figura 17. Aves del bosque de galería.

FUENTE. Sánchez, 2011.

1.4.2 Infraestructura

El Río Cuautitlán al ubicarse inmerso en una ciudad en desarrollo ha sido provisto de infraestructura; entre las obras con las que cuenta se encuentran puentes vehiculares, pozos de extracción de agua, puentes peatonales, muros gavion, entre otros; esta infraestructura se encuentra en la corriente, en sus bordos y atravesando sus márgenes.

Puentes vehiculares

La movilidad vehicular de población en el municipio se realiza de oeste a este, ya que en este último se encuentra el centro urbano y las salidas a la Autopista México Queretaro; debido a su ubicación el Río Cuautitlán se encuentra justo en medio del traslado diario; por lo cual ha sido necesaria la construcción de puentes vehiculares (Tabla 4 y Figura 18).



Figura 18. Puentes vehiculares.

FUENTE. Elaboración propia, 2012.

Tabla 4. Puentes vehiculares.

Puente vehicular	Ubicación	Características
Parque Logístico O'Donnell	Entre las colonias Ex Hacienda San Miguel y Residencial La Luz	Consiste en dos carriles uno para cada sentido, mayoritariamente cruza transporte de carga.
Parque industrial Tres Rios	Entre las colonias Ex Hacienda San Miguel y Residencial La Luz	Consiste en dos carriles uno para cada sentido, mayoritariamente cruza transporte de carga.
Avenida Huehuetoca	Entre las colonias Valle de la Hacienda, Ex Hacienda San Miguel y el pueblo de Atlamica	Cuenta con seis carriles, tres para cada sentido, cruza mayoritariamente vehículos particulares y de pasajeros.
Avenida Jorge Jiménez Cantú	Entre el pueblo de Atlamica, Unidad Habitacional	Cuenta con 4 carriles dos por cada sentido, cruzan comunmente vehículos particulares y de pasajeros.
Avenida Nevado de Toluca	Entre Unidad Habitacional CTM y Viveros I, II y III	Cuenta con 4 carriles dos por cada sentido, cruzan comunmente vehículos particulares y de pasajeros.
Avenida Chalma	Entre Unidad Habitacional y el Fraccionamiento San Antonio	Cuenta con 4 carriles dos por cada sentido, cruzan comunmente vehículos particulares y de pasajeros, esporadicamente vehiculos de carga.
Rinconada San Miguel	Entre el pueblo de Santa Rosa de Lima y el Fraccionamiento Rinconada San Miguel.	Cuenta con 4 carriles dos por cada sentido, cruzan unicamente vehículos particulares.
Avenida San Antonio (Puente Santa Teresa)	Entre el pueblo de Santa Rosa de Lima	Cuenta con un solo carril, cruzan unicamente vehículos particulares y de carga.
Avenida Miguel Hidalgo	En el pueblo de Tepojaco	Cuenta con 2 carriles uno para cada sentido, cruzan unicamente vehículos particulares y de pasajeros

Tabla 4. Puentes vehiculares (Continuación).		
Avenida de los Arcos	Entre el Centro Cultural del Lago y Barrio Los Arcos	Dos puentes vehiculares cada uno con tres carriles para cada sentido, cruza mayoritariamente vehículos particulares y de pasajeros.
Paraje San Juan	En Paraje San Juan	Cuenta con un solo carril, cruzan vehículos particulares pequeños.

FUENTE. Elaboración propia, 2012.

Con un total de 11 cruces vehiculares de los cuales 9 consisten en una estructura formada por losa y traveses de concreto armado, carpeta asfáltica y cuentan con obras complementarias; cabe mencionar que los puentes Paraje San Juan y el correspondiente a la Avenida San Antonio, no cuentan con obras complementarias y son de terracería.

Mención especial corresponde al puente Santa Teresa ubicado en la Avenida San Antonio, considerado histórico, ya que su construcción data del año 1876; su estructura consiste en dos arcos de concreto y tabique rojo, y se encuentra bajo resguardo del Instituto Nacional de Antropología e Historia (Figura 19).



Figura 19. Puente de la Avenida San Antonio.

FUENTE. Elaboración propia, 2012.

Pasos peatonales

En la zona en estudio se realizan diariamente viajes en bicicleta o a pie, por lo que para evitar accidentes en los puentes vehiculares debido al cruce el Río Cuautitlán, se cuenta con diversos pasos para transeúntes.

Puentes peatonales

El uso de puentes peatonales sobre el Río Cuautitlán se localiza en la zona norte del área en estudio, con dos puente transversales y dos paralelos a la corriente de agua (Tabla 5 y Figura 20) .



Figura 20. Puentes peatonales.
FUENTE. Elaboración propia, 2012.

Tabla 5. Puentes peatonales.

Puente peatonal	Ubicación	Descripción
Avenida Huehuetoca	Fraccionamiento Ex Hacienda San Miguel.	Paralelo a la corriente, de estructura metálica con acceso en rampa y barandal.
Mercado del Carmen I	Entre la Unidad CTM y la Unidad Ferrocarrilera	Transversal a la corriente con barandal y apoyos de concreto en cada extremo.
Mercado del Carmen II	Entre la Unidad CTM y la Unidad Ferrocarrilera	Transversal a la corriente, con apoyos de concreto en cada extremo.
Avenida Chalma	Fraccionamiento San Antonio	Paralelo a la corriente, de estructura metálica con acceso en rampa y barandal. (En construcción)

FUENTE. Elaboración propia, 2012.

Pasos peatonales a desnivel

Los desniveles se encuentran paralelos a la corriente, bajo los puentes vehiculares al Parque Industrial O'Donnell y al Parque Industrial 3 Ríos, cuentan con barandal de concreto, ubicados en la margen izquierda del Río Cuautitlán.

Tuberías

La demanda de servicios en el municipio se realiza principalmente desde el Centro Urbano hacia la zona habitacional, de este a oeste, cruzando por el Río Cuautitlán; en visitas al sitio se percató de la presencia de tuberías que atraviesan la corriente, mismas que se encuentran ubicadas de forma paralela a las márgenes del río o perpendiculares a la corriente ubicadas a un costado de los puentes vehiculares, la cantidad de las tuberías se incrementa en las zonas más urbanizadas.

Muros de gavión

El sistema de reforzamiento más utilizado para las márgenes en el Río Cuautitlán, son muros de gavión, estos se ubican a lo largo del Río Cuautitlán; las actividades de mantenimiento se han focalizado a últimas fechas en la zona norte del área en estudio, entre los Fraccionamientos Valle de la Hacienda y el pueblo de Atlamica (Figura 21).



Figura 21. Muros de Gavión.
FUENTE. Elaboración propia, 2012.

Derivaciones

Debido a que en los dos siglos pasados, la zona se caracterizó por ser parte de un complejo de explotación agrícola, fueron instaladas en el Río Cuautitlán compuertas de derivación de agua. En la zona subsiste la Unidad de Riego de Cuautitlán, esta aprovecha el agua del río del mismo nombre para riego agrícola; el agua es derivada desde la Pila Real ubicada en el poblado de Atlamica, para posteriormente ser distribuida por medio de canales, zanjas y finalmente surcos; la unidad dirige el agua por medio de compuertas, las cuales son manejadas según acuerdos tomados entre los representantes de cada sección; el mantenimiento se lleva a cabo diariamente con ayuda de un equipo de canaleros (Figura 22 y Tabla 6).

Tabla 6. Canales de riego en Cuautitlán Izcalli.

Número	Nombre	Longitud (metros)
1	Rancho de Fuentes	5 208,00
2	Derivación La Piedad	2 512,00
3	Canal de la Aurora	8 193,00
4	Loma de los Ángeles	7 921,00
5	Loma de los Gallos	3 533,00
6	San Pablo San José	11 753,00
7	Canal Cuatro Pueblos	
8	Canal Lanzarote	4 236,00
9	Río Hondo de Tepotzotlán	11 210,00
10	Canal Campo Misión	1 227,00
11	Canal de Axotlán	3 860,00
12	El Molino	3 222,00
13	Río Chiquito	2 563,00
14	Río Córdoba	3 440,00
15	Río Diamante	2 928,00
16	Canal Huayapango	3 932,00
17	Derivación San Mateo Ixtacalco	3 418,00
18	Canal San Lorenzo	
19	Derivación Puente Grande	3 370,00
20	Derivación Emisor Poniente	1 644,00
21	Canal San Lorenzo	5 580,00
A	Pila de Distribución Atlamica	

FUENTE. Departamento de Planeación OPERAGUA, 2011.

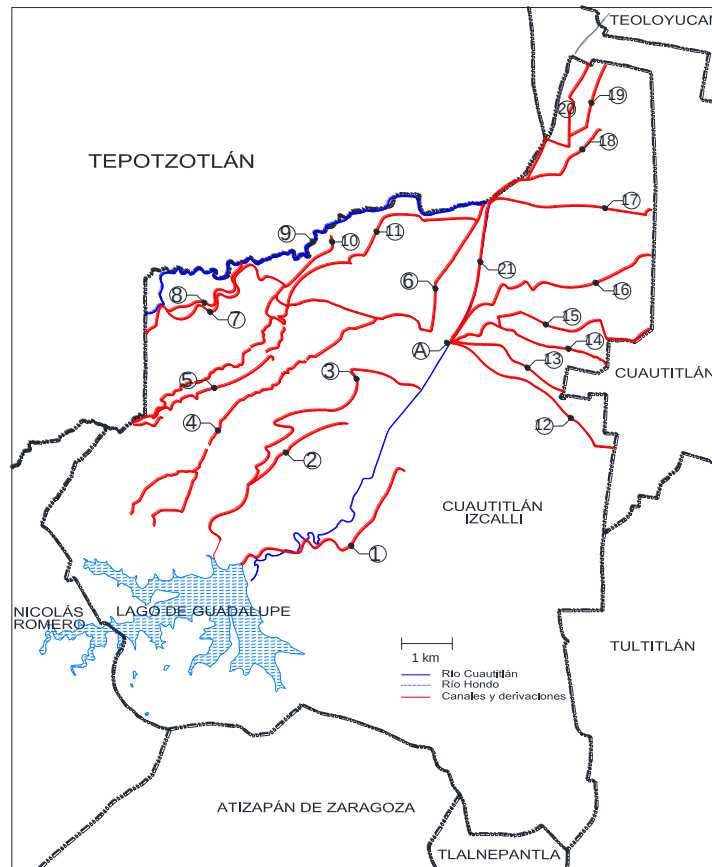


Figura 22. Canales de riego en Cuautitlán Izcalli.

FUENTE. Departamento de Planeación OPERAGUA, 2011.

La Unidad de Riego de Cuautitlán está compuesta por territorios de los municipios de Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán, Tultitlán, Tultepec y Melchor Ocampo; la producción se basa principalmente en pastos forrajeros, alfalfa, maíz forrajero, avena y en algunos casos frijol; los productos son utilizados principalmente para el autoconsumo, anteriormente se producía fresa, calabaza y chilacayote; actualmente se evita su cultivo debido a la poca calidad del agua de riego.

La concesión por derechos del agua se renueva cada 10 años, entre CONAGUA y la Unidad de Riego Cuautitlán, para la cual se solicitan aproximadamente 40 millones de metros cúbicos para riego, utilizados entre los meses de noviembre y julio.

Arcos de Tepojaco

También conocido como Acueducto de Escontría, consta de 32 arcos con una altura de aproximadamente 15 metros, construido por Don Pedro de Escontría para dotar de agua a la Hacienda de Cuamatla, construido en el siglo XVIII; entre las modificaciones que ha sufrido se encuentra el derrumbe de dos arcos y su sustitución por marcos de acero más altos sobre la Avenida Hidalgo; actualmente surte agua a los lagos artificiales del Parque de las Esculturas y el Parque Central, por un sistema subterráneo (Figura 23).



Figura 23. Arcos de Tepojaco.
FUENTE. Elaboración propia, 2012.

Pozos de extracción

El municipio de Cuautitlán Izcalli en la zona marginal del Río Cuautitlán, realiza aportaciones al sistema de agua potable por medio de diez pozos de extracción de agua, pertenecientes al Ramal Atlámica, los cuales son abastecidos del acuífero denominado como Cuautitlán Pachuca (Figura 24).

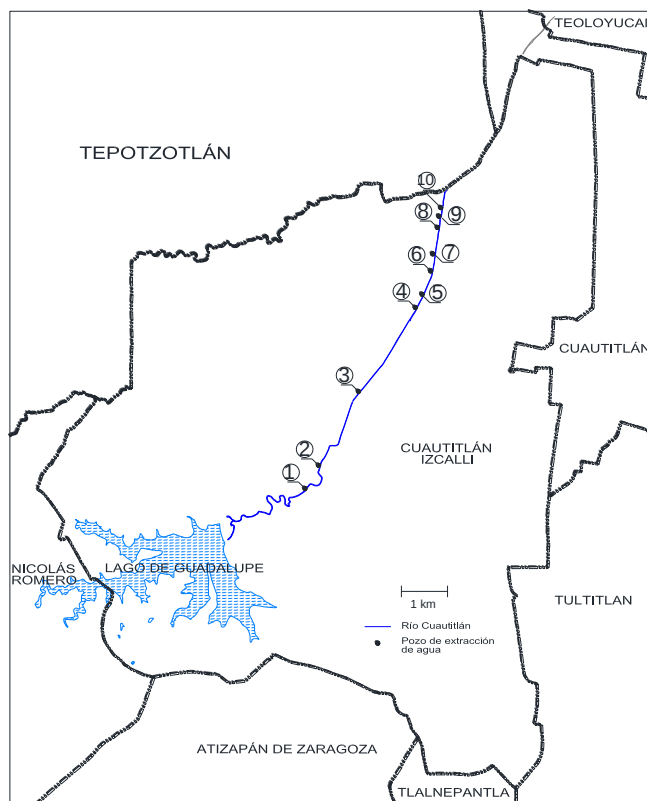


Figura 24. Pozos de extracción de agua.

Elaboración propia. FUENTE. Departamento de Calidad del agua OPERAGUA, 2011.

Tabla 7. Pozos de extracción de agua potable en el Río Cuautitlán

Nombre del Pozo	Volumen de extracción (m ³)
20	s/d
19	1'079 091,152
5 Bis	549 462,246
9	548 978,323
10	632 075,654
11	1'232 141,246
12	988 122,550
13	989 207,806
15	574 339,669
14	989 207,447

FUENTE. Departamento de la Calidad del Agua OPERAGUA, 2011.

Los pozos mencionados forman parte del Ramal Atlamica, el cual consta de un total de 12 pozos de extracción de agua, los cuales son controlados por el Organismo Descentralizado Operador del Agua OPERAGUA; el agua extraída de estos es enviada a una unidad central para ser canalizada a otros sitios (Tabla 7).

CAPITULO II. ANALISIS

Previo a exponer el estado general respecto a la contaminación que sufre actualmente el Río Cuautitlán, es imperante reconocer los causantes de dichos efectos; no cabe duda que se generan debido a los procesos creados por actividades humanas. El ambiente como hábitat general interactúa con el hombre, el cual igualmente pertenece a la naturaleza, sus interacciones o vida modifican de manera sustancial y permanente al entorno; el modo en que se muestran las modificaciones depende del intelecto, del acceso a las tecnologías, de la capacidad económica y de la cultura que tenga la sociedad.

Entre los temas ambientales más mencionados como retos para la actual generación de habitantes del planeta, se encuentran el acceso al agua y la contaminación del suelo; el recurso hídrico se ha visto degradado por la descarga de contaminantes al agua haciendo cada vez más difícil su aprovechamiento y su disponibilidad a un bajo costo; la degradación del suelo por tiraderos de residuos al aire libre en zonas urbanas causa enfermedades, emisión de gases tóxicos o de efecto invernadero, contaminación de acuíferos, proliferación de fauna nociva, entre otros.

La urbanización en constante crecimiento, requiere de un control en los asentamientos aledaños a las corrientes de agua, los cuales al establecerse cerca del río muestran mayor vulnerabilidad a las afectaciones naturales, ya que quedan expuestos a desbordamientos e inundaciones del cauce de los ríos, y por otro lado, demuestran la violación a los planes de desarrollo urbano.

Cabe mencionar, que en el ecosistema de un río las problemáticas locales repercutirán a lo largo del cauce, ya que es un sistema continuo, así que cualquier afectación tendrá repercusiones en lugares alejados a los sitios donde se actué de manera positiva o negativa.

La problemática local urbana que actualmente incide sobre el Río Cuautitlán, se puede contemplar en tres rubros siendo el primero el medio ambiente y el territorio, en el tema ambiental; la contaminación del agua debida a descargas de agua residual, y la contaminación del suelo producida por tiraderos a cielo abierto como segundo rubro y por parte del sistema territorial como tercer rubro la sociedad y los asentamientos irregulares y el choque de cambio en uso de suelo; para su análisis, se realizó un levantamiento de las condiciones actuales en cada uno de los tres rubros, entre los años 2011 y 2012.

cauce; desde otro punto de vista, sería la población primeramente beneficiada al planearse el proyecto para la recuperación del Río Cuautitlán.

El área de influencia se ve compuesta por 3 parques industriales, 10 unidades en condominio, 3 ejidos, 11 fraccionamientos, 6 colonias, dos pueblos y una escuela (Tabla 8).

Tabla 8. Zonificación en el área de influencia.

No.	Nombre	Tipo
1	Parque Industrial Cuatro Milpas	Mediana no contaminante
2	Parque Industrial La Luz	Mediana no contaminante
3	Parque Industrial Tres Ríos	Mediana no contaminante
4	Residencial La Luz	Fraccionamiento
5	Ejido de San Lorenzo Río Tenco	Ejidal
6	Valle de la Hacienda	Fraccionamiento
7	San Miguel	Fraccionamiento
8	Jardines de la Hacienda Segunda Sección	Fraccionamiento
9	Arboledas de San Miguel	Fraccionamiento
10	Bosques de la Hacienda Segunda Sección	Fraccionamiento
11	San Juan Atlámica	Pueblo
12	Bosques de la Hacienda Tercera Sección	Unidad en condominio
13	Rinconada Cuautitlán	Fraccionamiento
14	Unidad ferrocarrilera	Unidad en condominio
15	Unidad CTM Núcleos	Unidad en condominio
16	Infonavit Norte Segunda Sección	Unidad en condominio
17	Viveros II	Unidad en condominio
18	Infonavit Norte Consorcio	Unidad en condominio
19	U. H. del Río	Unidad en condominio
20	Viveros III	Unidad en condominio
21	Viveros I	Unidad en condominio
22	Infonavit Norte 1era Sección	Unidad en condominio
23	Sección Parques	Fraccionamiento
24	San Antonio 1era Sección	Fraccionamiento
25	Santa Rosa de Lima	Colonia
26	Rinconada San Miguel	Fraccionamiento
27	Ejido Huilango	Ejidal
28	Santa Rosa de Lima Fracción Sur	Colonia

Tabla 8. Zonificación en el área de influencia (Continuación)		
29	La Perla	Colonia
30	Ejido San Antonio Cuamatla	Ejidal
31	Centro Cultural del Lago	Escolar
32	San Francisco Tepojaco	Pueblo
33	Barrio Los Arcos	Colonia
34	Paraje San Juan	Colonia
35	Lago de Guadalupe	Fraccionamiento
36	La Trampa	Colonia

FUENTE. Departamento de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Cuautitlán Izcalli, 2008.

Al suroeste del área de influencia se encuentra la zona menos urbanizada, y cuenta con ejidos y una escuela; si se sigue por el recorrido del río se encuentran zonas con un poco más de población con pueblos y fraccionamientos; cabe mencionar que en los pueblos aún se practica el riego ya sea para agricultura de temporal o riego de campos de futbol; en la zona central se localiza la mayor cantidad de población ya que ahí se ubican los fraccionamientos y unidades en condominio; al noreste se encuentran fraccionamientos y un pueblo y al noroeste una zona industrial muy cercana a la Autopista México – Querétaro (Figura 26).

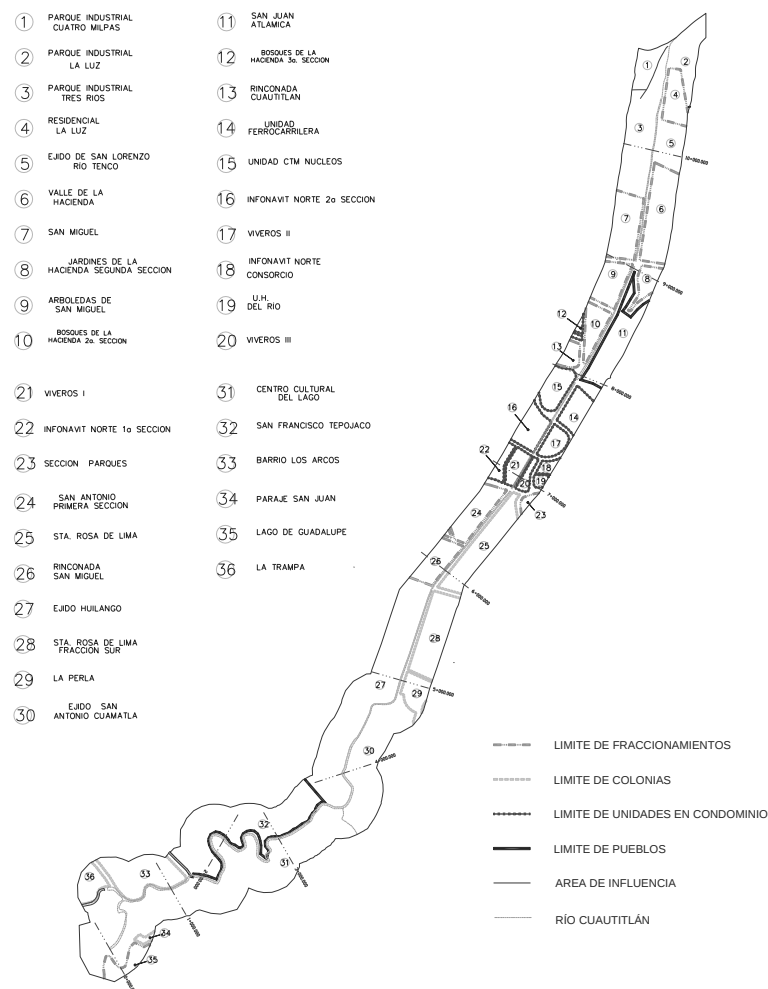


Figura 26. Zonificación del área de influencia.
 FUENTE. Departamento de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Cuautitlán Izcalli, 2008.

La población que se encuentra dentro del área de influencia es 23 927 habitantes.

II.3 Contaminación del Agua

La contaminación del agua, es una de las problemáticas más latentes para la población de este siglo, y es que bien se sabe que el desarrollo de cualquier comunidad, estado o nación, se basa en gran parte en su disposición hídrica; la disponibilidad del volumen de agua en el planeta no ha cambiado, el ciclo del líquido se ha repetido por siglos, pero la interrogante da lugar al grado de disponibilidad de la misma, la cual es reducida y esa pequeña cantidad a la cual se tiene acceso de manera sencilla, se encuentra cada vez más contaminada.

Se entiende para el presente estudio, al contaminante del agua como cualquier agente o sustancia ajena al medio natural acuoso, la cual altera o degrada cualquiera o alguna de las características físicas, químicas o biológicas naturales de un curso de agua. Sus afectaciones pueden ser diversas, entre las cuales encontramos pérdida de la vida acuática, y por ende, la destrucción de las cadenas alimenticias, enfermedades gastrointestinales y tóxicas, la contaminación del subsuelo, entre otras.

El desarrollo industrial de la vida moderna trajo consigo una solución para aquella época, pero es limitada para la actual. En el siglo pasado se creía que la dilución era la solución²; sí lo era, pero esta solo aplica para comunidades pequeñas sin industria, ya que sus desechos son orgánicos y de fácil degradación para los organismos.

Llevando lo anterior al sitio en estudio, se observa que en el Río Cuautitlán se lleva a cabo la práctica de dilución de las aguas ya que la corriente es utilizada como receptor de descargas de agua residual.

II.3.1 Estudio de la Calidad del Agua en el Río Cuautitlán

Respecto a la calidad del agua en la corriente, se realizó por una parte un análisis experimental, y por otro lado donde se presentan los resultados obtenidos por Comisión Nacional del Agua y la Comisión de Aguas del Estado de México.

Se optó por un análisis experimental para obtener datos temporales para el estudio sobre la corriente y las descargas de agua residual, ya que no se cuenta con información proveniente de las dependencias, organismos públicos o casas de estudios. Por otro lado, la información expuesta por las dependencias corresponde a zonas fuera del área en estudio, sin embargo, reflejan las condiciones que se pueden encontrar en el Río Cuautitlán.

II.3.2 Análisis experimental

El análisis experimental demuestra las condiciones actuales de calidad del agua en el Río Cuautitlán, obteniendo en cada visita al sitio datos palpables sobre la situación actual, ofreciendo así información fehaciente y verídica.

² El axioma “la dilución es la solución”, hace referencia a la forma de eliminación de las aguas residuales a principios del siglo XX, lo anterior consiste en el vertido de agua residual en los ríos, lagunas y mares que por su mayor volumen de agua presentan la capacidad de diluir los contaminantes; esta práctica resultó contraproducente para los años posteriores con el crecimiento poblacional y el descontrol en el vertido de los residuos en el agua.

II.3.2.1 Muestreo

La definición de los puntos de muestreo se rige por la ubicación de sitios con características que logren definir las variaciones en el comportamiento del agua, respecto a su calidad; para ello se realizó una serie de observaciones en el sitio. Las observaciones en el cauce en estudio arrojaron condiciones de alteración debido a la presencia de descargas de agua residual, desniveles topográficos, compuertas de distribución de agua y tiraderos de residuos sólidos urbanos.

Por lo anterior, se localizaron tres puntos de muestreo en el cauce, al inicio, a la mitad y al final del kilometraje de la corriente en estudio; procurando que estos se encuentren alejados de cualquier condición física o urbana que pudiera alterar los valores resultantes en la caracterización; mientras que las muestras de descargas de aguas residuales se obtuvieron directamente de las tuberías de vertido (Figura 27).

El período de muestreo de las aguas residuales y en el cauce corresponde a la época de lluvias que para la zona, perteneciente a los meses de junio y octubre del año 2011.

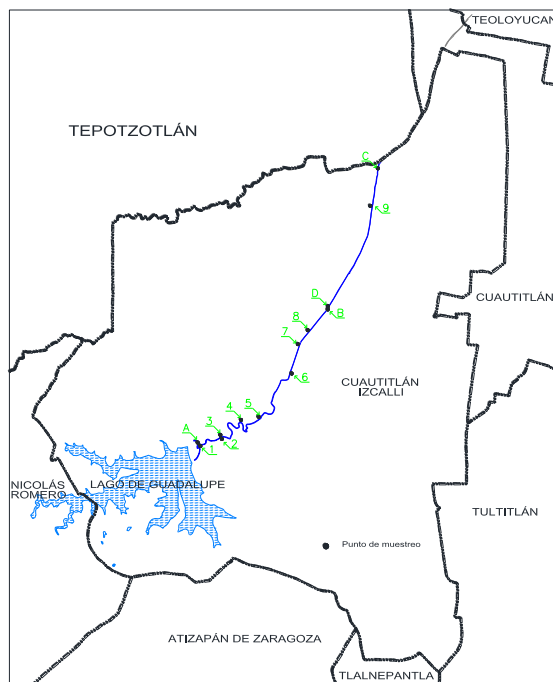


Figura 27. Puntos de muestreo en el Río Cuautitlán.

FUENTE. Departamento de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Cuautitlán Izcalli, 2008.

II.3.2.2 Cauze y Canal La Aurora

Se indican tres puntos de muestreo dentro del cauce del Río Cuautitlán y un punto adicional de muestro, el afluente natural Canal La Aurora (Tabla 9).

Tabla 9. Descripción de puntos de muestreo, cauce y afluente natural.

Nombre	Ubicación	Características
A) Cortina	19,6386 N 99,2502 O	Punto inicial de la corriente en estudio, bajo cortina de la Presa Guadalupe.
B) Puente San Antonio	19,6694 N 99,2186 O	Punto medio de la corriente en estudio.
C) Autopista	19,7025 N 99,20611 O	Punto final de la corriente en estudio.
D) Canal La Aurora	19,66975 N 99,21884 O	Derivación ubicada al norte del Lago de Guadalupe, con un recorrido hacia el noreste por las localidades de Los Pinos, Tepojaco, La Piedad y La Aurora, entubado; para seguir paralelo a las avenidas La Aurora y Chalma, donde converge en el Río Cuautitlán. Longitud de 8 193 m.

FUENTE. OPERAGUA, 2011.

II.3.2.3 Descargas

A lo largo de la corriente del Río Cuautitlán se encuentran nueve descargas de agua (Figura 28 y Tabla 10), cinco de agua residual y las cuatro restantes de agua pluvial. Se entiende como descarga a la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación (NOM-001-SEMARNAT-1996).

Tabla 10. Descargas de agua residual en el Río Cuautitlán.

Nombre	Tipo	Ubicación	Descripción
1. Paraje San Juan	Intermitente (Fluvial)	19,6383 N 99,3975 O	El agua que llega por esta descarga desciende por una zanja, converge en el Río Cuautitlán con el uso de una tubería de polietileno de alta densidad de 85 centímetros de diámetro.
2. Arcos de Tepojaco	Continua (Residual municipal)	19,64 N 99,24416 O	Consiste en una tubería de asbesto de 45cm. de diámetro y un lavadero.
3. Halcones	Continua (Residual)	19,6397 N 99,2444 O	Consiste en una tubería de asbesto de 45 centímetros de diámetro con un lavadero de concreto.
4. Tepojaco	Intermitente (Fluvial)	19,6425 N 99,2411 O	Consiste en una tubería de asbesto de 60 centímetros de diámetro.
5. Tepojaco II	Intermitente (Fluvial)	19,6425 N 99,2383 O	Consiste en una tubería de asbesto de 60 centímetros de diámetro.
6. La Perla	Intermitente (Fluvial)	19,6538 N 99,2277 O	Consiste en una tubería de concreto de 90 centímetros de diámetro.
7. Santa Rosa de Lima	Continua (Residual municipal)	19,66186 N 99,22534 O	Consiste en una tubería de asbesto de 45 centímetros de diámetro, el agua conducida hasta este punto se lleva por dos zanjas.
8 .Rinconada San Miguel	Intermitente (Residual municipal)	19,66450 N 99,22324 O	Consiste en una tubería de fierro fundido de 90 centímetros de diámetro. Proviene de la planta de tratamiento del fraccionamiento, la cual hasta el momento no se encuentra estabilizada en su proceso biológico; con operación intermitente de lunes a sábado de 8:00 a 18:00 horas.

Tabla 10. Descargas de agua residual en el Río Cuautitlán (Continuación).

9.Residencial La Luz	Continua (Residual de industria pequeña no contaminante)	19,70005 N 99,22677 O	Consiste en tres tuberías de concreto de 110 centímetros de diámetro. El agua es conducida hasta este punto por un canal.
----------------------	---	--------------------------	---

FUENTE. OPERAGUA y Departamento de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Cuautitlán Izcalli, 2008.

Se entenderá por descarga de tipo intermitente a aquella que presenta un flujo de agua discontinuo; para el presente estudio se observó la presencia del tipo fluvial y residual municipal. El concepto continuo se refiere a la presencia de un flujo de agua ininterrumpido, en este caso se observan descargas del tipo residual municipal y residual de industria pequeña no contaminante.



Figura 28. Descargas de Agua residual.

FUENTE. Elaboración propia, 2012.

II.3.3 Caracterización experimental del agua

Con el fin de obtener datos acerca de las condiciones de la calidad del agua que contiene la corriente, se realizó una caracterización de la misma en los puntos de muestreo antes mencionados en la época de lluvias, sometiendo a las muestras a pruebas para conocer los parámetros de temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, fósforo total y coliformes fecales; se toman en cuenta las variables anteriores ya que el agua de la corriente es utilizada para riego, el agua del subsuelo es explotada para consumo humano y además se pretende realizar en lo posterior

una comparación con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-SEMARNAT-001-1996.

Por otro lado las variables antes mencionadas demuestran el desarrollo de actividades antropogénicas por la presencia de centros urbanos o industrias, las cuales producen desechos líquidos de calidad diferenciable (SEMARNAT, 2005).

Temperatura

Las temperaturas elevadas en el agua son indicadores de actividad biológica, química y física en el agua; lo anterior tiene influencia en los tratamientos y abastecimientos para el agua, así como en la evaluación limnológica de un cuerpo de agua, por lo que es necesario medir la temperatura como un indicador de la presencia de compuestos y contaminantes en el agua.

El valor de la temperatura es un criterio de calidad del agua para la protección de la vida acuática y para las fuentes de abastecimiento de agua potable; es también un parámetro establecido como límite máximo permitido en las descargas de aguas residuales, y una especificación de importancia en los cálculos de balance de energía y de calor de los procesos industriales. (NMX-AA-007).

El método utilizado se describe en el Anexo1, y los resultados se obtuvieron con el equipo Be Right de la marca Hach.

Potencial de Hidrógeno

El valor de pH es un parámetro regulado por límites máximos permisibles en descargas de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores; también es un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas, para contacto primario y para el consumo humano. (NMX-AA-008).

El método utilizado se describe en el Anexo1, y los resultados se obtuvieron con el equipo CN-67 de la marca Hatch.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua

en un periodo de 5 días. El método se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos (NMX-AA-028).

La metodología de análisis consistió en someter las muestras a un análisis manométrico con la ayuda del equipo Oxitop de la Marca Merck. (Anexo 1).

Demanda Química de Oxígeno

Se entiende por demanda química de oxígeno (DQO), la cantidad de materia orgánica e inorgánica en un cuerpo de agua, susceptible de ser oxidada por un oxidante fuerte. (NMX-AA-030).

La metodología para el análisis de este parámetro es la mencionada en la norma mexicana NMX-AA-030.

Nitrógeno total Kjeldahl

Los compuestos nitrogenados se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Las fuentes de nitrógeno incluyen además de la degradación natural de la materia orgánica, los fertilizantes, productos de limpieza y tratamientos de agua potable. Debido a que el nitrógeno es un nutriente esencial para organismos fotosintéticos, es importante el monitoreo y control de descargas del mismo al ambiente (NMX-AA-026).

La metodología de análisis de este parámetro es la mencionada en la norma mexicana NMX-AA-026.

Fósforo total

El fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales, residuales y residuales tratadas como fosfatos. Éstos se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados y compuestos órganofosfatados. Estas formas de fosfatos provienen de una gran cantidad de fuentes, tales como productos de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos, entre otros. El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos, por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de

aguas, puede estimular el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos en cantidades nocivas (NMX-AA-029).

La metodología de análisis de este parámetro es la mencionada en la norma mexicana NMX-AA-029, método cloruro estanoso.

Coliformes fecales

La presencia y extensión de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia de los mismos, involucrando organismos patógenos, los cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto con el ser humano. El examen de muestras de agua para determinar la presencia de microorganismos del grupo coliforme que habitan normalmente en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente, da una indicación dada la limitada capacidad de algunos miembros del grupo de organismos coliformes para sobrevivir en agua; sus números también pueden emplearse para estimar el grado de contaminación fecal (NMX-AA-42).

El método de análisis aplicado es tubos múltiples de fermentación usando como medio de cultivo caldo lactosado.

En la (Tabla 11) se muestran los resultados de los valores de estos muestreos en los puntos seleccionados.

Tabla 11. Caracterización de los puntos de muestreo.

Punto muestreo Parámetro	Cortina	Paraje San Juan	Arcos de Tepojaco	Halcones	Tepojaco	Tepojaco II	Santa Rosa de Lima	La Perla
Temperatura (°C)	18,8	19,0	20,8	21,0	19,9	**	18,7	**
pH	7,2	7,1	6,85	6,9	7,05	**	6,96	**
DBO ₅ (mg/l)	10,0	210,0	200,0	121,0	749,9	**	60,0	**
DQO (mg/l)	35,52	483,07	2 131,2	294,82	3 232,0	**	106,56	**
N total (mg/l)	5,37	55,35	160,37	73,1	89,75	**	14,72	**
P total (mg/l)	<2,0	3,95	10,44	7,58	5,278	**	4,40	**
Coliformes fecales (NMP/100ml)	6,0	94,0	2 400,0	<3,0	**	**	94,0	**

**= Sin dato.

pH= Potencial de hidrógeno. DBO₅= Demanda bioquímica de Oxígeno en cinco días. DQO= Demanda Química de Oxígeno.

N total= Nitrógeno total kjeldahl. P total= Fosforo total. °C= Grados Celsius.

mg/l= Miligramos por litro.

NMP/100ml= Número más probable en cada 100 mililitros de muestra.

Tabla 11. Caracterización de los puntos de muestreo (Continuación).

Punto muestreo	Rinconada San Miguel	Puente San Antonio	Canal La Aurora	Residencial La Luz	Autopista
Parámetro					
Temperatura (°C)	21,5	20,5	19,8	20,5	18,9
pH	6,86	7,2	7,2	6,86	7,1
DBO ₅ (mg/l)	275,0	231,0	246,0	140,0	16,1
DQO (mg/l)	689,09	561,27	633,98	715,26	67,73
N total (mg/l)	44,7	14,18	39,14	36,28	12,8
P total (mg/l)	3,98	2,81	2,55	3,41	2,23
Coliformes fecales (NMP/100ml)	2 400,0	920,0	94,0	350,0	4,0

pH= Potencial de hidrógeno. DBO₅= Demanda bioquímica de Oxígeno en cinco días. DQO= Demanda Química de Oxígeno.

N total= Nitrógeno total kjeldahl. P total= Fosforo total. °C= Grados Celsius.

mg/l= Miligramos por litro.

NMP/100ml= Número más probable en cada 100 mililitros de muestra.

La caracterización de las descargas de agua residual Tepojaco II y La Perla, no se llevo a cabo ya que el muestro no fue posible, esto debido al difícil acceso a las mismas en época de lluvias.

La realización de las pruebas de laboratorio se llevó a cabo de la siguiente manera (Tabla 12), debido a la facilidad en el acceso a las instalaciones del Laboratorio de Calidad del Agua de OPERAGUA y al Laboratorio de Sanitaria de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco.

Tabla 12. Sitios de análisis del agua.

Parámetro	Sitio de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Laboratorio de Calidad del Agua de OPERAGUA.
Demanda Química de Oxígeno	Laboratorio de Análisis Intertek México.
Nitrógeno total Kjeldahl	
Fosforo total	Laboratorio de Sanitaria de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, unidad Zacatenco.
Coliformes fecales	

II.3.4 Caracterización de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM)

La CAEM realizó estudios sobre la calidad del agua en la Presa Guadalupe para el programa de rehabilitación de la misma; el objetivo de la caracterización fue el desarrollar la infraestructura de tratamiento para mejorar la calidad de las aguas residuales en la Subcuenca de la Presa Guadalupe, las cuales serán tratadas en la Planta de tratamiento “Presa Guadalupe” (Tabla 13).

El proyecto de rehabilitación consiste en una serie de obras propuestas en tres etapas cuya finalidad principal es sanear el vaso de la Presa Guadalupe y proveer de agua potable a la población. El plan en su primer etapa consiste en la construcción de dos colectores norte y sur, ubicados en la zona alta del vaso de la Presa de Guadalupe, en la segunda etapa se plantea la conducción del agua por la margen izquierda del Río Cuautitlán de una tubería de 2 kilómetros de longitud hacia una planta de tratamiento ubicada en el pueblo de Tepojaco, esta planta contará con un gasto medio de 500 litros por segundo en su primer fase para finalmente en su última fase tender una capacidad de tratamiento de 750 litros por segundo; la tercer etapa consiste en la construcción de una planta potabilizadora y acueducto hacia los centros de población.

Tabla 13. Caracterización del agua en la Presa Guadalupe.

Parámetro	Unidades	Estación de Muestreo				
		Arroyo San Pedro Nicolás Romero	Rio Xinte Nicolás Romero	Bosques del Lago Cuautitlán Izcalli	Rio Campestre Nicolás Romero	Rio San Idelfonso Nicolás Romero
Fosforo Total	mg/l	5,00	2,00	1,26	12,00	1,26
Nitrógeno Total	mg/l	36,54	20,52	4,14	86,63	2,41
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	289,00	213,00	34,00	1 158,00	20,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	90,00	90,00	16,00	203,00	15,00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	8'300 000,00	7'000 000,00	47 000,00	63' 000 000 000,00	69 000,00
Coliformes Totales	UFC/100ml	9'100 000,00	8'600 000,00	56 000,00	76'000 000 000,00	82 000,00
mg/l= Miligramos por litro. UFC/100ml=unidades formadoras de colonias.						

FUENTE. Comisión del Agua del Estado de México, 2006.

II.3.5 Caracterización por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

La CONAGUA en su Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México dentro de la gerencia técnica, tiene entre sus funciones llevar a cabo el análisis de la calidad del agua, la cual se apoya en los datos registrados en las estaciones de monitoreo.

El Río Cuautitlán cuenta con dos estaciones de monitoreo cercanas al área en estudio (Tabla 14).

Tabla 14. Estaciones de monitoreo en el Río Cuautitlán (CONAGUA).

Sitio	Ubicación
San Lorenzo (Hidrométrica)	-99,199722 Longitud 19,706111 Latitud
A. A. Presa Guadalupe	-99,249722 Longitud 19,636667 Latitud

FUENTE. CONAGUA, 2010.

Los resultados obtenidos sobre la caracterización del agua es el siguiente (Tabla 15 y 16):

Tabla 15. Caracterización del agua en la estación San Lorenzo.

Parámetro	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	N total (mg/l)	pH	Temperatura (° C)
Fecha					
Enero	30,00	61,17	24,72	7,17	15,30
Febrero	25,20	50,17	12,26	6,69	15,60
Marzo	24,00	47,10	19,92	6,75	18,90
Abril	21,60	44,65	20,12	6,51	18,90
Mayo	21,60	44,00	21,24	7,80	17,30
Junio	21,60	44,02	20,88	7,04	17,90
Julio	91,20	92,31	44,15	7,35	22,00
Agosto	14,40	29,90	12,23	7,15	18,40
Octubre	84,00	167,46	45,74	7,13	14,90
Noviembre	28,80	56,27	21,62	6,78	13,70
Diciembre	31,20	55,86	22,77	7,39	16,80
pH= Potencial de hidrógeno. DBO ₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días. DQO= Demanda Química de Oxígeno. N total= Nitrógeno total. °C= Grados Celsius. mg/l= Miligramos por litro.					

FUENTE. CONAGUA, 2010.

Tabla 16. Caracterización del agua en la estación Presa Guadalupe.

Parámetro Fecha	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	N total (mg/l)	pH	Temperatura (° C)
Febrero	15,60	30,72	14,79	6,49	14,20
Mayo	14,40	28,09	17,54	6,37	Np
Agosto	15,00	27,18	14,79	7,81	22,40
Octubre	15,00	29,60	9,69	6,30	21,50
Noviembre	18,00	36,03	8,67	9,20	21,00
Np=No proporcionada pH= Potencial de hidrógeno. DBO ₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días. DQO= Demanda Química de Oxígeno. N total= Nitrógeno total. °C= Grados Celsius. mg/l= Miligramos por litro.					

FUENTE. CONAGUA, 2010.

II.4 Contaminación del Suelo

La base de la economía actual es la comercialización de productos, los cuales se obtienen a partir de un sistema lineal de producción, que en cada una de sus etapas modifica el estado inicial de las materias primas o recursos extraídos del medio ambiente. Un producto termina su objetivo comercial al localizarse en las manos de su consumidor final; éste determina la vida útil del mismo y su disposición final, optando por los medios a los que tiene acceso o a los que su intelecto les demanda.

Se entenderá como contaminante del suelo a aquella sustancia o material ajeno al medio depositado que causa inestabilidad, desorden, daño o afectación a los ecosistemas; además es de difícil o larga degradación.

El caso en estudio se considera la contaminación del suelo, la proveniente de la acumulación de residuos sólidos en un terreno, resultado de las actividades dentro de una población urbana, sin presencia de actividades industriales de alto impacto al medio ambiente.

II.4.1 Residuos Sólidos Urbanos

El modelo de vida actual basado en el consumismo deliberado para cualquiera de las clases sociales a las que se refiera, genera que en menos de seis meses, el 99% de lo consumido se convierta en obsoleto. Lo anterior justifica las elevadas cantidades de residuos producidos; cabe mencionar que también se

potencializa el cambio en los componentes generados, los cuales presentan cada vez menores porcentajes de residuos orgánicos (Leonard, 2008), consecuencia no prevista del modelo de vida actual.

El crecimiento de residuos es paralelo al crecimiento poblacional; esta tendencia potencializa los riesgos que trae consigo su generación, como lo es la contaminación del aire, agua y suelo, emisión de gases contaminantes, afectaciones a la salud transmitidas por la fauna nociva, y deterioro del paisaje, entre otras.

La generación de residuos depende en gran manera de su origen, de la localización geográfica, de las condiciones y actividades económicas, de la estación del año³, de los hábitos alimenticios, entre otras.

Los residuos sólidos urbanos surgen del desarrollo de actividades humanas en casa habitación, sitios de servicio público, demoliciones, construcciones, entre otros y que además dicho material no cuenta con la calidad suficiente para ser empleado en el proceso que lo generó; los anteriores residuos no requieren técnicas especiales para su control.

II.4.1. Tiraderos clandestinos

Se entiende por tiradero clandestino a aquel sitio donde son vertidos los residuos de la población, estos no cumplen con los requisitos de diseño necesarios para la recepción de basura, ni tampoco procuran la preservación de la salud humana ni la conservación del medio; legalmente esta práctica no es permitida por las autoridades y no existe un control sobre este sitio.

El nulo control en los tiraderos clandestinos provoca entre otras cosas la pérdida de servicios ambientales, contaminación e incendios, deterioro general y disminución de la calidad de vida de la población. Los sitios más utilizados como tiraderos clandestinos son aquellos poco frecuentados por la población, como barrancas, terrenos baldíos, sitios públicos, ríos, arroyos, por mencionar algunos.

³ En los climas cálidos se presenta mayor producción de residuos, el aumento de la temperatura incrementa la actividad humana y de las plantas y con ello los desechos de las mismas.

El Río Cuautitlán tiene tiraderos clandestinos de residuos sólidos urbanos (Figura 29) ubicados en sus márgenes, taludes y bajo puentes vehiculares.

Las visitas al río con la finalidad de obtener datos sobre los tiraderos se realizaron a lo largo del año 2011 y con visitas en la primera mitad del 2012; los datos arrojan la modificación de la ubicación y la cantidad de residuos en cada tiradero, esto debido a la dinámica de la corriente e influencias por actividades humanas, como pepena o apoderamiento de terrenos.



Figura 29. Tiraderos de residuos sólidos urbanos.

FUENTE. Elaboración propia, 2012.

Realizando un recorrido de sur a norte por las márgenes del Río Cuautitlán, se observa el incremento de residuos sólidos urbanos en el área comprendida entre la colonia La Perla y el puente vehicular de la Avenida Jorge Jiménez Cantú, la población que habita esta zona se encuentra en un estrato socioeconómico medio y bajo, la zonificación de esta área la comprende la colonia la Perla, el pueblo de Santa Rosa de Lima, el Fraccionamiento San Antonio, las unidades en condominio Infonavit Norte primera y segunda sección, Viveros I, CTM Núcleos; en la zona norte de esta área sobre la margen izquierda se desarrolla actividad comercial informal a pequeña escala con venta de ropa, frutas y verduras, frente al Mercado del Carmen.

II.4.1.1 Características de los tiraderos

Los tiraderos antes mencionados no presentan grandes extensiones sobre el suelo, se encuentran dispersos, posiblemente transportados en carretillas o diablos, no cuentan con grandes apilamientos, vistos en planta cuentan con

aforismo mismo que se ve cambiante debido a que los residuos son arrastrados por la corriente o cambiados de lugar por actividad humana o por el viento.

Tabla 17. Sub productos presentes en los tiraderos clandestinos.

Materiales
Bolsas de plástico
Botellas de plástico
Telas (Ropa)
Cascajo
Animales muertos
Juguetes viejos
Platos de unicel
Envolturas de aluminio

Con el descenso del agua en río, se observó que la corriente arrastra residuos de mayor tamaño, como llantas de automóvil, muebles viejos como carriolas, muebles de baños como bidets y residuos orgánicos como troncos de árboles caídos (Figura 30 y Tabla 17).



Figura 30. Residuos en el Río Cuautitlán

FUENTE. Elaboración propia, 2012.

II.5 Sociedad

El desarrollo económico de la tercera década del siglo XX, provocó que el centro del país se vislumbrara como proveedor de empleo, servicios y educación para todas las clases sociales, con ello se provocó entre otros, la sobrepoblación en un pequeño territorio.

El cúmulo territorial donde se llevaban a cabo las actividades diarias de la población, comenzó a provocar presiones en las cúpulas del gobierno, para realizar propuestas sobre un ordenamiento y una estructuración territorial. De este modo se dio comienzo a la ola de políticas públicas y cambios constitucionales que agilizaran el acceso a la compra de terrenos en territorio mexiquense y sureste del distrito federal, para la urbanización con fines de descentralización.

La iniciativa de creación de nuevos polos de crecimiento con los objetivos de descentralizar las actividades productivas y relocalizar a la población a partir de la segunda mitad del siglo XX, dio origen a la creación de nuevos asentamientos humanos, siendo un ejemplo la Ciudad Cuautitlán Izcalli, erigida el 23 de Junio de 1973. Este proyecto se vislumbraba así como sus contemporáneos, como ciudad mejor planeada, sin contaminación, con servicios públicos completos, espacios para trabajar y de estudio, entre otros beneficios, pero nunca sin dejar de tener una línea de conexión con el centro de la Ciudad (Quiroga, 2004).

Para llevar a cabo los objetivos y las metas de los nuevos desarrollos, las actividades a ejecutar deberán ser plasmadas y seguidas por un plan rector llamado localmente como Plan Municipal de Desarrollo Urbano; en él se enmarcan las zonas de prácticas para diversas actividades según la aptitud del suelo, las condiciones geográficas, legales, ambientales, sociales, entre otras, más convenientes para cada zona, sub regionalizando el territorio.

Entre las medidas de concepción y seguimiento de un orden general, se encuentra la estructuración territorial la cual como concepto, corresponde a la regionalización de un territorio según las actividades económicas, sociales y culturales desarrolladas dentro de sus límites, basándose en los ordenamientos del territorio, sin perjudicar al medio ambiente, obteniendo una adecuada definición y gestión de un territorio.

II.5.1 Asentamientos humanos irregulares

Aún con el ejercicio de las medidas de control sobre el desarrollo y uso adecuado de un espacio territorial, las condiciones de un sitio no obedecen completamente a lo descrito en los planes y programas. En este contexto se encuentran los asentamientos irregulares los cuales son espacios de territorio, prestos a las necesidades particulares de un número limitado de individuos que ejercen presiones sobre el territorio con la demanda de espacios.

Se caracterizan por ser habitados de manera anárquica, por personas con ingresos bajos a muy bajos y poco estables para tener la posibilidad de obtener una vivienda de manera legal, siendo esta opción su única alternativa para hacerse de un bien; particularmente se observan en países en vías de desarrollo.

Para el presente se entiende como un asentamiento humano irregular, al conjunto de viviendas que se encuentran fuera de los límites expresados en los reglamentos y planes de ordenamiento urbano con nula infraestructura de servicios, que en algunos casos son obtenidos a partir de la autoconstrucción; estas viviendas se encuentran con inseguridad legal sobre el terreno donde son desplantadas y ubicadas generalmente en sitios poco seguros más sensibles a los eventos naturales extremos.

La población ubicada de manera ilegal se hace de servicios de manera propia con instrumentos igualmente ilegales y sin las condiciones adecuadas para su ejecución, tal es el caso de las tomas clandestinas de energía eléctrica y el desalojo de desechos por medio de zanjas abiertas hacia canales o drenaje; provocando afectaciones a terceros con variaciones en el voltaje de sus casas, y enfermedades y fauna nociva.

Los sitios predilectos para la ubicación de asentamientos irregulares son terrenos baldíos, ejidales, industriales sin uso, zonas federales de ríos, riberas, mares, lagos y canales, de infraestructura como de torres de alta tensión, conductos de hidrocarburos, siendo los anteriores los más comunes (Cazal, 2002). Los referentes a zonas federales son aquellos con un riesgo elevado para la población; estas zonas son proyectadas para ser utilizadas como áreas de seguridad en caso de catástrofes.

En la zona en estudio en la región noreste muy cerca al entronque con la Autopista México Querétaro, se encuentran dos asentamientos irregulares, en la zona anterior al denominado Fraccionamiento Valle de la Hacienda; construidos en la zona federal del Río Cuautitlán (Tabla 18).

Tabla 18. Asentamientos Irregulares

Nombre	Ubicación	Extensión (m ²) ⁴
Valle de la Hacienda I	19,69501 Norte 99,2072 Oeste	1 800,00
Valle de la Hacienda II	19,6936 Norte 99,2074 Oeste	155,00

FUENTE. Elaboración propia, 2012.

Asentamiento Valle de la Hacienda I

Consiste en 12 viviendas construidas de manera improvisada, con muros de tarimas de madera y techos de lámina tanto de asbesto como de metal; de las doce viviendas, existe solo una que cuenta con construcción de losa de concreto y muros de tabicón.

Asentamiento Valle de la Hacienda II

Consiste en dos viviendas con muros de tarimas y lona plástica, y techos de lámina de asbesto. Cabe mencionar que los dos asentamientos se encuentran delimitados por una malla ciclónica.

Se observó también que los habitantes de estas viviendas efectúan la tala de árboles pertenecientes al bosque de galería del Río Cuautitlán, con esta madera satisfacen sus necesidades energéticas para el calentamiento de alimentos; esta práctica se ejerce con nulo control, provocando erosión del suelo, agrietamiento de taludes, deslizamiento de tierra, entre otras.

⁴ El cálculo de la extensión de los asentamientos irregulares es aproximado, el proceso consistió en la obtención de coordenadas en el programa en línea Google Earth, para posteriormente ser tomadas esta serie de números y ser llevados al programa Autocad 2011, en el cual se cerraron los polígonos y se obtuvieron los datos correspondientes.

Las aguas residuales producidas por estas viviendas son vertidas al Canal San Lorenzo.

II.5.2 Relación urbana y rural

El territorio que actualmente ocupa el municipio de Cuautitlán Izcalli, pertenecía a los municipios de Cuautitlán, Tepetzotlán y Tultitlán, la conformación de este territorio en los siglos XIX y primera mitad del XX consistía en una zona de explotación agrícola, con haciendas y ranchos que se dedicaban a la producción del frijol, maíz, fresa, chilacayote, entre otros.

Para la década de 1970 el territorio sufrió una gran transformación, los terrenos ejidales fueron expropiados para dar lugar al nuevo proyecto gubernamental de descentralización, Ciudad Cuautitlán Izcalli, este tendía el objetivo de dar cabida a la población y de ser un eje industrial de desarrollo; debido al gran tamaño del proyecto este no llegó a su terminación y la entrega del municipio se hizo a las autoridades, sin llegar a cumplir con todos los planes y programas planteados.

Cabe mencionar que a partir del año 2003 se comenzó un segundo repoblamiento del municipio, especulando con terrenos agrícolas para el desarrollo inmobiliario de fraccionamientos habitacionales e industriales, como por ejemplo el Fraccionamiento Ex Hacienda San Miguel, Cofradía I, II, III y IV, el Fraccionamiento Rinconada San Miguel, el Parque Industrial O'Donnell, el Parque Industrial Tres Ríos, entre otros; queda claro que el municipio vive un proceso de peri urbanización ya que se mercantiliza cada vez más con los espacios rurales.

Queda expuesto que la urbanización no llegó a todos los límites del municipio, generando una condición urbano – rural dentro del mismo; el territorio municipal se conforma de tal manera que las zonas agrícolas se encuentran de manera dispersa en los pueblos de San Lorenzo Río Tenco, San Francisco Tepojaco y Santa Barbara, mientras que las zonas urbanas ocupan el resto del territorio.

Por otro lado, el desarrollo de actividades productivas dentro del municipio se distribuye de la siguiente manera, el 0.6% de la población se dedica a actividades del sector primario, mientras que el 61.62% desarrolla actividades

terciarias, el 33.03% desarrolla actividades secundarias y el resto no especifica (Ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli, 2008); la población dedicada al campo lo hace con producción a pequeña escala, comúnmente de autoconsumo, con producción de pastos forrajes, maíz y frijol.

En el contexto social, la amplia apertura de sitios para habitar, propició el choque cultural y de costumbres, tanto de la población rural que contaba con procesos propios, tradiciones y sociabilidad local, como también de las costumbres y visión de la población urbana; también se observa que los mecanismos tradicionales de la región son incomprendidos o desconocidos por los recién llegados (Ávila, 2009).

Si bien, la configuración social urbana-rural del municipio favorece que entre estos exista una competencia al desarrollo; la urbanización domina y es latente su crecimiento, mientras que la sociedad rural trata de desarrollarse al margen de la urbana, intentando que sus tierras no se conviertan en objeto potencial de inversión inmobiliaria.

CAPITULO III. DIAGNÓSTICO

Con base a los análisis y resultados obtenidos en los capítulos anteriores, mediante una síntesis y comprensión de los procesos ambientales, el diagnóstico del estudio, permite formular propuestas que llevan a cumplir con los objetivos de esta investigación.

III.1 Calidad del agua

El análisis de la calidad del agua del Río Cuautitlán, se plantea como uno de los tópicos más relevantes para la recuperación del sitio; la caracterización de los puntos de muestreo arroja picos en las concentraciones máximas permisibles permitidas especificadas en la NOM-001-SEMARNAT-1996, cabe mencionar que los datos obtenidos de la caracterización al realizar la comparación con la norma mexicana antes mencionada, son consideradas como estimaciones ya que son cantidades obtenidas del gasto instantáneo de las descargas.

III.1.1 Diagnóstico de la caracterización de descargas puntuales de agua residual

Las siguientes deducciones hacen referencia a los valores expresados en las tablas 11, 13, 15 y 16 del capítulo anterior.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Los valores de la caracterización de las descargas para el parámetro de DBO₅, se observa que los datos obtenidos en Rinconada San Miguel, Tepojaco, Arcos de Tepojaco y Paraje San Juan, rebasan los límites máximos permisibles mencionados en la NOM-SEMARNAT-001-1996, para este parámetro, para los dos usos que se le da al río, riego agrícola y público urbano, 200 y 150 mg/l respectivamente, para el gasto promedio diario.

Para el caso específico de Tepojaco, la muestra de agua fluvial, demuestra que el paso del agua en temporada de lluvias arrastra elevada materia orgánica, para la cual al parecer, no existe un control en su acceso por esta tubería; rebasa por más del triple el límite máximo permisible para uso agrícola y quintuplica el valor límite para uso urbano.

Las muestras de Rinconada San Miguel, Arcos de Tepojaco, y Paraje San Juan, son intermitentes, excepto la segunda que es continua, todas de origen

municipal en su mayoría domestico, demuestran valores por encima de la norma para cualquiera de los usos comparados, pero en menor proporción que la mencionada en el párrafo anterior. Sí bien los valores son parecidos, se puede asegurar que la planta de tratamiento de Rinconada San Miguel no opera de manera favorable, dejando claro que funciona únicamente como *by-pass* de desechos.

Demanda Química de Oxígeno

El valor obtenido para la muestra extraída de la descarga en Tepojaco, muestra un valor muy superior en comparación con el resto de los valores obtenidos en las restantes descargas; esto se puede justificar debido a que la muestra evaluada tenía un aspecto turbio, por la materia arrastrada por la lluvia; estos sólidos pueden ser materia refractaria, la cual es altamente resistente y estable aún con altas temperaturas.

Por otro lado, el valor obtenido en Arcos de Tepojaco igualmente muestra una concentración elevada, esto debido probablemente a la práctica de ganadería de traspatio en la zona y a la posible práctica de explotación de cárnicos.

Al analizar los valores de los cocientes (DQO/DBO5), se obtienen valores por encima del 100%. Para Santa Rosa de Lima se tiene el valor de 1,776, por lo cual se observa que particularmente el agua residual es de origen domestica; Paraje San Juan, Halcones, Rinconada San Miguel y Canal La Aurora muestran valores que oscilan entre 2,30 y 2,57, por lo tanto se consideran de origen residual urbano; mientras tanto Cortina presenta un valor de 3,55 con este valor se considera la baja cantidad de materia biodegradable al igual que Residencial La Luz con un valor de 5,10.

Nitrógeno total Kjeldahl

Los valores de la caracterización de descargas para el parámetro de nitrógeno total Kjeldahl, son comparados con los límites máximos permisibles mencionados en la NOM-SEMARNAT-001-1999, para los dos usos que se le da al río, riego agrícola y público urbano, es de 60 mg/l ambos, para el gasto promedio diario.

Los valores de Tepojaco, Halcones y Arcos de Tepojaco, se encuentran por encima del límite máximo permisible de la norma antes mencionada.

El valor elevado de Arcos de Tepojaco, se puede deber a que la zona aledaña a la descarga tiene suelos ejidales, en los cuales se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas, las últimas en menor escala; por lo anterior se puede aseverar la presencia de ganadería de traspatio.

Se justifica la presencia de actividades antropogénicas en cada una de las descargas con límites por encima de la norma, cada una expresa cantidades correspondientes con las actividades practicadas y los usos de suelo.

Fósforo total

Los valores obtenidos no muestran concentraciones por encima del límite máximo permisible para cualquiera de los usos para el río.

Coliformes fecales

La cantidad de coliformes fecales obtenida para Arcos de Tepojaco y Rinconada San Miguel rebasan el límite máximo permisible de la NOM-SEMARNAT-001-1996.

Cabe mencionar que la descarga de Rinconada San Miguel, presenta olores desagradables, posiblemente por la generación de sulfuro de hidrógeno.

III.1.2 Diagnóstico de caracterizaciones del agua del cauce

A partir de los datos obtenidos por la Comisión Nacional del Agua y la Comisión de Agua del Estado del México, es posible realizar un análisis en conjunto del comportamiento de la calidad del agua desde la Presa Guadalupe hasta el área de San Lorenzo Río Tenco.

En este análisis se observa que la zona de la Presa Guadalupe cuenta con altas concentraciones de contaminantes y los límites máximos permisibles son superados en gran medida; siguiendo la corriente aguas abajo se cuenta igualmente una concentración alta, finalmente en el Pueblo de San Lorenzo Río Tenco se observa una concentración baja, lo anterior al menos para el parámetro de DBO₅. Lo anterior deja claro que el Río Cuautitlán cuenta la capacidad de realizar como ecosistema procesos químicos y biológicos de reducción de materia contaminante.

III.2 Tiraderos clandestinos de residuos sólidos urbanos

La presencia de tiraderos de residuos sólidos urbanos denota la falta de vigilancia por parte de las autoridades y la nula aplicación de sanciones hacia la población por realizar esta práctica.

Los subproductos presentes son en su mayoría inertes con el suelo, así que no interfieren de manera sustancial en la propagación de contaminación al subsuelo; por otro lado su acumulación genera lentitud en los procesos bioquímicos propios del suelo por la interacción con el agua, ya que los residuos son obstáculos físicos que impiden el paso natural de la lluvia y con ello crean una disminución en la dilución y transporte de nutrientes, y una baja en el volumen de agua del acuífero.

Por otro lado, se comprueba que la presencia de tiraderos aumenta en sitios donde se ubica la población con ingresos económicos menores.

La cantidad de residuos en el cauce es baja aparentemente, ya que al bajar el nivel del caudal quedan expuestos los contaminantes arrastrados, los cuales en el proceso de degradación contaminan el agua y además afectan el paisaje.

III.3 Sociedad

III.3.1 Asentamientos humanos irregulares en las márgenes del Río Cuautitlán

La superficie total utilizada por las viviendas es de 1 955 metros cuadrados, la cual si se analiza con la extensión total del área federal del Río Cuautitlán, se encuentra por debajo de un valor sustancial.

Lo anterior, justifica que las repercusiones de la localización de ese conjunto de población no es la superficie ocupada por las viviendas, sino las actividades desarrolladas en el sitio por este cúmulo de población, y el peligro latente respecto al crecimiento de esta población y el riesgo que implica para ellos mismos al ubicarse próximos a una corriente de agua.

Además, dentro de las actividades desarrolladas por esta población, se encuentra la tala de árboles del bosque de galería del Río Cuautitlán, ya que con

la madera satisfacen sus necesidades de energía para calentar sus alimentos o el agua para su aseo. El inconveniente de esta práctica es la nula reforestación, por ende se desencadenan a largo plazo por la acción de la lluvia, la erosión de las márgenes del río y la debilitación de taludes.

Si bien la superficie sobre la cual están desplantadas estas viviendas no es gravosa, se observa el peligro latente de su crecimiento y que este se convierta en un problema que sensibilice la normalidad del cauce del Río Cuautitlán.

Por otro lado, queda expresada la falta de control por parte de las autoridades a la urbanización, ya que el municipio cuenta con planes de desarrollo y zonificación para el desarrollo de sus actividades.

Finalmente queda demostrado que la población opta por ubicarse en las cercanías del flujo económico, aunque no se cuente con la infraestructura necesaria para una buena calidad de vida, ante la falta de estabilidad económica de las familias para poder apoderarse de un bien inmueble de manera legal.

III.3.2 Relación urbana y rural

La relación urbana – rural de la población en el municipio de Cuautitlán Izcalli, refleja el antagonismo entre los habitantes autóctonos y los recién llegados; este comportamiento se debe a la falta de información entre los mismos, y la falta de difusión sobre los beneficios mutuos que se proveen debido a su coexistencia en el territorio.

La coexistencia urbana – rural conceptualiza al territorio como un espacio híbrido donde se desarrollan actividades de todos los sectores y además considera que el espacio rural ya no se comporta más como un sitio homogéneo cuya identidad giraba en torno a la actividad agrícola (Ávila. 2009)

En la zona de influencia del Río Cuautitlán coexisten la sociedad urbana y rural, la primera habitando en un 72,61% del área mientras que la segunda ocupa el 27,68% del territorio aledaño a la corriente de agua; este conjunto de población debe reconocer la complementariedad que se ofrecen entre sí.

La tabla 19 enumera una serie de beneficios ambientales y de servicios públicos mutuos que se obtienen con la coexistencia urbana – rural.

Tabla 19. Simbiosis urbana y rural

Población urbana	Población rural
Estilo de vida saludable Fomento a la calidad y seguridad alimentaria Reducción de costos a productos alimenticios Consumo de productos alimenticios de calidad Acceso a paisajes locales	Acceso a servicios públicos y de educación Mercantilización de productos sin necesidad de intermediarios Crecimiento de productores agrícolas locales Reducción de la inmigración campo-ciudad Mayor acceso a la tecnología
Fortalecimiento de papel de la ciudadanía en el desarrollo económico Protección del paisaje local Conservación de patrimonio histórico Incremento de la competitividad local Conservación de la cobertura arbórea Reducción de inundaciones Mejoramiento de la calidad del agua superficial y subterránea Mejoramiento de la calidad del aire Conservación de la biodiversidad Restauración de ciclos ecológicos	

FUENTE. Adaptación de <http://habitat.aq.upm.es/eacc/a-conclucasos.html#ap5>, 2010.

El desarrollo rural en la zona ofrece una alternativa de desarrollo local, una alternativa económica para las familias que se dedican a actividades primarias; además como se menciona en la tabla anterior existen beneficios mutuos por la presencia de actividades urbanas y rurales.

CAPITULO IV. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Los proyectos de recuperación de los ríos alrededor del mundo, han llevado a visualizar desde otro ángulo la concepción que se tiene de los mismos, y en particular en aquellas corrientes de agua que han quedado inmersas en las ciudades; con este tipo de proyectos se ha logrado que estos tomen un papel preponderante en la vida cotidiana de los pobladores, demostrando además la potencialidad de los espacios verdes a desarrollarse en las ciudades y los beneficios ambientales gratuitos, y la capacidad de iniciar en la población la gobernanza de los sitios públicos.

Es por ello que se resalta la viabilidad que tiene el Río Cuautitlán para ser rescatado, ya que existen las instituciones y una población interesada en la corriente de agua, la que cuenta con un caudal constante para mantener en todo el año un gasto ecológico que permite mantener los ecosistemas, además de que él río cuenta con capacidad de depuración y la contaminación por residuos es únicamente urbana.

De acuerdo a los análisis presentados en el capítulo anterior se asevera que las condiciones ambientales del Río Cuautitlán son aceptables para llevar a cabo en él el saneamiento de su cauce; además se propone el desarrollo del proyecto Parque Lineal ya que la contaminación y ocupación de sus márgenes es bajo.

A partir del diagnostico realizado que consideran como alternativas de solución para el rescate del Río Cuautitlán, se enfocan primordialmente a la ejecución de obras, cuyos objetivos son:

- Reducir la contaminación presente en el cauce
- Erradicar tiraderos clandestinos en las márgenes del río.
- Respetar los límites de desarrollo urbano.
- Generar un espacio de recreación, deporte y cultura para la población.

- Aprovechar los servicios ambientales⁵ que ofrece el Río Cuautitlán
- Propiciar la integración de la población rural y urbana

IV.1 Calidad del agua

Siendo el eje rector del sitio el Río Cuautitlán, el saneamiento de sus aguas se entiende como una acción trascendental en la recuperación del sitio. Se pretende que la calidad del agua del río sea tal que exista la posibilidad de contacto humano.

Las obras que deben realizarse y que se consideran como alternativas entre sí, son:

1. Construcción de un colector marginal y sistema de tratamiento, pudiendo ser una planta de tratamiento, humedales o aireadores; los cuales traten las aguas de las descargas puntuales de agua residual.
2. Construcción de líneas de conducción que desvíen las descargas puntuales de agua residual hacia el alcantarillado municipal.
3. Conexión de descargas puntuales de agua residual hacia el colector marginal de la Planta de Tratamiento Presa Guadalupe.
4. Construcción de aireadores en la corriente de agua, propiciando mayor oxigenación del agua.
5. Construcción de gaviones para protección de márgenes.
6. Reforestación de márgenes para evitar erosión y desbordamiento del cauce.

⁵ Los Servicios Ambientales son los beneficios que la gente recibe de los diferentes ecosistemas, por ejemplo, captación y filtración de agua, mitigación de los efectos del cambio climático, generación de oxígeno y asimilación de diversos contaminantes, protección de la biodiversidad; retención de suelo, refugio de fauna silvestre, belleza escénica, entre otros (CONAFLO, 2012).

IV.2 Tiraderos clandestinos de residuos sólidos urbanos

La recuperación de las márgenes con el retiro de residuos sólidos urbanos, provee de un sitio con condiciones adecuadas para el desarrollo de actividades humanas, para lo cual se deberán tomar las siguientes acciones:

1. Colocar contenedores de residuos sólidos urbanos, con clasificadores de desechos.
2. Realizar programas de concientización sobre los peligros que tienen los tiraderos clandestinos.
3. Realizar mejoras en el sistema de recolección de residuos sólidos del municipio.
4. Organizar brigadas de limpieza con la población.

IV.3 Asentamientos humanos irregulares

Los beneficios ambientales que provee el sitio deben ser preservados; los límites de urbanización deben respetar las zonas federales, por lo que se mencionan las siguientes medidas:

1. Reubicación de los pobladores de asentamientos humanos irregulares.
2. Aplicación de medidas de vigilancia y cumplimiento de ordenamientos territoriales.
3. Promover una legislación que permita impulsar el desarrollo urbano y ecológico de las ciudades.
4. Buscar la conformación de una relación satisfactoria entre la sociedad y la naturaleza.
5. Hacer del conocimiento de la población invasora los riesgos que tiene al ubicar sus hogares en la zona federal del Río Cuautitlán.

IV.4 Relación urbana y rural

En el capítulo anterior se hace del conocimiento la relación entre la población urbana y la rural en el municipio de Cuautitlán Izcalli, la cual tiene

beneficios mutuos; con potencialidad a multiplicarse con la existencia de las actividades primarias y terciarias.

Las acciones para propiciar el fortalecimiento de la coexistencia urbana – rural, son los siguientes:

1. Crear políticas de revalorización del campo.
2. Difundir de manera pública los beneficios de la coexistencia urbana – rural.
3. Visualizar al campo de manera empresarial.
4. Crear infraestructura que propicie la convivencia de la sociedad urbana y la rural.

IV.5 Parque lineal

Los espacios de relajación, recreación y esparcimiento, con acceso al público en general, comenzaron a construirse en el siglo XIX en París, Londres, Múnich, Barcelona y Nueva York; los objetivos de estas construcciones fueron el de brindar sitios para aquella población marginada donde pudieran estos obtener un respiro a la vida estresante, y además descongestionar las ciudades contribuyendo a la circulación de aire y al paso de la luz natural; este tipo de áreas comenzó a tener un auge en diversos sitios del planeta y se convirtieron en símbolo de sus ciudades.

El gobierno municipal en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano menciona la mejora de la imagen urbana, con la creación de áreas verdes en toda la extensión del Río Cuautitlán (2008); por otro lado, la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales menciona como acuerdo en el Anexo 36, del Presupuesto de Egresos de la Federación para el ejercicio fiscal 2012, la inversión de 11 millones de pesos al Proyecto Parque Lineal Río Cuautitlán; basándose en estas propuestas gubernamentales y en los resultados obtenidos sobre las condiciones actuales del Río Cuautitlán, se propone la creación de un Parque Lineal a lo largo de sus márgenes.

Entre los objetivos de la creación de este parque están estrechar la relación que existe entre la población y este recurso de agua, y que el Río Cuautitlán actúe como armonizador entre la sociedad urbana y rural. Se pretende que la infraestructura propuesta sirva para la recreación, esparcimiento, cultura y actividades deportivas, enfocado para usuarios de todas las edades y capacidades.

El Parque Lineal, consiste en acondicionar la margen derecha e izquierda del Río Cuautitlán, de 10,92 km de longitud con infraestructura para pasear, realizar ejercicios deportivos y andar en bicicleta, el ancho de los carriles se propone de 4 metros, en caso de encontrar arboles en esta área serán rodeados, además se propone la instalación de luminarias solares, cruces peatonales, entre otros, mencionados detalladamente a continuación.

Para la construcción del Parque Lineal a lo largo de las márgenes del Río Cuautitlán, es necesario implementar los siguientes rubros:

Esparcimiento

- Construcción de una carpeta de eco-creto con guarnición, a lo largo de las márgenes del río, para el desarrollo de caminatas y paseos en bicicleta.
- Construcción de *islas específicas*, que consisten en áreas ubicadas en la zona externa de las márgenes, para el desarrollo de actividades como yoga, aerobics, zumba, pintura, juegos de mesa, lectura y conversación.
- Construcción de un teatro al aire libre, aprovechando los taludes del río en donde se proyectan por ambas márgenes una serie de escalones donde se ubicarían los espectadores, mientras que el Río Cuautitlán funcionaría como escenario.
- Habilitación de espacios para resguardo de bicicletas.

Educación ambiental⁶

- Realización de un programa de educación ambiental enfocado a estudiantes de todos los grados educativos, que tenga entre sus

⁶ Este rubro se ve reforzado por la ubicación de las escuelas públicas y privadas en las cercanías, como el Centro Escolar del Lago, Centro Educativo Madame Curie, Escuela Primaria Pública Constitución de 1917, Kinder Jesús Silva Herzog, entre otras.

actividades visitas al Río Cuautitlán por estudiantes locales, principalmente⁷, y foráneos.

- Construcción de un centro educativo ambiental y sustentabilidad, ubicado en la zona federal del río, edificado con materiales amables con el medio ambiente.
- Conocimiento y protección de la flora y fauna del sitio.

Acceso y flujo

- Construcción de escaleras y rampas, ubicados en puntos estratégicos para favorecer el orden en el parque.
- Construcción de pasos a desnivel, ubicados bajo puentes vehiculares.

Seguridad

- Colocación de luminarias a lo largo del parque lineal.
- Construcción y/o adecuación de casetas de vigilancia, ubicadas en las cercanías con los puentes vehiculares.

Residuos

- Colocación de contenedores de desechos, ubicados a lo largo de parque lineal.
- Ubicación puntos de recolección, ubicados cerca de los cruces vehiculares.

⁷ Se menciona principalmente, ya que en los programas de recuperación de ríos consultados se menciona la participación de la población, como una de las intervenciones más preponderantes.

- Construcción de sanitarios, ubicados cerca de las casetas de vigilancia; deberán contar con sistema de tratamiento.

Servicios

- Construcción y habilitación de bebederos, ubicados a contra muro de los pozos de extracción de agua.
- Sala de lectura.
- Tienda de servicios.
- Venta de artículos relacionados con el parque lineal.
- Sala de exposiciones temporales y permanentes.

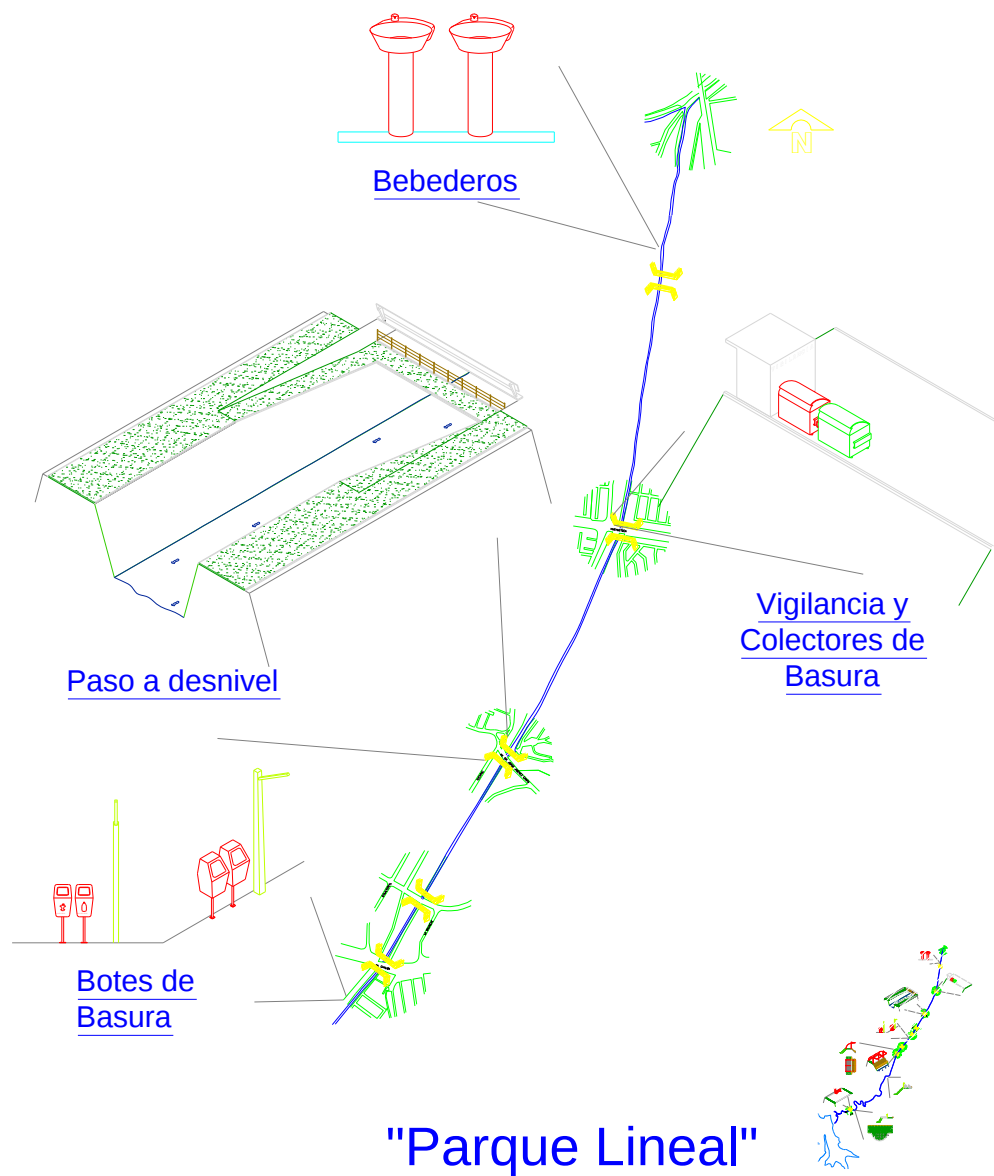


Figura 31. Parque lineal Río Cuautitlán (a).

FUENTE. Elaboración propia, 2012.

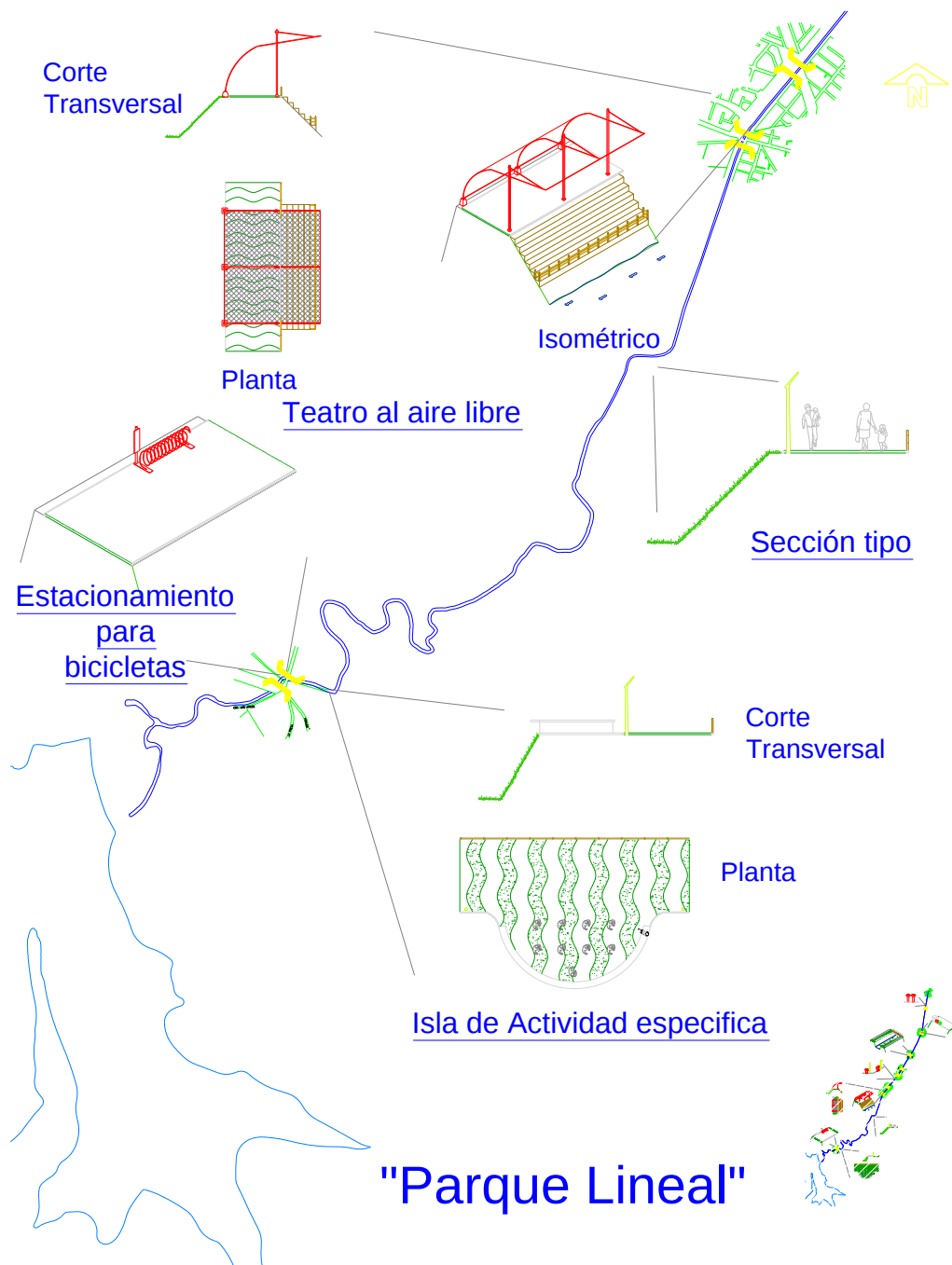


Figura 32. Parque lineal Río Cuautitlán (b).
 FUENTE. Elaboración propia, 2012.

CONCLUSIONES

Los proyectos de saneamiento de ríos urbanos tienen actualmente un auge importante en el mundo, ya que con estos se han logrado promover los beneficios sociales, ambientales y económicos al contar con una corriente de agua en las cercanías de las zonas urbanizadas, y además han contribuido a exponer las bondades de los ríos en términos hidráulicos, históricos, ecológicos y de salud; el objetivo principal de estos proyectos es divulgar las mejoras en las prácticas de convivencia con los ríos, exponiendo de manera tangible la reapropiación de los ríos por la comunidad.

El Río Cuautitlán representa una fuente histórica valiosa y antiquísima, en su corriente resguarda el primer proyecto de ingeniería hidráulica que presenta conocimientos especializados para la época prehispánica, siendo el curso de agua enemigo de la ciudad contra el cual se luchó por más de 300 años para evitar que sus aportaciones vertieran en la cuenca del Valle de México y debido a su caudal constante y limpieza de sus aguas, contribuyó al desarrollo agrícola de la zona; por ello es mencionado en la literatura de cada período de la historia del Valle de México, en particular en los Anales de Cuauhtitlán.

La manera en la que se está llevando a cabo la urbanización del municipio de Cuautitlán Izcalli, no contempla la valorización de las aguas de la corriente del Río Cuautitlán y cada vez causa presiones sobre la venta de terrenos agrícolas, con fines inmobiliarios.

Es necesaria la revalorización del campo y las zonas agrícolas del municipio, y que estas sean impulsadas desde una visión tecnificada y empresarial para su desarrollo, además de la difusión de los beneficios que aporta el tener el este tipo de zonas cercanas a los desarrollos urbanos.

El fenómeno de los asentamientos irregulares en la zona federal del Río Cuautitlán obedece a la mala distribución de la riqueza, acentúa el problema de desempleo y por la falta de sanciones es latente su desarrollo.

El área comprendida entre los kilómetros 0,00 y 6,00 caracterizada por contar con actividades de riego y agricultura en las cercanías al río, es la más apta para una recuperación a corto plazo, revalorizando los espacios dedicados al campo y los servicios ambientales que ofrece.

El área comprendida entre los kilómetros 6,00 y 9,00 del área en estudio, caracterizada por ser la más urbanizada, requiere de mayor participación de la población y las autoridades para llevar a cabo el saneamiento, ya que en esta zona se encontraron la mayor cantidad de tiraderos de residuos sólidos urbanos y descargas de agua residual que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-SEMARNAT-001-1996.

El área comprendida entre los kilómetros 9,00 y 10,92 del área en estudio, se ubica en la zona media respecto a urbanización en comparación con las otras dos zonas, está requiere de la participación de las autoridades para el control de los asentamientos irregulares que refleja la falta de vigilancia y la violación a la zonificación del ordenamiento de la población. Por otro lado, se considera propicia para una lograr una recuperación a mediano plazo ya que los valores de degradación ambiental no son altos y además existe la preocupación por parte de la población sobre la preservación del Río.

La capacidad de depuración de contaminantes contenidos en el agua del Río Cuautitlán, es alta, ya que se observa la disminución de hasta un 93% la DBO5 en la salida del área en estudio.

La estabilidad de los taludes del Río Cuautitlán se encuentra en riesgo debido por un lado a la deforestación del bosque y también a la falta vegetación riparia en sus márgenes, es por ello que se observa la erosión progresiva de las márgenes.

Debido a la urbanización y deforestación del bosque de galería del Río Cuautitlán la fauna del mismo, se encuentra en estado de riesgo ya que con las actividades anteriores se reducen sus sitios de descanso y hábitat.

RECOMENDACIONES

Se presentan en lo posterior una serie de recomendaciones acerca del sitio en estudio, cuyo objetivo es principalmente provocar con énfasis el interés de otros investigadores que enriquezcan la cantidad de información de la zona, integrando un grupo interdisciplinario, que busque soluciones eficaces para lograr el saneamiento y la recuperación del área. Se exponen también otras problemáticas no desarrolladas en este estudio, pero que inciden de manera directa o indirecta con el sitio.

Calidad del agua

Para la presente tesis se realizaron estudios de la calidad del agua únicamente en época de lluvias, con un muestreo adaptado a las capacidades técnico-económicas personales del ejecutor; es por ello que se recomienda realizar los análisis pertinentes de manera exhaustiva con un equipo de trabajo que pueda analizar individualmente cada una de las descargas de agua residual, tanto en temporada de lluvias como en temporada de estiaje. De esta manera se enriquece el universo de información y se promueve la participación de más investigadores en la zona en estudio.

Por otro lado, en visitas a la Unidad de Riego de Cuautitlán, quedaron expuestas entre otras, la necesidad de crear controles entre la urbanización y los canales de riego, los cuales están siendo reducidos únicamente a su zona federal, confinándolos con bardas o muros que imposibilitan el paso hacia las mismas para realizar actividades de mantenimiento o limpieza, debido a lo anterior se recomienda realizar estudios sobre los derechos de vía y el establecimiento de puntos de acceso.

Otra de las necesidades es la subsistencia de la Unidad de Riego ya que sus usuarios están siendo sometidos a los caprichos del crecimiento urbano, caso específico la compañía constructora OHL y la compra de terrenos a los campesinos en cantidades de dinero bajísimas, esto en el municipio de Tultepec para la obra del Circuito Exterior Mexiquense.

Para lo cual se invita a interesados a realizar estudios acerca de las soluciones que tengan como objetivo el mantenimiento de la Unidad de Riego, como tecnificación del riego, tecnologías de captación de agua de lluvia, tecnologías de cultivo hidropónicas, entre otras.

Como reconocimiento de la importancia del equilibrio de las cuencas hidrológicas, se ha aprobado con fecha del 20 de septiembre del 2012 en el Diario Oficial de la Federación la NMX-AA-159-SCFI-2012, que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas, siendo un paso en la gestión del agua en México y además un respaldo para la conservación de las corrientes de agua como el Río Cuautitlán.

Calidad del suelo

Para el tema de los tiraderos clandestinos ubicados en las márgenes del Río Cuautitlán se hace una invitación al estudio de la calidad del suelo presente en el sitio, modificada posiblemente por lixiviados y componentes inertes que coadyuvan en el deterioro de los ciclos de descomposición de la materia por el suelo.

Además se expone la necesidad de crear planes a nivel municipal para la separación y posterior recolección de residuos sólidos urbanos.

Por otro lado, en la zona sureste del área en estudio, en la colonia Paraje San Juan, se observó la presencia de un tiradero de autos, éste puede contribuir a la contaminación del suelo debido al escurrimiento del agua proveniente de la lluvia la cual aumenta el contenido ferroso al oxidar la estructura de los autos; además puede contener aceites o agentes químicos, ubicados en el motor de los mismos; es por ello que se recomienda realizar un análisis en el suelo de este sitio y verificar la cantidad de contaminantes emitidos por este.

En la zona en estudio se presentan problemas de erosión de las márgenes del Río Cuautitlán, esta problemática se asocia a la tala clandestina por parte de los pobladores de los asentamientos irregulares, pero también y en mayor área a la mala práctica del reforzamiento de los bordos por parte de empresas constructoras, las cuales derriban arboles para habilitar áreas de maniobra para las máquinas, pero al finalizar los trabajos no colocan infraestructura de protección de suelos ni reforestan la zona; es por ello que se invita a investigadores a realizar estudios en el tema de la erosión para verificar la ejecución de obras incompletas y la premura en realizar plantaciones de vegetación.

Población

Debido a la necesidad de crear en la población la iniciativa del cuidado del Río Cuautitlán para una sana convivencia, se recomienda realizar estudios sobre planes de participación ciudadana con temas como la educación ambiental y el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales.

A modo de reflexión se extienden las siguientes líneas donde se presenta, según el enfoque de la ejecutante, las contradicciones por el recurso agua, la desvalorización por parte de la población del sitio en contraste con las potencialidades del mismo.

El Río Cuautitlán ha sido consecuente a las necesidades de la población, ha prestado sus aguas para la navegación lagunar, para el riego de zonas agrícolas y para la explotación de sus pozos, en contraste a la prestación de estos servicios la respuesta de la población ha sido entre otros la ejecución de cambios en su geomorfología, con el cambio de la dirección de su cauce, la degradación de sus aguas por las descargas de agua residual vertidas en el mismo, la contaminación de sus suelos por los tiraderos de residuos sólidos urbanos, todo lo anterior para llegar a convertirse en un río confinado en el entramado de un proyecto de ciudad.

La jerarquía planteada entre la importancia del río y el desarrollo de las actividades humanas o la economía provocó que el río descendiera de la punta de la pirámide hasta la zona baja de la misma. Lo anterior, refleja la contradicción de la forma en que se lleva a cabo la concepción del desarrollo económico, donde los recursos naturales no son la punta de la pirámide del desarrollo, pero y se enfatiza, pertenecen a la misma, así que queda expresado que sin ella no se llega a la economía o meta deseada.

Retomando el aspecto económico, siendo este en que reside gran parte de la decisión de llevar a cabo cualquier tipo de proyecto, es importante mencionar las aportaciones intangibles que dota a la población el ecosistema Río Cuautitlán, los servicios ambientales; entre los que se encuentran captación y filtración de agua, generación de oxígeno y asimilación de contaminantes, retención del suelo, por su bosque de galería, refugio de fauna silvestre, belleza escénica, por mencionar algunos; estos son parte de ciclos que generan bienes cuantificables como alimentos, agua o aire, los cuales al formar parte de un proceso de producción producen beneficios monetarios.

Por otro lado, a lo largo del proceso de búsqueda de información se encontraron con personas involucradas con este ecosistema, entre ellos se encuentran los pertenecientes a la Unidad de Riego Cuautitlán y un grupo de ciudadanos en pro de la conservación del río; la población que conforma estas distintas asociaciones es variada, tanto en edades, desarrollo de actividades y capacidad económica, pero también lo es el tiempo de residencia en la zona, esto expresa que no solo un cúmulo de población que ha vivido las transformaciones del río y las cuales serían las más sensibles por sentido de pertenencia a tomar atribuciones por la preservación del sitio.

Para finalizar el presente se expresa la oportunidad que tiene el caso en estudio para realizar en él un proyecto de investigación de mayor envergadura el cual cuente con la participación de un equipo de trabajo interdisciplinario respaldado por una institución y que este a su vez tenga la capacidad de registrar la riqueza de información insertada en el río; además es visible la viabilidad de la propuesta ya que respaldándose en el presente estudio se cuenta con un río en condiciones ambientales y sociales favorables para su saneamiento.

ANEXO 1

Metodología para la determinación del área de influencia.

La metodología empleada para el área de influencia consiste en la delimitación de 250 metros a cada margen del río (GDF, 2008), esta delimitación fue realizada en el plano base municipal (Departamento de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Cuautitlán Izcalli, 2008), este plano cuenta con la traza municipal, el programa donde se ejecuta es Autocad versión 2011, el archivo tiene una escala 1:1.

Metodología para la localización geográfica por coordenadas.

La localización geográfica por coordenadas se llevo a cabo por medio de lecturas en el teléfono móvil NOKIA 5230 con el uso de su GPS (Global Positioning System) cuyas coordenadas están expresadas mediante el sistema WGS-84. Para mejor entendimiento se optó por nombrar a cada uno de los puntos de muestreo con el nombre de la localidad o infraestructura más cercana.

Metodología del muestreo en el cauce

El muestreo consiste en la obtención de muestras simples tomadas en un horario de entre las nueve y doce horas del día, con un muestreador de plástico de dos litros de capacidad, el cual es sumergido a una profundidad de entre 70 y 100 centímetros, marcados en el cable del mismo; en cada punto se realizan cinco enjuagues al muestreador y tres al envase final de veinte litros de capacidad, cada uno de los envases finales se etiquetan con fecha, hora, persona que realiza el muestreo y temperatura; para posteriormente colocarlos en una hielera con una temperatura de 4 grados centígrados.

Metodología del muestreo en descargas

El muestreo consiste en la obtención de muestras simples tomadas en un horario de entre las nueve y doce horas del día, con un muestreador de plástico de dos litros de capacidad, el cual vierte su contenido hasta llenar el envase de plástico de 20 litros de capacidad, este debe cerrarse entre cada vertido del muestreador; para finalmente ser enjuagado 5 veces tapado.

Finalmente se etiqueta, con los datos de fecha, hora, persona que realiza el muestreo y temperatura, para posteriormente colocarlos en una hielera con una temperatura de 4 grados centígrados.

Para la muestra de coliformes fecales se utilizaron envases de 300 mililitros esterilizados y con una pastilla de tiosulfato de sodio; para el muestreo de estos se

debe tener aún más cuidado. La tapa debe tener la zona roscada en dirección hacia abajo, el vertido del agua debe ser rápido; posteriormente se enjuaga 5 veces y se etiqueta con los datos antes mencionados, se cubre con aluminio todo el envase para finalmente llevarla muestra a la hielera.

Metodología de análisis para determinación de Temperatura, pH y D.B.O. 5

Temperatura

El método utilizado para la determinación de este parámetro es por medio de electrodos del equipo Be Right de la marca Hatch.

Principio del método

Los medidores de temperatura de contacto, son sondas que tienen en su interior la unión de dos metales (termocuplas) los cuales al estar expuestos a una temperatura generan un pequeño voltaje del orden de los milivolts, este aumenta con la temperatura. (Efecto Seebeck).

Componentes del sistema

Electrodo

Equipo Be Right

Procedimiento

1. Presionar el botón de encendido.
2. Sumergir la parte inferior del electrodo entre 2,5 y 8,9 centímetros dentro de la muestra.
3. Revolver suavemente el electrodo dentro de la muestra por varios segundos. Cuando se estabilice la pantalla digital leer la temperatura.
4. Finalmente se limpia la zona con agua destilada contenida en una pizeta.

Los resultados obtenidos se expresan en grados centígrados.

Potencial de Hidrógeno (pH)

El método utilizado es cualitativo y comparativo, debido a que se trata de una prueba de comparación de coloración. Se utiliza el kit de determinación de pH de la marca Hatch modelo CN-67.

Principio del método

Los indicadores suelen ser ácidos o bases débiles que se caracterizan porque su molécula neutra tiene un color diferente al de la forma iónica. Por lo general, este cambio de color obedece a que la pérdida o ganancia de un H^+ por parte del indicador provoca una reorganización interna de los enlaces.

El rojo de fenol es un compuesto orgánico usado como indicador de pH, también se le conoce como Fenolsulfonftaleína, Sulfental, Sulfonftal o PSP.

En general, el cambio de color se produce en un rango de dos unidades de pH, para el rojo de fenol se presentan los siguientes valores, a pH inferiores a 6,8, la muestra vira a amarillo, a pH superiores a 8 la muestra se torna de color rojo, los pH entre 6,8 y 8 dan tonalidades graduales de color naranja.

Indicador	pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Alizarina amarilla-R	Amarillo													Violeta
Timolftaleína	Poco color													Azul
Fenolftaleína	Poco color													Rojo
Timol azul (rango base)	Amarillo													Azul
Fenol rojo	Amarillo													Rojo
Bromotimol azul	Amarillo													Azul
Clorofenol rojo	Amarillo													Rojo
Metil rojo	Rojo													Amarillo
Bromocresol verde	Amarillo													Azul
Metil naranja	Rojo													Amarillo-Naranja
Bromofenol azul	Amarillo													Azul-Violeta
Timol azul (rango ácido)	Rojo													Amarillo
Metil violeta	Amarillo													Violeta

Colorimetría según indicador.

FUENTE. <http://www.ehu.es/biomoleculas/ph/medida.htm#m1>, 2012.

Componentes del sistema

1. Disco de lectura de pH.
2. Celdas.
3. Rojo de fenol.

Modo de operación

La presencia de cloro en la muestra, puede causar interferencias en los resultados, si existe una concentración igual o mayor a 15 mg/l, se debe adicionar una gota de tiosulfato de sodio, para remover el cloro.

El equipo ofrece una escala de comparación entre 6,6 y 8,4 unidades de pH.

Procedimiento

1. Verter 10 mililitros de muestra en una celda; por otro lado crear un blanco o testigo con igualmente 10 mililitros de muestra con agua destilada.
2. Agregar 5 mililitros de indicador rojo de fenol a la muestra.
3. Colocar cada una de las celdas en el equipo de comparación, el blanco se coloca donde está la referencia del disco y la muestra a un lado del blanco para realizar una comparación visual del color entre ambos, en el equipo se indica el sitio para cada una de las celdas.
4. Colocar el equipo comparador cerca de la luz, para tener una mejor lectura, posteriormente girar el disco hasta obtener el mismo color entre ambas celdas. La lectura de pH será la indicada en la escala del disco.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

El método utilizado para la determinación de este parámetro consiste en la utilización del equipo Oxitop de la marca Merck, el cual basa su funcionamiento en la variación de presiones que se presentan a lo largo de cinco días en la muestra colocada a prueba.

Principio del método

El método manométrico simula las condiciones reales bajo las cuales ocurre un proceso de biodegradación, ya que la manipulación de la muestra es mínima y el oxígeno consumido por los microorganismos proviene del intercambio gaseoso entre la muestra líquida y el aire en contacto con ella. En este método la muestra se ubica dentro de una botella, y por medio de agitación, el oxígeno presente en la cámara de aire se disuelve en el líquido. Los microorganismos consumen el oxígeno durante el proceso de degradación de la materia orgánica, produciendo dióxido de carbono y agua. El dióxido de carbono adsorbido por las lentejas de hidróxido de sodio que se colocan en la parte superior de la botella dentro del vaso de caucho, que a su vez permite el cierre hermético de la misma. Dicha eliminación del dióxido de carbono produce un vacío dentro de la botella que es medido directamente por el sensor electrónico de presión ubicado dentro del sistema Oxitop.

Componentes del sistema

1. Botella. Color ámbar de capacidad 500 mililitros.
2. Vaso de caucho. De forma cónica, que permite la hermeticidad del sistema y ser depósito de las lentejas.
3. Hidróxido de sodio. En presentación con forma de lentejas.
4. Sistema de agitación magnético. Contiene platos de agitación para cada botella. El equipo ofrece un conjunto de 6 para la agitación simultánea de muestras, integrados dentro de una cámara, para que todas las muestras puedan ser colocadas dentro de una incubadora.

5. Cámara termostatzada. Cámara que provee al sistema una temperatura constante entre los 20° centígrados +/- 0,5° centígrados.
6. Agitadores magnéticos. Se trata de una barra magnética que facilita la agitación dentro de las botellas ámbar.

Registro de resultados

El sistema registra de forma electrónica la disminución de presión ocurrida dentro de la botella, mostrando los resultados en dos cifras de manera digital. El resultado obtenido deberá ser multiplicado por un factor correspondiente al volumen de muestra utilizado.

Factores de escala según volumen de muestra y DBO esperada.

DBO esperado (mg/l)	Volumen de muestra a tomar (ml)	Factor
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	95	20,1
0-2000	43,50	50,3
0-4000	22,7	100,5

mg/l =miligramos por litro

ml= mililitros

Modo de operación

Se deben visualizar algunas consideraciones preliminares referentes a la muestra, la dilución, los controles y la siembra

Muestra

Dependiendo de la muestra, es necesario eliminar algunas interferencias que puedan afectar el desarrollo del análisis e inducir a resultados erróneos. Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. La muestra se debe tomar en un recipiente limpio de volumen un litro o mayor.
2. El potencial de hidrógeno de la muestra se debe ajustar a un valor neutro, entre 6,8 y 7,2.
3. Si no se conoce el valor aproximado de la DBO, se toma como guía el valor de DQO multiplicado por 0,5; pero si el efluente tiene una carga orgánica alta el factor debe ascender a 0,7 o 0,8 o 0,9 según sea el caso.

4. Con el valor de DBO estimado se define el volumen de la muestra a tomar.
5. Si el valor de DBO no está dentro de los rangos citados en la tabla, se debe diluir convenientemente la muestra con el agua de dilución adecuada, e incluir el factor de dilución en los cálculos finales.
6. Si la muestra se encuentra a una temperatura mayor a 50 grados centígrados debe enfriarse y será necesario sembrarla.
7. Se debe evitar tomar muestras que contengan cloro u otro agente bactericida.
8. Algunas aguas provienen con alta carga orgánica, tales como las que provienen de la industria alimentaria y las de origen domestico, estas usualmente no requieren siembra y se pueden colocar directamente en la botella.

Procedimiento

1. Se coloca en el fondo de la botella ámbar una barra de agitación magnética.
2. Verter en la botella ámbar el volumen de 250 mililitros de muestra.
3. Posteriormente, se coloca el boca de la botella el vaso de caucho con tres lentejas de hidróxido de sodio.
4. Después se cierra herméticamente con el sensor Oxitop, se presionan los dos botones que tiene en la parte superior.
5. Se coloca la botella anteriormente cerrada en el sistema de platos de agitación.
6. Se coloca el sistema ya con la botella dentro de una incubadora por cinco días a una temperatura de 20 grados centígrados.
7. Pasado el tiempo de análisis se obtiene la cifra indicada en el sensor, para posteriormente ser multiplicada por el factor correspondiente, en este caso es 5.

Los resultados obtenidos se expresan en unidades de miligramos por litro.

BIBLIOGRAFIA

1de3, (2008). *Aprovechando que el Pisuerga pasa por Valladolid*. [En línea]. España, disponible en <http://www.1de3.es/2008/08/28/aprovechando-que-el-pisuerga-pasa-por-valladolid/> [Accesado el día 18 de noviembre de 2011]

Acevedo, A., (1999) *Río Tamesis, prueba de contaminación superada* [En línea]. Fundación Río Urbano. México, disponible en http://www.riourbano.org/index.php?option=com_content&view=article&id=78:rio-tamesis-prueba-de-contaminacion-superada&catid=7:medioambiente&Itemid=8. [Accesado el día 23 de noviembre de 2010]

Ávila, H., (2009). "Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades" en *Estudios agrarios* [En Línea]. Procuraduría Agraria, disponible en http://www.pa.gob.mx/publica/rev_41/ANALISIS/7%20HECTOR%20AVILA.pdf [Accesado el día 10 de noviembre de 2012]

Ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli, (2008). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano Ciudad Cuautitlán Izcalli*, México.

Bazant, J., (2001). *Periferias Urbanas, expansión urbana incontrolada de bajos ingresos y su impacto en el medio ambiente*, Trillas, México.

BNamericas.com, (2010). "Gobernador de Sao Paulo aprueba US\$425mn para saneamiento de río Tiete". En *Yahoo News* [En Línea]. Brasil, disponible en <http://espanol.news.yahoo.com/s/101123/35/gms34v.html> [Accesado el día 23 de noviembre de 2010]

Candani, V., (2009) "El Lado oscuro del gran Desagüe de México: costos ecológicos y sociales en su entorno rural, 1608-1900." Simposio "El acceso al agua en América: historia, actualidad y perspectivas" 53 Congreso Internacional de Americanistas, Julio de 2009 [En línea]. México, disponible en http://jacintapalerm.hostei.com/AMERICANISTAS_MEX_Candiani.pdf [Accesado el día 22 de abril de 2012]

Cazal, A., (2002). *Diagnóstico ambiental de asentamientos humanos irregulares sobre los derechos de vía de Pemex, caso práctico: Colonia El Porvenir, Delegación Gustavo A. Madero, Distrito Federal, México*. Tesis de Maestría. México, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo [En línea] disponible en http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/1176/1/70_2002_CIIEMAD_MAESTRIA_cazal_ferreira.pdf [Accesado el día 20 de mayo de 2012]

Centro de Información y Comunicación Ambiental A. C., (Sin fecha) *Generación de residuos sólidos no peligrosos* [En línea]. México, disponible en <http://www.ciceana.org.mx/recursos/Generacion%20de%20residuos%20solidos%20no%20peligrosos.pdf> [Accesado el día 22 de abril de 2012]

Cepeda, F. de y Carrillo, F. A., (1637). *Obras públicas en México, documentos para la historia Relación Universal 1637*, Tomo 1, Secretaría de Obras Públicas, México.

Comisión de Agua del Estado de México, (2005). *Proyecto ejecutivo, construcción, arranque y operación transitoria de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales Presa Guadalupe*, CAEM, México.

Comisión de Cuenca Presa Guadalupe, (Sin fecha) *Programa hídrico de Gran Visión de Cuenca Presa Guadalupe* [En línea]. México, disponible en <http://cuencapresaguadalupe.org/images/stories/informe-ejecutivo-version8-25nov2008.pdf> [Accesado el día 11 de septiembre de 2012]

Comisión Nacional del Agua, (1999). *Lineamientos estratégicos para el Desarrollo Hidráulico de la Región XIII, Valle de México*. México.

Comisión Nacional del Agua, (2009). *Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico Administrativa XIII, Aguas del Valle de México*, México.

Comisión Nacional del Agua, (2010). *Caracterización del agua en estaciones de monitoreo Presa Guadalupe y San Lorenzo*, correo electrónico a claudia.nava@conagua.gob.mx [Accesado el día 10 de junio de 2011]

Comisión Nacional del Agua, (2012) *Imagen de Regiones hidrológicas* [En línea]. México, disponible en <http://sig.a.cna.gob.mx/mapoteca/regiones%20hidrologicas/mapareghidro.htm> [Accesado el día 3 de marzo de 2012]

Comisión Nacional Forestal (2012) *Servicios ambientales* [En línea]. México, disponible en <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/servicios-ambientales> [Accesado el día 22 de julio de 2012]

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, (2012) *Portal de Geo-información* [En línea]. México, disponible en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> [Accesado el día 2 de noviembre de 2012]

Corvalán, G., (2006) *Técnicos explican cómo se haría la oxigenación del lago* [En línea]. Argentina, disponible en http://www.elliberal.com.ar/secciones.php?nombre=home&file=verarchivo&id_noticia=060908H51 [Accesado el día 23 de noviembre de 2010]

Cuautitlán Izcalli 360, (Sin fecha) *Pila Real en San Juan Atlamica, Cuautitlán Izcalli, Estado de México* [En línea]. Argentina, disponible en <http://cuautitlanizcalli360.com/pila-real-san-juan-atlamica.html> [Accesado el día 28 de agosto de 2012]

Departamento de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Cuautitlán Izcalli, (2008) *Plano Base Municipal con nombres*, [USB], México.

Díaz, M. A.; Jiménez, F. J. y Lorente, I., (2002). *Estructura territorial y relaciones funcionales en el Corredor del Henares: una aproximación desde la movilidad diaria de la población* [En línea] Vol. 22, Anales de Geografía de la Universidad Complutense, España, disponible en <http://www.uah.es/universidad/ecocampus/docs/8.pdf> [Accesado el día 3 de mayo de 2011]

Doolittle, W., (2004). *Canales de Riego en el México Prehistórico*, Universidad Autónoma Chapingo, México.

Dourojeanni, A., (1999) *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos* Comisión Económica para América Latina y el Caribe [En línea]. Chile, disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsarg/e/fulltext/cuencas/cuencas.pdf> [Accesado el día 22 de noviembre de 2011]

Fernández, J., (Sin fecha) *La recuperación de ríos en entornos urbanos: el caso del Río Zadorra en Victoria – Gasteiz* [En línea]. España, disponible en <http://www.vitoria-gasteiz.org/w24/boletines/reciosurb03c.pdf> [Accesado el día 22 de noviembre de 2011]

Gobierno de Nuevo León, (2007) *Paseo Santa Lucia* [En línea]. México, disponible en http://www.nl.gob.mx/?P=forum_paseo_stalucia [Accesado el día 23 de noviembre de 2010]

Gobierno del Distrito Federal, (2008) *Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del Río Magdalena del Distrito Federal* [En línea]. México, disponible en <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/riomagdalenayeslava/riomagdalena/sintesis-ejecutiva-espanol.pdf> [Accesado el día 22 de noviembre de 2011]

Gómez, R. y Sánchez, M. (Sin fecha). “Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales” *Serie autodidacta de medición de la calidad del agua* [En línea]. Comisión Nacional del Agua e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Fisicoquimicos.pdf> [Accesado el día 5 de abril de 2011]

González, A.; Hernández, L.; Perló M. y Zamora I., (2010). *Rescate de ríos urbanos. Propuestas metodológicas y conceptuales para la restauración y rehabilitación de ríos*, Universidad Nacional Autónoma de México, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad y Coordinación de Humanidades, México.

González, J., (Sin fecha) *Curso de biomoléculas* Universidad del país Vasco Euskal Herriko Umbertsitatea. [En línea]. País Vasco, disponible en <http://www.ehu.es/biomoleculas/index.htm> [Accesado el día 9 de abril de 2012]

Hatch, (2012) *Phenol Red pH Test Instructions y Be Right tester* Manual de usuario [En línea]. Estados Unidos de America, disponible en <http://www.hach.com> [Accesado el día 9 de abril de 2012]

Hitcher, A., (2010) *Saneamiento del Guaire en 2014 constituirá un record en la materia* [En línea]. Venezuela, disponible en <http://informe21.com/actualidad/alejandro-hitcher-saneamiento-del-guaire-2014-constituira-record-materia> [Accesado el día 23 de noviembre de 2010]

Infraculture, (2011) *Highway Teardowns make for good media* [En línea]. Estados Unidos de América, disponible en <http://infraculture.org/2011/04/highway-teardowns-make-for-good-media/> [Accesado el día 18 de noviembre de 2011]

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2010) *Población por localidad* [En línea]. México, disponible en <http://gaia.inegi.org.mx/scince/viewer.html> [Accesado el día 17 de abril de 2012]

Lee, I., (2006) *Cheon Gye Restoration Project* [En línea]. Seúl, disponible en http://worldcongress2006.iclei.org/uploads/media/K_LEEInKeun_Seoul_-_River_Project.pdf [Accesado el día 2 de noviembre de 2012]

Lemone, E., (1987). *El desagüe del Valle de México durante la época independiente*, Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Investigaciones Estéticas, México.

Leonard, A., (2008) *Story of stuff* [En línea]. Estados Unidos de América, disponible en <http://www.storyofstuff.org/movies-all/story-of-stuff/> [Accesado el día 14 de mayo de 2012]

Manglares y Dunas de Veracruz, (2010) *Servicios ambientales* [En línea]. México, disponible en <http://www3.inecol.edu.mx/maduver/index.php/servicios-ambientales/2-clasificacion.html> [Accesado el día 17 de julio de 2012]

Merck, (Sin fecha). *Manual de usuario para equipo Oxitop de Merck*. Manual de usuario pp. 2-14

Organismo Público Descentralizado del Agua de Cuautitlán Izcalli, (2011). *Descripción de descargas de aguas residuales en el Río Cuautitlán* Departamento de Planeación, México

Perló, M., (2009) "La apuesta para el desarrollo inmobiliarios: Recuperación de Ríos Urbanos" *Sustentabilidad. Revista Iconos* [En línea]. México, disponible en http://www.circuloverde.com.mx/artman2/uploads/1/8.ri_os_urbanos.pdf [Accesado el día 23 de noviembre de 2010]

Pineda, N. y Loera E., (2007). "Bien recolectada pero mal tratada. El manejo municipal de la basura en Ciudad Obregón, Hermosillo y Nogales Sonora" en *Revista Redalyc* [En línea] No. 030 Julio- Diciembre, Universidad de Sonora, México, disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/417/41703006.pdf> [Accesado el día 13 de agosto de 2012]

Problemática Ambiental" (2010). *¿Qué puedo hacer yo?* Video dirigido por fundacionenlaces [En línea]. Argentina, disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=ZN-FY9dP9Ko&feature=related> [Accesado el día 22 de noviembre de 2011]

Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, (2010). *Estudio de zonas impactadas por tiraderos clandestinos de residuos de la construcción en el Distrito Federal*, [En línea] Febreo 2020, México, disponible en <http://www.paot.org.mx/centro/ceidoc/archivos/pdf/EOT-02-2010.pdf>. [Accesado el día 9 de agosto de 2012]

Pumain, D., (2004) *Área de influencia (o zona de influencia)* [En línea]. Francia, disponible en <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article194> [Accesado el día 21 de noviembre de 2011]

Quiroga, G. y Oranday M., (2004) "La Ciudad Nueva de Cuautitlán Izcalli, una tentativa de ordenamiento de territorio y urbanismo en el Estado de México" *Gaceta Mexicana de Administración Pública* [En línea]. México, disponible en <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/gac/cont/10/trb/trb8.pdf> [Accesado el día 2 de noviembre de 2011]

Resendiz, Y., (1999). *Conflictos por la tierra y el agua en la jurisdicción de Cuautitlán_1750-1820*. Tesis de Licenciatura. México, Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Rojas, T., (1974). *Aspectos Tecnológicos de las obras hidráulicas coloniales del Valle de México*. Tesis de Licenciatura. México, Escuela Nacional de Antropología e Historia. pp. 74-88.

Rubens, R., (2006) *Es necesaria la ejecución de un planeamiento integral de toda la región a sanear* [En línea]. Argentina, disponible en http://www.metropolitana.org.ar/idm/pdf/idm_33/nota_xtra.pdf [Accesado el día 23 de noviembre de 2010]

Sánchez, A., (1984). *El primer desagüe artificial del Valle de México*. Tesis de Licenciatura. [En línea]. México. Instituto Tecnológico de la Construcción, disponible en http://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Sanchez_Gonzalez_Alfonso_Antonio_44598.pdf [Accesado el día 24 de septiembre de 2012]

Sánchez, C., (2011). *Información general sobre la avifauna del Río Cuautitlán*. Correo electrónico parquelineal.riocuautilan@facebook.com [Accesado el día 12 de septiembre de 2011]

Sandré, I., (2003) “Desde tiempo inmemorial” Conflicto en torno a la distribución de las aguas del Río Cuautitlán, Estado de México, en la época colonial y en el siglo XX.” *Boletín del Archivo Histórico del Agua* [En línea] No. 25 pp. 18-30. México, disponible en http://archivohistoricodelagua.info/mx/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,25/ [Accesado el día 21 de abril de 2012]

Sandré, I., (2005). *Agua y espacio: El desarrollo urbano-industrial y su problemática socio ambiental: El caso de los campesinos regantes del Valle de Cuautitlán*. Tesis de Maestría. México, Universidad Autónoma de México.

Sandré, I., (2006) “Entre industrias y fraccionamientos: El legado del desarrollo urbano-industrial en Cuautitlán, Estado de México” *Boletín del Archivo Histórico del Agua* [En línea] No. 32 pp. 5-22. México, disponible en http://archivohistoricodelagua.info/mx/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,25/ [Accesado el día 21 de abril de 2012]

Sandré, I., (2008). *Conflicto por la gestión del agua documentos para el estudio de las juntas de aguas en el Valle de México, 1920-1950*, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Comisión Nacional del Agua y Archivo Histórico del Agua, México.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (1987) *Selección y cuantificación de subproductos* NMX-AA-22-1987. México.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (2000a) *Determinación de Temperatura en aguas naturales, salinas, residuales y residuales tratadas, método de prueba NMX-AA-007-SCFI-2000*. México.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (2000b) *Determinación de pH, método de prueba NMX-AA-008-SCFI-2000*. México.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (2001a) *Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO 5) y residuales tratadas, método de prueba NMX-AA-028-SCFI-2001*. México.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (2001b) *Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, método de prueba, NMX-AA-030-SCFI-2001*. México.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (2001c) *Determinación del Nitrógeno total kjeldahl en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, método de prueba NMX-AA-026-SCFI-2001*. México.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (2001d) *Determinación del fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, método de prueba NMX-AA-029-SCFI-2001*. México.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (2005) *Determinación del número más probable de coliformes totales, coliformes fecales y escherichia coli, presuntiva NMX-AA-042-SCFI-2005*. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (1996) *Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales NOM-001-SEMARNAT-1996*. México.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (Sin fecha) *Residuos Sólidos Urbanos* [En línea]. México, disponible en http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia_mce/html/mce_index.html [Accesado el día 8 de mayo de 2012]

Secretaria de Recursos Hidráulicos, (1969) *Presa Guadalupe*. México.
Seoul Metropolitan Government, (Sin fecha) *Cheonggycheon Restoration Project* [En línea]. Korea del Sur, disponible en <http://www.wfeo.org/documents/download/Cheonggycheon%20Restoration%20Project%20Korea.pdf> [Accesado el día 23 de noviembre de 2010]

Simón, A., (2006) "Los ríos que ya no tenemos" *El Universal en línea* [En línea]. México, disponible en <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/79582.html> [Accesado el día 23 de noviembre de 2010]

Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas, (2012) *Río Cuautitlán Imagen* [En línea]. México, disponible en http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#app=f4c9&4b36-selectedIndex=0 [Accesado el día 2 de marzo de 2012]

Tena, R., (2011) *Anales de Cuauhtitlán. Paleografía y traducción*, Primer edición. México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Tobón, P., (Sin fecha) *La Restauración de los ríos, un desafío para las ciudades* [En línea] Universidad Nacional de Colombia. Colombia, disponible en <http://xue.unalmed.edu.co/desafiosdeciudad/piefrm.htm> [Accesado el día 27 de noviembre de 2011]

Verdaguer, C., *La agricultura periurbana como factor de sostenibilidad urbano-territorial* [En línea]. México, disponible en <http://habitat.aq.upm.es/eacc/a-conclucasos.html#ap5> [Accesado el día 29 de septiembre de 2011]

Waterman, T., (2009) *Principios básicos de la arquitectura del paisaje*. País Vasco, Nerea Académica.