

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**“LOS COSTOS EN EL USO DE CAMBIO DE SUELO, SU IMPACTO  
ECONÓMICO Y AMBIENTAL EN LA GESTIÓN DEL AGUA EN EL  
ACUÍFERO CUAUTITLAN- PACHUCA, MUNICIPIO DE TECÁMAC.”**

**TESIS**

**PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADA EN ECONOMÍA**

**PRESENTA**

**DÚRAN RIVERA NADIA**

**ASESOR DE TESIS: DR. ALONSO AGUILAR IBARRA**

**CD. UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F. 2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por la oportunidad de realizar estudios e investigación en sus instalaciones, que me permitieron realizarme profesionalmente, especialmente al Instituto de Investigaciones Económicas que me brindó hospitalidad durante el proceso de investigación.

A mi asesor de Tesis el Dr. Alonso Aguilar Ibarra, por su gran desempeño como tutor, y su interés en transmitir el conocimiento a favor del medio ambiente y que sin su apoyo incondicional durante estos años no hubiera podido concretarse la investigación.

A los sinodales Doctores, Américo Saldivar Valdes, Sergio Efrén Martínez Rivera, Gastón Sosa Ferreira, y Eduardo Vega López, por sus valiosas observaciones y comentarios, que contribuyeron a la mejora de la presente investigación.

A CONACYT, Dirección de Investigación Científica Básica, por la beca de Licenciatura otorgada durante la investigación y sin la cual no habría sido posible la culminación del presente documento.

Agradezco la colaboración y aportaciones en la investigación del Mtro. Rolando Velázquez, y del C. Dante Nuñez en el trabajo de campo, y a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a la elaboración de la investigación.

Gracias a mi familia: Abue, siempre fuiste mi madre para darme un consejo y un abrazo cuando lo necesite, también para derramar una lágrima en tu hombro y hasta hoy sacarme de apuros, Mamá gracias a tu ejemplo estoy donde tu esperabas, y sigo adelante porque tú me das esa fuerza y coraje para enfrentarme al mundo. Erandi mi amor y mi todo, llegaste sin esperarlo y me has brindado las alegrías más grandes de mi vida, la primera vez que sentí como te movías en mi vientre comprendí el por qué debemos tratar de mejorar este mundo. Dani Te amo, me diste la razón para seguir viviendo, nuestro hijo, gracias por tanta paciencia y tantos momentos bellos, seguimos de la mano siempre juntos.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	2
<b>ÍNDICE</b> .....	3
<b>1.- INTRODUCCIÓN</b> .....	5
1.1.- USOS Y VALORES DEL AGUA.....	5
1.2.- LA SITUACIÓN GENERAL DEL AGUA EN MÉXICO.....	6
1.3.- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	20
1.4.- HIPOTESIS.....	24
<b>2.- LA PROBLEMÁTICA</b>	
2.1.- TRANSICIÓN DE LO RURAL A LO URBANO.....	25
2.2.- COMERCIO, INDUSTRIA Y “CIUDADES BICENTENARIO” ...	29
2.3.- PROBLEMÁTICA DEL MUNICIPIO DE TECAMAC.....	36
<b>3.- METODOLOGÍA</b>	
3.1.- TRABAJO DE CAMPO.....	41
3.2.- TRABAJO DE GABINETE.....	42
<b>4.- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA Y GESTIÓN DEL ACUÍFERO CUATITLAN – PACHUCA</b> .....	54
4.1.- CAUDAL DEL ACUÍFERO.....	59
4.2.- LA GESTIÓN DEL AGUA.....	64
4.3.- LOS OCHO PUEBLOS INDEPENDIENTE Y ODAPAS.....	66
4.4.- PROGRAMA DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL ESTADO DE MÉXICO.....	71

<b>5.- PRINCIPALES RESULTADOS DE CAMPO Y DE GABINETE.....</b>	<b>80</b>
5.1.- ESTRÉS HÍDRICO Y POSIBLE COLAPSO HÍDRICO.....	81
<b>6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>82</b>
<b>7.- BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>87</b>

## INTRODUCCIÓN

*Gandhi: “la naturaleza alcanza para todos, menos para la avaricia de unos cuantos”*

### 1.1.- USOS Y VALORES DEL AGUA

Nacer, y crecer en un mismo lugar tiene sus ventajas: nos permite observar el paso del tiempo, contrastar el equilibrio de la naturaleza con la vida cotidiana. Tiempo después ver la llegada de nuevas zonas habitacionales, conocer la presión para vender terrenos ejidales, y de repente los espacios desaparecen junto con los árboles; aparecen los centros comerciales y los fraccionamientos de interés social.

Hoy todo es negado, hoy no hay lugar para animales y menos para árboles frutales. Hoy el agua subterránea entubada, esconde grandes negocios, concesiones de obras, cobros y multas, a demás de malestares ambientales.

Pero no es con nostalgia como nos podemos enfrentar a los escenarios del porvenir, nos sirve para recuperar la historia, hacer previsiones para las siguientes generaciones, organizarse, alentar la participación entre ciudadanos y la representación pública.

Para los que hoy no encontramos asentados en este territorio mucho nos preocupa el escenario próximo sobre todo al observar los municipios del estado de México, en particular la tercera y cuarta corona donde se siguen autorizando grandes conjuntos habitacionales, que si bien satisfacen la necesidad social de vivienda tienden a agravar los problemas de la gran urbe y de la contaminación ambiental creciente.

Todo ello, producto de la escasa visión de futuro, del compromiso de Estado, de voluntad política y también de la corrupción, combinados estos elementos con la especulación inmobiliaria de los grandes corporativos de vivienda, la falta de sensibilidad por parte de la sociedad.

La mayor parte del siglo XX hemos sido testigos del creciente deterioro de los recursos naturales, pero sobre todo de una mayor demanda de los escasos recursos hídricos.

Algo tan fundamental como lo es el agua ha dejado de ser reconocido como un derecho universal por las élites políticas y económicas dominantes. El agua ha quedado sometida a las leyes de la oferta y la demanda del mercado, donde la distribución de los recursos se determina a partir de la capacidad de pagar.

La sociedad siempre se ha beneficiado de los servicios ambientales del agua, reconocer y valorar adecuadamente estos servicios puede ayudar a evitar la degradación ambiental, sobre todo en momentos de alto crecimiento poblacional y mayor presión territorial, Aguilar (2009).

La medida del valor monetario es el precio del agua, siempre debe reflejar su escasez y sin embargo los subsidios en México aplicados al agua no permiten que la sociedad perciba la escasez del recurso ya que los subsidios bajan el precio real. En este sentido los humanos debemos valorar un recurso natural no solo por su precio sino por su preservación o existencia.

## 1.2.- LA SITUACIÓN GENERAL DEL AGUA EN MÉXICO

El país está actualmente dividido en 13 Regiones Hidrográficas – Administrativas, y 13 Organismos de cuenca, ya que las cuencas son las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, estas regiones administrativas están formadas por agrupaciones de cuencas respetando los límites municipales, facilitando la integración de la información socioeconómica.

La CONAGUA es la encargada de la gestión del agua en México y desempeña sus funciones a través de 13 organismos de cuenca cuyo ámbito de competencia son las regiones hidrológicas administrativas.

De acuerdo con los trabajos realizados por la CONAGUA se han identificado 1471 cuencas hidrográficas en el país de las cuales se han agrupado o subdividido en 728 cuencas hidrológicas.

Las cuencas se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas y éstas a su vez en 13 regiones administrativas:

Tabla No. 1. Ciudades sede de los Organismos de Cuenca

Organismo de Cuenca	
I	Península de Baja California. Mexicali, Baja California
II	Noreste, Hermosillo, Sonora
III	Pacífico Norte. Culiacán, Sinaloa
IV	Balsas. Cuernavaca, Morelos
V	Pacífico Sur. Oaxaca, Oaxaca
VI	Río Bravo. Monterrey, Nuevo León
VII	Cuencas Centrales del Norte. Torreón, Coahuila de Zaragoza
VIII	Lerma - Santiago – Pacífico. Guadalajara, Jalisco
IX	Golfo Norte. Ciudad Victoria, Tamaulipas
X	Golfo Centro. Xalapa, Veracruz
XI	Frontera Sur. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
XII	Península de Yucatán. Mérida, Yucatán
XIII	Aguas del Valle de México. México, Distrito Federal

Fuente Reglamento Interior de la CONAGUA México, 2006

Tabla No. 2. 37 Regiones en las que se dividen las cuencas

Regiones Hidrológicas	
1.- Baja California Noroeste	20.- Costa Chica de Guerrero
2.- Baja California Centro – Oeste	21.-Costa de Oaxaca
3.- Baja California Suroeste	22.- Tehuantepec
4.- Baja California Noreste	23.-Costa de Chiapas
5.- Baja California Centro – Este	24.- Bravo - Conchos
6.- Baja California Sureste	25.- San Fernando - Soto la Marina
7.- Rio Colorado	26.- Pánuco
8.- Sonora Norte	27.- Norte de Veracruz
9.- Sonora Sur	28.- Papaloapan
10.- Sinaloa	29.- Coatzacoalcos
11.- Presidio – San Pedro	30.- Grijalva - Usumacinta
12.- Lerma Santiago	31.- Yucatán Oeste
13.- Río Huicicila	32.- Yucatán Norte
14.- Río Ameca	33.- Yucatán Este
15.- Costa de Jalisco	34.- Cuencas Cerradas del Norte
16.- Armería - Coahuayana	35.- Mapimí
17.-Costa de Michoacán	36.- Nazas - Aguanaval
18.- Balsas	37.-El Salado
19.-Costa Grande De Guerrero	
Fuente CNA 2008	

## DISPONIBILIDAD

Anualmente México recibe del orden de 1488 millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación, el 72% se evotrasnpira y regresa a la atmosfera, el 25.4% escurre por ríos y el 2% restante se infiltra por el suelo y recarga los acuíferos, de tal forma que anualmente el país cuenta con 458mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, lo que se le denomina disponibilidad natural media.

Esta disponibilidad media natural per cápita que resulta de dividir el valor nacional entre el número de habitantes, ha disminuido de 18035 m<sup>3</sup>/hab/año en 1950 a tan sólo 4312 en el 2007 según las Estadísticas del agua de la CNA (2008).

Tabla No. 3

Disponibilidad natural media per cápita, por región Hidrológico-Administrativa, 2007						
Región Hidrológico- Administrativa		Disponibilidad natural media total (m.ll.m/año)	Población a dic. de 2007 (millones de habitantes)	Disponibilidad natural media per cápita 2007 (m/hab/año)	Escurrimiento natural medio superficial total (m.ll.m/año)	Recarga media total de acuíferos (m.ll.m/año)
I	Península de Baja California	4 616	3.58	1 289	3 367	1 249
II	Noroeste	8 204	2.57	3 192	5 074	3 130
III	Pacífico Norte	25 627	3.96	6 471	22 364	3 263
IV	Balsas	21 651	10.54	2 055	17 057	4 601
V	Pacífico Sur	32 794	4.12	7 960	30 800	1 994
VI	Rio Bravo	12 024	10.7	1 124	6 857	5 167
VII	Cuencas Centrales del Norte	7 780	4.12	1 888	5 506	2 274
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	34 037	20.63	1 650	26 351	7 686
IX	Golfo Norte	25 500	4.94	5 162	24 227	1 274
X	Golfo Centro	95 455	9.58	9 964	91 606	3 849
XI	Frontera Sur	157 754	6.5	24 270	139 739	18 015
XII	Península de Yucatán	29 645	3.9	7 603	4 329	23 316
XIII	Aguas Del Valle de México	3 008	21.09	143	1 174	1 834
	Total	458 100	106.23	4 312	378 449	79 651

Las medidas se refieren a valores históricos de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.  
 Se consideran las aguas residuales que se generan en la zona Metropolitana del Valle de México  
 FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado con base en datos de:  
 CONAGUA. Subdirección General Técnica  
 CONAPO. Proyecciones de la población de México 2005-2050. México, 2007

## AGUAS SUBTERRANEAS

El agua subterránea es la que se encuentra debajo de la superficie del suelo, incluyendo la que va del suelo hacia el nivel freático, y aquella que se encuentra por debajo de ese nivel, las zonas donde este líquido se encuentra se llama vadosa o no saturada y saturada.

Debido a las condiciones geológicas de México el subsuelo esta formado de rocas con características apropiadas para que el agua circule a través de ellas hasta una profundidad de 2 mil metros. Así el líquido subterráneo es el más vasto para diversos usos y sobre todo para los ecosistemas.

En lo que se refiere a las aguas subterráneas este país está dividido en 653 acuíferos o unidades hidrogeológicas (como ya se señalo anteriormente), conforme a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación del 5 de diciembre de 2001.

La importancia del agua subterránea queda de manifiesto por la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios; cerca del 37% del volumen total concesionado para usos consuntivos es de origen subterráneo, para fines de administración del agua el país está dividido en 653 acuíferos.

Tabla No. 4

Volúmenes concesionados para usos consuntivos, por entidad federativa, 2007						
Entidad Federativa	Volumen Total Concesionado	Agrícola	Abastecimiento Público	Industria Autoabastecida sin Termoeléctricas	Termoeléctricas	
1	Aguascalientes	625.3	495	118.9	11.4	0
2	Baja California	3 104.7	2 563.7	265.9	79.9	195.1
3	Baja California Sur	399.3	325.7	61.5	8.2	3.9
4	Campeche	619	476.8	125.4	16.8	0
5	Coahuila de Zaragoza	1 940	1 606.3	185.3	73.5	74.9
6	Colima	1 650.7	1 561	61.5	24.4	3.8
7	Chiapas	1 676.8	1 385.9	261.5	29.4	0
8	Chihuahua	5 148.4	4 593	476.1	51.7	27.6
9	Distrito Federal	1 122.5	1.3	1 089.8	31.5	0
10	Durango	1 558.8	1 375.1	153.5	18.8	11.5
11	Guanajuato	4 059.2	3 395.6	587.1	56	20.5
12	Guerrero	4 259.6	837.9	287	12.5	3 122.1
13	Hidalgo	2 336.7	2 019.7	168	66.4	82.6
14	Jalisco	3 663.5	2 815	717.7	130.7	0.1
15	México	2 751.7	1 250	1 338.4	156.4	6.9
16	Michoacán de Ocampo	5 068.9	4 606.6	271.9	142.2	48.2
17	Morelos	1 233.6	916.1	258.5	59	0
18	Nayarit	1 186.6	1 025.9	105	55.7	0
19	Nuevo León	2 017.7	1 421.7	511.7	79.9	4.4
20	Oaxaca	1 087.7	847.8	200.8	39.1	0
21	Puebla	2 491.9	1 989	382.8	113.6	6.5
22	Querétaro Arteaga	1 019	660.3	291.7	61.3	5.7
23	Quintana Roo	459.8	93	91.1	275.6	0
24	San Luis Potosí	1 333.3	1 092.3	170.8	29.2	41
25	Sinaloa	9 164.3	8 608.4	509.6	46.4	0
26	Sonora	7 394.2	6 361.6	954.6	78	0
27	Tabasco	395.2	153.5	182.8	58.9	0
28	Tamaulipas	3 775.7	3 300.2	317.7	103.7	54
29	Tlaxcala	283.8	178.9	85.5	19.4	0
30	Veracruz de Ignacio de la Llave	4 591.7	2 504.7	568.5	1 150.6	367.9
31	Yucatán	1 102.7	814.5	245.1	33.6	9.5
32	Zacatecas	1 427.5	1 295.5	112.5	19.5	0
	TOTAL	2782.4	5800.8	8730	1982.7	964.1

NOTAS: Las sumas pueden no coincidir por el redondeo de las cifras.  
 Los volúmenes son al 31 de diciembre de 2007.  
 FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Administración de Agua

## SOBRE EXPLOTACIÓN

A partir de la década de los setenta, ha venido aumentando sustancialmente el número de acuíferos sobreexplotados, 32 acuíferos en 1975, 36 en 1981, 80 en 1985, 97 en 2001, 102 en 2003, 104 en 2006, sin embargo se redujo en el 2007 a 101, y de todos estos se extrae el 58% del agua subterránea para todos los usos.

De acuerdo con la CNA de las 13 regiones hidrológico – administrativas en que se dividió el país las que presentan menor disponibilidad de agua se ubican en las zonas de desarrollo de las ciudades más importantes y pobladas del país.

Así la región Lerma – Santiago – Pacifico, donde se encuentra: Toluca, Querétaro y Guanajuato, tiene una disponibilidad promedio de  $820 \text{ m}^3/\text{hab/año}$ , considerada muy baja, al igual que las cuencas centrales del norte con  $726 \text{ m}^3/\text{hab/año}$ .

Lo más dramático es que la región del Valle de México donde nos encontramos, la disponibilidad es considerada extremadamente baja con  $188 \text{ m}^3/\text{hab/año}$ . Se tienen los acuíferos con las tasas más elevadas de presión sobre los recursos hídricos con un promedio de presión de 155%, le sigue la península de Baja California con 75%, Rio Bravo 76%, Lerma- Santiago – Pacifico con 40%.

De acuerdo con las autoridades mexiquenses, en la actualidad existe un déficit de agua potable de  $3 \text{ m}^3/\text{segundo}$  y la demanda por crecimiento poblacional que registra el Estado, de 350 mil habitantes por año, y se irá incrementando en un metro cubico más cada año.

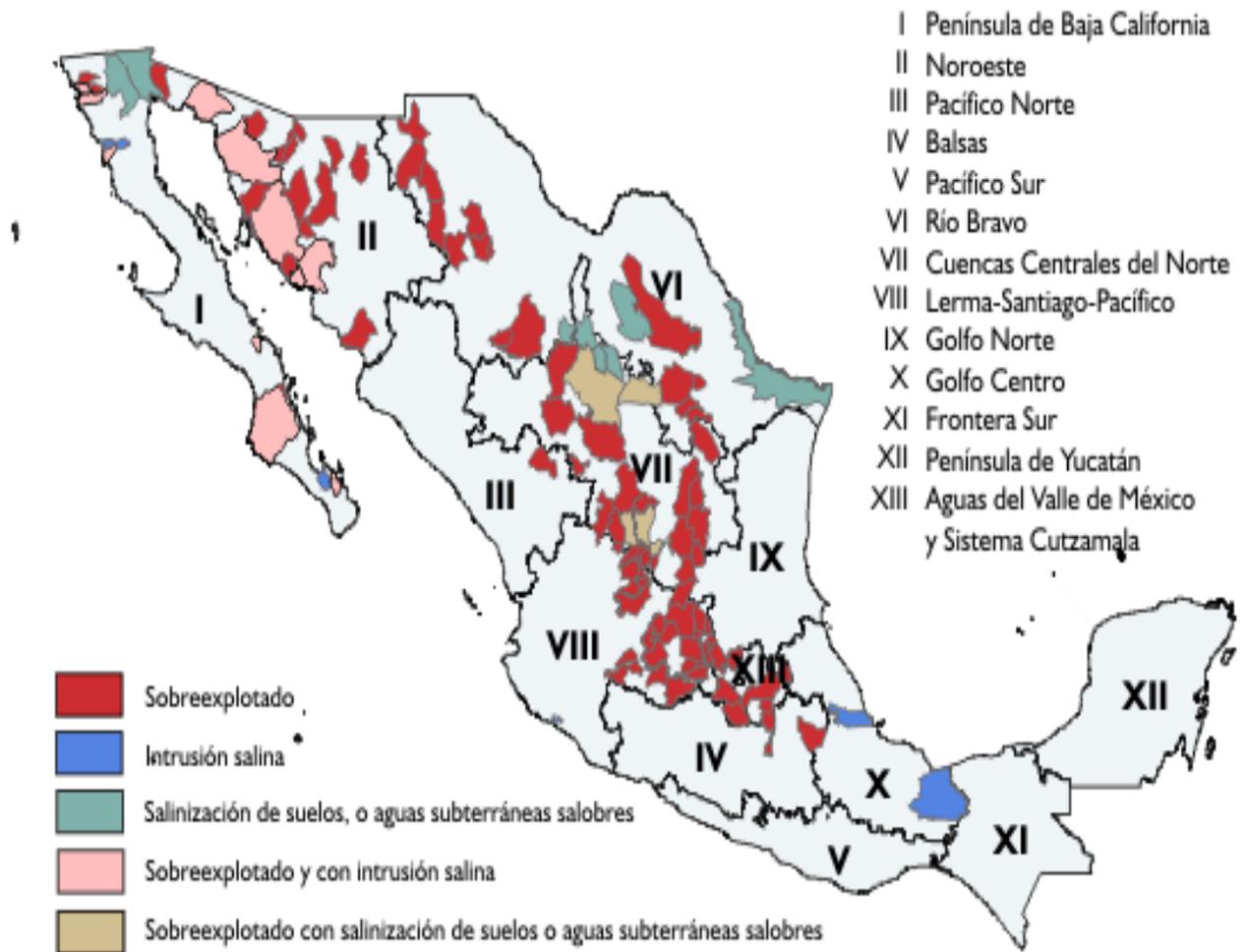
Según datos de la Organización de la Naciones Unidas el estándar mundial advierte que una nación con una garantía de menos de  $5 \text{ mil m}^3 \text{ hab/año}$ , es un país presionado con tendencias a sufrir conflictos por el agua.

Si México como país tiene una garantía de  $4300 \text{ L hab/año}$  y el Estado de México y el DF andan en el rubro de los  $400 \text{ m}^3$  al año nos indica que toda la zona centro del país tendrá graves problemas en poco tiempo.

Seis de los 9 acuíferos que existen en la entidad están sobre explotados a mas del 150% según datos de la CNA.

Señala Jiménez Cisneros. (2001) que el acuífero no es renovable si se explota con un tasa mayor a la de recarga deteriorando su calidad.

Figura. No.1. Disponibilidad de agua por Región, México 2007



Fuente: CNA 2007

Tabla No. 5. Sobreexplotación en los acuíferos del país.

Acuíferos del país, por Región Hidrológico- Administrativa, 2007						
Región Hidrológico- Administrativa		Número de Acuíferos				
		Total	Sobreexplotado	Con intrusión marina	Bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres	Recarga media (mill.m)
I	Península de Baja California	87	7	9	4	1 249
II	Noroeste	63	13	5	0	3 130
III	Pacífico Norte	24	2	0	0	3 263
IV	Balsas	46	2	0	0	4 601
V	Pacífico Sur	35	0	0	0	1 994
VI	Rio Bravo	100	15	0	4	5 167
VII	Cuencas Centrales del Norte	68	24	0	8	2 274
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	127	32	1	0	7 686
IX	Golfo Norte	40	2	0	0	1 274
X	Golfo Centro	22	0	2	0	3 849
XI	Frontera Sur	23	0	0	0	18 015
XII	Península de Yucatán	4	0	0	1	25 316
XIII	Aguas Del Valle de México	14	4	0	0	1 834
	Total	653	101	17	17	79 651

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General Técnica

#### Grado de Presión sobre el recurso

El porcentaje que representa el agua utilizada para usos consuntivos respecto a la disponibilidad total es un indicador del grado de presión que ejerce sobre los recursos hídricos en un país, cuenca o región. Se considera que si el porcentaje es mayor al 40% se ejerce fuerte presión sobre el recurso.

El país en su conjunto experimenta un grado de presión del 17% considerado de nivel moderado, sin embargo la zona centro y norte del país ejerce un grado de presión del 47%, como lo señala la tabla numero 6.

Tabla. No.6

Grado de presión sobre el recurso hídrico, por Región Hidrológico-Administrativa, 2007				
Región Hidrológico Administrativa	Volumen total de agua concesionado (mill.m)	Disponibilidad natural media (mill.m)	Grado de presión sobre el hídrico (%)	Clasificación del grado de presión
I Península de Baja California	3 503.9	4 616	75.91	Fuerte
II Noroeste	7 572.8	8 204	92.3	Fuerte
III Pacífico Norte	10 376.5	25 627	40.49	Fuerte
IV Balsas	10 778.1	21 657	49.77	Fuerte
V Pacífico Sur	1 343.2	32 794	4.1	Escasa
VI Río Bravo	9 191.3	12 024	76.44	Fuerte
VII Cuencas Centrales del Norte	3 834.3	7 780	49.28	Fuerte
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	13 872.9	34 037	40.76	Fuerte
IX Golfo Norte	4 681.4	25 500	18.36	Moderada
X Golfo Centro	4 867.3	95 455	5.1	Escasa
XI Frontera Sur	2 128.7	157 754	1.35	Escasa
XII Península de Yucatán	2 133.7	29 645	7.2	Escasa
XIII Aguas Del Valle de México	4 665.4	3 008	155	Fuerte

NOTAS: Las sumas pueden no coincidir por el redondeo de las cifras.

Grado de presión sobre el recurso hídrico= 100 (Volumen total de agua concesionado/Disponibilidad natural media de agua).

FUENTE CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de:

CONAGUA. Subdirección General de Administración del Agua.

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Existen dos fuentes de contaminación hídrica, la natural: “ocurre sin la intervención del hombre” y la antropogénica: “causada directamente por las actividades humanas”, según Luis Marín, investigador del Instituto de Geofísica de la UNAM y coordinador de la Red del Agua de la Academia Mexicana de Ciencias, desde el punto de vista de su composición química la contaminación del agua, se divide en bacteriológica, inorgánica, orgánica y radiactiva. Esta última proviene de tres fuentes esenciales, desechos de plantas nucleares; de hospitales y centros de investigación, así también como la construcción de bombas nucleares, actividad inexistente en México.

La calidad del agua subterránea señala Jiménez Cisneros. (2001) es superior al del agua superficial con respecto al contenido bacteriológico y puede variar de un sitio a otro, pero es más económico suministrar agua subterránea que superficial debido al bajo costo de tratamiento siempre y cuando su calidad sea buena y no se encuentre en zonas muy profundas. La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores, la demanda Bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub>), la Demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (SST). La DBO<sub>5</sub> y la DQO se utilizan para indicar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de agua residuales, de origen municipal y no municipal. La SST tiene su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de sus niveles hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer áreas con deforestación severa.

También estudios realizados por un grupo de investigadores de la UNAM coordinado por la Doctora Marisa Mazarí – Hiriart del Instituto de Ecología, arrojan datos sobre la calidad del agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México donde existen 84 especies de bacterias pertenecientes a nueve géneros asociadas con contaminación fecal y también se encuentran presentes compuestos químicos como nitratos, carbono orgánico.

La presencia de estas bacterias sobrepasa los estándares establecidos en México y en otros países para el consumo humano de agua, la siguiente tabla muestra las escalas de clasificación del agua.

Tabla. No.7

Escalas de Clasificación de la calidad del Agua		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)		
Criterio	Clasificación	Color
Mg/l	Excelente No Contaminada	Azul
DBO <sub>5</sub> 3		
3 < DBO <sub>5</sub> ≤ 6	Buena Calidad Aguas Superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Verde
6 < DBO <sub>5</sub> ≤ 30	Aceptable Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	Amarillo
30 < DBO <sub>5</sub> ≤ 120	Contaminada Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	Naranja
DBO <sub>5</sub> > 120	Fuertemente Contaminada Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Rojo
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		
DQO ≤ 10	Excelente No Contaminada	Azul
10 < DQO ≤ 20	Buena Calidad Aguas Superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	Verde
20 < DQO ≤ 40	Aceptable Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	Amarillo
40 < DQO ≤ 200	Contaminada Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	Naranja
DQO > 200	Fuertemente Contaminada Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Rojo
Sólidos Suspendidos Totales (SST)		
SST ≤ 25	Excelente excepción, muy buena calidad	Azul
25 < SST ≤ 75	Buena Calidad Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto.	Verde
75 < SST ≤ 150	Aceptable Aguas superficiales con indicio de contaminación. Con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido.	Amarillo
150 < SST ≤ 400	Contaminada superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Agua con alto contenido de material suspendido	Naranja
SST > 400	Fuertemente Contaminada Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces.	Rojo

Fuente: CONAGUA. Subdirección General Técnica. 2008

## INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA DEL PAÍS

Dentro de la infraestructura hidráulica con que se cuenta en el país para proporcionar el agua requerida para los diferentes usuarios nacionales se encuentran:

- 4000 presas de almacenamiento
- 6.46 millones de hectáreas de riego
- 2.46 millones de hectáreas de temporal tecnificado
- 541 plantas potabilizadoras en operación
- 1710 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación
- 2021 plantas de tratamiento de aguas residuales en operación
- 3000 km de acueductos

## INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

La CONAGUA considera que la cobertura de agua potable incluye a las personas que tienen agua entubada dentro de la vivienda; fuera de la vivienda, pero dentro del terreno; de la llave pública o bien de otra vivienda. Los habitantes con cobertura no necesariamente disponen de agua con calidad potable.

Tomando en cuenta esta definición y los resultados del conteo de población y vivienda del 2005 al 17 de octubre de ese año el 89% de la población tenía cobertura de agua potable. Al cierre del 2007 la cobertura alcanzó el 89%.

Con respecto al alcantarillado en 2005 se cubría un 85% de la población, al cierre del 2007 la cobertura fue de 86%.

## PLANTAS POTABILIZADORAS

Para que el agua se considere potable es necesario que contenga sustancias que le proporcionen sabor agradable (oxígeno, dióxido de carbono, potasio, y magnesio, en pequeñas cantidades) y de igual manera es indispensable la ausencia de otras sustancias, Jiménez (2001).

Las plantas potabilizadoras condicionan la calidad del agua de las fuentes superficiales y /o subterráneas al uso público urbano. En 2007 se potabilizaron 86.4m<sup>3</sup> /s en las 541 plantas en operación del país.

Tabla. No.8

Plantas Potabilizadoras en operación, por Región Hidrológico-Administrativa, 2007			
Región Hidrológico- Administrativa	Numero de Plantas en Operación	Capacidad Instalada (m/s)	Caudal Tratado (m/s)
I Península de Baja California	38	11.17	6.38
II Noroeste	20	2.89	1.58
III Pacífico Norte	1	9.08	7.23
IV Balsas	21	23.18	17.58
V Pacífico Sur	8	3.18	2.59
VI Rio Bravo	3	25.96	15.82
VII Cuencas Centrales del Norte	4	0.37	0.25
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	2	19.37	12.11
IX Golfo Norte	40	6.59	5.83
X Golfo Centro	7	6.4	4.58
XI Frontera Sur	5	13.17	8.22
XII Península de Yucatán	1	0.01	0.01
XIII Aguas Del Valle de México	37	5.12	4.23

FUENTE: CONAGUA, Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

Tabla. No.9

Principales Procesos de Potabilización Aplicados, 2007					
Proceso Central	Propósito	Plantas		Gasto Potabilizado	
		No.	%	m/s	%
Ablandamiento	Eliminación de dureza	11	2	0.65	0.75
Adsorción	Eliminación de trazas de orgánicos	13	2.4	1.27	1.47
Clarificación Convencional	Eliminación de sólidos suspendidos	184	34	58.25	67.43
Clarificación de Patente	Eliminación de sólidos suspendidos	137	25.3	6.58	7.62
Electrodíálisis Reversible	Eliminación de sólidos disueltos	2	0.4	0.12	0.14
Filtración Directa	Eliminación de sólidos suspendidos	58	10.7	14.58	16.87
Filtros Lentos	Eliminación de sólidos suspendidos	6	1.1	0.04	0.05
Ósmosis Inversa	Eliminación de sólidos disueltos	114	21.1	1.43	1.65
Remoción de Hierro y Manganeseo		16	3	3.48	4.02

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

## TRATAMIENTO Y REUSO DEL AGUA

Aguilar (2009), advierte que hay una gran diferencia entre re- uso y reciclado del agua. El re- uso es el empleo de agua que alguien más ha utilizado y ha vertido en la naturaleza mientras que el reciclado es la reutilización del agua por el mismo agente antes de descargarla al medio.

Hay tres tipos de re- uso de agua:

- 1) Re-uso no potable: agua residuales para riego o industria
- 2) Re-uso potable indirecto: recarga de acuíferos
- 3) Re-uso potable directo: no se utiliza dilución

## DESCARGA DE AGUA RESIDUAL

Las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales e industriales. Las primeras corresponden a las que son manejadas en los sistemas municipales de alcantarillado municipales urbanos y rurales, en tanto que las segundas son aquellas descargadas directamente a los cuerpos de agua receptores de propiedad nacional.

## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En el año 2007, las 1710 plantas en operación en el país trataron  $79.3\text{m}^3/\text{s}$  es decir el 38% de los  $207\text{m}^3/\text{s}$  recolectados en los sistemas de alcantarillado.

Las plantas de aguas residuales tienen tres niveles de tratamiento: primario, secundario y terciario: en el primario, se limpian las aguas negras de sólidos en suspensión y material orgánico. En los dos primeros tratamientos no se eliminan productos químicos persistentes como los plaguicidas.

En el secundario, se reduce casi por completo la materia orgánica y en el terciario se intenta eliminar contaminantes resistentes y nutrientes, como los fosfatos y nitratos para que el agua quede purificada y poderla descargar en el medio ambiente.

En México la mayor parte de las plantas tratadoras del líquido son de tipo primario y secundario siendo muy pocas las de procedimiento terciario por su elevado costo.

## RE-USO DEL AGUA RESIDUAL

Se estima que en el año 2007 en México se utilizaron 4722 millones de metros cúbicos de agua. El re-uso de agua de origen municipal destaca la transferencia de aguas residuales colectadas en las redes de alcantarillado hacia cultivos agrícolas. En una menor proporción se reutilizan dichas aguas en las industrias, así como las termoeléctricas, como es el caso de la central termoeléctrica de Villa de Reyes San Luis Potosí y en hidroeléctricas como la de Zimapan. El re-uso de agua de origen industrial (no municipal) destacan las aguas residuales de los ingenios azucareros en el cultivo de caña en el Estado de Veracruz.

Tabla. No.10

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales en Operación, por entidad Federativa, 2007				
Entidad Federativa		Numero de Plantas en Operación	Capacidad Instalada (m/s)	Caudal Tratado (m/s)
1	Aguascalientes	108	3.91	3.003
2	Baja California	25	6.52	4.93
3	Baja California Sur	16	1.2	0.84
4	Campeche	10	0.08	0.05
5	Coahuila de Zaragoza	20	3.77	2.97
6	Colima	50	1.44	0.95
7	Chiapas	24	1.51	1.18
8	Chihuahua	119	8.72	6.31
9	Distrito Federal	27	6.48	2.81
10	Durango	165	3.53	2.58
11	Guanajuato	36	5.74	4.26
12	Guerrero	35	1.94	1.07
13	Hidalgo	12	0.22	0.21
14	Jalisco	96	3.77	3.39
15	México	75	7.22	4.9
16	Michoacán de Ocampo	25	3.52	2.47
17	Morelos	27	1.33	1.06
18	Nayarit	60	1.96	1.2
19	Nuevo León	61	13.09	11.87
20	Oaxaca	65	0.91	0.69
21	Puebla	67	3.02	2.42
22	Querétaro Arteaga	63	1.11	0.71
23	Quintana Roo	29	2.08	1.6
24	San Luís Potosí	19	2.1	1.73
25	Sinaloa	120	5.02	4.18
26	Sonora	66	4.19	3
27	Tabasco	70	1.81	1.32
28	Tamaulipas	33	3.63	3.57
29	Tlaxcala	52	1.23	0.87
30	Veracruz de Ignacio de la Llave	87	4.68	2.65
31	Yucatán	13	0.08	0.07
32	Zacatecas	35	0.48	0.42

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. 2008

## MARCO JURÍDICO PARA EL USO DE LAS AGUAS NACIONALES

La explotación racional de los mantos acuíferos y de otras fuentes está sustentada en la Constitución Mexicana de 1917 conforme al artículo 27 que asigna al Estado la propiedad de los acuíferos, mares, lagos y ríos.

La ley de Aguas Nacionales (LAN) establece la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de la CONAGUA por medios de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la LAN y su reglamento por un periodo máximo de 50 años.

Que en la mayoría de los casos ocasiona la sobreexplotación de los mantos y bombeo a profundidades incosteables o simplemente a dichas profundidades representa un riesgo a la salud humana por los minerales contenidos en aguas tan profundas.

Pero el nulo o bajo costo del agua subterránea estipulado por la ley de Aguas Nacionales (LAN) se ha constituido en un incentivo para su explotación en gran escala con el fin de satisfacer necesidades básicas, industriales y comerciales en muchas zonas del país (Ángeles Sevilla, 2004).

De manera similar, para las descargas de aguas residuales, es necesario contar con un permiso de descargas expedido por la CONAGUA.

Los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga se inscriben en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) el cual está en marcha desde 1992 con la expedición de la LAN.

A diciembre de 2007, se contaba con 354238 títulos de aguas nacionales inscritos en el REPGA, que corresponden a un volumen concesionado de 78950 millones de metros cúbicos ( $\text{hm}^3$ ), de usos consuntivos y 161239  $\text{hm}^3$  de usos no consuntivos.

En el año 2004 se hicieron modificaciones a la legislación donde se mantiene el criterio de “bien económico” y se adicionó el concepto “estratégico” con el que el gobierno reduce la responsabilidad del Estado a la conservación del recurso.

El artículo 18 de la ley de Aguas Nacionales posibilita que las aguas nacionales del subsuelo sean “libremente alumbradas mediante obras artificiales, sin contar con concesión o asignación, excepto cuando el ejecutivo feral establezca zonas reglamentadas para su extracción y para su explotación, uso o aprovechamiento, así como zonas de veda o zonas de reserva.”

## ZONAS DE VEDA

El Gobierno Federal ha emitido vedas que prohíben o restringen las extracciones de agua en diversas regiones.

En el caso de las aguas subterráneas, se tiene 145 zonas de veda vigentes, publicadas entre 1948 y 2007.

Para el caso de las aguas superficiales, las vedas existentes son de los años 1929 a 1975. La LAN establece que para otorgar títulos de concesión o asignación se tomara en cuenta la disponibilidad media anual de agua de la cuenca hidrológica o acuífero en el que se vaya a realizar el aprovechamiento. La CONAGUA tiene como obligación publicar las disponibilidades para lo cual se creó la norma NOM-011-CNA-2000 “Conservación del recurso del agua – que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales” en el cual se indica la metodología para hacerlo.

### **1.3.- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

El objetivo principal del presente trabajo es establecer las bases para el aprovechamiento sustentable de los ya escasos recursos hídricos del acuífero Cuautitlán – Pachuca en específico del Municipio de Tecámac, manteniendo un equilibrio con el medio ambiente y la sociedad que hoy en día habita el municipio.

Planteo la problemática actual y sus consecuencias, así como sus posibles soluciones, es decir cuánto nos costará remplazar a la naturaleza con tecnología, presentando los posibles costos económicos y ambientales que de no llevar a cabo tendríamos que pagar. Debemos tomar en cuenta que la tecnología por avanzada que sea sólo sacara de apuros al que pueda pagarla y que no estamos en condiciones de malgastar despreocupadamente las reservas de agua. (Barlow, et al. 2001)

El México del siglo XX se ha encargado de alimentar a la creciente población bombeando en exceso sus acuíferos, una medida que virtualmente garantiza una futura caída de la producción alimentaria cuando los acuíferos se agoten. Es decir, las grandes amenazas a las que no se presta atención, son a la erosión de los suelos que pone en peligro la subsistencia y el abastecimiento de alimentos de millones de mexicanos.

La sobre explotación de los acuíferos se ha incrementado porque los volúmenes de filtración se han reducido como una consecuencia de la pérdida de zonas de recarga dados los cambios de uso de suelo por la creciente urbanización.

La siguiente fotografía muestra los cambios de uso de suelo que se están dando en el municipio por parte de los desarrolladores inmobiliarios, en la parte del fondo se muestra la zona habitacional Sierra Hermosa que pertenece a la empresa inmobiliaria GEO del

grupo SADASI, y que se encuentra asentada sobre una parte de zona natural protegida, las casas que parecen estar mas cerca son de otro fraccionamiento llamado Villas del Real, estas ultimas se encuentran en la parte baja de un cerro con fuerte pendiente.



Fotografía No. 1, Fraccionamiento Villas del Real, y Sierra Hermosa, Tecámac, Edo. De México, 2009

El rápido crecimiento poblacional y aun más la migraciones hacia el Valle de México han generado que el volumen de agua demandado sea mayor al suministrado, lo que ha obligado a los gobiernos municipales y estatales a decidir a quién dejar sin el recurso, privilegiando a las grandes ciudades.

Una de las problemáticas fundamentales en el Valle de México es que se localiza a más de 2 mil metros sobre el nivel del mar con una de las mayores concentraciones humanas del planeta y donde prácticamente se han agotado las fuentes del líquido a nivel superficial alterando el equilibrio ecológico de la zona, y el gasto de energía es muy elevado para transportar agua a esta altitud, y la mayor parte de la población concentrada en la metrópoli es de mediano y bajo ingreso. Una de las principales fuerzas motrices de la degradación ambiental es la desigualdad social y la pobreza, ya que la gente de escasos recursos ve como fuente de vivienda zonas como la sierra de Guadalupe (sin tener conocimiento de la importancia que la sierra tiene para la recarga del acuífero como agente filtrador de agua), que hasta hace 10 años era una zona despoblada, sin tomar en cuenta, la infraestructura que con el tiempo el municipio tendrá que implementar, y la fuerte pendiente que la sierra tiene para las bajadas de agua en los meses de junio a octubre.



Fotografía, No.2, Sierra de Guadalupe Edo. De México, 2009.

La mayoría de los nuevos fraccionamientos se han edificado sobre suelos agrícolas con alto valor productivo, lo que agrega a un costo extra al crecimiento de la mancha urbana, según Ezcurra, (2003). Más de 50 000 hectáreas en la cuenca del valle de México se han perdido durante las últimas tres décadas de 1980- 2010, y adicionalmente los nuevos centros urbanos que no ocupan suelo agrícola han sido edificados sobre laderas como la Sierra de Guadalupe, sin tomar previsiones adecuadas en relación con la esorrentía y la erosión hídrica que genera la tala y la construcción en zonas de fuerte pendiente. La consecuencia a mediano plazo de esto son las venidas de agua y la erosión del suelo incrementándose significativamente.

La urbanización en las zonas de recarga daña la capacidad de la cuenca para amortiguar los picos de lluvia.



Fotografía No.3.Fraccionamiento Real del Sol (antes 4 arboles), Tecámac, Edo. De México, 2009

El terreno que se ve en la fotografía numero cuatro muestra como hasta el año pasado algunos terrenos ejidales en los que hoy se asientan estos fraccionamientos eran sembrados con diversos cultivos de legumbres.

Ángeles Sevilla, (2004) comenta que las aguas subterráneas tienen un ritmo de renovación muy lento, se calcula que mientras el tiempo de permanencia media del agua en un rio es de días, en los acuíferos es de cientos de años lo que hace muy problemática su purificación.

Esto ha generado desconfianza en la población a consumir agua directamente de los acuíferos y otros sistemas de abastecimiento, que implica que las personas consuman agua envasada a precios altos y que los pagos por el servicio de agua potable que suministra el sistema municipal y los sistemas de agua independientes sean reducidos e incosteables, ya que sólo el 10% del costo se recupera vía tarifas cifras dadas por Libreros, et, al (2004).

Según Barlow (2001), en su libro el Oro Azul, el agua embotellada no es siempre más sana que el agua del grifo y en ciertos casos menos sana, conclusión dada por un estudio público en marzo de 1999 por Natural Resources Defense Council (NRDC) con sede en Estados Unidos que afirma que la tercera parte de todos las marcas de agua embotellada contenían determinados niveles de contaminación, incluidos rastros de arsénico y E. Coli, bacteria causante de infecciones gastrointestinales, siendo México el segundo país después de Italia en consumir más agua embotellada.

Ni la cuenca ni el acuífero son autosuficientes hablando de recursos naturales, es decir la necesidad que tienen de recursos exógenos crece cada día con la demanda demográfica, creando graves problemas ambientales al resto del país, además la clase media urbana del acuífero demanda productos alimenticios de otras cuencas.

#### **1.4.- HIPOTESIS**

De alguna manera la forma en la que se distribuye la población es un indicador del dinamismo económico de los municipios de la Zona Metropolitana del Valle de México, la deficiente infraestructura en vialidades, el poco equipamiento respecto a hospitales y educación, el cambio de uso de suelo de agrícola a urbano sin tomar en cuenta las zonas naturales protegidas junto con las fuertes pendientes de los cerros que se encuentran en el municipio, y el manejo de la gestión agua que se ha dado en los últimos años en el municipio de Tecámac, no es el adecuado de acuerdo al Programa de Ordenamiento Territorial, del Estado de México, los costos que tendremos que pagar como sociedad serán altos desde el punto de vista ambiental y por supuesto del económico, hemos llevado al límite a la naturaleza interrumpiendo sus ciclos y lo tendremos que pagar con tecnología que tal vez no esté económicamente al alcance de todos.

## **2.- LA PROBLEMÁTICA**

### **2.1.- TRANSICIÓN DE LO RURAL A LO URBANO**

En este capítulo abordaremos el impacto del crecimiento de la población durante las últimas décadas, de 1980 a 2009 en materia económica, y ambiental.

La tecnología y los servicios sanitarios, particularmente en los países ricos y en vías de desarrollo, han permitido a la gente usar más agua de la que necesitan.

La industrialización masiva está sacudiendo el equilibrio entre el hombre y la naturaleza en muchos continentes especialmente en poblaciones rurales de Latinoamérica, donde la agricultura basada en la exportación reclama más agua que en otro tiempo utilizaban los pequeños ejidatarios para la autosuficiencia agrícola.

El crecimiento sin planificación en el corto y largo plazo siempre trae consigo consecuencias fatales para todo aquel que se encuentra en la zona afectada.

La transformación del ambiente natural por las sociedades humanas, iniciada desde tiempos anteriores a los aztecas, ha tenido profundas consecuencias ambientales en la cuenca.

En nuestro caso según describe Ezcurra, et al. (2006) la Zona metropolitana heredó y con mucho una de las principales características de la gran Tenochtitlan: su alta densidad en población humana.

Cuando se inició la colonización humana en la cuenca de México, particularmente en la región norte, un bosque de coníferas cubría las cordilleras y el piedemonte superior, mientras en el inferior probablemente estaba cubierto por un bosque mesófilo, rico en encinos.

La explotación excesiva de los recursos naturales un ambiente semiárido que rodea Tenochtitlan y la falta de una tecnología lo bastante desarrollada para explotar los terrenos fértiles fue decisivo para el declive de la civilización. Su desarrollo dado el peso político y religioso ocasionó un gran proceso de deforestación a gran escala en el norte de la cuenca.

Ezcurra, et al. (2006) indica que la cantidad total de madera utilizada por los teotihuacanos durante su último siglo implicó la tala de 30000 a 60000 hectáreas de bosques secos de pinos y encinos.

La extracción de madera llevaba ya un buen tiempo cuando los españoles llegaron a la cuenca de México, pero durante el periodo colonial su extracción se incrementó de manera muy importante dado que se requerían mayores cantidades para construir las nuevas casa estilo europeo de los conquistadores.

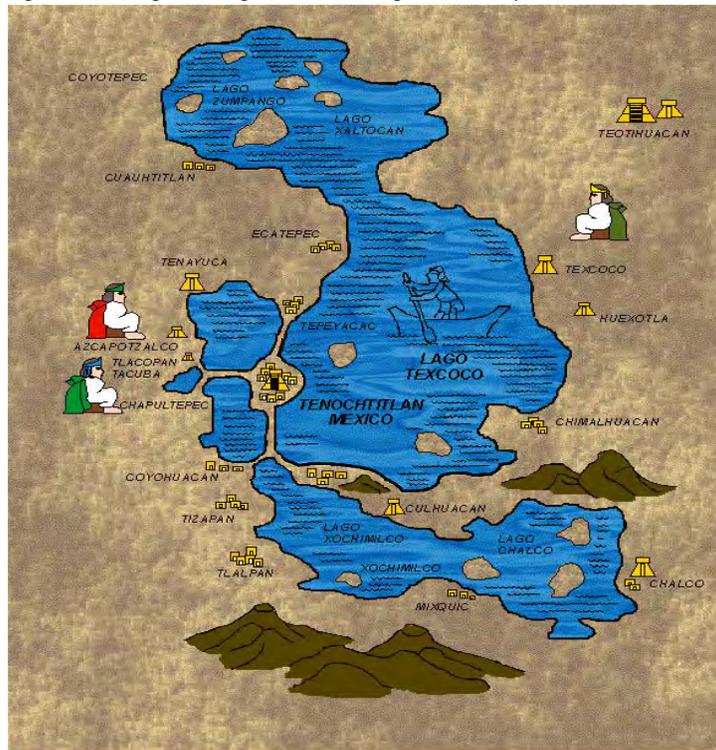
En la fotografía numero 4 se aprecia la casi extinta laguna de Zumpango, contaminada totalmente, por aguas negras provenientes en gran parte del DF y de los municipios vecinos, desprende un olor fétido y ha perdido gran parte de su fauna y flora nativa.



Fotografía No. 4, Laguna de Zumpango, Estado de México, 2009

Ezcurra. 2006, afirma que a partir del siglo XX la desecación de los cuatro grandes lagos logró lo que varios siglos de caza prehispánica con 2 grandes asentamientos como Tenochtitlan, Texcoco y de la colonia no habían conseguido: las miles de especies animales asociadas con los cuerpos de agua comenzaron a desaparecer rápidamente producto de la acumulación de contaminantes.

Figura No. 2 Los grandes lagos antes de la llegada de los Españoles.



Después de 1950 la rápida expansión física del DF en forma de zonas industriales invadió por el norte muchos municipios del Estado de México, con colonias de bajos ingresos y asentamientos ilegales por lo general mal urbanizados, dada la llegada continua de trabajadores emigrantes de las zonas económicamente deprimidas.

Ha sido más la inmigración que el crecimiento reproductivo, lo que ha mantenido alta la tasa de crecimiento poblacional en el Valle, y gran parte de estos son obreros y trabajadores subempleados que hace sólo una generación eran campesinos en un México rural (Ezcurra, et al.2006).

Por otra parte, además existe la construcción masiva de grandes unidades habitacionales por gente de ingresos medio y bajo, pero sobre todo empleados de gobierno.

Hoy en día la zona está muy desertificada y carece completamente de la vegetación boscosa nativa.



Fotografía No. 5, Real del Sol (antes 4 arboles). 2009

Y pese a esto se ha promovido la concentración de empleo y la actividad económica en la cuenca junto con la expansión urbana. De este modo la regularización de terrenos ejidales y tierras comunales ha sido el pan de cada día en el cambio de uso de suelo, ya que reservados para la producción agrícola **los campesinos ven la oportunidad de lograr mayores beneficios económicos en el corto plazo, de los que pueden obtener en el cultivo de la tierra.**

**Dejándolos a la deriva en el largo plazo, ya que mal pagadas las tierras por m<sup>2</sup>, el dinero de las hectáreas se acaba rápidamente en bienes suntuarios como camionetas de lujo, en lugar de invertir el poco patrimonio que les queda.**

No solo se esta mermando la Cuenca del Valle y el acuífero Cuautitlán-Pachuca en sus ríos subterráneos por las altas tasas de sobre explotación y la contaminación de estos, hemos dado prioridad a la modernidad de las zonas habitacionales y los autos convirtiendo zonas de recarga del acuífero en autopistas y calles con asfalto que no permite el libre curso de las aguas de temporal para la reabsorción natural del acuífero.

## 2.2.- COMERCIO, INDUSTRIA Y “CIUDADES BICENTENARIO”

La industrialización del siglo XX y emigración de campesinos hacia las grandes ciudades aceleró la mancha urbana, no porque las oportunidades serían mejores sino porque había una mayor diversidad en el empleo.

Los parques eran frecuentes en todos los pueblos del municipio, pero hoy en día la demanda del uso del automóvil ha concentrado la atención de los proyectos urbanos en la creación de calles más anchas, estacionamientos y sobre todo centros comerciales.

Se centralizaron las actividades económicas, principalmente de la industria en la zona Noreste de la cuenca como Ecatepec, Cuautitlán, Tultitlán, capturando mano de obra poco calificada y mal pagada. Comienzan así los nuevos barrios de clase baja de ex-trabajadores de ferrocarriles, fábricas y “campesinos”.

Si revisamos los mapas sobre la disponibilidad de agua en las cuencas de México nos daremos cuenta que la CVM se encuentra sobre explotada y contaminada, es decir en esta zona no hay cabida para mas zonas habitacionales, comercio e industria que por el contrario, se encargan de promover Gobiernos Federales, Estatales y Municipales.

A finales de los años ochenta Salinas de Gortari dio gran impulso a grandes empresas constructoras para desarrollar miles de viviendas en el país. Aprovechando las modificaciones que se hicieron al artículo 27 constitucional, han comprado tierras ejidales y privadas muy baratas acaparando tierra y desplazando a miles de familias que al no tener oportunidad de desarrollar la producción en el campo han vendido su único patrimonio la tierra.

Continua la venta de la escasa reserva territorial a estas 10 empresas: GEO, ARA, SADASI, HOMEX-BETA-Consorcio Hogar, CAME, SARE, URBI, PULTE, DEMET. Algunas consecuencias:

- Los gobiernos Estatales y municipales aportan recursos para la construcción de infraestructura como las obras viales (de paso insuficientes).
- Han disminuido trámites administrativos, dándoles grandes facilidades para la construcción de las unidades.
- Se han pasado por alto los programas y ordenamientos territoriales
- Se han dado permiso para la construcción de pozos en zonas de veda, con el pretexto de que son pozos de reposición y realmente su uso era agrícola y no para uso domestico.
- Han metido a las familias en créditos bancarios que en poco tiempo no van a pagar.

Estas empresas sólo piensan en sus ganancias, ya que ven a la vivienda, el suelo y el agua como una mercancía y no como un derecho, no les interesa el futuro de quienes viven en esas zonas, son nidos para generar problemas de hacinamiento.



Fotografía No. 6, Real del Sol, (antes cuatro arboles), Tecámac, Edo. De México, 2009

De esta manera y como una consecuencia del acelerado crecimiento urbano se da una modificación en la configuración socio - espacial del municipio, entre los aspectos más relevantes están: el rescate de una importante parte del Rancho Sierra Hermosa, para convertirlo en un parque ecológico regional.

Pero a la vez aparecen nuevos desarrollos urbanos, se autoriza el fraccionamiento Villas del Real con una extensión de 60 ha donde se construyeron 7 mil casas y otro fraccionamiento de la inmobiliaria GEO con 20 mil viviendas en una superficie de 200 has.

Que significa un incremento de 100,000 habitantes el doble de población que existía en el doce pueblos fundadores del municipio la diferencia de estos últimos es que datan de hace más de un siglo.

La dinámica poblacional según Velázquez. (2002) Se refleja en un incremento de la ocupación urbana del suelo que originalmente estuvo dedicado a las actividades agropecuarias, es decir esta expansión territorial ocupa mayor cantidad de suelo urbano pues en el periodo de 1960 -1970 el área urbana ocupaba una superficie 1,202.21 has, es decir el 7.3% del territorio total del municipio, y para el periodo 1900 – 2000 se incrementa a la cantidad de 2445 has, que representa el 20% del territorio municipal aproximadamente, provocando una serie de problemas de infraestructura y equipamiento urbano.

## **“CIUDADES BICENTENARIO”**

Con base en documentos facilitados por la unidad de Desarrollo Urbano del municipio de Tecamac en el año 2009, presento una reseña del planteamiento Estatal sobre las “Ciudades Bicentenario” y la implementación del Ordenamiento Municipal.

La Administración Estatal 2005-2011 se ha propuesto fortalecer la estrategia de ordenamiento territorial del Estado de México, que tiene como objetivos:

Estructurar y ordenar el territorio para tener ciudades competitivas y regiones de desarrollo, orientando el crecimiento a las zonas más aptas para usos urbanos, de acuerdo a las condiciones naturales del territorio y al potencial para dotar oportunamente de infraestructura, equipamiento y servicios.

Promover la infraestructura estratégica de la entidad, fundamentalmente la relacionada con las comunicaciones, agua potable, drenaje y energía eléctrica, como detonadora del desarrollo socioeconómico de la entidad.

Estimular y orientar inversiones para crear las condiciones físicas que permitan el desarrollo equilibrado de actividades productivas y satisfactorias sociales.

Bajo este esquema, la estrategia de ordenamiento territorial plantea la definición de una estructura estatal que se sustente en centros de población seleccionados por sus ubicación, por su capacidad para recibir incrementos poblacionales significativos, por poder albergar infraestructura y equipamientos estratégicos y por estar en posibilidades de contar con vías de comunicación suficientes para permitir su articulación regional, estatal e inclusive nacional.

El propósito consiste en concentrar infraestructura y equipamientos en centros de población estratégicos para el ordenamiento territorial, a los que se les ha denominado como las “Ciudades Bicentenario”. Estas se pretende que sean ciudades modelo, autosuficientes, debidamente planeadas y altamente competitivas.

Las “Ciudades Bicentenario” son proyectos urbanos integrales de gran escala y magnitud, de alto impacto, que combinan el desarrollo urbano, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente, para garantizar la calidad de vida de sus habitantes, que buscan:

- Estructurar el ordenamiento territorial de la entidad.
- Recibir una parte sustantiva del crecimiento poblacional esperado en la entidad.
- Atraer inversión pública y privada para detonar el desarrollo.
- La viabilidad financiera, el cuidado del medio ambiente y la elevación del nivel de vida de sus habitantes.

El gobierno del Estado de México establece que las “Ciudades Bicentenario” deben ser espacios diseñados en primera instancia para el bienestar de sus habitantes, con proyectos estructurados por corredores, vialidades y sistemas de transporte que garanticen la integración de los distritos habitacionales con el resto de los usos del suelo las actividades productivas, los equipamientos y los servicios, dentro de un concepto de ciudad autosuficiente, con los lineamientos estratégicos siguientes:

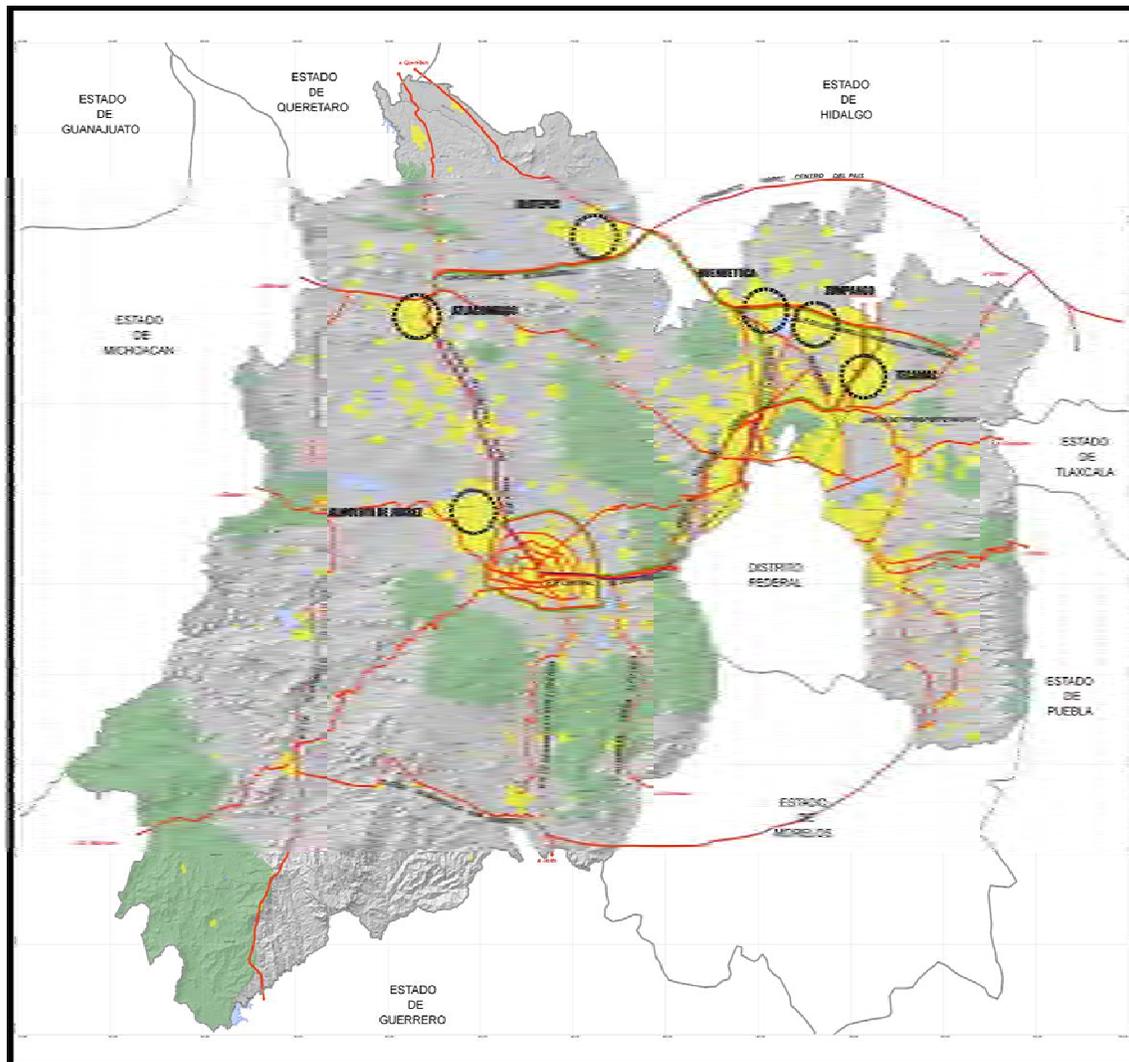
- Otorgarán particular importancia a la creación de áreas verdes y recreativas, lo que les dará sustentabilidad ambiental.
- Los proyectos deberán orientar en dos sentidos: hacia las zonas urbanas actuales y a las zonas de nuevo crecimiento.
- Se canalizarán recursos para la construcción de infraestructura de cabecera; para la creación de distintos equipamientos regionales y, en general, para el mejoramiento urbano que permitan a la Ciudad del Bicentenario convertirse en un centro regional de servicios.
- Se orientarán recursos para promover el desarrollo económico, en combinación con proyectos que detonen y multipliquen la inversión privada.
- Deberán estar plenamente integradas en términos de conectividad vial y de transporte.
- Buscara la óptima utilización del espacio urbano, ocupado de una manera más intensiva el suelo.
- En materia de vivienda se proporcionara la diversidad en su tipología con alternativas sustantivas para aquella población que tiene ingresos menores a 3 veces el salario mínimo.

Figura No.3. Proyecciones de las Ciudades Bicentenario.



<b>"CIUDADES BICENTENARIO" en el Estado de México</b>
<b>ALMOLOYA DE JUÁREZ</b>
<b>ATLACOMULCO</b>
<b>JILOTEPEC</b>
<b>HUEHUETOCA</b>
<b>TECÁMAC</b>
<b>ZUMPANGO</b>

Figura No.4. Posibles alternativas de transporte masivo en ZMVM



En realidad las “Ciudades Bicentenario” son un nuevo y no sustentable cambio de uso de suelo, es decir su construcción está basada en grandes unidades habitacionales para gente de ingresos bajo y medio sobre todo para empleados de gobierno, frente a ellas la construcción de centros comerciales de giro trasnacional como Wal-Mart, Vips, en el que se supone que la gente labore sin salir de la misma zona.

La realidad es que el 70% de esta población tiene sus lugares de trabajo y estudio en la zona centro del DF, convirtiendo así a estas zonas en ciudades dormitorio (la gente sale por la mañana creando un embudo en las autopistas y regresa por la noche a sus hogares provocando el mismo efecto).



Fotografía No. 7. FUNCENTRAL en la colonia Huayotenco, Tecámac, Edo. De México 2009

En la fotografía numero 7 se muestra como han desarrollado centros comerciales de giro trasnacional frente a parques municipales y unidades habitacionales, es el caso de GEO “Sierra Hermosa”.

Acciones que plantean en el corto plazo y mediano plazo con las Ciudades Bicentenario:

- Promover y aprobar las modificaciones necesarias en los respectivos planes municipales de desarrollo urbano.
- Concertar con CFE el suministro de energía eléctrica, así como con CNA para la disponibilidad de los recursos acuíferos

### 2.3.- PROBLEMÁTICA EN EL MUNICIPIO DE TECÁMAC

La ambición junto con la falta de planeación a largo plazo de las empresas inmobiliarias y del mismo municipio de Tecámac han llevado a grandes problemas hídricos en la región: como la escasez de agua y su contaminación.

Anteriormente cuando se utilizaban mecanismos tradicionales accionados por animales o seres humanos para extraer el agua, resultaba casi imposible agotar los acuíferos, sin embargo con la difusión de potentes bombas diesel y eléctricas durante el último medio siglo, la sobre explotación se ha convertido en algo común.

La urbanización del área que algún día fue agrícola, y hoy con más de 350 mil familias instaladas y en proceso de construcción 98 mil más (en varios municipios), no permite la recarga natural del agua. Con ello la desecación por bombeo excesivo, contaminación de los pozos con minerales del subsuelo y altas tasas de explotación.

Mientras el crecimiento de la población se multiplica por dos, el consumo de agua se triplica.



Fotografía No. 8. Fraccionamiento Villas del Real, Tecámac, Edo. De México, 2009

Tabla. No. 11

Población a mitad de año de localidades seleccionadas*, 2005-2011										
(Localidades censales)										
Clave	Nombre	Municipio	Entidad federativa	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
150810001	Tecámac de Felipe Villanueva	Tecámac	México	14,018	15,078	16,175	17,277	18,382	19,490	20,600
150810004	Los Reyes Acozac	Tecámac	México	19,988	21,499	23,064	24,634	26,210	27,790	29,373
150810007	San Juan Pueblo Nuevo	Tecámac	México	1,742	1,874	2,010	2,147	2,285	2,422	2,560
150810009	San Pablo Tecalco	Tecámac	México	4,104	4,414	4,735	5,058	5,381	5,705	6,030
150810012	Santa María Ajoloapan	Tecámac	México	15,789	16,983	18,219	19,460	20,705	21,953	23,203
150810019	Ojo de Agua	Tecámac	México	156,161	167,972	180,194	192,466	204,779	217,123	229,492
150810025	San Martín Azcatepec	Tecámac	México	34,528	37,140	39,842	42,556	45,278	48,008	50,742
150810098	Frac. Soc. Progresivo Sto. Tomás Chiconautla	Tecámac	México	12,970	13,951	14,966	15,985	17,008	18,033	19,060
Fuente: CONAPO 2008										

La velocidad de percolación del agua superficial hacia el subsuelo se conoce técnicamente como “recarga” del acuífero. El balance entre el bombeo y recarga, es decir la diferencia entre lo que entra al acuífero y lo que se extrae de él es la medida de la explotación y renovabilidad del recurso hídrico.

La recarga tiende a disminuir con el crecimiento de la ciudad, al aumentar la mancha urbana aumentan las superficies cubiertas por asfalto, concreto y edificaciones que son impermeables a la infiltración del agua.

Mientras que el suelo boscoso es permeable poroso y tiene una alta capacidad de retención del agua los suelos compactados son menos permeables y por consiguiente tienen baja capacidad para infiltrar el agua.

La recarga del acuífero nos permitiría restablecer el manto explotado, controlar y prevenir hundimientos del terreno, por otra parte el rebombeo de agua tratada mediante la infiltración y su posterior empleo para diversos fines, para el caso de la recarga del acuífero se requiere agua de muy buena calidad, y en todos los casos se requiere que la ciudadanía conozca dónde y cómo se realiza este reuso.

Una de las nuevas zonas habitacionales es llamada “Sierra Hermosa”, ubicada en una parte de zona natural protegida, ¿por qué es zona natural protegida? Porque en ella es muy permeable el suelo (la permeabilidad del suelo es la aptitud para permitir que el agua lo atraviese al ejercer un determinado gradiente y se mide por medio del coeficiente de la permeabilidad, que se define como la columna de agua que escurre en un tiempo determinado cuando el suelo se encuentra saturado en régimen estable).

Y es una zona muy importante de recarga para el acuífero como lo es también la Sierra de Guadalupe, que se encuentra invadida por asentamientos irregulares por el lado norte del Estado de México

Tabla. No. 12

Zona metropolitana del Valle de México: Población, tasa de crecimiento, superficie y densidad media urbana, 1990-2005										
Clave	Municipio	Población				Tasa de crecimiento medio anual (%)			Superficie (km <sup>2</sup> )	DMU* (hab/ha)
		1990	1995	2000	2005	1990-1995	1995-2000	2000-2005		
13. Zona metropolitana del Valle de México		15 563 795	17 297 539	18 396 677	19 239 910	1.9	1.5	0.8	7 854	166.0
15081	Tecámac	123 218	148 432	172 813	270 574	3.3	3.6	8.2	157	184.9
15108	Tultepec	47 323	75 996	93 277	110 145	8.7	4.9	3.0	27	112.1
15109	Tultitlán	246 464	361 434	432 141	472 867	7.0	4.3	1.6	69	163.8
15120	Zumpango	71 413	91 642	99 774	127 988	4.5	2.0	4.5	224	42.1
15121	Cuautitlán Izcalli	326 750	417 647	453 298	498 021	4.4	1.9	1.7	110	130.8
Fuente: CONAPO										

A partir del año 2000 los pozos de la región extraen agua a más de 250 mts. de profundidad, que implica (no en todos los casos) la contaminación del agua con metales y arsénico. Con ello la población por temor a contraer enfermedades gastrointestinales relacionadas con el agua de pozo adquieren agua embotellada en los supermercados a precios elevados y con ello los usuarios del sistema de agua rehúsan el pago anual o bimestral del servicio, creando problemas de recaudación para la mínima manutención de los pozos.

La falta del vital liquido en el lapso que va de marzo a julio y las caóticas inundaciones de agosto a octubre quedan como testimonio de que la gestión del agua en manos privadas o públicas es un problema que urge de solucionar.

Se invirtió en tres plantas tratadoras de agua con un costo inicial cada una de 20 millones de pesos y que de las cuales sólo 2 están en funcionamiento actualmente y trabajando al 50% de su capacidad, para el riego de “algunas zonas verdes” del municipio.

Tabla No.13. Plantas de tratamiento de aguas residuales y cárcamos en el Municipio de Tecámac

Nombre	Fecha de construcción	Tipo de	Capacidad	No. de módulos	Origen de descargas	Obs.
		descargas	lts/seg			
Planta Sierra Hermosa	1997	Domésticas y municipales	180	3 de 60 lts/seg	San Martín, San Fco., Villa Real	En operación, tratamiento primario, sistema de aireadores
Planta GEO	2004	Domésticas	120	3 de 40 lts/seg	Unidad habitacional GEO	Fuera de operación, sistema de sopladores
Cárcamo San Pedro Atzompa	1995	Domésticas	-	-	Ozumbilla, San Pedro Atzompa, Ojo de Agua, Loma Bonita, Huizachales	En operación, zona baja con riesgo de inundación, el agua se bombea a la canaleta de riego de San Pedro Atzompa
Planta Ojo de Agua	-	Domésticas	120	2 de 60 lts/seg	Ojo de Agua, Canal San Diego	En operación
Cárcamo de rebombeo El Huérfano						En operación, distribuidor de aguas residuales para riego, provenientes de la zona de rebombeo del Gran Canal



Fotografía No. 9, Planta de tratamiento, Sierra Hermosa. 2009

Sabiendo que el agua de pozo o de primer uso es más barata que el agua tratada. Las grandes empresas se niegan a tratar sus aguas residuales, y también se niegan a comprarla ¿Es ético para las grandes empresas multinacionales con utilidades millonarias al año no tratar sus aguas residuales?

¿El tratamiento de las aguas negras es realmente caro? Si es así, se tiene que buscar que el agua tratada compita con el agua de primer uso en términos económicos.

### **3.- METODOLOGÍA**

#### a) Fase de recopilación de la información:

Consistió en la búsqueda de estudios e información de la temática a investigar, en este caso sobre el cambio de uso de suelo, la vegetación, hidrología y dinámicas de población, según criterios propios pero basados en distintas teorías y técnicas de investigación.

Posteriormente se recopiló información de uso de suelo, geología y la mayor información posible de la unidad territorial de estudio, para tener así, una mayor visualización de distintos parámetros involucrados en el ambiente y su posible influencia dentro de este.

Se consultó:

- Estudios de la CNA
- Búsqueda automática en bases de datos con información bibliográfica especializada
- Así como el plan de manejo de agua en el acuífero Pénjamo – Abasolo, en el Estado de Guanajuato.
- Oficinas Públicas, e INEGI

#### **3.1. TRABAJO DE CAMPO**

##### TRABAJO DE RECONOCIMIENTO

Se realizaron recorridos de campo para la verificación de la información recopilada anteriormente y observar características de los asentamientos urbanos y de las zonas de recarga, así también como de la laguna de Zumpango.

El trabajo de campo permite identificar a su vez, condiciones que se relacionan con zonas de recarga y asentamientos humanos irregulares, por ejemplo:

- Tipo de vegetación y uso de suelo
- Organismos Operadores de Agua, ODAPAS Tecámac
- Comités Locales del municipio de Tecámac
- Nivel socioeconómico de las familias instaladas en las zonas naturales protegidas
- Los desarrollos comerciales que no contemplan el Ordenamiento Ecológico del Estado de México

Para la presente investigación se realizaron entrevistas personales con trabajadores en la operación del agua, tanto de los CL's, como lo es el C. Dante Nuñez, y del municipio de Tecámac, que fue el Mtro. Rolando Velazquez director de Desarrollo Urbano del Municipio, que sin ambas aportaciones no habría sido posible la realización de la última parte del trabajo de campo.

El C. Dante Núñez Velázquez es presidente del comité local del Ozumbilla (uno de los ocho pueblos independientes) desde hace 15 años, de acuerdo a la información proporcionada por él, en ningún comité los dirigentes perciben salario alguno desempeñando sus labores de forma gratuita y casi artesanal, tampoco se cuenta con el personal administrativo necesario para la realización de las funciones.

En este comité se encuentran actualmente 4 pozos, 2 de ellos en operación, el primer pozo se clausuro en el 2006 por abatimiento con casi 25 años de operación, y el cuarto pozo a un no se encuentra en operación.

Datos del comité local muestran claramente como los usuarios han dejado de pagar el suministro de agua potable algunos hasta por veinte años, y desconfían de la potabilidad del agua de los pozos comprando agua en garrafón a precios muy por encima de lo que se paga anualmente en el pueblo por el servicio. Los rezagos por falta de pago en el consumo de agua en el municipio son:

En 5 pueblos no se recauda el 60% de la tomas y son, San Pablo, San Jerónimo, San Juan Pueblo Nuevo, Xolox, y Reyes Acozac. En donde no se recauda el 35% es Santa María Ozumbilla, y la cabecera municipal Tecamac. El pueblo donde se tienen menos índices de adeudo es San Pedro Pozohuacan.

## **3.2. TRABAJO DE GABINETE**

### **A) MÉTODO DE COSTOS EVITADOS**

Cristeche. et al (2008). Explica el método de costos evitados que es también llamado comportamiento de mitigación o gastos preventivos, donde las personas prefieren gastar en bienes o servicios que les eviten daños al ambiente o a la salud. Ejemplo de ello es: tomar agua embotellada si se percibe que el agua de la red pública esta contaminada.

En este caso el costo incurrido es una medida del valor de la calidad del agua. El método de costos evitados o inducidos sirve para estimar las tres categorías de Valor de Uso que componen el Valor Económico Total (que es la agregación de los distintos valores marginales por debajo de algún tipo de umbral mínimo, VET).

Dados los resultados del estudio hecho por Cristeche. et al (2008). Estas tres categorías son: el Valor de Uso Directo, el Valor de Uso Indirecto, y el Valor de opción. Generalmente y hasta hace poco tiempo los servicios ambientales no se comerciaban en el mercado, para este método el servicio ambiental tampoco se comercia en el mercado pero esta relacionado con un bien que si lo es, es decir que posee un precio y que el vinculo entre ambos radica en ser sustitutos en el marco de una determinada función de producción.

En este contexto pudieran existir dos posibilidades:

- a) El bien o servicio ambiental es un insumo más dentro de la función de producción ordinaria de un bien o servicio privado.
- b) El bien o servicio ambiental forma junto con otros bienes y servicios, parte de la función de producción de utilidad de un individuo o una familia.

En el enfoque de los costos evitados existen varios métodos de valoración, pero ninguno de ellos provee medidas precisas de los valores económicos de los servicios ambientales, a diferencia de otros métodos que se basan en la disposición a pagar de las personas por el bien o servicio.

Este método supone que los costos de evitar ciertos daños sobre el medio ambiente o reemplazar ecosistemas y los servicios que proveen constituyen estimaciones muy útiles de su valor. El supuesto radica en que si las personas están dispuestas a incurrir en este tipo de costos evitando los perjuicios causados por la pérdida de algún servicio ambiental o para reemplazar ciertos servicios del ecosistema, entonces estos servicios deben valer, por lo menos, el monto que la gente paga por ello.

Es sabido que el control de la erosión constituye un importante servicio del ecosistema. La pregunta es ¿cómo lo podemos valorar? Se puede evaluar económicamente el efecto que tiene la erosión del suelo en la productividad agrícola. Este tipo de problemas en el estudio lo denominan "*funciones dosis respuesta*" o "*funciones daño*". Y miden la relación entre la presión sobre el ambiente como causa y resultados específicos de la misma como efectos, es una relación matemática que especifica como un determinado nivel de contaminación o degradación repercute en la producción, el capital, la salud humana y los ecosistemas. Y se obtiene la estimación del daño ambiental de tal práctica. Las funciones dosis respuesta se presentan de manera lineal, no lineal y en algunos casos con umbrales a partir de los cuales el daño es irreparable.

Estas funciones constituyen una aproximación a la valoración económica de la alteración de algún servicio ambiental. Este método contempla los cambios que se producen en la función de producción de utilidad de las personas y es generalmente aplicado a cuestiones que afectan a la salud de las mismas.

## B) MÉTODO DE COSTOS DE REMPLAZO

Según los estudios realizados por Sundberg. (2004) los bienes y el medio ambiente natural proporcionan un flujo de servicios directos e indirectos a la sociedad, nuestra actividad económica conduce a cambios en los flujos de estos servicios y la calidad de estos productos. El valor de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas no siempre se ve reflejado en los precios de mercado.

Esto se debe al hecho de que los bienes ambientales suelen ser bienes públicos. La falta de precios de mercado se interpreta como si los bienes ambientales no tuvieran ningún valor, lo que conduce a la sobreexplotación de los recursos y la degradación del medio ambiente. La principal motivación para la valoración del medio ambiente es hacer posible la inclusión de los impactos ambientales en el análisis costo-beneficio.

Las propiedades de un bien público puro son la no rivalidad y no exclusión. Un bien es no rival si el consumo de un individuo no reduce la cantidad disponible del bien de otro individuo y que no es excluible si las personas no pueden ser excluidas del consumo del bien. Debido a las características de los bienes ambientales el sistema de mercado puede no asignar el precio de los productos correctamente.

Esto a menudo resulta en el uso excesivo de los bienes ambientales, ya que cada individuo maximiza su utilidad teniendo en cuenta un precio de cero.

La valoración del medio ambiente da la información económica más completa ajustada por los cambios en la calidad del medio ambiente, resultando en una mejor base para la toma de decisiones.

El método de costo de reemplazo supone que es posible encontrar sustitutos de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas. El costo de la sustitución de una función de un sistema ecológico con un sistema de ingeniería humana es usado como una medida del valor económico de la propia función. Sin embargo, la validez del método depende del cumplimiento de tres condiciones.

- A) El sistema de ingeniería humana proporciona funciones que son equivalentes en calidad y magnitud a los servicios de los ecosistemas: esta condición, establece que un sustituto perfecto debe ser utilizado para reemplazar el servicio de los ecosistemas. Evidentemente, es difícil lograr el cumplimiento de esta condición, ya que el sustituto ideal para los servicios de los ecosistemas o los bienes ambientales rara vez existe. Sin embargo, en muchos casos existen sustitutos y pueden ser usados para encontrar un valor aproximado de los servicios de los ecosistemas. El método de costo de reemplazo ha sido criticada por los ecologistas debido a la dificultad para encontrar sustitutos perfectos. Según el método de costo de reemplazo, es posible encontrar sustitutos perfectos para todos los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas. Hoy en día los servicios de ecosistemas y los bienes ambientales están sujetas a una mayor escasez debido a una severa explotación. Esto posiblemente puede conducir a una situación donde es más complicado para encontrar sustitutos de los servicios ambientales.

- B) El sistema de ingeniería humana es la forma menos costosa alternativa de reemplazar el servicio de los ecosistemas: esta segunda condición establece que la técnica de reemplazo utilizado para la valoración debe ser una alternativa costo-efectiva. Por lo tanto, las diferentes técnicas de sustitución alternativas tienen que ser examinadas, incluyendo una combinación de técnicas.
- C) Las personas, en su conjunto estarían dispuestas a incurrir en esos gastos si el servicio de los ecosistemas ya no estaba disponible: según la tercera condición deben existir pruebas sustanciales de que el servicio sería exigido por la sociedad si ésta fuera impartida por la alternativa de menor costo. Esta condición garantiza que los costos de sustitución no exagern el valor de los servicios de los ecosistemas. Si los individuos en conjunto, no están dispuestos a incurrir en los costos de reemplazo, el valor estimado del bien ambiental es, en realidad una sobreestimación del valor real. Para que los costos de sustitución no sean superiores a la cantidad de personas están dispuestos a pagar, el estudio de costo de reemplazo puede ser combinado con algún tipo de encuesta.

El método de costo de reemplazo, esta basado en la hipótesis acerca de sustitutos perfectos, y no en un comportamiento de mercado. El costo de una técnica de reemplazo potencial o real se utiliza para derivar un valor de un cambio en la calidad del medio ambiente.

El costo de reemplazar un servicio del ecosistema con un hombre en sustitución es utilizada en el método de costo de reemplazo como una medida del valor económico de los servicios de los ecosistemas. Por lo tanto, debe ser posible identificar a un sustituto para el servicio de los ecosistemas. El costo de la inversión y el costo de mantenimiento deben ser ambos incluidos en el costo de reemplazo.

Una ventaja del método de costo de reemplazo, a menudo mencionada, es que los datos requeridos son fáciles de generar y lleva mucho menos tiempo que otros métodos de valoración. La valoración mediante la estimación de los costos de reposición por lo tanto podría considerarse como una alternativa menos costosa. Además, la información necesaria para la valoración podría ser probablemente derivada de una encuesta.

La restauración de un hábitat realizado para compensar la degradación puede ser visto como una técnica de reemplazo. El hábitat proporciona un entorno sostenible para las especies que viven allí y es por tanto un recurso valioso. El valor puede ser establecido con el uso de un estudio de costo de reposición, donde se estima el costo de la restauración del hábitat.

#### D) MÉTODO DE COSTOS DE SOBRE – EXPLOTACIÓN

La CNA y el Colegio de Postgraduados realizaron un estudio para integración del plan para el manejo de los acuíferos Valle de Acámbaro, Irapuato- Valle, Pénjamo- Abasolo, en el estado de Guanajuato, del cual tome una estimación de los costos económicos – ambientales causados por la sobreexplotación.

Considerando como impacto económico ambiental al cambio neto resultante de un efecto ambiental (sobreexplotación), estos cambios se ubican en el bienestar económico y social de la población y en las condiciones óptimas del ecosistema.

En este concepto se consideran los costos generados a partir de la remediación o reubicación de pozos que han dejado de operar debido a un incremento en la profundidad de extracción, superior a la programada en el diseño original del pozo.

En términos financieros, los costos generados por la construcción y equipamiento de un pozo son los Costos Fijos (CF) y bajo el supuesto que la vida útil del pozo se reduce a la mitad (0.5), será necesario invertir una cantidad igual (a valor actual) a los costos fijos para reactivar el pozo el resto de la vida útil programada originalmente; es decir, que los costos generados por la reducción de la cámara de bombeo (RCB) serán iguales, bajo este supuesto, a los CF.

De acuerdo a la metodología, tanto los costos fijos como los costos variables, se pueden modelar matemáticamente como una función de la profundidad al nivel dinámico ND (es la distancia desde la superficie al nivel que adquiere el espejo de agua durante el proceso de bombeo).

$$CF = f(ND)$$

#### Costos económicos debidos al bombeo

En este concepto se engloban los costos generados por el bombeo, los cuales se dividen en costos fijos (CF) y variables (CV), en donde los primeros son, aquellos que se generan por la implementación y equipamiento del pozo, es decir son gastos puntuales en el tiempo, mientras que los CV son aquellos requeridos para mantener en funcionamiento del pozo, e incluyen además a todos aquellos que son generados de manera continua por la utilización del pozo, como el de energía y mantenimiento preventivo. Para fines prácticos en el presente estudio se consideraran únicamente como costos variables aquellos generados por el consumo de energía eléctrica, los cuales serán directamente proporcionales a la profundidad de extracción (profundidad al ND).

Por lo anterior los costos derivados del bombeo están compuestos por la suma de costos fijos y costos variables:

$$C_B = CF + CV$$

Donde:

$C_B$	=	Costos económico derivados del bombeo (\$)
$CF$	=	Costos fijos (\$)
$CV$	=	Costos variables (\$)

Como ya se menciona los CF y CV se pueden modelar como una función del nivel dinámico.

El costo económico-ambiental total generado en el acuífero por la extracción será entonces el resultado de la suma del costo de bombeo más el costo por la reducción en la cámara de bombeo, es decir:

$$C_{TOT. EXTR.} = RCB + C_B$$

Para el agotamiento de agua subterránea, argumenta Saldivar. (2007) se asume que el costo ambiental es equivalente a inyectar agua en los mantos freáticos en aquella fracción igual a la diferencia entre el volumen de extracción y la recarga natural.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### a) Costos Evitados

El método de gastos preventivos o costos evitados, es donde las personas prefieren gastar en bienes o servicios que les eviten daños al ambiente o a la salud, lo presentamos en un ejemplo bastante claro: y es que en los ocho pueblos independientes se paga \$1000.00 m/n anual o \$200.00 m/n bimestral por toma de agua. El 80% de la población compra garrafones de agua de 20 litros de capacidad que cuesta en promedio \$29.00 m/n solo para la preparación de alimentos y que en una familia de 5 integrantes dura 3 días aproximadamente. Hablamos de \$87.00 m/n semanales extra para la preparación de los alimentos, es decir \$348.00 por mes y \$4176.00 anuales por 2880 litros de agua. Un tinaco promedio tiene la capacidad de almacenar 2500 litros y lo vaciamos 3 veces por semana para el lavado de ropa, aseo personal, etc.

Es decir gastamos 7500 litros por semana, 30,000 por mes y 360,000 litros por año si comparamos las cifras que pagamos por el agua embotellada es injusto no pagar el agua al comité local por \$1000 anuales.

b) Costos de Reemplazo

Tabla No. 14

Coeficientes de infiltración en función de los usos de suelo		
Usos de suelo	Coeficiente de infiltración	Potencial para la recarga - infiltración
Agrícola	0.10	Moderada
Bosque	.20	Muy alta
Pastizal	.18	Alta
Urbana	.00	Rara vez utilizable, sin capacidad de infiltración
Sin vegetación	.05	Baja

FUENTE: REPENSAR LA CUENCA 2009

En la tabla numero 14, se muestra el impacto negativo que tienen las zonas urbanas en la infiltración de agua, sin mencionar las islas de calor que se forman sobre las zonas habitacionales de nueva construcción.

Siendo el bosque el que tiene una mayor capacidad de recarga de los cuerpos de agua, pero incluso dentro del bosque si se encuentra compactado el terreno (casi siempre por turismo), el coeficiente de infiltración se ve afectado.

En la parte de la zonas agrícolas que tiene moderada capacidad de infiltración tenemos grandes problemas dentro del municipio ya que un porcentaje grande de ejidatarios han dejado de sembrar al no ver beneficios económicos en sus parcelas dejando los terrenos abandonados, por un lado y por otro la mayoría deciden vender a bajo costo a los especuladores inmobiliarios.

Según el Centro de Estudios de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, las islas de calor son causadas por los procesos de urbanización. La especialista en clima urbano de la institución, Elda Luyando, explicó que materiales como el concreto, asfalto y cristales son absorbentes de calor “por excelencia”, por lo que lo almacenan durante el día y en la noche lo liberan poco a poco. Esto provoca que la temperatura de la urbe sea mayor hasta por ocho grados centígrados a la de las zonas rurales, o donde existen áreas verdes y árboles, que son disipadores de calor.

El aumento de la temperatura también provocó que las heladas que llegaban a registrarse en el centro de la ciudad desaparecieran. El fenómeno que se presenta sólo en temporadas secas y de cielos despejados, como en el invierno y la primavera, culmina al amanecer, cuando los contrastes térmicos son mayores. A medida que pasan las horas y se inicia el calentamiento solar de la superficie urbana, el aire de la ciudad y de los alrededores se mezcla, aunque el contraste del clima continúa.

Se consideró que las islas de calor son un reflejo del deterioro ambiental que padece la Zona Metropolitana del Valle de México”. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, cada persona en el planeta debe tener 10 metros cuadrados de áreas verdes; sin embargo, en México el promedio es de tan sólo 2.5 metros cuadrados por habitante. Esto demuestra la “enorme” carencia que se tiene de zonas arboladas, pues su falta provoca que la intensidad de los rayos solares sea mayor.

Tabla. No. 15

Métodos que permitirán almacenar en los acuíferos, los volúmenes de agua actualmente expulsados de la Cuenca			
Estrategia de infiltración	Volumen a utilizar (m3/s)	% Potencialmente recargable	Volumen. Recargable
1.- Aguas residuales disponibles para tratarse infiltrar	31.5		13.5
2.- Riego agrícola.2 Sustitución de pozos agrícolas por aguas tratadas	23	25%	5.8
3.- Lagunas de infiltración	7.5	75%	5.6
4.- Pozos para la inyección de aguas tratadas	2	98%	2
5.- Aguas pluviales disponibles para procesos de recarga	9.3		7.2
6.- Pozos para infiltración de aguas pluviales	2	90%	1.8
7.- Terraceo, represas y reforestación	0.2	20%	0.1
Total	46		20.7

FUENTE: REPENSAR LA CUENCA

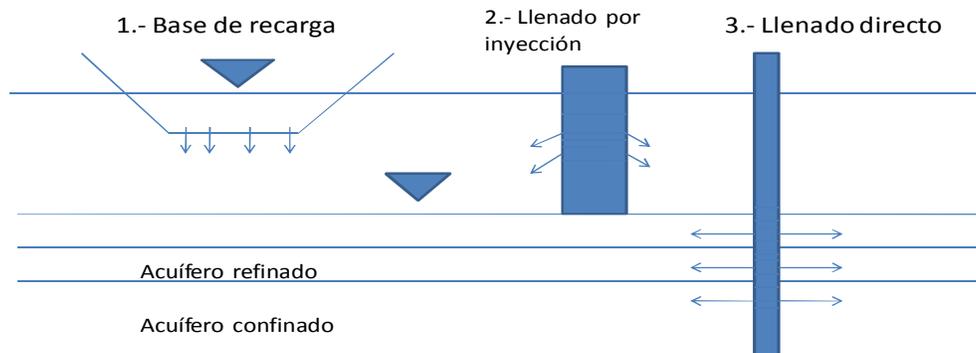
En esta última tabla se describen algunos proyectos que podrían servir para incrementar la infiltración de agua al acuífero, en el supuesto de que se aprovechen los volúmenes de agua residuales que actualmente de expulsan.

1.- En la recarga por medio de agua tratada el éxito se basa generalmente en la capacidad técnica de garantizar buena calidad de el agua a infiltrar. En este caso podemos también mencionar a las lagunas de infiltración: Para este primer caso el agua se infiltra desde lagunas, a través de la zona no saturada, hasta el acuífero, mejorando sustancialmente la calidad, el tratamiento debe ser a la gran cantidad bacteriana de la capa superior del suelo (zona no saturada) así como a la capacidad de intercambio del medio con resultados comparables con los de una planta de tratamiento de tipo biológico secundario.

2.- Gracias a los permeables suelos del municipio el riego agrícola representa una de las mejores maneras de recargar el acuífero. Este uso tiene tres opciones: Riego, infiltración rápida y escurrimiento superficial y el empleo depende de la permeabilidad del suelo.

- a) Los medios porosos, con arena, se emplean para infiltración rápida
- b) Los suelos con mediana porosidad son propios para riego en forma tradicional
- c) Medios impermeables con arcillas son adecuados para escurrimiento superficial.

Figura No. 5. Métodos para filtrar agua tratada al acuífero.



3.- Para el caso de la infiltración rápida, se efectúa por riego y anegación de terrenos con tasas de percolación de metros por semana, las tasas varían entre .3 y 1.2m/d con un máximo de 100 m/año. El agua se coloca en una serie de lagunas de infiltración durante 10 o 14 días y se suspende de 10 a 20 días, la aplicación no es continua para permitir la oxidación de la materia orgánica y evitar el dominio de condiciones anaerobias y la reducción de la porosidad del suelo. En este sentido, la presencia de pastos evita el taponamiento y controlan las tasas de infiltración. El grado de tratamiento del agua es difícil de predecir, ya que los suelos permeables tienen poco efecto sobre el agua.

4.- Para el caso de los pozos de inyección se requiere de mayor tecnología para el tratamiento del agua (evitando contaminar el acuífero) y por consiguiente una significativa mayor inversión.

5.- Con respecto, a la reforestación es muy conveniente recuperar en toda la cuenca la vegetación nativa que se perdió a través de los años, cabe mencionar que este proceso requiere de más tiempo por el crecimiento de la vegetación. Por otra parte dentro del municipio no se encuentran fuentes de agua superficiales por lo tanto las represas quedan fuera de proyecto en el área de estudio.

Tabla No. 16

<b>Características Metodológicas de Recarga del acuífero Mayor.</b>			
	<b>1.- Recarga de bases</b>	<b>2.- Zona de Vado llenado por inyección</b>	<b>3.- Llenado por inyección directo.</b>
Tipo de acuífero	Refinado	Refinado	Refinado o confinado
Requerimiento pre tratamiento	Baja Tecnología	Sólidos Removidos	Alta tecnología
Costos de capital, estimado en dólares	Tierra y sistemas de distribución	100,000 - 1,500,000 por llenado	100,000 - 1,500,000 por llenado
Capacidad	1000 - 20,000 m <sup>3</sup> /ha - d	1000 – 3000 m <sup>3</sup> / weell- d	2000 - 6000 m <sup>3</sup> / weell- d
Requerimiento de mantenimiento	Rascado y secado	Secado y desinfección	Desinfección y fluido irreversible
Ciclo de vida Estimado	100 años	de 5 a 20 años	de 25 a 50 años
Tratamiento del desecho verde del acuífero (lama, algas, etc.)	Zona del vado y zona saturada	Zona del vado y zona saturada	Zona saturada

c) Costos de Sobre – Explotación

Como ya lo señalamos en el municipio de Tecámac tenemos varios pozos abatidos, los costos a partir de la remediación o reubicación debido al incremento en la profundidad de extracción es el concepto que maneja por costo económico.

Considerando como condiciones medias en el municipio de Tecámac una profundidad del nivel dinámico de 200 m un gasto de 33 litros por segundo, una eficiencia electromecánica de .42 y una tarifa eléctrica de \$.32/kwh, siguiendo la metodología de la CNA y el Colegio de Postgraduados en el estudio para integración del plan para el manejo de los acuíferos Valle de Acámbaro:

$$CF = .0007 \times ND + .0597 = RCB$$

Considerando las mismas condiciones

$$CF = .0007 \times 101 + .0597$$

$$CV = .0018 \times 101^{1.0483}$$

El costo económico – ambiental total generado en el municipio por la extracción será entonces el resultado de la suma del costo de bombeo más el costo por la reducción en la cámara de bombeo:

$$C_{TOT. EXTR.} = RCB + C_B$$

Tabla No. 17. Evolución de los costos generados por la reducción de la cámara de bombeo y la sobreexplotación.

1.-AÑO	2.-PROF. N.D.	3.-RCB = CF \$ por m <sup>3</sup>	4.-CV	5.-C <sub>B</sub> \$ por m <sup>3</sup>	6.-C <sub>TOT. EXTR.</sub> \$ por m <sup>3</sup>	7.-Vol. De extracción hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	8.-Vol. de Recarga hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	9.-Sobre explotación hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	10.-sobreexplotación
	m		\$ por m <sup>3</sup>						M \$
1. 2007	101	0.13	0.227	0.358	0.488	408.24	174.1824	234.0576	114.2194077
2.2008	127	0.149	0.289	0.437	0.586	435.456	348.3648	87.0912	51.04081574
3. 2009	200	0.2	0.465	0.665	0.864	544.32	ND	ND	ND
4.-2005	230	0.221	0.538	0.759	0.98	408.24	ND	ND	ND

Donde: 2.- Profundidad del Nivel Dinámico, 3.- Reducción de la cámara de bombeo. Los cuadros que no se encuentran disponibles, es por que solo se tomaron en cuenta las dos plantas de tratamiento que se encuentran en funcionamiento. Fuente: Integración del plan de manejo del Acuífero Penjamo Abásolo, en el Estado de Guanajuato.

Es evidente en la tabla numero 17, que a una mayor profundidad obtenemos mayores CF, como la instalación de los pozos, y por supuesto son mayores los CV, tendremos un mayor gasto de energía al instalar maquinaria mas potente. Tenemos cuadros No Disponibles ya que solo se tomo en cuenta las dos plantas tratadoras que están en operación.

Es decir el volumen de recarga, se tomo a partir de la capacidad instalada de las plantas tratadoras ya que todo el agua tratada es reincorporada al acuífero a través del riego, en las zonas donde no se encuentra poblado o en los mismos parques del municipio.

1.- Planta Ojo de Agua con 120 m<sup>3</sup> / seg, de capacidad Instalada, opera 24hrs al día, los 365 días del año.

2.- Planta Sierra Hermosa con  $60 \text{ m}^3 / \text{seg}$ , de capacidad instalada, opera 24hrs al día, los 365 días del año.

EL volumen de extracción se tomó a partir de la capacidad Instalada de las bombas en cada pozo, el tiempo en horas y días en que se operan. En los cuatro pozos las bombas operan 16hrs al día, los siete días de la semana, y cabe señalar que dado el crecimiento del municipio a cada hogar solo llega el agua de 5am a 8am y por las tardes de 5pm a 7pm.

#### 4.- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA Y GESTIÓN DEL ACUIFERO CUATITLÁN- PACHUCA

En este capítulo se abordará la formación hidrológica del acuífero Cuatitlán – Pachuca que abastece al municipio de Tecámac, perteneciente a la Cuenca del Valle del México.

Figura No. 5. Ubicación geográfica del Acuífero Cuatitlán - Pachuca



En un aproximado de 20 millones de años atrás, no existían las grandes sierras que hoy nos rodean y la zona estaba abierta con salidas de agua al sur y al noroeste. 10 millones de años después la formación de la sierra de Pachuca cerró la salida al noreste quedando como único desagüe el sur, hace 700 mil años durante el cuaternario superior al formarse la sierra del Chichinautzin la zona quedó convertida en la unidad hidrológica que hoy es la Cuenca del Valle de México.

La Cuenca ocupa 9600 km<sup>2</sup> y junto con la cuenca del río Tula conforman la región hidrológica XIII bajo los criterios de administración pública del agua (CNA perteneciente a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2006).

Teniendo como límite al oeste la Sierra de las Cruces y al este la sierra Nevada, quedando conformada por subcuencas la de la Ciudad de México, Cuautitlán, Chalco, Churubusco, Teotihuacan, Tezonco, Xochimilco y parcialmente Pachuca.

Aunque la cuenca se caracteriza de manera natural como endorreica, es decir cerrada, tiene numerosas infiltraciones y escurrimientos, siendo la sierra del Chichinautzin cubierta de suelos altamente porosos, donde se presenta la mayor infiltración.

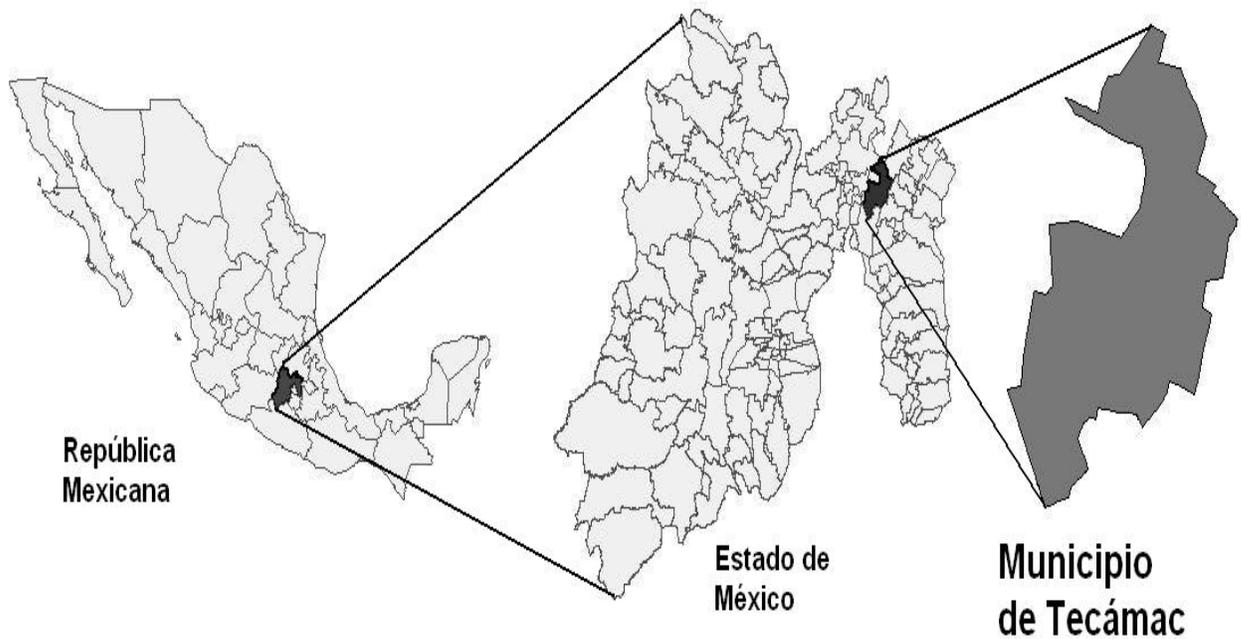
Presenta varios climas debido a la influencia que la altitud y el relieve tiene sobre la temperatura, la precipitación y la circulación atmosférica. Encontramos dos sistemas de vientos, de mayo a septiembre son vientos alisos que vienen del noreste, y de octubre a abril vientos altos del oeste.

En promedio la temperatura media anual en la zona plana oscila en 14° y 16° C a los 4000 m de altitud es de 6°C, y en las zonas de más de 5000 m desciende a menos de 2°C.

Las lluvias se concentran de mayo a octubre con un promedio de precipitación anual de 721 mm.

La Cuenca incluye tres zonas geotécnicas: la lacustre, la de transición y la montañosa, descritas con fines ingenieriles. La franja entre las áreas lacustre y montañosa se le conoce como zona de transición y esta es la principal zona de recarga de los acuíferos por infiltración primordialmente durante la temporada de lluvias, las áreas montañosas dirigen la precipitación hacia la parte central de la cuenca, en escurrimientos superficiales y en flujos subsuperficiales (bajo la superficie) a través de los suelos más permeables de las áreas montañosas (Ezcurra, et al.2006).

Figura No. 6. Ubicación geográfica del Municipio de Tecámac



Los acuíferos son formaciones geológicas permeadas con agua de fácil extracción, compuestos de gravas y arena volcánica, que rodean y subyacen en el antiguo lecho lacustre.

El acuífero se encuentra dentro de la Provincia del Eje Neovolcánico, subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac (El eje abarca 79 municipios de 5 estados).

Localizado al norte de la ciudad de México, en el límite noreste del Estado de Hidalgo, el acuífero comprende alrededor de un 10% de su superficie total del Estado de México. Se caracteriza por conformar una extensa altiplanicie rodeada por sierras volcánicas, con innumerables abanicos y llanuras aluviales, existen 4 tipos de climas: Semi seco templado que ocupa la mayor parte de la región; templado sub húmedo con lluvias en verano y lluvia invernal con menos del 10%; templado sub húmedo es intermedio en cuanto a humedad con lluvia invernal menor al 8%; por último tenemos el clima semi frio subhumedo y es el mas húmedo de los semifrios. Con un precipitación pluvial de 578.55 mm, con evaporación anual del orden de 1630.92 mm.

Su región hidrológica corresponde a la No. 26 “Alto Pánuco”, dentro de las subregiones IV, V y VI. (CNA)

Cuenta con una recarga media anual de 202.90 Mm<sup>3</sup> (millones de metros cúbicos), un volumen concesionado de 243.39 Mm<sup>3</sup> y un déficit 40.49. (Angeles Sevilla, 2004).

El municipio de Tecámac, localizado al noreste del Estado de México, tiene una superficie de 154.26 km<sup>2</sup>, que representa el 0.7% del territorio estatal. En el año 2005, su población era de 270,574 habitantes, el 1.9 % de la población del Estado de México. Se encuentra a 108.5 km de la capital del Estado (Toluca de Lerdo) y a 38.5 km de la Ciudad de México.

Geográficamente, el municipio se localiza entre las coordenadas 19°43'31" y 19°48'29" de latitud norte; 98°54'55" y 98°58'41" de longitud oeste y se encuentra en el vaso lacustre: que también comprende los lagos de Xochimilco, de Texcoco, la zona de Tenochtitlan, los terrenos de Zumpango, Xaltocan, y Ecatepec.

## GEOMORFOLOGIA

Dentro de las formas de relieve de origen endógeno, tenemos a las cadenas montañosas como las Sierras de Tezontalpan y Pachuca, elevaciones aisladas, cerro de los Pitos, en este último la infiltración se realiza a través de fallas que controlan gran parte de la red fluvial.

Las primeras unidades son las más importantes geohidrológicamente, ya que representan el flujo superficial y podrían representar elementos constitutivos del sistema de recarga de los acuíferos, mientras que las segundas constituyen las zonas de transición, acumulamiento o recolección primaria de agua subterránea.

## GEOLOGÍA

El área de estudio queda comprendida dentro de la provincia geológica de Eje Neovolcánico, la edad de estas formaciones varía desde el terciario inferior hasta el reciente.

Los tipos de suelo dominantes de acuerdo con clasificaciones de la FAO – UNESCO son Andosoles, los cambisoles, los Feozem y los Litosoles (INEGI 1983).

## GEOLOGÍA DEL SUBSUELO

Existen tres zonas características hidrogeológicas diferentes:

Zona I. Entre Tizayuca y Jesús María, el subsuelo tiene un arreglo sub – horizontal y se encuentra constituido por capas de sedimentos volcanoclásticos y lacustres, asociados con intercalaciones de materiales lávicos, correspondiendo con la unidad hidrogeológica volcánica superior. Como base de esta unidad tenemos a los 300 metros una capa impermeable de naturaleza arcillo.

Zona II. A la altura de Vicente Guerrero, es zona de transición entre los depósitos de la unidad de la zona I y la unidad más rocosa al noreste, en su parte inferior se encuentran cuerpos de gravas y arcillas consideradas como depósitos de talud, las cuales se encuentran subyaciendo aun derrame volcánico y suprayaciendo se encuentran materiales semejantes a la unidad anterior. Y hacia las porciones más profundas de esta unidad se encuentran andesitas y dacitas.

Zona III. Entre Zapotlán de Juárez y San Pedro Huaquilpan: en el subsuelo se encuentra una estructura rocosa de origen ígneo extrusivo de composición andesítica correspondiente a los materiales volcánicos del Miocen.

## HIDROGEOLOGÍA

El acuífero se considera de tipo semiconfinado. La secuencia Oligo-Miocenica forma parte de la unidad hidrogeología denominada Volcánicos inferiores del terciario, representada por materiales riolíticos y se divide en dos unidades:

La unidad basal esta representada por los materiales riolíticos, donde el fracturamiento es moderado y se le atribuye una permeabilidad baja.

La unidad superior corresponde a los materiales andesíticos, con intenso fracturamiento, asociado con brechas volcánicas poco consolidadas y tobas arenosas, de granos gruesos y bastante alterados, por lo que se les considera de buena permeabilidad, y constituyen el principal acuífero profundo.

Las características hidráulicas del acuífero se determinaron mediante la interpretación de 3 pruebas de bombeo, en pozos ubicados en la parte sur del Valle de Cuautitlán,

Su área es de 2850 km<sup>2</sup> los municipios de influencia son 47, 13 del Estado de Hidalgo, y 34 del Estado de México con una población de 4.5 millones de habitantes y 1,207 pozos.

En función del número de habitantes los principales municipios son: Cuatitlán Izcalli, Tultitlan, Nicolás Romero, Coacalco, Tecámac, Ecatepec, Zumpango, Tultepec. Por ser más dinámicos en la industria y el comercio.

Tabla No.18

MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MÉXICO PERTENECIENTES AL ACUIFERO CUATITLAN – PACHUCA	
ACOLMAN	NICOLAS ROMERO
ATENCO	NOPALTEPEC
ATIZAPAN DE ZARAGOZA	OTUMBA
AXAPUSCO	SAN MARTIN DE LAS PIRAMIDES
COACALCO DE BERRIOZABAL	TECAMAC
COYOTEPEC	TEMASCALAPA
CUAUTITLAN	TEOLOYUCAN
CHIAUTLA	TEOTIHUACAN
ECATEPEC DE MORELOS	TEPETLAOXTOC
HUEHUETOCA	TEPOTZOTLAN
HUEYPOXTLA	TEQUIXQUIAC
ISIDRO FABELA	TEZOYUCA
JALTENCO	TLALNEPANTLA DE BAZ
JILOTZINGO	TULTEPEC
MELCHOR OCAMPO	TULTITLAN
NAUCALPAN DE JUAREZ	ZUMPANGO
NEXTLANPAN	CUAUTITLAN ITZCALLI

Tabla. No.19

Población total de los municipios a mitad de año, 2005-2014								
Clave	Entidad federativa o municipio	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	<b>República Mexicana</b>	<b>103 946 866</b>	<b>104 874 282</b>	<b>105 790 725</b>	<b>106 682 518</b>	<b>107 550 697</b>	<b>108 396 211</b>	<b>109 219 931</b>
	<b>México</b>	<b>14 016 823</b>	<b>14 227 630</b>	<b>14 435 284</b>	<b>14 638 436</b>	<b>14 837 208</b>	<b>15 031 728</b>	<b>15 222 056</b>
15002	Acolman	76 042	79 285	82 647	86 011	89 374	92 735	96 091
15011	Atenco	42 272	43 929	45 746	47 571	49 402	51 240	53 082
15012	Atizapán	8 902	9 090	9 282	9 471	9 657	9 841	10 020
15013	Atizapán de Zaragoza	476 094	477 784	478 241	478 451	478 428	478 184	477 730
15020	Coacalco de Berriozábal	284 223	293 248	301 577	309 711	317 649	325 391	332 935
15024	Cuautitlán	106 934	114 430	121 787	129 088	136 326	143 496	150 594
15033	Ecatepec de Morelos	1 687 378	1 702 036	1 713 834	1 724 712	1 734 701	1 743 838	1 752 143
15065	Otumba	30 088	30 361	30 641	30 908	31 163	31 406	31 636
15081	Tecámac	262 244	282 079	302 604	323 213	343 890	364 620	385 389
15108	Tultepec	108 383	111 958	115 571	119 147	122 682	126 177	129 629
15109	Tultitlán	471 117	482 317	492 886	503 171	513 171	522 887	532 320
15120	Zumpango	123 644	128 730	134 223	139 745	145 293	150 863	156 454
15121	Cuautitlán Izcalli	496 427	506 790	515 786	524 513	532 973	541 170	549 106

Fuente CONAPO. En esta tabla se muestran algunos de los municipios más activos en su economía, con proyecciones de población hasta el año 2014. Se sigue viendo la tendencia a crecer en la mayoría de ellos.

La Cuenca del Valle de México es una formación hidrológica cerrada, que actualmente es drenada por medios artificiales. En cuencas cerradas como la de México el destino final de las sales disueltas en el agua que corren es el fondo de la cuenca, donde el agua finalmente se evapora y las sales suelen acumularse durante miles de años.

Así, dada la cercanía del lago de Texcoco que formaba un mar interior en términos de su origen geológico, nos tocan parte de estas sales en el acuífero.

#### 4.1.- CAUDAL DEL ACUÍFERO

El volumen extraído total del acuífero a través de bombeo, para todos los usos resultó de 483.328 mts<sup>3</sup> /año.

Para el cálculo de la disponibilidad de las aguas subterráneas, se aplica el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas establece que se determina por medio de la expresión siguiente:

Disponibilidad media Anual de agua subterránea = en una unidad hidrogeológica	Recarga total media anual	-	Descarga natural comprometida	-	Volumen anual de aguas subterráneas concesionado e Inscrito en el REPDA
<b>-40, 431,762 mts<sup>3</sup></b>	<b>=</b>		<b>202, 962,000</b>	<b>-</b>	<b>0.0</b>
				<b>-</b>	<b>243, 393,792 mts<sup>3</sup></b>

La cifra indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada Acuífero Cuautitlan - Pachuca, Estado de México e Hidalgo.

Recarga total media anual: corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural, más la recarga inducida.

Descarga natural comprometida: se cuantifica mediante la medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o del caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero Cuautitlan - Pachuca la descarga natural comprometida es nula.

Volumen anual de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA: el volumen anual de extracción de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril del 2002 es de 243,393, 762 m<sup>3</sup>/año. Volumen anual de acuerdo a las concesiones.

#### PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO

El nivel estático es la distancia desde la superficie del pozo hasta el espejo de agua, en la porción noreste del valle el nivel estático varía entre los 100 y 50 metros de profundidad, en la parte central varía entre los 100 y 120 mts, mientras que el extremo sur el nivel estático varía entre 65 y 120 mts de profundidad, la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México GRAVAMEX reporta un profundidad del nivel estático de 109.22 mts para el año 1999.

#### ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO

El agua del subsuelo desde el punto de vista regional, se desplaza del norte hacia el sur, interpretándose que las sierras que delimitan la cuenca actúan como zonas de recarga de los acuíferos alojados en el subsuelo del valle.

Por otra parte, se observa que el bombeo de los pozos de los sistemas de Tizayuca y Tellez provocó un cono de abatimiento definido por la equipotencial 2230 msnm, otras zonas de abatimiento se encuentran en los alrededores de Tizayuca, donde la densidad de las obras se encuentra bastante concentrada. Y finalmente se estiman recarga laterales procedentes de la sierra enclavada en el límite occidental del valle datos obtenidos por la Comisión Nacional del Agua.

La evolución del nivel estático del acuífero, correspondiente al periodo de julio 1984 a 1991, presenta abatimientos generalizados, y van del orden de 10 m y corresponden al área de influencia del bombeo de los sistemas Tellez y Tizayuca.

Los abatimientos en el área noreste son de 25m mientras que en el extremo sur del área de estudio el nivel de abatimiento es de 5 a 15m finalmente en el centro - meridional, los abatimientos son de 2 a 10m.

#### RECARGA Y ENTRADAS

La recarga total está constituida por la recarga natural y la recarga incidental o inducida, esta última es por la aplicación de agua en las actividades humanas, tanto de origen superficial como subterránea.

La recarga natural del acuífero corresponde básicamente a los volúmenes infiltrados por agua de lluvia y recarga horizontal proveniente de las zonas de recarga. Para este acuífero la recarga natural se consideran las entradas por flujo horizontal, resultando un volumen de  $1.223 \text{ Mm}^3$  /año, el cual es aportado por el acuífero de Texcoco y un volumen de  $132 \text{ Mm}^3$  /año, por recarga de agua de lluvia.

Debido a que es una cuenca cerrada no se estiman pérdidas por descargas naturales ya que toda el agua que cae en ella se queda en forma natural en la misma zona.

#### FLUJO HORIZONTAL

El cálculo de entradas por flujo horizontal (Eh), (realizado por GRAVAMEX, 1999) se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático de 1993, 1995, 1997 obteniéndose un promedio y a la transmisividad obtenida a través de las pruebas de bombeo efectuadas en pozos distribuidos en la zona de estudio.

Figura. No. 7. Deseccación del Gran lago y comienzo de la Urbanización



Fuente. Lo que Todo Buen Chilango debe Saber de la Ciudad de México

## 4.2.- LA GESTIÓN DEL AGUA

La tragedia de los nuevos gobiernos es que han abrazado la globalización económica, que niega el punto de vista de la gerencia basada en el bien común y el respeto al medio ambiente favoreciendo en cambio beneficio económico (Barlow, et al. 2001).

Al inicio del Gobierno del presidente de Carlos Salinas de Gortari con la creación de la CNA se reorganiza la gestión del agua a nivel federal y queda ratificada con la Ley de Aguas Nacionales (LAN), donde se establecen primer lugar la descentralización de las actividades estatales para la reducción de los constantes déficit fiscales gubernamentales y con el *supuesto de inducir a los propios usuarios del servicio a participar en el sostenimiento a través del cobro de tarifas que cubrieran los costos del servicio.*

En segundo lugar, se impulsó la participación privada en el suministro de los servicios y en su gestión total o parcial, en base a la inversión necesaria para mantener nueva infraestructura. Y el tercero pero no con eso menos importante, se incorporaron diversos mecanismos económicos para determinar el precio de los servicios del agua y la asignación de volúmenes para sus distintos usos, Vargas Velázquez, (2007).

Después con la nueva Ley de aguas Nacionales impulsada por Vicente Fox y aprobada por el congreso de la Unión en 2004 es un paso más hacia la privatización general de las infraestructuras y el servicio de agua potable y saneamiento la cual sigue fielmente el camino trazado en 1992 con la LAN de Salinas. Lo significativo de esta última es que afina los mecanismos para lograr la exclusión de la aprobación del proceso de toma de decisiones de políticas y la gestión real del agua para trasladar el poder de gestión a las grandes empresas trasnacionales del agua.

La gestión “descentralizada” pretende redefinir el papel del Estado al considerar que la base de la problemática de los recursos hídricos no es garantizar mayores volúmenes para las crecientes necesidades, “Si no en cómo se accede, distribuye, usa y se desecha el agua, comenta Sevilla. (2004).

La ley del 2004 reorganiza y mantiene en manos del Ejecutivo Federal a través de la CNA y Organismos de Cuenca el poder de decisión última sobre la gestión del agua.

Pero los procesos acelerados de descentralización y transferencia de las competencias para la provisión de los servicios de agua a nivel municipal han generado que los organismos operadores financieramente débiles con bajos márgenes operativos muestren incapacidad para cubrir sus deudas sin posibilidad de nuevas inversiones.

Sevilla, (2004) comenta que las medidas necesarias para reformar la actual política de gestión enfrentan importantes barreras institucionales y políticas. Evitar estos conflictos por agua en México requiere que el consumo actual se haga a una tasa que permita un volumen y calidad suficiente para las futuras genera

Para el Estado de México existe un Programa Hidráulico Integral, que surge a partir del Programa Nacional Hidráulico 2001-2006, bajo el mando del gobernador Lic. Arturo Montiel cuyo propósito era lograr una mayor eficiencia del agua y el primero en su tipo a nivel nacional. En este programa la política hidráulica del Estado de México se enmarca bajo los criterios establecidos por el Plan Estatal de Desarrollo 1999-2005.

Sus objetivos particulares eran:

- Fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola
- Ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua
- Lograr el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.
- Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico.
- Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua.

El aproximado en inversión asciende a 25 mil millones de pesos entre 2002-2006, del cual 84% de la inversión total es para el programa de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Y se constituye con inversión federal, estatal, municipal y con el pago de derechos de los usuarios, así también con iniciativa privada y la Banca de Crédito Nacional e Internacional, datos que se dan en el Programa Hidráulico Integral del Estado de México.

Las dependencias que apoyan son: Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Comisión Nacional del Agua.

SUS PRINCIPALES PROYECTOS FUERON:

- Programa de saneamiento del alto Lerma
- Proyecto integral en la subcuenca del río la Compañía
- Recuperación del lago de Texcoco
- Recuperación de cuencas hidrológicas
- Programa de bordos para la actividad agropecuaria

La realidad del programa hidráulico era insostenible:

- Dotación deficitaria
- Infraestructura superada por el crecimiento
- Sobre explotación y deterioro del acuífero
- Deterioro ecológico por escasas acciones de saneamiento.

### 4.3.- LOS OCHO PUEBLOS INDEPENDIENTES Y ODAPAS

En los pueblos originarios de algunas de estas zonas, el abastecimiento de agua potable se da por medio de la construcción de pozos profundos sustitutos de los antiguos pozos artesianos, fueron producto básicamente del esfuerzo directo de las comunidades organizadas tradicionalmente por las llamadas *juntas de mejoramiento moral, cívico y material*, en la que se asentaba que la administración cobro y manejo del agua era atribución de las propias comunidades por medio de las juntas.

En los años setenta se formaliza el proceso de municipalización de los pozos existentes, con el cobro directo a través del gobierno, sin la respectiva indemnización a los pueblos constructores: los pozos se agotaron básicamente por el abatimiento del acuífero, aunado al crecimiento excesivo de los asentamientos regulares e irregulares, y que dio como resultado la propuesta de crear órganos descentralizados para el manejo y administración de las aguas y desechos líquidos, Peña (2004).

La mayoría de estos organismos caen en graves endeudamientos por la compra de agua en bloque y sobre todo por la ineficiencia y corrupción del burocratismo como se observa en la actuales administraciones que por arreglos económicos los grandes usuarios como los centros comerciales cuentan con dobles tomas, una la formal de consumos bajos y otra la clandestina seguramente de mayores dimensiones a la primera.

El suministro y la administración del recurso hidráulico en el municipio está a cargo de dos figuras administrativas: los Comités Locales (CLs) y el Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS). Conjuntamente operan 33 pozos, 18 de ellos ODAPAS y 15 los Comités Locales de agua, de acuerdo con información proporcionada por estos organismos.

Los CLs cubren ocho de los doce pueblos del municipio y concentran el 30% de la población total. ODAPAS, el organismo operador de agua descentralizado del municipio, cubre los 4 pueblos restantes, 54 colonias, 2 fraccionamientos y 8 conjuntos urbanos, atendiendo al 70% de la población total.

Actualmente en el ámbito local, el Bando Municipal regula el servicio del agua potable, el cual en el artículo II de los servicios públicos municipales, Artículos 61, 62 y 63 de agua potable, drenaje y saneamiento, menciona sobre la atribuciones que tiene ODAPAS como lo son planear, construir, operar, determinación de políticas normas y criterios.

Con respecto a la participación de los CL's señala en los artículos 64 y 65: el servicio de agua potable podrá ser prestado por los comités de agua potable de las distintas comunidades las cuales se sujetaran a los usos y costumbres de la comunidad, siempre y cuando no vulneren el interés público no las buenas costumbres del municipio, siendo el

propio municipio quien asesore en los aspectos contables y técnicos de los comités que así lo requieran.

En 2001, se extraía en todo el territorio municipal un volumen diario aproximado de agua potable de 111,888 m<sup>3</sup>, correspondiendo la mayor extracción al ODAPAS, 4,536 m<sup>3</sup>, para atender a una población de 140,000 habitantes aproximadamente. A los CL's, por su parte, les correspondían 1,512 m<sup>3</sup>, para atender a 50,000 habitantes aproximadamente. Ambos organismos suministraban alrededor de 40,403 tomas de agua: por el ODAPAS 29,000 y por los CL's 11,403.

Los pozos administrados por ODAPAS, tienen las características siguientes:

Tabla No. 20

Pozos administrados por ODAPAS						
Nombre	Ubicación	Año de operación	Profundidad (m)	Gasto (lps)	Motor	Nivel Estático
					(H.P.)	
1. Ahuehuate	Fracc. Ojo de Agua	2002	100	35	175	72
2. Campiña	Reyes Acozac	1995	148	19	125	82
3. Chabacanos	Fracc. Ojo de Agua	1997	156	38	150	72
4. Ejidos Tecámac	Ejidos Tecámac	2002	200	35	150	136
5. Glorieta	Fracc. Ojo de Agua	2002	200	30	175	70
6. Lirios	Fracc. Ojo de Agua	2005	200	35	175	70
7. Mameyes	Fracc. Ojo de Agua	2005	200	38	175	70
8. Los Olivos	Los Olivos	1995	200	25	125	105
9. San Francisco	San Francisco	1988	198	40	350	78
10. San Martín	San Martín	1996	180	30	200	118
11. San Pedro Atzompa	San Pedro Atzompa	1994	200	38	250	76
12. Santa Cruz	Santa Cruz	1999	180	40	300	78
13. Santa María Ajoloapan	Santa María Ajoloapan	2002	200	35	125	82
14. Santo Domingo	Santo Domingo	1990	180	17	75	140
15. Santo Tomás C.	Lomas de Tecámac	1997	250	48	350	84
16. Geo I	Sierra Hermosa	2004	200	40	100	66
17. Villas del Real I	Villas del Real	2000	200	25	125	126
18. Villas del Real II	San Mateo Tecalco	2000	200	60	150	138

Fuente: ODAPAS, 2008.

## LOS OCHO PUEBLOS INDEPENDIENTES:

La mayor parte de los CL's no cuentan con personal administrativo, y los controles se llevan a través de tarjetas y no por medio de sistemas computacionales se habla de un trabajo casi artesanal, incluso en las operaciones de campo ya que las faenas se realizan, en algunos comités, por los propios representantes.

Juegan un papel fundamental en la gestión del agua potable en el municipio de Técamac ya que ahorran recursos para el erario municipal y no esperan cambios en el entorno político o grandes reformas institucionales para ejercer y mantener una cultura del cuidado y prevención del ambiente en el municipio.

La mayor parte de sus debilidades son la alta morosidad de la población, la ausencia de reglamento de usuarios, no existe apoyo alguno de las instituciones gubernamentales. Entre sus fortalezas se encuentran la autonomía, la relación directa con la población, calidad del servicio, tarifas accesibles, la resolución rápida de sus problemas.

### *a) Ozumbilla: 4 pozos*

- Pozo 1 "las chinampas" que estaba en funcionamiento hasta septiembre del 2007, con un servicio de 25 años, y una profundidad de 101 metros con nivel estático a los 70mts y un ademe desintegrado casi en un 50%. Tiene un gasto de 30 l.p.s.

El costo aproximado del pozo es de:

Compra del terreno	\$ 156,800.00
Perforación	2,077.599.50
Equipamiento	<u>1, 809,063.00</u>
Total	4, 346,814.50

- Pozo 2, en servicio 15 años, con una profundidad de 127mts y un nivel estático a 113mts y en los últimos años a tenido un abatimiento considerable y su ademe se encuentra desviado y con problemas de azolve.
- Pozo 3 "el Pablito" en sustitución del pozo numero uno, con una profundidad de 200mts y encontrando espejo de agua a 68mts. Tiene un gasto de 40 l.p.s., está equipado con un motor de 150 H.P., su nivel estático es de 80 m
- Pozo 4 "el calvario" con una profundidad de 230mts con un nivel estático a los 138mts. Tiene un gasto de 30 l.p.s., está equipado con un motor de 85 H.P.

El costo aproximado de este pozo es de:

Perforación	\$	1, 920,063.00
Equipamiento y tubería		1, 000,000.00
Construcción de instalaciones		<u>222,174.00</u>
Total		3, 142,237.00

*b) Tecamac*

- Pozo 01 de Tecámac. Tiene un gasto de 30 l.p.s., está equipado con un motor de 75 H.P., su nivel estático es de 100 m y su fecha de operación data del año 1972.
- Pozo 02 de Tecámac. Tiene un gasto de 30 l.p.s., está equipado con un motor de 75 H.P., su nivel estático es de 100 m y su fecha de operación data del año 1972.
- Pozo 03 de Tecámac. Tiene un gasto de 25 l.p.s., está equipado con un motor de 70 H.P., su nivel estático es de 105 m y su fecha de operación data del año 1984.
- Pozo 04 de Tecámac. Tiene un gasto de 25 l.p.s., está equipado con un motor de 70 H.P., su nivel estático es de 110 m y su fecha de operación data del año 1988.
- Pozo 05 de Tecámac. Tiene un gasto de 30 l.p.s., está equipado con un motor de 90 H.P., su nivel estático es de 70 m y su fecha de operación data del año 1995.
- Pozo 06 de Tecámac. Tiene un gasto de 23 l.p.s., está equipado con un motor de 60 H.P., su nivel estático es de 110 m y su fecha de operación data del año 2001.

*c) San Pablo Tecalco:*

- Pozo San Pedro Pozohuacan. Se localiza al sur de San Pedro Tecalco y su gasto es de 30 l.p.s.

*d) San Pedro Pozohuacan*

*e) San Jeronimo:*

- Pozo San Jerónimo. Se localiza al sur de San Jerónimo Xonacahuacan y su gasto es de 60 l.p.s.

f) *Reyes Acozac:*

- Pozo Plazuela de Juárez. Se localiza en el Centro de Reyes Acozac. Se perforó en 1958, tiene un gasto de 30 l.p.s. y su nivel estático es de 70 metros.
- Pozo La Palma. Se localiza al norte de Reyes Acozac. Se perforó en 1995, tiene un gasto de 30 l.p.s. y su nivel estático es de 71 metros.

g) *San Juan Pueblo Nuevo*

- Pozo San Lucas Xóloc. Se localiza en la zona centro de San Lucas Xóloc y su gasto es de 40 l.p.s.

Además, por estar considerado como municipio metropolitano, las políticas hidráulicas estatales contemplan a Tecámac; por lo que las fuentes externas de abastecimiento de agua (Lerma y Cutzamala) que suministran por medio del Macro circuito a la Zona Metropolitana del Valle de México, a través de los tanques “Tecámac” y “Providencia” incluyen a este municipio.

Tabla No. 21. Extracción total de agua del municipio de los sistemas Lerma y Cutzamala

Concepto	ODAPAS	CL's
Extracción promedio por segundo	90 lts/diarios	35 lts/diarios
Extracción promedio por minuto	5,400 lts/diarios	2,100 lts/diarios
Extracción promedio por hora	324,000 diarios	126,000 lts/diarios
No. de horas de trabajo de los pozos	14	12
Subtotal	4,536 m <sup>3</sup> diarios	1,512 m <sup>3</sup> diarios
No. de pozos	21	11
<b>Subtotal</b>	95,256 m <sup>3</sup> diarios	16,632 m <sup>3</sup> diarios
<b>Total</b>	111,888 m <sup>3</sup> /diarios	
Número de tomas	29,000	11,403
Consumo promedio diario	29,000 m <sup>3</sup>	1,403 m <sup>3</sup>
<b>Total Consumo Diario Municipal</b>	40,403 m <sup>3</sup>	
<b>Diferencia o Desperdicio</b>	71,485 m <sup>3</sup>	
<b>Fuente:</b> Velazquez Badillo, Rolando, Tesis: <i>La gestión del agua. Estudio de caso: Los comités de agua potable en Tecámac, Estado de México</i> , 2002.		

#### **4.4.- PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO DEL ESTADO DE MÉXICO**

En esta sección abordaré la problemática en el uso de cambio de suelo, es decir cuánto estamos perdiendo en recarga natural del acuífero por la carpeta asfáltica actual.

Se abordará la Ley de Ordenamiento Territorial para el Estado de México y su posible aplicación en el municipio de Tecámac.

A diario nos encontramos con situaciones relacionadas con la utilización desordenada del territorio y sus efectos como lo son el uso y aprovechamiento del territorio no acordes con su aptitud, ocupación de áreas susceptibles a peligros y desastres naturales. Teniendo como principal problema los procesos migratorios y la concentración urbana hacia el municipio vs. capacidad de dotación de equipamiento e infraestructura.

Los cambios de uso de suelo están definidos por la SEMARNAT como: La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales o agrícolas para destinarlos a actividades no forestales. Por ejemplo: Fraccionamientos, áreas pecuarias, parques industriales entre otros.

Que se requiere para realizar el cambio de uso de suelo a nivel Federal:

Presentar dos estudios, siendo:

a) La Manifestación de Impacto Ambiental. Este estudio lo puede realizar cualquier prestador de servicios que tenga experiencia en el tema.

b) El Estudio Técnico Justificativo. Este estudio únicamente lo puede realizar un Prestador de Servicios Técnicos Forestales registrado ante la SEMARNAT.

Ambos estudios, presentan una descripción del proyecto en cuestión y sus medidas de mitigación, a los impactos ambientales que pudieran resultar del cambio de uso de suelo (o remoción de la vegetación).

Con un periodo de resolución de 60 días.

Puntos importantes para autorizar el estudio técnico justificativo:

- a) Buena presentación del expediente, tanto técnica como jurídicamente.
- b) Visto bueno del Consejo Estatal Forestal.
- c) Realización del depósito al Fondo Forestal Mexicano como compensación ambiental destinándose dichos fondos a actividades de restauración de suelos y reforestación a través de la CONAFOR.
- d) Si se encuentra dentro de un área natural protegida de carácter federal o Estatal se requerirá del visto bueno de la dependencia que lo regule.

## ¿Cuándo se Autoriza el Cambio de Uso de Suelo?

La SEMARNAT sólo podrá autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.

Los cambios de uso de suelo (de forestal a agrícola y de agrícola a urbano) incrementan la vulnerabilidad de erosión hídrica de los suelos y la pérdida de volúmenes de agua originalmente destinados a la recarga natural. Esto no sólo tiene como consecuencia la pérdida del recurso forestal y agrícola, sino también en el de transporte y la sedimentación de sólidos que provocan el azolvamiento de lagunas de regulación y de la misma red de drenaje.

El papel que juega el suelo de conservación en el desarrollo sustentable de la región es vital, representa la única fuente de servicios ambientales complementarios que inciden en los equilibrios globales de los ecosistemas de la zona.

El régimen hidrológico que se desarrolla en la cuenca juega un importante papel en los procesos de recarga de nuestro acuífero y de esa manera se asegura parcialmente el funcionamiento del ciclo del agua al nivel local en la zona.

El Estado de México Hidrológicamente es cabecera de cuenca del Panuco, Balsas y Lerma lo que le confiere importancia respecto al número de cuerpos de agua y su relación con el ciclo hidrológico y una gran cantidad de suelo.

Toda esta riqueza se ha visto amenazada por el modelo de desarrollo seguido en los últimos años contribuyendo a la pérdida gradual de valioso capital natural.

## ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

Jurídicamente se define como el instrumento de política ambiental cuya finalidad es regular o inducir el uso de suelo y las actividades productivas a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de la utilización de los recursos naturales, logrando así la protección del medioambiente y el aprovechamiento sustentable de dichos recursos.

El Ordenamiento Ecológico es un instrumento de planeación para regular o inducir el uso de suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos, el enfoque metodológico en este programa de Ordenamiento Ecológico se basa en reconocer al territorio estatal como un gran sistema abierto a perturbaciones naturales, económicas y políticas que se manifiestan en distintos niveles de aproximación en el análisis de los subsistemas.

El objetivo principal es determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en el territorio, describiendo sus atributos físicos, bióticos, socioeconómicos y el diagnóstico de sus condiciones ambientales, aprovechando de manera sustentable los recursos, estableciendo criterios de regulación ecológica para la protección y conservación, ***a fin de que sean considerados en los planes o programas de desarrollo urbano.***

Los objetivos del Ordenamiento Ecológico Territorial tendrían que ser encaminados al uso sustentable de los recursos naturales, la utilización de estos recursos de una manera sustentable tendría como finalidad coadyuvar a la viabilidad futura de la especie humana. Con ello regularizar el uso, ocupación y transformación del territorio con fines del aprovechamiento óptimo.

Moctezuma, (2005) afirma que se distinguen tres tipos de Ordenamiento Ecológico Territorial:

- a) El activo: en el existe una intervención voluntaria del Estado, a partir de cuantiosos proyectos de inversión, e incentivos fiscales, a efecto de modificar los desequilibrios del desarrollo regional que caracterizan un orden territorial determinado.
- b) El pasivo: se asocia con políticas de uso y ocupación del territorio, enmarcándose en zonificaciones que son la expresión espacial de los usos de suelo permitidos, prohibidos o restringidos.
- c) El integral: se basa en la articulación de políticas sectoriales para promover patrones equilibrados de ocupación.

El ordenamiento territorial tiene como objetivos: inducir a la mejor ubicación de las actividades económicas y sociales y equipamientos con relación al aprovechamiento racional de los recursos naturales; delimitar los fines y usos del suelo de acuerdo con su vocación ecológica y la demanda que exista sobre ella, señalar espacios naturales de especial protección, conservación o manejo, Moctezuma, (2005).

A nivel Nacional se está desarrollando a partir del 2008 el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio a través del Instituto Nacional De Ecología, la SEMARNAT, el Instituto de Geografía UNAM, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental y Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de La UNAM.

Donde están decretados y vigentes 44 ordenamientos ecológicos (19 locales) con una superficie con decreto de 69, 110,450 ha.

De los cuales el Estado de México tiene 3 locales, Valle de Bravo, Municipal Villa de Allende, Volcán Popocatepetl, y un regional la Cuenca de México.

Tabla No. 22

ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS VIGENTES		
Estatad Baja California	Estado de México	Cuanca del Rio Coapa
Corredor Costero Ensenada - Tijuana	Municipal Villa de Allende	Isla Mujeres
Municipal de Mexicalli	Valle de Bravo - Amanalco	Municipal de Benito Juárez
San Felipe Pueertecitos	Zona Rural del DF	Corredor Cancún Tulum
Golfo de California	Estatad de Tlaxcala	Isla Cozumel
Municipal de los Cabos	Estatad de Hidalgo	Sian Ka'an
Zona Costera de el Rosario	Municipal de Huasca	Laguna de Bacalar
Cuatro Cienegas	Valle Pachuca - Tizayuca	Costa Maya
Costa de Jalisco	Tula - Tepeji	Santa -maria del Oro Nay.
Estatad de Jalisco	Municipal de Tepeji	Municipal de Cotija
Estatad de Colima	Cuenca del Rio Bobos	Cuenca del Rio Temalcatepec
laguna Cuyutlán	Estatad de Tabasco	Volcán Popocatepetl
Estatad de Guanajuato	Playas de Catazajá	Costero de Yucatán
Lago de Cuitzeo	Municipal de Candelaria	Estatad de Yucatán
Lázaro Cárdenas	Subcuenca de Rio Zanatenco	
Fuente SEMARNAT. 2008		

*La delimitación del área del ordenamiento ecológico del territorio del Estado se circunscribe a su límite político administrativo, el cual comprende 125 municipios en 2, 249,995 hectáreas.*

*De acuerdo a este modelo el 26.55% del territorio estatal tiene política de protección, el 35.16% de conservación el 6.33% de restauración y el 31.96% de aprovechamiento. En lo referente a usos predominantes la superficie territorial del Estado se distribuye de la siguiente manera: agrícola 42%, áreas naturales protegidas 25%, forestal 16.33% flora y fauna 4.8%, pecuario 9.54%, cuerpos de agua 1.31% acuicultura 53% y minero 59%.*

*Los criterios empleados para la determinación de las políticas ambientales aplicables en el territorio estatal incluyen: tipo de suelo (textura y profundidad), pendiente, precipitación anual, cobertura vegetal, procesos erosivos y usos de suelo actual y potencial.*

*Las cuatro políticas establecidas para el Ordenamiento Ecológico se definen a continuación:*

***Política de protección:*** *promueve la permanencia, continuidad, reproducción y mantenimiento de los ecosistemas nativos y su cuidado extremo, en estos casos se permitirán las actividades productivas de acuerdo a un programa de conservación y manejo de atención a los intereses de la comunidad.*

***Política de conservación:*** *se garantiza la permanencia continuidad, reproducción y mantenimiento de los recursos, se permitirán las actividades de acuerdo a la factibilidad ambiental con restricciones moderadas que aseguren su preservación sin promover el uso de cambio de suelo.*

***Política de Restauración:*** *mediante esta política se promueve la aplicación de programas y actividades encaminadas a la recuperación de los ecosistemas, promoviendo o no el cambio de usos de suelo.*

***Política de aprovechamiento:*** *la unidad ambiental presenta condiciones ambientales aptas para el desarrollo sustentable de actividades productivas eficientes y socialmente útiles tratando de mantener la función y la capacidad de carga de los ecosistemas promoviendo la permanencia o cambio de uso de suelo.*

*El programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México plantea 205 criterios de regulación para ser considerados en los siguientes ámbitos:*

- A) Desarrollo urbano*
- B) Desarrollo rural*
- C) Actividad Minera de Competencia Estatal*
- D) Manejo de áreas naturales protegidas*

*Estos criterios aplican para la unidad ecológica y tienen el carácter de recomendación y su aplicación será congruente a las características socioeconómicas de la región. Se abordarán sólo los puntos A y D dado el tema en Tesis.*

### **DESARROLLO URBANO**

*1.- Promover la construcción prioritariamente de terrenos baldíos dentro de la mancha urbana*

*2.- Evitar el desarrollo de asentamientos humanos en las áreas naturales protegidas*

*3.- Promover la restauración ecológica y reverdecimientos de los asentamientos humanos hasta alcanzar un 12% mínimo de área verde del total de un predio.*

*4.- Conservar las áreas verdes como zona de recarga y pulmón de la zona urbana. Toda nueva construcción deberá incluir en su diseño lineamientos de acuerdo al entorno natural.*

*5.- No se permitirá la construcción en lugares con incidencia de peligros naturales como inundaciones.*

*6.- Los municipios por conducto del Estado, podrán convenir con CNA la administración de barrancas urbanas con el objeto de preservar zonas verdes y zonas de infiltración.*

*7.- Toda autorización para el desarrollo urbano e infraestructura en el estado esta condicionada a que se garantice el suministro de agua potable y las instalaciones para el tratamiento de sus aguas residuales.*

*8.- Incorporar en los desarrollo habitacionales mayores a 10 viviendas sistemas de captación de agua pluvial mediante pozos de normatividad.*

*9.-En los estacionamientos al aire libre de centros comerciales y de cualquier otro servicio o equipamiento se utilizarán materiales permeables (adocreto, adoppasto, adoquín, empedrado, etc.) se evitará el asfalto cemento y demás materiales impermeables y se dejarán espacios para áreas verdes sembrando árboles en el perímetro y cuando menos un árbol por cada 4 cajones de automóvil.*



Fotografía No. 10. FUNCENTRAL, colonia Huayotenco, Tecamac Edo. De México, 2009

10.- *En estacionamientos techados, en edificios y multifamiliares se captará y conducirá el agua pluvial hacia pozos de absorción.*

11.- *En el desarrollo urbano se promoverá el establecimiento de superficies que permitan la filtración de agua de lluvia al subsuelo (en vialidades, estacionamientos, parques, patios, etc.)*

12.- *En todo proyecto de construcción se deberá dejar por lo menos un 12% de área jardineada*

#### **ÁREA NATURAL PROTEGIDA:**

1.- *No se promoverá el desarrollo urbano sólo se impulsará aquellos usos y proyectos contemplados en el programa de conservación y manejo y complementarios de las actividades recreativas.*

2.- *Considerar mantener zonas de recarga de acuíferos para conservar la biodiversidad*

3.- *En los casos de asentamientos humanos que se ubican en el interior de las áreas de alta productividad agrícola, se recomienda controlar el crecimiento conteniendo su expansión, restringir el desarrollo en las zonas de alta productividad agrícola **evitando incompatibilidades en el uso de cambio de suelo.***

*4.-Las áreas verdes, vialidades y espacios abiertos deberán sembrarse con especies nativas para evitar que la sobre explotación de los acuíferos afecte la los ecosistemas acuáticos es necesarios desarrollar un estudio que defina el volumen de agua que es susceptible de extraerse del suelo.*

**5.- Se deberán mantener intactos los cauces y escurrimientos naturales**

## 5.- PRINCIPALES RESULTADOS DE CAMPO Y DE GABINETE

1.- Los principales costos ambientales urbanos al agua subterránea son los siguientes:

- Cambios en el volumen de recarga
- Reducción de la descarga de agua subterránea que alimenta a los cuerpos de agua
- Contaminación por residuos líquidos
- Contaminación por disposición de residuos sólidos
- Cambios en la calidad de agua subterránea, inducidos por bombeo

2.- Impactos al ambiente por cambios en el régimen de agua subterránea:

- Aumentos en la erosión del suelo
- Incrementos en el régimen de escorrentía (sistema de desplazamiento de las aguas que evita la infiltración)
- Impactos a la infraestructura, vegetación y ecosistemas
- Desaparición de manantiales y vegetación freatófita

3.- Se identifican los agentes urbanos de grave impacto ambiental:

- Los usos en el cambio de uso de suelo (introducción de especies no nativas que evitan la infiltración, áreas urbana en zonas de recarga, impermeabilización de zonas de recarga)
- Los sistemas de drenaje (no se aprovecha el agua en la cuenca)
- Los trasvases (alteran el equilibrio hidrológico de las cuencas)
- Extracción inmoderada
- Mala planeación de recargas artificiales
- Rellenos sanitarios sobre zonas de continuidad hidráulica
- Impacto del bombeo sobre la calidad del agua, específicamente los que se refieren a inducción de agua de calidad química no deseable.

4.- Los costos económicos de los impactos ambientales por mal manejo de agua subterránea son los siguientes:

- Mayor gasto de energía por bombeos más profundos
- Desplazamiento de extracciones y trasvases que reproducen y amplían problemas hidrológicos y sociales
- Externalidades no contempladas, que repercutan en el incremento de los precios del suelo y sobre todo en la presión del suelo de conservación y zonas de recarga.
- Incrementos mensuales injustificados en las tarifas de agua en unidades habitacionales “nuevas” donde la privatización disfrazada de descentralización llevo para quedarse.

Cuantificaciones realizadas por las autoridades mexiquenses indican que se requieren al menos 25 mil millones de pesos para iniciar la recuperación de la cuenca del alto Lerma y del Valle de México de no ser de esta manera, en menos de 7 años la disponibilidad del recurso será más apremiante por la desecación total de los acuíferos..

### **5.1.- ESTRÉS HIDRICO Y POSIBLE COLAPSO HÍDRICO**

Diversos estudios de la UNAM, CNA y la UAM han revelado en los últimos años el estrés hídrico y la contaminación de la CVM, con el rápido crecimiento de la población siendo expansivo dentro del Valle se prevé un colapso hídrico en poco tiempo, es decir pozos se clausuran por la falta del líquido y nuevos pozos se abren a mayor profundidad cada vez.

La problemática de la extracción de agua a grandes profundidades es por una parte el costo de la maquinaria y la energía que se utiliza para su extracción, por otro lado la contaminación del agua con sales tóxicas del subsuelo, afectando significativamente su calidad al contener también organismos patógenos y químicos provenientes de fuentes agrícolas y urbanas.

Los gobiernos municipales hacen poco para que este rápido crecimiento de la población pare. Por el contrario, sigue la autorización de miles de viviendas de interés social en áreas de recarga del acuífero sin una planeación en el corto y largo plazo, contribuyendo al deterioro ambiental, a los problemas en el abastecimiento del vital líquido, y al pesado tránsito diario a los centros de trabajo.

En los primeros meses del año 2009 nos bombardearon con noticias alarmantes sobre los niveles de las presas que abastecen de agua al Valle de México y sin embargo, sabíamos que iba a ocurrir desde años atrás.

Poco se hizo para cerrar los ciclos hídricos dentro de la misma cuenca, por el contrario se siguió importando agua de los sistemas Lerma y Cutzamala y exportando agua hacia Tula un valle semiárido y donde los pozos artesianos actualmente abundan y se extrae agua a menos de 2 metros de profundidad, en algunas partes se están salinizando los suelos al evaporarse el agua que brota del suelo, y se siguen construyendo mega obras para sacar el agua de la ciudad.

## 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tesis tiene como objetivo principal dar a conocer la presión que sufre el acuífero Cuatlitlán – Pachuca, dentro del municipio de Tecámac, sus posibles soluciones a los gobiernos municipales, evitando el colapso hídrico y los posibles problemas sociales que con ello tendrán.

**Se tiene que repensar en el desarrollo en función del hombre y la naturaleza y la necesidad de una nueva economía.**

No es casualidad que el deterioro y el agotamiento de los sistemas de agua se haya producido coincidiendo con el aumento de poder de las empresas transnacionales y de un sistema financiero global en el que las comunidades, pueblos indígenas y agricultores más pequeños se ven privados en sus derechos civiles.

Las aguas subterráneas no se encuentran protegidas de los cambios de uso de suelo, la mancha urbana sigue avanzando evitando que el agua se infiltre de manera natural reduciendo los niveles estáticos del acuífero.

La mayor parte de las políticas gubernamentales ineficientes han ido contribuyendo a un uso no sustentable del vital líquido. El gobierno debe incrementar sus esfuerzos para la educación de la población para el pago de las cuotas establecidas dentro de los sistemas de agua.

Sin el conocimiento del potencial de los acuíferos y de las condiciones actuales de extracción y de la calidad de las aguas subterráneas, las políticas de concesión vigentes pueden agravar la situación de sobre explotación.

No es posible cambiar la mentalidad de la población con una sociedad ignorante y mal informada sobre el problema.

El acuífero enfrenta la situación de asegurarse el abastecimiento de agua potable de manera permanente y sostenida, que depende por un lado de la capacidad física de recarga del acuífero para captar agua de lluvia y por otro de la capacidad de las instituciones para administrar los recursos.

Existen desde 2003 en México el Programa de Pagos de Servicios Ambientales Hídricos con recursos recaudados por el cobro de agua en bloque a los usuarios industriales y de servicios por parte de la CONAGUA.

Para el año 2006, 600,576 has. Estaban inscritas en el programa y sienta las bases para financiar las tareas de las cuales depende la provisión de agua potable para las poblaciones del municipio.

En la actualidad el Banco Mundial y el Global Environmental Facility de la Naciones Unidas, buscan crear mecanismos o más bien mercados locales que permitan que los usuarios del agua aporten recursos para el cuidado de los bosques en la propia cuenca.

El Estado de México forma parte del programa de Desarrollo Forestal Sustentable 2005 – 2025, se realizan pagos por \$1500 por hectárea para reforestaciones y el cuidado de bosques dentro y fuera de las aéreas naturales protegidas, se requiere contar con un plan de manejo del predio donde se describa los cuidados que se realizarán dando prioridad a la cuenca del Valle de México. El presupuesto anual del programa es de 30 millones de pesos.

De lo que se trata es el dar un nuevo enfoque para promover una mejor planeación del uso del suelo que incorpore una referencia a la capacidad de conducción de los ecosistemas y a su compatibilidad con nuestras actividades productivas. Tomemos en cuenta los siguientes puntos:

- a) cambio poblacional
- b) distribución de los recursos
- c) la concentración de la capacidad tecnológica

El uso de agua residual tratada significa ahorro de millones de pesos sólo por gastos de operación, y un significativo ahorro de energía y menor presión al acuífero.

Si los gobiernos se ven obligados a poner un precio al agua con el fin de evitar el despilfarro irresponsable de los ciudadanos, tal práctica debe inscribirse en el contexto de un servicio público que en lugar de repartir las recaudaciones entre accionistas y directores ejecutivos de empresas, las destine a regenerar el agua, reparar las infraestructuras y conseguir que el suministro de agua llegue a todos los ciudadanos.

Según Velázquez. (2002) los gobiernos municipales pueden generar buenas políticas de uso de suelo, de correcto manejo de los desechos y de los sistemas de saneamiento; sobre todo cuentan con la posibilidad real de establecer contacto con la ciudadanía.

La formulación de los proyectos se debe llevar de manera conjunta entre funcionarios, usuarios y personas especializadas.

No se deben ahorrar esfuerzos para restablecer la salubridad de los ecosistemas acuáticos que han sido dañados, evitando que se sigan degradando aun más las comunidades locales; debemos actuar como guardianes de nuestros mantos acuíferos para garantizar el buen uso de el vital líquido.

El antídoto contra la comercialización del agua es su retirada del mercado; el agua debe ser declarada y comprendida para siempre y con responsabilidad como una propiedad común. Que todos puedan acceder en igualdad de condiciones al agua es absolutamente central para la vida y la justicia. (Barlow, et al. 2001).

Las ideas de la nueva cultura del agua deberían ser:

- Antes de limpiar, detener la contaminación del agua.
- Antes de componer tenemos que prevenir.
- Antes de invertir hay que eficientar.
- Antes de actuar hay que planear.
- Agua que no has de beber, dejala correr... pero limpia, Saldivar (2007).

## APÉNDICE

Los diez principios del agua. (Barlow, et al. 2004)

1.- **EL agua pertenece a la tierra y a todas las especies:** La sociedad moderna ha perdido el respeto por el lugar sagrado del agua en el ciclo de la vida y esta pérdida de respeto permite que los humanos abusen de ella.

2.- **El agua debería dejarse donde está, siempre que ello sea posible:** la naturaleza puso el agua donde le corresponde, entrometerse en la naturaleza desplazando ingentes cantidades de agua de sus cuencas naturales puede llegar a destruir el ecosistema, teniendo un impacto desastroso en sus suelos cercanos junto con la economía local de los pueblos indígenas.

3.- **El agua debe conservarse para todas las generaciones:** cada generación debe asegurarse de que la abundancia y la calidad del agua no ha disminuido como consecuencia de sus actividades.

4.- **El agua contaminada debe regenerarse:** la escasez y la contaminación del agua están causadas en último término por valores económicos que estimulan el consumo excesivo y la utilización ineficaz del agua. La decisión de regenerar el agua contaminada es un acto de auto conservación.

5.- **El agua está protegida mejor en las cuencas naturales:** los gobiernos tienen por obligación recuperar el control sobre las actuaciones de las empresas transnacionales cuyas prácticas abusivas continúan provocando enormes daños a los sistemas de agua.

6.- **El agua es un bien común, por lo que todos los gobiernos deberán velar por ella:** en el ámbito municipal, los centros urbanos no deberían continuar desviando recursos hídricos de las áreas rurales para satisfacer sus propias necesidades.

7.- **Disponer de una cantidad prudencial es un derecho humano.**

8.- **Los mejores defensores del agua son los pueblos nativos y ciudadanos locales:** la mejor protección nos la ofrece la administración local y no las empresas privadas, ni la tecnología cara y ni siquiera el gobierno. Solo los ciudadanos locales pueden comprender el efecto acumulativo que tiene sobre la propia comunidad la privatización y desviación del agua. En las regiones con escasos recursos hídricos las prácticas indígenas tradicionales desplazadas para dar paso a la moderna tecnología están siendo recuperadas ya con cierta urgencia para sobrevivir

**9.- El público debe compartir el derecho y debe proteger el agua con el gobierno.**

**10.- La globalización no es sostenible por lo que respecta al agua:** edificar nuestras economías sobre los sistemas locales de agua es la única manera de integrar las políticas medio ambientales solidarizandonos con las capacidades productivas de los pueblos al mismo tiempo protegiendo nuestra agua.

Los ciudadanos particulares no tienen por que permanecer neutrales observando como las compañías embotelladoras se instala en su zona, desecan acuíferos, llenan sus propios bolsillos y después se trasladan a otra zona.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alonso Aguilar Ibarra (2009). "Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario". Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.
- 2.- Alejandro Angeles Sevilla. (2004). LA SOBRE EXPLOTACIÓN DE MANTOS CUÍFEROS EN MÉXICO: EFECTOS ECONOMICOS Y A LA SALUD. México. Instituto de Investigación Económica y Social Lucas Alamán, A.C.
- 3.- Andrés Barreda Marín. (2006). EN DEFENSA DEL AGUA. México. Sindicato Mexicano de Electricistas (SME). Centro de Análisis Social, Información y Formación Popular, AC (Casifop), Ed. Itaca
- 4.- Maude y Clarke Barlow, Tony. EL ORO AZUL, LAS MULTINACIONALES Y EL ROBO ORGANIZADO DEL AGUA EN EL MUNDO. Ed. PAIDOS. Barcelona 2004.
- 5.- Lester R. Brown. (2004) SALVAR EL PLANETA. PLAN B: ECOLOGIA PARA UN MUNDO EN PELIGRO. España. Ed. PAIDOS IBERICA S.A.
- 6.- Elaine Burns, coordinación (2008). "REPENSAR LA CUENCA". Centro para la sustentabilidad Incalli Ixcahuicopa (CENTLI), UANM y Guardianes del los Volcanes A.C.
- 7.- "DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUIFERO CUATITLAN-PACHUCA, ESTADOS DE MÉXICO E HIDALGO"  
Comisión Nacional del Agua  
Subdirección General Técnica  
Gerencia de Aguas Subterráneas  
Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica  
México, DF 30 abril de 2002
- 8.- "ESTUDIOS PARA LA INTEGRACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL AGUA EN LOS ACUÍFEROS VALLE DE ACÁMBARO, IRAPUATO – VALLE, PÉJAMO – ABASOLO Y SILAO – ROMITA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO Y EL ACUÍFERO VALLE DE AMAZCALA EN EL ESTADO DE QUERETARO". PROGRAMA DE HIDROCIENCIAS, AREA DE ADMINISTRACIÓN E INGENIERÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS. GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS GENERENCIA REGIONAL LERMA – SANTIAGO – PACÍFICO, GERENCIA ESTATAL DE GUANAJUATO. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, COLEGIO DE POSTGRADUADOS. 2003
- 9.- Comisión de Agua (2007) Resumen del libro, "HORIZONTES DEL AGUA", Comisión de Agua del Estado de México, Toluca, Edo. De México disponible en:  
[www.edomex.gob.mx/comisionagua/doc/pdf/publicaciones/librohorizontes.pdf](http://www.edomex.gob.mx/comisionagua/doc/pdf/publicaciones/librohorizontes.pdf).

10.- “BOLETÍN DEL ARCHIVO HISTORICO DEL AGUA”

Coordinador del número: Sergio Vargas Velásquez

Asistente editorial: Mtro. Jorge A. Andrade Galindo

CONAGUA, SEMARNAT

Año 12, Septiembre – diciembre 2007

11.- Ezcurra, Exequiel (2003). “DE LAS CHINAMPAS A LA MEGALÓPOLIS: EL MEDIO AMBIENTE EN LA CUENCA DE MEXICO”. 3ª ed. México: FCE, SEP CONACYT.

12.- Ezequiel Ezcurra, Mariza Mazari, Irene Pisanty, Adrian Aguilar. (2006). LA CUENCA DE MÉXICO, México. Editorial Fondo de Cultura Económica.

13.- Francisco García Moctezuma: “EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y LA PLANEACIÓN DEL DESARROLLO EN MÉXICO: LA MACRORREGIÓN MEXICANA DEL PLAN PUEBLA PANAMÁ.” Tesis para obtener el grado de Doctor en Economía. Facultad de Economía, División de Estudios de Posgrado, 2005.

14.- ACTUALIZACIÓN DEL MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO DEL ESTADO DE MÉXICO. PODER EJECUTIVO DEL ESTADO, SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE GACETA DE GOBIERNO. Toluca de Lerdo, México, Diciembre 2006

15.- “LO QUE TODO BUEN CHILANGO DEBE SABER DE LA CIUDAD DE MÉXICO”

Gobierno del Distrito Federal

Alejandro Encinas Rodríguez, Jefe de Gobierno

Coordinación: Juan de la Fuente Hernández, Aarón Mastache Mondragón

Impreso en México, 2006

16.- “ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO”

Gobierno Federal

SEMARNAT

Edición 2008

17.- Edgar González Gaudiano. (1997). EL DESARROLLO SUSTENTABLE UNA ALTERNATIVA DE POLITICA INSTITUCIONAL. México. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

18.- Blanca Elena Jiménez Cisneros. (2001). LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO: Causas, Efectos, y tecnología apropiada. Ed. Limusa, Instituto de Ingeniería de la UNAM, Colegio de Ingenieros Ambientales de México A.C, y FEMISCA. México 2001.

19.- La Jornada (2005) AGUA. Edición Especial de la JORNADA. DEMOS, Desarrollo de Medios S.A. de C.V. México

20.- Héctor Vladimir Libreros Muños, Ramón I. López, M. Concepción Martínez, Jose Luis Montesillo, Gustavo Ortiz Rendón, Alice Madeleida Quiñones. GESTIÓN DEL AGUA EN EL DISTRITO FEDERAL, RETOS Y PROPUESTAS. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO, CORDINACIÓN DE HUMANIDADES, México, 2004.

21.- Arqueología Mexicana. "TENOCHTITLAN, LA GRAN METROPOLI"

Textos de: Eduardo Matos Moctezuma

Editorial Raíces S.A. de C.V. México, Octubre – Noviembre, 1993

22.- Joan Martínéz ALER, Jordi Roca Jumet.. ECONOMIA, ECOLOGIA Y POLITICA AMBIENTAL. Ed. Fondo de Cultura Económica. México (2001)

23.- Martínez Rivera Sergio Efrén. "LA CIUDAD Y EL AMBIENTE COMO UN SOLO SISTEMA: EL SUELO DE CONSERVACIÓN Y SU CARÁCTER ESTRATÉGICO PARA LA DINÁMICA URBANA DEL DISTRITO FEDERAL". Tesis para obtener el grado de Doctor en Economía, Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.

24.- Jim Motavalli.(2005). EL CAMBIO CLIMATICO, CRONICAS DESDE LAS ZONAS DE RIESGO DEL PLANETA. España. Editorial: PAIDOS IBERICA

25.- "PREVENCIÓN DE CONFLICTOS Y COOPERACIÓN EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN AMERICA LATINA"

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO

Programa Hidrológico Internacional

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador

UBA Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

UCAB Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México

Centro Lindavista, México DF 2007.

26.- Jaime Peña Ramírez. EL AGUA ESPEJO DE LOS PUEBLOS, ENSAYOS DE ECOLOGIA POLITICA SOBRE LA CRISIS DEL AGUA EN MÉXICO EN EL UMBRAL DEL MILENIO. Ed. Plaza y Valdes. FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLAN. México 2004.

27.- "PROGRAMA HIDRAULICO INTEGRAL DEL ESTADO DE MÉXICO"

28.- Clive Ponting. (1992). HISTORIA VERDE DEL MUNDO. España. Ed. PAIDOS IBERICAS.

29.- Economía Informa. Publicación mensual Num. 328. "RETOS DEL MEDIO AMBIENTE"  
Autores: Enrique Provencio Durazo, German González – Dávila, Antonio Díaz de León, Porfirio Álvarez Torres, Lis Miguel Galindo, Roberto I. Escalante Semerena, Cristina Cortinas de Nava, Americo Saldívar V., Maria Luisa Quintero, Ernesto Abraham. Facultad de Economía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Julio-Agosto 2004

30.- Américo Saldívar. LAS AGUAS DE LA IRA: ECONOMIA Y CULTURA DEL AGUA EN MÉXICO, ¿SUSTENTABILIDAD O GRATUIDAD?. Facultad de Economía, UNAM. México (2007).

31.- Economía Informa. Publicación bimestral núm. 339. "IMPACTOS AMBIENTALES Y CRISIS ECOLÓGICA EN LA URBANIZACIÓN"  
Autores: Americo Saldívar V., Yolanda Trápaga Delfín, Sergio E. Martínez Rivera, Rafael Monroy-Ortiz, Dora Ascensión Romero Olivera, Marco Antonio Rocha Sánchez. Facultad de Economía. Universidad Nacional Autónoma de México. México Marzo- Abril, 2006.

32.- "Síntesis Geográfica del Estado de México".  
Secretaría de Programación y Presupuesto.  
Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México D.F. 1981.

33.- Ana V. Stern y Francisco R. Dávila. (2000). ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES, MUJERES CAMPESINAS Y TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS EN MÉXICO 1980-1990. México. CECADESU Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable  
INCA RURAL Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario

34. - SARA SUNDBERG. REPLACEMENT COSTS AS ECONOMIC VALUES OF ENVIROMENTAL CHANGE: A REVIEW AND AN APPLICATION TO SWEDISH SEA TROUT HABITATS  
Beijer International Intitute Of Ecological Economics, The Royal Swedish Academy Of Sciences, Box 50005 se-10405 Stockholm

35.- Rolando Velázquez Badillo: "LA GESTIÓN DEL AGUA ESTUDIO DE CASO: LOS COMITES DE AGUA POTABLE EN TECAMAC, ESTADO DE MEXICO." Tesis para obtener el grado de Maestro en Proyectos para Desarrollo Urbano. UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA, 2002.

36.- Lilly Wolfensberger Scherz. (2005). SUSTENTABILIDAD Y DESARROLLO: SUFICIENTE SIEMPRE. México. Universidad Anáhuac del Sur. Ed. Miguel Ángel Porrúa